

Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2006



Landsvirkjun

Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2006



Janúar 2007

Skýrsla nr: LV-2007/005

Dags: Janúar 2007

Fjöldi síðna: 16 Upplag: 15 Dreifing: Opin Lokuð

Titill: Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð – Vöktun og niðurstöður 2006

Höfundar: Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson

Verkefnisstjóri: Árni Gunnarsson f.h. LV Ásgrímur Guðmundsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskun orkurannsóknum fyrir Landsvirkjun ÍSOR-2007/003

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Gerð er grein fyrir reglulegu eftirliti með affallsvatni frá jarðhitavirkjunum í Kröflu og Bjarnarflagi. Í september 2002 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun (Hollustuvernd ríkisins) að fylgjast árlega fremur með náttúrlegum ferilefnum á borð við arsen frekar en halda áfram ferilefnaþrófunum. Arsen er í margfalt meiri styrk í affallsvatni en í grunnvatni. Árið 2006 var sýnum tvívegis safnað á öllum 10 samningsbundnu stöðunum. Frágangur og efnagreiningar fóru fram á hefðbundinn hátt, á efnagreiningarstofu ÍSOR og hjá Analytica í Svíþjóð. Í heild er um litlar breytingar að ræða frá fyrri athugunum. Affallið er svipað og áhrifa þess gætir ekki í námunda við Mývatn.

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

ISBN nr: _____

ISSN nr: _____

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
2 Söfnun árið 2006	7
3 Heimildir	16

Töflur

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í maí 2006	12
Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í september 2006.	14

Myndir

Mynd 1. Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið (byggt á mynd frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1999).....	8
Mynd 2. As styrkur í sýnum af affalli 2001–2006 ásamt vikiörkum og umhverfismörkum I og II.	10
Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001–2006 ásamt vikiörkum og umhverfismörkum I og II.	10
Mynd 4. Styrkur áls í affallsvatni ásamt vikiörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	11
Mynd 5. Styrkur áls í lindum við Mývatn ásamt vikiörkum og 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 2006

Vésteinn Vésteinsson, starfsmaður Kröflustöðvar safnaði sýnum 5. maí og Magnús Ólafsson, ÍSOR með aðstoð Vésteins 21. og 22. september. Var í bæði skiptin safnað sýnum á öllum hinum 10 sammingsbundnu stöðum. Frágangur og efnagreiningar fóru þannig fram að pH, anjónir og heildarstyrkur uppleystra efna var greint á efnarannsóknarstofu ÍSOR og aðalkatjónir og snefilefni hjá Analytica, Luleå, Svíþjóð en vegna vandamála við greiningar stöðugra samsætna hjá Raunvísindastofnun Háskólans fengust engar niðurstöður um þær í þetta sinn. Sýnin eru geymd og verða greind þegar þau vandamál hafa verið leyst. Skýrt verður frá þeim niðurstöðum í síðari skýrslu.

Niðurstöður efnagreininga frá maí-söfnuninni eru í töflu 1 en september-söfnuninni í töflu 2. Í heild er um litlar breytingar að ræða frá fyrri athugunum. Affallið er svipað og áhrifa þess gætir ekki í námunda við Mývatn. Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2005, 2006) skýrðu frá vandkvæðum v/greiningarmarkna arsens (As). Þau mál eru að mestu komin í rétt horf en þó eru enn áhöld um hvaða niðurstöður Analytica ábyrgist og er ÍSOR í sambandi við fyrirtækið af þeim sökum.



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

Meðalsamkvæmni með 95% vissu (A_p) fyrir arsen hefur verið metin með tilliti til niðurstaðna frá upphafi fyrir þau sýni sem greind hafa verið í tvítaki og notuð til þess formúlan:

$$A_p = \% \bar{M} + 2\sigma,$$

$$\text{þar sem } \% \bar{M} = \sum \% M / n \text{ og}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{(\overline{\%M} - \%M_1)^2 + (\overline{\%M} - \%M_2)^2 + \dots + (\overline{\%M} - \%M_n)^2}}{n-1}$$

$$\text{og } \%M = \frac{|M_2 - M_1|}{(M_1 + M_2)/2} \times 100$$

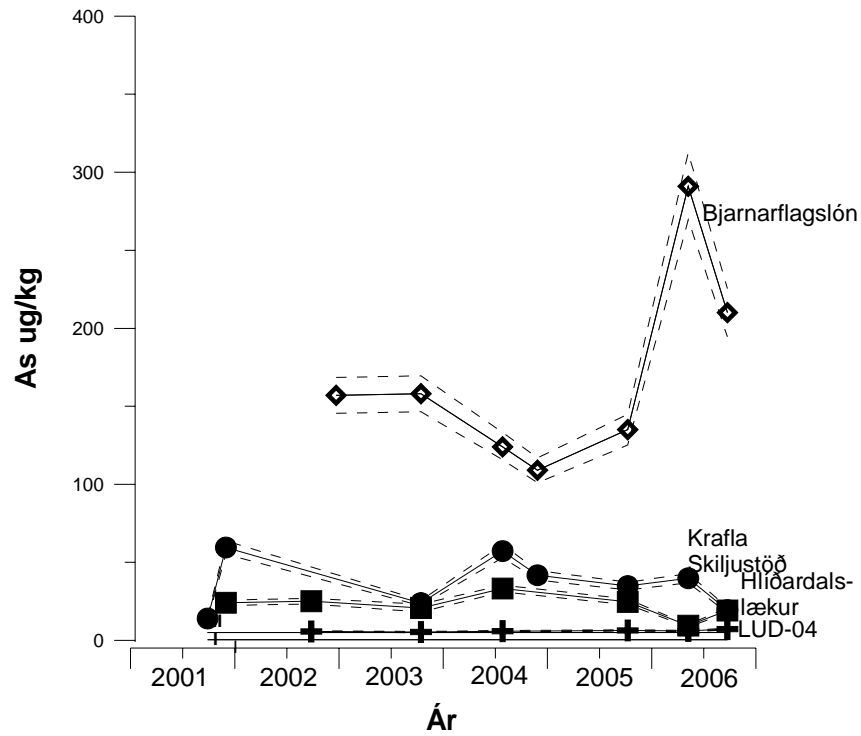
þar sem M_1 og M_2 eru mæligildi fyrir tvítök hvers sýnis, n er fjöldi sýna og σ er staðalfrávik. Fyrir mjög há gildi verða vikmörk heldur stór þegar þessari aðferð er beitt. Umhverfismörk fyrir arsen eru gefin í reglugerð nr. 76/1999 frá Umhverfissráðuneytinu og eru umhverfismörk I (mjög lítil eða engin hætta á áhrifum) 0.4 $\mu\text{g/l}$, en umhverfismörk II (lítil hætta á áhrifum) 5 $\mu\text{g/l}$.

Arsenstyrkurur í sýnum af affalli, þ.e. úr Hlíðardalslæk, frá skiljustöð í Kröflu og úr Bjarnarflaglóni 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 vikmörkum og 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 vikmörkum og umhverfismörkum. Kemur þar greinilega fram að arsenstyrkurur í lindunum er neðan umhverfismarkanna.

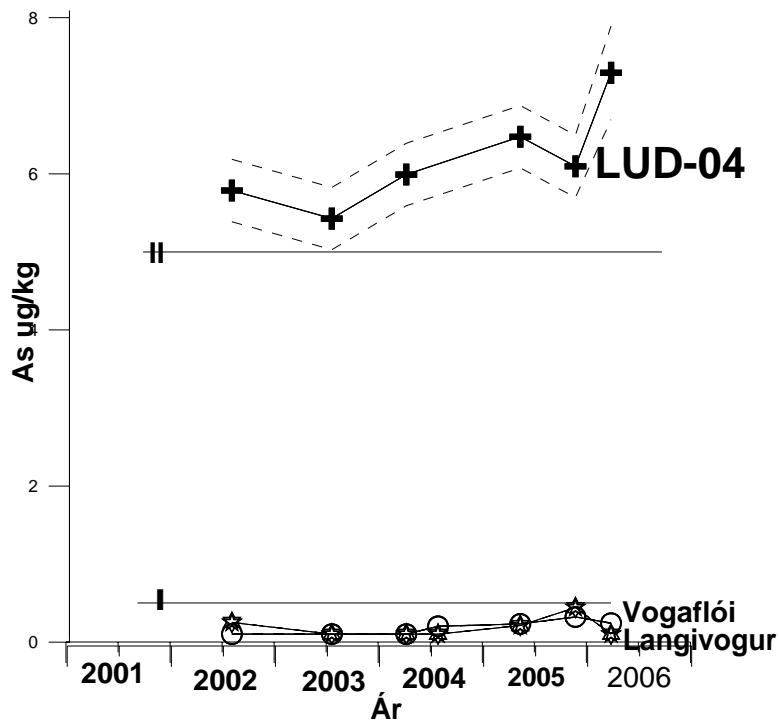
Í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2005) er gerð grein fyrir því hvers vegna ál (Al) er langálitlegast sem eftirlitsefni ásamt arseni. Vitað er um eituráhrif þess gagnvart fiski og sett hafa verið mörk um hámarksstyrk þess í neysluvatni.

Mörk áls (Al) fyrir neysluvatn eru víðast á bilinu 100-200 $\mu\text{g/l}$ (Srinivasan et al. 1999) en hér á landi eru þau 200 $\mu\text{g/l}$ samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn (Umhverfissráðuneytið 2001). Nokkur vandkvæði hafa reynst á því að setja umhverfismörk fyrir lífríki þar sem eiturvirkni áls fer mjög eftir ytri aðstæðum. Eituráhrif eru mest frá svonefndu "auðtæku" ("labile") áli, þ.e. áli á formi kompleksa á borð við álhýdroxíð og álflúoríð. 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 $\mu\text{g/l}$ fyrir lax og skálga, en 80 $\mu\text{g/l}$ fyrir silung og aborra (Löfgren og Lydersen 2002).

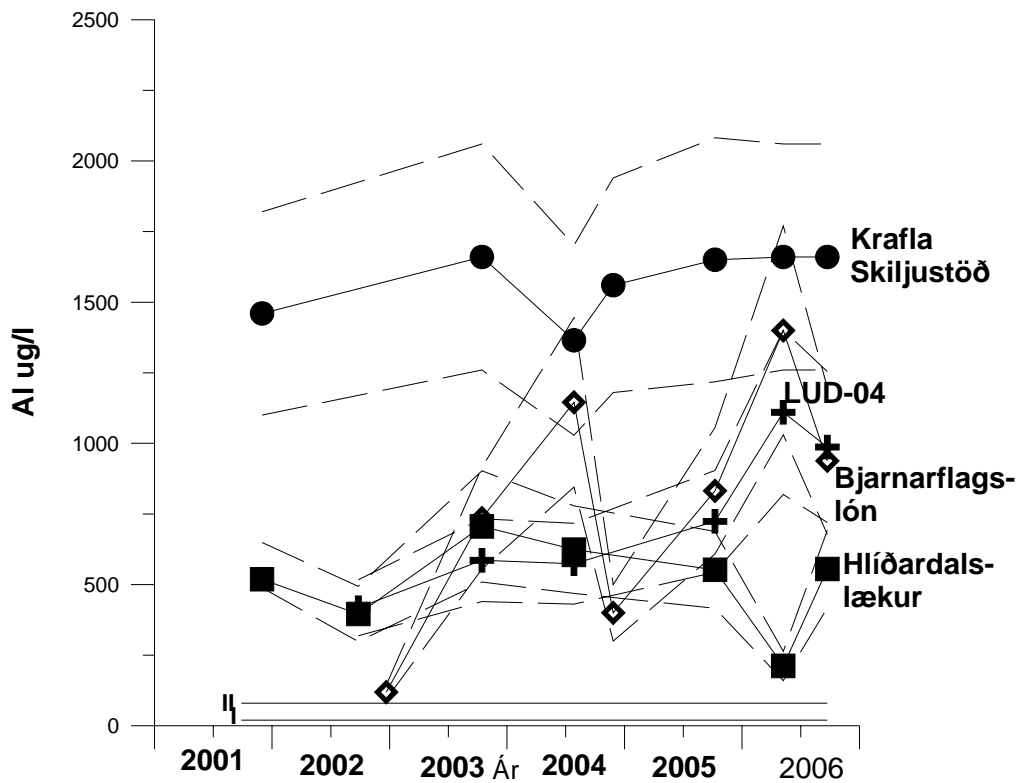
Vikmörk fyrir ál hafa verið ákveðin á sama hátt og fyrir As og eru heldur stór fyrir hæsta styrk. Á mynd 4 er sýndur styrkur áls í affallsvatni og vatni úr holu LUD-04 ásamt ofangreindum umhverfismörkum, sem lögð hafa verið til í Noregi. Sést þar að styrkur áls er enn verulegur í holu LUD-04. Á mynd 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 neðan við slík mörk. Í tilfalli áls er það að öllum líkindum eingöngu þynning sem veldur styrkminnkun meðan í tilfalli arsens getur að auki verið um aðsog að ræða.



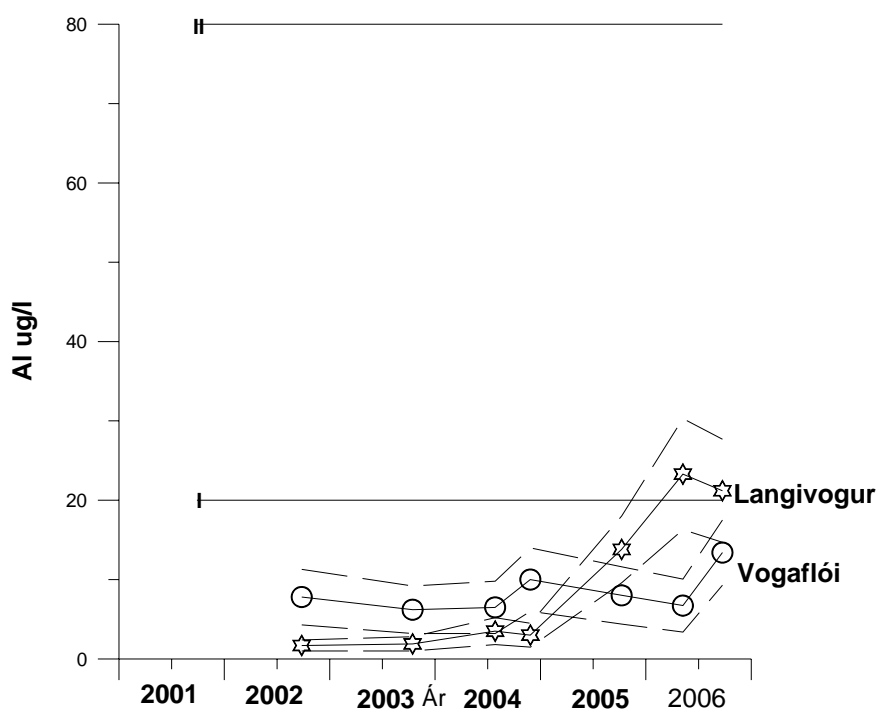
Mynd 2. As styrkur í sýnum af affalli 2001-2006 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.



Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001-2006 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.



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



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

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í maí 2006.

	Krafla Skiljustöð	Hlíðardals-lækur v/AB-02	AB-02	LUD-04	LUD-02	LUD-03	Vogaflói	Bjarnarflags- lón	Grjótagjá Karla	Langivogur
Sýnanr./ Efni	20060222	20060224	20060221	20060220	20060215	20060219	20060218	20060223	20060217	20060216
SiO ₂	644	139	30,6	72,7	25,2	23,5	24,0	610	158	115
Na	242	60,3	12,2	61,3	19,1	15,6	22,1	144	72,5	66,2
K	35,0	8,60	1,91	2,85	2,05	2,06	1,92	25,6	7,42	5,77
Mg	<0,09	5,19	6,48	13,2	7,90	7,05	6,45	1,07	2,94	4,32
Ca	3,32	28,5	13,5	21,7	13,2	11,5	11,7	3,58	13,3	15,0
Sr	0,0175	0,0274	0,0129	0,0236	0,0129	0,0104	0,0118	0,0112	0,0164	0,0168
SO ₄										
Ba	0,002841	0,00162	0,000452	0,000960	0,000969	0,000390	0,000429	0,00455	0,00260	0,00186
Mo	0,00824	0,00267	0,000440	0,00235	0,000620	0,000567	0,000774	0,00115	0,000161	0,000387
Al	1,660	0,212	0,0345	1,110	0,0384	0,0174	0,00672	1,400	0,0163	0,0233
Cr	0,000327	0,000467	0,000762	0,000820	0,00173	0,00127	0,00182	0,000958	0,000333	0,000936
Mn	0,00162	0,0902	0,00124	0,00357	0,000746	0,000826	0,000535	0,0410	0,0265	0,000576
Fe	0,0073	0,0196	0,0190	0,0558	0,0253	0,0072	0,0059	0,770	0,0053	0,0047
Cu	0,000495	0,0009061	0,000894	0,00515	0,0147	0,000854	0,00191	0,00368	0,000838	0,00183
Zn	0,00327	0,00181	0,00402	0,000614	0,0194	0,00346	0,00516	0,0263	0,00331	0,00416
As	0,0398	0,0094	0,00086	0,0060	0,00030	0,00019	0,00022	0,291	0,00049	0,00034
Ni	0,000686	0,00218	0,000742	0,000705	0,00123	0,000719	0,000741	0,00162	0,000614	0,000828

Cd	0,0000102	0,0000494	0,0000271	0,0000758	0,0000836	0,0000830	0,0000524	0,000205	0,0000185	0,0000168
P	0,0065	0,0353	0,0596	0,0520	0,0842	0,0643	0,0593	0,156	0,0341	0,0529
Hg	<0,000002	0,0000022	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,0000043	<0,000002	<0,000002
Pb	0,000104	0,0000125	0,000096	0,000231	0,000439	0,000106	0,000167	0,00321	0,0000148	0,000154
Co	0,0000239	0,000269	0,0000134	0,0000320	0,0000365	0,0000205	0,0000256	0,000244	0,0000150	0,0000317

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í september 2006.

	Krafla skiljustöð	Hlíðardals- lækur v/AB-02	AB-02	LUD-04	LUD-02	LUD-03	Vogaflói	Bjarnar- flagslón	Grjótagjá karla	Langivogur
Sýnanr./ Efni	20060561	20060559	20060552	20060553	20060555	20060554	20060556	20060560	20060558	20060557
pH/t°C	9,62/21,8	8,30/21,9	7,94/22,1	8,08/21,4	8,35/21,4	8,37/21,6	8,52/22	5,59/21,8	8,23/21,9	8,44/21,9
CO ₂	58,2	71,6	49,6	73,2	73,7	63,2	67,1	7,65	108,6	80,2
H ₂ S	21,0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,60	0,12	<0,03
B	1,14	0,46	0,04	0,31	0,07	0,06	0,06	2,20	0,32	0,30
Leiðni (µs/cm)°C	1214/25	686/25	155,5/25	512/25	218/25	183,2/25	205/25	796/25	413/25	442/25
SiO ₂	707	317	27,1	35,2	22,5	21,2	21,9	337	149	114,2
U.s.	1440	678	106	370	137	108	136	1044	413	386
Na	248	102	11,3	59,7	18,3	14,9	21,1	125	71,9	68,5
K	33,3	14,2	1,65	2,68	2,01	1,90	1,83	20,2	7,35	5,97
Mg	<0,09	7,27	5,28	13,6	7,78	6,99	6,32	1,06	2,90	4,00
Ca	3,33	20,4	11,0	21,7	12,9	11,4	11,4	2,88	13,4	15,3
Sr	0,0193	0,0259	0,0118	0,0254	0,0137	0,0114	0,0128	0,0108	0,0178	0,0192
F	1,39	0,58	0,22	0,30	0,17	0,18	0,22	0,64	0,41	0,36
Cl	67,2	27,6	4,17	19,0	5,67	4,81	4,37	68,3	16,3	14,9
SO ₄	125	189	13,4	133	16,7	11,7	20,4	177	64,2	91,3

Ba	0,00273	0,00144	0,000343	0,0007916	0,000299	0,000320	0,000350	0,0018	0,00262	0,00173
Mo	0,00205	0,00439	0,000350	0,00253	0,000655	0,000596	0,000817	0,000569	0,000154	0,000404
Al	1,660	0,555	0,00889	0,987	0,0326	0,0108	0,0134	0,938	0,0147	0,0212
Cr	<0,00005	0,000682	0,000482	0,000530	0,00115	0,000766	0,00151	0,000172	0,0000790	0,000452
Mn	0,00290	0,0225	0,000129	0,00326	0,000300	0,000988	0,00400	0,0123	0,0239	0,000384
Fe	0,0105	0,0371	0,0138	0,0454	0,0029	0,0093	0,0115	0,196	0,0032	0,0018
Cu	<0,0005	0,000596	0,000735	0,00338	0,00164	0,000600	0,00116	0,00145	0,000280	0,000428
Zn	<0,001	0,00155	0,00246	0,00126	0,00258	0,000700	0,00120	0,00508	0,000640	0,00115
As	0,0194	0,0191	0,000830	0,0072	0,00027	0,00014	0,00014	0,210	<0,00005	<0,00005
Ni	0,000747	0,000593	0,000450	0,000374	0,000296	0,000454	0,000298	0,00103	0,000323	0,000404
Cd	0,00001	0,0000078	0,0000045	0,0000030	0,0000030	0,0000069	0,0000096	0,0000406	0,0000062	0,0000152
P	<0,005	0,00631	0,0606	0,0458	0,0498	0,0532	0,0518	<0,005	0,0204	0,0299
Hg	0,0000412	0,0000117	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,0000223	0,0000027	<0,000002
Pb	<0,00005	0,0000369	0,0000284	0,0000678	0,0000300	0,0000247	0,0000391	0,0000807	0,0000266	0,0000276
Co	<0,00003	0,0000768	0,0000181	0,0000151	0,0000112	0,0000126	0,0000116	<0,00003	<0,000005	<0,000005

δD ‰

δ¹⁸O ‰

-

3 Heimildir

- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2004. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2003*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2004/005, 14 s.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2005. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2004*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/006, 15 s.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2006. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2005*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2006/013, 12 s.
- Löfgren, S. and Lydersen, E. 2002. 4.4. 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. And Subramanian og K.S. 1999. Aluminium in drinking water: An overview. *Water SA*, 25, 47-55.
- Umhverfisstofnun, 2001. *Reglugerð nr. 536 um neysluvatn*.
<http://www.umhverfisstofnun.is/lagagogn/reglugerdir>.
- Verkfræðistofan Vatnaskil, 1999. *Mývatn – Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*.
Verkfræðistofan Vatnaskil, 82 s.

