

Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns
frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð
Vöktun og niðurstöður 2005



Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns
frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2005



ÍSOR-2006/013

Apríl 2006

Skýrsla nr: LV-2005/064

Dags: Apríl 2006

Fjöldi síðna: 15 Upplag: 10 Dreifing: Opin Lokuð til

Titill: Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2005

Höfundar: Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson

Verkefnisstjóri: Árni Gunnarsson Ásgrímur Guðmundsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknnum fyrir Landsvirkjun ÍSOR-2006/013

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 ferlum á borð við arsen frekar en halda áfram ferilefna-prófunum. Arsen er í margfalt meiri styrk í affallsvatni en í grunnvatni. Aðeins var farin ein sýnatökuferð á árinu vegna tafa við að koma dælum í holur. Þann 7. október var sýnum safnað á öllum hinum 10 samningsbundnu stöðum. Frágangur og efnagreiningar fóru fram á hefðbundinn hátt. 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.....	5
2 SÖFNUN ÁRIÐ 2005.....	5
3 HEIMILDIR.....	12

TÖFLUR

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga á sýnum sem safnað var í október 2005.....	10
---	----

MYNDIR

Mynd 1. Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið (byggt á mynd frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1999).	6
Mynd 2. As styrkur í sýnum af affalli 2001-2005 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.	8
Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001-2005 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.	8
Mynd 4. Styrkur áls í affallsvatni ásamt vikmörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	9
Mynd 5. Styrkur áls í lindum við Mývatn ásamt vikmörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	9

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 skiljustöðva, 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 virkjunarinnar 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 2005

Eins og fram kemur hér að ofan á sýnataka að fara fram tvisvar á ári en það dróst að koma dælum í holur eins og til stóð og var komið að haustferð ÍSOR á þessar slóðir þegar þær voru tilbúnar. Var sú ferð notuð til sýnatöku sem varð sú eina á árinu og var sýnunum safnað þann 7. október. Var safnað sýnum á öllum hinum 10 samningsbundnu stöðum. Frágangur og efnagreiningar fóru fram á hefðbundinn hátt, þ.e. pH, anjónir og heildarstyrkur uppleystra efna var greint í efnarannsóknarstofu ÍSOR, aðalkatjónir og snefilefni hjá Analytica, Luleå, Svíþjóð og stöðugar samsætur hjá Raunvísindastofnun Háskólans.

Niðurstöður efnagreininga frá söfnuninni eru í töflu 1. 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) skýrðu frá vandkvæðum v/greiningarmarka arsens (As) fyrir þrjú þeirra sýna sem safnað var 2004 og farsælum lyktum þess máls. Sama vandamál kom upp varðandi fimm sýni frá 2005. Í ljós kom að greiningarmörk As, sem Analytica, Svíþjóð gefur upp fyrir V-2 pakka sinn sem sýni v/vöktunar í Mývatnssveit hafa verið greind eftir, hafa verið hækkuð úr 0.01 µg/l í 0.2 µg/l á heimasíðu Analytica. Í tölvupóstsamskiptum hefur hins vegar komið fram að þau séu í raun 0.05 µg/l. Þegar svipað mál kom upp varðandi grunnvatn á Hellisheiði voru keyptar „high resolution“ mælingar og voru þá gefin upp greiningarmörkin 0.05 µg/l. Meira var sent af sýnunum fimm og beðið um greiningar að greiningarmörkum 0.05 µg/l. Niðurstöður bárust síðan miðað við þau greiningarmörk.



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:

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

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

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

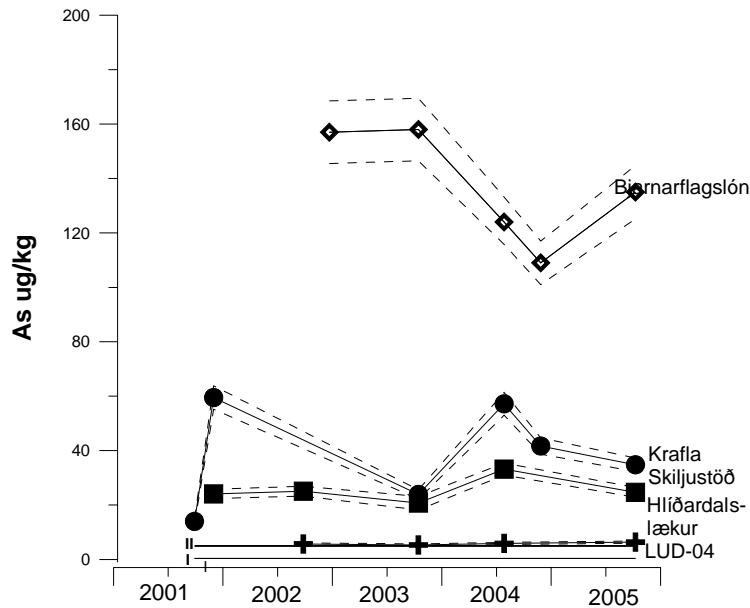
$$\text{og } \% M = \frac{|M_2 - M_1|}{(M_1 + M_2)/2} \times 100$$

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 Umhverfisstofnuneytinu og eru umhverfismörk I (mjög lítil eða engin hætta á áhrifum) 0.4 µg/l, en umhverfismörk II (lítil hætta 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. Nánast ekkert 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 arsenstyrkur í lindunum er langt neðan umhverfismarkanna.

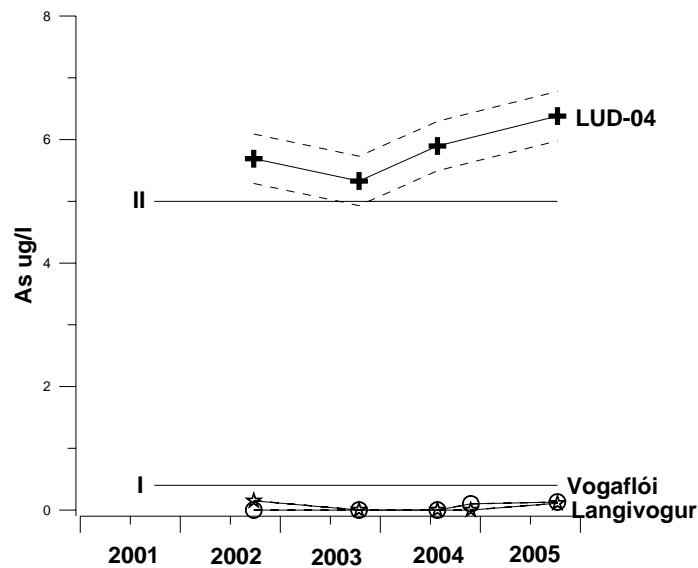
Í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2005) er gerð grein fyrir því hvers vegna ál (Al) er langálitlegast sem eftirlitsefni ásamt arseni. Vitað er um eituráhrif þess gagnvart fiski og sett hafa verið mörk um hámarksstyrk þess í neysluvatni.

Mörk áls (Al) fyrir neysluvatn eru víðast á bilinu 100–200 µg/l (Srinivasan et al. 1999) en hér á landi eru þau 200 µg/l samkvæmt reglugerð nr. 319/1995 um neysluvatn frá Umhverfisstofnuneytinu. 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 álfúoríð. Talið er líklegt að mörk fyrir ál í lífríki 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).

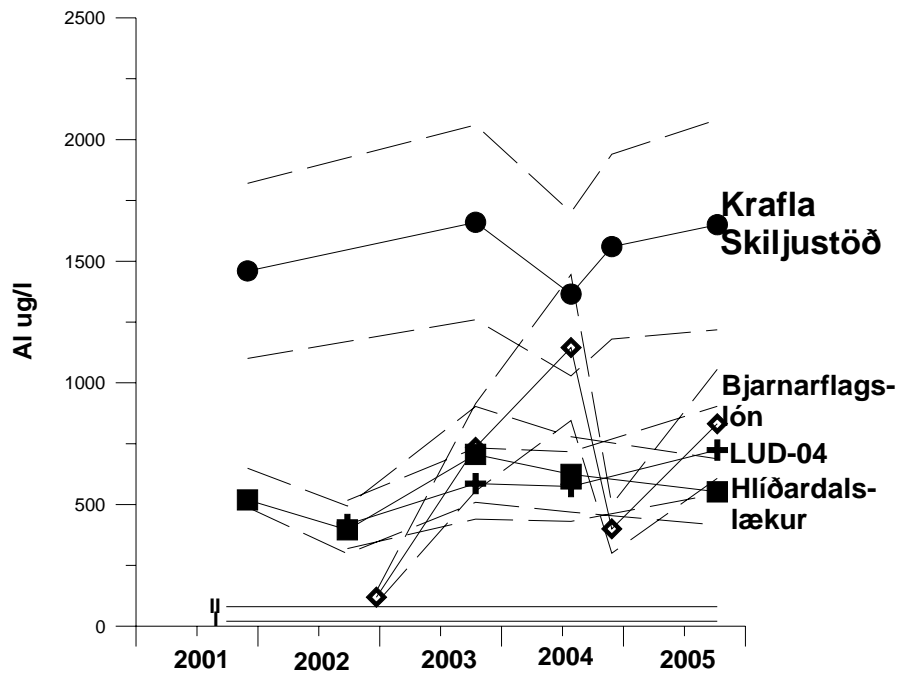


Mynd 2. As styrkur í sýnum af affalli 2001-2005 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.

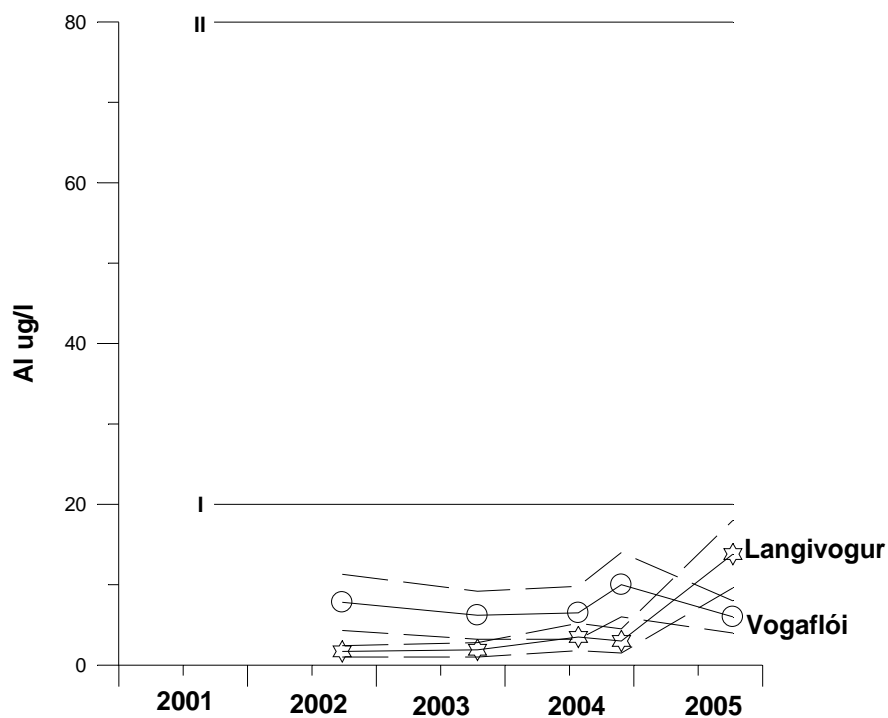
Vikmörk fyrir ál hafa verið ákveðin á sama hátt og fyrir As og eru heldur stór fyrir hæsta styrk. Á mynd 4 er sýndur styrkur áls í affallsvatni og vatni úr holu LUD-04 ásamt ofangreindum umhverfismörkum, sem lögð hafa verið til í Noregi. Sést þar að styrkur áls er enn verulegur í holu LUD-04. Á mynd 5 er sýndur styrkur áls í lindum við Mývatn ásamt ofangreindum hugsanlegum umhverfismörkum og sést að gífurleg þyning verður frá affalli að lindum og að styrkur áls í lindum er langt neðan við slík mörk. Í tilfalli áls er það að öllum líkindum eingöngu þyning sem veldur styrkminkun meðan í tilfalli arsens getur að auki verið um aðsog að ræða.



Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001-2005 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 á sýnum sem safnað var í október 2005.

	Krafla skiljustöð	Hlíðardals- lækur	AB-02	LUD-04	LUD-02	LUD-03	Vogaflói	Svelgur Bjarnar- flagslóni	Grjótagjá karla	Langivogur
Sýnanr./ Efni	20050316	20050314	20050315	20050313	20050311	20050310	20050307	20050312	20050309	20050308
pH/t°C	9,61/22,7	8,37/22,6	7,85/22,5	7,97/22,6	8,32/22,1	8,39/21,6	8,61/20,2	4,58/22,9	8,31/21,2	8,50/20,9
CO ₂	78,5	71,5	48,5	66,4	76	64,4	63,6	5,18	108	77,9
H ₂ S	2,69	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	<0,03	<0,03
B	1,23	0,47	0,04	0,28	0,08	0,05	0,05	1,64	0,31	0,31
Leiðni (µs/cm)°C	1245/25	708/25	153/25	469/25	220/25	189/25	213/25	615/25	423725	460/25
SiO ₂	710	203	27,2	33,8	22,5	21,0	22	234	152	121
U.s.	1310	662	81	328	123	102	110	784	382	364
Na	232,0	100,0	9,90	55,2	18,2	15,1	20,8	92,6	70,6	69,7
K	32,0	14,5	1,49	2,30	1,86	1,75	1,68	16,3	7,19	5,93
Mg	<0,09	7,99	5,38	11,3	8,07	7,30	6,61	2,17	2,90	3,85
Ca	3,16	24,8	10,6	17,8	12,8	11,3	11,3	4,49	13,0	14,8
Sr	0,0177	0,0291	0,0108	0,0202	0,0128	0,0106	0,0120	0,0110	0,0185	0,0175
F	1,36	0,55	0,23	0,31	0,18	0,18	0,22	0,45	0,41	0,36
Cl	75,1	28,8	3,83	16,1	5,41	4,72	4,37	55,6	16,1	15,2
SO ₄	249	198	11,5	12,8	16,0	10,9	20,4	175	56,0	91,1
Ba	0,00244	0,00145	0,000327	0,000774	0,000286	0,000280	0,000479	0,00124	0,00259	0,00158
Mo	0,000810	0,00415	0,000331	0,00179	0,000626	0,000565	0,000729	0,000195	0,000138	0,000313
Al	1,650	0,552	0,0117	0,724	0,0293	0,00801	0,00597	0,832	0,0111	0,0138
Cr	<0,0000923	0,000579	0,000522	0,000495	0,00111	0,00100	0,00142	0,000210	0,0000866	0,000384
Mn	0,00361	0,0512	0,000331	0,00252	0,000757	0,00247	0,00338	0,00622	0,0309	0,000898
Fe	0,0190	0,0437	0,0151	0,0418	0,0111	0,0234	0,0213	0,0703	0,0069	0,00152

Cu	<0,0001	0,000403	0,000752	0,00291	0,00152	0,000535	0,00158	0,000552	0,000866	0,000486
Zn	0,00204	0,00163	0,00430	0,00126	<0,000002	0,00126	0,000698	0,00378	0,00282	0,000785
As	0,0348	0,0247	0,000774	0,00638	0,00030	0,00013	0,00013	0,135	<0,00005	0,00011
Ni	0,000221	0,000883	0,000201	0,000167	0,000172	0,000287	0,000103	0,000718	0,000114	0,0000876
Cd	0,0000046	0,0000119	0,0000053	0,0000039	<0,000002	0,0000029	<0,000002	0,0000093	0,0000065	0,0000042
P	<0,001	0,0112	0,0616	0,0502	0,0483	0,0506	0,0495	0,00420	0,0198	0,0266
Hg	0,0000042	0,0000104	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,0000055	<0,000002	<0,000002
Pb	<0,00001	0,0000529	0,0000984	0,000190	0,000155	0,000189	0,000189	0,000142	0,000185	0,0000221
Co	0,0000209	0,000579	0,0000135	0,0000071	0,0000053	0,0000082	<0,0000162	0,000440	<0,000005	<0,000005
δD ‰		-72,0	-89,1	-76,8	-91,0	-91,4	-91,2	-85,4	-90,9	-89,8
δ ¹⁸ O ‰	-9,64	-8,39	-12,52	-9,88	-12,59	-12,7	-12,64	-8,48	-11,68	-11,56

3 HEIMILDIR

- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson 2004. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2003*. 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*. ÍSOR-2005/006, 15 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, K.S. 1999: Aluminium in drinking water: An overview. *Water SA*, 25, 47-55.
- Stjórnartíðindi B 1999. *Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns*. Umhverfisráðuneytið, 2231-2253.
- Verkfræðistofan Vatnaskil 1999. *Mývatn – Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*. Verkfræðistofan Vatnaskil, 82 bls.

