

Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns
frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð
Vöktun og niðurstöður 2004



Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns
frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2004



ÍSOR-2005/006

Mars 2005



Upplýsingablað

Skýrsla nr: LV-2005/025

Dags: Mars 2005

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

Titill: Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2004

Höfundar: Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson

Verkefnisstjóri: Árni Gunnarsson Ásgrímur Guðmundsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknnum fyrir Landsvirkjun ÍSOR-2005/006

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. Í júlí safnaði starfsmaður Kröfluvirkjunar sýnum til snefilefnagreininga. Í nóvember 2004 var farin eftirlitsferð og tekin sýni samkvæmt eftirlits-áætlun frá júlí 2003. 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 2004	5
3	HEIMILDIR	15

TÖFLUR

Tafla 1.	Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í júlí 2004.....	11
Tafla 2.	Niðurstöður efnagreininga sýna (mg/l) sem safnað var í nóvember 2004.....	13
Tafla 3.	Samanburður kadmíumstyrks ($\mu\text{g/l}$) í sýnum frá nokkrum stöðum 2001-2004.....	14
Tafla 4.	Samanburður klóríð- og arsengilda í sýnum frá Grjótagjá, Langavogi og Vogaflóa 2003 og 2004.....	14

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 2001-2004 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.....	8
Mynd 3.	Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001-2004 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.....	9
Mynd 4.	Styrkur áls í affallsvatni ásamt vikmörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir (I) og fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).....	10
Mynd 5.	Styrkur áls í lindum við Mývatn ásamt vikmörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir (I) og fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).....	10

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

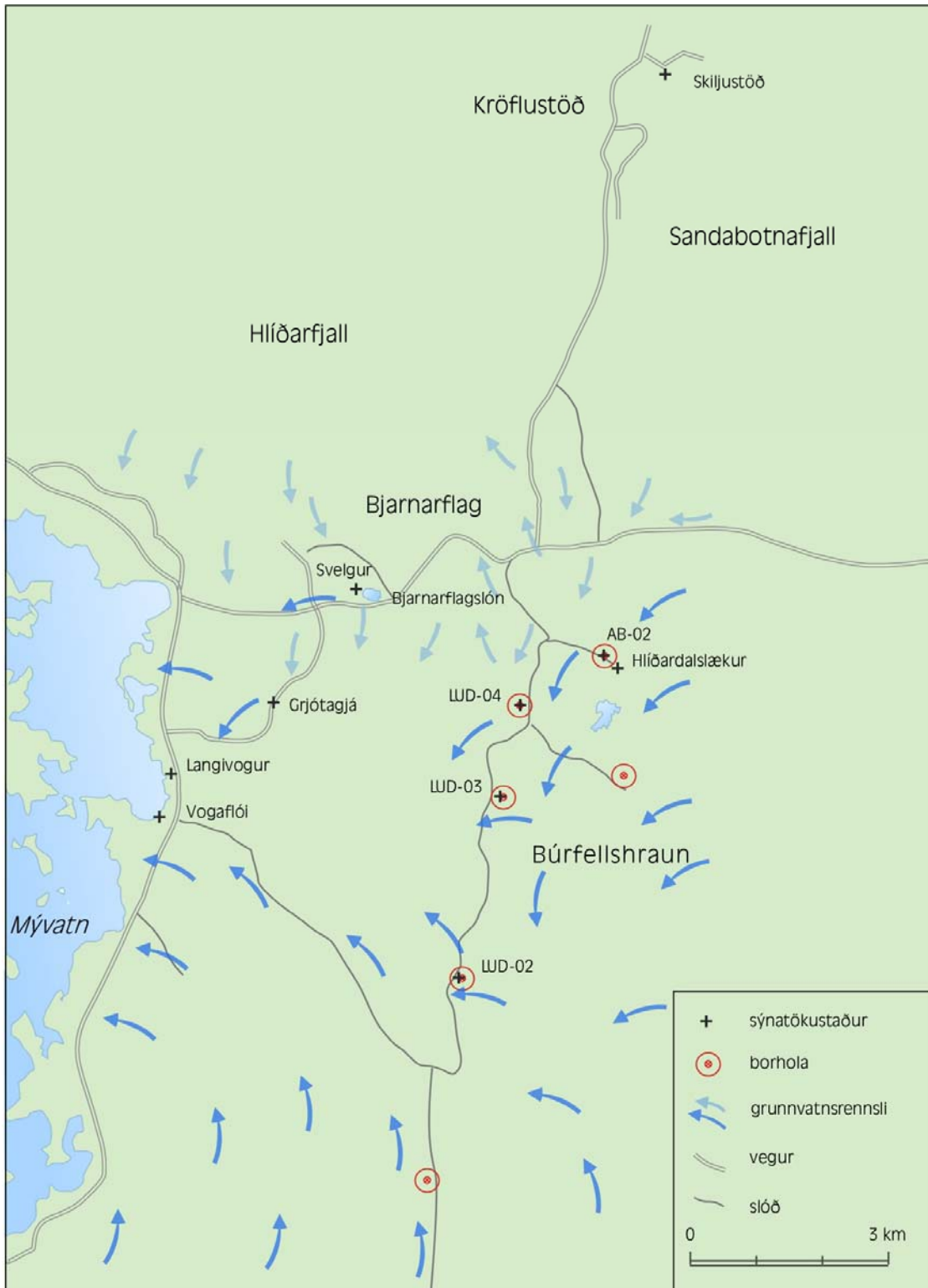
Til eftirlits með affallsvatni verður sýnum til heildargreiningar safnað einu sinni á ári en sýnum til snefilefnagreiningar tvisvar á ári úr frárennsli skiljustöðva, Hlíðardalslæk, holum AB-02, LUD-02, LUD-03 og LUD-04 í Búrfellshrauni, niðurfalli frá Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lindum í Langavogi 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 2004

Vésteinn Vésteinsson, starfsmaður Kröfluvirkjunar, safnaði sýnum til snefilefnagreininga í júlí 2004. Voru sýnin send til ÍSOR þar sem þau voru síuð og hverju sýni skipt í tvennt. Bætt var Merck Suprapur saltpéturssýru í annað en hreinsaðri Merck Suprapur saltpéturssýru í hitt og þau síðan send til efnagreininga hjá Analytica, Luleå, Svíþjóð. Starfsmenn ÍSOR komu í nóvember 2004 til að safna sýnum til heildar-efnagreininga, en bæði var færð erfið og ekki búið að ganga frá dælum í öllum holum og því ákveðið að fresta sýnatöku úr Hlíðardalslæk og holum. Safnað var sýnum af affallsvatni frá virkjununum, Grjótagjá og vatni úr tveimur lindum á bakka Mývatns, í Langavogi og Vogaflóa. 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 í júlí eru í töflu 1 en frá söfnuninni í nóvember í töflu 2. Í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2004) kom fram að mismunandi niðurstöður höfðu fengist um kadmíumstyrk í sýnum af grunnvatni í Mývatnssveit í þau skipti sem safnað var. Um var að ræða tiltölulega há gildi sem fengust fyrir sýni sem safnað var í október 2003. Ekki virtist geta verið um að ræða mengun af völdum affallsvatns og mengun grunnvatns á svæðinu virtist útilokuð. Mælingar á sýnum þessum og nokkrum fyrri sýnum voru endurteknar og var nokkurt samræmi, þ.e. eldri sýni með lágum Cd-styrk mældust aftur með lágan Cd-styrk og sýni frá október 2003 sýndu aftur háan Cd-styrk, þó ekki í öllum tilvikum þann sama. Einna líklegast þótti að sökudólgurinn gæti verið Suprapur saltpéturssýra frá Merck sem notuð er til að sýra sýnin til að varðveita katjónastyrk þeirra. Stundum hefur þótt ástæða til að hreinsa slíka sýru til þess að gera hana örugga til notkunar. Því var ákveðið að athuga hvort mismunandi niðurstöður fengjust með því að sýra sömu sýni annars vegar með Suprapur saltpéturssýru en hins vegar með hreinsaðri Suprapur saltpétursýru frá Merck. Í töflu 1 eru sýni sem bætt var í hreinsaðri sýru merkt A, en ómeðhöndlaðri sýru B.



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

Styst er frá því að segja að ekki virðist um neinn mun á niðurstöðum kadmíumgreininga á sýnum þessum eftir því hvort sýra sú sem bætt var í þau var hreinsuð eða ekki. Reyndar bregður svo við að Cd er neðan greiningarmarka í 6 þessara sýna og niður

undir þeim í hinum þremur en það er nokkuð önnur niðurstaða en áður hafði fengist. Í töflu 3 sést hins vegar að niðurstöður í nóvember 2004 benda til þess að kadmíumstyrkur sé þá svipaður og fyrir október 2003. Kadmíum greinist ekki í vatni frá skiljustöðinni í Kröflu en er merkjanlegt í Bjarnarflagslóni. Það greinist í hvorugri lindinni við Mývatn í nóvember 2004. Ekkert bendir til kadmíummengunar frá jarðhitaaffalli og ekkert kadmíum að sjá í lindunum við vatnið.

Í heild er um litlar breytingar að ræða frá fyrri athugunum. Affallið er svipað og áhrifa þess gætir ekki í námunda við Mývatn. Fyrir þau þrjú sýni frá nóvember sem reyndust neðan greiningarmarka voru greiningarmörkin hærri en þau sem áður hafa verið gefin upp og var truflun frá klóríði kennt um. Kom það á óvart þar sem þessi sýni eru snauð að klóríði og var klóríðstyrkur þeirra ekki hærri í þetta sinn en áður. Var því send fyrirspurn til Analytica, Luleå, Svíþjóð og beðið um frekari skýringar. Niðurstöður fyrir klóríð og arsen í sýnum frá þessum þremur stöðum 2003 og 2004 eru bornar saman í töflu 4. Í upplýsingum frá fyrirtækinu segir að greiningarmörk fyrir As eigi að vera 0.00001 mg/l en neðstu mörk sem gefin eru í reglugerð um mengun vatns (Stjórnartíðindi B 1999) eru 0.0004 mg/l svo að munurinn ætti að vera verulegur. Í fyrri tilvikum hafa stundum verið gefin hærri greiningarmörk fyrir einstök sýni en aldrei neitt nálægt mengunarmörkunum. Í þessu tilviki voru þau hins vegar frá 0.005 til 0.01 mg/l. Eftir fyrirspurnina barst leiðrétting frá Analytica og eru greiningarmörk nú viðunandi (sjá töflu 4: Leiðrétt).

Meðalsamkvæmni með 95% vissu (Ap) 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:

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

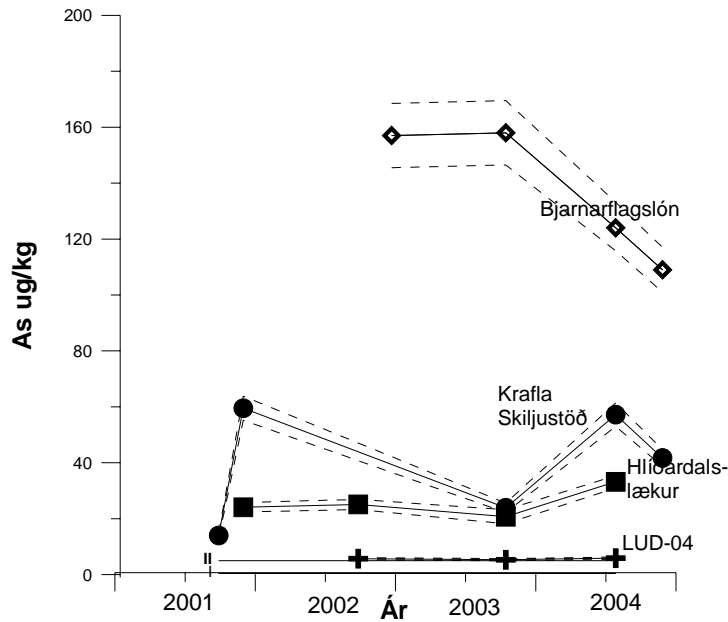
$$\text{þar sem } \% \bar{M} = \sum \% M / n \text{ og}$$

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

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

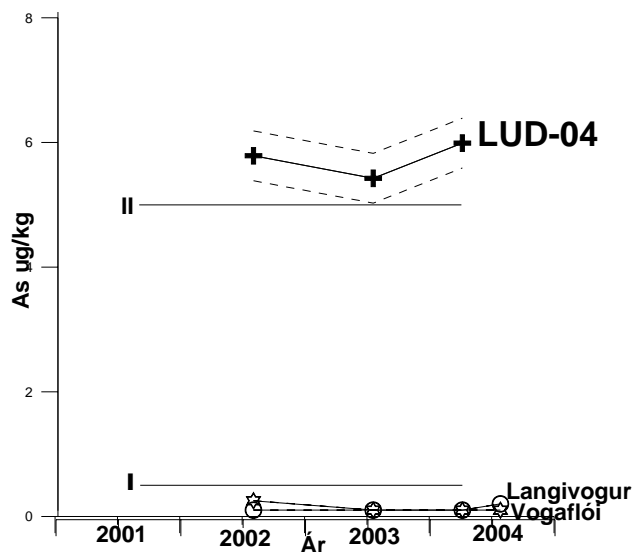
þar sem M_1 og M_2 eru mæligildi fyrir tvítök hvers sýnis, n er fjöldi sýna og σ er staðalfrávik. Fyrir mjög há gildi verða vikið heldur stór þegar þessari aðferð er beitt. Umhverfismörk fyrir arsen eru gefin í reglugerð nr. 76/1999 frá Umhverfisstofnun og eru umhverfismörk I (mjög lítil eða engin hætta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

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 vikið 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 vikið og umhverfismörkum. Kemur þar greinilega fram að arsenstyrkur í lindunum er langt neðan umhverfismarka.



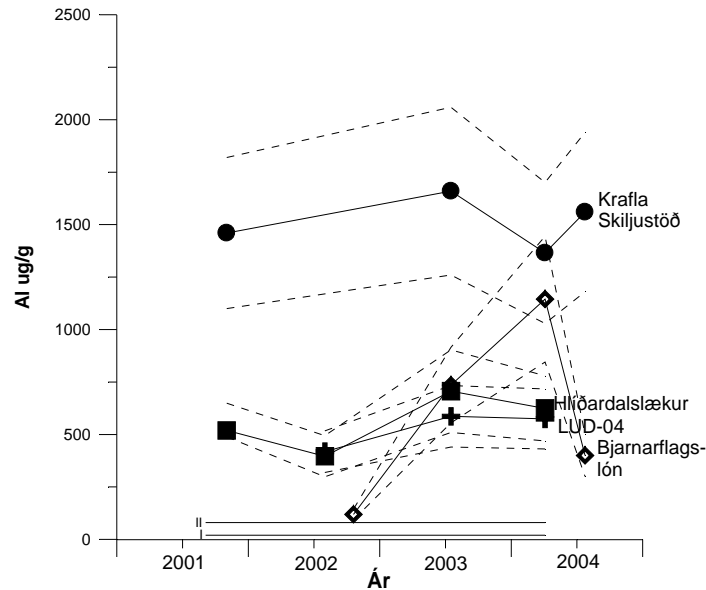
Mynd 2. As styrkur í sýnum af affalli 2001-2004 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.

Þó að arsen sé það efni sem mest ástæða er til að fylgjast með vegna tiltölulega mikils styrks þess í jarðhitavatni og eituráhrifa þess er full ástæða til að fylgja sérstaklega eftir öðru efni og hafa til viðmiðunar. Æskilegt er að svipað gildi um það efni, þ.e. að styrkur þess í jarðhitavatni sé mikill miðað við styrk í köldu grunnvatni og/eða yfirborðsvatni. Þá vegur slíkt eftirlit þyngra ef um er að ræða efni sem getur haft eituráhrif. Kvikasilfur kemur til greina en styrkur þess er mjög lítill í þessu kerfi og aðferð sú sem beitt er til greininga á því er ekki nógu örugg til að nota við viðmiðunarefni. Annari aðferð hefur margsinnis verið beitt á sýni frá svæðinu (sjá t.d. Halldór Ármannsson o.fl. 1998) og með henni verið sýnt fram á lágan styrk kvikasilfurs. Ætti hins vegar að beita henni við þetta eftirlit kæmi til sérsöfnun, sérstök meðhöndlun sýna og sérgreining og myndi þetta hleypa verði eftirlitsins verulega upp. Yrði óeðlileg aukning á kvikasilfursstyrk myndi sú aðferð sem nú er beitt gefa viðvörðun. Mörk fyrir kvikasilfur í affalli eru 50 µg/l skv. reglugerð 800/1999 frá Umhverfisstofnun og fyrir neysluvatn 1 µg/l skv. reglugerð 319/1995 frá Umhverfisstofnun. Kísill er það efni sem helst einkennir jarðhitavatn en hann svarar fljótt hitabreytingum. Þannig myndi styrkur hans lækka mjög við blöndun við kalt grunnvatn en aukast síðan aftur í volgu umhverfi Grjótagjár og lindanna við Mývatn þannig að ekki er unnt að nota hann sem mælikvarða á þynningu. Auk þess er hann ekki eitruður. Mólybden er efni sem einkennir háhitavatn en sá hængur er á að það hvarfast gjarna við súlfíð og því ekki hentugt sem mælikvarði á þynningu í jafn súlfíðríku vatni og affallinu frá Námafjalli. Af þeim efnum sem eru í miklu meiri mæli í háhitavatni en í köldu grunn- og yfirborðsvatni er ál (Al) langálitlegast sem eftirlitsefni. Vitað er um eituráhrif þess gagnvart fiski og sett hafa verið mörk um hámarksstyrk þess í neysluvatni.



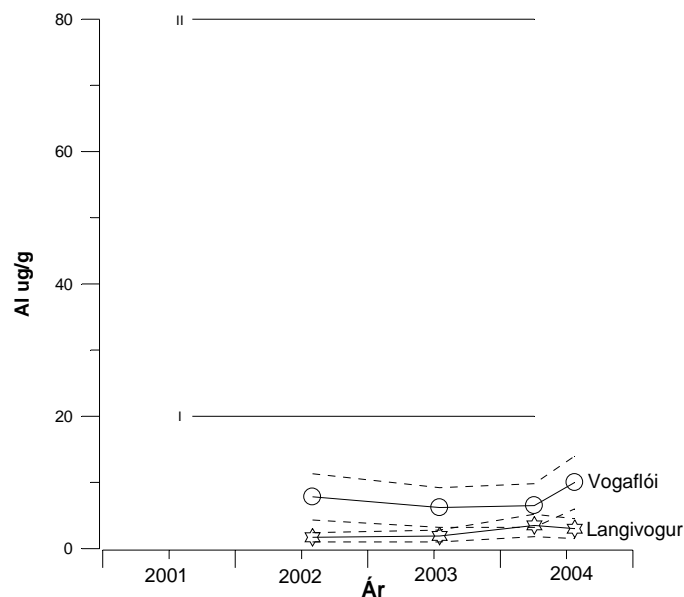
Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001-2004 ásamt vikmörkum og umhverfismörkum I og II.

Mörk þess fyrir neysluvatn eru víðast á bilinu 100–200 µg/l (Srinivasan et al. 1999) og hér á landi eru þau 200 µg/l samkvæmt reglugerð nr. 319/1995 um neysluvatn frá Umhverfisstofnun. Nokkur vandkvæði hafa reynst á því að setja umhverfismörk fyrir lífríki þar sem eiturvirgni 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. Myndun þeirra er háð ýmsum eiginleikum vatnsins svo sem pH, heildarjónstyrk o.fl. Þannig gæti þurft að ákveða nánar um eiginleika vatns áður en umhverfismörk eru sett fyrir ál. Þá eru eituráhrif áls mjög tegundabundin miðað við fiska. Vinna er í gangi um setningu slíkra marka en niðurstöður viðræðna við sérfræðinga bentu til þess að líklegustu mörk yrðu 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 4. Styrkur áls í affallsvatni ásamt vikmörkum og hugsanlegum umhverfismörkum fyrir (I) og fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (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 þynning 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 þynning sem veldur styrkminnkun meðan í tilfalli arsens getur að auki verið um aðsog að ræða.



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

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga sýna sem safnað var í júlí 2004.

	Krafla Skiljustöð A	Krafla Skiljustöð B	Hlíðardals-lækur v/AB-02 A	Hlíðardals-lækur v/AB-02 B	LUD-04 A	LUD-04 B	LUD-02 A	LUD-02 B	LUD-03 A	LUD-03 B
Sýnanr./ Efni	20048283	20048283	20048284	20048284	20048289	20048289	20048290	20048290	20048288	20048288
SiO ₂	537	556	229	225	49,6	49,6	24	23,7	21,8	22,2
Na	250	250,0	114,0	113,0	53,6	53,5	17,7	17,8	14,0	14,5
K	33,2	33,2	14,2	14,0	2,2	2,2	1,7	1,7	1,7	1,6
Mg	<0,09	<0,09	12,0	11,9	10,4	10,4	7,5	7,5	7,0	6,9
Ca	3,8	3,7	34,0	34,0	16,8	16,8	12,4	12,4	11,4	11,2
Sr	0,0229	0,0225	0,0398	0,0384	0,0208	0,0208	0,0137	0,0138	0,0108	0,0115
tSO ₄	336,0	336,0	234,0	232,0	112,0	112,0	15,4	15,5	10,6	10,9
Ba	0,00301	0,00316	0,00215	0,00208	0,000782	0,000816	0,000313	0,000308	0,000317	0,000304
Mo	0,00192	0,00232	0,00247	0,00243	0,00160	0,00167	0,000891	0,000858	0,000618	0,000608
Al	1,360	1,370	0,618	0,631	0,581	0,568	0,024	0,023	0,009	0,008
Cr	<0,00001	0,000254	0,000948	0,000983	0,000481	0,000569	0,00119	0,00140	0,00104	0,00107
Mn	0,00147	0,00151	0,0378	0,0363	0,00295	0,00306	0,0000453	0,0000542	0,000585	0,000552
Fe	0,0058	0,0062	0,114	0,113	0,0604	0,0629	0,0017	0,0024	0,0117	0,0116
Cu	0,000178	0,00025	0,000361	0,000342	0,00277	0,00280	0,00162	0,00161	0,000369	0,000367
Zn	0,000296	0,000306	0,00159	0,00154	0,000844	0,000878	0,00165	0,00145	0,000663	0,000703
As	0,056	0,0585	0,0337	0,0327	0,00579	0,006	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,00005
Ni	<0,00005	0,000135	0,000563	0,000579	0,000133	0,000193	0,0000742	0,000204	0,000102	0,000181
Cd	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,0000027	0,0000024	0,0000021	0,0000022	<0,000002	<0,000002
P	<0,001	<0,001	0,0113	0,0111	0,0612	0,0648	0,0558	0,0563	0,0597	0,0583
Hg	0,0000317	<0,000002	0,000014	0,0000024	0,0000172	<0,000002	0,0000124	<0,000002	0,0000136	<0,000002
Pb	0,0000131	0,0000216	0,0000245	0,0000226	0,0000168	0,0000179	0,0000102	0,0000114	<0,00001	<0,00001
Co	<0,000005	<0,00005	0,00011	0,000104	0,0000137	0,0000149	<0,000005	0,0000052	0,0000052	0,0000068

Tafla 1. framhald

	Vogaflói A	Vogaflói B	Bjarnarflags- Lón A	Bjarnarflags- Lón B	Grjótagjá A	Grjótagjá B	Langivogur A	Langivogur B
Sýnanr./ Efni	20048286	20048286	20048282	20048282	20048287	20048287	20048285	20048285
SiO ₂	22,5	22,5	439	443	161	160	114	114
Na	19,8	19,9	123,0	124,0	70,1	70,2	60,4	60,4
K	1,6	1,6	18,1	18,2	7,0	7,0	5,2	5,2
Mg	6,1	6,2	1,6	1,6	2,8	2,8	4,0	4,0
Ca	11,1	11,2	4,1	4,1	13,3	13,3	13,9	13,8
Sr	0,0120	0,0122	0,0177	0,0182	0,0174	0,0172	0,0170	0,0171
SO ₄	20,1	19,8	515,0	524,0	57,9	58,2	75,0	74,7
Ba	0,000313	0,000314	0,00163	0,00163	0,00384	0,00375	0,00162	0,00163
Mo	0,000853	0,000856	0,0002	0,000215	0,000158	0,000146	0,000589	0,000573
Al	0,007	0,006	1,140	1,150	0,010	0,008	0,004	0,003
Cr	0,00152	0,00157	0,00012	0,000264	0,0000408	0,0000627	0,000474	0,000527
Mn	<0,00003	<0,00003	0,0128	0,0127	0,0728	0,0743	0,0000305	<0,00003
Fe	0,0004	0,0005	0,255	0,256	0,003	0,0027	<0,0004	0,0008
Cu	0,000983	0,000982	0,000565	0,00058	0,000142	0,000123	0,000312	0,000264
Zn	0,00027	0,00022	0,000643	0,00074	0,000359	0,000346	0,000291	0,00024
As	<0,00005	<0,00005	0,124	0,124	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Ni	<0,00005	0,000092	0,00014	0,000272	<0,00005	0,0000966	<0,00005	0,0000994
Cd	<0,000002	<0,000002	0,0000022	0,0000022	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
P	0,0568	0,0572	0,00229	0,00226	0,0225	0,0221	0,0341	0,0351
Hg	0,0000141	<0,000002	0,000063	0,0000046	0,0000138	<0,000002	0,0000083	<0,000002
Pb	<0,00001	<0,00001	0,0000199	0,0000168	0,0000104	0,0000108	0,0000104	<0,00001
Co	<0,000005	<0,000005	0,0000437	0,0000462	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga sýna (mg/l) sem safnað var í nóvember 2004.

	Krafla Skiljustöð	Vogaflói	Svelgur Bjarnar- Flagslóni	Grjótagjá Karla	Langivogur
Sýnanr./ Efni	20040439	20040440	20040438	20040437	20040441
pH/T°C	9,68/20,8	8,56/20,6	7,45/22,9	8,33/22,7	8,49/21,6
CO ₂	59,4	64,0	34,2	112	84,4
H ₂ S	20,0	<0,03	0,12	<0,03	<0,03
B	1,34	<0,03	2,96	0,27	0,29
Leiðni (µs/cm)°C	1177/25	208/25	761/25	428/25	449/25
SiO ₂	673	22	235	154	124
U.s.	1335	106	1020	388	377
Na	229,0	21,1	132,0	70,6	70,5
K	30,9	1,7	22,5	7,2	5,8
Mg	<0,09	6,0	0,4	2,7	3,5
Ca	3,1	11,0	1,5	12,8	14,3
Sr	0,0193	0,0133	0,0094	0,0180	0,0194
F	1,34	0,24	0,62	0,42	0,39
Cl	72,5	4,71	93,4	16,7	15,5
SO ₄	253	20,3	171	58,0	92,1
Ba	0,0026	0,000315	0,000991	0,00261	0,00161
Mo	0,00153	0,000802	0,00027	0,000221	0,000341
Al	1,560	0,010	0,400	0,012	0,003
Cr	<0,00001	0,00152	0,000402	0,000023	0,000389
Mn	0,00128	0,000123	0,00622	0,0289	0,000166
Fe	0,0045	0,0024	0,0703	0,0032	0,0018
Cu	0,000202	0,00103	0,00139	0,000989	0,000552
Zn	0,000803	0,000809	0,00881	0,00254	0,00129
As	0,0417	0,0001	0,109	<0,00005	<0,00005
Ni	0,0000638	0,000114	0,0014	0,000284	0,00159
Cd	<0,000002	<0,000002	0,0000249	0,0000164	<0,000002
P	<0,001	0,0576	0,00292	0,0225	0,0302
Hg	0,000095	0,0000519	0,00468	0,0000919	0,0000403
Pb	0,0000252	0,0000677	0,000444	0,0000307	0,0000185
Co	<0,000005	<0,000005	0,0000319	0,0000128	<0,000005
δD (‰)	-82,2	-91,4	-89,8	-90,2	-90,6
δ ¹⁸ O (‰)	-9,51	-12,63	-6,27	-11,7	-11,58

Tafla 3. Samanburður kadmíumstyrks ($\mu\text{g/l}$) í sýnum frá nokkrum stöðum 2001-2004.

Staður	Krafla skiljustöð	Vogaflói	Bjarnarflagslón	Grjótagjá	Langivogur
2001/2002	<0.002	0.0503	0.004	0.0118	0.0065
Okt. 2003	0.123	0.272	1.11	0.831	0.197
Júlí 2004 A	<0.002	<0.002	0.0022	<0.002	<0.002
Júlí 2004 B	<0.002	<0.002	0.0022	<0.002	<0.002
Nóv. 2004	<0.002	<0.002	0.00249	0.0164	<0.002

Tafla 4. Samanburður klóríð- og arsengilda í sýnum frá Grjótagjá, Langavogi og Vogaflóa 2003 og 2004.

Staður	Cl mg/l		As mg/l		
	2003	2004	2003	2004	Leiðrétt
Grjótagjá	16.6	16.7	0.000186	<0.001	<0.00005
Langivogur	15.4	15.5	<0.00005	<0.0009	<0.00005
Vogaflói	4.49	4.71	<0.00012	<0.0005	0.0001

3 HEIMILDIR

- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2004. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2003*. Landsvirkjun, LV-2004/052; ÍSOR-2004/005, 14 s.
- Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 1998. *Krafla-Námajfall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn*. Orkustofnun - Rannsóknasvið, OS-98066, 33 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. Umhverfisstjórnuneytið, 2231-2253.
- Verkfræðistofan Vatnaskil 1999. *Mývatn – Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*. Skýrsla Vatnaskila, 82 s.