



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

**Efnarannsóknir á vatni úr
holum, lindum og gjám í
Búrfellshrauni og nágrenni**

**Undirstöður vöktunar vegna affalls frá
jarðhitavirkjunum, Kröflu og Námafjalli**

**Halldór Ármannsson
Magnús Ólafsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

2002

OS-2002/076

OS-2002/076



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Verknr.: 8-630656

Halldór Ármannsson
Magnús Ólafsson

Efnarannsóknir á vatni úr holum, lindum og gjám í Búrfellshrauni og nágrenni

**Undirstöður vöktunar vegna affalls frá jarðhita-
virkjunum, Kröflu og Námafjalli**

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-2002/076

Desember 2002

ISBN 9979-68-110-1

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími: 463 0559 – Fax: 463 0560

Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr.: OS-2002/076	Dags.: Desember 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
------------------------------------	--------------------------------	---

Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Efnarannsóknir á vatni úr holum, lindum og gjám í Búrfellshrauni og nágrenni Undirstöður vöktunar vegna affalls frá jarðhitavirkjunum Kröflu og Námafjalli	Upplag: 35
	Fjöldi síðna: 36

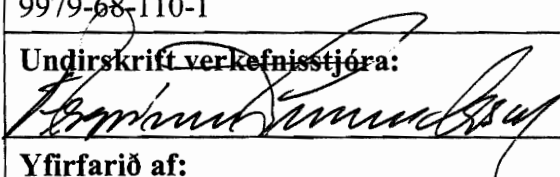
Höfundar: Halldór Ármannsson Magnús Ólafsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson
---	---

Gerð skýrslu / Verkstig: Grunnvatnsrannsókn, ferliprófanir	Verknúmer: 8-630656
--	-------------------------------

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Gerð er grein fyrir ferliprófun í september 2002 til að kanna streymi affalls frá Kröfluvirkjun eftir Hlíðardalslæk í grunnvatni í og við Búrfellshraun. Ekki þótti ástæða til að nota sérstök ferilefni til að rekja streymisleiðir grunnvatns heldur kanna fremur styrk nokkurra snefilefna sem einkenna grunnvatnið, einkum arsens. Sýni voru tekin á fjölda staða, borholum, gjám og lindum, til greininga á aðal- og snefilefnum. Affall frá Kröfluvirkjun kemur ekki fram svo neinu nemi annars staðar en í Hlíðardalslæk og einni til tveim holum. Á öðrum stöðum er blöndun það hröð að áhrif affallsvatns frá Kröflu hverfa fljótt. Lagt er til að komið verði á reglubundinni vöktun á efnainnihaldi grunnvatns á völdum stöðum í nágrenni Mývatns til að fylgjast með affalli frá jarðhitavirkjunum í Kröflu og Bjarnarflagi.

Lykilorð: Grunnvatn, jarðhitavirkjun, affall, ferliprófun, Búrfellshraun, Krafla, Námafjall	ISBN-númer: 9979-68-110-1
	Undirskrift verkefnisstjóra: 
	Yfirfarið af: ÁsG, PI

SAMANTEKT

Í úrskurðum Skipulagsstofnunar vegna stækkunar Kröfluvirkjunar um 40 MW og tilraunaborana á vestursvæði Kröflu kemur fram að fylgjast þurfi vel með affallsvatni og kanna betur streymisleiðir þess og mögulegt rennsli til Mývatns áður en sett er upp vöktunaráætlun vegna grunnvatns. Einkum er litið til þess að styrkur arsens (As) í vatni affallslækjar frá Kröfluvirkjun og líka í affallslóni frá jarðhitavirkjun í Bjarnarflagi, Námafjalli er yfir viðmiðunarmörkum fyrir lífríki. Ekki þótti ástæða til að nota sérstök ferilefni til að kanna streymisleiðir grunnvatns í Búrfellshrauni vegna affalls frá Kröfluvirkjun en slík prófun hefur verið gerð vegna affalls frá Bjarnarflagi. Þess í stað var ákveðið að kanna sérstaklega styrk nokkurra snefilefna sem einkenna jarðhitavatn og líta má á sem náttúruleg ferilefni, einkum þá As, og reyna að meta þynningu þeirra í grunnvatni. Jafnframt skoða hve hröð þynningin væri og þá hvar og hve fljótt eftir blöndun við jarðhitaaffall styrkur efnanna í grunnvatni yrði viðunandi. Með athugunum á samsætuhlutföllum hefur vatni í Mývatnssveit verið skipt í flokka eftir uppruna og því er unnt að fylgjast með streymisleiðum þess, og koma þær upplýsingar að góðum notum við túlkun á blöndun affallsvatns við grunnvatn og þynningu.

Árin 1999 og 2002 voru boraðar 5 holur í Búrfellshrauni til grunnvatnsrannsókna og voru í þeirri athugun, sem hér er skýrt frá, efnagreind sýni úr þeim, einni eldri holu og nokkrum gjám og lindum. Niðurstöður eru þær að As-styrkur yfir lægstu heilbrigðismörkum kemur fram í tveimur holum nálægt niðurfalli affallslækjar Kröfluvirkjunar í Búrfellshrauni, en er annars staðar undir lægstu heilbrigðismörkum. Athugun á uppruna vatns í þessum holum bendir til þess að einungis vatn í þeirri nyrstu, LUD-04, eigi norðlægan uppruna, og geti blandast affallsvatni frá Kröflu. Í næsta nágrenni Mývatns sjást jarðhitaefni í Grjótagjá og svo lindunum við Langavog og Helgavog. Áhrif vegna virkjunar jarðhita eru greinilega hverfandi miðað við náttúrulegt ástand grunnvatns í næsta nágrenni jarðhitasvæðanna. Hlíðardalslækur sker sig þar úr en í hann rennur affallsvatn frá Kröfluvirkjun. Eftir að lækjarvatnið blandast grunnvatninu þá þynnist það hratt og samlagast grunnvatninu.

Lagt er til að komið verði á reglubundinni vöktun á efnainnihaldi grunnvatns á nokkrum völdum stöðum í nágrenni Mývatns. Við reglulegt eftirlit, sem fari fram a.m.k. árlega, verði safnað sýnum úr Hlíðardalslæk, holum AB-02, LUD-02, LUD-04, úr Hverfjallsgjá og lind við Vogafloa til að fylgjast með affalli frá Kröflu, en úr Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lind í Langavogi til að fylgjast með affalli frá Bjarnarflagi.

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	7
2. FRAMKVÆMD.....	8
3. NIÐURSTÖÐUR	8
4. UMRÆÐA	11
5. MEGINNIÐURSTAÐA.....	14
6. VÖKTUN.....	15
7. HEIMILDIR.....	17
VIÐAUKI I.....	19
VIÐAUKI II.....	25
VIÐAUKI III	32

TÖFLUR

Tafla 1. <i>Greiningarmörk ýmissa efna í mælingum á grunnvatni við Mývatn.</i>	8
Tafla 2. <i>Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holum, lindum og gjám haustið 2003.</i>	9
Tafla 3. <i>Grunnvatnshópar í Mývatnssveit, einkenni.</i>	11
Tafla 4. <i>Umhverfismörk fyrir nokkur efni í yfirborðsvatni til verndar lífríki.</i>	15
Tafla 5. <i>Tveir möguleikar á tilhögun eftirlits með grunnvatni í Mývatnssveit vegna affallsvatns frá Kröflu og Námafjalli.</i>	17

MYNDIR

Mynd 1. <i>Búrfellshraun og nágrenni. Sýnatökustaðir.</i>	10
Mynd 2. <i>Svæðisskipting grunnvatns í Mývatnssveit eftir uppruna samkvæmt niðurstöðum samsætumælinga.</i>	13
Mynd 3. <i>Búrfellshraun. Flokkun sýna frá september 2002 (Í hópi VI er sýnd niðurstaða frá 1997).</i>	14

1. INNGANGUR

Komið hefur fram að styrkur arsens í affalli frá Kröfluvirkjun, sem rennur til Búrfellshrauns í Hlíðardalslæk, er yfir viðmiðunarmörkum fyrir lífríki. Í tengslum við mat á umhverfisáhrifum vegna stækkunar Kröfluvirkjunar og rannsóknaborana á vestursvæði Kröflu hafa verið gerðar athugasemdir við þetta atriði og farið hefur verið fram á að gerðar verði athuganir á því hvernig affallsvatnið dreifist, hvort lífríki geti stafað hættu af og möguleika á því að efnið geti borist til Mývatns. Eftirfarandi er kafli úr umsögn Náttúruverndar ríkisins vegna rannsóknaborana á vestursvæði Kröflu: *“Náttúruvernd ríkisins telur að ekki sé hægt að fallast á rannsóknaboranir á vestursvæði nema sett verði það skilyrði fyrir framkvæmdum að fylgst verði með raunverulegum áhrifum affallsvatns á efnasamsetningu grunnvatns og að fylgst verði með því hvort áhrifa gæti á lífríki í Mývatni. Stofnunin bendir á að komi í ljós breytingar sem valdið geta skaða á lífríki Mývatns þarf að grípa strax til aðgerða. Gera verður viðeigandi vöktunaráætlun”.*

Gerðar voru áætlanir um ferliprófanir og tók Skipulagsstofnun undir þær. Í framhaldi af því lagði Rannsóknasviði Orkustofnunar (ROS) til að notuð yrðu naftalensúlfónöt til prófunarinnar og var sótt um leyfi til notkunar þeirra til Hollustuverndar ríkisins og fékkst það (viðauki I). Niðurstöður prófunarinnar skyldi svo nota við gerð vöktunaráætlunar vegna affalls frá Kröfluvirkjun.

Ákveðið var að bora tvær holur til viðbótar, LUD-04 og LUD-05, til að gera frekari könnun á grunnvatni í Búrfellshrauni. ROS og Landsvirkjunar (LV) mátu það síðar að ekki væri nauðsynlegt að setja niður ferilefni þar sem affallsvatn Kröfluvirkjunar fer niður í grunnvatnið í Búrfellshrauni, en nota mætti náttúrleg snefilefni eins og arsen til að fylgjast með streymisleiðum grunnvatnsins. Helstu niðurstöður þessara athugana auk fyrri upplýsinga um Hlíðardalslæk og írennsli hans koma fram í viðauka II.

Í viðauka II er greinargerð um niðurstöður nýlegra athugana á holum LUD-01, LUD-02 og LUD-03, sem boraðar voru 1999 í Búrfellshrauni. Þær bentu til þess að áhrif frárennslisvatns úr Kröflu væru tiltakanlega lítil og jafnframt að áhrif jarðhitavatns í grunnvatni væru lítil í holu LUD-03, sem er vestan við Lúdent og nyrst þeirra. Jafnframt eru í viðauka II niðurstöður rennslismælinga og efnagreininga á vatni úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans í september og desember 2001.

Þann 12. september 2002 héldu fulltrúar ROS og LV fund með fulltrúum Hollustuverndar ríkisins þar sem þetta mat var reifað. Voru fulltrúar Hollustuverndar sammála þeim hugmyndum er lagðar voru fram og var samþykkt áætlun um grunnvatnsrannsókn þar sem tekin yrðu sýni til greiningar á aðal- og snefilefnum á fjölda sýnatökustaða til að meta dreifingu efna, sem rekja mætti til skiljuvatns ættuðu frá Kröfluvirkjun. ROS sá síðan um að gera nákvæma framkvæmdaáætlun þar sem gert var ráð fyrir söfnun 13 sýna, úr ofangreindum fimm holum, holu AB-02, og völdum gjám og lindum. Fundargerð fyrir fundinn og áætlun ROS eru í viðauka III.

2. FRAMKVÆMD

Dagana 23.–27. september 2002 var safnað sýnum frá þeim 13 stöðum eins og sést í töflu 2 og mynd 1, sem tilteknir voru í áætluninni og að auki úr Grjótagjá sem vitað er að tekur við rennsli frá Bjarnarflagi.

Úr borholunum var dælt með rafmagnsdælu, en tvær dælur voru til ráðstöfunar og voru þær fluttar á milli holna. Færanleg rafstöð var tengd við þær meðan á sýnatöku stóð en á hinum stöðunum var unnt að safna með lítilli sýnatökudælu. Magnús Ólafsson frá ROS og Vésteinn Vésteinsson frá LV sáu um sýnatökuna. Brennisteinsvetni var greint á staðnum en pH og anjónir greind á efnarannsóknastofu ROS, stöðugar samsætur (δD , $\delta^{18}O$) hjá Raunvísindastofnun Háskólans en sýni til greininga á helstu katjónum og snefilefnum voru send til Analytica, Luleå, Svíþjóð. Greiningarmörk fyrir snefilefni eru rakin í töflu 1 skv. upplýsingum frá Analytica.

Tafla 1. Greiningarmörk ýmissa efna í mælingum á grunnvatni við Mývatn.

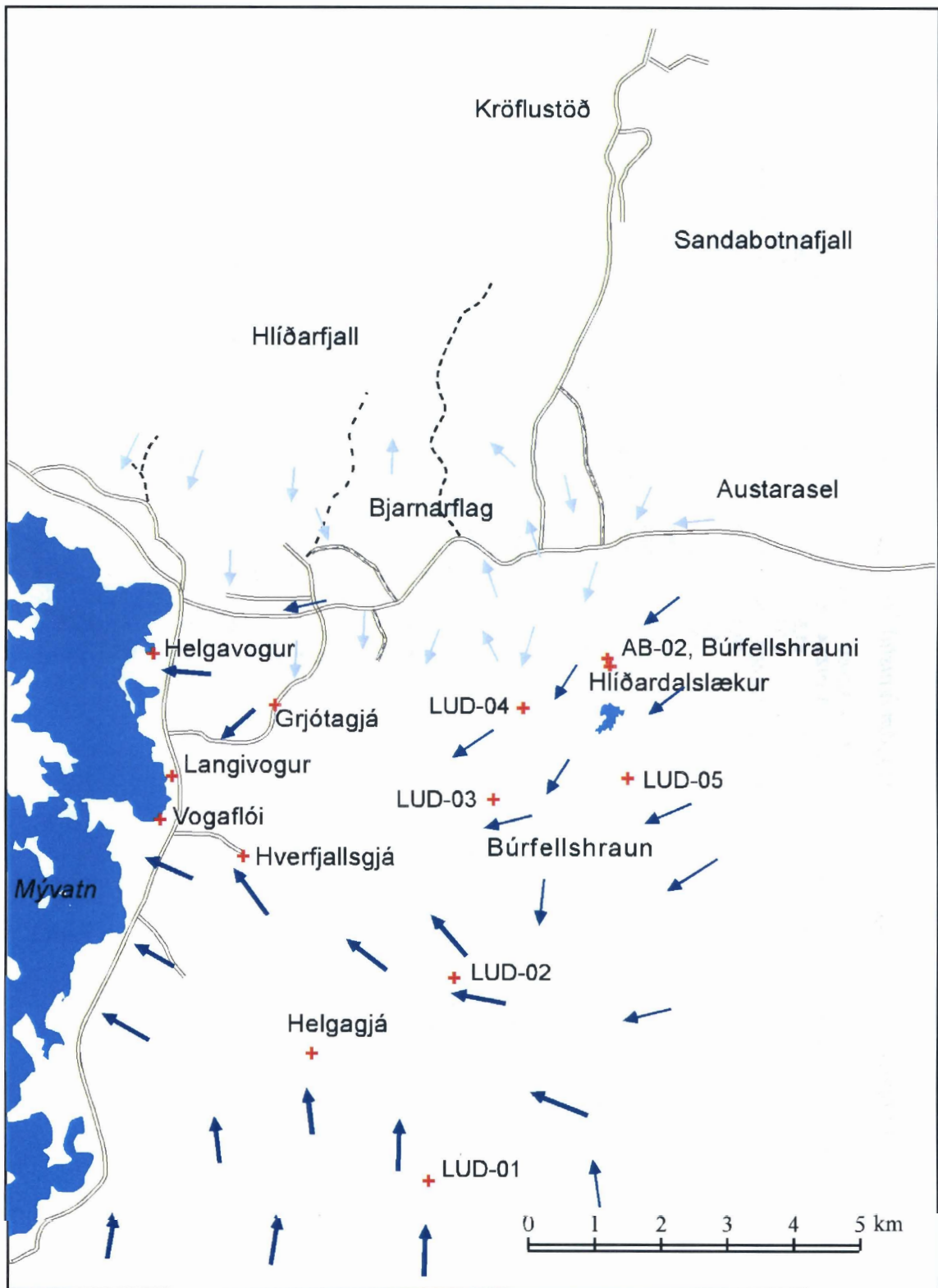
Efni	Greiningarmörk mg/l
Sr	0,002
Al	0,0002
As	0,00001
Ba	0,00001
Cd	0,000002
Co	0,000005
Cr	0,00001
Fe	0,0004
Hg	0,000002
Mn	0,00003
Mo	0,00001
Ni	0,00005
P	0,001
Pb	0,00001
Zn	0,0002

3. NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 2.

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holum, lindum og gjám haustið 2003.

Staður	Hlíðardalslækur	AB-02	LÚD-01	LÚD-02	LÚD-03	LÚD-04	LÚD-05	Helgagjá	Garðslind	Hverfjallsgjá	Vogafloi	Langvogur	Helgavogur	Griótgjá
pH/°C	9,20/22,5	7,94/22,4	8,60/22,8	8,41/21,8	8,41/21,4	8,10/22,8	8,31/22,4	8,77/22,9	8,85/22,4	8,57/22,0	8,62/22,7	8,54/22,8	8,26/22,4	8,30/22,5
CO ₂ mg/l	87,3	52,1	59,4	75,4	72,4	80,6	61,5	65,6	58,7	71,6	66,9	84,7	111,3	114,3
B mg/l	0,69	0,03	0,05	0,04	<0,03	0,34	0,04	0,06	<0,03	0,03	0,06	0,31	0,15	0,33
Leiðni/°C	850,0/25	154,0/25	208,0/25	279,0/25	185,9/25	510,0/25	173,4/25	203,0/25	158,5/25	220,0/25	210,0/25	443,0/25	434,0/25	430,0/25
SiO ₂ mg/l	285	27,4	21,2	21,9	20,7	28,4	20,4	21,2	18,8	21,9	21,4	121,8	77,4	155,8
Na mg/l	151,0	11,3	19,9	19,2	15,1	58,6	14,2	21,1	18,0	21,7	21,5	69,0	54,4	72,8
K mg/l	16,00	1,59	1,68	1,92	1,76	2,45	1,87	1,76	1,30	1,82	1,74	5,63	5,06	7,19
Mg mg/l	6,30	4,89	5,97	7,70	6,89	14,10	6,54	5,87	4,59	6,79	6,26	3,50	5,83	2,69
Ca mg/l	18,6	10,3	11,1	12,3	10,8	21,9	9,9	10,4	7,0	11,7	10,9	13,4	26,3	12,6
Sr mg/l	0,0302	0,0113	0,0120	0,0134	0,0112	0,0260	0,0098	0,0120	0,0080	0,0135	0,0127	0,0160	0,0349	0,0168
F mg/l	0,80	0,23	0,25	0,18	0,18	0,36	0,19	0,23	0,19	0,21	0,22	0,38	0,29	0,43
Cl mg/l	35,90	4,39	3,92	5,83	5,03	17,10	4,84	4,18	2,25	5,07	4,89	15,60	10,40	17,20
SO ₄ mg/l	233,1	13,1	26,1	15,9	10,9	130,6	9,2	20,2	7,1	20,0	19,6	78,60	70,9	53,2
Ba mg/l	0,00260	0,00031	0,00020	0,00049	0,00035	0,00096	0,00018	0,00022	0,00018	0,00032	0,00033	0,00169	0,00192	0,00260
Mo mg/l	0,004180	0,000399	0,000616	0,000673	0,000573	0,001750	0,000625	0,000777	0,000729	0,000802	0,000739	0,000356	0,001130	0,000187
Al mg/l	0,7060	0,0086	0,0075	0,0227	0,0098	0,4180	0,0064	0,0096	0,0123	0,0080	0,0078	0,0017	0,0081	0,0098
Cr mg/l	0,000677	0,000464	0,001250	0,001180	0,000949	0,000480	0,000845	0,001540	0,001050	0,001430	0,001450	0,000355	0,000698	0,000052
Mn mg/l	0,03790	0,002600	0,001330	0,000360	0,001240	0,003110	0,001560	<0,00003	<0,00003	0,000209	0,000182	<0,00003	0,000094	0,012400
Fe mg/l	0,0731	0,0380	0,0213	0,0039	0,0100	0,0858	0,0410	0,0015	0,0010	0,0014	0,0028	0,0009	0,0017	0,0031
Cu mg/l	0,00115	0,00066	0,00075	0,00215	0,00084	0,00238	0,00055	0,00107	0,00035	0,00146	0,00148	0,00030	0,00110	0,00051
Zn mg/l	0,00806	0,00110	0,00063	0,00383	0,00189	0,00306	0,00109	0,00047	0,00041	0,00273	0,00177	0,00056	0,00114	0,00131
As mg/l	0,02510	0,000877	<0,00001	0,000190	0,000074	0,005690	0,000021	0,000042	0,000096	0,000021	<0,00001	0,000154	0,000162	0,000167
Cd mg/l	0,0000394	0,0000070	0,0000073	0,0000794	0,0000409	0,0000602	0,0000088	0,0000031	0,0000059	0,0000560	0,0000503	0,0000065	0,0000154	0,0000118
Hg mg/l	0,000008	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
Pb mg/l	0,000073	0,000015	<0,00001	0,000032	0,000057	0,000062	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,000016	<0,00001	0,000023	0,000025	0,000047
Ni mg/l	0,000627	0,000258	0,000267	0,000403	0,000308	0,000587	0,000427	0,000093	0,000121	0,000413	0,000308	0,000108	0,000269	0,000246
Co mg/l	0,000120	0,000024	0,000020	0,000032	0,000028	0,000077	0,000061	0,000008	0,000019	0,000014	0,000034	0,000018	0,000025	0,000027
P mg/l	0,0091	0,0704	0,0510	0,0605	0,0625	0,0700	0,0651	0,0629	0,0605	0,0553	0,0621	0,0499	0,0455	0,0270
δ D ‰ (SMOW)	-73,9	-90,4	-92,3	-91,6	-91,8	-76,0	-91,0	-92,6	-93,3	-91,8	-91,6	-90,8	-87,8	-91,8
δ ¹⁸ O ‰ (SMOW)	-8,42	-12,52	-12,69	-12,61	-12,72	-9,64	-12,76	-12,66	-12,99	-12,68	-12,65	-11,64	-12,15	-11,60



Mynd 1. Búrfellshraun og nágrenni. Sýnatökustaðir. Örvar sýna helstu grunnvatnsstrauma. Byggt á rennislíkani Verkfræðistofunnar Vatnaskila (1999). Grannar, ljósar örvar sýna tiltölulega lítið rennsli en sverar meira.

4. UMRÆÐA

Grunnvatni í Mývatnssveit hefur nýlega verið skipt í 6 hópa eftir uppruna samkvæmt samsætuhlutföllum eins og sést á mynd 2 (Halldór Ármannsson o.fl. 1998, 2000). Helstu einkenni hvers flokks eru rakin í töflu 3.

Tafla 3. Grunnvatnshópar í Mývatnssveit, einkenni.

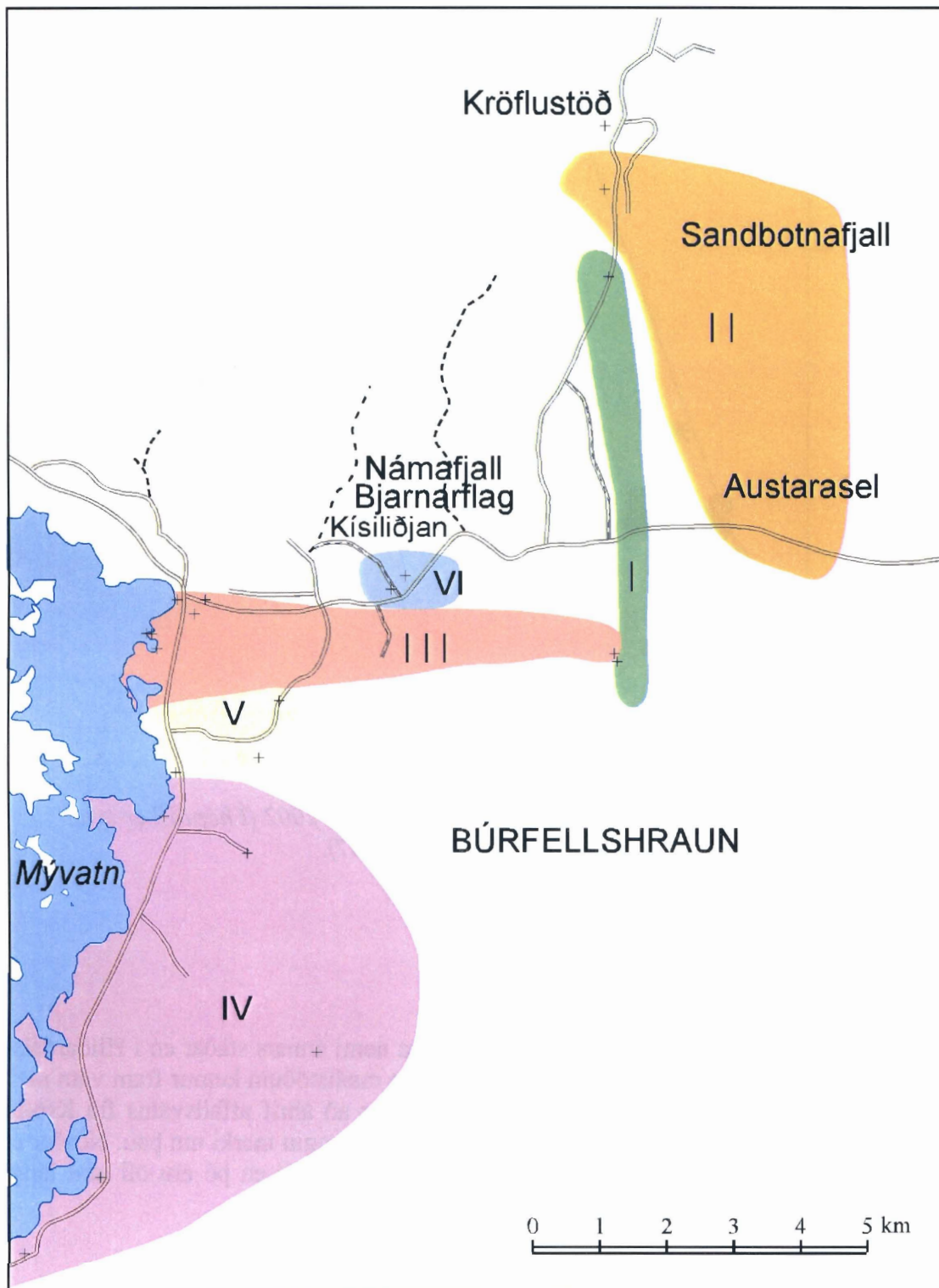
Nr.	δD ‰	Uppruni, einkenni
I	-72 - -81	Hlíðardalslækur (Dallækur), affallsvatn frá Kröfluvirkjun, sem er soðið háhitavatn ættað úr nágrenni Kröflu og Hágöngum, blandað vatni úr lækjum frá Hveragili og Gulá að norðan (og e.t.v. ennþá norðar) suður að Búrfellshrauni. Helsta einkenni soðins háhitavats er súrefnistilfærsla.
II	-83 - -88	Grunnvatn sem fallið hefur sem regn á Kröflusvæði og nágrenni en hefur ekki blandast soðnu jarðhitavatni, t.d. Sandabotna- og Austaraselslindir.
III	-87 - -91	Grunnvatn sem fallið hefur sem regn skammt norðan Mývatns og vestar en vatn í flokki II, aðallega í Hlíðarfjalli.
IV	-91 - -95	Vatn sem á uppruna langt fyrir sunnan Mývatn og berst í miklum sunnanstraumi frá hálendinu sem sveigir að hluta til vesturs að Mývatni, en er óblandað soðnu jarðhitavatni.
V	-91 - -93.5	Vatn af svipuðum uppruna og vatn í hópi IV en blandað soðnu háhitavatni, að öllum líkindum affallsvatni frá Bjarnarflagi og kemur blöndunin fram í greinilegri súrefnistilfærslu.
VI	-85 - -88	Affallsvatn frá Bjarnarflagi. Mjög ákveðin súrefnistilfærsla.

Samkvæmt niðurstöðum um samsætuhlutföll (tafla 2) fellur vatn úr Hlíðardalslæk og holu LUD-04 í hóp I. Veruleg súrefnistilfærsla kemur fram sem bendir til tiltölulega sterkra áhrifa soðins jarðhitavats. Rétt er að fram komi að vatn í hópi I er fremur misleitt þar sem rennsli í lækjum á svæðinu er mismikið auk þess sem mismunandi rennsli hefur komið frá Kröfluvirkjun bæði vegna þess að hún hefur öðru hvoru verið hvíld en einnig hafa bæst við nýjar holur síðustu árin. Niðurstöður annarra efnagreininga benda ekki til þess að um alveg sama vatn sé að ræða í þessum tveimur sýnum. Virðist sem meiri áhrifa vats úr aðrennislækjum Hlíðardalslækjar gæti í holu LUD-04 en í honum sjálfum þegar þessum sýnum var safnað, enda við taftíma að búast ef vatn frá Hlíðardalslæk ferðast neðanjarðar að holu LUD-04 auk þess sem einhver blöndun við annað grunnvatn er óhjákvæmileg. LUD-04 sker sig einnig úr hvað varðar styrk í magnesíum, kalsíum og kalíum. Í september og desember 2001 var safnað vatnssýnum úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans og niðurstöður efnagreininga, sem eru birtar í viðauka II sýna þetta greinilega. Þó að vatn úr AB-02 skipi sér í hóp III eru merki þess að það blandist að einhverju marki vatni úr hópi I. Vatn úr holum LUD-01, LUD-02, LUD-03 og LUD-04 skipar sér allt greinilega í hóp IV eins og vatn í Helgagjá,

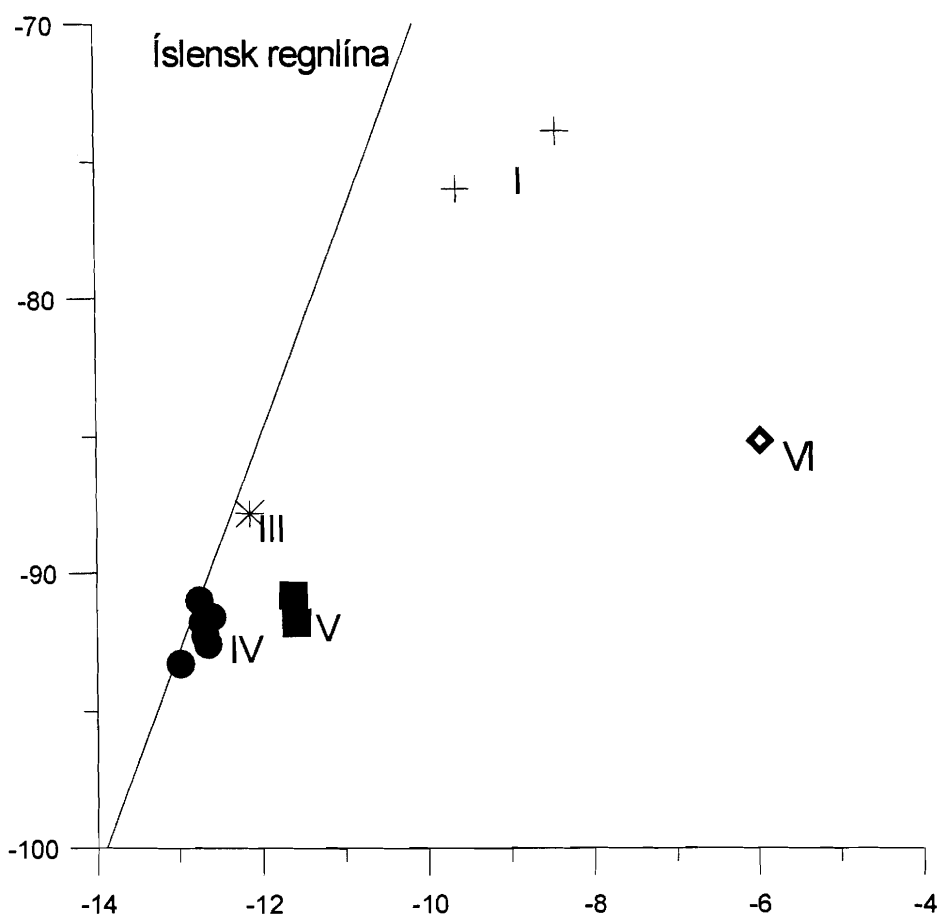
Garðslind, Hverfjallsgjá og Vogaflóa. Vatn frá Grjótagjá og Langavogi tilheyrir hópi V, en frá Helgavogi hópi III (mynd 2).

Arsen kemur greinilega fram í Hlíðardalslæk, þar sem styrkur þess er 0,0251 ppm, í LUD-04 í u.þ.b. 5× minni styrk og í AB-02 í u.þ.b. 30× minni styrk. Í hinum holunum er styrkur þess miklu minni og alltaf langt neðan umhverfismarkka I (tafla 4) (eða LUD-02 (u.þ.b. 130× minni) > LUD-03 (u.þ.b. 340× minni) > LUD-04 (u.þ.b. 1200× minni) > LUD-01 (< 2500× minni, þ.e. ekki mælanlegur). Í Helgagjá sést vottur (u.þ.b. 600× minni), örlítill í Hverfjallsgjá (u.þ.b. 1200× minni), en hann er ekki mælanlegur í Vogaflóa. Arsen mælist í 150-170× minni styrk en í Hlíðardalslæk í Grjótagjá, Langavogi og Helgavogi, en þar getur verið um áhrif frá affalli frá Bjarnarflagi að ræða.

Ef niðurstöður efnagreininga í töflu 2 eru skoðaðar þá er greinilegt að vatnið í Hlíðardalslæk hefur sterk jarðhitaeinkenni, og austan Námafjalls einnig vatn úr holu LUD-04. Í næsta nágrenni Mývatns sjást jarðhitaeinkenni í Grjótagjá og svo lindunum við Langavog og Helgavog. Áhrif vegna virkjunar jarðhita eru greinilega hverfandi miðað við náttúrulegt ástand grunnvatns í næsta nágrenni jarðhitasvæðanna. Hlíðardalslækur sker sig þar úr en í hann rennur affallsvatn frá Kröfluvirkjun. Eftir að lækjarvatnið blandast grunnvatninu þá þynnist það hratt og samlagast grunnvatninu.



Mynd 2. Svæðisskipting grunnvatns í Mývatnssveit eftir uppruna samkvæmt niðurstöðum samsætumælinga. Sjá skýringar við einstök svæði í töflu 3.



Mynd 3. *Búrfellshraun. Flokkun sýna frá september 2002 (Í hópi VI er sýnd niðurstaða frá 1997).*

5. MEGINNIÐURSTAÐA

Affall frá Kröfluvirkjun kemur ekki fram svo neinu nemi annars staðar en í Hlíðardalslæk og holu LUD-04 og e.t.v. holu AB-02. Á öðrum mælistöðum kemur fram vatn með annan uppruna, og svo mikil og hröð blöndun verður að áhrif affallsvatns frá Kröflu hverfa fljótt þannig að grunnvatnsrennsli í Mývatn sýnir engin merki um þau. Norðar er möguleiki að örlítill merki megi sjá um affall frá Bjarnarflagi en þó eru öll efni langt neðan verndunarmarka í umhverfinu.

6. VÖKTUN

Í skýrslu um mat á umhverfisáhrifum v/stækkunar Kröflu um 40 MW (VGK, Orkustofnun 2001) segir svo um eftirlit með grunnvatni:

- “Fylgst verður með vatnsborði tjarna vestan undir Búrfellshrauni og með grunnvatnshæð í borholum í Búrfellshrauni tvisvar á ári. Sýni verða tekin úr borholum til efnagreininga einu sinni á ári. Öll aðalefni í vatni verða greind.
- Sýni verða tekin einu sinni á ári af skiljuvatni og úr Hlíðardalslæk. Öll aðalefni í vatni verða greind.
- Sýni til snefilefnagreininga verða tekin á tveggja ára fresti af skiljuvatni, úr Hlíðardalslæk, úr borholum í Búrfellshrauni og úr lindum við Mývatn.
- Grunnvatnslíkan af svæðinu verður endurskoðaða með nýjum gögnum eftir því sem þörf er á.”

Í töflu 4 eru sýnd umhverfismörk fyrir nokkur snefilefni eins og þau eru tiltekin í reglugerð nr. 796/1999 (Stjórnartíðindi B 1999).

Tafla 4. Umhverfismörk fyrir nokkur efni í yfirborðsvatni til verndar lífríki.

Mörk mg/l	I	II	III	IV	V
Cu	≤ 0,0005	0,0005-0,003	0,003-0,009	0,009-0,045	>0,045
Zn	≤ 0,005	0,005-0,02	0,02-0,06	0,06-0,3	>0,3
Cd	≤ 0,00001	0,00001-0,0001	0,0001-0,0003	0,0003-0,0015	>0,0015
Pb	≤ 0,0002	0,0002-0,001	0,001-0,0003	0,003-0,015	>0,015
Cr	≤ 0,0003	0,0003-0,005	0,005-0,015	0,015-0,075	>0,075
Ni	≤ 0,0007	0,0007-0,0015	0,0015-0,0045	0,0045-0,0225	>0,0225
As	≤ 0,0004	0,0004-0,005	0,005-0,015	0,015-0,075	>0,075
P	≤ 0,02	0,02-0,04	0,04-0,09	0,09-0,15	>0,15

Skýringar við töflu 4:

Umhverfismörk I: Málmar: mjög lítil eða engin hættu á áhrifum; Næringarefni (P): Næringarfátækt.

Umhverfismörk II: Málmar: Lítil hættu á áhrifum; Næringarefni (P): Lágt næringarefnagildi.

Umhverfismörk III: Málmar: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki; Næringarefni (P): Næringarefnaríkt.

Umhverfismörk IV: Málmar: Áhrifa að vænta; Næringarefni (P): Næringarefnaauðugt.

Umhverfismörk V: Málmar: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði; Næringarefni (P): Ofauðugt.

Eins og fram hefur komið er As styrkur í vatni Hlíðardalslækjar óviðunandi (í flokki IV) og holu LUD-4 í flokki III og holu AB-02 í flokki II. Nikkel- (Ni-) og blý- (Pb-) styrkur er alls staðar í flokki I, en styrkur sink (Zn), króms (Cr), kopars (Cu) og kadmíums (Cd) er í flokki II í vatninu í læknum og sumum holunum. Í lindavatni við Mývatn er styrkur króms (Cr) í flokki II og í Helgavogi er styrkur kadmíums (Cd) á mörkum flokka I og II, en að öðru leyti falla efni þessi í flokk I. Eins og fram kemur í skýrslu um grunnvatn í Mývatnssveit (Halldór Ármannsson o.fl. 1998), og fjallað er um í viðauka með skýrslu um mat á umhverfisáhrifum vegna fyrirhugaðra borana á Vestursvæði Kröflu (Halldór Ármannsson 2002) virðist náttúrlegur styrkur króms (Cr) á svæðinu tiltölulega hár og víða í flokkum II eða III, en styrkur þess í affallsvatni frá Kröflu-virkjun reyndist í flokki I. Styrkur fosfórs (P) er mjög lítill í affalli frá Kröflu en eykst síðan vegna viðbóta úr umhverfi, e.t.v. vegna landbúnaðarnotkunar.

Þar sem grunnvatn af mismunandi uppruna fer um hraunið og til Mývatns og hugsanlegt að blöndum geti orðið, þarf að fylgjast með heildarsamsetningu og hlutföllum stöðugra samsætna og er eðlilegt að slíkt eftirlit fari fram einu sinni á ári eins og lagt er til í skýrslu VGK og Orkustofnunar (2001). Aðalástæðan fyrir því að einungis er mælt með snefilefnaeftirliti á tveggja ára fresti í þeirri skýrslu er sú að á þeim tíma var söfnun og greining viðamikil og dýr. Að undanfögnu hefur ROS skipt við Analytica í Svíþjóð sem tekur að sér greiningu þessara snefilefna fyrir lægra verð og á skemmri tíma en áður þekktist og því miklu auðveldara um vik að afla slíkra upplýsinga. Þar sem snefilefni (einkum As) eru þau efni sem helst er ástæða til að vakta gefur augaleið að æskilegt væri að fjölga snefilefnagreiningum umfram það sem getið er um í ofangreindri matsskýrslu.

Lagt er til að vöktun vegna affalls frá Kröflu fari fram með sýnatöku úr holum AB-02, LUD-03, LUD-04 og Vogaflóa, en vegna affalls frá Bjarnarflagi úr Grjótagjá og Langavogi. Um tíðni sýnatöku má segja að lágmark sé að safna sýnum einu sinni á ári en æskilegt væri að safna a.m.k. frá sumum stöðunum oftar og þá e.t.v. ekki greina nema hluta efnanna. Sá möguleiki er og fyrir hendi að safna sýnum reglulega en greina ekki nema sérstök ástæða þyki til.

Í töflu 5 er gerð grein fyrir tveimur möguleikum á eftirliti vegna grunnvatns á Námafjalls- og Kröflusvæðum. Gert er ráð fyrir að Orkustofnun sjái um heildarssöfnun en starfsmaður virkjunarinnar um hlutsöfnun. Eins og fram kemur í töflunni er lítill munur á kostnaði en verulegur munur á þeim upplýsingum sem fást.

Tafla 5. Tveir möguleikar á tilhögun eftirlits með grunnvatni í Mývatnssveit vegna affallsvatns frá Kröflu og Námafjalli.

Tilhögun	Árlegur fjöldi sýna af hverjum söfnunarstað	Fjöldi söfnunarstaða að sumri	Fjöldi söfnunarstaða að vetri	Greining á sumar – sýni	Greining á vetrarsýni	Kostnaður kr.
I	2	6	3	Heildargreining	Hlutgreining (Analytica)	1.250.000
II	1	6	0	Heildargreining		1.150.000

7. HEIMILDIR

Halldór Ármannsson 2002. *Nokkur atriði varðandi mat á umhverfisáhrifum vegna tilraunaborana á vestursvæði Kröflu*. Viðauki 2 í VGK, Orkustofnun. Rannsóknaboranir á vestursvæði við Kröflu í Skútustaðahreppi. Mat á umhverfisáhrifum – Viðaukar. Landsvirkjun, 10 s.

Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 1998. *Krafla – Námafjall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn*. Orkustofnun OS-98066, 33 s.

Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 2000. *Geothermal influence on groundwater in the Lake Mývatn area, North Iceland*. Proc. World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, 515-520.

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 s.

VGK, Orkustofnun 2001. *Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-Þingeyjarsýslu um 40 MW*. Mat á umhverfisáhrifum. Landsvirkjun, 100 s.

VIÐAUKI I

Gögn vegna umsóknar til Hollustuverndar ríkisins um leyfi til að nota naftalensúlfónöt við ferilefnaprófun í Búrfellshrauni.

ORKUSTOFNUN

Dags.
11. júní, 2002
Dags.

Tilv. vor
HÁ/há
Tilv. yðar

Hollustuvernd ríkisins
Ármúla 1a
108 Reykjavík

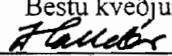
B.t. Sigurbjargar Gísladóttur

Sæl Sigurbjörg

Í nýlegu símtali okkar rifjaði ég upp umsögn Hollustuverndar ríkisins um naftalensúlfónöt til vatnsrannsóknna, dagsetta 19-01-2001. Þar var ekki lagst gegn tilraun með notkun á 1,5 dínaftalensúlfonati í Skaftá. Dregist hefur að gera þá tilraun sem til stóð að yrði gerð á vegum Umhverfissráðuneytisins. Nú eru allar líkur á að Landsvirkjun muni standa fyrir henni í tengslum við mat á umhverfisáhrifum v/Skaftárveitu.

Landsvirkjun er og með tvær ferilefnaprófanir í bígerð v/Kröfluvirkjunar. Í öðru tilvikinu er um að ræða könnun á affalli Kröfluvirkjunar og yrði þá sett niður ferilefni í niðurfali Hlíðardalslækjar í Búrfellshrauni. Samkvæmt rennislíkani verkfræðistofunnar Vatnaskila hf. er mikið grunnvatnsrennsli á þeim slóðum og verði sett niður 100 kg af ferilefni mætti ætla að styrkur þess yrði $<0.2 \mu\text{g/l}$ ef og þegar það næði Mývatni en það gæti orðið eftir u.þ.b. 3 ár. Hin prófunin yrði gerð með því að setja ferilefni niður í djúpar háhitaholur í Kröflu til að kanna áhrif niðurdælingar. Sú prófun er umfangsminni og ekki talin hætta á að efnid komist út fyrir djúpt jarðhitakerfið. Sú hugmynd hefur komið upp að nota naftalensúlfonat til þessara prófana líka. Efnid þarf að panta í stórum skömmtum og ekki unnt að fá nægilega lítið magn til síðarnefndu prófananna einna sér og því heppilegt að panta það með efninu til prófunarinnar í Skaftá.

Vildi ég biðja um umsögn Hollustuverndar ríkisins um þessar tvær prófanir.

Bestu kveðjur

Halldór Ármannsson



**Náttúrurannsóknastöð
við Mývatn**

Skútustaðir, 660 Reykjahlið · Kt.: 691293-2629
Sími/fax: 464 4281 · Netfang: myvatn@rhi.hi.is
Vefsíða: www.hi.is/HI/Stofn/Myvatn

Hollustuvernd ríkisins
Ármúla 1a
108 Reykjavík

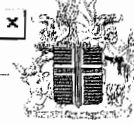
Reykjavík 20. ágúst 2002

Ferilprófanir með naftalensúlfonati í Hliðardalslæk

Við er til bréfs Hollustuverndar frá 12. ágúst 2002 um ferilprófun með naftalensúlfati í Hliðardalslæk og djúpar háhitaholur í Kröflu. Náttúrurannsóknastöðin hefur kynnt sér þau gögn sem fylgdu erindinu og sér ekki ástæðu til að gera athugasemd við notkun efnisins eins og lýst er í bréfi Orkustofnunar frá 11. júní 2002.

Virðingarfyllst

Gísli Már Gíslason, prófessor
formaður stjórnar



Hollustuvernd ríkisins

ENVIRONMENTAL AND FOOD AGENCY
OF ICELAND

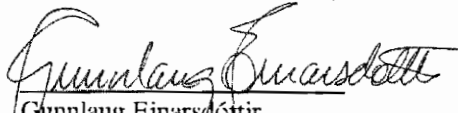
Orkustofnun
B.t. Halldórs Árnannssonar
Grensásvegi 9
108 Reykjavík

Reykjavík, 28. ágúst 2002
504-10/ge
HVR20020600143

Naftalensúlfónöt til ferilefnaprófana

Hollustuvernd ríkisins, hefur skoðað gögn er varða ferilefnaprófanir með 1,5-dínaftalensúlfónat v/ Kröfluvirkjunar. Stofnunin óskaði eftir umsögn Náttúruvísunastöðvarinnar við Mývatn og í umsögninni eru ekki gerðar athugasemdir við notkun efnisins eins og því er lýst í bréfi Orkustofnunar. Hollustuvernd ríkisins leggst ekki gegn því að Orkustofnun noti 1,5-dínaftalensúlfónati til ferilefnaprófana eins og lýst er í bréfi dags 11. júní 2002. Jafnframt vísar stofnunin í fyrri umsögn sína varðandi naftalensúlfónöt til vatnsraunanna í þessu sambandi frá 19.01.2001 tilvísun 620/nbj.

F.h. Hollustuverndar ríkisins,


Gunnlaug Einarsson
fagdeildarstjóri eiturefna- og hollustuháttasviðs

Afrit: Náttúruvísunastöðin við Mývatn



Hollustuvernd ríkisins

ENVIRONMENTAL AND FOOD AGENCY
OF ICELAND

Orkustofnun
B. t. Halldór Armannsson
Grensásvegi 9
108 Reykjavík

Reykjavík, 19-01-2001
620/nbj.

NAFTALENSÚLFÓNÖT TIL VATNSRANNSÓKNA

Hollustuvernd ríkisins hefur kannað gögn um 1,5-dínaftalensúlfónat, 1,3,6-trínaftalensúlfónat, 2-naftalensúlfónat og 2,7-dínaftalensúlfónat skv. beiðni Orkustofnunar.

1,5-dínaftalensúlfónat (CAS nr 1655-29-4) er einnig þekkt undir nafninu Armstrong Acid. Efnið er ekki fullprofúð m.t.t. eituráhrifa en Bayer í Þýskalandi hefur gefið út að efnið sé mjög lítið eitrað fyrir fiska (gildin > 1000mg/L) og að efnið brotni ekki eða mjög hægt niður (0% í 30 daga prófun). Í USA er í gildi „Clean Water Act“-regluverkið. Efnið er þar ekki á lista yfir hættuleg efni (Hazardous Substances), né á lista yfir hættulega mengunarvalda (Priority Pollutants), né á lista yfir eittraða mengunarvalda (Toxic Pollutants). Bandaríska vinnueftirlitið álitur efnið ekki mjög hættulegt.

Efnið **2,7-dínaftalensúlfónat** (CAS nr 1655-35-2) hefur ekki verið flokkað skv. reglum EB og því engar upplýsingar að hafa um eituráhrif en samkvæmt „Clean Water Act“ í USA lendir efnið ekki á ofantöldum listum og er því líklega svipað hættulegt og 1,5-dínaftalensúlfónat enda náskyld.

Um efnið **1,3,6-trínaftalensúlfónat** (CAS nr 5182-30-9) finnast engin gögn en sérfræðingar hjá Efnastofnun Evrópubandalagsins telja að vegna þess hve líkt efnið sé 1,5-dínaftalensúlfónati þá séu eiginleikarnir svipaðir.

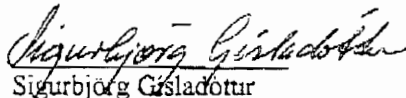
Efnið **2-naftalensúlfónat** (CAS nr 532-02-5) er skv. öryggisblaði (MSDS) frá Acros Organics N V í USA vægt eitrað, LD50 fyrir rottur er 13900mg/kg („Lethal dose“ sem drepur helming af rottum). Efnið er ekki á listum „Clean Water Act“. Samkvæmt öryggisblaði er efnið ertandi. Upplýsingar um niðurbrot í náttúrunni eru ekki til, en líklegt er að efnið brotni hægt niður, samanber upplýsingar um efnið 1,5-dínaftalensúlfónat.

Hollustuvernd ríkisins

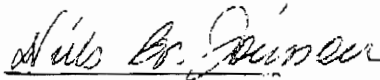
Samantekið má segja að takmarkaðar upplýsingar virðast fyrirliggjandi um ofantalin efni en þær upplýsingar sem eru til staðar, benda ekki til að efnið sé mjög eitruð, en ljóst er að þau eru mjög stöðug og brotna því hægt niður. Gengið er út frá því að efnið 1,3,6-trínaftalensúlfónat, 2-naftalensúlfónat og 2,7-dínaftalensúlfónat og séu svipuð hvað varðar eituráhrif og niðurbrot og 1,5-dínaftalensúlfónat þar sem bygging efnanna er svipuð.

Hollustuvernd ríkisins telur óheppilega að setja efni, sem svo litlar upplýsingar liggja fyrir um, en er þó vitað að brotna mjög hægt niður, í miklu magni út í viðkvæmt umhverfi. Stofnunin leggst þó ekki gegn því að gerð sé tilraun með notkun á 1,5-dínaftalensúlfónati, því efni sem mestar upplýsingar liggja fyrir um, í rennslistilraun í Skaftá, enda er þar að líkindum ekki um að ræða mjög viðkvæmt svæði og gera má ráð fyrir mikilli þynningu og dreifingu efnisins.

Virðingarfyllt
f.h. Hollustuverndar ríkisins



Sigurbjörg Gísladóttir
forstöðumaður eiturefna og hollustuverndarsviðs



Niels Br. Jónsson
serfræðingur eiturefna og hollustuverndarsviðs

VIÐAUKI II

Niðurstöður rennslismælinga og efnagreininga á vatni úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans síðari hluta árs 2001.

Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holum LUD-01, LUD-02 og LUD-03 1999 og 2002.

9.0147
<0.002
0.615
24.1
2.37
0.238
5.1
2.5
37

Niðurstöður rennislismælinga og efnagreininga á vatni úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans í september og desember 2001

Í september og aftur í desember 2001 voru tekin sýni til efnagreininga einkum m.t.t. As úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans. Sýni frá því desember voru send til snefilefnagreininga hjá Analytica, Luleå, Svíþjóð auk þeirra greininga sem gerðar voru á Orkustofnun.

Staður	Hveragilslækur			Skiljustöð			Gulá		Kæliturnar		Hlíðardalslækur, V-yfirfall			Hlíðardalslækur, v/veg	
	Dags.	9.01	12.01	9.01	12.01		12.01		12.01		9.01	12.01		12.01	
Greint	OS	OS	Ana-lytica	OS	OS	Ana-lytica	OS	Ana-lytica	OS	Analytica	OS	OS	Analytica	OS	Analytica
PH	7.93	8.04		9.73	9.73		7.35		4.72		8.46	8.55		8.12	
°C	21.9	22.5		20.8	22.4		22.3		22.6		21.9	22.5		22.7	
CO ₂	110			74.2							70.6				
H ₂ S ¹⁾	0	0		15.7	8		0		89		0	1.26		0.04	
B ¹⁾	0.05	0		1.42	1.50		0		0.64		0.61	0.68		0.57	
Leiðni/ 25°C	1176	1390		1186	1230				96.6		745	714		666	
SiO ₂	66.8	95.0	106	645	710	631	86.9	93.7	13.4	14.4	248	271	275	208	227
U.e.	1052			1300							726				
Na	36.3	48.1	48	246	251	253	41.4	41.6	6.63	5.16	115	115	115	101	102
K	3.75		4.86	31.1		32.6		2.51		0.552	14.3		14.5		12.7
Mg	38.5	49.9	52.3	0.06 4	0.034	<0.09	178	190	2.64	2.74	10.8	6.73	6.92	7.73	7.94
Ca	186	237	220	3.28	3.11	3.75	475	467	5.81	5.73	30.4	19.7	18.9	23.0	22.8
Sr			0.280			0.022		0.425		0.00557			0.0258		0.0286
F ²⁾	0.06	0.06		1.38	1.57		0		0.06		0.57				
Cl	2.90	3.42		48.7	54.5		4.64		1.46		21.7				
SO ₄	567	664		269	283		1320		31.0		238				
S heild			227			89.8		457		111			77		61.1
Ba µg/l			9.68			2.35		9.43		0.354			1.48		1.42
Mo -			0.631			3.44		1.47		0.126			2.45		1.72
Al -			141			1460		1.68		5.28			600		519
Cr -			0.316			0.127		0.149		1.54			0.687		0.7
Mn -			546			1.97		2400		1.79			46.7		50
Fe -			133			7.5		31.4		91.9			25.4		3
Cu -			1.26			0.197		0.533		0.1			0.202		
Zn -			5.44			1.52		4.9		2.46			2.06		
As -	0.2		<0.01	14		59.5		0.0269		0.581	29		31.9		
Ni -			12.4			1.9		6.91		0.972			0.664		
Cd -			0.0341			<0.002		0.0665		<0.002			<0.002		
Hg -			<0.002			0.0039		<0.002		<0.002			0.0296		
Pb -			0.188			0.0216		0.0492		0.0285			0.0338		0.045
Co -			1.88			<0.005		3.15		0.0195			0.0804		0.095
P -			9.08			<1		25.2		2.14			2.73		9.59

¹⁾ 0 = <0.03 ²⁾ 0 = <0.01

Niðurstöður rennislismælinga og efnagreininga á vatni úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans í september og desember 2001

Í september og aftur í desember 2001 voru tekin sýni til efnagreininga einkum m.t.t. As úr Hlíðardalslæk og aðrennsli hans. Sýni frá því desember voru send til snefilefnagreininga hjá Analytica, Luleå, Svíþjóð auk þeirra greininga sem gerðar voru á Orkustofnun.

Staður	Hveragilslækur			Skiljustöð			Gulá		Kæliturnar		Hlíðardalslækur, V-yfirfall			Hlíðardalslækur, v/veg	
	Dags.	9.01	12.01	9.01	12.01		12.01		12.01		9.01	12.01		12.01	
Greint	OS	OS	Ana-lytica	OS	OS	Ana-lytica	OS	Ana-lytica	OS	Analytica	OS	OS	Analytica	OS	Analytica
PH	7.93	8.04		9.73	9.73		7.35		4.72		8.46	8.55		8.12	
°C	21.9	22.5		20.8	22.4		22.3		22.6		21.9	22.5		22.7	
CO ₂	110			74.2							70.6				
H ₂ S ¹⁾	0	0		15.7	8		0		89		0	1.26		0.04	
B ¹⁾	0.05	0		1.42	1.50		0		0.64		0.61	0.68		0.57	
Leiðni/ 25°C	1176	1390		1186	1230				96.6		745	714		666	
SiO ₂	66.8	95.0	106	645	710	631	86.9	93.7	13.4	14.4	248	271	275	208	227
U.e.	1052			1300							726				
Na	36.3	48.1	48	246	251	253	41.4	41.6	6.63	5.16	115	115	115	101	102
K	3.75		4.86	31.1		32.6		2.51		0.552	14.3		14.5		12.7
Mg	38.5	49.9	52.3	0.06 4	0.034	<0.09	178	190	2.64	2.74	10.8	6.73	6.92	7.73	7.94
Ca	186	237	220	3.28	3.11	3.75	475	467	5.81	5.73	30.4	19.7	18.9	23.0	22.8
Sr			0.280			0.022		0.425		0.00557			0.0258		0.0286
F ²⁾	0.06	0.06		1.38	1.57		0		0.06		0.57				
Cl	2.90	3.42		48.7	54.5		4.64		1.46		21.7				
SO ₄	567	664		269	283		1320		31.0		238				
S heild			227			89.8		457		111			77		61.1
Ba µg/l			9.68			2.35		9.43		0.354			1.48		1.42
Mo -			0.631			3.44		1.47		0.126			2.45		1.72
Al -			141			1460		1.68		5.28			600		519
Cr -			0.316			0.127		0.149		1.54			0.687		0.737
Mn -			546			1.97		2400		1.79			46.7		50.5
Fe -			133			7.5		31.4		91.9			25.4		35.1
Cu -			1.26			0.197		0.533		0.1			0.202		0.238
Zn -			5.44			1.52		4.9		2.46			2.06		2.37
As -	0.2		<0.01	14		59.5		0.0269		0.581	29		31.9		24.1
Ni -			12.4			1.9		6.91		0.972			0.664		0.615
Cd -			0.0341			<0.002		0.0665		<0.002			<0.002		<0.002
Hg -			<0.002			0.0039		<0.002		<0.002			0.0296		0.0147
Pb -			0.188			0.0216		0.0492		0.0285			0.0338		0.045
Co -			1.88			<0.005		3.15		0.0195			0.0804		0.095
P -			9.08			<1		25.2		2.14			2.73		9.59

¹⁾ 0 = <0.03 ²⁾ 0 = <0.01

Í töflunni eru niðurstöður þeirra efnagreininga sem liggja fyrir úr sýnum sem tekin voru í september og desember. Varðandi arsen er sá grundvallarmunur að í sýni frá skiljustöð í september mældust 14 µg/l en í desember 59.5 µg/l. Endurtekin mæling á sýninu frá í september leiddi ekki til verulega hærri gilda, eða 24 µg/l. Annars staðar ber sýnum frá sömu stöðum vel saman. Alla vega virðist ljóst að styrkur í Hlíðardalslæk við V-yfirfall er u.þ.b. 30 µg/l og þynnist nokkuð á leið niður að þjóðvegi nr. 1. Sé stuðst við niðurstöðurnar frá desember lítur yfirlit um rennsli og arsenstyrk þannig út.

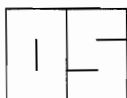
Staður	Rennsli kg/s	As µg/l
Hveragilslækur	4.4	0
Gulá	8.1	0.0269
Skiljustöð	87	59.5
Kæliturnar	60.5	0.581
Samanlagt rennsli/vegið meðaltal	160	32.6
Hlíðardalslækur, V-yfirfall	160	31.9
Hlíðardalslækur við þjóðveg nr. 1	250	24.1
Reiknaður styrkur m.v. As = 0 í viðbót		20.4

Úr þessari töflu má lesa að styrkur As er líklega af stærðargráðunni 20-25 µg/l þar sem affallsvatn fer niður í hraun. Varleg áætlun gerð s.l. haust út frá grunnvatnsrennislíkani Vatnaskila benti til a.m.k 10-faldrar þynningar þar sem lækurinn hverfur niður í hraunið eða að styrkur As geti orðið ≤ 2 µg/l sem fellur í flokk II (Lítill hætta á áhrifum) skv. fylgiskjali með reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796, 29. Október 1999 (Stjórnartíðindi B 1999). Skv. sama líkani verður grunnvatn úr fyrirhuguðum borholum á Vestursvæði fyrir 100-1000-faldri þynningu á leið sinni til Ytri Flóa. Sé gert ráð fyrir sama As-styrk þar yrði styrkur As ≤ 0.06-0.6 µg/l eða að öllum líkindum í flokki I (Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum) skv. ofangreindu fylgiskjali.

Í septemberferðinni var að auki tekið sýni af útfellingu úr Hlíðardalslæk. Lausleg skoðun benti til að um mikið lífrænt efni væri að ræða, en Röntgenskoðun benti til kísils og magnesíumsilikata. Arsengreining var gerð og reyndist As-styrkur 13.75 ppb af þurrefni. Skv. ofangreindri reglugerð hvað varðar sjávarset fellur þessi útfelling í flokk I (Mjög lág gildi, 25% mældra gilda innan þessara marka).

30. janúar 2002

Halldór Ármannsson



Verknúmer: 8-630-656

BORHOLUR LUD-01, LUD-02 OG LUD-03

Efnasamsetning vatns og hita- og leiðnimælingar

Í október 1999 voru boraðar þrjár holur í svokölluðum Heiðarsporði, nærri Lúdent, í landi Voga í Mývatnssveit. Holurnar voru boraðar í þeim tilgangi að kanna grunnvatnsrennsli á svæðinu, einkum hver geti verið afdrif affallsvatns frá Kröfluvirkjun sem hleypt er í Hlíðardalslæk. Í töflu 1 eru ýmsar upplýsingar um holurnar. Við mælingar er miðað við brún fódurrörs.

Tafla 1. *Borholur LUD-01, LUD-02 og LUD-03.*

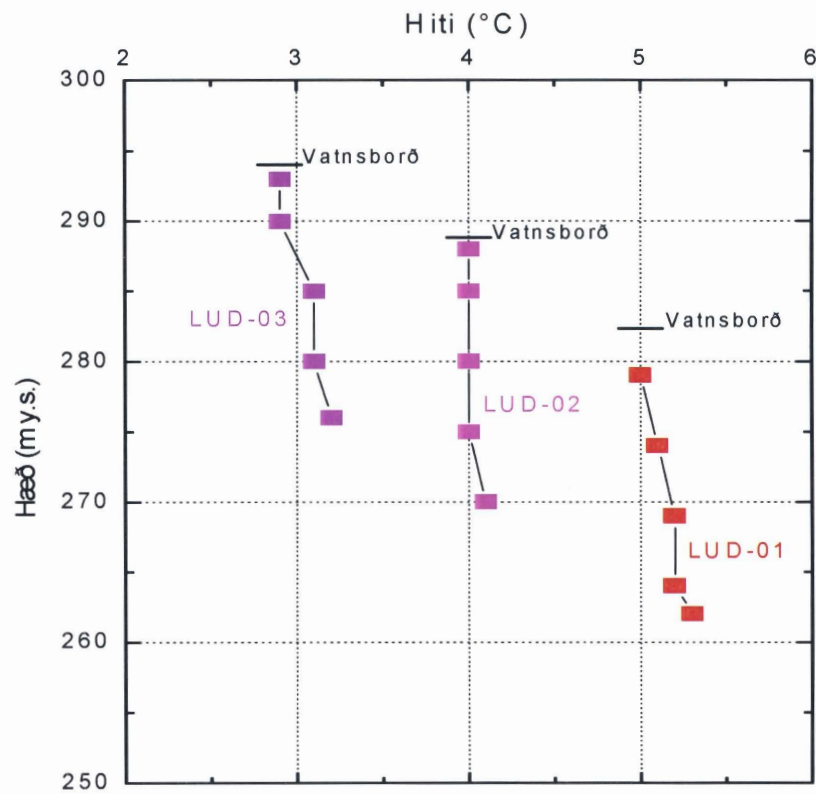
<i>Borhola</i>	<i>LÚD-01</i>	<i>LUD-02</i>	<i>LUD-03</i>
Einkennisnúmer (OS)	58501	58502	58503
Bortími	18. – 21. okt. 19	23. - 24. okt. 1999	24. - 27. okt. 1999
Dýpi (m)	72	90	96
Mælingar 29. október 1999 (uppl. K. Sæm.)			
Hæð í landi (m y.s.)	334,0	359,6	369,9
Vatnsborð (m y.s.)	282,3	288,8	294,0
Vatnsborð (m)	51,7	70,8	75,9
Mælingar 20. og 21. Nóv. 1999			
N - S (DGPS (WGS-84))	65,561308°	65,588431°	65,612389°
A - V (DGPS (WGS-84))	16,838280°	16,827413°	16,813049°
Hæð (m y.s.)	323	357	373,0
Efnasýni, dýpi (m)	60	85	85

Í þeim tilgangi að kanna efnasamsetningu grunnvatns í borholunum voru sýni til efnagreininga tekin úr holunum þremur dagana 20. og 21. nóvember 1999, u.þ.b. mánuði eftir að borun þeirra lauk. Í töflu 1 kemur fram að vatnsborð í holunum var þá á 52 til 76 m dýpi. Sýnin voru því tekin með djúpsýnataka á 60 til 85 m dýpi. Áður en sýnataka fór fram voru holurnar hita- og leiðnimældar. Talsvert “bor-ryk” var til staðar í vatninu við sýnatöku, sem sýnir að holurnar höfðu ekki náð að hreinsa sig eftir borun.

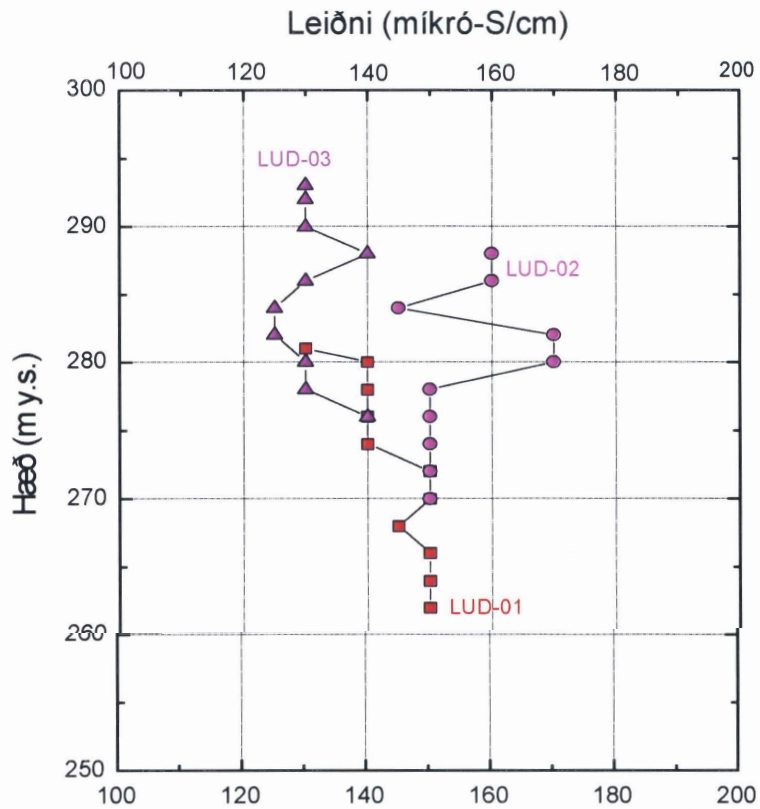
Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 2, hitamælinga á mynd 1 og leiðnimælinga á mynd 2.

Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr holum LUD-01, LUD-02 og LUD-03 (mg/l).

Borhola	LUD-01	LUD-02	LUD-03
Númer	1999-0492	1999-0491	1999-0490
Dags.	1999.11.21	1999.11.21	1999.11.20
Dýpi (m)	60	85	85
Sýrustig (pH/°C)	8,34 / 21,5	8,33 / 21,2	7,62 / 21,0
Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)/25°C	206	224	181
Karborat (CO_2)	56,5	73,1	64,1
Bór (B)	0,06	0,08	0,07
Kísill (SiO_2)	24,1	22,2	12,6
Natríum (Na)	20,6	20,1	16,1
Kalíum (K)	1,76	2,08	1,80
Magnesíum (Mg)	6,02	7,70	6,18
Kalsíum (Ca)	11,0	12,9	9,80
Flúoríð (F)	0,26	0,18	0,20
Klórið (Cl)	4,06	5,9	5,61
Súlfat (SO_4)	28,3	18,9	12,9
Al (Al)	0,0117	0,0314	0,0155
Króm (Cr)	0,0011	0,0013	0,0010
Mangan (Mn)	0,0100	0,0070	0,1300
Járn (Fe)	0,250	0,007	0,400
Kopar (Cu)	0,0019	0,0018	0,0032
Sínk (Zn)	-	0,0108	0,0050
Arsen (As)	0,0001	0,0002	0,0001
Kvikasilfur (Hg)	< 0,000005	0,000008	0,000027
Bly (Pb)	< 0,0002	< 0,0002	0,0002
Uppleyst efni (TDS)	134	151	
Samsætur			
δD (o/oo SMOW)	-92,2	-91,9	-92,2
$\delta^{18}\text{O}$ (o/oo SMOW)	-12,71	-12,70	-12,73



Mynd 1. *Hiti og vatnsborð í holum LUD-01, LUD-02 og LUD-03.*



Mynd 2. *Leiðni vatns í holum LUD-01, LUD-02 og LUD-03.*

Niðurstöður efnagreininga á sýnum úr holum LÚD-01, LÚD-02, LÚD-03 og Hlíðardalslæk v/AB-02, 1999 og 2002

<i>Staður</i>	<i>LÚD-01</i>	<i>LÚD-02</i>	<i>LÚD-02</i>	<i>LÚD-03</i>	<i>LÚD-03</i>	<i>Hlíðardalslækur v/holu AB-02</i>
Númer	1999-0492	1999-0491	2002-0185	1999-0490	2002-0186	2002-0187
Dags.	1999.11.21	1999.11.21	2002.07.23	1999.11.20	2002.07.23	2002.07.23
Hiti (°C)			5,4		4,9	23,5
Dýpi sýnis (m)	60	85		85		
Dæling (l/s)			0,39		0,37	
Sýrustig (pH/°C)	8,34 / 21,5	8,33 / 21,2	8,44 / 21,8	7,62 / 21,0	8,45 / 22,1	8,43 / 22,4
Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}/25^\circ\text{C}$)	206	224	223	181	192	792
Karbonsat (CO ₂)	56,5	73,1	77,2	64,1	68,5	79,2
Bór (B)	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,53
Kísill (SiO ₂)	24,1	22,2	22,1	12,6	21,0	188
Natrium (Na)	20,6	20,1	20,6	16,1	16,6	124
Kalium(K)	1,76	2,08	1,97	1,80	1,83	14,6
Magnesium (Mg)	6,02	7,70	7,80	6,18	6,96	8,16
Kalsíum (Ca)	11,0	12,9	12,8	9,8	11,1	25,3
Strontíum (Sr)			0,0132		0,0108	0,0328
Baríum (Ba)			0,00027		0,00026	0,00218
Flúoríð (F)	0,26	0,18	0,17	0,20	0,17	0,58
Klóríð (Cl)	4,06	5,90	5,54	5,61	4,80	27,1
Nítrat (NO ₃)			0,25		0,24	<0,05
Fosfór (P)			0,0507		0,0511	0,0126
Súlfat (SO ₄)	28,3	18,9	17,0	12,9	11,2	231
Ál (Al)	0,0117	0,0314	0,0265	0,0155	11,2	0,570
Króm (Cr)	0,0011	0,0013	0,00115	0,0010	11,2	0,00102
Mangan (Mn)	0,0100	0,0070	0,0001	0,1300	11,2	0,050
Járn (Fe)	0,250	0,007	0,0231	0,400	11,2	0,0648
Kóbalt (Co)			< 0,000005		11,2	0,000119
Níkkel (Ni)			0,000123		11,2	0,000709
Kopar (Cu)	0,0019	0,0018	0,00138	0,0032	11,2	0,00056
Sínk (Zn)	-	0,0108		0,0050		
Arsen (As)	0,0001	0,0002	0,000158	0,0001	0,000044	0,0186
Mólibden (Mo)			0,000539		0,00049	0,00279
Silfur (Ag)			< 0,00005		< 0,00005	< 0,00005
Kadmíum (Cd)			< 0,000002		< 0,000002	< 0,000002
Tin (Sn)			< 0,00005		< 0,00005	< 0,00005
Antímon (Sb)			0,000026		0,000014	0,000962
Kvikasilfur (Hg)	< 0,000005	0,000008	< 0,000002	0,000027	< 0,000002	0,00001
Blý (Pb)	< 0,0002	< 0,0002	0,000069	0,0002	0,00005	0,000214
Uppleyst efni (TDS)	134	151	115	113	95	711
Samsætur						
δD (o/oo SMOW)	-92,2	-91,9	-91	-92,2	-92,1	-79,1
δ18O (o/oo SMOW)	-12,71	-12,7	-12,62	-12,73	-12,72	-9,47

VIÐAUKI III

Aðdragandi að athugun á dreifingu efna í grunnvatni í Mývatnssveit til undirbúnings
vöktunaráætlunar vegna affallsvatns frá Kröflu og Námafjalli.

Fundur um grunnvatn í Búrfellshrauni

Fundur haldinn á Orkustofnun kl. 14 fimmtudaginn 12. sept. 2002.

Fundarefni: Áhrif frárennslis Kröfluvirkjunar á grunnvatn í Búrfellshrauni

Fundarmenn:

Frá Hollustuvernd ríkisins: Heiðrún Guðmundsdóttir (HG)

Helgi Jensson (HJ)

Frá Rannsóknasviði OS: Ásgrímur Guðmundsson (ÁsG)

Halldór Ármannsson (HÁ)

Frá Landsvirkjun: Árni Gunnarsson (ÁG)

HÁ gerði grein fyrir málefni fundarins. Í umhverfismati stækkunar Kröfluvirkjunar um 40 MW kom eftirfarandi fram í úrskurðarorðum Skipulagsstofnunar:

“Skipulagsstofnun tekur undir áætlanir um ferliprófanir sem framkvæmdaraðili fyrirhugar að hefja árið 2002. Niðurstöður slíkra prófana ásamt reglubundinni greiningu snefilefna varpa ljósi á hvort lífríki Mývatns stafi hættu af affallsvatni Kröfluvirkjunar.”


Í sumar voru tekin sýni úr holum LUD-02 og LUD-03 og þau greind. Niðurstöður bentu til þess að áhrif frárennslisvatns úr Kröflu væru tiltakanlega lítil og jafnframt að áhrif jarðhitavatns í grunnvatni væru minni í holu LUD-03 sem er vestan við Lúdent og nyrst LUD holanna þriggja sem boraðar voru 1999. Í ljósi niðurstöðu efnagreininga úr LUD holum ásamt eldri greiningum voru staðsettar og boraðar tvær holur til viðbótar til rannsóknar á grunnvatni og fengu þær nöfnin LUD-04 og LUD-04.

Í ljósi fyrirliggjandi upplýsinga var það mat ROS og LV að ekki væri nauðsynlegt að setja niður ferilefni þar sem affallsvatn Kröfluvirkjunar fer niður í grunnvatnið í Búrfellshrauni, þar sem náttúruleg ferilefni væru til staðar. Arsen var þar sérstaklega nefnt til að fylgjast með.

Í mörg ár hefur skiljuvatnið runnið nánast óbeislað út í Hlíðardalslækinn og borist niður í grunnvatnið við tjarnir í Búrfellshrauni. Með það í huga lagði ROS fram hugmynd að áætlun um grunnvatnsrannsókn þar sem tekin verða svonefnd heilsýni á fjölda sýnatökustaða til að meta dreifingu efna, sem rekja má til skiljuvatns ættað frá Kröfluvirkjun. Á fundinum var ekki tiltekið nákvæmlega hversu margir sýnatökustaðirnir væru, en ákveðið var að taka úr öllum fimm LUD holunum ásamt AB-2 og var þá upptalið þar sem hægt var að nálgast grunnvatnið austan Námafjalls. Auk þess var gert ráð fyrir að taka sýni úr Helga- og Hverfellsgjá ásamt nokkrum lindum við Mývatn.

Fulltrúar Hollustuverndar, sem vel þekktu til staðháttu, voru sammála áætluninni og að henni yrði hrundið að stað sem fyrst.

Reykjavík 13. september 2002


Ásgrímur Guðmundsson

Rennsli frá Hlíðardalslæk. Efnarannsókn á vatni úr holum í Búrfellshrauni og gjám og lindum í grennd Mývatns

- Sýnataka:** Sýnum verður safnað úr holum AB-02, LUD-01, LUD-02, LUD-03, LUD-04 og LUD-05. Til þeirrar sýnatöku þarf dælur þær sem nú eru í holum LUD-02 og LUD-03. Gert er ráð fyrir að úr þeim tveimur verði safnað fyrsta daginn og dælnar síðan fluttar í LUD-01 og LUD-05 og loks í LUD-04 og AB-02 daginn þar á eftir. Gera má ráð fyrir að þær aðgerðir taki 4-5 daga. Einnig verður safnað úr Hlíðardalslæk, Helgagjá og Hverfellsgjá og fjórum lindum við Mývatn, við Helgavog, Langavog og Vogaflóa, og úr Garðslind. Sú sýnataka getur og að einhverju leyti farið fram jafnframt dælingunni en gert er ráð fyrir tveimur dögum til viðbótar til að ljúka henni. Til samans er gert ráð fyrir að sjö dögum verði varið til sýnatöku og taki þátt í henni einn starfsmaður Orkustofnunar og einn starfsmaður Kröflustöðvar.
- Meðhöndlun sýna.** Sýnum til pH og CO₂ greininga er safnað ómeðhöndluðum á loftþéttar túpur, en H₂S verður greint á staðnum við sýnatöku. Sýnum til samsætugreininga er safnað ómeðhöndluðum á brúnar flöskur, sýnum til kísilgreininga ómeðhöndluðum eða þynntum með eimuðu vatni á plastflöskur, sýnum til anjónagreininga síuðum á plastflöskur (súlfíð er fellt með sinkasetati úr sýnum til súlfatgreininga ef það er til staðar og þau sýni sett á sérstakar plastflöskur) og sýnum til katjóna- og snefilefnagreininga síuðum og sýrðum með saltþétursýru skv. leiðbeiningum frá Analytica á flöskur þaðan.
- Efnagreiningar.** Á Orkustofnun verða eftirtalin efni greind: pH, CO₂, H₂S (á staðnum), B, leiðni, SiO₂, uppleyst efni, F, Cl og SO₄. Hjá Analytica verða greind eftirtalin efni: Ca, K, Mg, Na, S, Si, Sr, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, og Zn. Raunvísindastofnun Háskóla Íslands mun sjá um greiningar á samsætunum tvívetni og súrefni-18.

4. Kostnaður.

Söfnun

Liður	Einingarverð	Fjöldi eininga	Samtals kr.
Sérfræðingur	5.151 kr./klst	108	556.308
Sýnatökubúnaður + bíll	23.333 kr./dag	9	209.977
Samtals			766.285

Gert er ráð fyrir að lagt sé til húsnæði og fæði í Kröflustöð.

Efnagreiningar

Staður	Einingarverð kr	Fjöldi eininga	Samtals kr.
OS	26.985	13	350.805
Analytica	20.000	13	260.000
RHÍ	13.362	13	173.706
Samtals			784.511

Úrvinnsla og frágangur

Liður	Einingarverð kr	Fjöldi eininga	Samtals kr.
Sérfræðivinna	5823	50	291.150
Útgáfukostnaður			136.935
Samtals			428.085

Heildarkostnaður: 1.978.881 kr.

- Framhald.** Gert er ráð fyrir framhaldi á verkefninu, sem felist í því að fylgst verði með efnainnihaldi vatns á einhverjum þeirra staða sem safnað verður frá í þetta sinn, en niðurstöður úr þessu verki látnar ráða umfangi þess eftirlits. Gerð verður viðbótaráætlun þegar þar að kemur.