

---

# ÁHÆTTUMAT VEGNA FYRIRHUGAÐRAR FLÆÐIGRYFJU NORÐURÁLS Í SELVÍK

## SAMANTEKT

Gert er ráð fyrir því að farga kerbrotum í flæðigryfju í Selvík á starfstíma fyrirhugaðs álvers Norðuráls í Helguvík. Gera má ráð fyrir því að um 3500-6000 tonn af kerbrotum falli til á hverju ári að jafnaði og verði fargað í flæðigryfjuna. Magnið mun fara eftir því hvaða kertækni verður notuð.

Talið er að förgun kerbrota með þessum hætti muni að hafa lítil áhrif á lífríki sjávar utan flæðigryfju vegna eiginleika efna, afdrif efna í vefjum lífvera, mikillar þynningar vegna strauma og þeirra mótvægisáðgerða sem notaðar verða.

Reglubundin vöktun á styrk ýmissa efna innan og utan flæðigryfju mun fara fram til að fylgjast með áhrifum efna á sjávarlífríki, auk þess sem lífaðgengi efna í krækling (*mydilus edulis*) í nágrenninu verður athugað reglulega. Til staðfestingar á niðurstöðum útskolunarprófa kerbrota mun fara fram útskolunarpróf á kerbrotum úr rekstri Norðuráls í Helguvík áður en fyrirhuguð flæðigryfja verður tekin í notkun.

## INNGANGUR

Greinargerð þessi um áhættumat fyrirhugaðrar flæðigryfju Norðuráls í Selvík er byggð á reglugerð nr. 738/2003. Þar kemur fram að áhættumat vegna meðhöndlunar og frágangs úrgangs í fyrirhugaða flæðigryfju skuli vera byggt á niðurstöðum áhættumatsgreiningar. Áhættumatsgreining felur í sér athugun á áhrifum þeirra efna sem væntanlega losna út um grjótgarð flæðigryfju í sjó og hugsanleg áhrif þeirra á lífríki sjávar. Hluti af áhættumatsgreiningu er framkvæmd útskolunarprófs og samanburður niðurstaðna þess við losunarmörk fyrir útskolun sem sett eru fram í reglugerðinni.

Umfjöllun um grunnvatn samkvæmt reglugerð nr. 738/2003 á ekki við um fyrirhugaða flæðigryfju Norðuráls í Selvík þar sem að hún verður í sjó.

Gert er ráð fyrir að í flæðigryfju verði að mestu fargað kerbrotum, en einnig litlu magni annars úrgangs sem getið verður um í starfsleyfi álversins. Flæðigryfjan verður í Selvík vestan álversins, aflokuð með grjótgarði. Selvík er lítil, og opin til norðurs og upp af henni eru brattir hamraveggir. Aðdjúpt er að víkinni og fáeina metra út frá henni er yfir 10 m dýpi<sup>1</sup>. Skeljasandi verður dreift yfir kerbrot í flæðigryfjunni til auka útfellingu á flúor. Vegna sjávarfalla mun sífelld endurnýjun á sjó í gryfjunni, er kemur gegnum grjótgarðinn, valda stöðugri uppleysingu á leysanlegum efnasamböndum sem síðan verða næring fyrir örverur eða falla út vegna basavirkni sjávar og viðbætingu skeljasands. Við útfall er búist við því að lítill styrkur tiltekinn efna skolist út. Samkvæmt BAT skýrslu Evrópusambandsins skolast eftirfarandi efni úr slíkum flæðigryfjum sem geta verið skaðleg umhverfinu: Sýaníð, flúoríð, ammoníak (uppleyst), fjölhringja arómatísk kolvetnissambönd (PAH) og þungmálmar.

## EFNAINNIHALD OG ÞEKKT ÚTSKOLUNARPRÓF

Allmörg efnasamsetningar- og útskolunarpróf hafa verið gerð á kerbrotum vegna landförgunar. Samkvæmt heimildum frá ECB sem eru settar saman úr tölum frá 11 álverum í Evrópu<sup>2</sup> og samkvæmt niðurstöðum EPA<sup>3</sup>, er venjuleg efnasamsetning kerbrota skv. töflu 1. Árið 1999 var gerð veigamikil rannsókn á vegum SINTEF og Rogaland Forskning fyrir Hydro Aluminum, Elkem Alumium og Sør-Norge Aluminum<sup>4</sup> og eru niðurstöður þeirrar rannsóknar einnig birtar í töflu 1:

---

<sup>1</sup> Jörundur Svavarsson, 2006.

<sup>2</sup> [http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/IUCLID/DATA\\_SHEETS/69011729.pdf](http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/IUCLID/DATA_SHEETS/69011729.pdf)

<sup>3</sup> Federal Register, 2000.

<sup>4</sup> Sintef, 2000.

**Tafla 1** Efnainnihald kerbrota samkvæmt heimildum frá ECB, EPA og SINTEFF.

Efni	ECB Hlutfall	EPA Hlutfall	SINTEF hlutfall
Kolefni	10-50%		54-60%
Fosfór			0,024%
Flúor anjón	2-20%	13,5%	15-17%
Natríum katjón	10-20%		11-15%
Ál	2-10%		11,6%
Járnoxíð	<3%		2-3% (sem Fe)
Arseník		28 ppm	5 ppm
Álkarbíð	0-1%		
Álnítríð	0,5-2%		
Áloxíð	2-25%		
Baríum			0,027%
Berelíum		32 ppm	
Blý		26 ppm	10-14 ppm
Kadmíum			0,8 ppm
Kalíum			0,47%
Kalsíumoxíð	<3%		1,75% (sem Ca)
Klór			0,019%
Kopar			41 ppm
Króm		59 ppm	50 ppm
Kvikasilfur			0,026 ppm
Magnésíumoxíð	<0,35%		0,13-0,15% (sem Mg)
Mangan			110 ppm
Nikkel		64 ppm	40-60 ppm
Nítur			0,35%
Selen			<16 ppm
Síliköt	<30%		11,3% (sem Si)
Sínk			43 ppm
Strontíum			97 ppm
Súlfat	<0,5%		0,06-0,08% (sem S)
Títaníum			0,20%
Vanadíum			72 ppm
Zirkóníum			41 ppm
PAH		0,2%	0,02-5 ppm
Heildar sýaníð	<0,7%	0,58%	0,054-0,082%
Óbundið sýaníð	10-50 ppm		300 ppm

Niðurstöður útskolunarprófa ECB og SINTEF eru í töflu 2. Fimm útskolunarpróf SINTEF og RF voru gerð eftir stöðlunum NEN 7341, NEN 7343, CEN TC292, NEN 7349 og NEN 7345. Prófin voru annars vegar gerð með eimuðu eða jónskiptu vatni og hins vegar tilbúnum sjó. Í töflu 2 eru tekin saman gildin fyrir súlupróf sem gefur vísbendingar um hversu mikið mun leka út á minna en 50 árum.

**Tafla 2** Styrkir valdra efna í útskolunprófum samkvæmt heimildum frá ECB og SINTEF.

Efni	ECB L/S2	SINTEF pH 4 L/S10 (mg/kg)
Flúor	1200-8500 ppm	26500
Heildarsýaníð		670
Sýaníð óbundið	<150 ppm	240
Natríum	6500-15000 ppm	21700
Ál		406
Kalsíum		7,9
Járn		159
Kalíum		378
Brennisteinn		185
Fosfór		21
Nikkel		4,2
Vanadíum		1,5
Arsen		<1,3
Baríum		<0,14
Kóbolt		0,17
Króm		<0,030
Kopar		<1,01
Magnesíum		<0,4
Molybdenum		0,83
Mangan		0,076
Sínk		0,33
Kadmíum		Undir mælímörkum
Kvikasilfur		Undir mælímörkum
Blý		Undir mælímörkum
PAH		Undir mælímörkum
pH	10-12	10,5-12,5

Töluverð dreifing er á gildum sýaníðs og flúors. Sams konar próf sem gerð hafa verið á vegum EPA og óháðra rannsóknaaðila sýna svipaða dreifingu<sup>5</sup>. Samkvæmt rannsóknum Silvera et al.<sup>6</sup> var útskolun á flúor á bilinu 5,1% og 11,4% og lækkar eftir því sem pH verður lægra. Útskolanlegt sýaníð samkvæmt sömu heimildum var á bilinu 4-27 ppm.

Einnig er vert að benda á rannsóknir Miksa et. al.<sup>7</sup>, en samkvæmt þeirra rannsóknum er útskolun á fríu sýnaníði úr kolefnishluta kerbrota um 122 ppm og flúor 7 ppm.

<sup>5</sup> Pulverti et.al., 1996.

<sup>6</sup> Silveira et al., 2001.

<sup>7</sup> Mksa et. al., 2003.

Þessir styrkir eru í samræmi við fyrri töflur þar sem kolefnishlutinn er 10-50% og að langstærsti hluti sýaníðsins ætti að vera í og sem næst kolefnishlutanum.

Ef sama gildir fyrir álnítríð og fyrir flúor ætti uppleystur styrkur ammoníaks að vera um 120-850 ppm.

Til samanburðar við þessar tölur er vert að líta á tölur frá Norðuráli á Grundartanga en þar hafa farið fram ítarlegar rannsóknir á flæðigryfjunni með tilliti til útskolaðra efnabátta á árunum 2002-2006. Niðurstöður eru birtar í töflum 3 og 4. Heildarflæði inn og út úr kerbrotagryfjunni við sjávarföll var samkvæmt mælingum 8000 m<sup>3</sup>.

Kerbrotagryfjan sjálf er athyglisverð en á árinu 2004 var byrjað á því að stækka viðlegukant hafnarinnar og hafnaraðstöðuna á Grundartanga þannig að kerbrotagryfjan umluktist tveimur aukalegum gördum og var stálþil rekið niður að sunnan verðu. Á vormánuðum 2005 var lokið við að gera garða þannig að frítt flæði sjávar naut ekki að fullu inn og út úr kerbrotagryfjunni. Á árunum 2005 og 2006 var fylltur upp stór hluti þess svæðis sem myndast hafði við stækkun hafnar. Kerbrotagryfjan var síðan fyllt upp á haustmánuðum 2006 og ný tekin í notkun vestan við fyrri kerbrotagryfju. Í samræmi við framangreint jókst styrkur efna innan flæðigryfunnar þannig að álíka hröð útskolun og hafði verið áður var ekki til staðar. Styrkur sýaníðs innan gryfjunnar sjálfrar var í samræmi við hvenær kerbrotum hafði verið fargað. Í síðustu mælingu sem gerð var í gryfjunni varð styrkur á kopari, nikkeli sínski, sýaníði og flúor í sjó innan flæðigryfjunnar í hærra lagi vegna minnkaðs flæðis sjávar inn í gryfjuna og vegna þess að kerbrotum var fargað deginum áður (sjá í töflu 3). Þessi niðurstæða sýnir að úr kerbrotum hjá Norðuráli á Grundartanga losnar mest af framangreindum efnum en minna af öðrum ólífrænum snefilefnum sem vöktuð eru. Í umfjöllun í kafla um áhrif efna á lífríki verður því áhersla lögð á ofangreind efni. Niðurstöður Norðuráls eru í samræmi við rannsóknir SINTEF en í þeim kemur fram að sínk, nikkell og kopar skolast mjög hratt út og ætti því styrkur þeirra að vera hár skömmu eftir förgun. Einnig eru mælingar á öðrum málmum í samræmi við niðurstöður SINTEF en þar kemur fram að styrkur þungmálma er lítil og nánast ómælanlegur.

Taka ber eftir því að styrkur þungmálma innan gryfjunnar sjálfrar er álíka hár að jafnaði og í viðmiðunarsýni frá Hvalfirði tekið í Kalastæðafjöru. Val á viðmiðunarsýni var gert í samræmi við niðurstöður rannsókna sem koma fram í matsskýrslu á umhverfisáhrifum stækkunar Norðuráls á Grundartanga. En þar kemur fram að streymi sjávar í Hvalfirði sé inn að sunnanverðu og út að norðanverðu. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður rannsókna SINTEF og RF þar sem fram kemur að leysanlegur styrkur þungmálma í kerbrotum var undir mælímörkum.

Styrkur flúoríðs og sýaníðs í sjó sem streymir frá kerbrotagryfjunni eru sýndir í töflu 5. Styrkur efnanna er nokkuð jafn og mjög nálægt mælingarmörkum (0,005 ppm).

Til staðfestingar á fyrrgreindum niðurstöðum mun, áður en fyrirhuguð flæðigryfja í Selvík verður tekin í notkun, fara fram útskolunarpróf samkvæmt urðunartilskipun Evrópusambandsins (1999/31/EC). Lögð verður áhersla í útskolunarprófinu á styrk sýaníðs, flúoríðs, ammoníaks (uppleyst), PAH og þungmálma. Einnig mun vöktun

---

fara fram utan gryfjunnar í mismunandi fjarlægð fá grjótgarði sem og innan hennar á fyrrgreindum efnum. Þar að auki verður fylgst með hvort uppsöfnun skaðlegra efna í lífverum muni eiga sér stað vegna flæðigryfjunnar. Kræklingar í búrum verða notaðir í slíkri vöktun og sömu aðferðafræði beitt og við álver Norðuráls á Grundartanga árið 2004.

**Tafla 3** Meðalstyrkur nokkura málma, flúors og sýaniðs árin 2002 - 2006 í sjó innan flæðigrýfju. Litirnir vísa til umhverfismarkna I-V (sjá bls. 4).

Ár	Fjöldi mælinga	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Hg (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)	Flúor (mg/L)	Sýanið óbundið (mg/L)	Sýanið heild (mg/L)
2002	6	1,3	0,07	0,4	ekki mælt	ekki mælt	0,6	ekki mælt	3,1	1,5	0,04	0,27
2005	2	2,3	0,1	0,4	4,5	0,004	4,6	0,30	5,2	8,6	0,16	0,37
2006	1	1,0	0,05	1,3	33,0	0,003	34,0	0,55	11,2	49,4	0,97	1,20

**Tafla 4** Meðalstyrkur þungmálma árið 2006 í sjó i utan flæðigrýfju. Litirnir vísa til umhverfismarkna I-V (sjá bls. 4).

Sýnatökustaður	Sýni tekið	As µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
30 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	Yfirborð næst grjótgáði	1,2 ±0,2	0,05 ±0,00	0,3 ±0,3	2,7 ±1,3	0,002 ±0,001	8,9 ±13,1	0,37 ±0,05	10,5 ±3,5
30 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	4 m frá grjótgáði 1m dýpi	1,1 ±0,1	0,05 ±0,00	0,3 ±0,2	1,3 ±0,9	0,002 ±0,001	0,9 ±0,3	0,69 ±0,45	5,5 ±1,6
70 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	Yfirborð næst grjótgáði	1,3 ±0,3	0,05 ±0,00	0,3 ±0,2	1,8 ±0,6	0,002 ±0,000	0,8 ±0,4	0,44 ±0,20	8,1 ±5,0
70 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	4 m frá grjótgáði 1m dýpi	1,4 ±0,6	0,05 ±0,00	0,4 ±0,1	1,1 ±0,4	0,002 ±0,000	0,6 ±0,2	0,59 ±0,19	4,2 ±2,6
110 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	Yfirborð næst grjótgáði	1,3 ±0,3	0,05 ±0,00	0,4 ±0,1	1,4 ±0,4	0,002 ±0,001	0,7 ±0,2	0,36 ±0,07	4,1 ±3,4
110 m frá suðvesturhorni ytri grjótgáðs	4 m frá grjótgáði 1m dýpi	1,3 ±0,4	0,05 ±0,00	0,4 ±0,1	1,8 ±1,2	0,003 ±0,002	0,7 ±0,3	0,58 ±0,45	2,7 ±0,7
Kalastaðafjara (viðmiðunarstaður)	Yfirborð næst grjótgáði	1,5 ±0,6	0,05 ±0,01	0,4 ±0,1	0,9 ±0,6	0,004 ±0,003	0,5 ±0,0	0,52 ±0,39	8,6 ±2,5

**Tafla 5** Meðalstyrkur sýaníðs og flúoríðs árið 2006 í sjó utan flæðigröfju. Litirnir vísa til umhverfismarkna I-V.

Sýnatökustaður	Sýnataka	Sýnanið óbundið mg/l	Sýnanið heild mg/l	Flúoríð mg/l
30 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	Yfirborð næst grjótgærði	0,014 ±0,015	0,022 ±0,023	1,5 ±0,5
30 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	4 m frá grjótgærði 1m dýpi	0,005 ±0,000	0,013 ±0,013	1,1 ±0,3
70 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	Yfirborð næst grjótgærði	0,011 ±0,010	0,020 ±0,025	1,2 ±0,3
70 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	4 m frá grjótgærði 1m dýpi	0,005 ±0,000	0,005 ±0,000	1,0 ±0,1
110 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	Yfirborð næst grjótgærði	0,007 ±0,003	0,013 ±0,013	1,2 ±0,3
110 m frá suðvesturhorni ytri grjótgærðs	4 m frá grjótgærði 1m dýpi	0,006 ±0,002	0,010 ±0,008	1,2 ±0,2
Kalastaðafjara	Yfirborð næst grjótgærði	0,005 ±0,000	0,005 ±0,000	0,8 ±0,1

**Tafla 6** Umhverfismörk fyrir þungmálma og flúoríð. Litirnir vísa til umhverfismarkna I-V.

Umhverfismörk	I	II	III	IV	V
Kopar (µg/l)	0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45
Zink (µg/l)	5	5-20	20-60	60-300	>300
Kadmíum (µg/l)	0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-1,5	>1,5
Blý (µg/l)	0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15
Krómi (µg/l)	0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75
Nikkel (µg/l)	0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225
Arsenik (µg/l)	0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75
Flúoríð (mg/l)	<1,3	1,3-4	4-6	6-10	>10

<b>I</b>	Umhverfismörk I: Mjög lítil eða lítil hættu á áhrifum.
<b>II</b>	Umhverfismörk II: Lítil hættu á áhrifum.
<b>III</b>	Umhverfismörk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.
<b>IV</b>	Umhverfismörk IV: Áhrifa að vænta.
<b>V</b>	Umhverfismörk V: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki.



## RÚMMÁL OG ÁÆTLAÐUR STYRKUR EFNA

Ef gert er ráð fyrir því að rúmmál gryfjunnar verði um 110.000 m<sup>3</sup>, á meðalflóði verði flæði um 54.000 m<sup>3</sup> inn og út ásamt því að magn kerbrota úr hverju kerri er 65 tonn má gera ráð fyrir uppleystum styrkjum samkvæmt töflu 3. Þó ber að hafa í huga að styrkir eru ekki umreiknaðir í samræmi við þá útfellingu sem yrði.

**Tafla 7** Áætlaður styrkur nokkurra efna innan kerbrotagryfju án tillits til útfellingar, komplexunar og aukalegs flæðis inn og út úr gryfjunni.

Efni	1 kerri fargað	Áætlaður styrkur við grjótagarð	Grunnstyrkur sjávar
Flúoríð	10 ppm	1,1-1,8 ppm	0,8-1,2 ppm
Óbundið sýaníð	0,18 ppm	0,018-,050 ppm	<0,005 ppm
Kopar	1,2 ppb	0,37ppb	0,25 ppb <sup>8</sup>
Sínk	9 ppb	5,2 ppb	4,9 ppb <sup>7</sup>
Nikkel	5,7 ppb	1,0 ppb	0,56 ppb <sup>7</sup>
Kadmíum	Óverulegt	Óverulegt	
Blý	Óverulegt	Óverulegt	
Kvikasilfur	Óverulegt	Óverulegt	
PAH	Óverulegt	Óverulegt	

Gert er ráð fyrir því að styrkur PAH sé óverulegur þar sem kerbrot koma að jafnaði úr 5-8 ára gömlum kerjum sem hafa bakast við um 950°C í þann tíma. Einnig má gera ráð fyrir því að styrkir eftirtalinna efna séu einungis um 1/4-1/10 við grjótagarð þar sem útfæði á sér stað. Þessar ályktanir eru studdar af niðurstöðum vöktunar Norðuráls á Grundartanga á sjó innan og utan flæðigryfju árin 2002-2006. Að auki er gert ráð fyrir óverulegri hækkun á styrkjum kadmíums, blýs, arsen og kvikasilfurs. Slíkt er í samræmi við niðurstöður Norðuráls og rannsóknir SINTEF.

## EIGINLEIKAR EFNA - ÚTSKOLUN ÚR FLÆÐIGRYFJU

Eiginleikar hluta þeirra efna sem skolast munu úr fyrirhugaðri flæðigryfju gera urðun kerbrota og annars úrgangs í flæðigryfjur við sjó mjög hagstæða. Efni á borð við sýaníð og flúoríð eru mjög hvarfgjörn og hvarfast fljótt í óvirk efnasambönd. Þessi eiginleiki efnanna minnkar líkurnar á því að þau haldist nógu lengi í yfirborðslögum sjávar til að geta haft skaðleg áhrif á sjávarlífríki<sup>9</sup>. Sýaníð hvarfast að mestu við

<sup>8</sup> CRC Handbook, 2004.

<sup>9</sup> UNEP – Industry & Environment Technical Review Series, 1981.

uppleyst járn sem grunnvatn og kerbrot eru rík af eins og áður hefur komið fram. Sýaníð myndar því fljótt torleysta efnasambandið  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ . Í sjó er nokkuð hár styrkur kalsíums sem flúoríð hvarfast fljótt við og myndast torleyst kalsíumflúoríð  $(\text{CaF}_2)^{10}$ , auk þess sem skeljasandur í gryfjunni mun auka náttúrulegan styrk kalsíums og valda þannig aukinni útfellingu. Auk þess er þekkt að ýmsir líffræðilegir ferlar hafa áhrif, þar á meðal ammoníak upptaka þörunga í sjó sem þeir síðan breyta í nítat.

Hjá Norðuráli á Grundartanga hafa farið fram rannsóknir á hverju ári frá 2002 á styrk flúoríðs, heildar og óbundins sýaníðs og þungmálma utan flæðigryfju í mismunandi fjarlægð frá grjótgardi sem og innan hennar. Niðurstöður fyrir árið 2006 eru birtar í **töflum 3-5** og bornar saman við umhverfismörk fyrir þungmálma í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns, þar með talinn strandsjó. Engin umhverfismörk eru til fyrir sýaníð í sjó, eingöngu fyrir ferskvatn. Fyrir flúoríð er tekið mið af norskum umhverfismörkum sem gilda fyrir sjó og set<sup>11</sup>.

Niðurstöður sýna litla styrk aukningu á flúoríði, sýaníði og þungmálmum utan við flæðigryfjuna á árunum 2002-2006. Meðalstyrkur flúoríðs og þungmálma rétt utan við grjótgardið var innan umhverfismarkna I og II. Í **töflum 4 og 5** má sjá meðalstyrk þessara efna í sjó í 4 m fjarlægð frá grjótgardinum árið 2006. Meðaltal mæligilda heildarsýaníðs í sjó árið 2006 var á bilinu 0,005-0,014 mg/l utan við grjótgardið eins og sjá má í **töflu 5** sem er innan umhverfismarkna fyrir heildar sýaníð í ferskvatni (0,05 mg/l). Í **töflu 6** má sjá umhverfismörk fyrir þungmálma í vatni og strandsjó og fyrir flúoríð í sjó og seti (litirnir vísa til umhverfismarkna I-V).

Rannsóknir á kræklingum sem hafðir voru í búrum við Grundartanga hafa sýnt litla uppsöfnun PAH, þungmálma og fleiri efna, m.a. sýaníðs og flúors, í vefjum kræklinga<sup>12</sup>. Sams konar rannsókn fór fram við álver Alcan í Straumsvík þar sem lítil uppsöfnun sömu efna kom fram næst álverinu<sup>13</sup>.

## LÍFRÍKI SJÁVARBOTNS INNAN OG Í NÁGRENNI SELVÍKUR

Sumarið 2006 fór fram athugun á lífríki sjávarbotns í nágrenni Selvíkur á fjórum svæðum (stöðvum), en þó var smádyralíf eins og marflær (Amphipoda), jafnfætlur (Isopoda) og ormar (s.s. Polychaeta og Nematoda) ekki skoðað<sup>14</sup>. Í ljós kom að innan Selvíkur þar sem flæðigryfjan er fyrirhuguð eru stórgryti algeng niður á um 7 m dýpi. Utar er klapparbotn, rýr smávaxinn þaraskógur, smávaxnir þörungar sem mynda skán á botni, einkum rauðþörungurinn (*Cruoria arctica*), áberandi, mikill breytileiki í tegundafjölbreytni á milli stöðva og blettótt þekja dýra. Neðri mörk þaraskógarins eru eingöngu á 5-7 m dýpi sem þykir mjög ofarlega miðað við hvað algengt er hér við land. Framangreindar niðurstöður benda til þess að mikið brim og harðir straumar einkenni svæðið, auk mikils veðurálags.

<sup>10</sup> Unnsteinn Stefánsson, 1991.

<sup>11</sup> SFT, 1997.

<sup>12</sup> Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2001; Jóhanna B. Weisshappel og Halldór P. Halldórsson, 2005; Helga Halldórsdóttir og Guðjón Atli Auðunsson, 2005.

<sup>13</sup> Guðrúnu Þóru Guðmundsdóttur, munnlegar upplýsingar, febrúar 2007; Grænt bókhald Alcan, 2005.

<sup>14</sup> Jörundur Svavarsson, 2006.

Athugunarsvæðið telst vera þokkalega fjölbreytt þegar lítið er til heildar fjölda tegunda, en fjöldi tegunda á hverri stöð er þó frekar lítill og mikill breytileiki í tegundasamsetningu á milli stöðva eins og áður sagði. Tegundasamsetningin er svipuð og á klapparbotni á Suðvesturlandi, meðal annars í Straumsvík<sup>15</sup>. Þekja botnfastra dýra, eins og hrúðurkarla, kræklinga og svampa, er blettótt og dýrin smávaxin sem er einnig vísbending um mikið straumálag. Kræklingur fannst í þokkalegu magni á tveimur stöðvum af þeim fjórum sem skoðaðar voru, eða við enda Hólmsbergs og austur af því (ekki inni í Selvík). Aða (*mydilus modiolus*), sem oft er ríkjandi tegund á klapparbotni, fannst ekki á svæðinu. Nokkrar botnfastar dýrategundir hafa talsverðan þéttleika á svæðinu, þar á meðal svampurinn náhönd (*Alcyonium digitatum*) og þekjumyndandi svampar. Af lausum dýrum voru stórkrossi (*Asterias rubens*), snigillinn þarastrútur (*Lacuna vincta*) og aðrir sniglar (Gastropoda spp.) nokkuð áberandi á öllu athugunarsvæðinu.

Verndargildi svæðisins telst lítið í ljósi hins rýra þaraskógar<sup>16</sup>. Á klapparbotni er þarafestan, svokallaður þöngulhaus, bústaður smádýra í stað sets á mjúkum botni. Þar sem að lítið er af þara og þöngulhausar smáir á svæðinu er líklega lítið af smádýrum á svæðinu.

## ÁHRIF EFNA ÚR FLÆÐIGRYFJU Í SELVÍK Á LÍFRÍKI

Eins og fram hefur komið svipar tegundasamsetning botnþörunga og stórvaxinna sjávardýra innan og í nágrenni Selvíkur til þess sem finnst á klapparbotnum á Suðvesturlandi, þar með talið í Straumsvík. Nokkuð magn fannst af svömpum, hrúðurkórlum, krossfiskum, sniglum, kræklingum, ýmsum botnþörungum og stórþara en þekja þessara tegunda var þó blettótt.

Þekkt er að málmar á borð við kopar, nikkell, sink ásogast á agnir/grugg eða bindast efnum á borð við karboxíð og hýdroxíð. Meirihluti þeirra endar að lokum í sjávarseti<sup>17</sup>.

Rannsóknir hafa sýnt að þegar umframmagn af málmum eru tekin upp af staðbundnum sjávardýrum, allt frá smáum krabbadýrum upp í stórvaxin dýr, eins og finnast við Selvík, fer af stað mótvægisferli í frumum. Annað hvort myndast málmþíonin inni í frumum eða að málmarnir bindast inni í frumukornum og er síðan skilað út með þvagi eða saur. Flestir málmar skilast hratt út úr lífverum og safnast því lítið í vefi þeirra. Nokkrir málmar eru þó erfiðir viðfangs fyrir lífverur, blý, kvikasílfur og kadmíum þar á meðal. Þeir skilast mun hægar út úr lífverum, safnast jafnvel upp í vefjum þeirra þar sem þeir geta valdið skaða<sup>18</sup>. Samkvæmt niðurstöðum fyrrgreindra mælinga við flæðigryfju Norðuráls er lítil hætta á teljandi uppsöfnun þungmálma í lífverum þar sem þeir losna í mjög litlu magni úr kerbrotum. Einnig er samkvæmt athugun lítil setmyndun nálægt Selvík vegna mikilla strauma þannig að

<sup>15</sup> Jörundur Svavarsson, 1990.

<sup>16</sup> Jörundur Svavarsson, 2006.

<sup>17</sup> Davíð Egilsson o.fl., 1999; AMAP, 1998; King o.fl., 2002.

<sup>18</sup> Walker o.fl., 2001, Erickson, 1997.

uppsöfnun þungmálma verður óveruleg og trúlega ómælanleg vegna mikillar þynningar.

Sýaníð er mjög eitrad flestum dýrum ef styrkur þess er yfir ákveðnum mörkum<sup>19</sup> en virðist hafa lítil áhrif á plöntur/þörungum. Ekki eru margar rannsóknir til um áhrif sýaníðs á sjávarlíf en töluvert er til af ferskvatnsrannsóknum. Fiskar og sjávarhryggleysingar á borð við þá sem eru við Selvík gætu verið viðkvæmir fyrir sýaníði því að það hindrar inntöku súrefnis í frumum og getur leitt til köfnunar. Sýaníð er mjög hvarfgjarnt eins og áður hefur komið fram og hefur þann eiginleika að geta hvarfast við hratt við málma og er sú binding nánast óafturkræf. Styrkur sýaníðs utan flæðigryfju ætti samkvæmt mælingum á útskolun og því sem fram kemur í mælingum á útskoluðum sjó að jafnaði að vera nálægt og jafnvel undir mælímörkum við grjótgarð (<0,005 mg/L). Komi upp sú staða að styrkur fari yfir hættumörk fyrir fiska má reikna með því að hættusvæðið verði að hámarki um 10-15 m breitt út frá grjótgarði<sup>20</sup>. Samkvæmt þessu og vegna mikillar útpynningar ættu áhrif á dýralíf vegna sýaníðs að vera lítil.

Litlar upplýsingar eru til um eituráhrif flúors í hryggleysingjum. Þó eru til rannsóknir sem sýna að flúor hefur neikvæð áhrif á hegðun og æxlun fiska og á afkomu og æxlun hryggleysingja á borð við skordýr og skriðdýr. Flúoríð getur haft neikvæð áhrif á þörungavöxt og virkað hamlandi á virkni ensíma og truflað efnaskiptaferla í vatnadýrum. Rannsóknir í sjó og vötnum sýna þó að flúoríð hefur minni áhrif í lífríki í sjó en í ferskvatni því að lífaðgengi flúoríðs minnkar eftir því sem harka vatns er meiri<sup>21</sup>. Hið mikla magn af sjó sem fer inn og út úr flæðigryfjunni mun, eins og áður er getið, valda mikilli og hraðri útpynningu flúors. Áhrif flúors utan kerbrotagryfju ættu þannig að teljast óveruleg á lífríki.

Skaðsemi PAH í lífverum eykst í hlutfalli við getu þeirra til að brjóta þau niður eða umbreyta þeim með hjálp ensíma, helst Cytochrome P<sub>450</sub>. Hryggleysingar hafa litla hæfni til að brjóta PAH niður vegna lélegs ensímakerfis á meðan hryggdýr hafa mun meiri niðurbrotshæfni. Ef PAH eru tekin upp af fiskum og öðrum hryggdýrum fer af stað sama mótvægisferli og þegar önnur óæskileg lífræn efni berast inn í þau. Ferlið reynir að brjóta þau niður eða umbreyta þeim (gera þau vatnsleysanleg) og losa vefina við þau. Við þetta geta myndast skaðleg milliefni, sem geta valdið stökkbreytingum á erfðaeftni í frumum, komið af stað æxlismyndun í vefjum hryggdýra, og jafnvel krabbameini<sup>22</sup>. PAH efni eru ekki uppleysanleg í vatni eða sjó og berast um sjóinn ásoguð á agnir. Helsta uppsöfnun PAH efna ætti því að vera í seti. Líkt og segir áður er setmyndun ekki í nágrenni Selvíkur vegna strauma og brims. Dreifing PAH yrði þá um mun stærra svæði og styrkur því hverfandi. Brim er töluvert og myndi valda því að styrkur súrefnis væri hærri en ella. Hækkun súrefnisstyrks ætti því að valda frekari oxun á lífrænum efnum sem gætu losnað úr flæðigryfjunni. Samkvæmt ofangreindu ætti ekki að vera hættu á að PAH geti skaðað staðbundin dýr við Selvík.

<sup>19</sup> <http://www.zpok.hu/cyanide/baiamare/docs/FISH.htm>

<sup>20</sup> SINTEF, 2000.

<sup>21</sup> Camargo, 2003.

<sup>22</sup> T.d. Connell o.fl., 1997; Walker o.fl., 2001, WHO, 1998.

---

Rannsóknir SINTEF og RF náðu einnig til lífeðlisrannsókna á þörungum, rækjum, kröbbum, kræklingi og fiski. Í rannsóknunum voru dýrin látin lifa í missterkum upplausnum af skolvatni frá kerbrotum. Samvæmt niðurstöðum fyrir Microtox á *vibrio fischeri* var EC<sub>50</sub> 4750 mg/l, *corphobium vulutator*, 22 mg/l, 10dagar, LC<sub>50</sub> og *arcartia tonsa* 170-988 mg/l, 48 klst, LC<sub>50</sub>. Kræklingur lifði við L/S 2000. Samkvæmt útreikningum er ólíklegt að slíkir styrkir náist nema tímabundið innan kerbrotagryfju og hverfandi líkur á þeir náist 15 m utan grjótgarðs.

## NIÐURSTAÐA ÁHÆTTUMATS

Sé tekið mið af framangreindri umfjöllun má leiða líkur að því að lítil hættu sé á skaðlegum áhrifum efna úr fyrirhugaðri flæðigryfju álvers Norðuráls í Selvík á sjávarlífríki. Búist er við því að hin miklu þynningaráhrif af völdum mjög sterkra strauma og mikils brims minnki líkur á því að sjávarlífverur taki upp PAH, þungmálma og önnur ólífræn snefilefni í því magni að þau geti skaðast.

Fyrirhugaðar mótvægisáðgerðir með íblöndum skeljasands í flæðigryfjuna og hár stöðugur náttúrulegur styrkur kalsíums í sjó minnka líkur á því að flúor safnist upp í sjávarlífverum og geti skaðað þær.

Úþynning, niðurbrot, komplexering og hröð útskolun ásamt miklu magni af járn í kerbrotum veldur því að sýaníð mun hafa lítil áhrif á lífríki utan kerbrotagryfju.

Setmyndun er lítil í nágrenni Selvíkur sem bendir til þess að straumar séu miklir. Þannig að úþynning verður hröð. Seiton á þungmálmum og PAH efnum ætti að vera það lítil að styrkurinn sé á mörkum þess að hægt sé að mæla hann.

---

## HEIMILDIR

AMAP, 1998. *Assessment Report: Arctic Pollution Issues*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway.

Camargo, 2003. *Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review*. Chemosphere 50(3): 251-64.

Connell, D. W., Wi, R. S. S., Richardson, B. J., Leung, K., Lam, P. S. K. og Connell, P. A., 1997. *Occurrence of persistent organic contaminants and related substances in Hong Kong marine areas: an overview*. Marine Pollution Bulletin, 36: 376-384.

Davíð Egilsson o.fl., Elísabet D. Ólafsdóttir, Eva Yngvadóttir, Helga Halldórsdóttir, Flosi Hrafn Sigurðsson, Gunnar Steinn Jónsson, Helgi Jensson, Karl Gunnarsson, Sigurður A. Þráinsson, Andri Stefánsson, Hallgrímur Daði Indriðason, Hreinn Hjartarson, Jóhanna Thorlacius, Kristín Ólafsdóttir, Sigurður R. Gíslason og Jörundur Svavarsson, 1999. *Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga*. Starfshópur um mengunarmælingar, mars 1999, Reykjavík.

Erickson, M. D., 1997. *Analytical Chemistry of PCBs* (2<sup>nd</sup> ed). New York: Lewis Publishers.

Federal Register, 65 (no. 134), 2000.

Helga Halldórsdóttir og Guðjón Atli Auðunsson, 2005. *Könnun á ólífrænum snefílefnum og arómatískum fjölhringjum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, 2004*. Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins, verkefnaskýrsla 27 - 05.

Jóhanna B. Weissshappel og Halldór P. Halldórsson, 2005. *Mengunarálag í vistkerfi sjávar utan við Grundartanga og Katanes í Hvalfirði vaktað með hjálp kræklinga*. Hönnun hf. og Rannsóknarstofa í sjávarlíffræði.

Jörundur Svavarsson, 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings in Straumsvík, southwest Iceland*. Fjölrit Líffræðistofnunar nr. 28.

Jörundur Svavarsson, 2006. *Könnun á lífríki á klapparbotni neðansjávar í Helguvík*. Líffræðistofnun Háskólans.

King J. K., Harmon, S. M., Fu, T. T. og Gladden, J. B., 2002. *Mercury removal, metalmercury formation, and sulfate-reducing bacteria profiles in wetland mesocosms*. Chemosphere, 46: 859-870.

Mksa D., Samec N., 2003. *Spent Potlining Utiliasation Possibilities*, Waste Management and Research, 21: 467-473.

Pulvirenti A., Masteropietro C., Barkatt A., Finger S. M., 1996. *Chemical Treatment of Spent Carbon Liners used in the Electrolytic Production of Aluminium*. Journal of Hazardous Materials, 46:13-21.

SFT, 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensningstilsyn.

---

Silveira B. I., Dantas A.E., Blasquez J.E., Santos R.K.P., 2002. *Charaterization of Inorganic fraction of Spent Potliners: Evaluation of the Cyanides and Fluoride content*. Journal of Hazardous Materials, B89:177-183.

Sintef og RF Rogelandforskning, Deponering af katodeavfall, 2000.

UNEP – Industry & Environment Technical Review Series, 1981.

Unnsteinn Stefánsson, 1991. *Haffræði I*. Háskólaútgáfan.

Walker, C. H., Hopkin, S. P. Sibly, R. M. Peakall, D. B., 2001. *Principles of Ecotoxicology* (2<sup>nd</sup> ed). New York: Taylor & Francis.

WHO, 1998. Environmental Health Criteria 202. *Selected Non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons*. International programme on chemical safety.