

**RioTinto**

**ISAL**

**Álver Rio Tinto í Straumsvík**



**Mat á gæðapáttum vatnaáætlunar**

## Efnisyfirlit

<b>1</b>	<b>Inngangur.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vatnshlot við ISAL.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Gæðapættir vöktunaráætlunar.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Lýsing á starfsstöðinni.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Lýsing á umhverfi starfsstöðvarinnar.....</b>	<b>6</b>
5.1	Lega lands og yfirborð.....	6
5.2	Jarðfræði og grunnvatn.....	6
5.3	Yfirborðsvatn.....	7
5.4	Lóð.....	8
5.5	Nágrenni og áhrifasvæði.....	8
<b>6</b>	<b>Rannsóknir á vegum ISAL.....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Niðurstaða.....</b>	<b>17</b>

# 1 Inngangur

Skýrsla þessi er unnin í samræmi við ný ákvæði tengd vatnaáætlun í starfsleyfi ISAL sem Umhverfisstofnun gefur út. Ákvæðin voru sett til að fylgja eftir stefnumótun í Vatnaáætlun Íslands 2022-2027 og ákvæðum laga nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Til að framfylgja þessu enn frekar óskar Umhverfisstofnun nú eftir því að þeir rekstraraðilar sem eru með starfsleyfi í vinnslu og beina og/eða óbeina losun í vatn, geri mat á þeim áhrifum sem losun þeirra getur haft á líffræðilega, efna- og eðlisfræðilega gæðapætti þeirra vatnshlota sem þeir losa í og hvort áhrifin séu slík að þau gætu haft áhrif á umhverfismarkmið vatnshlotanna.

Matið, sem óskað er eftir, felur í sér að skoðað er markvisst hvaða efni eru losuð frá starfseminni, bæði þau sem losuð eru beint í vatn og þau sem losuð eru í loft en falla aftur niður, og í hvaða magni. Út frá því er metið hvort og hve mikil áhrif efnin geta haft á líffræðilega og efna- og eðlisfræðilega gæðapætti.

Þessi skýrsla tekur saman þessa þætti út frá sjónarhóli ISAL.

## 2 Vatnshlot við ISAL

Samkvæmt fyrirbyggjandi skilgreiningu á vatnshlotum er starfssvæði ISAL á svæðum strandsjávar vatnshlotsins Straumsvík-Kjalarnes (104-1391-C) og grunnvatnshlotsins Straumsvíkurstraumur (104-265-G).

Vatnshlotið Straumsvík-Kjalarnes (104-1391-C) er allur strandsjórinn frá nesinu vestan við Straumsvík og norður til Kjalarnes að undanskildum Skerjafirði, Innri Sundum með Elliðaárvogi og Grafarvogi og Leirárvogur með Blikastaðakró.

Straumsvíkurstraumur (104-265-G) tekur til alls grunnvatns sem streymir til sjávar frá Breiðagerðisvík á Vatnsleysuströnd og norður fyrir Hafnarfjörð. Álftanes og Garðabær tilheyra grunnvatnshloti Stór-Reykjavíkur (104-261-2-G).

Álver ISAL er staðsett þar sem grunnvatnsstraumurinn blandast strandsjónum. Fyrir vikið gætir flóðs og fjöru í grunnvatni á lóð ISAL.

## 3 Gæðapættir vöktunaráætlunar.

Gæðapættir vöktunaráætlunar vegna vatnshlota, sem á að vakta má finna á síðunni [Umhverfisstofnun | Vöktunaráætlanir og skipulagning vöktunar \(vatn.is\)](#). Þar er birt eftirfarandi tafla með yfirliti yfir líffræðilega, efna- og eðlisefnafræðilega gæðapætti sem á að vakta til að meta vistfræðilegt og efnafræðilegt ástand yfirborðsvatnshlota.

**Tafla 1 Líffræðilegir, efna- og eðlisefnafræðilegir gæðabættir vatnshlota.**

	Stöðuvötn	Straumvötn	Strandsjór
Líffræðilegir gæðabættir	Svifþörungar <i>Blaðgræna a</i>	Botnþörungar <i>Blaðgræna a</i>	Svifþörungar <i>Blaðgræna a</i>
	Hryggleysingjar <i>Fjöldi tegunda</i> <i>Shannon fjöldbreytikeiki</i> <i>Shannon jafndreifni</i>	Hryggleysingjar <i>Fjöldi tegunda</i> <i>Shannon fjöldbreytikeiki</i> <i>Shannon jafndreifni</i>	Hryggleysingjar á mjúkum botni <i>Gæðavísirinn NQI1</i>
	Vatnablöntur <i>Tlc næringarefnastuðull</i>	Ekki til kerfi	Þörungar á hörðum botni <i>Tegundafjölbreytni</i> <i>Hlutfall grænþörungna</i> <i>Hlutfall rauðþörungna</i> <i>Hlutfall tækifæristegunda</i>
Efna- og eðlisefnafræðilegir gæðabættir	Sýrustig (pH)	Sýrustig (pH)	Næringarefni NO <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>
	Súrefni	Súrefni	
	Basavirkni	Basavirkni	
	Leiðni	Leiðni	
	Næringarefni NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Sjónkýpi  Næringarefni NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	
	Forgangsefni	Forgangsefni	Forgangsefni

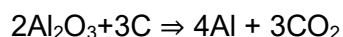
Samkvæmt 11. gr. laga nr. 836/2011 skal ástand grunnvatns metið eftir magnstöðu þess og efnafræðilegum þáttum. Því er reiknað með að vegna grunnvatnshlota eigi þessir efnaþættir við samanber Vöktunaráætlun vatnaáætlunar 2022-2027 ([Vöktunaráætlun vatnaáætlunar 2022-2027.pdf](#)).

## 4 Lýsing á starfsstöðinni

Ál er þriðja algengasta frumefni jarðskorpunnar, næst á eftir súrefni og kísli. Ál er algengasti málmurinn og nemur um 8% af heildarþyngd jarðskorpunnar. Hreint ál finnst ekki í náttúrunni heldur eingöngu í efnasamböndum, til dæmis oxíðum og sílíkötum eins og gljásteynum og leir.

Á **mynd 1** má sjá framleiðsluferli áls, allt frá hráefnisvinnslu til útflutnings á áli frá Íslandi. Einnig er nánari lýsing á ferlinu í skýrslu um grunnástand.

Súrál ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) og forskaut ásamt raforku eru meginhráefni til álframleiðslu. Ál er framleitt með rafgreiningu súrals sem felst í að kljúfa súrál í frumefni sín, ál (Al) og súrefni (O), með rafstraumi við háan hita. Forskautin eru úr forbökuðu kolefni sem brennur í heitu súrefninu. Ferlið er samkvæmt eftirfarandi efnajöfnu:



Til að framleiða 1 t af áli þarf um 2 t af súráli. Auk þess þarf um 0,4 t af forskautum, um 15 kg af álflúoríði og 13.000-15.000 kWst af raforku. Súrálið er leyst upp í flúorríkri bráð sem kallast raflausn og er uppspretta flúoríðs losunar.

Forskautin koma forbökuð til ISAL og innihalda þau mjög lítið af PAH efnum en sum PAH efna eru á forgangsefnalista í reglugerðum um varnir gegn mengun vatns. Í hverju kerri eru mörg forskaut og þarf að skipta um þau reglulega. Til að vernda skauttindana gegn tærandi áhrifum raflausnarinnar er álkragi settur utan um þá, sem síðan er fylltur af kragasalla. Kragasallinn hefur innihaldið PAH efni.

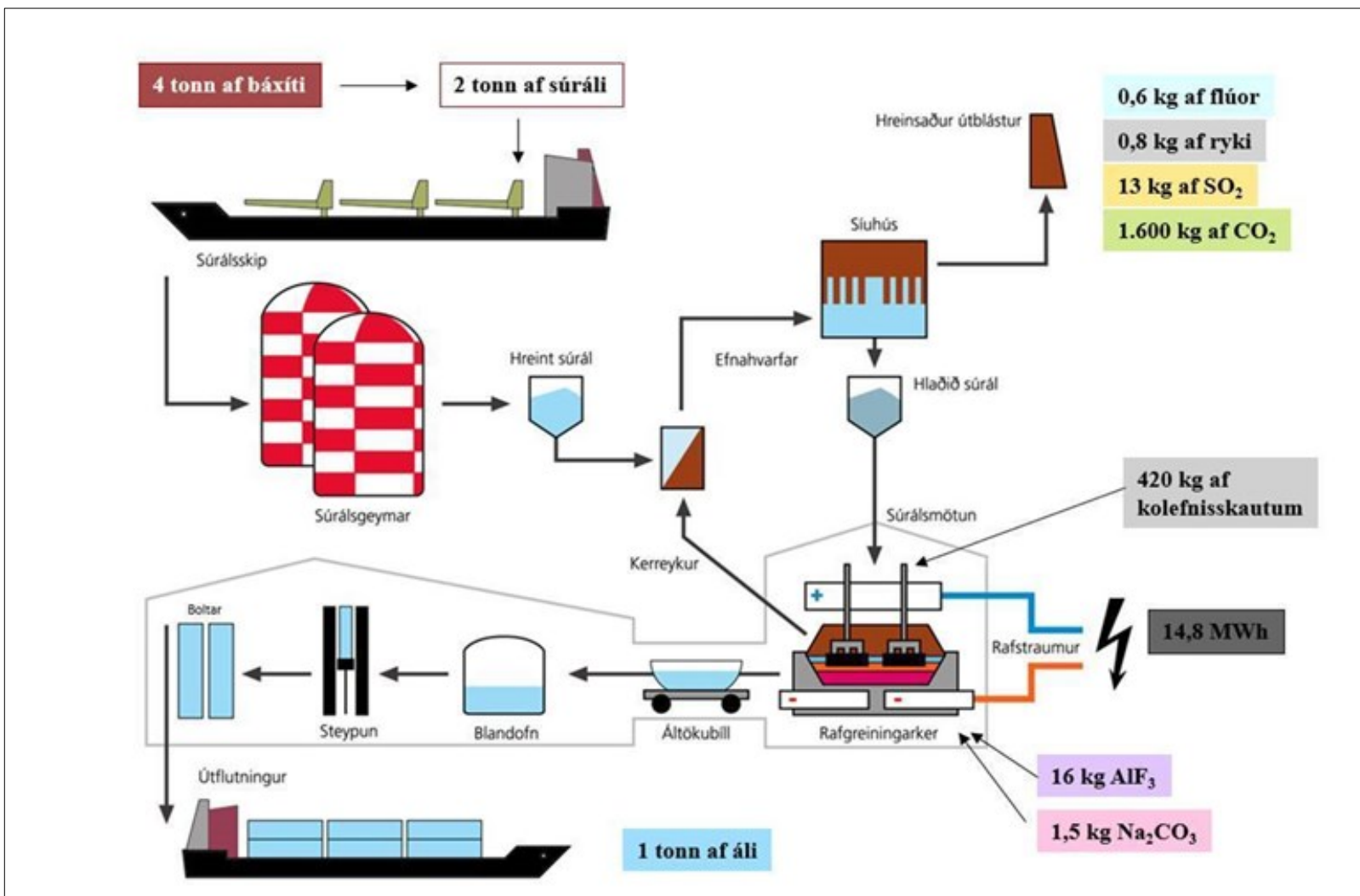
Skautleifin er hreinsuð og brotin niður og send til endurvinnslu..

Rafgreining súrals fer fram í fóðruðum rafgreiningarkerum (**mynd 2**) og þarf að endurfóðra þau á u.þ.b. 4-6 ára fresti. Kerbrot verða til þegar notaðar fóðringarnar eru brotnar úr kerunum og flokkast þau sem spilliefni vegna þess að þau innihalda meðal annars vatnsleysanleg flúoríð ( $\text{F}^-$ ) og sýaníð ( $\text{CN}^-$ ), sem eru hættuleg fyrir ferskvatnslífverur. Einnig geta myndast eldfim gös ef vatn kemst í snertingu við kerbrot. Kerbrot innihalda einnig snefilefni svo sem aðra málma en ál.

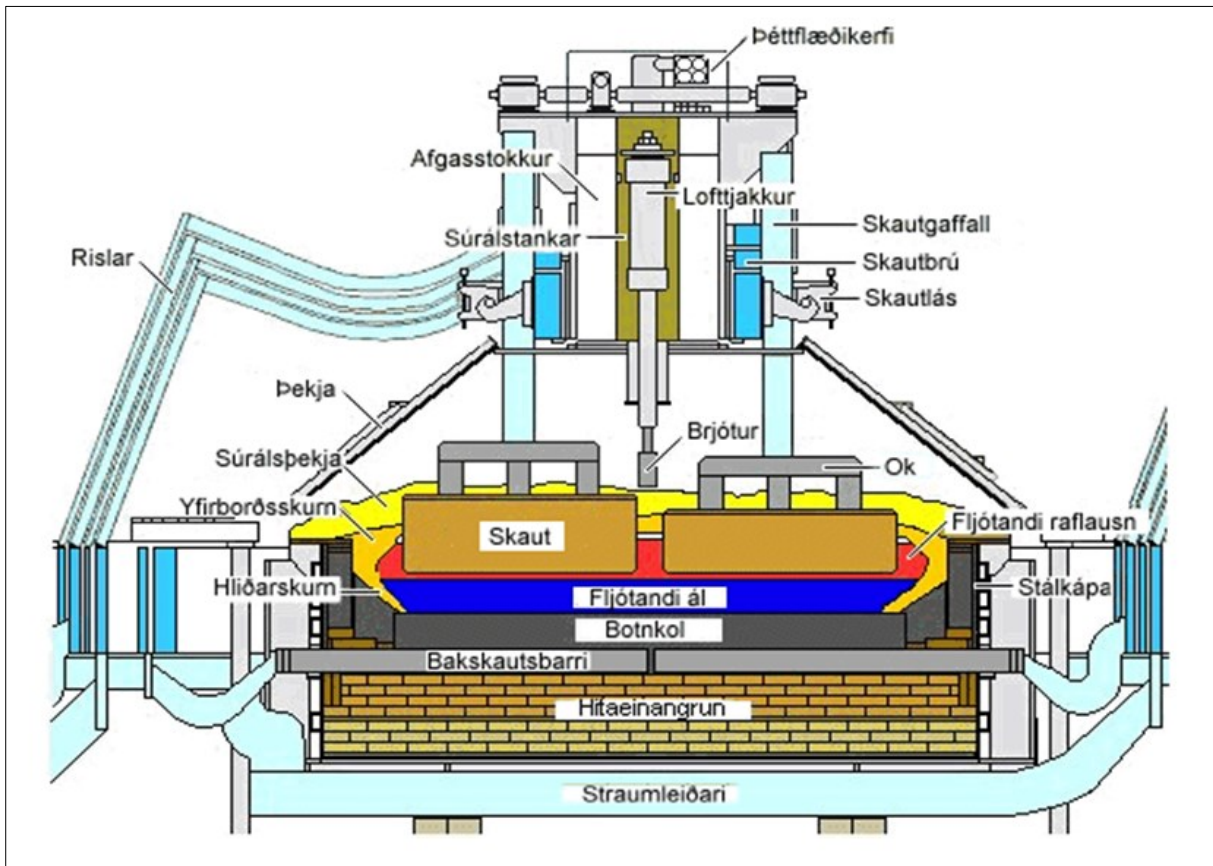
Súrál, forskaut og kerfóðringar innihalda lítið magn þungmálma. Þeir geta losnað frá álverinu í útblæstri eða með kerbrotum, vegna mikillar notkunar aðalhráefna. Stærstur hluti þeirra fer þó líklega með afurðinni sem snefilefni í áli.

Í steypuskála eru notaðar steypuvélar til að umbreyta fljótandi áli frá kerskálunum í bolta eða álkubba áður en það er flutt út. Með því að blanda öðrum efnum eins og magnesíum og kísli út í álið má fá þær málmböndur sem viðskiptavinurinn óskar eftir. Til að fjarlægja óhreinindi og gjall er argongasi blásið í deiglurnar og gjall og skánir skafið ofan af. Einnig fellur til gjall og skánir í ofnum steypuskála.

Vatn er notað til að kæla málminn í steypuskála. Vatnið er ferskvatn í gegnumstreymi og eru ekki notuð nein hættuleg efni við að steypa út málminn eða í málmvinnsluna.



Mynd 1 Framleiðsluferli ISAL.



**Mynd 2 Uppbygging rafgreiningarkers.**

Áður var einnig notað klórgas og önnur hættuleg efni í stað argons, en það hefur ekki verið gert í áratugi.

Í steypuskála er notuð própangas og rafmagn til hitunar.

Áður var einnig notuð flotaolía og þar áður svartolía. Birgðatankar fyrir flotaolíu á lóð ISAL eru tveir en einungis annar þeirra hefur verið í notkun síðustu ár. Flotaolía er ekki lengur notuð á ofna steypuskála en í apríl 2023 var alfarið skipt úr olíu yfir í própan. Birgðatankurinn getur geymt um 900 m<sup>3</sup> (hámarks fylling birgðatanka er 800 m<sup>3</sup>) eða um 700 tonn, en magn á lóðinni síðasta ár fór sjaldan yfir 200 tonn. Birgðatankar eru í afmarkaðri olíuþró sem rúmar um 957 m<sup>3</sup>. Þá er notuð dísilolía á ökutæki og vinnuvélar á svæði. Dísilolía er í afgreiðslugueymum á þremur stöðum. Aðalgeymirinn, sem er í þró milli vinnuvélaverkstæðis og birgðatanka, er um 50 m<sup>3</sup>. Birgðatankur dísilolíu stendur í olíuþró sem er 61 m<sup>3</sup>.

**Súral, álflúoríð og forbökuð skaut eru ekki flokkuð sem hættuleg efni þannig að þau séu merkingarskyld.**

**Raflausnin er með krýólít sem aðalefni, en það er natríum álflúoríð. Þó svo að flúoríð sé eitruð í ferskvatni þá er það ekki á forgangsefnalista vatns, enda er það hluti af náttúrulegri seltu sjávar með meðalstyrk um 1,3 mg/l.**

**PAH-16 losun til andrúmslofts frá ISAL hefur verið metin um 50 kg/ári. Af 16 efnum sem mæld voru var langmest af naftanlen eða yfir 90% en B(a)P, D(a,h)A, B(ghi)P, og I(cd)P voru öll undir greiningarmörkum í útblástursmælingu.**

Fylgst hefur verið með styrk efna í og við flæðigryfjur auk þess sem ástand lífríkis hefur verið vaktað.

**Flotaolía og dísilolía geta innihaldið PAH efni í snefilmagni.**

Önnur hættuleg efni sem notuð er á svæði ISAL, eru notuð í litlu magn og ekki um neitt umtalsvert birgðahald af þeim efnum á svæðinu. Þau efni er notuð þannig að þau berast ekki í frárennsli á yfirborði eða til sjávar.

Engin klórlífræn efni eru notuð hjá ISAL og þar sem enginn klór er notaður neins staðar í vinnsluferlinu þá er möguleg myndun þeirra lítil.

## 5 Lýsing á umhverfi starfsstöðvarinnar

### 5.1 Lega lands og yfirborð

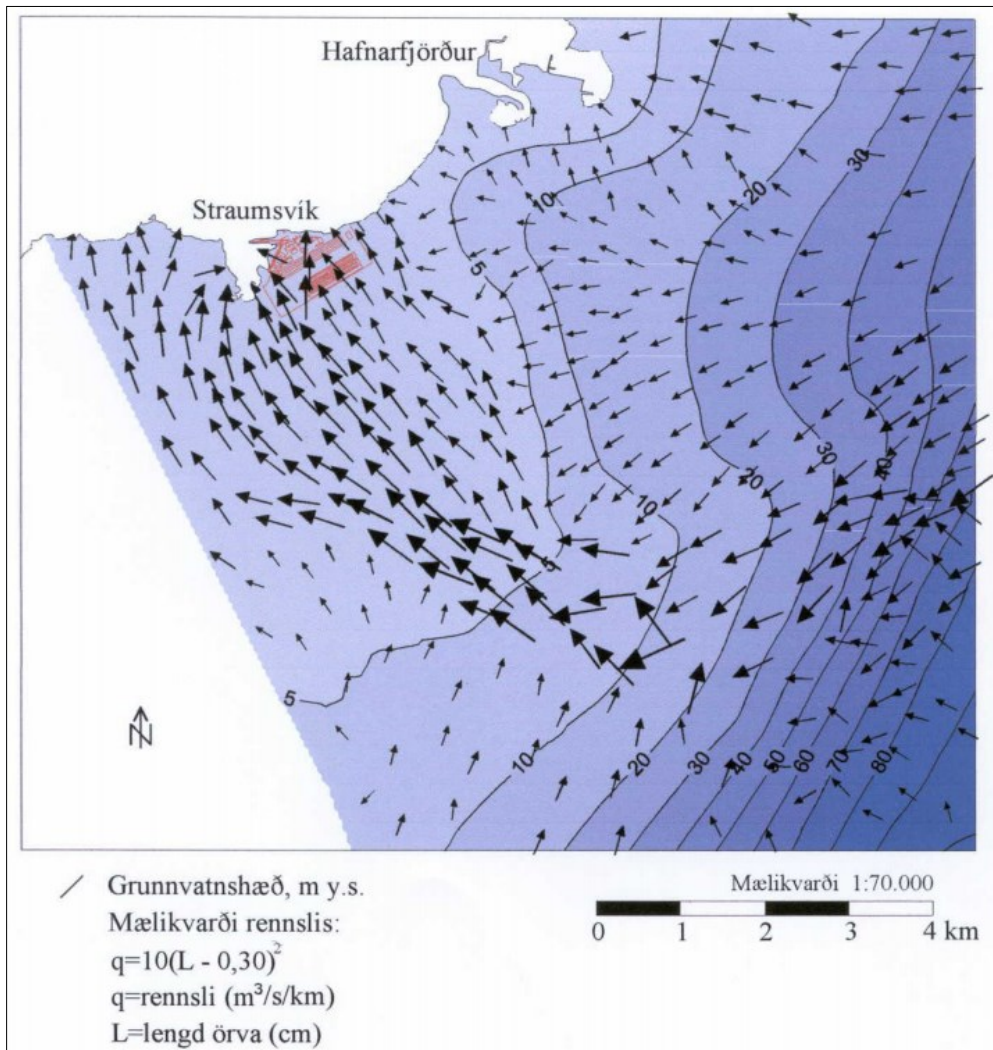
Lóð álversins í Straumsvík er við sjó við sunnanverðan Faxaflóa þar sem mörg nútímahraun hafa runnið til sjávar, síðast árið 1151. Allt land sjávarmegin við þjóðveg 41 hefur verið jafnað út og er nú þakið hraungjalli og fylliefnum nema þar sem land hefur verið grætt grasi eða öðrum gróðri. Stór hluti á yfirborði lands innan girðingar er einnig þakinn byggingum og bundnu slitlagi. Mjög þunnt jarðvegslag er á svæðinu og einkennist það af mulningi af hrauninum sem verksmiðjan stendur á.

### 5.2 Jarðfræði og grunnvatn

ISAL stendur að mestu á Kapelluhrauni sem rann til sjávar í Straumsvík í gosi árið 1151. Austurendi kerskálanna og tengivirki stendur á Skúlatúnshrauni en það er rúmlega 2000 ára dyngjuhraun. Austan við Straumsvík nær Skúlatúnshraun út í sjó. Allt hraunið er opið og undir því rennur stór grunnvatnsstraumur til sjávar í og við Straumsvík. Vestan við Straumsvík er Hrutagjárhraun sem er áætlað um 4000 ára.

Sama grunnvatnsborð er undir eldri hrauninum og þeim nýrri, en minni grunnvatnsstraumur. Hæð grunnvatnsborðs sveiflast upp og niður með sjávarföllum, þar sem grunnvatnið er eðlisléttara og flýtur ofan á sjónum, en flóðhæðin er um 4 m þegar stórstreymt er. Streymi til sjávar er sýnt á mynd 3.





Mynd 3 Grunnvatnsrennsli undir álver ISAL skv. grunnvatnslíkani Vatnaskila.

### 5.3 Yfirborðsvatn

Ekkert yfirborðsvatn er á lóð álversins þar sem hraunið á lóðinni er gegndræpt og hleypir öllu regnvatni niður í grunnvatn. Regnvatn af þökum og bundnu slitlagi fer í niðurföll til sjávar.

Vatnafræði á Reykjanesi er sérstæð. Úrkoma hripar niður um gljúp hraunin og eru því fáir lækir eða vötn á yfirborði. Grunnvatnið kemur víða fram í lindum í fjörunni og eru sumar þeirra ýmist ofan eða neðan sjávarmáls eftir stöðu sjávarfalla. Vestan álversins eru nokkrar tjarnir í hrauninu, sem í gætir flóðs og fjöru. Ástæða þess er hversu gropinn berggrunnurinn er. Sjór fyllir því glufur í berginu og til verður jarðsjór, sem rís og hnígur í takt við sjávarföll. Grunnvatnið liggur svo ofan á jarðsjónum þar sem ferskvatnið er eðlisléttara. Vatnsyfirborð tjarnanna breytist því einnig í takt við sjávarföll án þess að beinn samgangur sé á milli tjarnanna og sjávar. Í flestum tilvikum er vatnið ferskt en í öðrum tilvikum ísalt, eftir því hvar skil ferskvatns og jarðsjávar liggja í tjörnunum.

## 5.4 Lóð

Lóð ISAL, þar sem núverandi starfsemi fer fram, var öll jöfnuð út áður en starfsemi álversins hófst. Samsíða lóðinni liggur Þjóðvegur 41, sem var lagður á árunum 1960 til 1965. Framkvæmdir við álverið í Straumsvík hófust svo árið 1966 og lauk með fyrsta áfanga árið 1969.

Áður en framkvæmdir hófust hafði Kapelluhraunið verið fjarlægt að hluta og jafnað niður og nýtt meðal annars sem efni í Þjóðveg 41, sem var opnaður í núverandi mynd árið 1965. Sá hluti Kapelluhrauns sem var ósnertur á lóð álversins var nýttur til að jafna út lóðina og fylla við hafnargarðinn. Jarðvegur undir álverinu er því eiginlega ekki til staðar þar sem það stendur annars vegar á gjalli úr Kapelluhrauni og hins vegar á gjalli og hraunklöpp úr Skúlatúnshrauni. Við framkvæmdir á síðari árum hefur einnig verið flutt inn á svæðið fyllingarefni úr öðrum námum.

Lóð álversins, sunnan Þjóðvegarins, sem er í dag ónotuð, er gömul ójöfnuð efnisnáma þar sem upp úr stendur hleðsla þar sem kapellan svokallaða er. Í kring um hana liggur ójafnað gjallsvæði þar sem ójafnt grýtt yfirborðið einkennist helst af misstórum gjallsteinum, sem eru leifar frá eldra malarnámi. Við suðurenda lóðarinnar er ISAL með röð af grunnvatnsholum, sem nú liggja á smáhrygg sem rís upp úr lóðinni. Í grunnvatnsholunum er tekið kælivatn til notkunar í álverinu. Áður var einnig tekið neysluvatn fyrir álverið úr holunum en ekki lengur.

## 5.5 Nágrenni og áhrifasvæði

### Straumsvík

Straumsvíkin liggur vestan við álverið og Straumsvíkurhöfn, sem mest þjónar álverinu og Gasfélaginu, er norðan álversins. Gasfélagið er með lóð á hafnarsvæðinu sjávarmegin við álverið. Gasfélagið flytur inn og dreifir própan/bútan gasi til notkunar víða um land auk þess sem ISAL notar gas þaðan. Fjarlægð gasbirgða frá byggingum á lóð ISAL er um 100 m, en olíugeymar eru í 200 m fjarlægð frá gasbirgðum.

Í Straumsvík má sjá ferskvatnsstrauminn streyma út í sjóinn á lágri sjávarstöðu. Þar fyrir innan eru nokkrar tjarnir þar sem gætir flóðs og fjöru. Munur á flóði og fjörum í Straumsvík er um 4 metrar þegar stórstreymt er.

### Straumur

Straumur er bæjarstæðið vestan við Straumsvík. Það er í um 600 m fjarlægð frá vesturenda kerskála álversins. Þaðan liggja fjölmargar leiðir út með Straumsvíkinni vestan megin, en svæðið þar er lítið snert miðað við næsta nágrenni. Nokkur önnur hús og bæjarstæði voru við botn Straumsvíkur.

### Geymslusvæði

Geymslusvæðið liggur að lóð álversins sunnan megin við, alveg upp að borholum álversins sunnan við Þjóðveg 41. Geymslusvæðið er tæpa 400 m frá kerskálum álversins. Sunnan við geymslusvæðið er kvartmílubraut. Á síðasta áratug hefur geymslusvæðið verið að próast yfir almennt iðnaðarsvæði og þannig er nú komin iðnaðarstarfsemi á svæðinu, beint suður af álveri ISAL, rétt við borholur álversins.

## Iðnaðarsvæði

Eldra iðnaðarsvæði er staðsett austan við það sem var geymslusvæðið. Þar er ýmiss konar starfsemi fjölda fyrirtækja. Stærstu fyrirtækin hafa verið brotajárvinnsla, endurvinnslustöð fyrir úrgang, malbikunarstöð, steypustöð, plastframleiðslufyrirtæki, auk ýmissa minni málm- og málmhúðunar fyrirtækja. Einnig eru þar ýmis þjónustu- og verktakafyrirtæki. Um tíma var þar rekinn stálbræðsluofn tengdur brotamálmvinnslunni.

## Meðhöndlun skólps

Á næstu lóð austan við álverið, næst sjónum, er nú skólpdælustöð Hafnarfjarðar þar sem síuðu skólpi er dælt til sjávar. Dælustöðin er um 400 m frá tengivirki álversins.

## Meðhöndlun úrgangs

Á iðnaðarsvæðinu sunnan álversins er stór endurvinnslustöð fyrir úrgang. Á svæðinu þar sem skólpdælustöðin er nú, var áður meðhöndlaður úrgangur. Austan við lóð ISAL var gamall urðunarstaður. Meðal annars var urðaður þar úrgangur án leyfis í gjótur í hrauninu. Árið 1998 kviknaði í úrganginum sem hafði verið urðaður og brann hann í nokkurn tíma, sjá frétt í Morgunblaðinu 4. mars 1998 (<https://timarit.is/page/1899799#page/n5/mode/2up>).

## Golfvöllur

Austan við skólpdælustöðina er hluti golfvallar Golfklúbbsins Keilis, sem liggur norðan við iðnaðarsvæðið. Kælivatn frá álverinu er nýtt til vökvunar á golfvöllinum. Austan við iðnaðarsvæðið og golfvöllinn er svo íbúabyggð Hafnarfjarðar.

# 6 Rannsóknir á vegum ISAL

Á vegum ISAL hafa verið unnar margvíslegar rannsóknir er tengjast ástandi vatns í nágrenni álversins. Þar eru bæði stakar rannsóknir, en einnig rannsóknir sem hafa verið hluti af reglulegri vöktun, sem nú er unnin í samræmi við þær kröfur sem gerðar eru í starfsleyfi fyrirtækisins.

Hér á eftir verður farið yfir þá þætti sem fjallað er um í töflunni að ofan og hvernig þeir tengjast við rannsóknir sem farið hafa fram á vegum ISAL

## Svifþörungur

Greining á svifþörungum með mælingu á blaðgrænu a er fyrst og fremst talin vera mælikvarði á næringarefnaástand vatnshlotsins (<https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-chlorophyll>).

Ekki hafa verið gerðar slíkar mælingar á vegum ISAL enda er framleiðsla áls í eðli sínu þurr framleiðsluferli og eina beina frárennslið frá framleiðsluferli álversins er kælivatn frá málmsteypu og rafbúnaði. Engin viðbótar næringarefni eru í því frárennsli.

Frárennsli frá starfsmannaaðstöðu ISAL fer um rotþrær áður en það er leitt til sjávar án þess að næringarefni séu fjarlægð sérstaklega eins og á við um annað skólpi frá höfuðborgarsvæðinu.

Frá kerbrotum sem urðu eru í flæðigryfjum getur komið sigvatn sem inniheldur köfnunarefnissambönd, til dæmis sýaníð sem þörungur geta nýtt sem næringarefni. Þó mælst hafi gildi með hækkuðum styrk sýaníðs í vatni í kerbrotagryfjum er algengast að styrkur sé undir greiningarmörkum og heildarstyrkur köfnunarefnis er einnig undir 2 mg/l.

Ammoníak í sjó hefur aftur á móti sýnt merki um að útskolun frá kerbrotagryfjum og einnig hafa greinst merki um hærri styrk fosfórs miðað við strandsjó (Könnun á efnapáttum í sjó við Straumsvík sumarið og haustið 2018. Guðjón Atli Auðunsson o.fl. 2020, <https://www.riotinto.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=1314> ).

Grunnástandsskýrsla ISAL frá árinu 2020 sýndi að styrkur fosfórs í grunnvatni og kerbrotagryfjum var sambærilegur eða um 0,03 mg P/l þannig að fosfór er einnig til staðar í grunnvatni sem rennur að álverinu.

### Hryggleysingjar á mjúkum botni

Í nágrenni ISAL í Straumsvík er mjög lítið af mjúkum botni þannig að erfitt hefur verið að ná sýnum til greiningar á mjúkum botni eða seti.

Á um fimm ára fresti hefur hins vegar verið sett út búr með kræklingi í samræmi við kröfur í vöktunaráætlun fyrirtækisins samkvæmt starfsleyfi frá Umhverfisstofnun. Mæld er lifun og vöxtur kræklinga auk innihalds PAH og ólífrænna snefilefna. (Könnun á ólífrænum snefilefnum og aromatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2018. Guðjón Atli Auðunsson o.fl. 2020<sup>1</sup>).

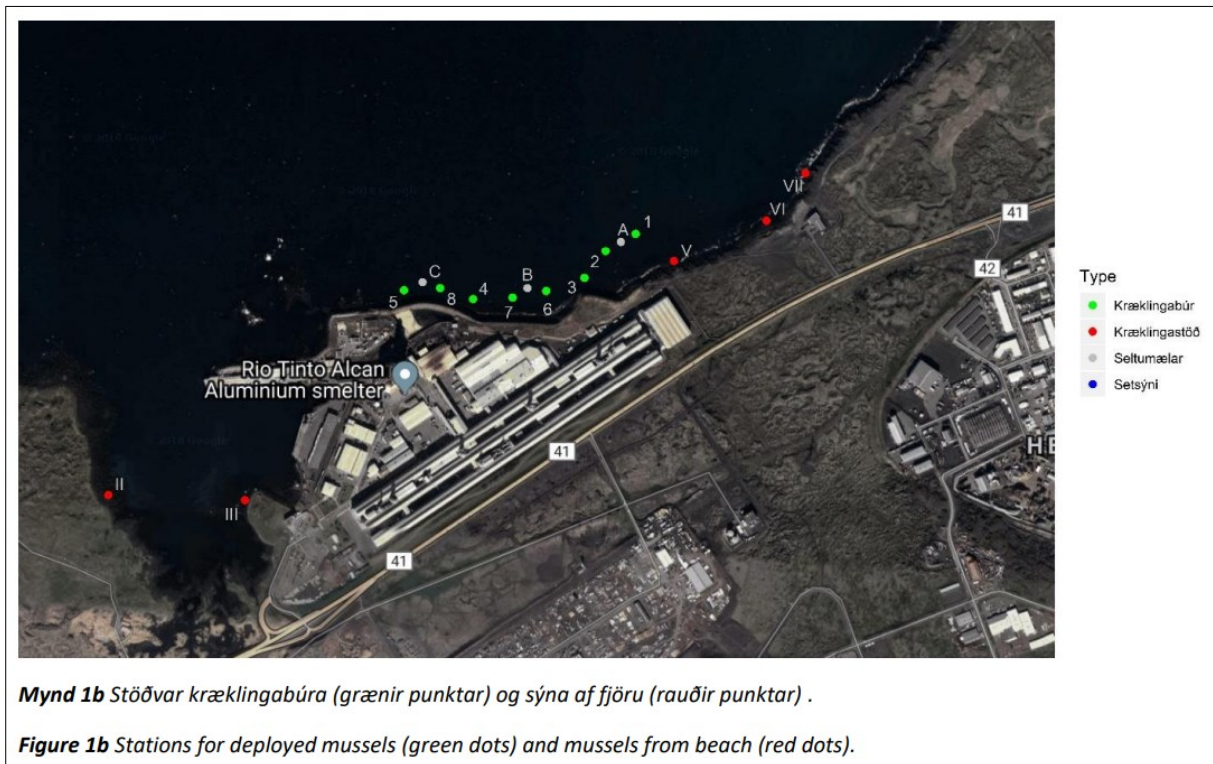
Ekki virðist vera munur á uppsöfnun snefilefna í kræklingi við ISAL og á viðmiðunarstöðum og ekki virðist vera sérstök þróun í niðurstöðum eftir mælitímabilum, en í skýrslu rannsóknaraðila segir „Greina má lækkun PAH-efna í fjörukræklingi með tíma, en styrkur þeirra í búrkræklingi hefur haldist óbreyttur frá 1997.“

Búrkræklingur gefur hæstan styrk PAH efna næst nýjustu flæðigryfjunni. Fjörukræklingurinn lendir að mestu í flokknum lítt eða óverulega mengað svæði utan stöðvar VI í fjöru (**mynd 4**), sem er í flokknum nokkuð mengað svæði. Allur kræklingurinn stenst þó vel hámarksgildi fyrir PAH-efni í skelfiski til manneldis. Hæsta mælda gildi B(a)P í kræklingi árið 2018 er undir mörkum fyrir lífríki sem tilgreind eru í vöktunaráætlun vatnaáætlunar.

Með tilliti til ólífrænna snefilefna flokkast svæðin oftast til þess að vera við eða undir flokki ósnortinna svæða nema stöð VI í fjöru, sem er nokkuð mengað svæði.

Stöð VI er austan við álverið samanber mynd úr skýrslu Guðjóns Atla Auðunssonar o.fl. 2020.

<sup>1</sup> <https://www.riotinto.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=1312>



**Mynd 4 Stöðvar kræklingabúra og sýna af fjöru.**

### Pörungar á hörðum botni

Tvisvar hafa verið gerðar rannsóknir á lífríki í fjörum og klapparbotni í sjó við álver ISAL í Straumsvík, annars vegar um 1990 og aftur 2001. Niðurstöður voru ekki birtar með þeim hætti sem tilgreint er í töflu 1, en niðurstöður sýna stöðugt ástand botngróðurs og lífríkis (Lífríki á klapparbotni neðansjávar í Hraunavík, Jörundur Svarvarson, Líffræðistofnun Háskólans, 2002).

Samhliða þessum rannsóknum var einnig gerð rannsókn á lífríki fjöru. (Rannsóknir á lífríki fjöru í Hraunavík austan Straumsvíkur, Agnar Ingólfsson ofl. Líffræðistofnun Háskólans, 2002)

### Efnagreiningar.

Grunnástáðsskýrsla ISAL tekur saman helstu niðurstöður um sigvatn á lóð og grunnvatn, en mælingar á næringarefnum í sigvatni í kerbrotagryfjum hafa farið fram nokkrum sinnum og einu sinni í sjó.

Þar sem engin klór- eða klórlífræn efni hafa verið á svæðinu í áratugi þá hafa ekki verið mæld varnarefni, PCD, díoxín eða önnur klórlífræn efni í viðtaka eða lífríki. Hins vegar hafa verið mæld PAH efni og ólífræn snefilefni í kræklingi, sigvatni og grunnvatni, auk þess sem ólífræn snefilefni í sjó hafa verið mæld. PAH efni hafa ekki verið mæld í sjó þar sem lítið hefur verið svo á að reglubundnar mælingar í kræklingi gefi betri mynd af styrk PAH í sjó og breytingar sem kunna að verða á styrk milli tímabila.

Mælingar á grunnvatni í borholum við lóðarmörk ISAL og sigvatni í kerbortagryfjum fóru fram síðast árið 2020. Þær sýndu sambærilegan styrk köfnunarefnis og fosfórs í grunnvatns-holunum og í kerbortagryfjunum, þannig að þær mælingar bentu ekki til sérstakrar útskolunar á næringarefnum. Hér á eftir eru þau gildi borin saman við umhverfisgæðakröfur sem settar

eru fram fyrir yfirborðsvatn á landi í reglugerð nr. 981/2015 um (4.) breytingu á reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns og birt í vöktunaráætlun vatnaáætlunar. Þar sem berggrunnurinn við ISAL er mjög gljúpur og allt yfirborðsvatn hripar beint niður í grunnvatnsstrauminn og þar sem ISAL er staðsett þar sem grunnvatnsstraumurinn blandast strandsjónum, þá eru þessi mörk notuð sem viðmið í þessari greinargerð.

Mælinga á olíu, BTEX og PAH 2020 sýndu að PAH efni og BTEX var allt undir greiningarmörkum, en þyngri olía var yfir greiningarmörkum í einu sýni úr sigvatni í kerbrotagryfjunum.

Greiningarmörk fyrir öll PAH efni voru undir 0,010 µg/l fyrir öll sýni utan eins þar sem þau voru 0,014 µg/l.

Leyfður hámarksstyrkur í vöktunaráætlun vatnaáætlunar fyrir B(a)P er 0,27 µg/l fyrir yfirborðsvatn á landi og 0,027 µg/l fyrir annað yfirborðsvatn. Fyrir B(k)F og B(b)F eru mörkin í vöktunaráætlun 0,017 µg/l. Hins vegar er hámarksstyrkur fyrir B(g,h,i)P í vöktunaráætlun vatnaáætlunar lægri en greiningarmörkin í vatni sem tilgreind voru í mælingunni 2020. Þess má geta að B(g,h,i)P var eitt af fjórum PAH efnum undir greiningarmörkum í útblásturmælingu sem ISAL lét gera 2011.

Í forgangsefnalistaum eru tilgreindir þungmálmarnir blý, kadmíum, kvikasilfur og nikkell. Í grunnástandsskýrslu voru þessir málmar og fleiri bornir saman við mörk samkvæmt flokkun málna í yfirborðsvatni til verndar lífríki í reglugerð nr. 796/1999, um varnir gegn mengun vatns.

Fyrir blý flokkast öll mæligildi í flokk I eða eru undir greiningarmörkum fyrir utan tvö sem féllu í flokk II. Mörk í vöktunaráætlun falla í flokka III og IV.

Mæling á blýi í sjó misfórust.

Fyrir kadmíum flokkast öll mæligildi í grunnvatni og sigvatni í flokk I eða eru undir greiningarmörkum fyrir utan eitt sem féll í flokk II. Mikið af eldri greiningarmörkum voru í miðjum flokki II. Mörk í vöktunaráætlun vatnaáætlunar falla í efst í flokk II eða í flokka III og IV.

Grunnvatn og sigvatn við Straumsvík er mjúkt og fellur í lægsta hörkuflokk fyrir vatn, en mörk fyrir kadmíum hækka með vaxandi hörku vatnsins.

Í sjó voru tvö gildi fyrir kadmíum yfir greiningarmörkum og annað þeirra miklu hærra en greiningarmörk eða tæp 0,4 µg/l, en hámarksgildi samkvæmt vöktunaráætlun vatnaáætlunar er 0,45 µg/l. Öll önnur gildi eru undir tilgreindu ársmeðaltali umhverfisgæðakröfu fyrir kadmíum.

Fyrir kvikasilfur hafa flest mæligildi verið undir greiningarmörkum, en hæsta mæligildi er um 10% af mörkum í vöktunaráætlun vatnaáætlunar.

Í sjó var eitt mæligildi rétt yfir greiningarmörkum, en langt undir mörkum í vöktunaráætlun.

Fyrir nikkell flokkast öll sýni í grunnvatni og sigvatni í flokka I og II nema eitt sýni árið 2008, sem féll í flokk IV. Það er jafnframt eina sýnið sem er yfir mörkum fyrir yfirborðsvatn í vöktunaráætlun.

Öll önnur gildi eru undir þeim mörkum sem tilgreind eru fyrir ársmeðaltal fyrir nikkell bæði í yfirborðsvatni á landi og öðru yfirborðsvatni.

Nikkel í sjó mældist yfir greiningarmörkum í tveimur sýnum, en í báðum tilvikum langt undir mörkum í vöktunaráætlun.

ISAL hefur stutt við mælingar á þungmálum á mosa í nágrenni Straumsvíkur samhliða mælingum á þungmálum í mosa sem Náttúrufræðistofnun Íslands sér um héraendis á fimm ára fresti. Niðurstöður benda til þess að það sé helst nikkel, arsen og antimóní sem séu tengd starfsemi álversins. (Vöktun þungmálma og brennisteins í mosa á Íslandi 1990–2015, Áhrif frá iðjuverum og eldvirkni, Sigurður H. Magnússon<sup>2</sup>).

Mælingar á díoxín efnum í útblæstri fóru fram 2011 og var magn þeirra metið sem undir greiningarmörkum, en ef greiningarmörk eru meðtalin þá gæti það verið allt að 15 mg/ár.

Mælingar á PAH efnum í útblæstri fóru einnig fram 2011. Af þeim efnum mældust B(a)P, B(g,h,i)P og I(1,2,3-cd)P undir greiningarmörkum, en B(k)F og B(b)F greindust yfir greiningarmörkum. Magn þessara tilgreindu PAH efna í útblæstri er metið undir 5 kg/ár.

Nú hefur allri brennslu á olíu í vinnsluferlinu verið hætt, sem dregur út losun slíkra efna ef eitthvað er.

Niðurstöður fyrirbyggjandi efnamælinga eru teknar saman í eftirfarandi **töflu 2**, en stofn hennar er að finna í vöktunaráætlun vatnaáætlunar.

Heildarniðurstöður greininga er að finna í tilvitnuðum skýrslum sem listaðar eru upp í viðauka.

### **Magnstaða grunnvatns.**

Verkfræðistofan Vatnaskil hefur tekið saman álit um magnstöðu grunnvatns við ISAL og gerði grein fyrir þeim niðurstöðum í skýrslu um mat á umhverfisáhrifum árið 2002 bls 34-35 og 108-109. Samkvæmt því eru áhrif ISAL á þá stöðu lítil.

<sup>2</sup> <https://utgafa.ni.is/skyrslur/2018/NI-18006.pdf>

**Tafla 2a Niðurstöður efnamælinga í grunnvatni og sigvatni samanborið við mörk fyrir forgangsefni í yfirborðsvatni á landi.**

(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	Hæsta mældi gildi 2020	Hæsta eldra mældi gildi	Fjöldi mældra gilda undir ÁM	Fjöldi mældra gilda yfir ÁM
			Mörk úr vöktunaráætlun vatnamála		Grunnvatn og sigvatn á lóð ISAL			
Nr.	Heiti efnis	CAS-númer (1)	ÁM-UGK (2) Yfirborðsvatn á landi (3)	LHS-UGK (4) Yfirborðsvatn á landi (3)				
			µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
(2)	Antrasen	120-12-7	0,1	0,1	<0,014		5	0
(4)	Bensen	71-43-2	10	50	<0,2		5	0
(6)	Kadmíum og efnasambönd þess (fer eftir vatnshörkuflokkum) (6)	7440-43-9	≤ 0,08 (Flokkur 1)	≤ 0,45 (Flokkur 1)	0,0104	0,0149	25	0
(15)	Flúoranten	206-44-0	0,0063	0,12	<0,014		5	0
(20)	Blý og efnasambönd þess	7439-92-1	1,2(13)	14	0,241	0,6	25	0
(21)	Kvikasilfur og efnasambönd þess	7439-97-6		0,07	<0,002	0,006	25	0
(22)	Naftalín	91-20-3	2	130	<0,014		5	0
(23)	Nikkel og efna-sambönd þess	7440-02-0	4(13)	34	1,68	42,3	31	1
(28)	Fjölarómatísk vetniskolefni (PAH) (11)	Á ekki við	Á ekki við	Á ekki við				
	Bensó(a)pýren	205-99-2	1,7 × 10 <sup>-4</sup>	0,27	<0,014		Undir greingarmörkum	
	Bensó(b)flúoranten	205-99-2	Sjá 11. nmgr.	0,017	<0,014		Undir greingarmörkum	
	Bensó(k)flúoranten	207-08-9	Sjá 11. nmgr.	0,017	<0,014		Undir greingarmörkum	
	Bensó(g,h,i)perýlen	191-24-2	Sjá 11. nmgr.	8,2 x 10 <sup>-3</sup>	<0,014		Undir greingarmörkum	
	Indenó(1,2,3-cd)pýren	193-39-5	Sjá 11. nmgr.	Á ekki við	<0,014		Undir greingarmörkum	

UGK: Umhverfisgæðakrafa

ÁM: Ársmeðaltal.

LHS: Leyfilegur hámarksstyrkur



**Tafla 2b Niðurstöður efnamælinga í sjó og kræklingi samanborið við mörk fyrir forgangsefni í öðru yfirborðsvatni.**

(1)	(2)	(3)	(5)	(7)	(8)	Hæsta mælda gildi 2018	Fjöldi gilda undir ÁM	Fjöldi gilda yfir ÁM	Hæsta gildi í kræklingi 2018
			Mörk úr vöktunaráætlun vatnamála			Sjór utan við Straumsvík			
Nr.	Heiti efnis	CAS-númer (1)	ÁM-UGK (2) Annað yfirborðsvatn	LHS-UGK (4) Annað yfirborðsvatn	UGK Lífríki (12)				
			µg/l	µg/l	µg/kg blautvigt	µg/l			µg/kg þurrvigt(þv)/ blautvigt (vv)
(2)	Antrasen	120-12-7	0,1	0,1					0,34 vv
(4)	Bensen	71-43-2	8	50					
(6)	Kadmíum og efnasambönd þess (fer eftir vatnshörkuflokkum) (6)	7440-43-9	0,2	≤ 0,45 (Flokkur 1)		0,388	17	1	2,32 þv
(15)	Flúoranten	206-44-0	0,0063	0,12	30				7,6 vv
(20)	Blý og efnasambönd þess	7439-92-1	1,3	14					0,17 þv
(21)	Kvikasilfur og efnasambönd þess	7439-97-6		0,07	20	0,00218	18	0	0,047 þv
(22)	Naftalín	91-20-3	2	130					<1,0 vv
(23)	Nikkel og efna-sambönd þess	7440-02-0	8,6	34		2,64	18	0	6,46 þv
(28)	Fjölárómatísk vetniskolefni (PAH) (11)	Á ekki við	Á ekki við	Á ekki við					
	Bensó(a)þýren	205-99-2	1,7 × 10 <sup>-4</sup>	0,027	5				4,1 vv
	Bensó(b)flúoranten	205-99-2	Sjá 11. nmgr.	0,017	Sjá 11. nmgr.				7,4 vv
	Bensó(k)flúoranten	207-08-9	Sjá 11. nmgr.	0,017	Sjá 11. nmgr.				3,5 vv
	Bensó(g,h,i)perýlen	191-24-2	Sjá 11. nmgr.	8,2 × 10 <sup>-4</sup>	Sjá 11. nmgr.				5,6 vv
	Indenó(1,2,3-cd)þýren	193-39-5	Sjá 11. nmgr.	Á ekki við	Sjá 11. nmgr.				6,0 vv

UGK: Umhverfisgæðakrafa

ÁM: Ársmeðaltal.

LHS: Leyfilegur hámarksstyrkur

## Neðanmálsgreinar sem fylgja töflu í reglugerð nr. 981/2015 – ekki allar hér í töflu 2.

- (1) CAS: Upplýsingaþjónusta um efni (e. Chemical Abstracts Service).
- (2) Þessi breyta er umhverfisgæðakrafan, sem er sett fram sem ársmeðalgildi (ÁM-UGK). Ef annað er ekki tekið fram gildir hún um heildarstyrk allra hverfna.
- (3) Yfirborðsvatn á landi tekur til áa og vatna og tengdra, manngerðra eða mikið breyttra vatnshlota.
- (4) Þessi breyta er umhverfisgæðakrafan, sett fram sem leyfilegur hámarksstyrkur (LHS-UGK). Ef merkt er við LHS-UGK með „á ekki við“ teljast gildin fyrir ÁM-UGK verndandi gegn skammvinnum mengunartoppum frá stöðugri losun þar eð þau eru umtalsvert lægri en gildin sem reiknuð eru á grundvelli bráðra eiturhrifa.
- (5) Að því er varðar hóp forgangsefna sem falla undir brómaða dífenýletra (nr. 5) vísar umhverfisgæðakrafan til summu styrks efnamynda nr. 28, 47, 99, 100, 153 og 154.
- (6) Að því er varðar kadmíum og efnasambönd þess (nr. 6) eru gildi umhverfisgæðakrafna breytileg eftir hörku vatnsins sem skipt er í fimm flokka: (Flokkur 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, flokkur 2: 40 til < 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l, flokkur 3: 50 til < 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l, flokkur 4: 100 til < 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l og flokkur 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l).
- (7) Þetta efni er ekki forgangsefni heldur eitt hinna mengunarefnanna þar sem umhverfisgæðakröfurnar eru nákvæmlega eins og þær sem mælt er fyrir um í löggjöfni sem var í gildi fyrir 13. janúar 2009.
- (8) Ekki er gefinn upp neinn vísir fyrir þennan flokk efna. Skilgreina skal vísi eða vísa með greiningaraðferðinni.
- (9) Heildarmagn DDT felur í sér summu hverfnanna 1,1,1-tríklór-2,2-bis-(p-klórfenýl)etan (CAS-númer 50-29-3, ESB-númer 200-024-3), 1,1,1-tríklór-2-(o-klórfenýl)-2-(p-klórfenýl)etan (CAS-númer 789-02-6, ESB-númer 212-332-5), 1,1-díklór-2,2-bis-(p-klórfenýl)etýlen (CAS-númer 72-55-9, ESB-númer 200-784-6) og 1,1-díklór-2,2-bis-(p-klórfenýl)etan (CAS-númer 72-54-8, ESB-númer 200-783-0).
- (10) Ekki liggja fyrir fullnægjandi upplýsingar til að hægt sé að ákvarða LHS-UGK fyrir þessi efni.
- (11) Að því er varðar flokk forgangsefna sem teljast til fjölarómatískra vetniskolefna (PAH) (nr. 28) vísar umhverfisgæðakrafan fyrir lífverur og samsvarandi ÁM-UGK í vatni til styrks bensó[a]pýrens, en þau byggjast á eiturhrifum þess. Líta má á bensó[a]pýren sem merkefni fyrir önnur fjölarómatísk vetniskolefni og þ.a.l. þarf einungis að vakta bensó[a]pýren til samanburðar við umhverfisgæðakröfuna fyrir lífverur eða samsvarandi ÁM-UGK í vatni.
- (12) Umhverfisgæðakröfur fyrir lífverur vísa til fisks nema annað sé tekið fram. Vakta má aðra flokkunareiningu lífvera eða annað fylki í staðinn, svo fremi sem umhverfisgæðakrafan sem beitt er veiti sambærilega vernd. Að því er varðar efni númer 15 (flúoranten) og 28 (fjölarómatísk vetniskolefni) vísar umhverfisgæðakrafan fyrir lífverur til krabbadýra og lindýra. Ekki er viðeigandi að vakta flúoranten og fjölarómatísk vetniskolefni í fiski í þeim tilgangi að meta efnafræðilegt ástand. Að því er varðar efni nr. 37 (díoxín og díoxínlík efna-sambönd) vísar umhverfisgæðakrafan fyrir lífverur til fisks, krabbadýra og lindýra, í samræmi við lið 5.3 í viðaukanum við reglugerð framkvæmdastjórnarinnar (ESB) nr. 1259/2011 frá 2. desember 2011 um breytingu á reglugerð (EB) nr. 1881/2006 að því er varðar hámarksgildi fyrir díoxín, PCB-efni, sem líkjast díoxíni, og PCB-efni, sem ekki líkjast díoxíni, í matvælum.
- (13) Þessar umhverfisgæðakröfur vísa til lífaðgengilegs styrks efnanna.
- (14) PCDD-efni: fjöklóruð díbensó-p-díoxín, PCDF-efni: fjöklóruð díbensófúrön, PCB-DL-efni: díoxínlík fjöklóruð bifényl; TEQ: eiturjafngildi samkvæmt eiturjafngildisstuðlum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar frá 2005.
- (15) Samkvæmt kröfum í reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.
- (16) Ekki búið að taka ákvörðun um vöktun.
- (17) Vakta skal efnin í lífríki en ekki í vatni.

## 7 Niðurstaða

Miðað við niðurstöður þeirra rannsókna og mælinga sem vísað er til hér að framan hefur álver ISAL í Straumsvík lítil áhrif á lífríki eða efnasamsetningu í vatnshlotum næst álverinu. Stök hærri gildi einstakra málma hafa mælst og breytileiki er nokkur eftir tíma án þess þó að hægt sé að tilgreina ákveðna þróun.

Starfsemi ISAL hefur lítil áhrif á magnstöðu grunnvatns við Straumsvík.

## Heimildir

Listi yfir nýjustu skýrslur með niðurstöðum mælinga og rannsókna.

1. Lífríki á klapparbotni neðansjávar í Hraunavík, Jörundur Svarvarson, Líffræðistofnun Háskólans, 2002, <https://luvs.hi.is/files/2023-08/Fj%C3%B6lit65.pdf>
2. Rannsóknir á lífríki fjöru í Hraunavík austan Straumsvíkur, Agnar Ingólfsson o.fl. Líffræðistofnun Háskólans, 2002, <https://luvs.hi.is/files/2023-08/Fj%C3%B6lit64.pdf>
3. Könnun á efnaþáttum í sjó við Straumsvík sumarið og haustið 2018. Guðjón Atli Auðunsson o.fl. 2020, <https://www.riotinto.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=1314>
4. Könnun á ólífrænum snefilefnum og aromatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2018. Guðjón Atli Auðunsson o.fl. 2020, <https://www.riotinto.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=1312>
5. Vöktun þungmálma og brennisteins í mosa á Íslandi 1990–2015, Áhrif frá iðjuverum og eldvirkni, Sigurður H. Magnússon <https://utgafa.ni.is/skyrslur/2018/NI-18006.pdf>
6. Skýrsla um grunnástand, Mannvit Október 2020, fylgiskjal með umsókn um starfsleyfi.
7. Stækkun ISAL í Straumsvík. 1. áfangi: Stækkun í allt að 330.000 t á ári. 2. áfangi: Stækkun í allt að 460.000 t á ári. Hönnun, 2002.

# Áhrif framleiðslu aukningar

Viðtakandi: Guðrún Þóra Magnúsdóttir, ISAL  
Sendandi: Þór Tómasson, Mannvit  
Dreifing: Umhverfisstofnun  
Dagsetning: 22.02.2024  
Skjalanúmer: 5150287-000-PMO-00015150287-000-PMO-0001

## Málefni: Áhrif framleiðsluaukningar ISAL á vatnshlot við Straumsvík

### Inngangur

Í október 2023 skilaði ISAL inn skýrslu um Mat á gæðapáttum vatnaáætlunar en skýrslan var unnin í samræmi við ný ákvæði tengd vatnaáætlun í starfsleyfi ISAL. Í skýrslunni eru metin áhrif sem losun frá rekstrinum getur haft á líffræðilega, efna – og eðlisfræðilega gæðapætti þeirra vatnshlota sem losað er í og hvort áhrifin séu slík að þau gætu haft áhrif á umhverfismarkmið strandsjávar vatnshlotsins Straumsvík-Kjalarnes (104-1391-C) og grunnvatnshlotsins Straumsvíkurstraumur (104-265-G). Við gerð skýrslunnar var stuðst við rannsóknir sem unnar hafa verið á vegum ISAL og tengjast ástandi vatns í nágrenni álversins. Niðurstaða skýrslunnar var að starfsemi álversins í Straumsvík hafi lítil áhrif á lífríki eða efnasamsetningu vatnshlotanna sem og magnstöðu grunnvatns.

Í janúar 2024 óskaði Umhverfisstofnun eftir frekari upplýsingum um hvort að stækkun á álverinu muni hafa áhrif á umhverfismarkmið vatnshlotanna og hvort hún geti valdið því að umhverfismarkmið þeirra náist ekki. Umhverfisstofnun óskaði sérstaklega eftir frekari upplýsingum sem snúa að mögulegri framleiðsluaukningu álversins og lýsingu á því hvernig losun frá álverinu mun breytast/aukast, hvaða efni og í hvaða magni og hvort að sú losun hafi áhrif á umhverfismarkmið vatnshlotsins.

Framleiðsluaukningin sem um ræðir er vegna rúmlega 8% straumhækkunar á núverandi kerum til að auka framleiðslu úr 212.000 tonnum á ári í allt að 230.000 tonn á ári í kerskálum álversins. Því ekki eiginleg stækkun á verksmiðjunni heldur betri nýting núverandi búnaðar. Þar sem straumhækkun er tiltölulega lítil ætti magn kerbrota eða úrgangs ekki að aukast sérstaklega, en útblástur getur aukist hlutfallslega sem og kælivatnsnotkun.

Í þessari skýrslu verður metið hvort framleiðsluaukningin geti haft áhrif á fyrri niðurstöðu og horft verður sérstaklega til losunar efna.

### Útblástur

Vegna straumhækkunarinnar má ætla að losun gróðurhúsalofttegunda, flúroríðs, brennisteinsdíoxíðs og ryks muni aukast hlutfallslega. Önnur efni svo sem þungmálmar og PAH efni kunna einnig að aukast í útblæstri, en það er ekki sjálfgefið enda er styrkur þeirra lítil.

Í útblástursmælingu frá 2011 voru t.d. PAH efnin, (B(a)P, B(ghi)P, og I(cd)P) undir greiningarmörkum. Nokkur önnur greindust, en styrkur var lágur nema helst styrkur naftalen sem mældist  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Árið 2023 voru mælingar endurteknar og fleiri sýni tekin. Niðurstaðan var að 8 efni voru undir greiningarmörkum þar með talið þau efni sem mæld voru af forgangslista. Naftalen mældist  $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$  að meðaltali og hæsti styrkur  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  samanborið við  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  árið 2011. Losun PAH efní frá þurrhreinsistöðvum hefur því lækkað frá 2011 þrátt fyrir aukna framleiðslu en framleiðsla árið 2023 var 12,7% hærri en 2011.

Styrkur allra PAH efna í vatnshlotum hefur mælst undir greiningarmörkum. Í lífríkinu hefur styrkur B(a)P og annarra PAH efna með uppgefin mörk í lífríki verið undir viðmiðunarmörkum.

Það skal tekið fram að 8,5% aukning í útblæstri er líklega minni en skekkjumörk sem eru í vöktunarmælingum, þannig að ólíklegt er að hægt sé að greina mun vegna svo lítillar framleiðsluaukningar.

### **Frárennsli vegna kælivatnsnotkunar**

Eins og fram kemur í niðurstöðum skýrslu um Mat á gæðapáttum vatnaáætlunar er eina beina frárennslið frá framleiðsluferli álversins kælivatn frá málmsteypu og rafbúnaði, en engin viðbótar næringarefni eru í því frárennsli. Málmar sem hafa verið vaktaðar í frárennsli, kvikasilfur, arsen, blý, kadmíum, kopar og króm mældust undir greiningarmörkum í mælingum árið 2022.

Önnur efni sem nefnd eru í skýrslu um Mat á gæðapáttum vatnaáætlunar eru t.d. flotaolía og díselolía sem geta innihaldið PAH efni í snefilmagni. Hætt er að nota flotaolíu á ofna steypuskála og eru því líkur á áhrifum vegna þessara efna minni en áður þrátt fyrir framleiðsluaukningu. Önnur efni sem notuð eru á svæðinu eru notuð þannig að þau berist ekki í frárennsli á yfirborði eða til sjávar.

Ekki verður séð að þetta lítil breyting í kælivatnsnotkun verði greinanleg í umhverfinu.

### **Flæðigryfjur**

Ekki er gefið að úrgangur muni aukast vegna framleiðsluaukningarinnar, enda eru aðrir þættir eins og stöðugleiki í rekstri líklegri til að hafa meiri áhrif á úrgangsmyndun.

### **Tillögur um mótvægisaðgerðir**

Mótvægisaðgerðir vegna þessara straumhækkunar felast helst í því að viðhalda góðum rekstri og lágmarka þannig losun efna í útblæstri og leita stöðugt leiða til að bæta árangurinn.

### **Niðurstaða**

Eins og fram kemur í niðurstöðum í skýrslu um Mat á gæðapáttum vatnaáætlunar hefur starfsemi ISAL lítil áhrif á magnstöðu grunnvatns við Straumsvík. Rannsóknir og mælingar sem vísað er til í skýrslunni sýna að álver ISAL í Straumsvík hefur lítil áhrif á lífríki eða efnasamsetningu í vatnshlotum næst álverinu.

Stök hærri gildi einstakra málma hafa mælst og breytileiki er nokkur eftir tíma án þess þó að hægt sé að tilgreina ákveðna þróun.

Framleiðsluaukning álvers ISAL í Straumsvík úr 212.000 tonnum/ári í allt að 230.000 tonn/ári er ekki líklega til að hafa nein sérstök greinanleg áhrif. Gæðapættir vatnshlota við ISAL verða því líklega óbreyttir vegna þessarar straumhækkunar og framleiðsluaukningar.

**PAH-efni (Fjölarmatísk kolvatnsefni) í kræklingi frá Ísal  
haustið 2023 (RLE 233814)**

Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði  
24. janúar. 2024

*Kristín Ólafsdóttir*

Kristín Ólafsdóttir, Ph.D., deildarstjóri

**Inngangur:**

Eftirfarandi eru niðurstöður efnagreininga á 16 PAH-efnum (fjölarómatískum kolvatnsefnum) í 14 sýnum af kræklingi sem bárust vegna umhverfisvöktunar við Straumsvík haustið 2023. Sýnin bárust 7. desember frá Mátis, þar sem sýnin voru einsleituð og frostþurrkuð.

**Greining:****Kræklingur**

Úrhlutun: Öll glervara var þvegin með acetón/hexán blöndu fyrir úrhlutun sýna. Úrhlotuð voru u.þ.b. 2-3 g af hverju frostþurrkuðu sýni en 3,5 g af viðmiðunarsýni (maukuðu votsýni), sem var sýni af kræklingi frá quasimeme (QPH091MS) með þekktu magni allra 16 efnanna. Vatni og heimtustöðlum (PCB-116 og PCB-198) var fyrst bætt í frostþurrkuð sýnin sem næst voru úrhlotuð með acetón/hexán blöndu og svo hexán/dietyleter/isoprópanól blöndu. Úrhlotuð fita var síðan leyst í 0,5-1 ml af ísóoktani sem innihélt innri staðal (TCN).

Hreinsun: Sýnin voru hreinsuð með KOH í etanóllausn og greind með gasgreini.

Gasgreinir: Thermo Scientific Trace 1300 (súla HP-5MS, 25 m, 0.200 mm i.d., 0.33 µm film) með massaskynjara ISQ LT og sjálfvirkum innsprautara frá Thermo. Forritið Chromeleon frá Thermo var notað við úrvinnslu gagna. Í viðauka, töflu 5, má sjá massajónir sem notaðar voru við greiningu efnanna.

Staðlar: Til magngreiningar voru notaðir staðlar af 16 PAH-efnum þynntir í isooctani með viðbættum TCN innri staðli. Staðlar voru keyptir sem uppleyst efni frá Accustandard, USA. Sjö staðlablöndur voru útbúnar á styrkbilinu 2,5-500 pg/µl (ng/ml) og innihéldu m.a.: naftalene, acenaftylene, acenaftene, fluorene, phenantrene, antracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)antracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(ghi)perylene. Auk þess voru notaðir staðlarnir PCB-116 og PCB-198 (heimtustaðlar) og TCN (Tetrachloronaphthalene, innri staðall).

Heimtur: Heimtustöðlunum PCB-116 og PCB-198 var bætt í sýnin við upphaf úrhlutunar en þessi efni finnast ekki svo neinu nemi í náttúrunni. Heimtur reyndust á bilinu 80-100%, og voru styrkir leiðréttir með tilliti til heimtna.

Blanksýni: Þrjú blanksýni voru greind með sýnunum á sama hátt og sýnin. Í blanki eru til staðar öll efni og áhöld sem notuð eru við greininguna og ef efnin greinast í blönkum er sá bakgrunnur dreginn frá öllum sýnum.

Greiningarmörk og óvissa: Þurrvigt kræklingssýnanna var fengin frá Mátis.

Greiningarmörk (LOD) eru áætluð við u.þ.b. 0,5 -5 µg/kg (=ng/g) votvigtar (sjá töflu 3 í viðauka). Óvissa magngreininga er um ±20%.

Gæðapróf: Sýni af kræklingi frá Quasimeme (evrópskri stofnun sem stendur fyrir samanburðarprófunum á mengunarefnum í sjávarlífverum, sjó og seti úr sjó, sjá [www.quasimeme.org](http://www.quasimeme.org)) með þekktu magni allra 16 efnanna voru greind



með sýnunum. Mældur styrkur í viðmiðunarsýninu ásamt fráviki frá réttu gildi er sýndur í töflu 4 í viðauka.

## Niðurstöður:

Einungis fjögur PAH efni greindust yfir greiningarmörkum í kræklingssýnunum (Tafla 1). Efnin phenanthrene, fluoranthen og pyrene greindust í flestum sýnum yfir greiningamörkum en benz(b)fluoranthen einungis í einu sýni, stöð 4, þar sem hin efnin voru sýnu hæst. Önnur efni voru undir greiningamörkum í kræklingnum. Heildarmagn þessara fjögurra efna var svipað í öllum sýnum eða á bilinu 1,0-3,9 µg/kg (=ng/g) vv. Styrkur benzo(a)pyrens var í öllum tilfellum undir 0,5 µg/kg vv. Samanlagður styrkur allra efna var vel undir 50 µg/kg vv eða bakgrunnsgildum skv. norskum stöðlum (1), sjá töflu 2.

Tafla 1. PAH efni í kræklingi 2023 µg/kg vv (votvigt)

	R23028160001	R23028160002	R23028160003	R23028160004	R23028160005	R23028160006	R23028160007	R23028160007e
	Viðmið 0	Viðmið 1 hvalfj	Ísal viðmið 2	Ísal stöð 1	Ísal stöð 3	Ísal stöð 4	Ísal stöð 5	Ísal stöð 5e
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
phenanthrene	< 0,5	<b>0,68</b>	< 0,5	<b>0,72</b>	<b>0,66</b>	<b>1,35</b>	<b>0,88</b>	<b>0,81</b>
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluoranthene	< 0,5	<b>0,55</b>	< 0,5	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	<b>1,14</b>	<b>0,85</b>	<b>0,76</b>
pyrene	< 0,5	<b>0,69</b>	< 0,5	<b>0,63</b>	<b>0,58</b>	<b>0,87</b>	<b>0,65</b>	<b>0,63</b>
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	<b>0,51</b>	< 0,5	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
dibenz(a,h)anthracene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Summa PAH efna sem greinast yfir mörkum		<b>1,9</b>		<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>3,9</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
ΣKPAH***	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5
% þurrvigt (þv)frá Matís	12,4	23,6	18,0	18,1	17,4	18,4	18,3	18,3

\*\*óhreinnindi trufluðu greiningu, \*\*\*krabbameinsvaldandi PAH sjá (2)

	R23028160008	R23028160009	R23028160010	R23028160011	R23028160012	R23028160013	R23028160014	Kræklingur umhverfismörk
	Ísal stöð 6	Ísal stöð 7	Ísal stöð 8	Fjöruviðm 2 Lónakot	Fjöruviðm stöð II	Fjörukurækl Stöð III	Fjörukurækl stöð V	
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
phenanthrene	<b>0,50</b>	<b>0,61</b>	<b>0,53</b>	< 0,5	<b>0,59</b>	<b>0,73</b>	< 0,5	
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluoranthene	<b>0,55</b>	<b>0,52</b>	<b>0,51</b>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 30**
pyrene	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	<b>0,51</b>	< 0,5	
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1*; < 5**
indeno(1,2,3-cd)pyrene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
dibenz(a,h)anthracene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
Summa PAH efna sem greinast	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>		<b>0,59</b>	<b>1,2</b>		< 50*
ΣKPAH***	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 10*
% þurrvigt (dw)frá Matís	17,5	16,7	12,4	12,8	13,9	17,8	13,9	

\*Norsk áhættugreining styrks PAH efna í kræklingi (ng/g w) sjá (töflu 2), \*\*Umhverfismörk (UGK) fyrir lífverur skv. (2)

\*\*\*óhreinnindi trufluðu greiningu, \*\*\*\*krabbameinsvaldandi PAH sjá (3)

Tafla 2: Norsk áhættugreining styrks PAH efna í kræklingi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv) (1)

	mörk	mörk summu	mörk summu PAH efna
	benzo(a)pyrens	KPAH	(án naftalens)
Flokkur I: bakgrunnur	<1	<10	< 50
Flokkur II: gott ástand, lítil hætta	1-3	10-30	50-200
Flokkur III: einhver áhrif við langvarandi útsetningu	3-10	30-100	200-2000
Flokkur IV: slæmt ástand: áhrif á lífverur eftir stutta útsetningu	10-30	100-300	2000-5000
Flokkur V: mjög slæmt ástand: bráð áhrif	>30	>300	>5000

### Umraða:

Mjög lítið af PAH efnum greindust í sýnunum. Oft er naftalen undanskilið í samlagningu PAH efna vegna þess að styrkur þess er mjög breytilegur í umhverfinu sbr. viðmiðunarmörk Norðmanna (1). Vegna þessa breytilega styrks voru magngreiningarmörk (LOQ) áætluð hærri en staðalfrávik gera ráð fyrir. Að þessu sinni greindist meira eða jafnmikið naftalen í öllum þremur blönkun en greindist í sýnunum.

Önnur efni í sýnunum voru að magni flest nokkuð lægri en greindist 2018, nema helst fyrstu 6 efnin í töflu 1, sem voru sambærileg að styrk (4). Seinni 10 efnin í töflunni greinast nú mun lægri en þá. Sýnin eru öll vel undir viðmiðunarmörkum sem sett eru í Noregi (1) fyrir bakgrunnssástand hvað PAH efni (Tafla 2) varðar sem verður að teljast mjög ásættanlegt.

Á ómenguðu svæði í Skotlandi (5) var heildarmagn PAH efna í kræklingi um  $9 \mu\text{g}/\text{kg}$  votvigt um sumar og  $22 \mu\text{g}/\text{kg}$  votvigt um vetur. Skv. norskum stöðlum myndi Straumsvík flokkast undir *Class I: insignificant pollution*, þar sem heildarmagn 15 PAH efna (EPA16 – naftalen) er undir  $250 \mu\text{g}/\text{kg}$  þurrvigtar eða um  $50 \mu\text{g}/\text{kg}$  votvigtar (1).

### Heimildir:

1. Green NW et al: Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2011. Levels, trends and effects. NIVA report no. O-12106.
2. Reglugerð um varnir gegn mengun vatns 796-1999 með breytingum. Listi III. Umhverfissgæðakröfur fyrir forgangsefni og tiltekin önnur mengunarefni. A-hluti: Umhverfissgæðakröfur (UGK)
3. Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J. and Sørensen J 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens Foureinsningstilsyn (SFT). Veiledning 97:03. Oslo.
4. Guðjón Atli Auðunsson, Adrianna Milewska, Joe Jephson, Halldór P. Halldórsson, Hermann Dreki Guls, Ester I. Eyjólfsdóttir og Baldur J. Vigfússon 2020. Könnun á ólífrænum snefilefnum og aromatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2018. NMÍ-skýrsla Verknúmer 6EM18058:3.
5. Webster L, Russell M, Walsham P, Phillips LA, Packer G, Scurfield J, Dalgarno EJ and Moffat CF (2009). An assessment of persistent organic pollutants (POPs) in wild and rope grown blue mussels (*Mytilus edulis*) from Scottish coastal waters. J. Environm. Monit. 11: 1169-1184.

## Viðauki:

Tafla 3. PAH efni í blönkum og greiningarmörk í kræklingi\*.

Efni	bl 1 ng alls	bl 2 ng alls	bl 3 ng alls	meðaltal			þurrvigt		votvigt		áætluð LOQ ng/g votvigt
				3 x stdev	10 x stdev	m.v. 2,5 g	LOD	LOQ	m.v. 20% þurrvigt	m.v. 20% þurrvigt	
naftalene	13,9	17,8	13,2	15,0	7,46	24,9	2,98	9,95	0,60	1,99	< 5
acenaftylene	0,50	0,49	0,59	0,53	0,17	0,6	0,07	0,23	0,01	0,05	< 0,5
acenaftene	2,32	1,86	2,34	2,17	0,81	2,7	0,32	1,08	0,06	0,22	< 0,5
fluorene	3,54	2,45	3,49	3,16	1,85	6,2	0,74	2,47	0,15	0,49	< 0,5
phenanthrene	10,40	6,54**	10,24	10,32	0,34	1,1	0,14	0,45	0,03	0,09	< 0,5
anthracene	0,39	0,30	0,53	0,41	0,35	1,2	0,14	0,47	0,03	0,09	< 0,5
fluoranthene	0,89	0,52	0,83	0,75	0,59	2,0	0,24	0,79	0,05	0,16	< 0,5
pyrene	0,85	0,56	0,81	0,74	0,47	1,6	0,19	0,62	0,04	0,12	< 0,5
benz(a)anthracene	0,04	0,04	0,31	0,13	0,46	1,5	0,18	0,62	0,04	0,12	< 0,5
chrysene	0,15	0,21	0,30	0,22	0,22	0,7	0,09	0,30	0,02	0,06	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	0,11	0,10	0,22	0,14	0,21	0,7	0,08	0,27	0,02	0,05	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	0,03	0,14	0,20	0,12	0,26	0,9	0,10	0,35	0,02	0,07	< 0,5
benzo(a)pyrene	0,14	0,30	0,27	0,23	0,25	0,8	0,10	0,34	0,02	0,07	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,05	0,25	0,19	0,16	0,32	1,1	0,13	0,42	0,03	0,08	< 2
dibenz(a,h)anthracene	0,36	0,99	0,00	0,45	1,50	5,0	0,60	2,01	0,12	0,40	< 2
benzo(ghi)perylene	0,81	0,48	0,13	0,48	1,02	3,4	0,41	1,36	0,08	0,27	< 2

\*Greiningarmörk eru metin ú frá þreföldu staðalfráviki blanka, en magngreiningarmörk út frá tífoldu staðalfráviki blanka og óhreiningum í sýnum.

\*\*Útgildi

Tafla 4. PAH-efni í viðmiðunarsýni af kræklingi frá Quasimeme (ng/g vv)

PAH-efni	Quasimeme heiti	ng/g grunnur	mælt magn	rétt magn	Z **	votvigt LOQ
naftalene	QPH091BT	votvigt	-0,40	1,42		< 6
acenaftylene	QPH091BT	votvigt	0,44	0,42	0,12	< 0,5
acenaftene	QPH091BT	votvigt	1,33	1,37	-0,12	< 0,5
fluorene	QPH091BT	votvigt	1,32	1,34	-0,05	< 0,5
phenanthrene	QPH091BT	votvigt	19,6	20,2	-0,19	< 0,5
anthracene	QPH091BT	votvigt	4,05	4,08	-0,05	< 0,5
fluoranthene	QPH091BT	votvigt	16,9	17,2	-0,13	< 0,5
pyrene	QPH091BT	votvigt	4,19	4,40	-0,30	< 0,5
benz(a)anthracene	QPH091BT	votvigt	1,39	1,35	0,14	< 0,5
chrysene	QPH091BT	votvigt	2,19	2,00	0,51	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	QPH091BT	votvigt	3,58	3,72	-0,23	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	QPH091BT	votvigt	1,38	1,29	0,32	< 0,5
benzo(a)pyrene	QPH091BT	votvigt	2,57	2,54	0,06	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene	QPH091BT	votvigt	0,82	0,79	0,14	< 2
dibenz(a,h)anthracene	QPH091BT	votvigt	0,16	0,14	0,22	< 2
benzo(ghi)perylene	QPH091BT	votvigt	2,70	2,76	-0,13	< 2

\*\*Z score á að vera < +/- 2 (reiknað magn-rétt magn)/heildaróvissa

Óvissan er fengin með samanburðarprófum frá fjölda rannsóknastofa,

hún er svo margfölduð með réttu gildi efnisins og þannig fengin heildaróvissa

**Tafla 5. Jónir notaðar við magnákvörðun og staðfestingu við massagreiningu PAH efna**

Efni	Magngreiningar- jón	Staðfestingar- jón
naftalene	128	127
acenaftylene	152	153
acenaftene	153	154
fluorene	166	165
phenanthrene	178	176
anthracene	178	176
fluoranthene	202	200
pyrene	202	200
benz(a)anthracene	228	226
chrysene	228	226
benzo(b)fluoranthene	252	250
benzo(k)fluoranthene	252	250
benzo(a)pyrene	252	250
indeno(1,2,3-cd)pyrene	276	274
dibenz(a,h)anthracene	278	276
benzo(ghi)perylene	276	274
TCN	265,9	263,9
PCB-116	325,9	327,9
PCB-198	429,8	427,9