

Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga

Niðurstöður fyrir árið 2011



Apríl 2012

SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

Titill skýrslu

Umhverfissvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2011

Verkheiti Umhverfissvöktun í Hvalfirði	Verkkaupi Norðurál Grundartangi ehf og Elkem Ísland ehf		
Verkefnisstjóri - Efla Eva Yngvadóttir	Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa Magnús Freyr Ólafsson		
Höfundur Eva Yngvadóttir Friðrik K. Gunnarsson Gyða M. Ingólfssdóttir Páll Höskuldsson	ISBN:	Verknúmer	Fjöldi síðna
	978-9979-9820-7-4	2795-025	75

Útdráttur

Í skýrslunni eru birtar niðurstöður sameiginlegrar umhverfissvöktunar iðjuveranna á Grundartanga fyrir árið 2011. Tilgangur vöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi á iðnaðarsvæðinu veldur. Umhverfissvöktunin 2011 fór fram samkvæmt umhverfissvöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun, þar sem andrúmsloft, árvatn, gróður, grasbítar, lífríki sjávar og umhverfi flæðigryfja í sjó voru vöktuð.

Lykilorð

Umhverfissvöktun, Grundartangi, Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartangi ehf.

Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs

- ☒ Opin
☐ Dreifing með leyfi verkkaupa
☐ Trúnaðarmál

SAMANTEKT

Kísilmálmverksmiðja Elkem Ísland ehf. og álver Norðuráls Grundartanga ehf. eru staðsett á skipulögðu iðnaðarsvæði á Grundartanga þar sem önnur starfsemi fer einnig fram. Hér eru birtar niðurstöður umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir árið 2011. Tilgangur vöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi á iðnaðarsvæðinu veldur. Verksmiðja Elkem hefur verið starfrækt frá árinu 1979 á iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og hefur framleiðslugeta verksmiðjunnar aukist úr 60.000 tonnum í 120.000 tonn. Framleiðsla ársins 2011 hjá Elkem var 105.192 tonn af 75% kísilmálm. Álver Norðuráls var gangsett árið 1998 og hefur framleiðslugetan aukist úr 60.000 tonna ársframleiðslu í 260.000 tonn í fjórum áföngum. Framleiðsla álvers Norðuráls árið 2011 var 280.300 tonn. Norðurál hefur starfsleyfi fyrir 300.000 tonna ársframleiðslu áls.

Umhverfisvöktunin fór fram samkvæmt umhverfisvöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Í samræmi við vöktunaráætlunina voru andrúmsloft, árvötn, gróður, grasbítar, lífríki sjávar og umhverfi flæðigryfja í sjó vöktuð. Umhverfisstofnun hefur samþykkt nýja umhverfisvöktunaráætlun fyrir árin 2012 – 2021.

Í heildina var árið 2011 hlýtt, þó gert hafi kuldaköst og á stundum verið vinda- og illviðrasamt. Víðast á landinu var úrkoma umfram meðallag og var mun úrkomusamara en árið á undan. Líkt og undanfarin ár er ríkjandi vindátt á iðnaðarsvæðinu austnorðaustanátt.

Andrúmsloft

Loftgæðamælingar fóru fram á Stekkjarási og að Kríuvörðu. Stekkjarás liggur innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð en Kríuvarða er rétt utan þynningarsvæða.

Meðalstyrkur loftkennds flúors mældist á báðum mælistöðum undir viðmiðunarmörkum sem sett eru í starfsleyfi Norðuráls Grundartanga ehf. Meðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs liggur töluvert undir heilsu- og gróðurverndarmörkum á báðum mælistöðum, innan og utan þynningarsvæðis. Sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs mældist að Kríuvörðu 21 sinni yfir gróðurverndarmörkum, en leyfilegt er að yfirstíga þau mörk samtals sjö sinnum árlega.

Meðalstyrkur brennisteinsvetnis, köfnunarefnisoxíða og svifryks mældust í öllum tilvikum undir heilsu- og gróðurverndarmörkum sem gefin eru upp í íslenskum reglugerðum.

Úrkoma

Styrkur flúors í úrkomu mældist hærri að Kríuvörðu en Stekkjarási, en veðurfar og ríkjandi úrkomuáttir skipta hér máli. Mælt sýrustig í úrkomu er með því lægsta sem mælst hefur frá upphafi vöktunar.

Árvötn

Ferskvatnssýni voru tekin úr fjórum ám norðan Hvalfjarðar og einni sunnan fjarðar. Meðalstyrkur flúors, klóríðs og súlfats mældist í öllum tilfellum undir hámarksgildum sem skilgreind eru í neysluvatnsreglugerð. Sýrustig í öllum ám mældist innan þeirra marka sem gefin eru upp fyrir sýrustig neysluvatns. Ekki hefur orðið marktæk breyting á sýrustigi áнна milli áranna 1997 og 2011. Marktæk breyting á flúorstyrk í Laxá og Berjadalsá hefur ekki orðið milli áranna 1997 og

2011, en marktæk breyting til lækkunar er á styrk flúors í Fossá milli áranna 1997 og 2011. Í Kalmansá og Urriðaá hefur orðið marktæk breyting til hækkunar á styrk flúors á sama tímabili. Þó hefur ekki orðið marktæk breyting milli áranna 2007 og 2011.

Gróður

Vöktunarstaðir gróðurs voru ellefu talsins, sjö norðan Hvalfjarðar og fjórir sunnan fjarðar. Mælingar á styrk flúors í plöntuvef voru gerðar á þremur mismunandi tegundum (grasi, laufi og barri). Styrkur flúors í grasi og meðalstyrkur flúors í laufi og barri mældist í öllum tilvikum undir þolmörkum gróðurs fyrir flúor auk þess sem mældur styrkur í grasi mældist undir áætluðum þolmörkum grasbíta.

Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á styrk flúors í plöntuvef grasa og í laufi milli áranna 1997 og 2011. Hins vegar er ekki um að ræða marktæka breytingu í meðalstyrk flúors í eins og tveggja ára barri samanborið við árið 1997.

Fléttur og mosar á klapparreitum

Fléttur og mosar voru vöktuð á 61 klapparreit í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður vöktunarinnar leiða í ljós að ekki er um miklar breytingar að ræða á sýnilegri meðalþekju mosa, blað- og runnfléttna og hrúðurfléttna yfir vöktunartímabilið 1976-2011. Það sama á við um meðalheildarþekju í klapparreitunum. Meiri breytileika gætti í reitum sem staðsettir voru nálægt iðnaðarsvæðinu en ekki varð vart við einhliða hnignun sem rekja má til loftmengunar.

Mældur styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju hefur lækkað samanborið við mælingar ársins 2006, nema í snepaskóf við Stekkjarás. Styrkur flúors mældist hærri í snepaskóf en hraunbreyskju og mun hærri í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnum við Hreðavatn. Styrkur flúors í snepaskóf og hraunbreyskju mældist yfir þolmörkum fléttna gagnvart flúor. Þó er ekki sýnilegur skaði á snepaskóf og hraunbreyskju en runnfléttunni klettastrý hefur hnignað.

Grasbítar

Mælingar voru gerðar á styrk flúors í kjálkabeinum af bæði lömbum og fullorðnu fé, frá 12 bæjum í nágrenni iðjuveranna. Níu bæir eru staðsettir norðan Hvalfjarðar og 3 bæir sunnan Hvalfjarðar. Auk þess voru sýni tekin af lömbum og fullorðnu fé frá tveimur bæjum, Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi og Skjaldfönn við Ísafjarðardjúp, til viðmiðunar.

Lömb

Flúorstyrkur í kjálkabeinum lamba mældist í öllum tilfellum, nema einu, undir þeim mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum í dádýrum (samkvæmt norskri rannsókn). Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum vöktunarstöðum milli áranna 1997 og 2011. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar á meðalstyrk flúors milli áranna 2007 og 2011.

Fullorðið fé

Á sjö bæjum mældist meðalstyrkur flúors í kjálkabeini fullorðins fjár yfir mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum í dádýrum. Auk þess mældist í þremur kindum meðalstyrkur flúors yfir

þeim styrk sem veldur tannskemmdum í dádýrum. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeini fullorðins fjár frá öllum vöktunarstöðum milli árána 1997 og 2011. Þessa hækkun má meðal annars rekja til hærri aldurs kinda sem rannsakaðar eru. Hins vegar er engin marktæk breyting á flúorstyrk milli árána 2007 og 2011.

Skoðun dýralæknis á kjálkum og tönnum sauðfjár leiddi í ljós að ekki var greinilegt samband á milli tannheilsu og styrk flúors í kjálkabeinum.

Hross

Niðurstöður rannsókna á veikindum hrossa á bænum Kúludalsá í Hvalfirði gefa engar vísbendingar um að hrossin hafi veikst af völdum flúors eða þungmálma frá iðjuverunum á Grundartanga. Veikindin eru rakin til efnaskiptaröskunar (Equine Metabolic Syndrome) og krónískrar hófsperru af þeim sökum.

Lífriki sjávar

Til að meta hugsanleg áhrif iðnaðarsvæðisins á Grundartanga á lífríki sjávar var ræktaður kræklingur í búrum á grunnsævi meðfram strandlengjunni. Dánartíðni á öllum vöktunarstöðum var lág og kræklingurinn þreifst ágætlega. Styrkur ólífrænna snefilefna í krækling mældist á öllum vöktunarstöðum svipaður eða lægri en náttúrulegur bakgrunnsstyrkur í krækling í kringum Ísland og alltaf lægri en norsk viðmiðunarmörk fyrir menguð svæði. Styrkur PAH efna mældist ávallt undir norskum viðmiðunarmörkum fyrir menguð svæði og telst svæðið því ómengað með tilliti til PAH efna. Áhrif iðjuveranna á lífríki sjávar í kringum Grundartanga virðist vera takmarkað.

Flæðigryfjur

Tekin voru sjósýni á 10 stöðum í og við flæðigryfju. Styrkur kadmíns, kvikasilfurs og blýs mældist undir greiningarmörkum. Styrkur arsens mældist í svipuðum styrk og í viðmiðunarsýni (tekið við Kalastaði), sem bendir til þess að lítil útskolun eigi sér stað á þessum málmi úr flæðigryfju. Hins vegar mældist styrkur króms, kopars, sinks og nikkels hærri í sjósýnum tengdum flæðigryfju en viðmiðunarsýnum, sem bendir til þess að meiri útskolun eigi sér stað af þessum málum. Styrkur málmannna mældist í flestum tilfellum á milli umhverfismarkna I og II (lítil hætta á áhrifum á umhverfið) sem gefin eru upp í reglugerð fyrir umhverfismörk yfirborðsvatns. Þetta bendir til þess að lítil hætta er á neikvæðum áhrifum á umhverfið vegna flæðigryfju. Styrkur sýaníðs og flúors mældist í öllum tilvikum undir umhverfismörkum sem gilda fyrir neysluvatn.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	I
EFNISYFIRLIT	IV
SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR	VI
1 INNGANGUR	1
2 STAÐHÆTTIR	2
2.1 ALMENN LÝSING	2
2.2 VEÐURFAR	3
3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR	5
3.1 VÖKTUNARSTAÐIR	6
3.2 TÖLFRÆÐI	6
4 VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS	7
4.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	8
4.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	11
4.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í ANDRÚMSLOFTI	11
4.2.2 MÆLINGAR Á BRENNISTEINSTRÍOXÍÐI OG BRENNISTEINSVETNI Í ANDRÚMSLOFTI.....	14
4.2.3 MÆLINGAR Á KÖFNUNAREFNISTRÍOXÍÐI OG KÖFNUNAREFNISOXÍÐI Í ANDRÚMSLOFTI.....	19
4.2.4 MÆLINGAR Á MAGNI SVIFRYKS (PM ₁₀) Í ANDRÚMSLOFTI.....	20
4.2.5 MÆLINGAR Á STYRK UPPLEYSTRA EFNA OG SÝRUSTIGI Í ÚRKOMU	23
5 VÖKTUN ÁRVATNA	26
5.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	27
5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	30
5.2.1 MÆLINGAR Á LEIÐNI ÁRVATNS	30
5.2.2 MÆLINGAR Á SÝRUSTIGI ÁRVATNS.....	30
5.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í ÁRVATNI.....	31
5.2.4 MÆLINGAR Á STYRK SÚLFATS Í ÁRVATNI	33
6 VÖKTUN GRÓÐURS	35
6.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	36
6.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	39
6.2.1 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í GRASI	39
6.2.2 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í LAUFI.....	40
6.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í BARRI	41
7 VÖKTUN FLÉTTNA OG MOSA Í KLAPPARREITUM	43
7.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	44
7.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	45
7.2.1 ÞEKJA TEGUNDA OG TEGUNDASAMSETNING.....	45
7.2.2 FLÚOR OG BRENNISTEINN Í BLAÐ- OG RUNNFLÉTTUM	48

8	VÖKTUN GRASBÍTA	51
8.1	MEGIN NIÐURSTÖÐUR	52
8.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	56
8.2.1	NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í LÖMBUM	56
8.2.2	NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í FULLORÐNU FÉ	58
8.2.3	NIÐURSTAÐA SKOÐUNAR DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM	61
9	VÖKTUN LÍFRÍKIS SJÁVAR	62
9.1	MEGIN NIÐURSTÖÐUR	63
9.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	65
9.2.1	DÁNARTÍÐNI	65
9.2.2	MÆLINGAR Á STYRK ÓLÍFRÆNNA SNEFILEFNA Í KRÆKLINGI	65
9.2.3	MÆLINGAR Á STYRK FJÖLARÓMATÍSKRA VETNISKOLEFNA Í KRÆKLING	69
10	VÖKTUN SJÁVAR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR	70
10.1	MEGIN NIÐURSTÖÐUR	71
10.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA	71
10.2.1	MÆLINGAR Á STYRK MÁLMA	71
10.2.2	MÆLINGAR Á STYRK SÝANÍÐS OG FLÚORS	73
	HEIMILDASKRÁ	74

SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR

Bakgrunnsgildi	Styrkur jóna/efna sem talinn er sýna náttúrulegt gildi.
Gróðurverndarmörk	Mörk sem miða að því að vernda gróður gegn skaðlegum áhrifum.
Heilsuverndarmörk	Mörk sem sett eru til að tryggja heilsu manna í lengri tíma.
pH	Sýrustig vatnslausnar sem ákvarðast af magni hlaðinna vetnisjóna, H^+ , í vatnslausninni.
Svifryk (PM_{10})	Svifryksagnir sem eru $10\ \mu m$ eða minni í þvermál.
Svifryk ($PM_{2.5}$)	Svifryksagnir sem eru $2,5\ \mu m$ eða minni í þvermál.
Umhverfismörk	Umhverfismörk er leyfilegt hámarksgildi mengunar í tilteknum viðtaka byggt á grundvelli vísindalegrar þekkingar í því skyni að koma í veg fyrir eða draga úr skaðlegum áhrifum á heilsu manna og/eða umhverfið. Umhverfismörk geta verið sett til að vernda umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (svo sem heilsuverndarmörk og gróðurverndarmörk til verndunar vistkerfa).
Viðtaki	Svæði sem tekur við mengun og þynnir hana eða eyðir.
Þolmörk	Styrkur mengunarefnis í vef lífvera sem er talið að þær þoli án þess að skaðast.
Þynningarsvæði	Sá hluti viðtaka þar sem þynning mengunar á sér stað og eftirlitsaðilar samþykkja að mengun megi vera yfir umhverfismörkum eða gæðamarkmiðum.
mg/L	Styrkur efnis í rúmmáli, milligramm í lítra.
mg/m²	Ákoma efna í úrkomu, milligramm á fermetra.
µg/g	Styrkur efnis, mikrógramm á gramm.
µg/L	Styrkur efnis í rúmmáli, mikrógramm í lítra.
µg/m³	Styrkur efnis í rúmmáli, mikrógramm á rúmmetra.
µS/cm	Eðlisleiðni vatns, mikrósiemens á sentimetra.
Reglugerðir:	
251/2002	Reglugerð um brennisteinstvíoxíð, köfnunarefnistvíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings.
514/2010	Reglugerð um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.
536/2001	Reglugerð um neysluvatn.
796/1999	Reglugerð um varnir gegn mengun vatns.
1881/2006	Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum.

1 INNGANGUR

Samkvæmt starfsleyfum álvers Norðuráls Grundartanga ehf. (hér eftir nefnt Norðurál) og kísilmálmverksmiðju Elkem Ísland ehf. (hér eftir nefnt Elkem) á Grundartanga skal reglubundin umhverfisvöktun fara fram í grennd við iðnaðarsvæðið í samræmi við vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Norðurál og Elkem standa sameiginlega að umhverfisvöktun sem fer fram árlega í grennd við iðnaðarsvæðið. Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemin veldur. Norðurál og Elkem eru staðsett á skipulögðu iðnaðarsvæði þar sem önnur starfsemi fer einnig fram.

Kísilmálmverksmiðja Elkem hefur verið starfrækt á Grundartanga frá árinu 1979 en frá þeim tíma hefur framleiðslugeta verksmiðjunnar aukist úr 60.000 tonnum í 120.000 tonn af 75% kísilmálmi (FeSi). Framleiðsla Elkem árið 2011 var 105.192 tonn af 75% kísilmálmi. Á starfsárinu gekk rekstur ofna 2 og 3 eðlilega fyrir sig. Rekstur ofns 1 var hins vegar stöðvaður í rúmar sex vikur vegna endurfóðringar, frá 19. maí til 30. júní.

Álver Norðuráls var gangsett árið 1998 og hefur framleiðslugetan aukist úr 60.000 tonna ársframleiðslu í 260.000 tonn í fjórum áföngum. Norðurál hefur starfsleyfi fyrir 300.000 tonna ársframleiðslu. Framleiðsla álvers Norðuráls árið 2011 var 280.300 tonn. Í rekstri voru að jafnaði 518 ker af 520. Rekstur reykhreinsivirkja gekk vel á árinu en nokkur óveruleg frávik urðu á rekstri þeirra, en öll voru þau innan marka starfsleyfis Norðuráls. Bilun varð í einu af reykhreinsivirkjunum í september sem olli því að afköst virkjanna fóru í eitt sinn undir 80% í rúmlega klukkustund. Hreinsivirkin voru í fullum rekstri 99,72% af heildartíma ársins 2011.

Á árunum 1975 – 1978 voru gerðar rannsóknir á umhverfinu í kringum iðnaðarsvæðið áður en starfsemi kísilmálmverksmiðjunnar hófst. Loftgæðamælingar fóru fram á árunum 1985 - 1986. Grunnrannsóknir í tengslum við byggingu álversins voru gerðar á árunum 1997 til 1998 sem hluti af mati á umhverfisáhrifum. Árið 1999 tók við sameiginleg umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Árið 2011 fór umhverfisvöktunin fram samkvæmt eldri umhverfisvöktunaráætlun en nú hefur Umhverfisstofnun samþykkt nýja áætlun um umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir árin 2012 – 2021.

Í þessari skýrslu er teknar saman niðurstöður vöktunarmælinga í grennd við iðnaðarsvæðið á Grundartanga sem gerðar voru árið 2011. Niðurstöðurnar eru bornar saman við viðmiðunarmörk þegar við á og niðurstöður fyrri ára auk þess sem mat er lagt á breytileika niðurstaðna fyrir árvötn, sauðfé og gróður með tölfræðilegri nálgun. Skýrslunni er skipt í tíu kafla. Í 1. kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar á Grundartanga. Lýsingu á staðháttum og veðurfari við iðnaðarsvæðið er að finna í kafla 2. Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2011 er í kafla 3 og í köflum 4 – 10 eru mælingar og niðurstöður vöktunar fyrir andrúmsloft, árvötn, gróður, grasbíta, lífríki sjávar og flæðigryfjur. Að auki fylgja sjö viðaukar skýrslunni. Í viðauka I er listi yfir áður út komnar ársskýrslur og í viðauka II er að finna ítarefni vegna vöktunar á andrúmslofti og úrkomu. Í viðauka III eru niðurstöður frá vöktun á árvötnum auk tölfræðigagna. Í viðauka IV eru niðurstöður umhverfisvöktunar á gróðri auk niðurstaðna tölfræðigreiningar. Viðauki V inniheldur niðurstöður vöktunar fléttu og mosa í klapparreitum, í viðauka VI er að finna tölfræðigreiningu á mæliniðurstöðum vöktunar grasbíta og viðauki VII inniheldur ítarefni vegna vöktunar á lífríki sjávar.

2 STAÐHÆTTIR

2.1 ALMENN LÝSING

Elkem og Norðurál eru staðsett á skipulögðu iðnaðarsvæði Hvalfjarðarsveitar á Grundartanga. Staðsetningu iðnaðarsvæðisins má sjá á mynd 2.1.

Lóð Elkem liggur á bilinu 5 – 6 metra yfir sjávarmáli (m.y.s.). Töluverður fjöldi bygginga er á lóðinni og er hæðarkóti á mæni hæstu byggingarinnar (ofnhúss) um 40 m.y.s. Vegna hita frá ofnum og málmi er hitauppstreymi mikið. Úr þaki ofnhússins eru níu skorsteinar, þrír frá hverjum ofni, og ná upp í um 47 m.y.s. Öflugt afsog er frá hverjum ofni og er loftið leitt í gegnum pokasíur reykhreinsivirkja og heitt afgasið streymir út um mæni reykhreinsivirkjanna sem er í um 32 metra hæð yfir sjávarmáli. Við framleiðslu kísilmálms er losun til umhverfis aðallega loftborin. Loftborna mengun má að mestu leyti rekja til kísilryks, brennisteinstvíoxíðs (SO₂) og koltvísýrings (CO₂)¹.

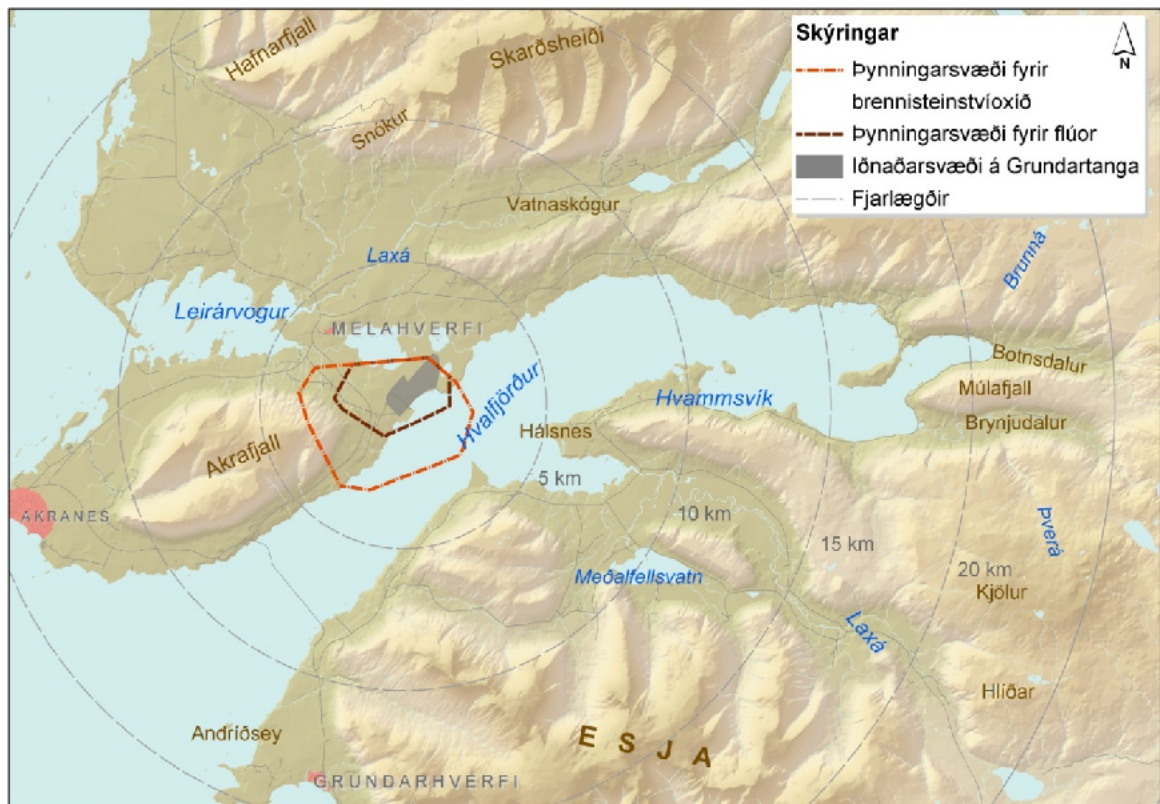
Kerskálabyggingar Norðuráls eru fjórar og standa í 8 m.y.s. Öflugt afsog er af öllum kerum og er því beint í gegnum 4 reykhreinsivirki. Í reykhreinsivirkjum er afsogið hreinsað og blásið út um skorsteina í 38 m.y.s. Um mæni kerskálanna, sem eru í 25 m.y.s., fer kæliloft frá kerunum en að frátöldu afsogi reykhreinsivirkja eru náttúruleg loftskipti í kerskálunum. Þær lofttegundir sem helst myndast við álframleiðslu eru flúorsambönd, brennisteinstvíoxíð og koltvísýringur. Kolflúorsambönd myndast einnig í litlu magni en þau eru mjög stöðug efnasambönd sem eru talin til gróðurhúsalofttegunda². Losun á ryki á sér einnig stað um skorsteina og um rjáfur³.

Skilgreind eru tvö þynningarsvæði fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga á aðalskipulagi Hvalfjarðarsveitar 2008 – 2030. Í umfjöllun um iðnaðarsvæði í greinargerð aðalskipulagsins segir: *"Á skipulagsupprætti má sjá afmörkun þynningarsvæðis vegna stóriðjunnar á Grundartanga. Takmarkanir á landnotkun innan þynningarsvæðisins eru þær að ekki skal stunda þar hefðbundinn búskap, heynytjar eða beit á túnunum"*. Um er að ræða þynningarsvæði flúors (brúnt svæði á mynd 2.1) og rýmra þynningarsvæði fyrir brennisteinstvíoxíð (rautt svæði á mynd 2.1). Þynningarsvæði er skilgreint sem sá hluti viðtaka sem þynning á sér stað og ákvæði starfsleyfis kveða á um að mengun megi vera yfir umhverfismörkum eða gæðamarkmiðum. Utan þynningarsvæðis skal styrkur skilgreindra efna vera undir viðmiðunarmörkum sem þar eru sett. Við ákvörðun á stærð þynningarsvæða fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga voru notaðar loftdreifingarspár. Gerðar voru dreifingarspár fyrir leyfileg útblástursmörk frá álverinu og mældum gildum fyrir útblástur frá kísilmálmverksmiðjunni auk þess sem reiknað var út mesta leyfilega magn brennisteinstvíoxíðs í útblæstri kísilmálmverksmiðjunnar².

¹ Elkem Ísland ehf. (2011)

² Skipulagsstjóri ríkisins (1996)

³ Norðurál Grundartanga ehf. (2011)



Mynd 2.1: Staðsetning iðnaðarsvæðisins á Grundartanga í Hvalfjarðarsveit ásamt skilgreindum pynningarsvæðum fyrir fluór og brennisteinstvíoxíð

2.2 VEÐURFAR

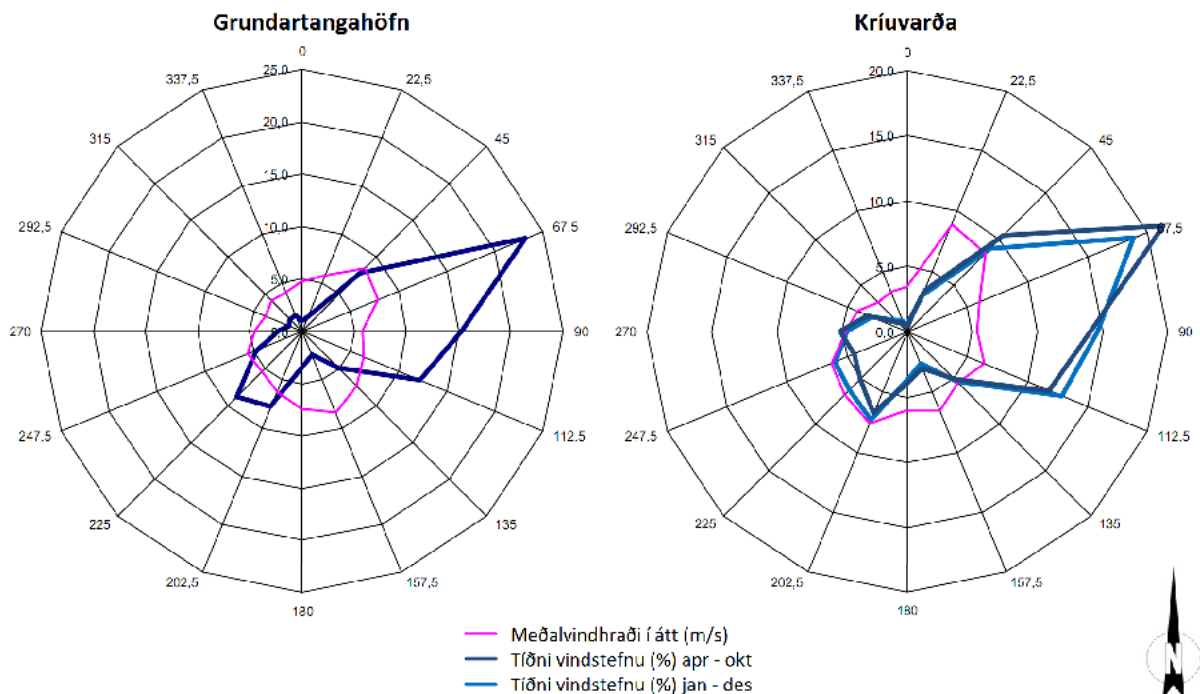
Veðurmælingar fóru fram árið 2011 í sjálfvirkum veðurmælingastöðvum að Kríuvörðu og við Grundartangahöfn. Mælistöðin að Kríuvörðu er staðsett um 700 metra norðan við austurenda álversins í um 15 m.y.s. en stöðin á Grundartangahöfn er staðsett um 25 m.y.s. Að Kríuvörðu var vind- og veðurgögnum safnað allt árið 2011 en á Grundartangahöfn yfir vöktunartímabilið, þ.e. frá apríl til loka október 2011.

Í heildina litið var árið 2011 hlýtt, en engu að síður vinda- og illviðrasamt, sérstaklega í apríl. Meðalhiti í Hvalfirði á tímabilinu apríl – október mældist 8,7°C og meðalvindhraði 6,6 m/s. Apríl og nóvember voru óvenju hlýir en í síðari hluta maímánaðar gerði mikið kuldakast um mest allt landið sem stóð fram í byrjun júní. Suðvestanlands var kuldakastið þó mun vægara en í öðrum landshlutum. Víðast hvar á landinu var úrkoma töluvert umfram meðallag, þó var mjög snjólétt fyrri hluta ársins. Sunnanlands voru sólskinsstundir vel umfram meðallag og miklar sveiflur urðu á loftþrýstingi milli ára. Árið 2011 var loftþrýstingur með lægsta móti.

Apríl var mjög hlýr og sunnanáttir mjög algengar á landinu öllu, einkum á austanverðu landinu. Engu að síður var mjög illviðrasamt í apríl og mjög mikil úrkoma féll um landið sunnan- og vestanvert. Í fyrri hluta maí var hitastig langt yfir meðallagi en um síðari hluta mánaðarins kólnaði verulega og var sérlega kalt í nokkra daga, og hélst svalt allt til mánaðamóta. Í júní var kalt víðast hvar á landinu, sérstaklega norðaustanlands og inn til landsins. Á litlu svæði suðvestanlands var hiti í júní hins vegar í kringum meðallag eða rétt ofan við það (þ. á m. í Reykjavík) og var mjög þurrt um landið sunnan- og vestanvert. Hiti mældist yfir meðallagi um nær allt land í júlí og ágúst um landið sunnan- og vestanvert. Þurrt var lengst af vestanlands og

um stærsta hluta landsins var úrkoma undir meðallagi, nema allra austast. Hiti var vel yfir meðallagi í öllum landshlutum í september, hlýjast suðvestanlands. Fremur þurrt var langt fram eftir septembermánuði, en síðustu viku mánaðarins rigndi mikið á Suður- og Vesturlandi. Fremur hlýtt var um mest allt landið í október en úrkomusamt í flestum landshlutum. Í nóvember var lengst af óvenju hlýtt og úrkoma í meira lagi um land allt.

Á mynd 2.2 má sjá vindrósir fyrir tímabilið apríl – október 2011 á Grundartangahöfn og að Kríuvörðu. Líkt og undanfarin ár er ríkjandi vindátt á svæðinu austnorðaustanátt. Austanáttir voru ráðandi meira en helming tímabilsins líkt og undanfarin ár. Þegar vindrósirnar eru bornar saman má sjá að að Kríuvörðu virðist vera skjól fyrir beinni suðvestanátt og er líklegasta skýringin á því að álverið skýli fyrir suðvestanvindi sem kemur þá í staðinn að stöðinni úr vestri. Ef litið er á vindrósina frá Kríuvörðu má sjá að lítill munur er á vindrós vöktunartímabilsins og vindrós alls ársins.



Mynd 2.2: Vindrósir frá Grundartangahöfn og Kríuvörðu fyrir tímabilið apríl – október 2011 og fyrir Kríuvörðu allt árið 2011⁴

⁴ Hermann Þórðarson (2012a)

3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR

Í töflu 3.1 má sjá yfirlit yfir mæliþætti, vöktunarstaði, rannsóknaraðila og rannsóknartímabil umhverfisvöktunar í Hvalfirði árið 2011.

Tafla 3.1: Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2011

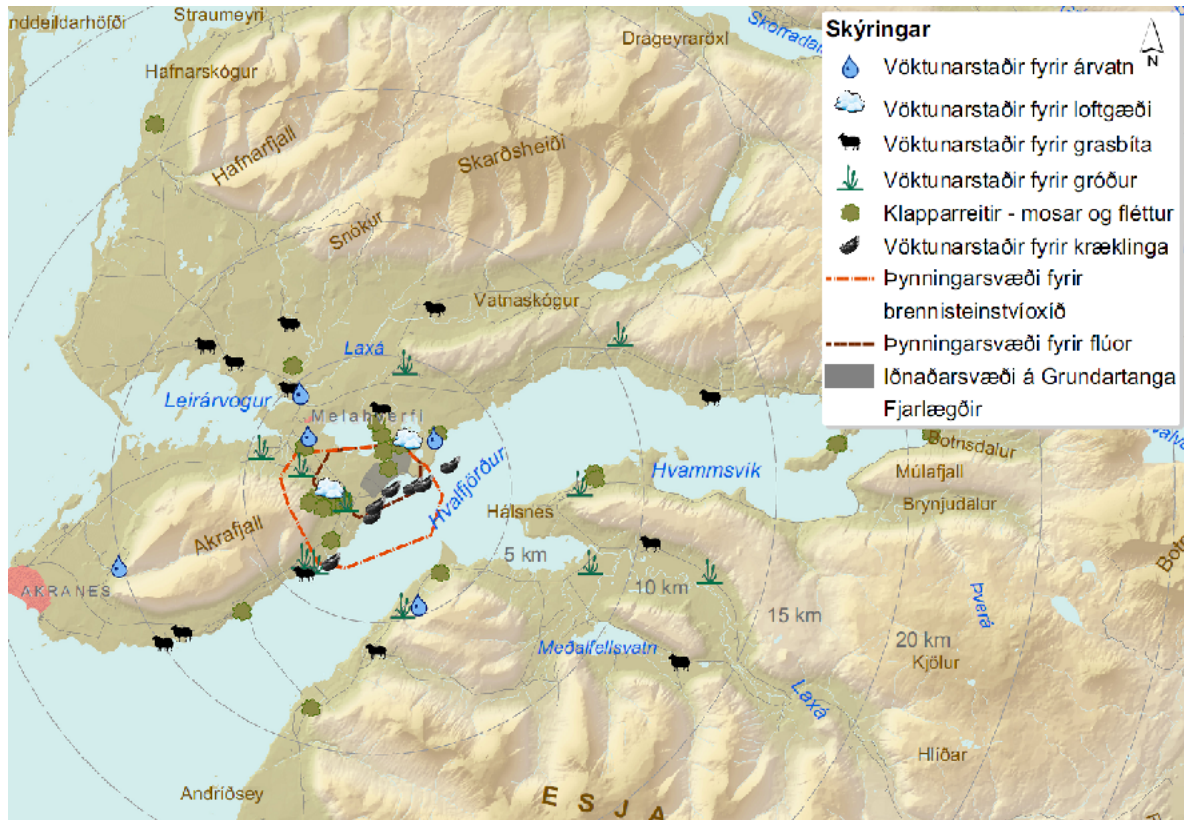
	Mæliþáttur	Staðsetning vöktunarstaða	Rannsóknna- /mælitímabil	Rannsóknaraðili
Loftgæði	Andrúmsloft: Svifryk, flúor, brennisteinstvíoxíð, brennisteinsvetni, nituroxíð Úrkoma: klóríð, sulfat, flúor, pH	Stekkjars og Kríuvarða	Stekkjars: apríl - október 2011 Kríuvarða: allt árið 2011	Sýnataka og efnamælingar: NMÍ*
Árvötn	Sýrustig (pH), leiðni, flúor, klóríð, sulfat	Bergvatnsár: Berjadalsá, Fossá, Laxá Upptök í yfirborðsvatni: Kalmansá, Urriðaa	8. maí – 29. nóvember 2011	Sýnataka og efnamælingar: NMÍ*
Gróður	Flúor í grasi, laufi (birki, reynir, úlfareynir) og barri (greni, bergfura, stafafura)	Norðan Hvalfjarðar: Stekkjarás, Fannahlíð, Fellsaxlarkot, Ferstikla, Gröf II við Þjóðveg, Gröf II við hús, Hlíð Sunnan Hvalfjarðar: Félagsgarður, Fossbrekka, Háls í Kjós, Reynivellir	Gras og lauf: 23. júní og 8. september 2011 Barr: 17. nóvember 2011	Sýnataka og efnamælingar: NMÍ*
Klappar-reitir	Gróðurbreytingar fléttu og mosa Styrkur brennisteins og flúors í fléttum	≤ 3,5 km frá iðnaðarsvæðinu: Stekkjarás, Selás, Bjarnarholt, Álfholt, Langholt, Kalmansá, Akrafjall > 3,5 km frá iðnaðarsvæðinu: Skvömp, Beitistaðaholt, Hafnarbæli, ofan Hvalfjarðareyrar, Tíðaskarð, Hvammsnes, Þyrilsnes, Hvalfjarðarbotn	3.-7. október 2011	Gróðurmælingar: Náttúrufræðistofnun Íslands Efnamælingar: NMÍ*
Grasbítar	Flúor í kjálkum sláturfjár Ástand tanna og kjálka í sláturfé	Norðan Hvalfjarðar: Skorholt, Eystri-Leirargarðar, Gröf II, Þaravellir, Hrafnabjörg, Innri-Hólmur, Skipanes, Hóll, Vogatunga Sunnan Hvalfjarðar: Kiðafell, Hjalli, Grímsstaðir	Hautslátrun 2011	Skoðun sauðfjár: Tilraunastöð HÍ** á Keldum. Efnamælingar: NMÍ*
Lífriki sjávar	Styrkur 18 PAH efna og 13 ólífrænna snefilefna í mjúkvef kræklinga	Sex vöktunarstaðir á grunnsævi utan við Grundartanga	14. júlí – 21. september 2011	Undirbúningur f. efnagreiningar: Rannsóknasetur HÍ** Suðurnesjum Efnamælingar: Mátis og Rannsóknastofa HÍ í lyfja- og eiturefnafræði
Flæðigryfjur	Málmur: arsen, blý, kadmín, kopar, króm, kvikasilfur, nikkell og sink Sýanið og flúor	Sjósýni tekin á 10 stöðum í og við flæðigryfjur	15. ágúst, 15. september og 14. október 2011	Sýnataka og efnamælingar: NMÍ*

* NMÍ: Efnagreiningar - Nýsköpunarmiðstöð Íslands

** HÍ: Háskóli Íslands

3.1 VÖKTUNARSTAÐIR

Vöktunarstaði umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir loftgæði, árvötn, gróður, klapparreiti, grasbíta og lífríki sjávar árið 2011 má sjá á mynd 3.1.



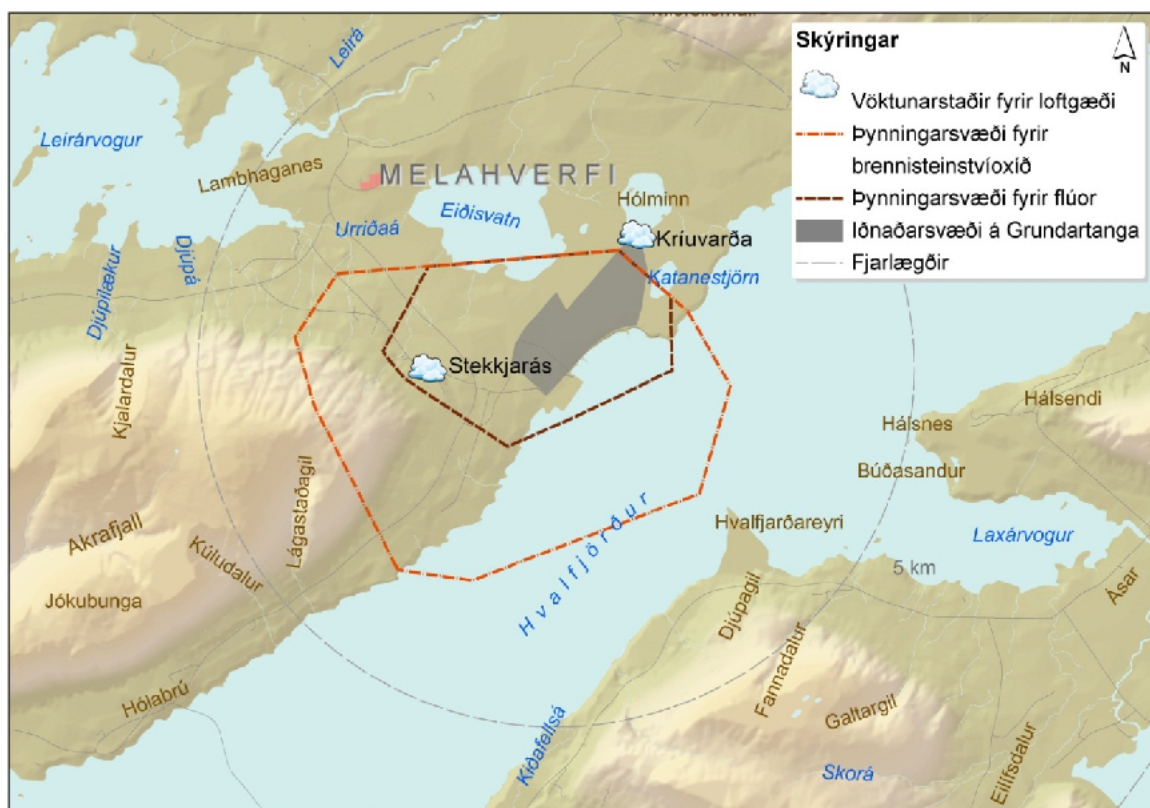
Mynd 3.1: Yfirlit yfir vöktunarstaði árvatna, loftgæða, grasbíta, gróðurs, klapparreita og lífríki sjávar árið 2011 við iðnaðarsvæðið á Grundartanga

3.2 TÖLFRÆÐI

Umhverfisvöktun fyrir árvötn, gróður og grasbíta hefur farið fram árlega frá árinu 1999. Grunnrannsóknir voru gerðar á árunum 1997 – 1998 og í þessari skýrslu er mat lagt á breytileika mælinganna miðað við árið 1997 á grundvelli tölfræðigreiningar á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna. Niðurstöður tölfræðigreiningarinnar er að finna í viðaukum III, IV og VI.

4 VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS

Tvær loftgæðamælistöðvar voru í rekstri árið 2011. Mælt var í loftgæðamælistöð að Kríuvörðu og í loftgæðamælistöð á Stekkjarási (mynd 4.1). Loftgæðamælingar fóru fram á tímabilinu apríl – október í mælistöðinni á Stekkjarási þar sem sýnum var safnað á síur. Að Kríuvörðu var sýnum safnað á síur á sama tíma og á Stekkjarási auk þess sem samfelldar mælingar fóru fram árið um kring fyrir ákveðna mælipætti. Stöðin var nú rekin í fyrsta skipti yfir heilt ár, en stöðin var sett upp í apríl 2010. Þeir þættir sem voru mældir í andrúmslofti á Stekkjarási voru svifryk (PM_{10}), flúor í ryki og loftkenndur flúor (HF), brennisteinn í ryki og loftkenndur brennisteinn (SO_2 -S). Að Kríuvörðu voru sömu þættir og á Stekkjarási mældir í sýnum sem safnað er á síur auk samfelldra mælinga á svifryki (PM_{10} og $PM_{2,5}$), brennisteinstvíoxíð (SO_2), brennisteinsvetni (H_2S) og nituroxíðum (NO_2 og NO_x). Styrkur klóríðs, nitrats, súlfats, flúors og sýrustig (pH) var mældur í úrkomusýnum. Sýnataka og mælingar voru unnar af Efnagreiningum NMÍ. Niðurstöður efnamælinga voru bornar saman við viðmiðunarmörk þegar við átti en, en þau mörk gilda einungis utan þynningarsvæða.



Mynd 4.1: Staðsetning loftgæðamælistöðva í Hvalfirði árið 2011

4.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Flúor

Styrkur loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti mældist undir þeim viðmiðunarmörkum sem sett eru í starfsleyfi Norðurláls um styrk HF í andrúmslofti utan þynningarsvæða. Mældur styrkur HF innan þynningarsvæðis fyrir flúor er einnig undir sömu viðmiðunarmörkum.

Brennisteinstvíoxíð

Mælingar á styrk brennisteinstvíoxíðs (SO_2) í andrúmslofti sýna að meðalstyrkur liggur töluvert undir heilsu- og gróðurverndarmörkum á báðum mælistöðum innan og utan þynningarsvæðis. Sólarhringsmeðalstyrkur SO_2 mældist að Kríuvörðu 21 sinni yfir gróðurverndarmörkum, en leyfilegt er að yfirstíga þau mörk samtals sjö sinnum árlega.

Brennisteinsvetni

Styrkur brennisteinsvetnis (H_2S) í andrúmslofti mældist að Kríuvörðu undir heilsuverndarmörkum.

Köfnunarefnisoxíð

Styrkur köfnunarefnisvíoxíðs (NO_2) og köfnunarefnisoxíða (NO_x) mældist töluvert undir heilsuverndarmörkum fyrir NO_2 og gróðurverndarmörkum fyrir NO_x að Kríuvörðu.

Svifryk

Á Stekkjarási og að Kríuvörðu mældist meðalstyrkur svifryks í andrúmslofti á vöktunartímabilinu aldrei yfir heilsuverndarmörkum. Meðalstyrkur svifryks mældist töluvert lægri að Kríuvörðu en Stekkjarási. Sólarhringsmeðalstyrkur svifryks að Kríuvörðu mældist einu sinni yfir heilsuverndarmörkum, en leyfilegt er að styrkur svifryks fari sjö sinnum yfir þau mörk árlega.

Úrkoma

Flúorstyrkur í úrkomu mældist hærri að Kríuvörðu en á Stekkjarási. Ríkjandi úrkomuáttir skipta hér miklu máli en meginúrkomuáttir árið 2011 voru sunnan- og suðvestanáttir sem blása frá iðnaðarsvæðinu í átt að Kríuvörðu. Mælt sýrustig í úrkomu er með því lægsta sem mælst hefur frá uppafi vöktunar.

Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfisvöktun andrúmslofts má sjá í kafla 4.2. Yfirlit yfir niðurstöður mælinga og skilgreind umhverfismörk má sjá í töflu 4.1 fyrir Kríuvörðu sem er utan þynningarsvæða, og í töflu 4.2 fyrir Stekkjarás sem liggur innan þynningarsvæða.

Tafla 4.1: Niðurstöður mælinga að Kríuvörðu á vöktunartímabilinu (apríl – október) ásamt skilgreindum umhverfismörkum. Mælistöðin liggur utan þynningarsvæða

Mælipáttur	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viðmiðunargildi utan þynningarsvæða ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Heimild	Athugasemd
HF í andrúmslofti				
<i>Meðalstyrkur (síur)</i>	0,10 ± 0,09	0,3	Starfsleyfi Norðurláls	
SO₂ í andrúmslofti				
<i>Meðalstyrkur (síur)</i>	4,0 ± 2,3	20	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk
<i>Meðalstyrkur</i>	7,8 ± 9,2	20	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk. Meðalstyrkur frá apríl – október.
<i>Hæsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	129	50	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk. Yfir mörkum 21 x yfir árið (þar af 9x á vöktunartímabilinu), leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega. Hæsta gildi mælt 14. mars í SSV-átt.
	129	125	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Yfir mörkum 1x, leyfilegt að yfirstíga 3 x árlega. Hæsta gildi mælt 14. mars í SSV-átt.
<i>Lægsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	0,0			Mældist 6 x í austlægum áttum
<i>Hæsti klukkustundar meðalstyrkur ársins</i>	267	350	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
H₂S				
<i>Meðalstyrkur</i>	0,6 ± 0,2	5	Reglugerð 514/2010	Heilsuverndarmörk
<i>Hæsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	7,2	50	Reglugerð 514/2010	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 5 x árlega. Hæsta gildi mælt 28. október í A-átt.
<i>Lægsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	0,0			Mældist 43 x oftast í ANA-áttum
NO₂				
<i>Meðalstyrkur</i>	0,54 ± 0,50	30	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
<i>Hæsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	6,9	75	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega. Hæsta gildi mælt 14. apríl í SSV-átt.
<i>Lægsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	0,0			Mældist 17 x oftast í austlægum áttum
NO_x				
<i>Meðalstyrkur</i>	0,66 ± 0,55	30	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk
<i>Hæsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	8,1	-		Hæsta gildi mælt 14. apríl í SSV-átt.
<i>Lægsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	0,0			Mældist 37 x oftast í NA-áttum
Svifryk (PM₁₀)				
<i>Meðalstyrkur</i>	6,1 ± 1,8	20	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
<i>Hæsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	55	50	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega. Mældist 1 x yfir mörkum þann 23. júlí í SA-átt
<i>Lægsti sólarhrings meðalstyrkur ársins</i>	0,0			Mældist 2 x í ANA-átt

Tafla 4.2: Niðurstöður mælinga á Stekkjarási ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða. Mælistöðin liggur innan þynningarsvæða

Mælipáttur	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viðmiðunargildi utan þynningarsvæða ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Heimild	Athugasemd
HF				
<i>Meðalstyrkur</i>	0,05 ± 0,02	0,3	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga	Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða
SO₂				
<i>Meðalstyrkur</i>	7,6 ± 3,1	20	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk. Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða
Svifryk (PM₁₀)				
<i>Meðalstyrkur</i>	11,4 ± 3,9	20	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða

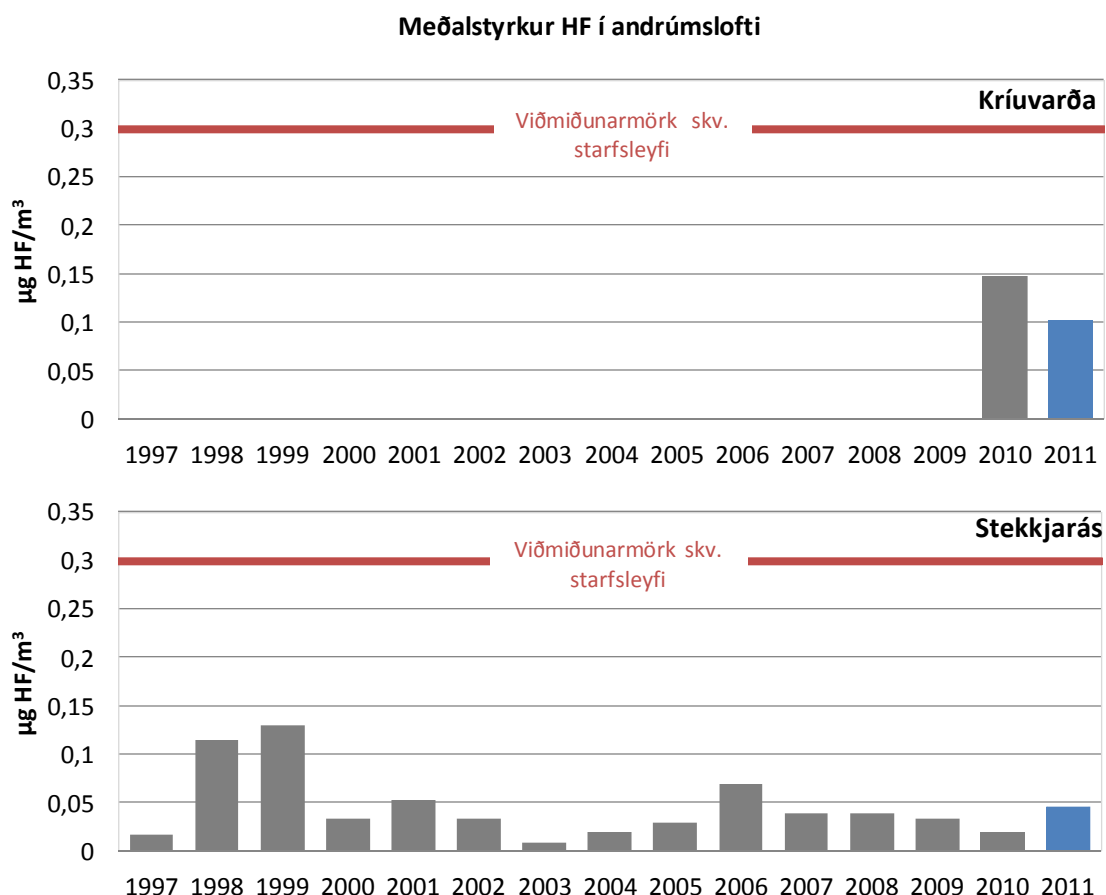
Ekki eru skilgreind umhverfismörk fyrir eftirfarandi þætti í andrúmslofti og úrkomu í íslenskum reglugerðum:

- Meðalstyrkur HF í andrúmslofti yfir mánaðartímabil
- Meðalstyrkur heildarflúors (samanlagt HF og flúor bundinn svifryki) í andrúmslofti
- Meðalstyrkur SO₂ í andrúmslofti yfir mánaðartímabil
- Meðalstyrkur heildarbrennisteins (samanlagt brennisteinn í ryki og loftkenndur brennisteinn) í andrúmslofti yfir heilt ár
- Meðalstyrkur heildarbrennisteins (samanlagt brennisteinn í ryki og loftkenndur brennisteinn) í andrúmslofti yfir mánaðartímabil
- Styrkur PM_{2,5} í andrúmslofti
- Styrkur uppleystra efna og sýrustig í úrkomu

4.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

4.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í ANDRÚMSLOFTI

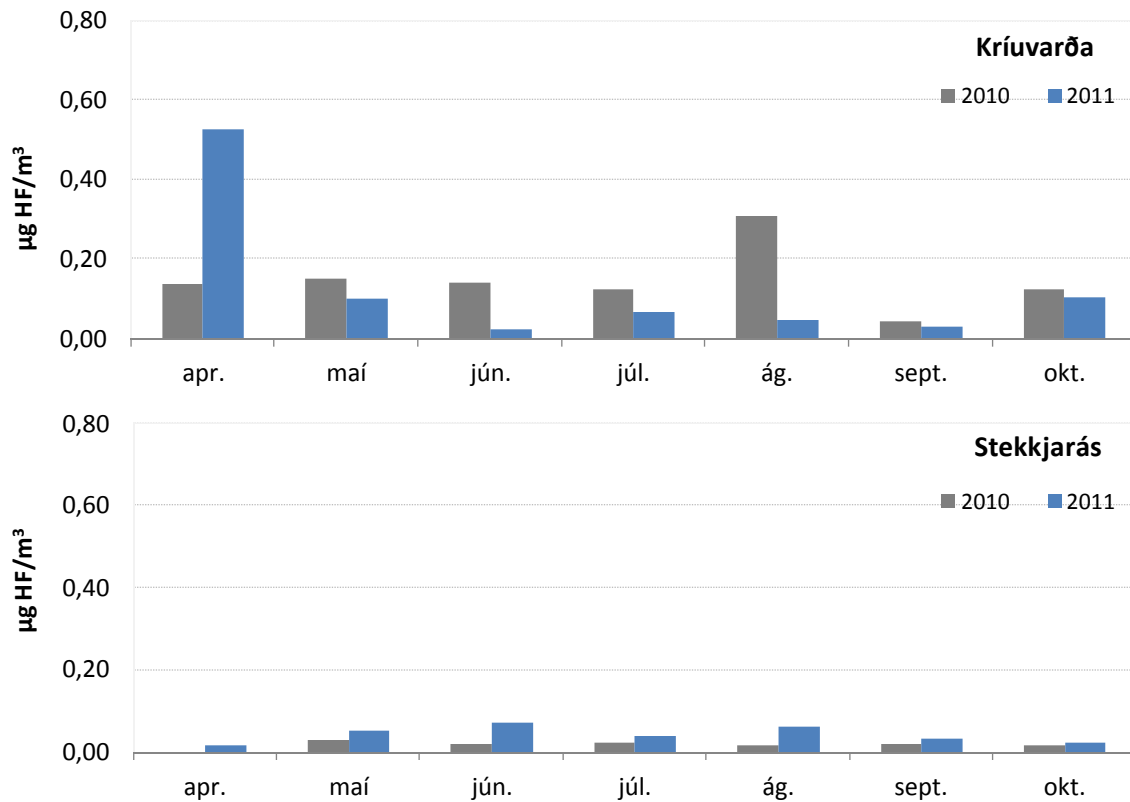
Styrkur flúors í andrúmslofti var mældur á báðum mælistöðum frá síðari hluta apríl til og með loka október 2011. Sýnum var safnað á síur á báðum mælistöðum. Meðalstyrkur loftkennds flúors (HF) mældist tvöfalt hærri að Kríuvörðu ($0,10 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en á Stekkjarási ($0,05 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (mynd 4.2). Meðalstyrkur HF hefur ekki mælst hærri á Stekkjarási frá árinu 2006, en að Kríuvörðu lækkar styrkurinn um þriðjung milli ára. Meðalstyrkur flúors á báðum mælistöðum liggur undir viðmiðunarmörkum en þau eru skilgreind fyrir styrk HF í starfsleyfi Norðuráls sem $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í andrúmslofti á gróðurtímabilinu utan þynningarsvæðis til að tryggja hefðbundnar landbúnaðarnytjar. Stekkjarás er innan þynningarsvæðis fyrir flúor, en Kríuvarða utan þess og er styrkur HF á báðum mælistöðum innan viðmiðunarmarka.



Mynd 4.2: Meðalstyrkur (apríl - október) HF í andrúmslofti á vöktunarstöðvum fyrir loftgæði við Kríuvörðu (2010 – 2011) og Stekkjarás (1997 – 2011) ásamt viðmiðunarmörkum samkvæmt starfsleyfi Norðuráls sem gilda utan þynningarsvæðis

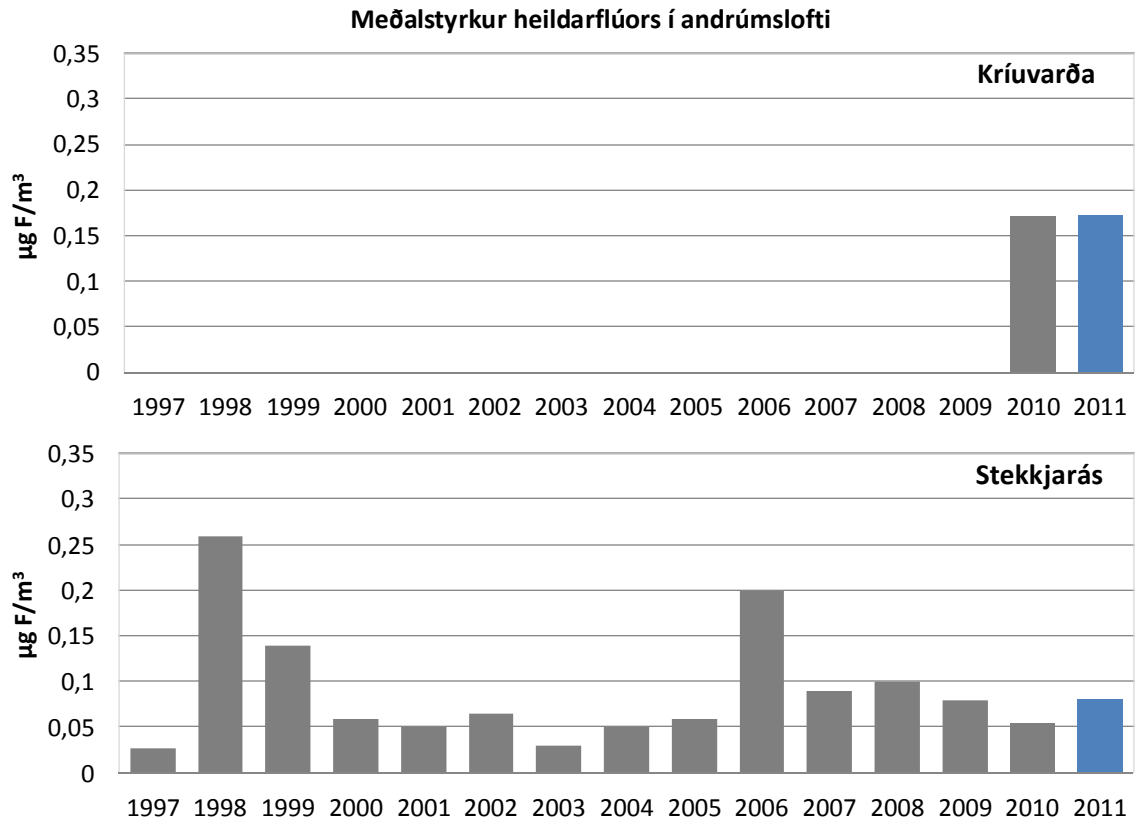
Á mynd 4.3 má sjá meðalstyrk HF í andrúmslofti sem mældur var í hverjum mánuði frá apríl til október að Kríuvörðu og Stekkjarási árið 2011 og til samanburðar fyrir árið 2010. Meðalstyrkur HF að Kríuvörðu lækkaði í öllum mánuðum nema apríl. Að Stekkjarási mældist meðalstyrkur HF nánast alltaf lægri en að Kríuvörðu. Að Stekkjarási var ekki mælt í apríl 2010.

Mánaðarmeðalstyrkur HF í andrúmslofti

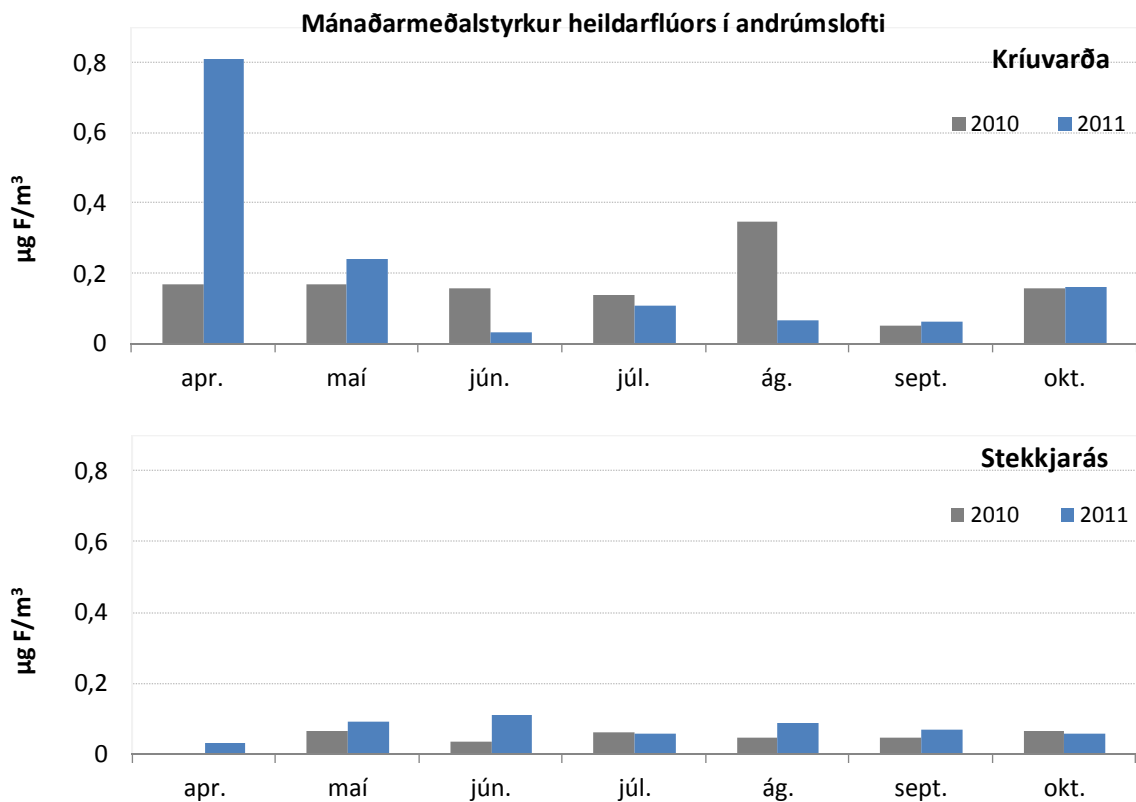


Mynd 4.3: Meðalstyrkur flúors í hverjum mánuði að Kríuvörðu og Stekkjarási, apríl – október 2010 og 2011

Meðalstyrkur heildarflúors, þ.e. samlagður styrkur HF í andrúmslofti og flúors í ryki, á Stekkjarási mældist $0,08 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og að Kríuvörðu $0,17 \pm 0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.4). Meðalstyrkur heildarflúors á Stekkjarási mældist svipaður og á tímabilinu 2007 – 2009. Sami meðalstyrkur heildarflúors mældist á Kríuvörðu 2011 og árið 2010. Meðalstyrkur heildarflúors í andrúmslofti í hverjum mánuði að Kríuvörðu og Stekkjarási má sjá á mynd 4.5.

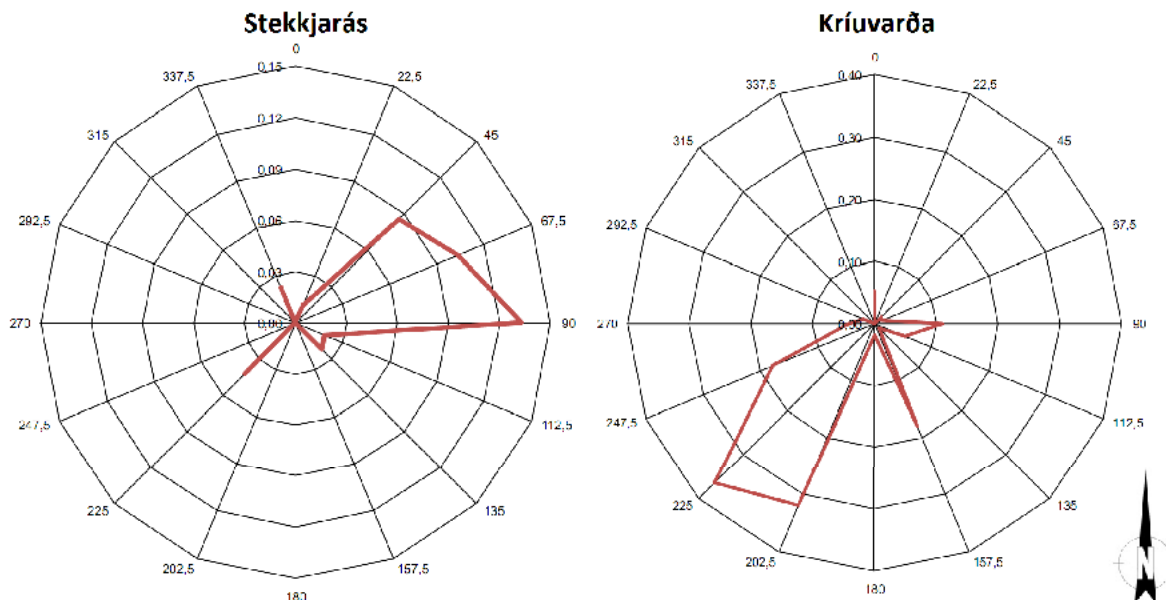


Mynd 4.4: Meðalstyrkur (apríl - október) heildarflúors á Kríuvörðu (2010 – 2011) og Stekkjarási (1997 – 2011)



Mynd 4.5: Meðalstyrkur heildarflúors í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Stekkjarási apríl – október 2011 og 2010.

Þó nokkur munur er á mældum styrk flúors í andrúmslofti við Stekkjarás og Kríuvörðu og munar þar mestu um styrk HF í andrúmslofti sem mældist mun hærri að Kríuvörðu, en Kríuvarða er staðsett mun nær álverinu en Stekkjarás. Að Stekkjarási mældist flúor fyrst og fremst í austan- og norðaustannáttum, enda blæs þá frá iðnaðarsvæðinu í átt að mælistöðinni (mynd 4.6). Kríuvarða liggur hins vegar beint við suðvestanáttum frá álverinu og mældust hæstu gildin í þeirri vindátt⁵.

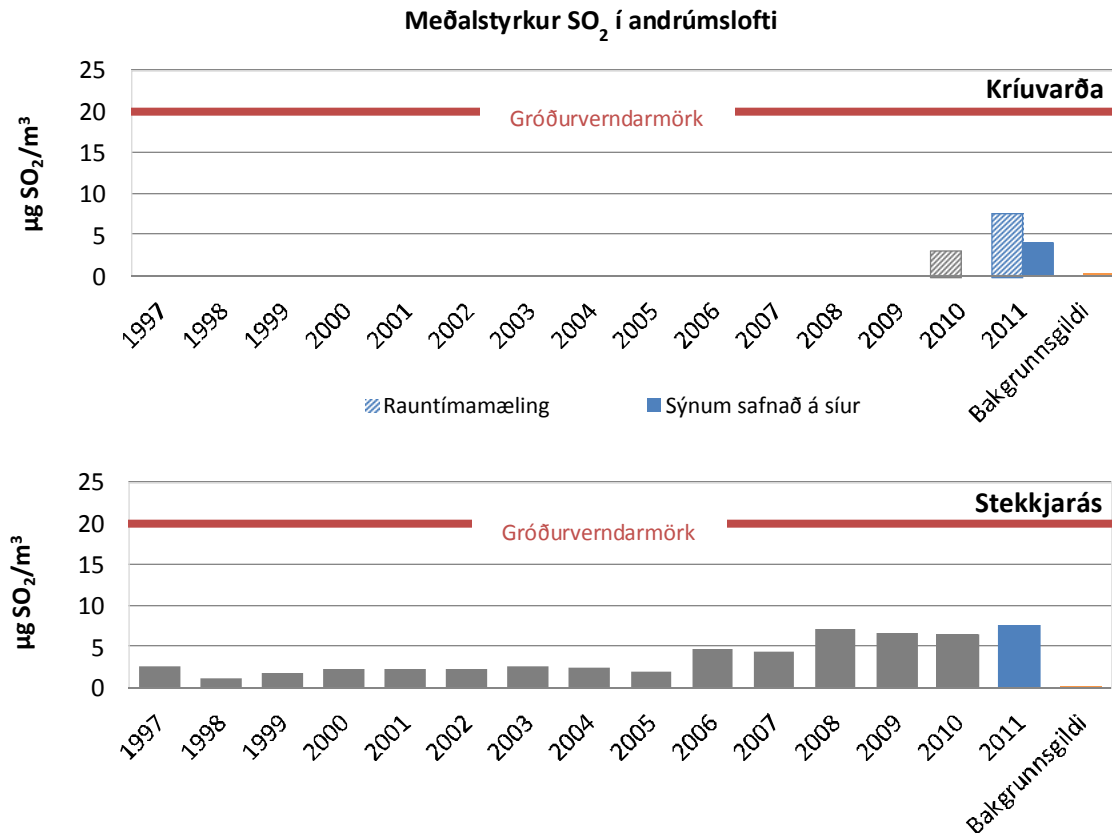


Mynd 4.6: Mælingar á styrk flúors ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) á Stekkjarási og Kríuvörðu frá apríl – október 2011. Mældagur flokkaðir í vindátt á mælistöðum fyrir loftgæði

4.2.2 MÆLINGAR Á BRENNISTEINSTVÍOXÍÐI OG BRENNISTEINSVETNI Í ANDRÚMSLOFTI

Losun brennisteinstvíoxíðs (SO_2) frá iðjuverunum hefur haldist að mestu leyti óbreytt síðastliðin ár⁵. Að Stekkjarási mældist meðalstyrkur SO_2 í andrúmslofti $7,6 \pm 3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem er svipaður styrkur og á árunum 2008 – 2010 (mynd 4.7). Árið 2011 var styrkur SO_2 mældur með tveimur mismunandi aðferðum að Kríuvörðu, annars vegar með rauntímamælingu og hins vegar í sýnum sem safnað var á síur, líkt og gert er að Stekkjarási. Meðalstyrkur SO_2 á Kríuvörðu mældist $7,8 \pm 9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mælt með rauntímamælingu yfir vöktunartímabilið frá apríl til október, en $4,0 \pm 2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mælt í sýnum af síum. Samkvæmt reglugerð 251/2002 eru gróðurverndarmörk fyrir meðaltalsstyrk SO_2 í andrúmslofti $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem gildir utan þýnningarsvæðis.

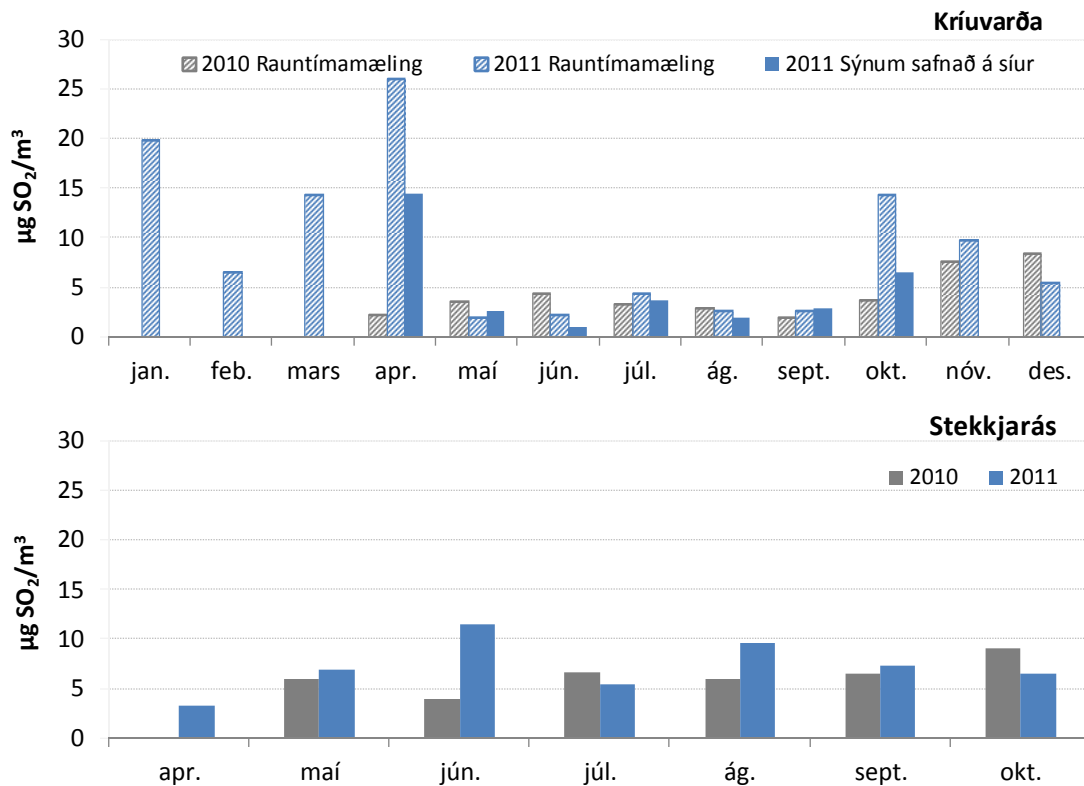
⁵ Hermann Þórðarson (2012a)



Mynd 4.7: Meðalstyrkur (apríl - október) SO₂ á vöktunarstöðvum fyrir loftgæði að Kríuvörðu (rauntímamæling 2010 – 2011 og sýnum safnað á síur 2011) og Stekkjarási (sýnum safnað á síur 1997 – 2011) ásamt gróðurverndarmörkum sem gilda utan þynningarsvæðis. Bakgrunnsgildi mæld við Írafoss árið 2003

Á mynd 4.8 má sjá meðalstyrk SO₂ í andrúmslofti í hverjum mánuði að Kríuvörðu og Stekkjarási árið 2011 og til samanburðar fyrir árið 2010. Að Kríuvörðu eru eingöngu til rauntímamælingar fyrir árið 2010 og sjá má að mældur styrkur að Kríuvörðu í apríl og október er hærri árið 2011 en 2010. Að Stekkjarási er meðalstyrkur SO₂ í andrúmslofti hærri í fjórum af sex vöktunarmánuðum árið 2011, samanborið við árið 2010.

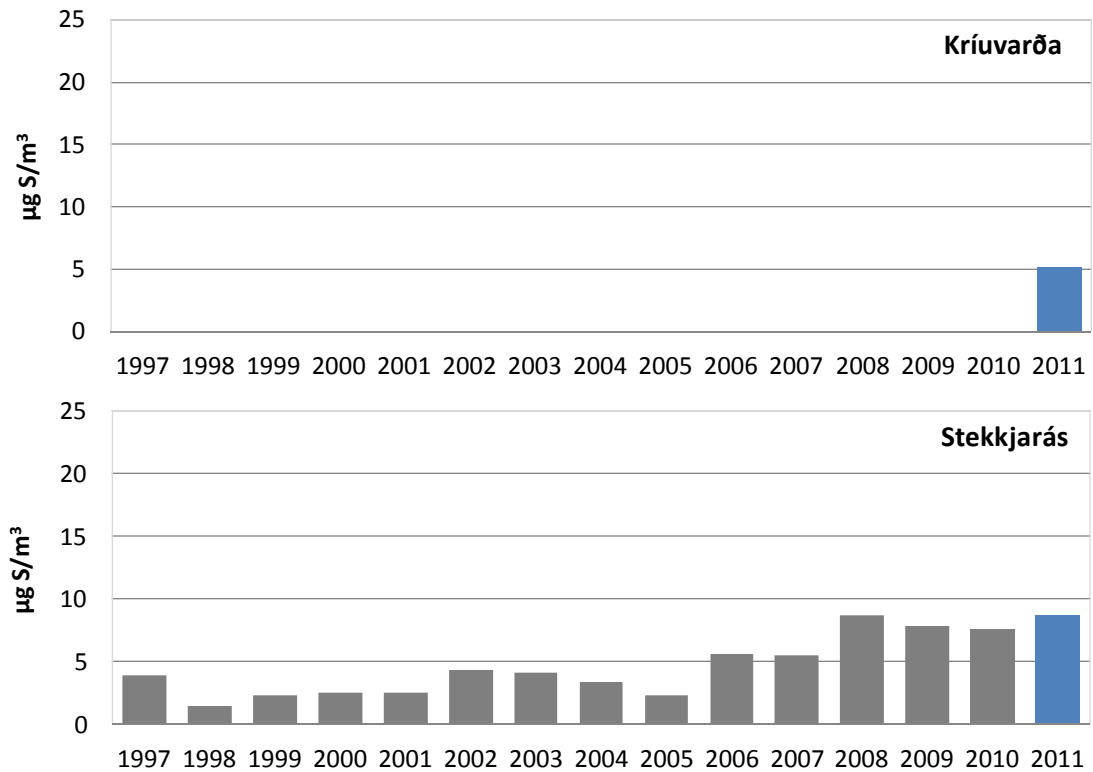
Mánaðarmeðalstyrkur SO₂ í andrúmslofti



Mynd 4.8: Meðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs í andrúmslofti í hverjum mánuði að Krúuvörðu (rauntímamæling og sýnum safnað á síur) og Stekkjars (sýnum safnað á síur) árið 2011 og 2010 til samanburðar

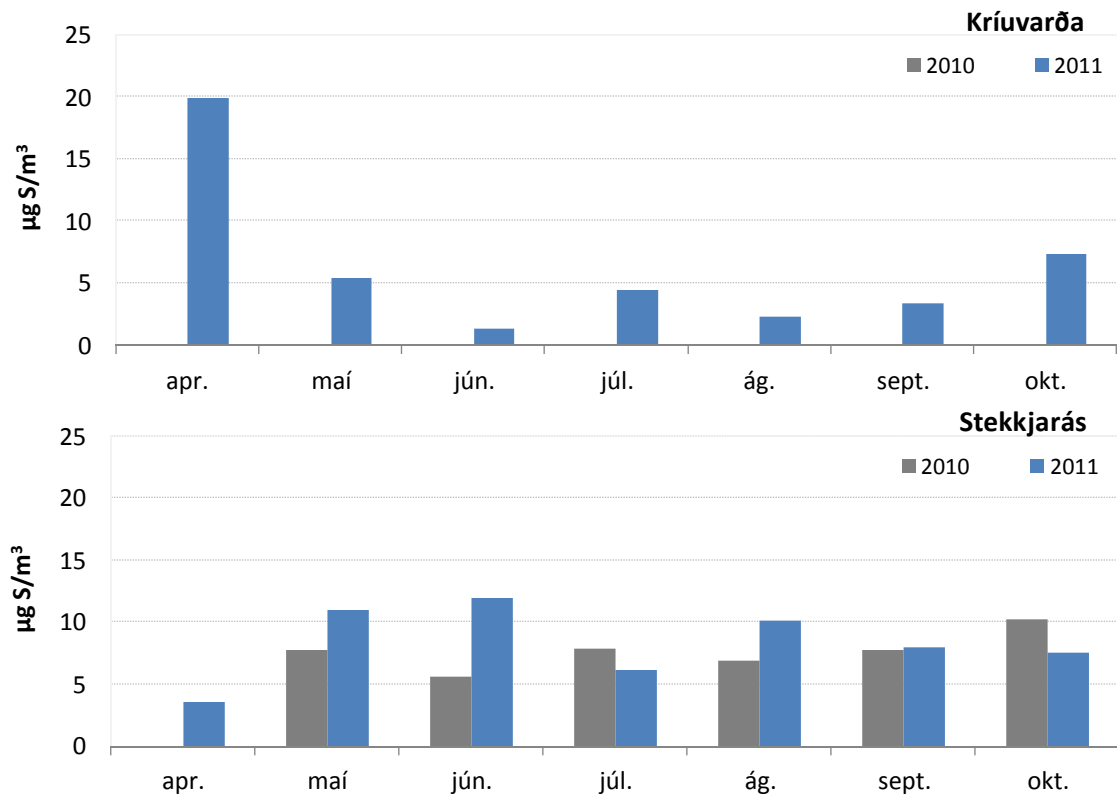
Meðalstyrkur heildarbrennisteins, þ.e. samanlagður styrkur loftkennds brennisteins (SO₂-S) og brennisteins í ryki, að Krúuvörðu mældist $5,2 \pm 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og á Stekkjars $8,7 \pm 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.9). Meðalstyrkur heildarbrennisteins í hverjum vöktunarmánuði að Krúuvörðu og Stekkjars má sjá á mynd 4.10. Ekki eru til samanburðarmælingar fyrir árið 2010 að Krúuvörðu.

Meðalstyrkur heildarbrennisteins í andrúmslofti



Mynd 4.9: Meðalstyrkur (apríl - október) heildarbrennisteins á Krúuvörðu (2011) og Stekkjarási (1997 – 2011)

Mánaðarmeðalstyrkur heildarbrennisteins í andrúmslofti

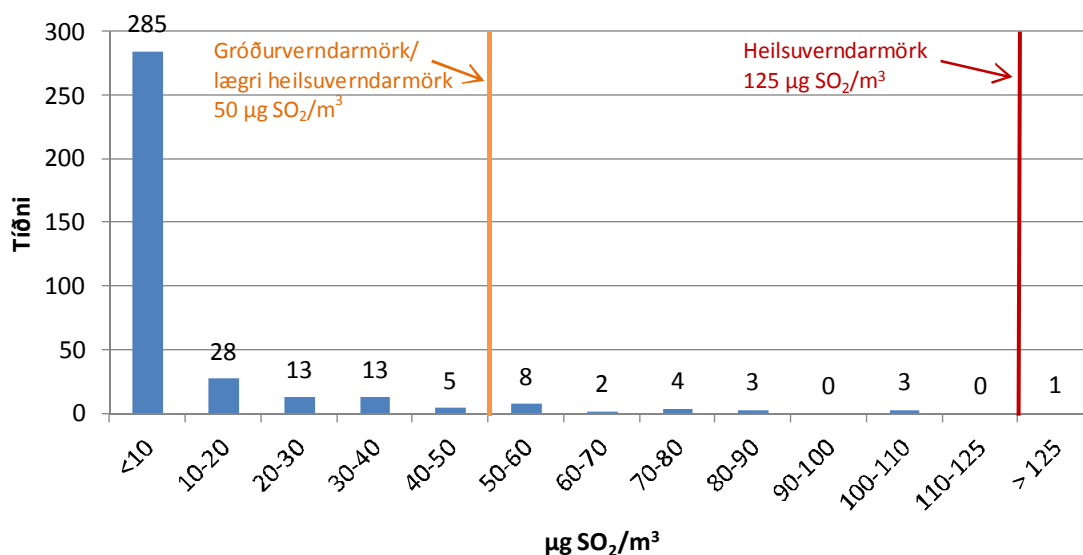


Mynd 4.10: Meðalstyrkur heildarbrennisteins í andrúmslofti í hverjum mánuði að Krúuvörðu árið 2011 og Stekkjarási 2011 og árið 2010 til samanburðar

Að Kríuvörðu fóru fram samfelldar mælingar á styrk SO_2 í andrúmslofti allt árið 2011 og er meðalstyrkur þar frá janúar til desember $9,2 \pm 7,9 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Þar mældist hæsti klukkustundar meðalstyrkur SO_2 ($267 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) undir klukkustundar heilsuverndarmörkum sem skilgreind eru í reglugerð 251/2002 sem $350 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Allar mælingar ársins 2011 á Kríuvörðu voru undir klukkustundar heilsuverndarmörkum.

Hæsti meðalstyrkur sólarhrings mældist $129 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ þann 14. mars 2011, sem er yfir sólarhrings heilsuverndarmörkum ($125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) samkvæmt reglugerð 251/2002. Árið 2011 fór meðalstyrkurinn einu sinni yfir þau mörk en leyfilegt er að yfirstíga þau þrisvar sinnum árlega.

Á árinu mældist sólarhringsmeðalstyrkur SO_2 yfir gróðurverndarmörkum og lægri heilsuverndarmörkum ($50 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) 21 sinni, en leyfilegt er samkvæmt reglugerð 251/2002 að yfirstíga þau mörk sjö sinnum árlega. Á mynd 4.11 má sjá að 344 sinnum mældist sólarhringsmeðalstyrkur SO_2 undir gróðurverndar- og lægri heilsuverndarmörkum ($<50 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$), 20 sinnum milli gróður- og heilsuverndarmarkna ($50 - 125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) og einu sinni ofan heilsuverndarmarkna ($>125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$). Nákvæm tímasetning SO_2 toppanna er þekkt og hafa tengsl verið könnuð á milli þessarra toppa og starfsemi iðjuveranna. Engin tengsl fundust milli toppanna og ofnstoppa, reyksleppa, framleiðslusamsetningu eða löndun hráefna. Auk þess sem ekki er fylgni milli SO_2 toppa á Grundartanga og styrks SO_2 í andrúmslofti í Reykjavík. Tekið skal fram að nú er í fyrsta skipti um að ræða símælingu á styrk SO_2 í andrúmslofti yfir heilt ár.

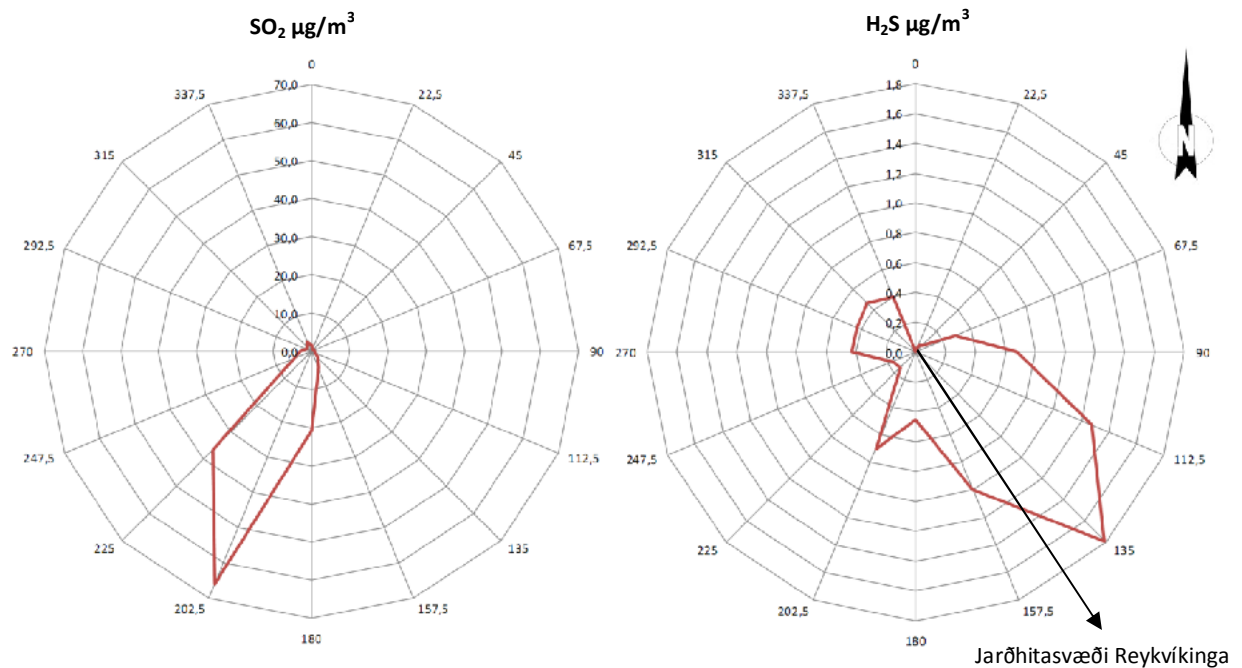


Mynd 4.11: Fjöldi mælinga á sólarhringsmeðalstyrk SO_2 sem mældust undir gróðurverndar – og lægri heilsuverndarmörkum (344), sem mældust milli gróður- og heilsuverndarmarkna (20) og sem mældust ofan heilsuverndarmarkna (1) árið 2011

Meðalstyrkur loftkennds H_2S á Kríuvörðu mældist $0,6 \pm 0,2 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$ sem er undir árs heilsuverndarmörkum ($5 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$) samkvæmt reglugerð 514/2010. Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur mældist $7,2 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$ þann 28. október sem er töluvert langt undir sólarhrings heilsuverndarmörkum skv. reglugerð 514/2010 ($50 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$).

Að Kríuvörðu mældist brennisteinn fyrst og fremst í suðvestanáttum en á Stekkjarási í austanáttum. Á mynd 4.11 má sjá uppsprettuáttir SO_2 og brennisteinsvetnis í rauntímamælingum að Kríuvörðu. Þar mældist SO_2 í sunnan og suðvestanáttum frá

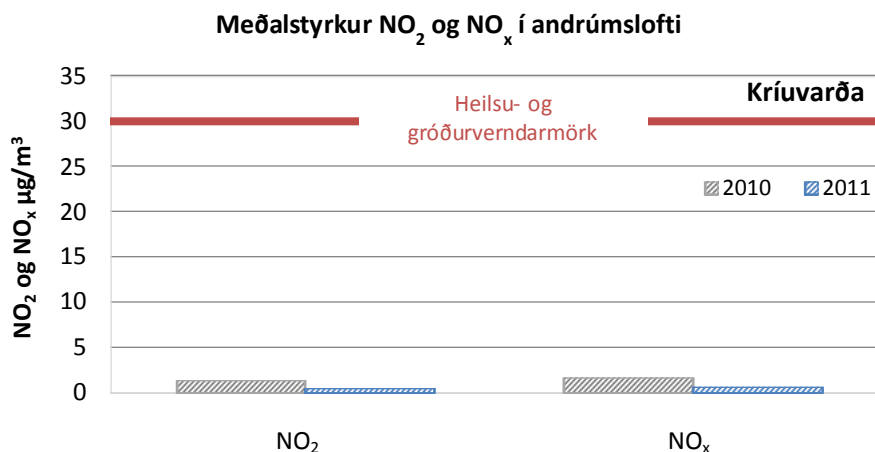
iðnaðarsvæðinu en brennisteinsvetnið kemur að mestu leyti suðaustan frá jarðhitasvæðum Reykvíkinga.



Mynd 4.12: Uppsprettuáttir SO₂ og H₂S að Kríuvörðu. Myndirnar sýna meðalstyrki SO₂ og H₂S (µg/m³) í mældum vindáttum við Kríuvörðu frá apríl - október árið 2011

4.2.3 MÆLINGAR Á KÖFNUNAREFNISTVÍOXÍÐI OG KÖFNUNAREFNISOXÍÐI Í ANDRÚMSLOFTI

Samfelldar mælingar á styrk köfnunarefnistvíoxíðs (NO₂) og köfnunarefnisoxíða (NO_x) í andrúmslofti fóru fram að Kríuvörðu árið 2011. Sólarhringsmeðalstyrkur NO₂ fór aldrei yfir sólarhrings heilsuverndarmörk skv. reglugerð 251/2002 (75 µg/m³). Meðalstyrkur NO₂ mældist 0,54 ± 0,50 µg/m³ og NO_x 0,66 ± 0,55 µg/m³ (mynd 4.13) sem er langt undir heilsuverndarmörkum fyrir NO₂ og gróðurverndarmörkum fyrir NO_x (30 µg/m³). Ekki var mælt yfir heilt ár árið 2010.



Mynd 4.13: Meðalstyrkur NO₂ og NO_x að Kríuvörðu (rauntímamæling) 2010 - 2011 ásamt heilsu- og gróðurverndarmörkum

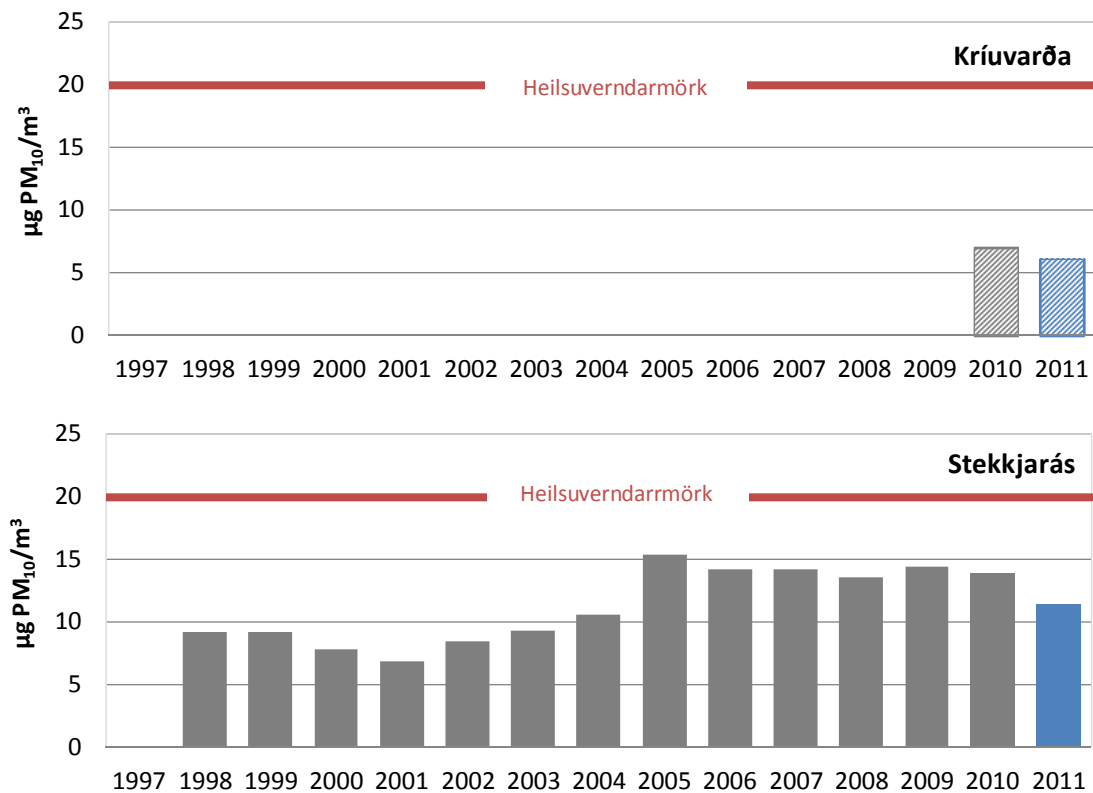
4.2.4 MÆLINGAR Á MAGNI SVIFRYKS (PM₁₀) Í ANDRÚMSLOFTI

Samfelldar mælingar á magni svifryks (PM₁₀ og PM_{2,5}) voru gerðar á Kríuvörðu árið 2011 en söfnun sýna á síur fóru fram að Stekkjarási fyrir PM₁₀. Einu sinni á árinu mældist styrkur PM₁₀ að Kríuvörðu yfir sólarhrings heilsuverndarmörk (50 µg/m³), en leyfilegt er skv. reglugerð 251/2002 að fara yfir þau mörk sjö sinnum árlega. Hæsta sólarhrings meðalstyrkur mældist þann 23. júlí 2011 sem 55 µg PM₁₀/m³, en þennan dag gerði nokkuð stífa suðaustanátt í þurru veðri.

Að Stekkjarási mældist magn PM₁₀ í meðallagi árið 2011 og heldur lægra en undanfarin ár, þrátt fyrir töluvert hvassviðri á árinu. Meðalstyrkur svifryks við Stekkjarás mældist 11,4 ± 3,9 µg/m³ og að Kríuvörðu 6,1 ± 1,8 µg/m³. Meðalstyrkur PM₁₀ lækkar að Kríuvörðu milli ára, sjá mynd 4.14. Árin á undan (2009 og 2010) hækkaði öskufok meðaltalið að einhverju leyti⁶.

⁶ Hermann Þórðarson (2012a)

Meðalstyrkur svifryks (PM_{10}) í andrúmslofti



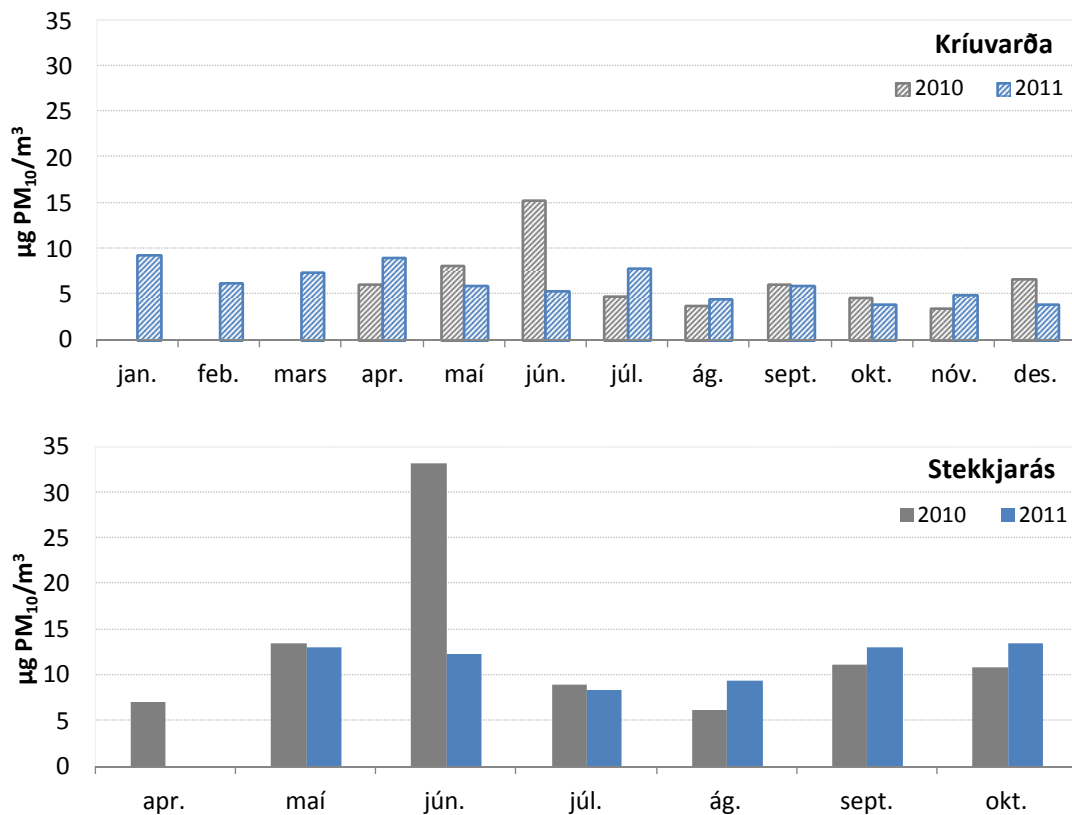
Mynd 4.14: Meðalstyrkur svifryks (PM_{10}) í andrúmslofti að Kríuvörðu (rauntímamæling, 2010 – 2011) og Stekkjarási (sýnum safnað á síur, 1997 – 2011) ásamt heilsuverndarmörkum svifryks sem gilda utan þynningarsvæðis

Meðalstyrkur PM_{10} yfir mánaðartímabil mældist flesta mánuði að Kríuvörðu og Stekkjarási svipaður og árið 2010, að undanskildum júnímánuði þar sem meðalstyrkurinn lækkar töluvert (mynd 4.15). Háan styrk svifryks í júní 2010 má rekja til öskufoks frá Suðurlandi.

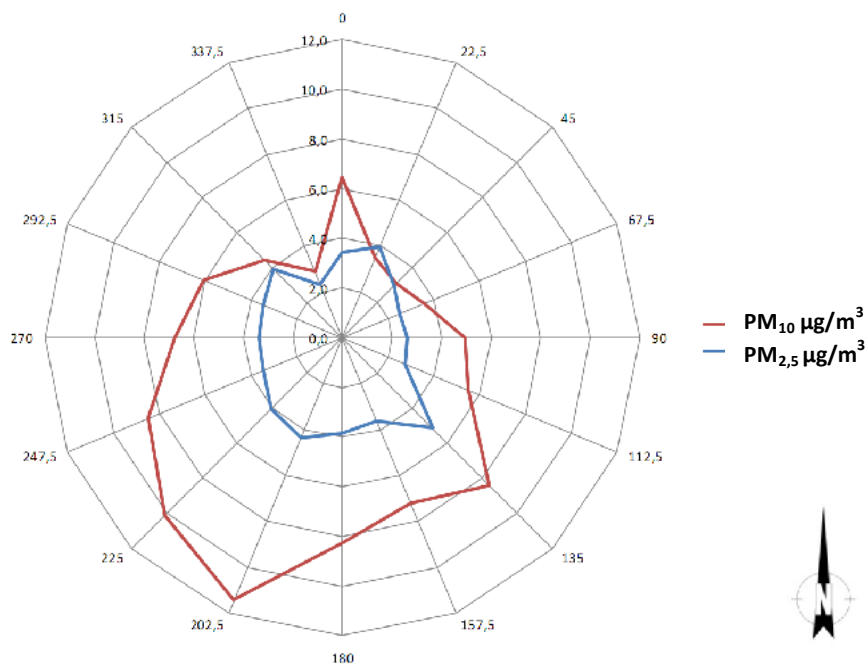
Niðurstöður mælinga á svifryksmengun undanfarin ár hafa bent til þess að venjubundin starfsemi á iðnaðarsvæðinu á Grundartanga sé ekki veruleg uppspretta svifryks. Árið 2011 bregður svo við að hæstu svifryks gildin á Kríuvörðu mældust í vindáttum frá suðvestri sem líklegast tengist iðnaðarsvæðinu og umferð ökutækja (mynd 4.16). Almennt fylgir svifryk starfseminni á Grundartanga, en það hefur að mestu verið áberandi þau ár sem sérstakar framkvæmdir sem fela í sér röskun jarðvegs eru í gangi⁷, en miklar jarðvegsframkvæmdir fóru fram á iðnaðarsvæðinu á vegum Faxaflóahafna á árinu 2011.

⁷ Hermann Þórðarson (2012a)

Mánaðarmeðalstyrkur svifryks (PM_{10}) í andrúmslofti



Mynd 4.15: Meðalstyrkur svifryks (PM_{10}) í hverjum mánuði á Krúuvörðu (rauntímamæling) og Stekkjarási (sýnum safnað á síur) frá apríl – október árin 2010 og 2011



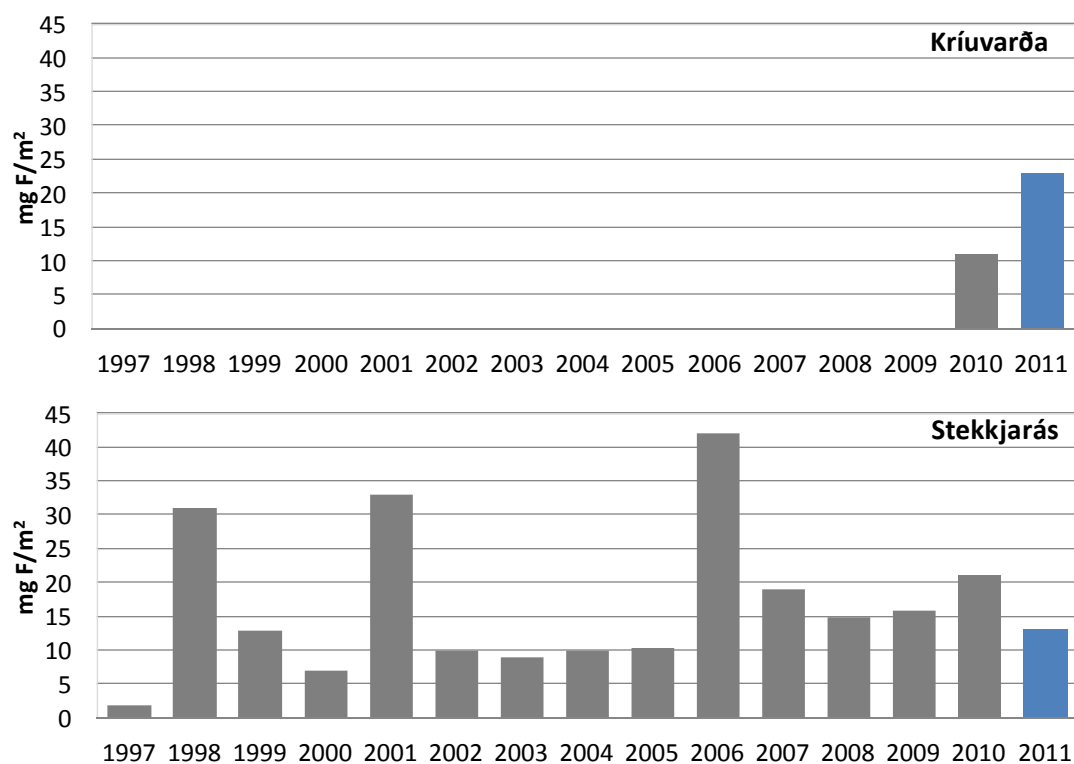
Mynd 4.16: Rykrós fyrir svifryksmengun á Krúuvörðu árið 2011

4.2.5 MÆLINGAR Á STYRK UPPLEYSTRA EFNA OG SÝRUSTIGI Í ÚRKOMU

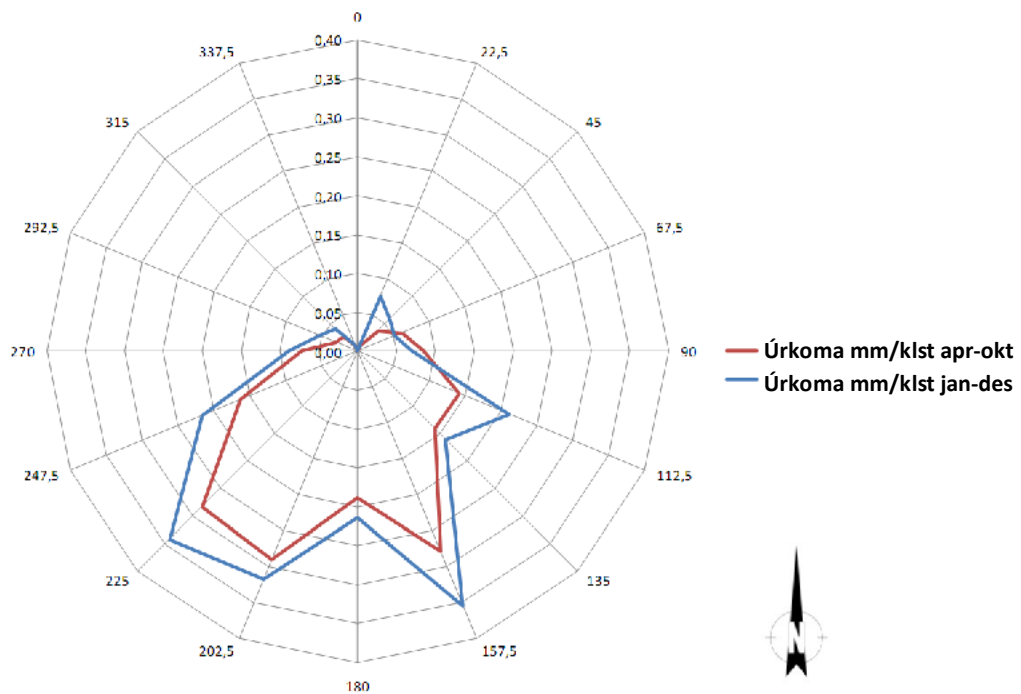
Flúor

Árið 2011 mældist flúorstyrkur í úrkomu meiri á Kríuvörðu en á Stekkjarás. Meðalstyrkur flúors í úrkomu við Stekkjarás mældist $13 \pm 5 \text{ mg/m}^2$ (mynd 4.17) en að Kríuvörðu $23 \pm 20 \text{ mg/m}^2$. Hærri styrkur flúors að Kríuvörðu skýrist af staðsetningu mælistöðvarinnar rétt norðaustan við iðnaðarsvæðið og má búast við hærri styrk flúors í sunnan- og suðvestanátt sem jafnframt eru aðalúrkomuáttirnar. Meirihluti (55%) úrkomu féll einmitt í sunnan- og suðvestanáttum árið 2011 en um 35% í suðaustanáttum, en í þeirri átt ætti flúor í úrkomu að gæta meira á Stekkjarási.

Meðalstyrkur flúors í úrkomu



Mynd 4.17: Meðalstyrkur (apríl – október) flúors í úrkomu að Kríuvörðu (2010 – 2011) og við Stekkjarás (1997 – 2011)



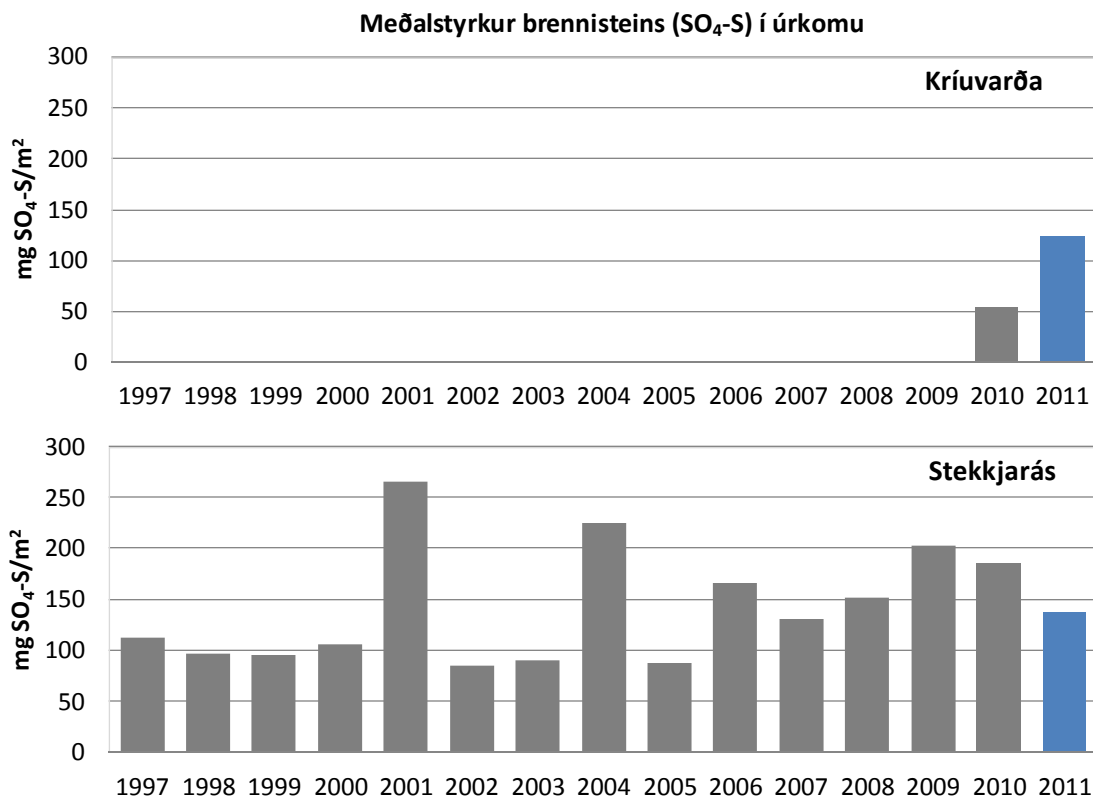
Mynd 4.18: Megin úrkomuáttir að Kríuvörðu eru sunnan- og suðvestanáttir, tímabilin apríl – október og janúar – desember 2011

Súlfat

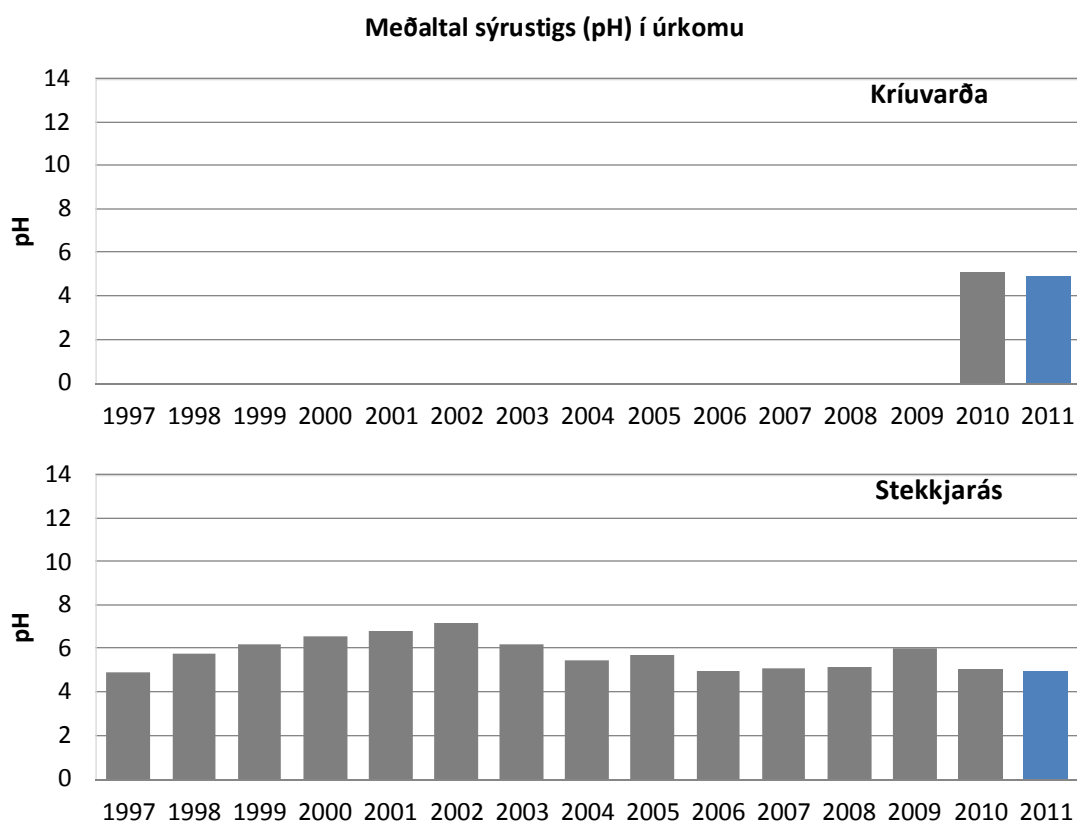
Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu (mælt sem súlfat, $\text{SO}_4\text{-S}$) mældist $137 \pm 37 \text{ mg/m}^2$ á Stekkjarási og $125 \pm 110 \text{ mg/m}^2$ við Kríuvörðu (mynd 4.19). Náttúruleg uppspretta súlfats er frá særoki og því er misjöfn fylgni súlfats í úrkomu og brennisteinstvíoxíðs mældum í andrúmslofti.

Sýrustig

Mælt sýrustig í úrkomu er svipað og mælt hefur undanfarin ár. Á Stekkjarási mældist sýrustig í úrkomu pH 5,0 og að Kríuvörðu pH 4,9 (mynd 4.20). Niðurstöður mælinga á klóríð og natríum í úrkomu má sjá í viðauka II.



Mynd 4.19: Meðalstyrkur (apríl - október) brennisteins í úrkomu að Krúuvörðu (2010 – 2011) og við Stekkjarás (1997 – 2011)



Mynd 4.20: Meðaltal (apríl – október) sýrustigs í úrkomu að Krúuvörðu (2010 – 2011) og við Stekkjarás (1997 – 2011)

5 VÖKTUN ÁRVATNA

Líkt og undanfarin ár var ferskvatnssýnum safnað norðan Hvalfjarðar úr Laxá í Leirársveit, Urriðaá, Kalmansá og Berjadalsá ofan Akraness og sunnan Hvalfjarðar úr Fossá undir Eyrarfjalli, sjá staðsetningu vöktunarstaða á mynd 5.1. Sýnum var safnað á tímabilinu frá 8. maí til 29. nóvember 2011 á tveggja til fjögurra vikna fresti, alls 10 sýni úr hverri á. Í vatnssýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, flúor, klóríð og sulfat. Sýnataka og mælingar voru unnar af NMÍ. Bakgrunns mælingar frá árinu 1997 eru til fyrir alla þætti í öllum ám nema Fossá, þar hófust mælingar árið 2000.

Kalmansá og Urriðaá renna úr annars vegar Hólmavatni og hins vegar Eiðisvatni. Rennsli þeirra er því fyrst og fremst yfirborðsvatn. Laxá, Berjadalsá og Fossá eru allar bergvatnsár. Gerð hefur verið tölfræðigreining á mælingum á efnainnihaldi vöktunaráa frá 1997 - 2011 (viðauki III) til að meta hvort marktækar breytingar á sýrustigi og efnastyrk hafa átt sér stað í ánum.



Mynd 5.1: Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði árið 2011

5.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Leiðni

Kalmansá og Urriðaá hafa töluvert hærri og breytilegri leiðni en bergvatnsárnar. Meðalleiðni bergvatnsánna var $80 \pm 9 \mu\text{S/cm}$ en $197 \pm 45 \mu\text{S/cm}$ fyrir hinar tvær árnar. Meðalleiðni allra vöktunaránna var $121 \pm 62 \mu\text{S/cm}$ sem er svipað og undanfarin ár en mikils breytileika hefur gætt frá upphafi mælinga.

Sýrustig

Sýrustig Kalmansár og Urriðaár náði lágmarki árið 2008 og hækkar nú þriðja árið í röð og mældist meðaltal þeirra nú lítillega hærra en í bergvatnsánum. Sýrustig bergvatnsánna er með lægsta móti líkt og undanfarin ár. Sýrustig í öllum ám mældist árið 2011 innan þeirra marka sem gefin eru upp fyrir sýrustig neysluvatns. Ekki hefur orðið marktæk breyting á sýrustigi á vöktunartímabilinu milli áranna 1997 og 2011.

Flúor

Meðalstyrkur flúors mældist í öllum vöktunarám langt undir því gildi sem gefið er fyrir hámarksstyrk flúors í neysluvatni. Ekki eru marktækar breytingar á styrk flúors í Laxá og Berjadalsá samanborið við árið 1997. Marktæk breyting er nú til lækkunar í Fossá milli áranna 2001 og 2011. Í Kalmansá og Urriðaá hefur hins vegar orðið marktæk aukning á styrk flúors miðað við árið 1997, þó marktæk aukning hafi ekki orðið milli áranna 2007 - 2011.

Súlfat

Styrkur súlfats í vöktunarám mældist í öllum tilfellum undir því hámarksgildi sem gefið er upp í neysluvatnsreglugerð. Bergvatnsárnar innihalda töluvert lægri súlfatstyrk en Kalmansá og Urriðaá, en styrkur súlfats í árvatni bergvatnsánna hefur haldist nokkuð stöðugt frá upphafi mælinga.

Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfisvöktun árvatna má sjá í kafla 5.2 hér fyrir aftan. Að auki er yfirlit yfir mælingar og hámarksgildi samkvæmt neysluvatnsreglugerð og niðurstöður tölfræði úrvinnslu fyrir vöktunarárna í töflu 5.1.

Tafla 5.1: Niðurstöður mælinga í vöktunaránum ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neysluvatn auk niðurstaðna frá tölfraði úrvinnslu

Mælipáttur	Meðalstyrkur	Hámarksgildi	Heimild	Niðurstöður tölfraðireikninga Breyting 2011 m.v. 1997
Flúor	(µg/L)	(µg/L)		
<i>Kalmansá</i>	115 ± 14 Min 94 Max 144	1.500	Reglugerð 536/2001	Marktæk breyting til hækkunar
<i>Urriðaaá</i>	111 ± 20 Min 84 Max 140			Marktæk breyting til hækkunar
<i>Fossá</i>	33 ± 5 Min 23 Max 39			Marktæk breyting til lækkunar (mv. 2001)
<i>Berjadalsá</i>	23 ± 5 Min 17 Max 33			Ekki marktæk breyting
<i>Laxá</i>	35 ± 7 Min 24 Max 48			Ekki marktæk breyting
Klóríð	(mg/L)	(mg/L)		
<i>Kalmansá</i>	45 ± 27 mg/L Min 25 Max 100	250	Reglugerð 536/2001	Engin tölfraði úrvinnsla
<i>Urriðaaá</i>	29 ± 5 Min 24 Max 41			
<i>Fossá</i>	11 ± 1 Min 10 Max 13			
<i>Berjadalsá</i>	16 ± 1 Min 15 Max 19			
<i>Laxá</i>	11 ± 2 Min 9 Max 15			

Tafla 5.1 framhald: Niðurstöður mælinga í vöktunaránum ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neysluvatn auk niðurstaðna frá tölfraði úrvinnslu

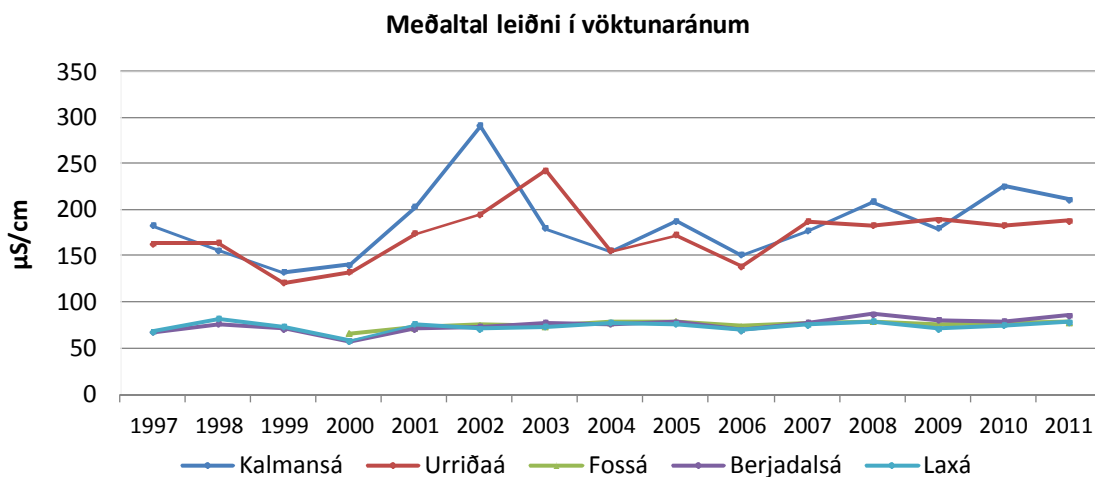
Mælipáttur	Meðalstyrkur	Hámarksgildi	Heimild	Niðurstöður tölfraðireikninga Breyting 2011 m.v. 1997
Súlfat	(mg/L)	(mg/L)		
<i>Kalmansá</i>	13 ± 2 Min 10 Max 17	250	Reglugerð 536/2001	Engin tölfraði úrvinnsla
<i>Urriðaaá</i>	12 ± 1 Min 10 Max 14			
<i>Fossá</i>	1,9 ± 0,1 Min 1,7 Max 2,1			
<i>Berjadalsá</i>	2,6 ± 0,2 Min 2,4 Max 2,9			
<i>Laxá</i>	2,2 ± 1,0 Min 0,0 Max 3,5			
Sýrustig (pH)	pH	pH		
<i>Kalmansá</i>	7,5 ± 0,3 Min 7,1 Max 8,0	6,5 - 9,5	Reglugerð 536/2001	Ekki marktæk breyting
<i>Urriðaaá</i>	7,4 ± 0,1 Min 7,1 Max 7,5			Ekki marktæk breyting
<i>Fossá</i>	7,4 ± 0,1 Min 7,2 Max 7,6			Ekki marktæk breyting
<i>Berjadalsá</i>	7,3 ± 0,1 Min 7,1 Max 7,5			Ekki marktæk breyting
<i>Laxá</i>	7,4 ± 0,2 Min 7,2 Max 7,7			Ekki marktæk breyting

5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

5.2.1 MÆLINGAR Á LEIÐNI ÁRVATNS

Leiðni vatns er háð efnainnihaldi þess en við aukið efnainnihald eykst leiðni vatnsins. Leiðnimælingarnar gefa því vísbendingu um heildarstyrk jóna í árvatni. Rétt er að taka fram að á sýnatökusvæðum Laxár, Urriðaár og Kalmansár er mjög láglent. Í stórstraumi hefur sjór því á stundum flotið upp fyrir sýnatökustaði sem leiðir af sér mikla hækkun í leiðni sem gætir í nokkurn tíma eftir slík flóð, jafnvel nokkra daga. Þetta er þekkt frá mælingum fyrri ára og þegar um er að ræða greinileg merki um þetta í sýnum eru þessar mælingar ekki reiknaðar í meðaltalið⁸.

Leiðni í Urriðaá og Kalmansá árið 2011 mældist á bilinu 144 – 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Meðaltal leiðni í Urriðaá og Kalmansá var $197 \pm 45 \mu\text{S}/\text{cm}$. Í bergvatnsánum mældist leiðni árið 2011 á bilinu 56 – 94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ þar sem meðaltalið var $80 \pm 9 \mu\text{S}/\text{cm}$. Meðaltal allra ána var $121 \pm 62 \mu\text{S}/\text{cm}$ sem er svipað og undanfarin ár en breytileikinn hefur verið mikill í gegnum árin. Mynd 5.2 sýnir reiknuð meðaltöl fyrir leiðni í mældum ám frá 1997 – 2011 (frá 2000 fyrir Fossá).



Mynd 5.2: Meðaltal fyrir leiðni í vöktunarám árin 1997 – 2011 (frá 2000 í Fossá)

5.2.2 MÆLINGAR Á SÝRUSTIGI ÁRVATNS

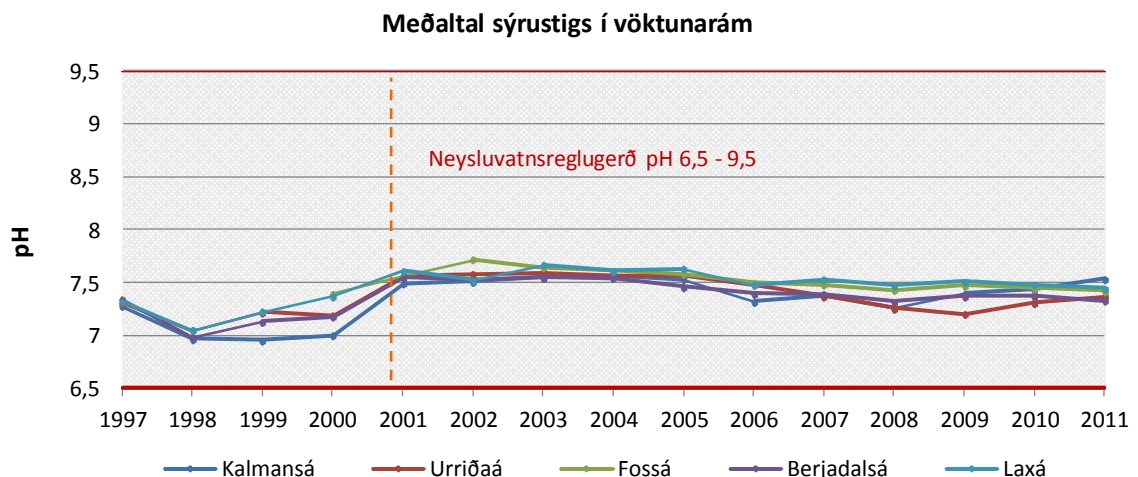
Meðal sýrustig í Kalmansá og Urriðaá mældist pH $7,44 \pm 0,25$, og var á bilinu pH 7,09 – 7,98 árið 2011. Sýrustig bergvatnsánna mældist að meðaltali pH $7,40 \pm 0,14$, á bilinu pH 7,13 – 7,72. Meðaltal mælinga á sýrustigi fyrir allar árnar var pH $7,41 \pm 0,19$ sem er svipað og það hefur verið undanfarin sex ár.

Sýrustig Kalmansár og Urriðaár náði lágmarki árið 2008 og hækkar nú þriðja árið í röð og mældist meðaltal þeirra nú lítillega hærra en í bergvatnsánum. Sýrustig bergvatnsánna er með lægsta móti líkt og undanfarin ár. Erfitt er að segja til um ástæður þeirra breytinga sem átt hafa sér stað undanfarin ár, en þær gætu verið tengdar veðurfari og mengun. En líklegt getur talist að sýrustigslækkun yfirborðsánna á árunum 2006 - 2008 hafi verið tengdar hita og úrkomu, en

⁸ Hermann Þórðarson (2012b)

vatnsmagn í ánum var með minna móti árin 2006 – 2010, samfara stækkun og framleiðsluaukningu á Grundartanga⁹.

Allar mælingar á sýrustigi árið 2011 voru innan þeirra marka sem sett eru fyrir neysluvatn (pH 6,5 – 9,5) samkvæmt reglugerð 536/2001. Á mynd 5.3 eru sýnd meðaltal sýrustigs í vöktunarám. Ekki hefur orðið marktæk hækkun eða lækkun á sýrustigi á milli áruna 1997 -2011 (viðauki III).



Mynd 5.3: Meðaltal sýrustigs í vöktunarám frá 1997 – 2011 (frá 2000 í Fossá). NMÍ tók við mælingum árið 2001, fyrir þann tíma (1997 – 2000) sáu aðrir aðilar um mælingarnar

5.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í ÁRVATNI

Meðalstyrkur flúors í Kalmansá árið 2011 mældist $115 \pm 14 \mu\text{g F/L}$ og í Urriðaa $111 \pm 20 \mu\text{g F/L}$. Í bergvatnsánum mældist meðalstyrkur flúors $30 \pm 8 \mu\text{g F/L}$, á bilinu $23 - 35 \mu\text{g/L}$, sem er svipað og undanfarin ár. Heildarstyrkur flúors hefur farið hækkandi frá og með árinu 2005 en lækkar nú bæði í Kalmansá og Urriðaa. Meðalstyrkur flúors í vöktunaránum hefur frá upphafi mælinga farið hækkandi, úr rúmlega $50 \mu\text{g F/L}$ árið 1997 í $73 \mu\text{g F/L}$ á árinu 2010 en mælist nú $61 \pm 43 \mu\text{g F/L}$.

Kalmansá og Urriðaa eru næmar fyrir flúorlosun, enda eru uppsprettur þeirra vötn, Eiðisvatn og Hólmavatn, sem staðsett eru afar nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og liggur syðsti hluti Eiðisvatns að hluta innan þýnningarsvæðisins fyrir flúor. Flúorstyrkur í þessum tveimur ám mælist þrisvar til fjórum sinnum hærra en í bergvatnsánum. Aukning á meðalstyrk flúors í Kalmansá og Urriðaa hefur aukist samhliða aukinni framleiðslugetu hjá Norðuráli, en framleiðsla hefur verið í föstum farvegi frá árinu 2009. Lægri styrkur flúors í þessum ám stafar því líklega af náttúrulegum orsökum, en vatnsmagn í Kalmansá og Urriðaa er afar mismunandi sem hefur verulega áhrif á efnainnihald þeirra. Gera má ráð fyrir að mengun í vötnum norðan iðnaðarsvæðisins sé í réttu hlutfalli við tíðni sunnan- og suðvestanátta. Árið 2011 var mun úrkomusamara og suðvestanáttir ekki eins algengar og árin á undan sem getur skýrt lægri flúorstyrk, þar sem meira vatn var í ánum og svipað eða hugsanlega minna mengunarálag á vötnin norðan iðnaðarsvæðisins⁹.

Styrkur flúors í árvatni hærri en $200 \mu\text{g/L}$ er talinn geta haft skaðleg áhrif á lax¹⁰ en ekki hefur verið skilgreindur hámarksstyrkur flúors í íslenskum ám og vötnum. Árs meðalstyrkur flúors

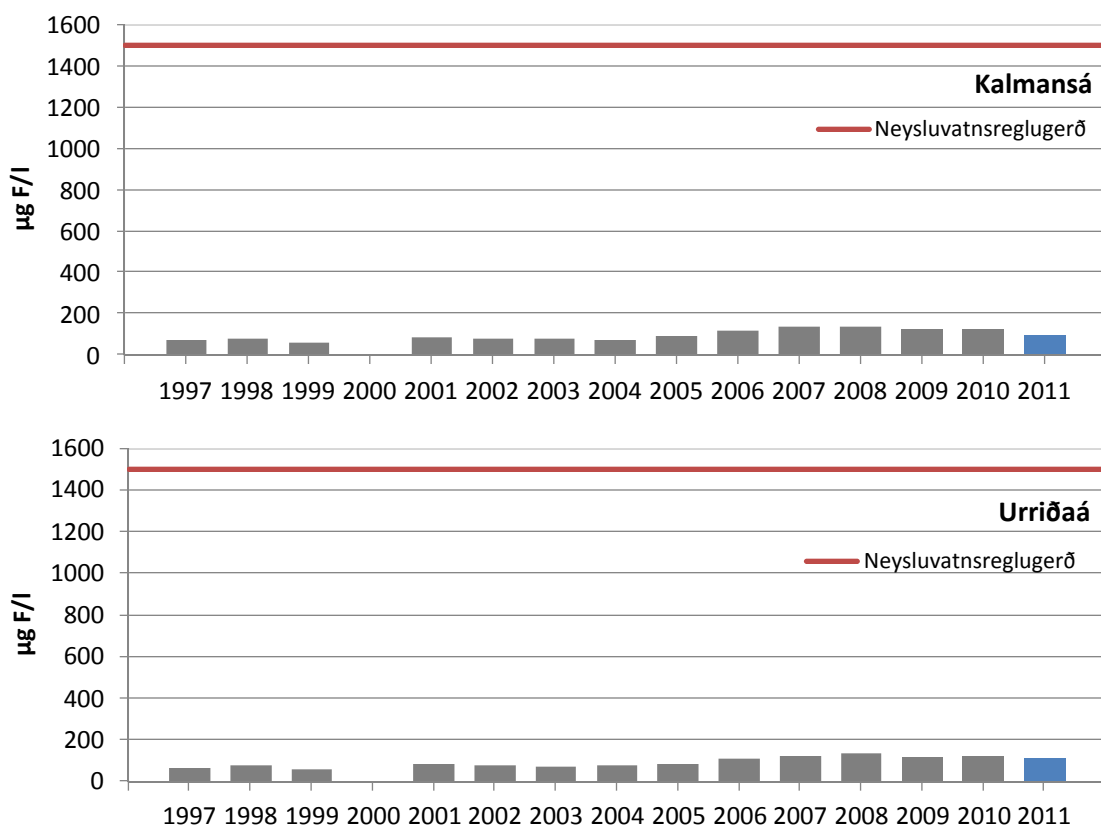
⁹ Hermann Þórðarson (2012b)

hefur aldrei mælst yfir 200 $\mu\text{g F/L}$ á vöktunartímanum í vöktunaránnum. Auk þess hefur meðalstyrkur flúors alltaf mælst langt undir hámarksgildi sem gefið er fyrir styrk flúors í neysluvatni samkvæmt reglugerð númer 536/2001 (1.500 $\mu\text{g F/L}$)

Styrkur klóríðs er mældur í vöktunaránnum svo að hægt sé að meta áhrif frá sjó. Mældur styrkur klóríðs í ánum hefur ætíð verið innan þess hámarksgildis sem sett er fyrir styrk klóríðs í neysluvatni samkvæmt reglugerð 536/2001 (250 mg Cl/L). Til að sjá áhrif sjávar er reiknað hlutfall flúors og klóríðs í Urriðaá. Hlutfall flúors/klóríðs má sjá á mynd 5.5 en hlutfallið lækkar lítillega samanborið við síðasta ár og gætti svipaðra áhrifa frá sjó árið 2011 og árið á undan og hægt er að tengja mældan styrk flúors til reksturs Norðuráls. Mánaðarmeðalstyrkur fyrir hlutfall flúors/klóríðs og mældan mánaðar meðalstyrk hvern mælímánuð má sjá í viðauka III fyrir árin 1997 – 2011.

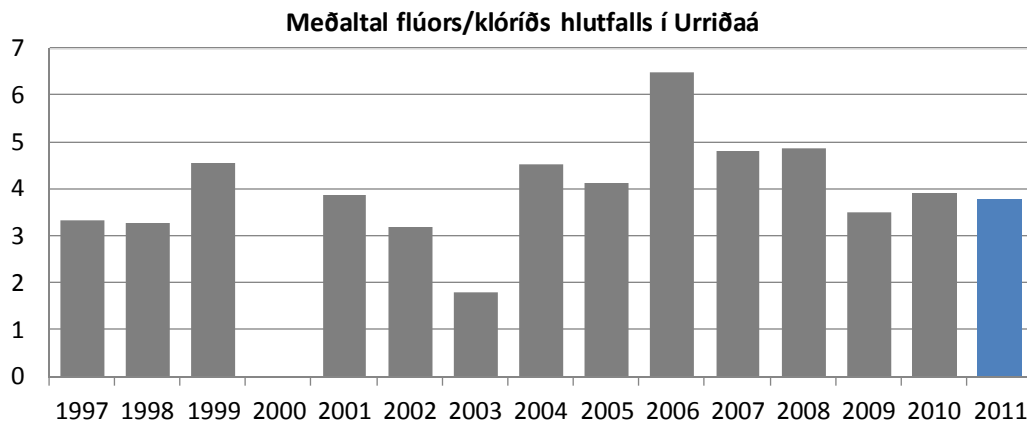
Líkt og undanfarin ár er áhrif flúors í bergvatnsánnum óveruleg og hefur styrkur flúors haldist nánast óbreyttur frá árinu 2000 og sveiflur rúmast innan náttúrulegs breytileika. Áhrif flúors eru hins vegar allnokkur í Kalmansá og Urriðaá en mælingar á styrk flúors hafa haldist í hendur við aukna framleiðslu í álverinu.

Meðalstyrkur flúors í árvötnum



Mynd 5.4: Meðalstyrkur flúors í Kalmansá og Urriðaá 1997 – 2011 og hámarksstyrkur flúors samkvæmt neysluvatnsreglugerð

¹⁰ Richard G. Foulkes og Anne C. Anderson (1994)



Mynd 5.5: Meðaltal flúors/klóríðs hlutfalls í Urriðaa árin 1997 – 2011

Ekki hafa orðið marktækar breytingar á styrk flúors í Laxá og Berjadalsá samanborið við bakgrunnsgildið frá 1997. Marktæk breyting er nú til lækkunar í Fossá milli árunna 2001 og 2011. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á flúorstyrk í Kalmansá og Urriðaa milli árunna 1997 og 2011. Hins vegar hefur ekki orðið marktæk breyting milli árunna 2007 – 2011 (viðauki III).

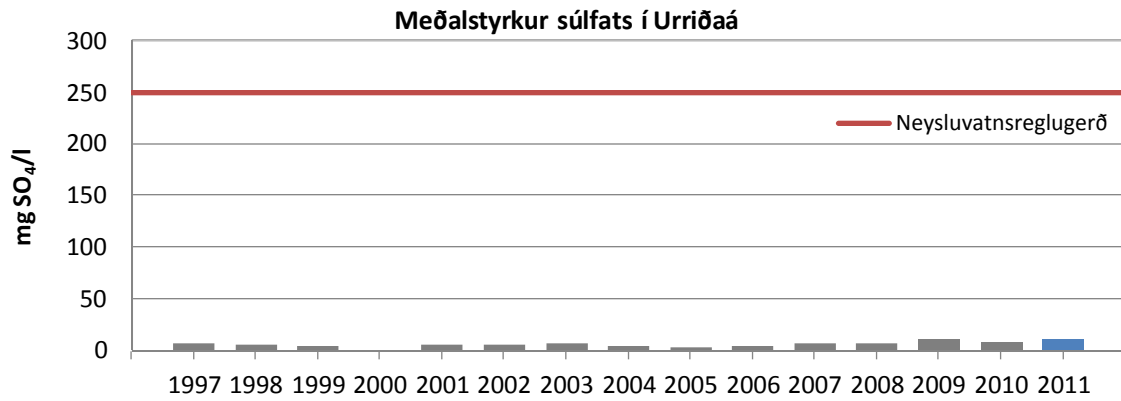
5.2.4 MÆLINGAR Á STYRK SÚLFATS Í ÁRVATNI

Styrkur súlfats í vöktunaránum mældist í öllum tilfellum undir því hámarksgildi sem sett eru fyrir styrk súlfats í neysluvatni (250 mg SO₄/L) skv. reglugerð 536/2001. Styrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaa var líkt og áður töluvert hærri en mældur styrkur í bergvatnsánum. Meðalstyrkur bergvatnsánna var 2,2 ± 0,6 mg SO₄/L en 11,2 ± 4,2 mg SO₄/L fyrir Kalmansá og Urriðaa (sjá mynd 5.6 fyrir Urriðaa).

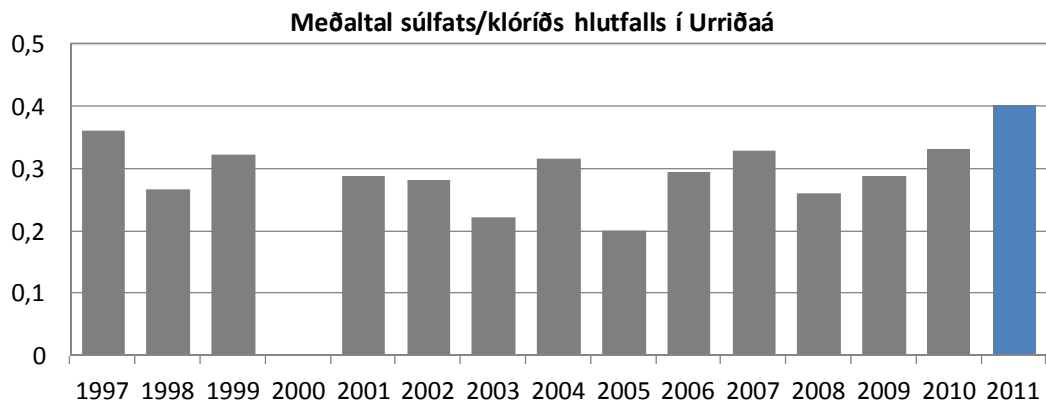
Styrkur súlfats í árvatni bergvatnsánna hefur haldist nokkuð stöðugur frá upphafi en meðalstyrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaa hefur verið breytilegur. Þar spilar meðal annars inn í breytileiki sem háður er veðri og vindum, en súlfat á sér uppsprettu í sjó sem getur til dæmis komið að landi með særoki. Aukning í mældum súlfatstyrk yfirborðsánna hefur frá árinu 2006 verið í takt við aukningu flúorstyrks. Þá hefur fylgni milli aukningar í súlfatstyrk og lækkunar á sýrustigi verið nokkuð sterk undanfarin ár, en ekki árið 2011, þegar styrkur súlfats eykst í Kalmansá og Urriðaa, en sýrustig hækkar¹¹. Styrkur súlfats í vöktunarám mældist í öllum tilfellum undir því hámarksgildi (250 mg SO₄/L) sem gefið er upp í neysluvatnsreglugerð (536/2001).

Til að sjá áhrif sjávar er reiknað hlutfall súlfats og klóríðs í Urriðaa. Á mynd 5.7 má sjá að hlutfall súlfats/klóríðs hækkar frá síðasta ári og gætti því minni áhrifa frá sjó árið 2011 en árið á undan og styrk súlfats í ánni má því meðal annars rekja til reksturs iðjuveranna. Mánaðarmeðaltal fyrir hlutfall súlfats/klóríðs og mældan mánaðar meðalstyrk hvern mælímánuð má sjá í viðauka III fyrir árin 1997 – 2011.

¹¹ Hermann Þórðarson (2012b)



Mynd 5.6: Meðalstyrkur súlfats í Urriðaa 1997 – 2011, ekki var mælt árið 2000 og hámarksstyrkur súlfats samkvæmt neysluvatnsreglugerð



Mynd 5.7: Meðaltal súlfat/klóríðs hlutfalls í Urriðaa árin 1997 – 2011, ekki var mælt árið 2000

6 VÖKTUN GRÓÐURS

Við vöktun gróðurs er mældur styrkur flúors í plöntuvef. Gróðurtegundir eru misþolnar gagnvart flúorinnihaldi og eru því mælingar gerðar á þremur mismunandi gróðurtegundum; grasi, laufi (birki, reyni, úlfareyni) og barri (bergfuru, greni, stafafuru). Árið 2011 var gróðursýnum safnað þrisvar sinnum á vöktunartímanum, þann 23. júní og 8. september var grasi og laufi safnað og þann 17. nóvember var barri safnað. Söfnun sýna var í höndum NMÍ. Tímasetningar fyrir söfnun gróðursýna eru miðaðar út frá vaxtartímabili gróðurs. Þegar sýnum er safnað í júní er vöxtur plantnanna hraðastur en í september er komið að lokum vaxtatímabilsins. Sýnum var safnað sunnan og norðan megin Hvalfjarðar, alls 64 sýnum af grasi og laufi (32 í hvorri sýnatökuferð) og 44 sýnum af barri. Lítil úrkoma mældist dagana fyrir sýnatöku í júní og september. Úrkoma mældist nokkur dagana áður en sýnum af barri var safnað.

Vöktunarstaðir gróðurs eru ellefu talsins (mynd 5.1), sjö norðan Hvalfjarðar og fjórir sunnan fjarðar. Tveir nýir mælistaðir bættust við á árinu 2011, Ferstikla (norðan fjarðar) og Háls í Kjós (sunnan fjarðar). Tveir staðir liggja innan þynningarsvæðis, Stekkjarás innan þynningarsvæðis fyrir flúor og Fannahlíð innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Á einum sýnatökustað (Gröf II við hús) var safnað sýnum af grasi og laufi en á hinum tíu af grasi, laufi og barri. Gerð hefur verið tölfræðigreining á flúorstyrk í grasi, laufi og barri til að meta hvort marktækar breytingar á flúorstyrk hafi átt sér stað milli ára (viðauki IV).



Mynd 6.1: Vöktunarstaðir fyrir gróður í Hvalfirði árið 2011

Þolmörk viðkvæms gróðurs gagnvart styrkleika flúors í lofti (HF) eru talin vera 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yfir 5-6 mánaða tímabil. Sá styrkur í andrúmslofti getur leitt til uppsöfnunar á um 30 $\mu\text{g}/\text{g}$ af flúor í plöntuvef¹². Þolnar tegundir gagnvart flúor í andrúmslofti eru t.d. krækilyng og birki á meðan grös eru miðlungspolnar tegundir¹³. Talin þolmörk gagnvart flúor í vef og andrúmslofti er að finna í töflu 6.1.

Tafla 6.1: Talin þolmörk mismunandi gróðurtegunda gagnvart flúor í lofti (HF) og flúor í plöntuvef

Styrkur flúors í lofti [$\mu\text{g HF}/\text{m}^3$]	Styrkur flúors í plöntuvef [$\mu\text{g F}/\text{g}$]	Talin áhrif
0 - 0,02	0 - 10	Engin – gildið telst vera bakgrunnsgildi
0,02 - 0,2	10 - 30	Engin
0,2 - 0,6	30 - 100	Hnignun viðkvæmra tegunda, einkum mosa, fléttna, barrtrjáa
0,6 - 1,2	100 - 200	Hnignun miðlungspolinna tegunda, t.d. flestra grasa
> 1,2	> 200	Hnignun þolinna tegunda, t.d. lauftrjáa og krækilyngs

6.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Gras

Allar mælingar á styrk flúors í plöntuvef grasa eru undir töldum þolmörkum grasa og grasbíta. Frá upphafi mælinga 1997 hefur orðið marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í grasi bæði norðan og sunnan fjarðar.

Lauf

Allar mælingar á styrk flúors í plöntuvef lauftrjáa voru undir töldum þolmörkum lauftrjáa. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í laufi bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar miðað við árið 1997.

Barr

Mældur meðalstyrkur flúors í eins árs og tveggja ára barri á öllum vöktunarstöðum er undir töldum þolmörkum barrtrjáa. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í eins og tveggja ára barri miðað við 1997.

Tveir vöktunarstaðir bættust við á árinu 2011 og því ekki til samanburður milli ára fyrir þessa staði. Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfisvöktun gróðurs má sjá í kafla 6.2. Að auki er yfirlit yfir meðalstyrk flúors í grasi, laufi og barri ásamt töldum þolmörkum og niðurstöðum tölfræði úrvinnslu í töflu 6.2.

¹² R. Liteplo o.fl. (2002)

¹³ Friðrik Pálmason og Skye (1999); Horntvedt og Øyen (1994); Ongstad o.fl. (1994); Weinstein og Davison (2004)

Tafla 6.2: Niðurstöður flúormælinga í grasi, laufi og barri á öllum vöktunarstöðum árið 2011 ásamt þolmörkum

	Vöktunarstaður	Styrkur í júní (µg/g)	Styrkur í september (µg/g)	Þolmörk gróðurs/grasbíta	Athugasemd	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 1997	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 2007
Flúor í grasi							
Norðan fjarðar	<i>Stekkjars</i>	18	19	30 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk grasbíta	Marktæk breyting til hækkunar	Ekki marktæk breyting
	<i>Fannahlíð</i>	6	18				
	<i>Fellsaxlarkot</i>	2	11				
	<i>Ferstikla (nýr)</i>	4	6				
	<i>Gröf II við veg*</i>	21	6				
	<i>Gröf II við hús*</i>	6	16				
	<i>Hlíð*</i>	8	7				
Sunnan fjarðar	<i>Félagsgarður</i>	5	4	100-200 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk grasa		
	<i>Fossbrekka</i>	3	1				
	<i>Háls í Kjós (nýr)</i>	4	6				
	<i>Reynivellir</i>	4	6				

	Vöktunarstaður	Meðalstyrkur í júní (µg/g)	Meðalstyrkur í september (µg/g)	Þolmörk gróðurs	Athugasemd	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 1997	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 2007
Flúor í laufi							
Norðan fjarðar	<i>Stekkjars</i>	38	44	200 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk lauftrjáa	Marktæk breyting til hækkunar	Ekki marktæk breyting
	<i>Fannahlíð</i>	10	39				
	<i>Fellsaxlarkot</i>	14	37				
	<i>Ferstikla (nýr)</i>	4	6				
	<i>Gröf II við veg*</i>	35	23				
	<i>Gröf II við hús*</i>	21	17				
	<i>Hlíð*</i>	8	10				
Sunnan fjarðar	<i>Félagsgarður</i>	6	11				
	<i>Fossbrekka</i>	5	3				
	<i>Háls í Kjós (nýr)</i>	4	6				
	<i>Reynivellir</i>	6	10				

Tafla 6.2 framhald: Niðurstöður flúormælinga í grasi, laufi og barri á öllum vöktunarstöðum árið 2011 ásamt þolmörkum

	Vöktunarstaður	Styrkur í júní (µg/g)	Styrkur í september (µg/g)	Þolmörk gróðurs	Athugasemd	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 1997	Niðurstöður tölfræðireikninga. Breyting 2011 m.v. 2007
	Flúor í barri	Meðalstyrkur 1 árs barr	Meðalstyrkur 2 ára barr				
Norðan fjarðar	<i>Stekkjarás</i>	7	13	30 - 100 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk barrtrjáa	Ekki marktæk breyting í 1 og 2 ára barri	Ekki marktæk breyting í 1 og 2 ára barri
	<i>Fannahlíð</i>	9	14				
	<i>Fellsaxlarkot</i>	6	12				
	<i>Ferstikla (nýr)</i>	0	1				
	<i>Gröf II við veg*</i>	3	3				
	<i>Hlíð*</i>	1	4				
Sunnan fjarðar	<i>Félagsgarður</i>	0	1			Ekki marktæk breyting í 1 og 2 ára barri	Ekki marktæk breyting í 1 og 2 ára barri
	<i>Fossbrekka</i>	1	1				
	<i>Háls í Kjós (nýr)</i>	2	1				
	<i>Reynivellir</i>	2	2				

* Mælingar hófust árið 2009 við Gröf II við veg og Hlíð, en árið 2010 við Gröf II við hús.

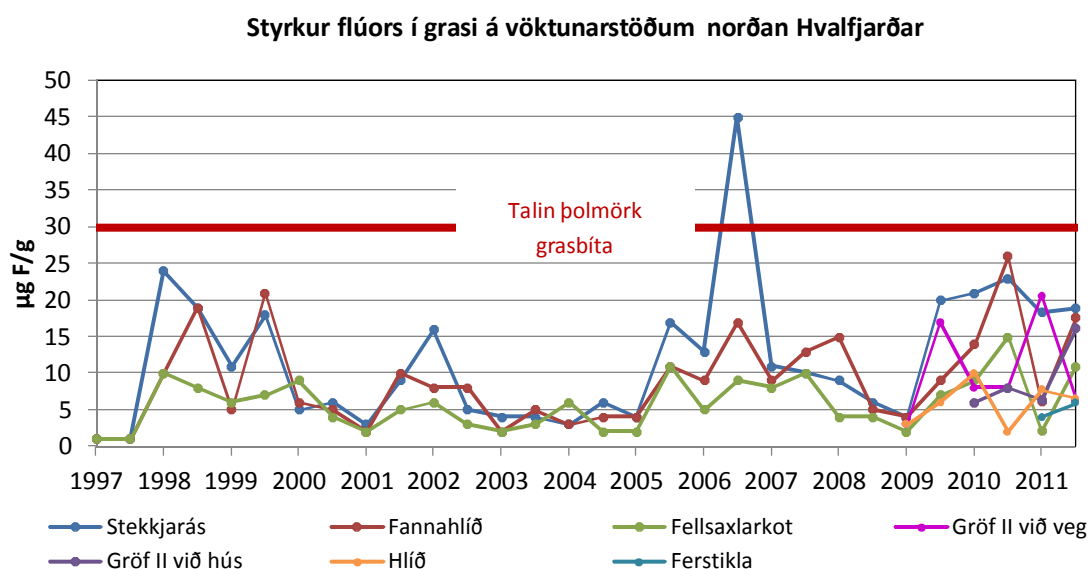
6.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

6.2.1 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í GRASI

Á sjö af ellefu vöktunarstöðum, Stekkjarási, Fannahlíð, Fellsaxlarkoti, Ferstiklu, Gröf II við hús, Hálsi í Kjós og Reynivöllum mældist styrkur flúors í grasi hærri í september en í júní. Við Gröf II við veg, Hlíð, Félagsgarð og Fossbrekku var því öfugt farið. Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka IV.

Styrkur flúors á árinu 2011 mældist í öllum tilvikum innan talinna þolmarka grasbíta gagnvart flúor í fóðri ($30 \mu\text{g F/g}$)¹⁴ og innan talinna þolmarka grasa gagnvart flúor í plöntuvef ($100 - 200 \mu\text{g F/g}$), sbr. töflu 5.1 (mynd 6.2 og mynd 6.3). Lægstur styrkur mældist í grasi frá Fossbrekku í september, $1 \mu\text{g/g}$, en hæsti styrkur mældist í grassýnum frá Gröf II við veg í júní, $21 \mu\text{g/g}$.

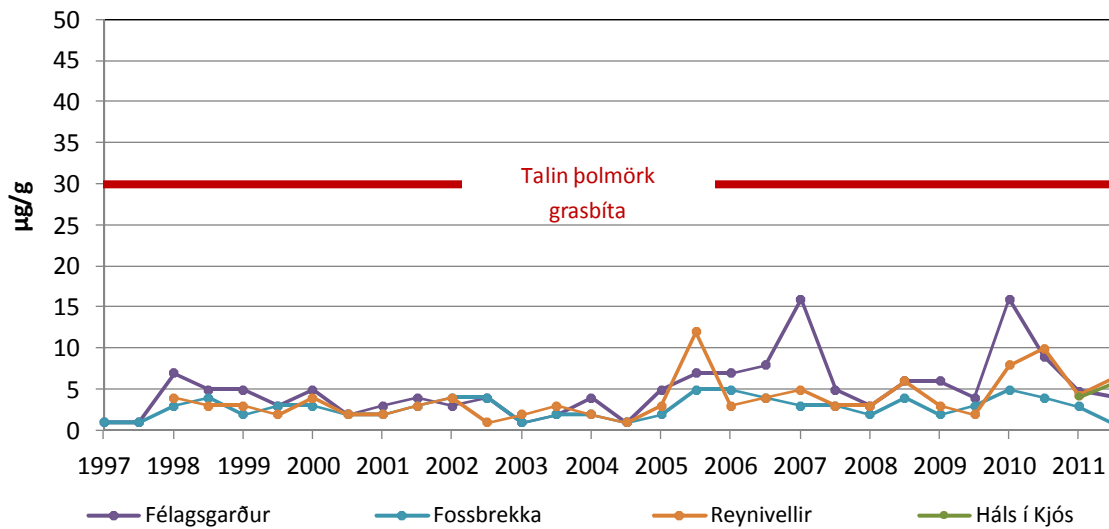
Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan og sunnan fjarðar milli áranna 1997 og 2011. Breytileiki á mæligildum milli ára er umtalsvert meiri norðan fjarðar en sunnan (viðauki IV). Meðalstyrkur flúors mældist marktækt hærri norðan fjarðar en sunnan árið 2011.



Mynd 6.2: Styrkur flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997 til 2011

¹⁴ Weinstein og Davison (2004)

Styrkur flúors í grasi á vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar



Mynd 6.3: Styrkur flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997 til 2011

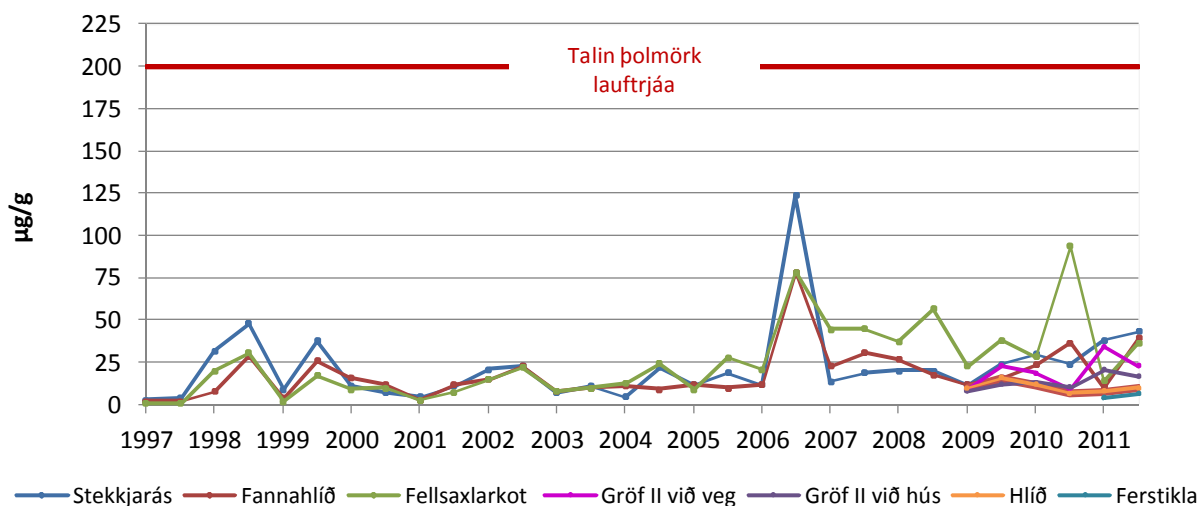
6.2.2 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í LAUFI

Í september mældist hærri styrkur flúors í laufi í sýnum safnað á átta vöktunarstöðum, þ.e. Stekkjarási, Fannahlíð, Fellsaxlarkoti, Ferstiklu, Hlíð, Félagsgarði, Hálsi í Kjós og Reynivöllum. Á Gröf II við veg og við hús og Fossbrekku mældist styrkur flúors hærri í júní. Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka IV.

Styrkur flúors í laufi mældist í öllum tilvikum innan talinna þolmarka lauftrjáa, samanber töflu 5.1 (200 µg/g). Lægstur meðalstyrkur flúors mældist í laufsýnum frá Fossbrekku í september, 3 µg/g, en hæsti meðalstyrkurinn í laufsýnum frá Stekkjarási í september, 44 µg/g. Myndir 5.4 og 5.5 sýna mældan meðalstyrk flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar á öllum vöktunarstöðum frá árinu 1997.

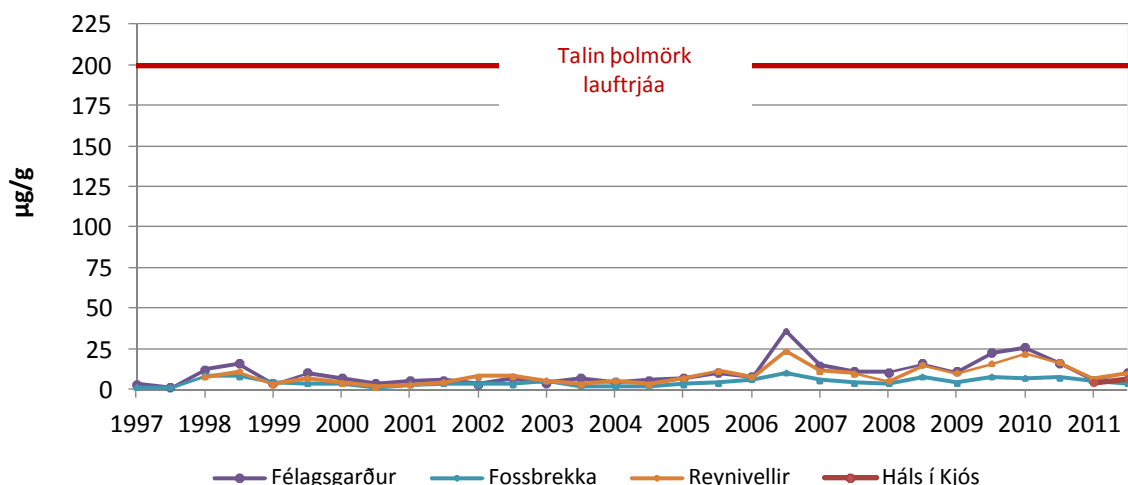
Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í laufi frá öllum vöktunarstöðum norðan og sunnan fjarðar milli árána 1997 og 2011. Breytileiki á mæligildum milli ára er meiri norðan fjarðar en sunnan (viðauki IV). Meðalstyrkur flúors mældist marktækt hærri í laufsýnum teknum norðan fjarðar en sunnan árið 2011.

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar



Mynd 6.4: Meðaltalsstyrkur flúors í laufi frá vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997-2011

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar



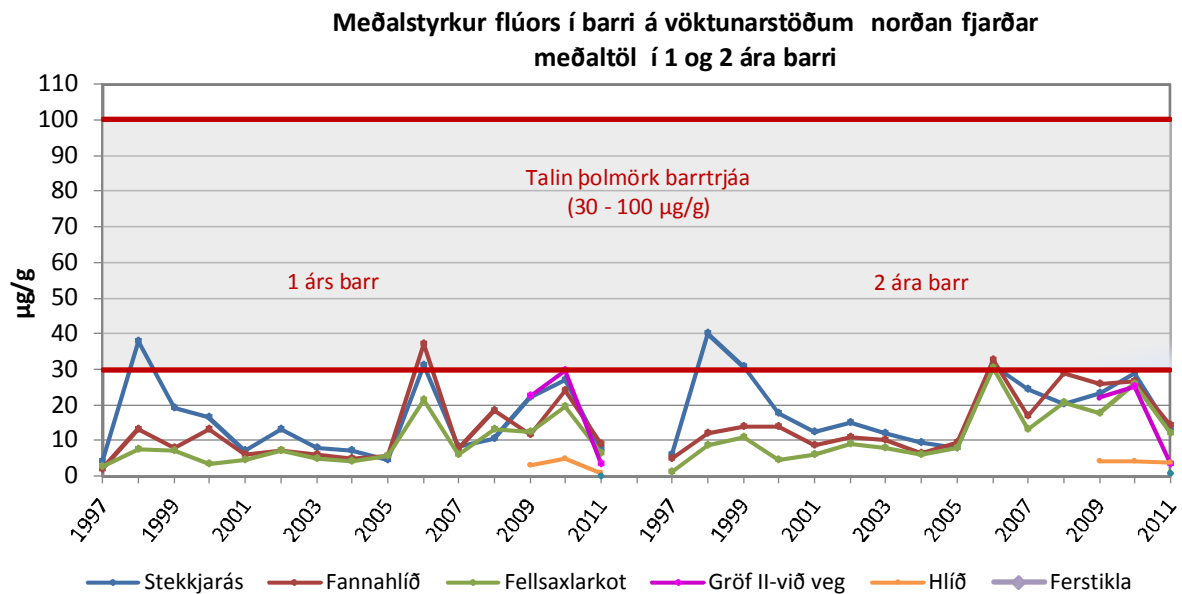
Mynd 6.5: Meðaltalsstyrkur flúors í laufi frá vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997-2011

6.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í BARRI

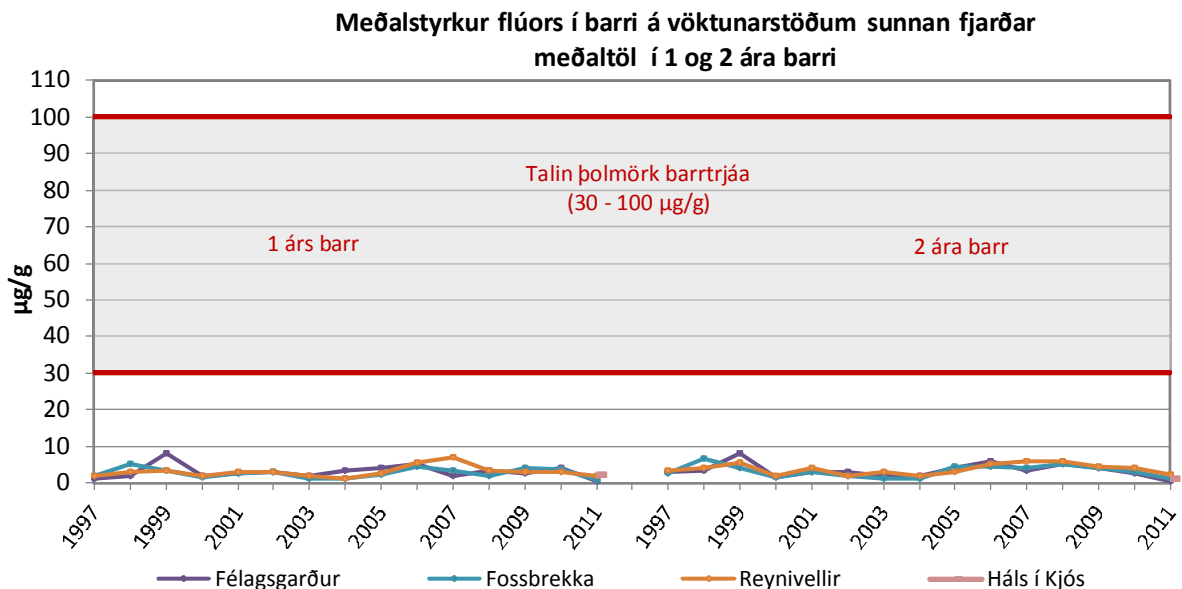
Styrkur flúors í tveggja ára barri mældist í öllum tilvikum, nema einu, hærri eða jafn styrk flúors í eins árs barri og mældist lægri en undanfarin ár. Það má væntanlega rekja til talsverðrar úrkomu síðla hausts, en á tveggja vikna tímabili fyrir sýnatökuna voru 12 dagar þar sem úrkoma mældist, þar af 10 dagar þar sem úrkoma var meiri en 1 mm.

Þolmörk barrtrjáa gagnvart flúor eru talin vera á bilinu 30 – 100 µg/g. Meðalstyrkur flúors í barri mældist í öllum tilvikum undir 30 µg/g. Styrkur flúors í eins og tveggja ára barri mældist hærri á vöktunarstöðum norðan fjarðar en sunnan.

Hvorki er marktæk breyting á styrk flúors milli áranna 1997 og 2011 í eins né tveggja ára barri norðan og sunnan fjarðar né milli áranna 2007 og 2011. Marktæk breyting til lækkunar er í styrk flúors í eins árs barri norðan fjarðar milli áranna 2010 og 2011 (viðauki IV).



Mynd 6.6 Meðalstyrkur flúors í eins og tveggja ára barri frá vöktunarstöðum norðan fjarðar árin 1997-2011



Mynd 6.7 Meðalstyrkur flúors í eins og tveggja ára barri (samanlagt í þurrefni og skoli) frá vöktunarstöðum sunnan fjarðar árin 1997-2011

7 VÖKTUN FLÉTTNA OG MOSA Í KLAPPARREITUM

Klapparsamfélög mosa og fléttna hafa verið vöktuð í föstum reitum í nágrenni iðnaðarsvæðisins við Grundartanga frá árinu 1976. Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosa og fléttutegundum (blað-, runn- og hrúðurfléttur) innan vöktunarreitanna auk þess sem háplöntur voru rannsakaðar að nokkru marki. Mosar og fléttur er einn viðkvæmasti gróðurinn gagnvart flúor og brennisteini í lofti því hann tekur alla næringu úr lofti, er mjög hægvoxta og sígrænn (getur ekki losað sig við óæskileg efni). Mengunarefni safnast því smám saman í þennan gróður og gefur vísbendingu um uppsöfnun mengunarefna í náttúrunni.

Alls voru 52 reitir (40 x 50 sm) settir upp og merktir á 15 stöðum árin 1975 og 1976, sjö í innan við 3,5 km fjarlægð frá Grundartanga og átta fjær, sú fjærsta í Hvalfjarðbotni í rúmlega 20 km fjarlægð. Árið 1999 var tíu reitum bætt við með stefnu frá iðjuverunum á Grundartanga í stefnu á Akrafjall (sbr. mynd 7.1). Af þeim 62 reitum sem settir hafa verið út, er einn horfinn vegna stækkunar Norðuráls.

Frá því að föstu reitirnir voru lagðir út 1975 og 1976 hafa þeir verið þekjumeðtír tvisvar sinnum áður, árin 1997 og 2006 og ljósmyndaðir reglulega¹⁵. Árið 2011 fór vettvangsvinna fram dagana 3. - 7. október 2011 af starfsmönnum Náttúrufræðistofnunar Íslands, sem tóku ljósmyndir af 61 klapparreit og mátu þekju mosa og fléttugróðurs á reitunum¹⁶. Þá fundust aftur þrír reitir sem áður voru taldir glataðir.

Sýni af snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) voru tekin á þremur stöðum til efnagreiningar á magni flúors og brennisteins, þ.e. á Stekkjarási í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga (innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð) og í tveimur reitum í um 2 km og 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga (báðir innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð). Samanburðarsýni voru tekin við Hreðavatn. Áður hafa sýni af klettastrýi (*Ramalina subfarinacea*) einnig verið efnagreind en dregið hefur úr útbreiðslu hennar á svæðinu og því ekki lengur hægt að safna henni í því magni sem þarf til efnagreininga án þess að ganga nálægt stofni hennar. Í hverju sýni var mælt magn flúors, brennisteins og hlutfall jarðvegs í sýni miðað við þyngd og voru þær mælingar unnar á NMÍ.

¹⁵ Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson (1999), Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson (2007), Hörður Kristinsson (2000) og Hörður Kristinsson (2004)

¹⁶ Starri Heiðmarsson (2012)



Mynd 7.1: Yfirlitskort yfir staðsetningu fastra klappareita í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga

7.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og blað- og runnfléttum þar sem þessir hópar eru taldir viðkvæmari fyrir loftmengun en háplöntur og hrúðurfléttur. Að meðaltali urðu litlar þekjubreytingar frá árinu 2006 en í einstökum reitum minnkaði þekja þessara hópa allt að 35%. Mesta þekjuaukning í einstökum reitum var um 20%. Meiri breytileika gætti í reitum sem staðsettir voru nálægt iðnaðarsvæðinu en ekki varð vart við einhliða hnignun sem rekja má til loftmengunar.

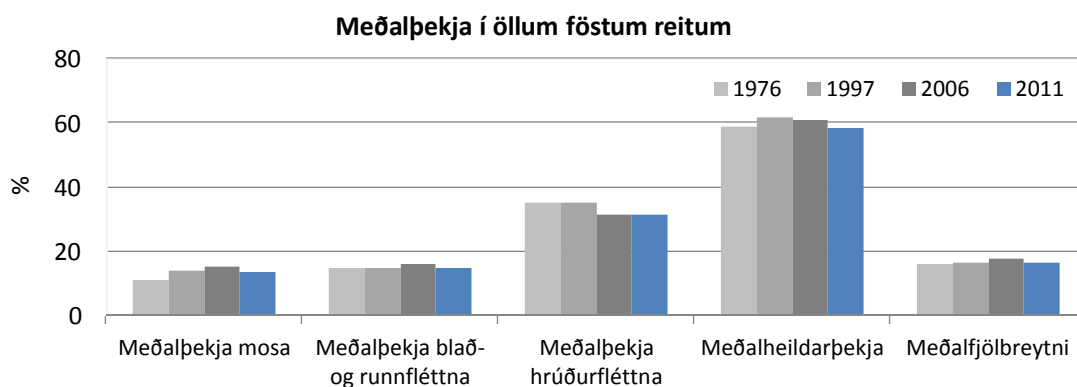
Hærri styrkur flúors og brennisteins mældist í fléttum í grennd við iðnaðarsvæðið en fjær því. Mældur styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju hefur lækkað samanborið við mælingar ársins 2006, nema í snepaskóf við Stekkjarás. Styrkur flúors mældist hærri í snepaskóf en hraunbreyskju og mun hærri í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnum við Hreðavatn. Styrkur flúors í snepaskóf og hraunbreyskju mældist yfir þolmörkum fléttna gagnvart flúor, þó er ekki sýnilegur skaði á snepaskóf og hraunbreyskju en runnfléttunni klettastrý hefur hnignað mikið.

7.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

7.2.1 ÞEKJA TEGUNDA OG TEGUNDASAMSETNING

Talið er að mosar auk blað- og runnfléttna séu viðkvæm gagnvart áhrifum loftmengunar og eru þessar tegundir því valdar til vöktunar á umhverfinu. Út frá ljósmyndum af 61 klappareit var metið hvort og hvaða breytingar hafi orðið á þekju mosa eða fléttna frá árinu 2006 og frá upphafi vöktunar 1976¹⁷. Engin augljós tengsl eru milli fjarlægðar frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og breytinga á þekju á tímabilinu 2006-2011 (viðauki V). Þrátt fyrir að hnignunar verði vart á þekju blað- og runnfléttna í fleiri reitum nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga, er sú breyting frekar óregluleg og ekki auðvelt að tengja hana beint við loftmengun. Fleiri reitir nærri iðnaðarsvæðinu sýna mikla hnignun blað- og runnfléttna en reitir sem eru fjær því. Margir reitir nærri iðnaðarsvæðinu sýna engu að síður þekjuaukningu og því erfitt að útiloka að um eðlilega endurnýjun sé að ræða.

Vöktunin leiðir í ljós að ekki er um miklar breytingar að ræða á sýnilegri meðalþekju mosa, blað- og runnfléttna og hrúðurfléttna yfir vöktunartímabilið. Það sama á við um meðalheildarþekju (mynd 7.2). Meðalfjölbreytni tegunda í öllum föstum reitum mældist aðeins lægri milli áranna 2006 og 2011 þ.e. 17,9 tegundir að meðaltali í reit árið 2006 niður í 16,5 tegundir að meðaltali í reit árið 2011 sem er svipað og var árið 1976.

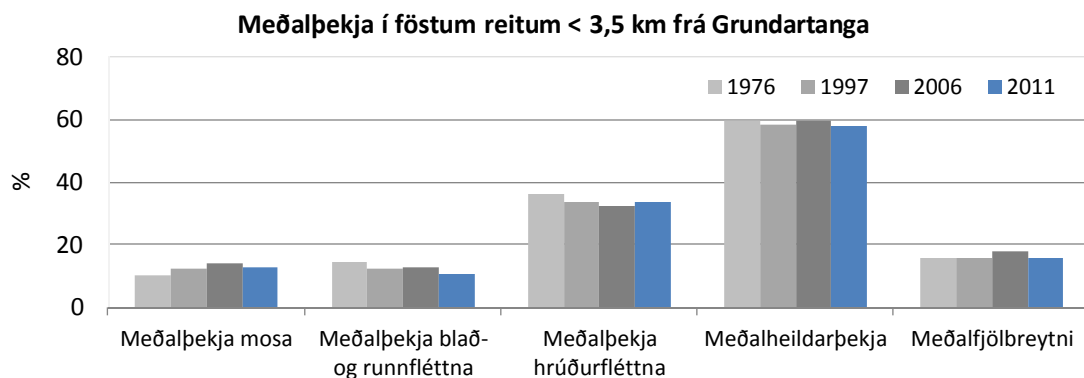


Mynd 7.2: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal tegunafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2011

Gróðurbreytingar næst Grundartanga (< 3,5 km)

Alls voru sjö svæði vöktuð sem eru nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km (mynd 7.1). Að meðaltali er þekja mosa metin meiri árið 2011 en árið 1976 í reitum sem eru næst iðnaðarsvæðinu. Hins vegar er þekja blað- og runnfléttna metin minni í sömu reitum yfir sama tímabil, það sama má segja um meðalþekju hrúðurfléttna (mynd 7.3). Meðalfjölbreytni tegunda er svipaður yfir vöktunartímabilið. Í viðauka V má sjá nánara þekjumat fyrir hvern reit fyrir sig. Tafla 7.1 inniheldur yfirlit yfir samanburð á þekjumati milli áranna 1976-2011.

¹⁷ Starri Heiðmarsson (2012)



Mynd 7.3: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal tegunafjölda í öllum föstum reitum, nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2011

Tafla 7.1: Yfirlit yfir samanburð á þekjumati mosa, blað- og runnfléttna og hrúðurfléttna staðsett innan við 3,5 km frá Grundartanga milli árunna 1976 og 2011

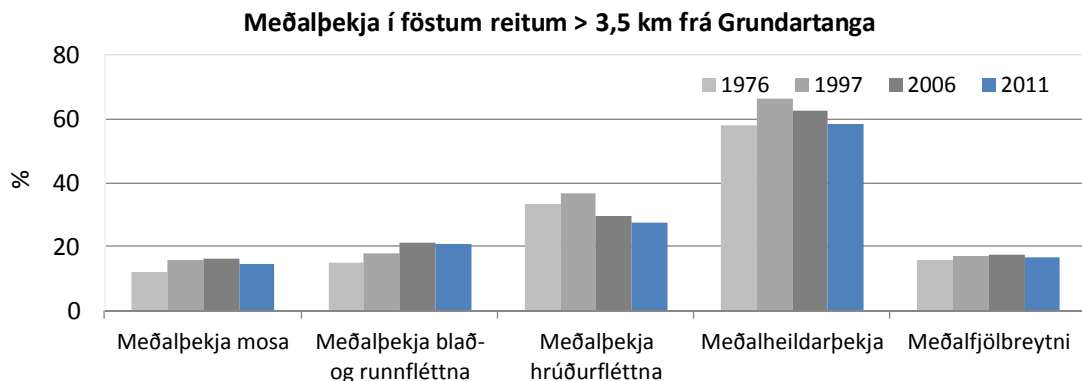
Vöktunarreitir	Mosar	Blað-og runnfléttur	Hrúður-fléttur	Heildar-þekja	Skýring á breytingu á heildarþekju	Tegunda-fjöldi
Samanburður á þekjumati milli árunna 1976 og 2011						
Stekkjarás (í 1 km fjarlægð)	-	↓	↑	↓	Minnkun á þekju blað- og runnfléttna	↑
Selás (í <2 km fjarlægð)	↑	↑	↑	↑	Aukning á þekju mosa og blað- og runnfléttna	↑
Bjarnarholt (í 2 km fjarlægð)	↑	↓	↓	↓	Minnkun á þekju fléttna	↓
Álfholt (í >3 km fjarlægð)	↑	↓	↓	↓	Minnkun á þekju snepaskófar	-
Langholt (í <3 km fjarlægð)	↑	↓	↓	↓	Minnkun á þekju blað og - runnfléttna	-
Kalmansá (í 3 km fjarlægð)	↑	↓	-	↓	Minnkun á þekju blað og - runnfléttna.	↓
Akrafjall (reitir nr. 53-55 í 1,9 km fjarlægð)*	↓	↑	↑	-	Lítill breyting á heildarþekju	↑
Akrafjall (reitir nr. 56-59 í 2,2-2,3 km fjarlægð)*	-	-	↓	↓	Minnkun á þekju hrúðurfléttna	-
Akrafjall (reitir nr. 60-62 í 2,4 km fjarlægð)*	↓	↓	-	↓	Minnkun á þekju snepaskófar	-

* samanburður milli árunna 1999 og 2011

- ↑ þekjumati til hækkunar
- ↓ þekjumati til lækkunar
- Litlar breytingar á þekjumati

Gróðurbreytingar fjær Grundartanga (>3,5 km)

Alls voru átta svæði vöktuð sem eru fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km (mynd 7.1). Það næsta er ofan Hvalfjarðareyrar í 4 km fjarlægð og það fjærsta er í 20 km fjarlægð í Hvalfjarðarbotni. Að meðaltali er þekja mosa metin aðeins meiri árið 2011 en árið 1976 í reitum sem eru fjær iðnaðarsvæðinu. Meðalþekjumat blað- og runnfléttna sýnir aukningu í sömu reitum yfir sama tímabil, en hins vegar lækkar meðalþekjumat hrúðurfléttna (mynd 7.4). Meðalfjölbreytni tegunda er svipaður yfir vöktunartímabilið. Í viðauka V má sjá nánara þekjumat fyrir hvern reit fyrir sig. Tafla 7.2 inniheldur yfirlit yfir samanburð á þekjumati milli ára 1976-2011.



Mynd 7.4: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal tegunafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2011

Tafla 7.2: Yfirlit yfir samanburð á þekjumati mosa, blað- og runnfléttna og hrúðurfléttna staðsett fjær en 3,5 km frá Grundartanga milli ára 1976 og 2011.

Vöktunarreitur	Mosar	Blað-og-runnafléttur	Hrúður-fléttur	Heildar-þekja	Skýring á breytingu á heildarþekju	Tegunda-fjöldi
Samanburður á þekjumati milli ára 1976 og 2011						
Skvömp (í 7 km fjarlægð)	↑	*	↓	↓	Aukning á þekju mosa	↑
Beitistaðaholt (í 6 km fjarlægð)	-	↑	-	↑	Aukning á þekju blað- og runnfléttna	-
Hafnarbæli (í 16 km fjarlægð)	↓	-	↑	↑	Aukning á þekju hrúðurfléttna	-
Ofan Hvalfjarðareyrar (í 4 km fjarlægð)	↑	-	↓	↑	Aukning á þekju mosa	-
Tíðaskarð (í 9 km fjarlægð)	-	↑	↑	↑	Aukning á þekju fléttna	-
Hvammsnes (í 8 km fjarlægð)	-	↑	↓	↓	Minnkun á þekju hrúðurfléttu	↑
Þyrilsnes (í 17 km fjarlægð)	-	-	↓	↓	Minnkun á þekju hrúðurfléttu	↑
Hvalfjarðarbotn (í >20 km fjarlægð)	↑	↑	↓	↓	Minnkun á þekju hrúðurfléttna	↑

* Engar blað-og runnafléttur hafa vaxið á reitunum á vöktunartímabilinu.

↑ þekjumat til hækkunar

↓ þekjumat til lækkunar

- Litlar breytingar á þekjumati

Gróðurbreytingar einstakra tegunda

Klettastrý

Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundinni hefur hnignað jafnt og þétt síðan vöktunin hófst árið 1976. Tegundin hafði mikla þekju í Stekkjarási þegar mælingar hófust og var í slíku magni að óhætt var talið að safna sýnum af henni til að mæla í magn flúors og brennisteins. Árið 2006 var hins vegar einungis nægt magn til sýnatöku af klettastrýi að finna í reitum í um 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga.

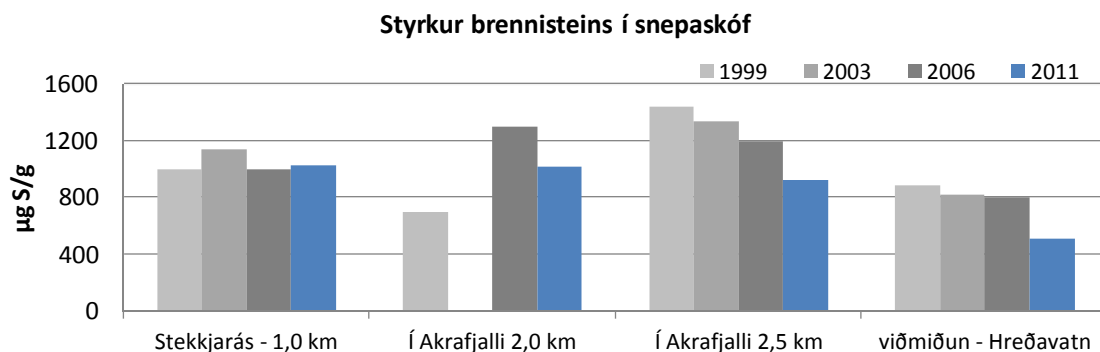
Snepaskóf

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Snepaskóf virðist hafa hnignað nokkuð í reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km samanborið við reiti sem staðsettir eru fjær. Hnignun snepaskófarinnar er þó ekki einhlít og sem dæmi þá hefur þekja hennar margfaldast í reit við Stekkjarás og sömuleiðis hefur henni hnignað í sumum reitum sem fjær eru iðnaðarsvæðinu. Breytingar á þekju snepaskófar og klettastrýs má sjá í viðauka V.

7.2.2 FLÚOR OG BRENNISTEINN Í BLAÐ- OG RUNNFLÉTTUM

Styrkur brennisteins og flúors var mældur í hraunbreyskju og snepaskóf líkt og í fyrri rannsóknum¹⁸ en ekki fannst nægt magn af klettastrýi til að mögulegt væri að safna sýnum fyrir sambærilegar mælingar. Styrkur brennisteins mældist á bilinu 920 – 1.030 $\mu\text{g S/g}$ í snepaskóf og 1.180 – 1.260 $\mu\text{g S/g}$ í hraunbreyskju. Líkt og áður mældist styrkur brennisteins heldur hærri í fléttum sem vaxa í grennd við iðnaðarsvæðið heldur en í fléttum sem vaxa við Hreðavatn (viðmiðunarsýni). Erlendar rannsóknir hafa sýnt að náttúrulegur styrkur brennisteins í fléttum á svæðum þar sem ekki er um veruleg áhrif loftmengunar að ræða liggur oftast á bilinu 300–600 $\mu\text{g S/g}$. Efri þolmörk margra fléttna liggur hins vegar á bilinu 2.000 – 3.000 $\mu\text{g S/g}$, en hjá viðkvæmum tegundum geta þolmörkin verið á bilinu 1.500 – 2.000 $\mu\text{g S/g}$ ¹⁹.

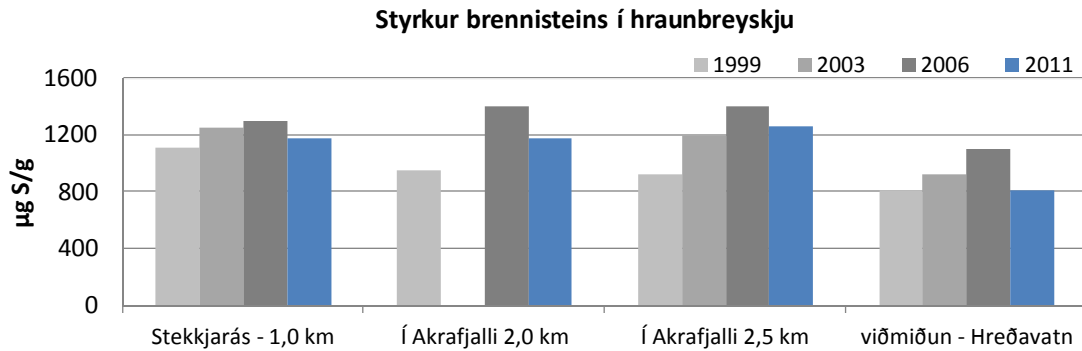
Mældur styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju hefur lækkað samanborið við mælingar ársins 2006, nema í snepaskóf við Stekkjarás (myndir 7.5 og 7.6). Styrkur brennisteins hefur sömuleiðis lækkað í viðmiðunarsýnunum sem tekin voru við Hreðavatn yfir sama tímabil.



Mynd 7.5: Mældur styrkur brennisteins í snepaskóf árin 1999, 2003, 2006 og 2011. Allir klapparreitirnir liggja innan þynningarsvæðis fyrir brennistein

¹⁸ Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson (2007), Hörður Kristinsson (2000) og Hörður Kristinsson (2004)

¹⁹ Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson (1999)



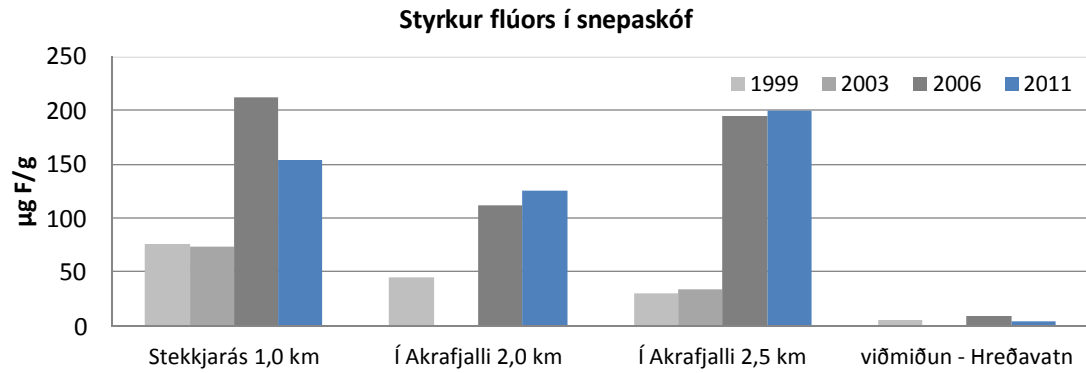
Mynd 7.6: Mældur styrkur brennisteins í hraunbreyskju árin 1999, 2003, 2006 og 2011. Allir klapparreitirnir liggja innan þynningarsvæðis fyrir brennistein

Styrkur flúors mældist hærri í snepaskóf (126 – 200 µg F/g) en hraunbreyskju (42 – 69 µg F/g) og mun hærri í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnunum frá Hreðavatni. Styrkur flúors mældist í öllum tilfellum yfir eða innan þolmarka (30 – 100 µg F/g í plöntuvef) sem eru talin þolmörk fléttna fyrir styrk flúors (tafla 6.1). Þó er ekki sýnilegur skaði á snepaskóf og hraunbreyskju en runnfléttunni klettastrý hefur hnignað mikið og er sú tegund hugsanlega viðkvæm fyrir loftmengun. Rannsóknir á þoli fléttna gagnvart flúor hafa sýnt margvíslegar niðurstöður. Dæmi eru um að sýnilegar skemmdir sjáist á fléttum þegar styrkur flúors er hærri en 80 µg F/g en annars staðar hafa engar skemmdir sést þrátt fyrir að styrkur flúors mælist töluvert hærri en 100 µg F/g. Auk þess geta tvær finnskar rannsóknir til um 360 µg F/g og 940 µg F/g í fléttum nærri iðnaðarsvæðum²⁰.

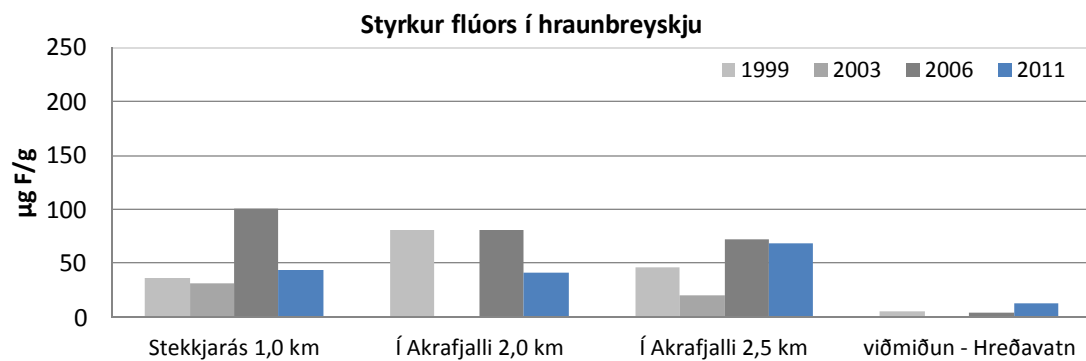
Árið 2011 mældist styrkur flúors mestur í 2,5 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, í Akrafjalli, í báðum tegundunum, snepaskóf (mynd 7.7) og hraunbreyskju (mynd 7.8). Styrkur flúors eykst örlítið í snepaskóf í Akrafjalli miðað við 2006. Styrkur flúors lækkar hins vegar í hraunbreyskju miðað við árið 2006 og er um umtalsverða lækkun að ræða bæði í 1,0 km og 2,0 km fjarlægð frá Grundartanga. Athyglisverð er aukinn styrkur flúors í viðmiðunarsýni hraunbreyskju. Styrkur flúors hefur verið mældur í fléttum í nágrenni Grundartanga á árunum 1999, 2003, 2006 og 2011²¹. Breytt var um mæliaðferð á flúor árið 2006 þannig að mælingarnar 2003 og 1999 eru ekki sambærilegar við tvær síðustu mælingar, 2006 og 2011.

²⁰ Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson (2007)

²¹ Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson (2007), Hörður Kristinsson (2000) og Hörður Kristinsson (2004)



Mynd 7.7: Mældur styrkur flúors í snepaskóf árin 1999, 2003, 2006 og 2011. Stekkjarás liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor

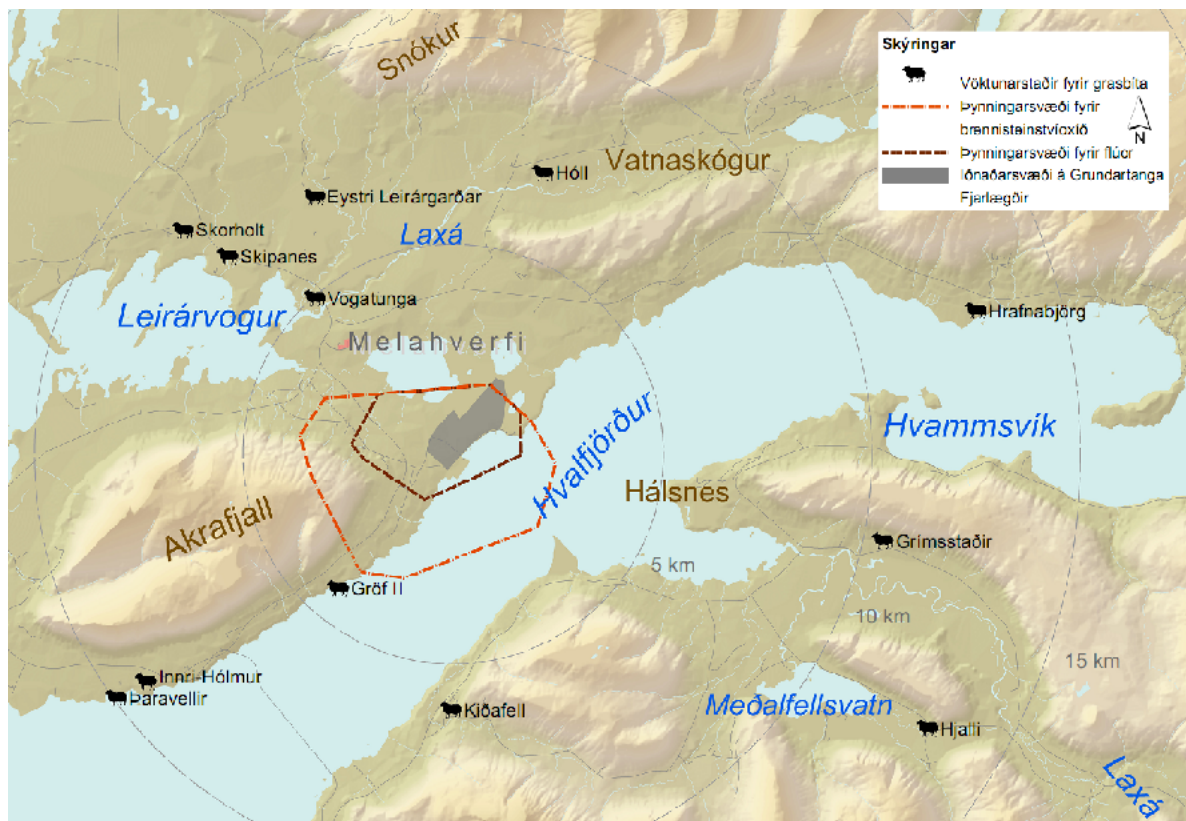


Mynd 7.8: Mældur styrkur flúors í hraunbreyskju árin 1999, 2003, 2006 og 2011. Stekkjarás liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor

8 VÖKTUN GRASBÍTA

Frá árinu 1997 hafa farið fram mælingar á flúor í kjálkabeinum sauðfjár, annars vegar lamba og hins vegar fullorðnu fé frá bæjum í nágrenni við iðnaðarsvæðið á Grundartanga bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar. Flúorinn safnast fyrir í beinum sauðfjár og mælist því hærri styrkur flúors hjá eldra fé. Í umhverfisvöktun iðjuveranna er gert ráð fyrir að greina 4 kjálkabein af lömbum og 4 kjálkabein af fullorðnu fé frá hverjum vöktunarbæ. Aldur sauðfjár hefur verið mismunandi milli ára og er því nokkur breytileiki í mælingum af þeim sökum. Óskað var eftir 6 vetra kindum eða eldri til að minnka breytileika í mælingum en það gekk ekki eftir í öllum tilvikum. Meðalaldur fullorðins fjár sem rannsakað var árið 2011 var rúmlega 7 vetra (yngst 2 vetra og elst 11 vetra). Upplýsingar um aldur kinda fengust frá viðkomandi bónda en hægt er að segja til um aldur út frá tannskiptingum til og með 4 vetra aldurs en ekki eftir það. Kjálkabein og tennur úr sauðfénu voru skoðaðar með tilliti til sýnilegra breytinga af völdum flúors²². Skoðun á kjálkum fór fram á Tilraunastöð HÍ á Keldum og flúormælingar í beinösku voru framkvæmdar hjá NMÍ.

Sýni af kjálkabeinum úr lömbum og fullorðnu fé, sem slátrað var haustið 2011, bárust frá 12 bæjum norðan og sunnan Hvalfjarðar (mynd 8.1). Auk þess bárust viðmiðunarsýni af lömbum og fullorðnu fé frá bænum Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi, þar sem kindur voru á fjörubeit. Alls voru 109 kjálkabein skoðuð og flúormæld (56 kjálkabein voru af lömbum og 53 af fullorðnu fé). Öll kjálkabein voru skoðuð og mæld og merkingar kjálkabeina og skýringar skráðar í töflu í viðauka VI.



Mynd 8.1: Vöktunarbærir fyrir grasbíta árið 2011

²² Ólöf G. Sigurðardóttir (2012)

Uppsöfnun flúors í kjálkum og tönnum grasbíta getur átt rætur sínar að rekja til útblástur flúors frá álverum. Flúorríkur áburður sem notaður er á sumum bæjum getur auk þess haft áhrif á uppsöfnun flúors. Ekki eru til rannsóknir á áhrifum flúors á tennur sauðfjár og því er stuðst við norska rannsókn á ungum dádýrum. Í töflu 8.1 er sýndur sá styrkur flúors í kjálka dádýra sem talin er geta skapað hættu á tannskemmdum²³. Hætta á skaðlegri uppsöfnun flúors í kjálka sauðfjár er talin geta átt sér stað ef styrkur flúors í grasi yfir vaxtartíma gróðurs fer yfir 30 µg/g²⁴.

Tafla 8.1: Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum grasbíta (byggt á niðurstöðum norskra rannsókna á ungum dádýrum (1,5 ára))

Styrkur flúors í kjálka (µg/g)	Áhrif
< 1.000	Engin áhrif
1.000 – 2.000	Hætta talin á tannskemmdum í dádýrum
> 2.000	Veldur tannskemmdum í dádýrum

Á síðari hluta árs 2011 gerði Matvælastofnun (MAST) í samvinnu við Tilraunastöðina á Keldum, rannsókn á veikindum hrossa á bænum Kúludalsá í Hvalfirði með tilliti til mengandi efna frá útblæstri iðjuveranna á Grundartanga. Rannsóknin var gerð að beiðni ábúanda á Kúludalsá. Niðurstaða rannsóknarinnar gefur engar vísbendingar um að hrossin hafi veikst af völdum flúors eða þungmálma frá iðjuverunum á Grundartanga. Veikindin eru rakin til efnaskiptaröskunar (Equine Metabolic Syndrome) og krónískrar hófsperru af þeim sökum²⁵. Efnaskiptaröskun (EMS) orsakast fyrst of fremst af offitu og hreyfingarleysi²⁶.

8.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Lömb

Mældur flúorstyrkur í kjálkabeinum lamba var í öllum tilfellum, nema einu, undir þeim mörkum þar sem hættu er talin vera á tannskemmdum vegna flúors hjá dádýrum. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarsvæðum milli árána 1997 og 2011. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli árána 2007 og 2011.

Fullorðin fé

Á sjö bæjum mældist meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár yfir mörkum þar sem talin er hættu á tannskemmdum hjá dádýrum. Í tveimur kindum frá Þaravöllum og einni frá Eystri-Leirargörðum (upprunalega frá Litlu-Fellsöxl), mældist meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum yfir þeim styrk sem veldur tannskemmdum hjá dádýrum. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarsvæðum milli árána 1997 og 2011 sem rekja má m.a. til hærri aldurs kinda þetta árið. Hins vegar er ekki marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár milli árána 2007 og 2011.

Skoðun dýralæknis á kjálkum og tönnum sauðfjár leiddi í ljós að nokkuð var um slit á tönnum, uppliton og tannlos hjá fullorðnu fé. Einnig var nokkuð um beinrýrnun og þykkun í kjálkabeini. Glerungur var eðlilegur í framtönnum fullorðins fjár. Tæplega 60% þeirra var með allar

²³ Ongstad o.fl. (1994)

²⁴ Weinstein og Davison (2004)

²⁵ MAST (2012a)

²⁶ MAST (2012b)

framtennur en um 36% hafði misst eina eða fleiri framtennur. Margar kindur voru með ójafnt slit í jöxlum og tannlos, tannskemmdir sem sjást, meðal annars við flúoreitrun, en ekki virtist vera greinilegt samband á milli tannheilsu og magns flúors í kjálkabeinum.

Í töflu 8.2 má sjá yfirlit yfir mælingar og talin þolmörk dádýra auk niðurstaðna tölfræðiúrvinnslu fyrir meðalstyrk frá öllum svæðum og svæðaskipt. Í töflu 8.3 má sjá meðalstyrk flúors í kjálkabeini fullorðins fjár og lamba frá öllum vöktunarbæjum.

Tafla 8.2: Niðurstöður vöktunar fyrir sauðfé og talin þölmörk grasbíta á flúorstyrk í beinum auk niðurstaðna frá tölfraði úrvinnslu

Vöktunarstaður	Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (µg/g)	Hætta á tannskemmdum í dádýrum (µg/g)	Veldur tannskemmdum í dádýrum (µg/g)	Niðurstöður tölfraðireikninga Breyting 2011 m.v. 1997	Niðurstöður tölfraðireikninga Breyting 2011 m.v. 2007
Lömb					
Meðaltal frá öllum svæðum	237 Min 43 (Kíðafell) Max 1.073 (Paravellir)	1.000 – 2.000	> 2.000	Marktæk breyting til hækkunar	Marktæk breyting til lækkunar
Frá svæði austur af iðnaðarsvæðinu	107 Min 89 (Hrafnabjörg) Max 130 (Hrafnabjörg)			Marktæk breyting til lækkunar (frá 1999)	Marktæk breyting til lækkunar
Frá svæði vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu	622 Min 300 (Paravellir) Max 1.073 (Paravellir)			Marktæk breyting til hækkunar	Ekki marktæk breyting
Frá svæði norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu	108 Min 48 (E-Leirárgarður) Max 202 (Skorholt)			Marktæk breyting til hækkunar	Marktæk breyting til lækkunar
Frá svæði suður af Hvalfirði	110 Min 43 (Kíðafell) Max 108 (Grímsstaðir)			Marktæk breyting til hækkunar	Marktæk breyting til lækkunar
Fullorðið fé					
Meðaltal frá öllum svæðum	1.180 Min 603 (E-Leirárgarður) Max 2.726 (Paravellir)	1.000 – 2.000	> 2.000	Marktæk breyting til hækkunar	Ekki marktæk breyting
Frá svæði austur af iðnaðarsvæðinu	1.363 Min 1.116 (Hrafnabjörg) Max 1.607 (Hrafnabjörg)			Ekki marktæk breyting	Ekki marktæk breyting
Frá svæði vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu	1.581 Min 840 (Gröf II) Max 2.726 (Paravellir)			Ekki marktæk breyting (frá 2000)	Ekki marktæk breyting
Frá svæði norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu	1.013 Min 603 (E-Leirárgarður) Max 2.156 (E-Leirárg.)			Marktæk breyting til hækkunar	Ekki marktæk breyting
Frá svæði suður af Hvalfirði	1.038 Min 626 (Kíðafell) Max 1.460 (Grímsstaðir)			Marktæk breyting til hækkunar	Marktæk breyting til hækkunar

Tafla 8.3: Meðal-, hæsti- og lægsti styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár og lamba frá öllum bæjum

Vöktunarbæir	Aldursflokkur	Fjöldi dýra	Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (µ Fg/g)	min-max (µg F/g)
Paravellir	Fullorðið fé	4	1.914	(1.257-2.726)
Innri-Hólmur	Fullorðið fé	4	1.498	(1.134-1.723)
Hrafnabjörg	Fullorðið fé	4	1.363	(1.116-1.607)
Grímsstaðir	Fullorðið fé	4	1.357	(1.211-1.460)
Vogatunga	Fullorðið fé	3	1.354	(1.183-1.496)
Gröf II	Fullorðið fé	2	1.079	(840-1.318)
Eystri-Leirárgarður	Fullorðið fé	4	1.067	(603-2.156)
Skipanes	Fullorðið fé	4	989	(951-1.032)
Hóll	Fullorðið fé	4	885	(811-1.020)
Hjalli	Fullorðið fé	3	881	(829-919)
Skorholt	Fullorðið fé	4	856	(623-984)
Kiðafell	Fullorðið fé	4	836	(626-1.048)
Bjarnarhöfn*	Fullorðið fé	5	944	(855-1.105)
Skjaldfönn*	Fullorðið fé	4	626	(368-1.127)
Paravellir	Lömb	4	701	(300-1.073)
Innri-Hólmur	Lömb	4	593	(460-844)
Gröf II	Lömb	4	573	(548-610)
Grímsstaðir	Lömb	4	164	(158-168)
Vogatunga	Lömb	4	135	(120-148)
Skorholt	Lömb	4	115	(82-202)
Hrafnabjörg	Lömb	4	107	(89-130)
Hjalli	Lömb	4	105	(89-117)
Hóll	Lömb	4	101	(78-134)
Skipanes	Lömb	4	101	(84-122)
Eystri-Leirárgarður	Lömb	4	89	(48-127)
Kiðafell	Lömb	4	61	(43-93)
Skjaldfönn*	Lömb	3	74	(44-125)
Bjarnarhöfn*	Lömb	4	55	(49-70)

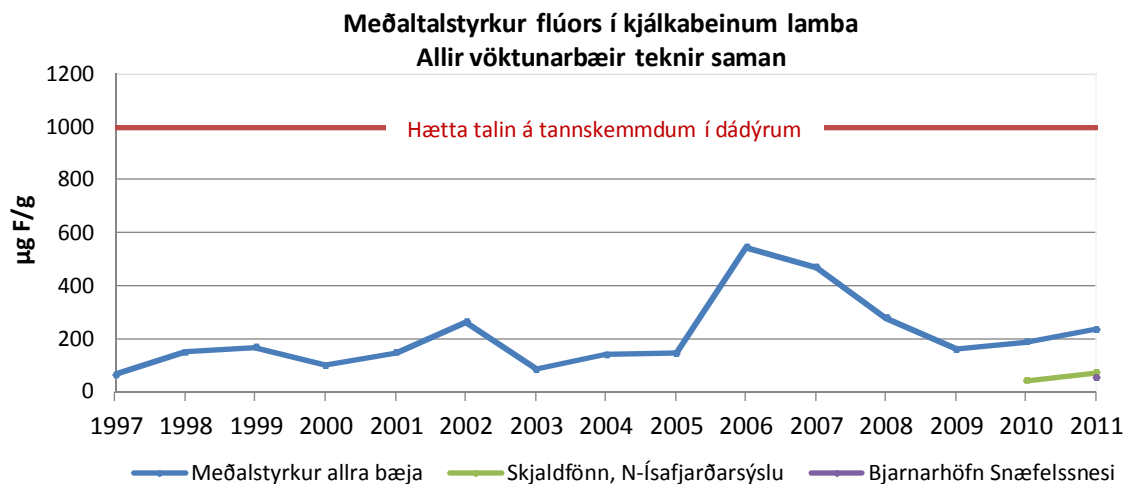
*Viðmiðunarsýni

8.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

8.2.1 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í LÖMBUM

Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba mældist í öllum tilfellum, nema einu undir þeim viðmiðunarmörkum þar sem hætta er talin vera á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum (1.000 $\mu\text{g F/g}$, töflur 8.2 og 8.3). Styrkur flúors mældist hæstur í lambi frá Þaravöllum (1.073 $\mu\text{g F/g}$) auk þess sem meðalflúorstyrkur mældist hæstur í kjálkabeinum lamba frá þeim bæ (701 $\mu\text{g F/g}$). Meðalstyrkur flúors mældist einnig fremur hár í kjálkabeinum lamba frá Gröf II og Innri-Hólmi.

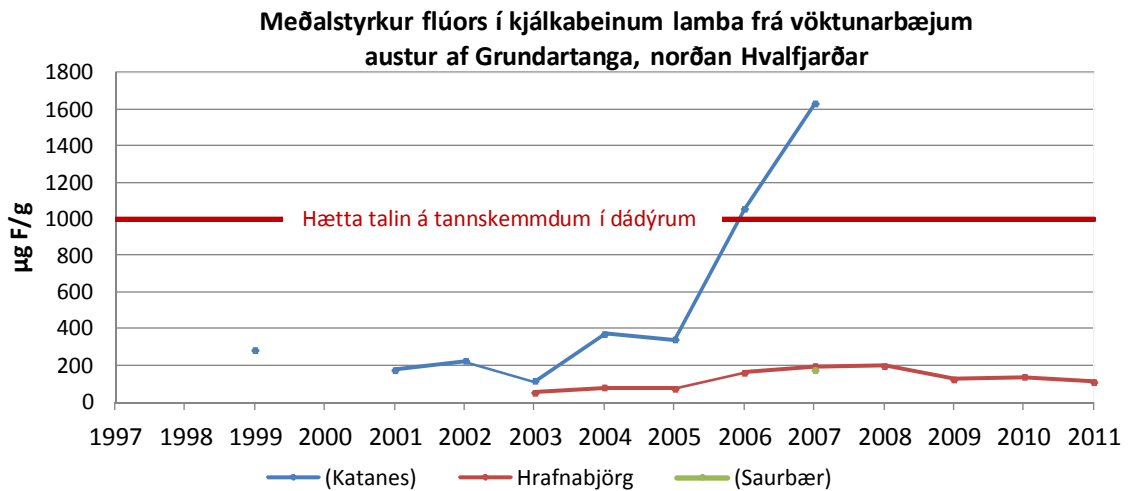
Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum vöktunarbæjum mældist 237 $\mu\text{g F/g}$ (mynd 8.2). Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum vöktunarsvæðum milli áráanna 1997 og 2011. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli áráanna 2007 og 2011 (viðauki VI). Kjálkabein bárust frá Skjaldfönn í Norður Ísafjarðarsýslu og Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi til viðmiðunar og mældist meðal flúorstyrkur 73 $\mu\text{g F/g}$ í sýnum frá Skjaldfönn og 55 $\mu\text{g/g}$ í sýnum frá Bjarnarhöfn.



Mynd 8.2: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 1997 – 2011, allir vöktunarbærir í Hvalfirði teknir saman, og viðmiðunarsýnum

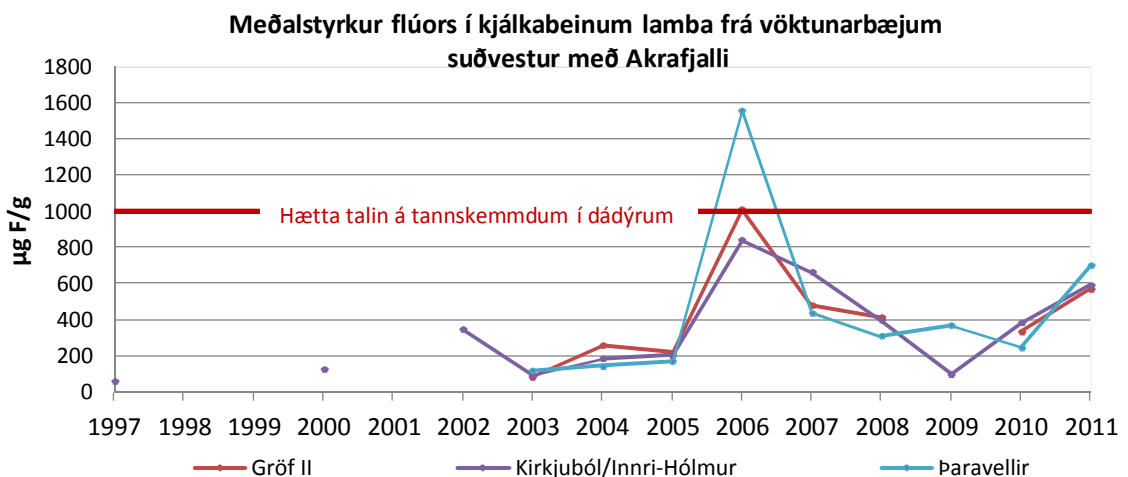
Flúorstyrkur í lömbum eftir svæðum

Miðað við ríkjandi vindáttir verður svæðið austan við iðnaðarsvæðið á Grundartanga fyrir hvað minnstum áhrifum flúorlosunar frá álverinu. Mynd 8.3 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum af þessu svæði. Ekki liggur fyrir bakgrunnsgildi hjá lömbum frá þessu svæði en marktæk lækkun hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkabeini lamba milli áráanna 1999 og 2011 sem og milli áráanna 2007 og 2011 (viðauki VI).



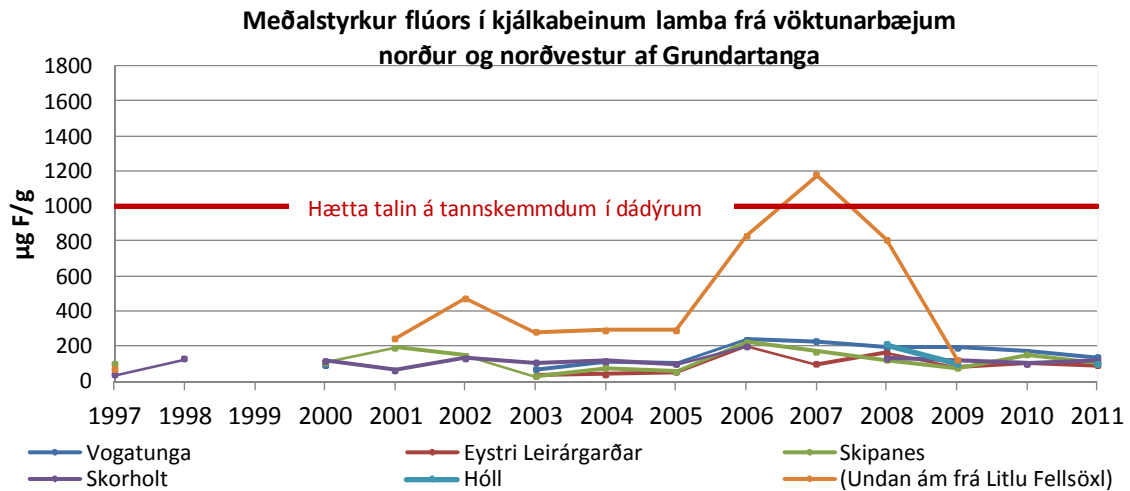
Mynd 8.3: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 1997-2011 frá bæjum austur af iðnaðarsvæðinu. Katanes liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor

Svæðið til suðvestur með Akrafjalli verður fyrir áhrifum flúorlosunar frá álverinu miðað við ríkjandi vindáttir. Mynd 8.4 sýnir flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá vöktunarbæjum af þessu svæði. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði milli árunna 1997 og 2011, hins vegar er ekki marktæk breyting til hækkunar eða lækkunar milli árunna 2007 og 2011.



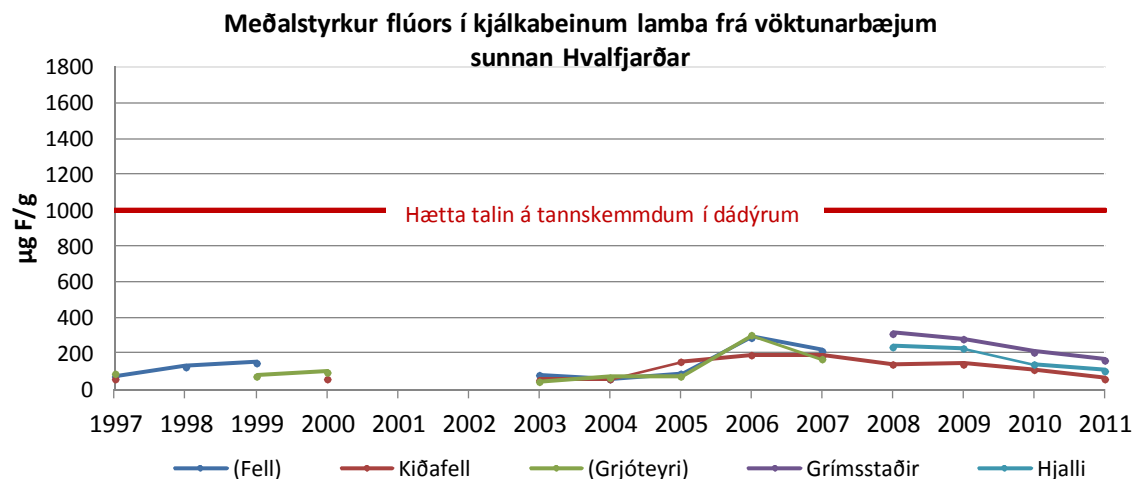
Mynd 8.4: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 1997 – 2011 frá bæjum suðvestur og vestur af iðnaðarsvæðinu

Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu má sjá á mynd 8.5. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalársstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði milli árunna 1997 og 2011 en marktæk breyting til lækkunar milli árunna 2007 og 2011 (viðauki VI). Ekki hefur verið stundaður búskapur á Litlu Fellsöxl frá árinu 2008 og keypti bóndinn á Eystri Leirárgörðum allt fé þaðan.



Mynd 8.5: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 1997-2011 frá bæjum norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu

Á mynd 8.6 má sjá flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá bæjum staðsettum sunnan Hvalfjarðar. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum hjá lömbum milli árána 1997 og 2011, hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli árána 2007 og 2011.



Mynd 8.6: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 1997-2011 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum bæjum norðan Hvalfjarðar mældist svipaður eða hærri í öllum tilvikum árin 1997-2011 en frá bæjum sunnan Hvalfjarðar (viðauki VI).

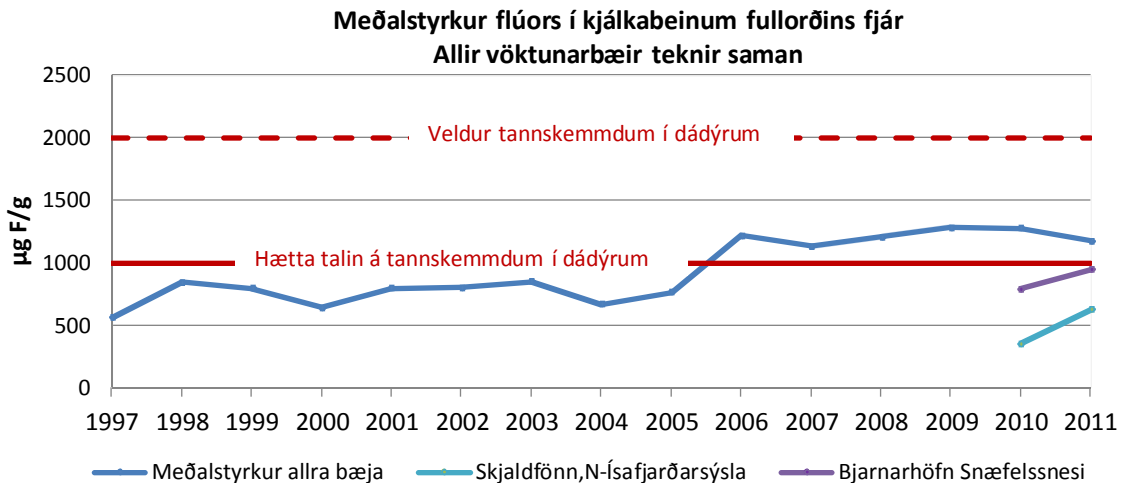
8.2.2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í FULLORÐNU FÉ

Erfitt er að bera saman meðalstyrk flúors í fullorðnu fé á milli ára þar sem flúor safnast upp í beinum kinda yfir tíma. Markmiðið var að mæla flúorstyrk í 6 vetra og eldra fé. Meðalaldur fullorðins fjár 2011 var rúmlega 7 vetra (yngst 2 vetra og elst 11 vetra).

Þrjár kindur mældust með flúorstyrk í kjálkabeinum yfir þeim styrk sem veldur tannskemmdum í ungum dádýrum (2.000 µg/g), þ.e. tvær kindur, eldri en 6 vetra, frá Þaravöllum (2.726 µg/g, 2.416 µg/g) og ein kind, 6 vetra, frá Eystri-Leirárgörðum (2.156 µg/g) sem var upprunalega frá Litlu-Fellsöxl. Alls mældist meðalstyrkur flúors yfir 1.000 µg/g í kjálkabeinum fullorðins fjár frá sjö bæjum (Þaravellir, Gröf, Innri-Hólmur, Hrafnabjörg, Vogatunga, Grímsstaðir og Eystri-

Leirárgarðar) sem er sá styrkur sem talinn er hætta á að valdi tannskemmdum í dádýrum. Meðalaldur þessara kinda var um 7 ár.

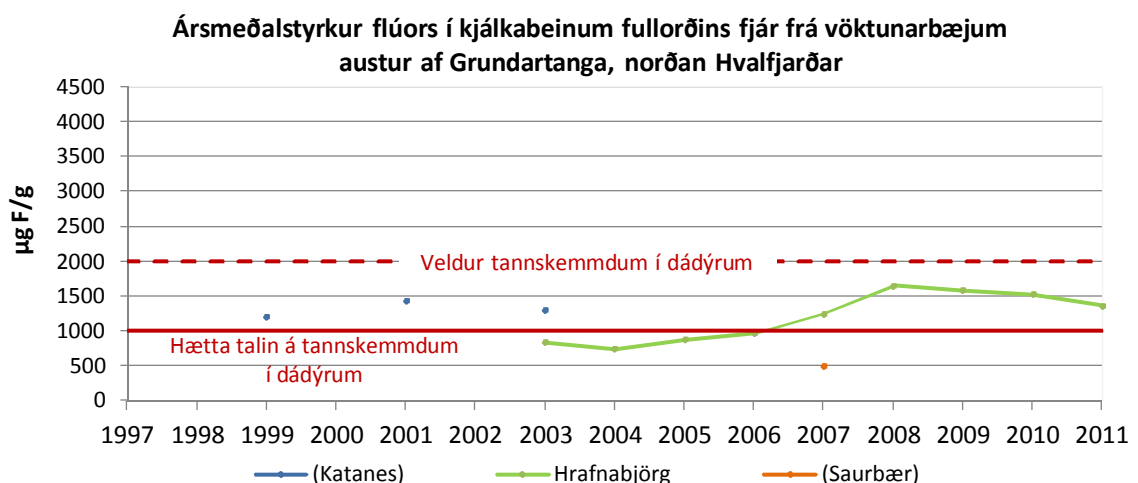
Mynd 8.7 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarbæjum (1.180 µg/g). Til viðmiðunar mældist flúorstyrkur í kjálkabeinum úr fullorðnu fé 626 µg/g frá Skjaldfönn (4-8 vetra gamlar kindur) og 944 µg/g frá Bjarnarhöfn (5-9 vetra gamlar kindur). Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarsvæðum milli áranna 1997 og 2011, hins vegar er ekki marktæk breyting milli áranna 2007 – 2011.



Mynd 8.7: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 1997-2011, allir vöktunarbærir í Hvalfirði teknir saman, og viðmiðunarsýnum

Flúorstyrkur í fullorðnu fé eftir svæðum

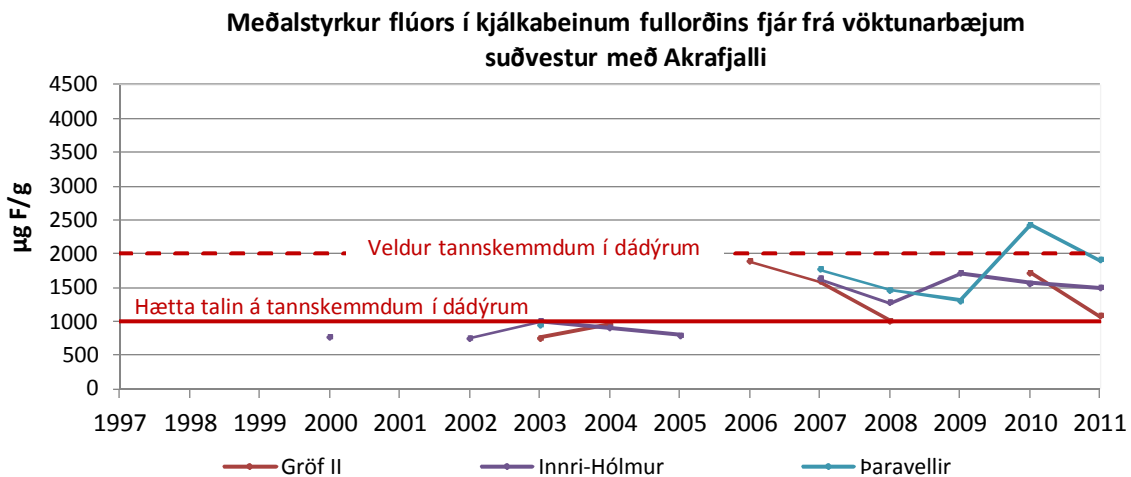
Meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum á svæðinu austur af iðjuverunum má sjá á mynd 8.8. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæðið milli áranna 1997 og 2011 né milli áranna 2007 og 2011 (viðauki VI).



Mynd 8.8: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 1997-2011 frá bæjum austur af iðjuverum

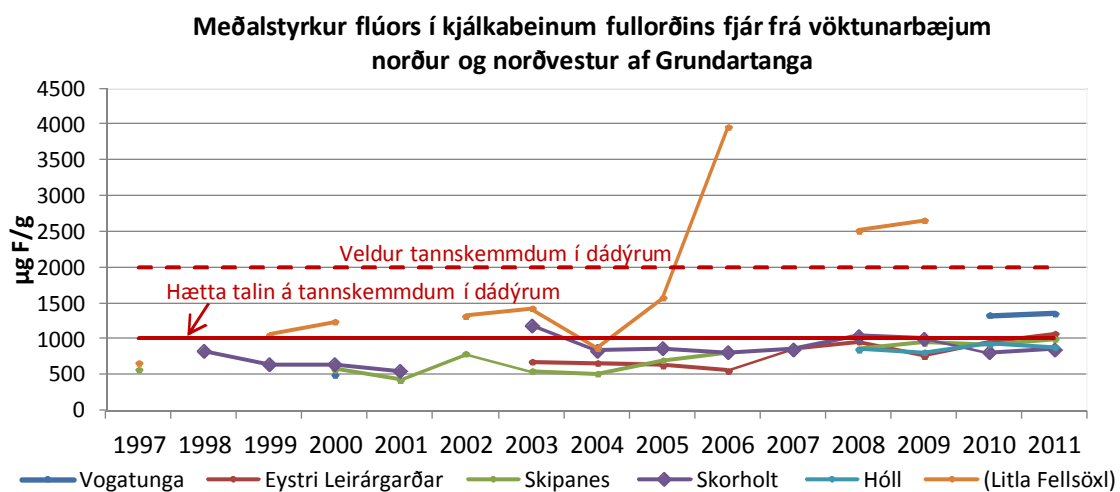
Ekki er marktækur munur á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár á svæðinu suðvestur með Akrafjalli milli áranna 2000 og 2011, né milli áranna 2007 og 2011 (viðauki VI). Meðalstyrkur

flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár lækkar í kindum frá þaravöllum milli áranna 2010 og 2011 og mældist rétt undir þeim mörkum sem talin eru valda tannskemmdum í dádýrum (mynd 8.9).



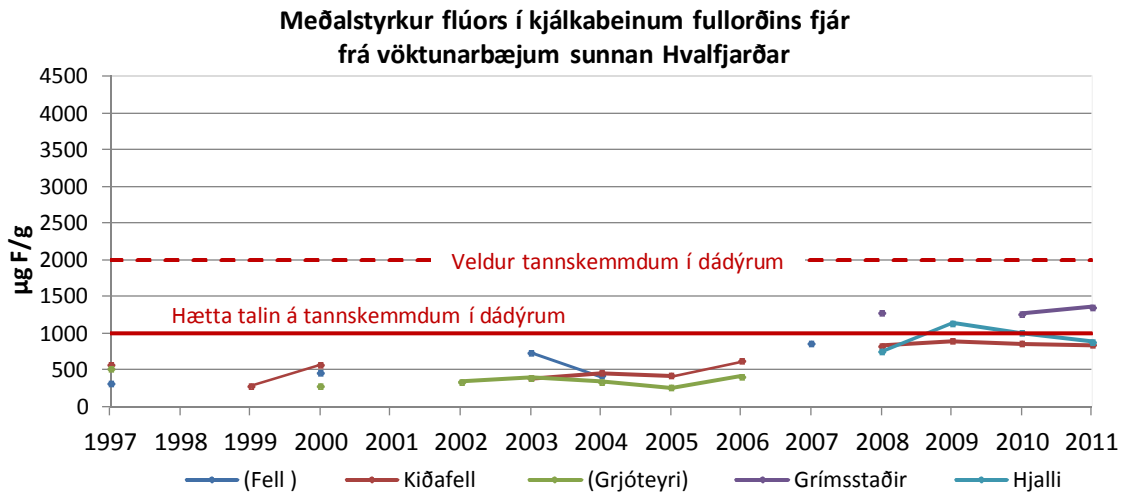
Mynd 8.9: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 1997-2011 frá bæjum suðvestur og vestur af iðjuverunum

Mynd 8.10 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðjuverunum. Marktæk breyting til hækkunar er á styrk flúors í kjálkabeinum kinda frá þessu svæði á milli áranna 1997 og 2011 en ekki er marktæk breyting milli áranna 2007 og 2011 (viðauki VI).



Mynd 8.10: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 1997-2011 frá bæjum norður og norðvestur af iðjuverum

Flúorlosun frá álverinu hefur einnig áhrif á svæðið sunnan Hvalfjarðar. Á mynd 8.11 má sjá flúorstyrk í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæði. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á flúorstyrk í kjálkabeinum hjá kindum milli áranna 1997 og 2011 og milli áranna 2007 og 2011 (viðauka VI).



Mynd 8.11: Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 1997-2011 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár mældist í öllum tilvikum hærri frá bæjum norðan Hvalfjarðar árin 1997-2011 en frá bæjum sunnan Hvalfjarðar. Ekki er alltaf um marktækan mun að ræða (viðauki VI).

8.2.3 NIÐURSTAÐA SKOÐUNAR DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM

Til að meta áhrif flúors á bein og tennur grasbíta skoðaði dýralæknir kjálkabein og tennur lamba og fullorðins fjár frá vöktunarbæjunum og í viðmiðunarsýnum áður en hausarnir fóru í flúormælingu. Dýralæknir tók síðan mið af mæligildum flúors við túlkun skoðunar²⁷. Yfirlit frá skoðun dýralæknis má sjá í viðauka VI.

Við skoðun kom í ljós að nokkuð var um slit á tönnum, upplitun og tannlos hjá fullorðnu fé. Einnig var nokkuð um beinrýrnun sökum tannholds- og tannslíðursbólgu, og þykknun í kjálkabeini (bein- og mergsbólga eða tannkýli), stundum með beinhnjóska (Viðauki VI). Ekki var áberandi meira um tannslit og/eða tannlos í kindum með flúorstyrk > 1.000 µg/g í kjálkabeinum samanborðið við kindur með flúorstyrk < 1.000 µg/g. Fullorðið fé frá Kiðafelli mældist með lægsta meðalstyrk flúors (836 µg/g) en var með nokkuð mikið tannslit, tannlos, beinrýrnun og beinbólgu. Sömuleiðis voru viðmiðunarkindur frá Bjarnahöfn með nokkuð mikið tannslit, beinrýrnun og beinbólgu en í kjálkabeinum þeirra var meðalstyrkur flúors rétt undir 1.000 µg/g. Fimm vetra gömul kind frá Bjarnarhöfn sem mældist með hæsta styrk flúors í kjálkabeinum (1.105 µg/g) var hins vegar ekki með neinar sérstakar breytingar í tönnum eða í kjálkabeinum. Ekki virtist því vera greinilegt samband á milli tannheilsu sauðfjár og styrks flúors í kjálkabeinum.

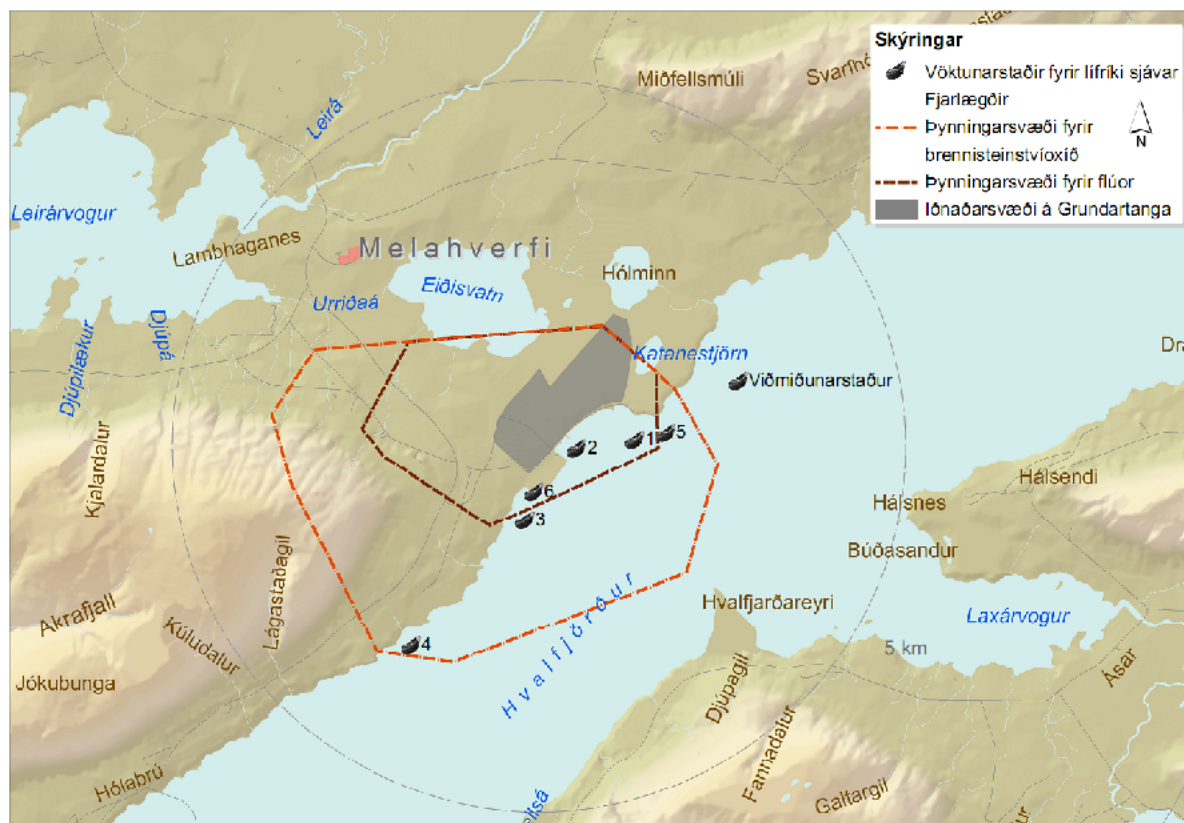
²⁷ Ólöf G. Sigurðardóttir (2012)

9 VÖKTUN LÍFRÍKIS SJÁVAR

Árið 2011 voru metin hugsanleg áhrif iðnaðarsvæðisins á Grundartanga á lífríki sjávar. Það var gert með því að rækta krækling í búrum á grunnsævi meðfram strandlengjunni og á viðmiðunarstað austan við Katanes. Staðsetningu vöktunarstaðanna sex utan við Grundartanga auk viðmiðunarstaðar austan við Katanes má sjá á mynd 9.1. Hentugt er að nota krækling (*Mytilus edulis*) til vöktunar á ástandi sjávar með tilliti til mengunarefna og aðgengi efnanna að lífverum í sjó. Kræklingur er öflugur síari sem tekur upp lífrænar fæðuagnir og þar með þau mengunarefni sem aðgengileg eru lífverum í sjó og safnar þeim í vefi og skel. Vöktunarkræklingur (2 ára) var fenginn af ræktunarlínum Vogaskeljar frá Vogum á Vatnsleysuströnd²⁸.

Á hverjum vöktunarstað var í heildina 240 kræklingum komið fyrir í búrum á 1 og 5 metra dýpi og var áhersla lögð á að kræklingurinn hefði gott rými til vaxtar og gæti síað sjó óhindrað allan tímann. Búrunum var komið fyrir þann 14. júlí á vöktunarstöðunum og kræklingurinn hafður þar í tvo mánuði. Auk ræktunar á viðmiðunarstað við Katanes var einu búi komið strax í frysti sem viðmiðunarsýni²².

Eftirfarandi ólífræn snefilefni og lífræn efnasambönd voru mæld í mjúkvæf kræklinga; arsen, kadmín, kopar, sink, króm, nikkell, kvikasilfur, selen, blý, vanadín, ál, járn, flúor og 18 fjölarómatísk vetniskolefni (PAH efni)²⁹.



Mynd 9.1: Vöktunarstaðir fyrir lífríki sjávar í Hvalfirði árið 2011

²⁸ Halldór P. Halldórsson og Óskar S. Gíslason (2012)

²⁹ Hrönn. Ó. Jörundsdóttir o.fl. (2012)

9.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Dánartíðni

Dánartíðni á öllum vöktunarstöðum var lág og almennt virtist kræklingurinn þrífast ágætlega.

Mælingar á styrk ólífrænna snefilefna í kræklingi

Ólífræn snefilefni voru í svipuðum styrk eða lægri, þegar mælingar ársins 2011 eru bornar saman við fyrri rannsóknir á svæðinu sem fram fóru árin 2000, 2004 og 2007. Styrkur efnanna mældist á öllum vöktunarstöðum svipaður eða lægri en náttúrulegur bakgrunnsstyrkur í kræklingi umhverfis Ísland sem mældur var árið 2009 og alltaf lægri en norsk viðmiðunarmörk fyrir menguð svæði.

Styrkur kadmíns, arsens og kvikasilfurs í kræklingi var ávallt undir skilgreindum hámarksstyrk í matvælum.

Mælingar á styrk fjölarómatískra vetniskolefna í kræklingi

Af 18 mismunandi PAH efnum mældust eingöngu tvö þeirra yfir magngreiningarmörkum. Perylene, sem greindist í lágum styrk í kræklingi frá öllum vöktunarstöðum og phenanthrene, sem einnig mældist í lágum styrk í krækling frá þremum vöktunarstöðum. Styrkur PAH efna var ávallt undir norskum viðmiðunarmörkum fyrir menguð svæði og telst svæðið því ómengað með tilliti til PAH efna.

Að teknu tilliti til niðurstaðna rannsóknarinnar á krækling virðast áhrif iðjuveranna á sjávarlífríki í kringum Grundartanga takmörkuð. Í töflu 9.1 má sjá yfirlit yfir mælingar ólífrænna snefilefna í mjúkvæf kræklinga auk íslensks náttúrulegs bakgrunnsgildis og norsks viðmiðunargildis.

Tafla 9.1: Niðurstöður vöktunar ólífræna snefilefna í kræklingi 2011

Ólífræn snefilefni	Meðalstyrkur ($\mu\text{g/g}$ þurrvigt)	Íslensk bakgrunnsgildi* ($\mu\text{g/g}$ þurrvigt)	Norsk viðmiðunargildi (mg/kg þurrvigt) Flokkur I: lítt eða ekki menguð svæði**
Arsen (As)	7,7 $\pm$ 0,3 min 7,3 (Vs-1, 1 m) max 8,1 (Vs-2, 1 m)	15	<10
Ál (Al)	101 $\pm$ 20 min 73 (Vs-2, 1 m) max 143 (Vs-4, 5 m)	-	-
Blý (Pb)	0,08 $\pm$ 0,03 min 0,05 (Vs-2, 1 m) max 0,12 (Vs-4, 5 m)	0,15	<3
Flúor (F)	2,2 $\pm$ 0,4 min <2 (Vs-4, 5 m) max 2,6 (Vs-1, 1 m)	-	<15
Járn (Fe)	124 $\pm$ 25 min 85 (Vs-6, 1 m) max 173 (Vs-4, 5 m)	-	-
Kadmín (Cd)	1,8 $\pm$ 0,2 min 1,6 (Vs-4, 1 m) max 2,2 (Vs-1, 1 m)	1,7	<2
Kopar (Cu)	4,6 $\pm$ 0,2 min 4,3 (Vs-6, 5 m) max 5,1 (Vs-2, 1 m)	4,3	<10
Krómi (Cr)	0,44 $\pm$ 0,04 min 0,39 (Vs-6, 1 m) max 0,51 (Vs-4, 5 m)	-	<3
Kvikasilfur (Hg)	< 0,06 (undir greiningarmörkum)	0,044	<0,2
Nikkel (Ni)	0,32 $\pm$ 0,02 min 0,28 (Vs-5, 1 m) max 0,36 (Vs-4, 5 m)	-	<5
Selen (Se)	2,1 $\pm$ 0,2 min 1,9 (Vs-6, 5 m) max 2,5 (Vs-2, 1 m)	2,3	-
Sink (Zn)	65 $\pm$ 3 min 60 (Vs-3, 5 m) max 69 (Vs-3, 1 m)	106	<200
Vanadín (V)	1,5 $\pm$ 0,1 min 1,3 (Vs-2, 1 m) max 1,7 (Vs-4, 5 m)	-	-

* Náttúrulegur bakgrunnstyrkur frá ómenguðum svæðum umhverfis Ísland árið 2009 (Helga Gunnlaugsdóttir o.fl., 2011)

** Mengunarástand sjávar er skipt í flokka I-V út frá efnainnihaldi í krækling. Svæði í flokki I teljast lítt eða ekki menguð, en svæði í flokki V telst vera mjög mikið mengað (Molvær o.fl., 1997)

9.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

9.2.1 DÁNARTÍÐNI

Talinn var heildarfjöldi og fjöldi dauðra einstaklinga í hverju búi. Dánartíðni kræklinga á öllum vöktunarstöðum og á viðmiðunarstað var lág, að meðaltali $8,8\% \pm 3,8\%$, og almennt virtist kræklingurinn þrífast ágætlega. Dánartíðni er að meðaltali 10,4 kræklingar fyrir hverja 120. Lítil munur var á dánartíðni milli vöktunarstaða og í heildina um fáa dauða einstaklinga að ræða. Að líkindum er því hér um eðlileg afföll að ræða³⁰. Samantekt á heildarfjölda og dauðum einstaklingum í búrum má sjá í viðauka VII.

9.2.2 MÆLINGAR Á STYRK ÓLÍFRÆNNA SNEFILEFNA Í KRÆKLINGI

Mælingar á styrk ólífrænna snefilefna í kræklingi hafa áður farið fram við Grundartanga árin 2000, 2004 og 2007. Niðurstöður mælinga árið 2011 eru svipaðar eða lægri samanborið við fyrri rannsóknir. Samanburður niðurstaðna er hér á þurvigtargrunni þar sem innihald af sjó getur verið breytilegt þegar kræklingssýnin eru fryst. Við túlkun niðurstaðna voru þær bornar saman við þekktan náttúrulegan bakgrunnsstyrk sjö snefilefna í kræklingi frá ómengduðum svæðum umhverfis Ísland³¹. Niðurstöðurnar voru einnig bornar saman við norsk viðmiðunargildi fyrir mengunarástand sjávar sem skipt hefur verið í fimm flokka út frá efnainnihaldi lífvera (þ.m.t. kræklinga)³². Svæði í flokki I teljast lítt eða ekki menguð en svæði í flokki V teljast vera mjög mikið menguð. Ómengað svæði er skilgreint sem svæði þar sem engin starfssemi af mannavöldum fer fram.

Leyfileg hámarksgildi, t.d. til manneldis, miða yfirleitt við votvigt. Í reglugerð nr. 1881/2009 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum eru gefin hámarksgildi fyrir blý ($1,5 \mu\text{g/g}$ votvigt) og kadmín ($1,0 \mu\text{g/g}$ votvigt) í samlokum (e. *bivalve molluscs*) og kvikasilfur ($0,5 \mu\text{g/g}$ votvigt) í fiskafurðum. Öll mæld gildi í kræklingi við Grundartanga árið 2011 eru undir þessum hámarksgildum.

Arsen

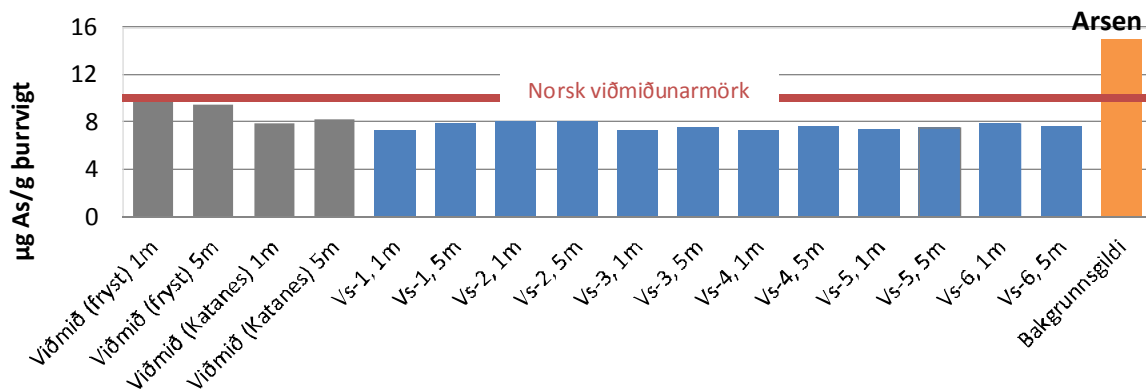
Líkt og í fyrri rannsóknum lækkaði styrkur arsens á vöktunarstöðunum sex og í viðmiðunarsýninu við Katanes meðan á eldinu stóð samanborið við fryst viðmiðunarsýni (mynd 9.2). Styrkur Arsens í frysta viðmiðunarsýninu er yfir lægstu norsku viðmiðunarmörkunum ($10 \mu\text{g As/g}$) en önnur sýni eru öll undir því og flokkast svæðið því í flokk I, þ.e. lítt eða ekki mengað svæði. Meðalstyrkur arsens á vöktunarstöðum árið 2011 mældist $7,7 \pm 0,3 \mu\text{g As/g}$. Náttúrulegur bakgrunnsstyrkur arsens í kræklingi umhverfis Íslands árið 2009 mældist að meðaltali $15 \mu\text{g As/g}$, sem sýnir að náttúrulegur bakgrunnsstyrkur arsens er nokkuð hár hér við land³³.

³⁰ Halldór P. Halldórsson og Óskar S. Gíslason (2012)

³¹ Helga Gunnlaugsdóttir o.fl. (2011)

³² Molvær o.fl. (1997)

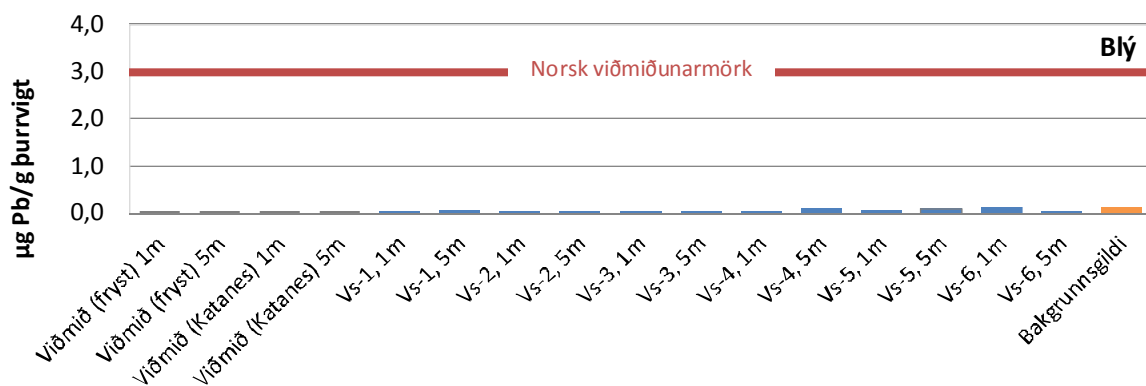
³³ Hrönn. Ó. Jörundsóttir o.fl. (2012)



Mynd 9.2: Styrkur arsens í mjúkvef kræklinga 2011

Blý

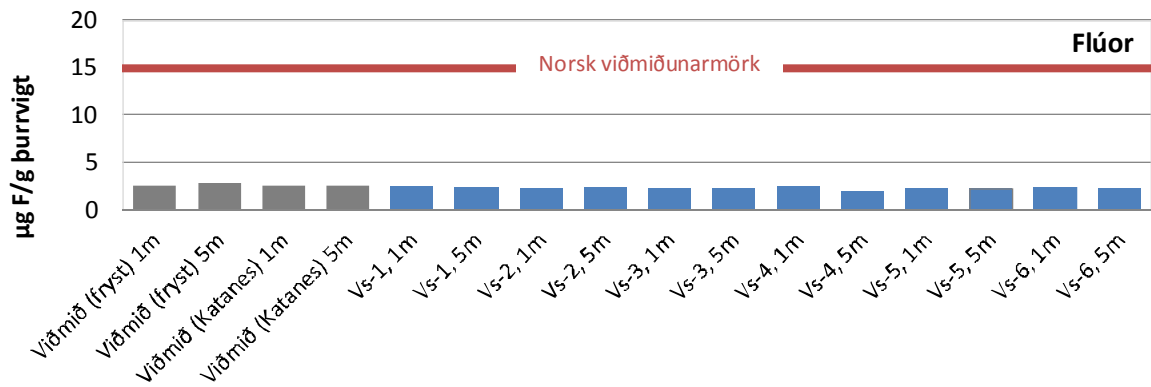
Styrkur blýs í mjúkvef kræklinga mældist á öllum vöktunarstöðum undir lægsta norska viðmiði (3 µg Pb/g) (mynd 9.3). Blý hefur áður verið mælt í kræklingi í umhverfissvöktun árána 2004 og 2007 og hefur alltaf verið undir lægstu norsku viðmiðunarmörkunum. Meðalstyrkur blýs í mjúkvef kræklinga mældist $0,08 \pm 0,03$ µg Pb/g en náttúrulegur bakgrunnsstyrkur blýs í kræklingi umhverfis Ísland mældist árið 2009 að meðaltali 0,15 µg Pb/g.



Mynd 9.3: Styrkur blýs í mjúkvef kræklinga 2011

Flúor

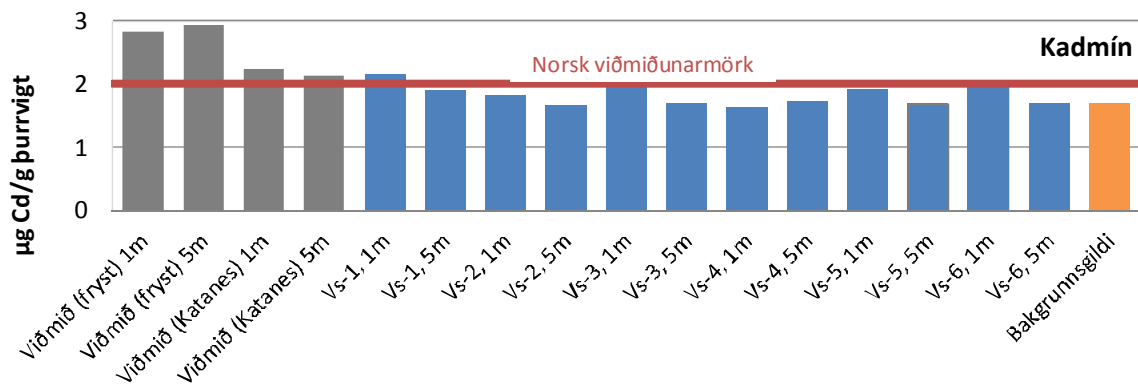
Flúorstyrkur í mjúkvöðva kræklinga er á öllum vöktunarstöðum undir norskum viðmiðunarmörkum (15 µg F/g) í flokki I, og því um óverulega mengun í sjó að ræða (mynd 9.4). Meðalstyrkur flúors í mjúkvöðva kræklinga á vöktunarstöðum árið 2011 mældist $2,4 \pm 0,1$ µg F/g. Sambærilegar niðurstöður fengust í rannsóknum árána 2004 og 2007, en flúor var ekki mældur í rannsókn ársins 2000.



Mynd 9.4: Styrkur flúors í mjúkvæf kræklinga 2011

Kadmín

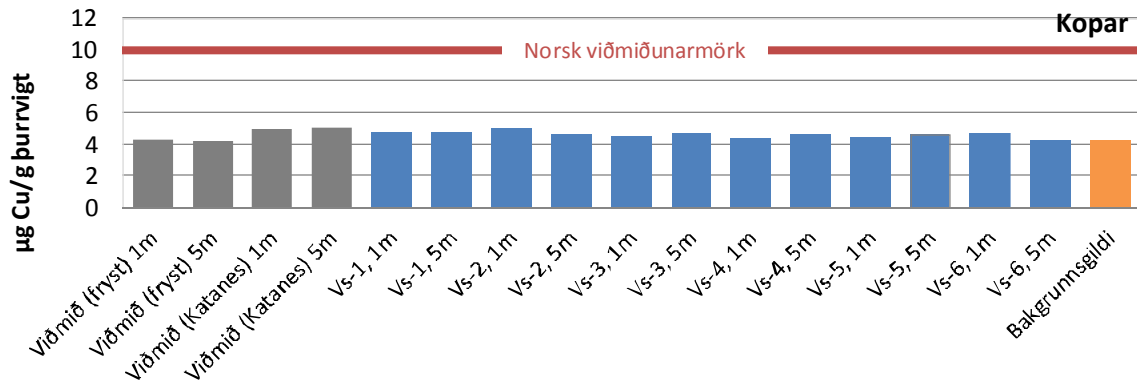
Meðalstyrkur kadmíns í mjúkvæf kræklinga á vöktunarstöðum árið 2011 mældist $1,8 \pm 0,2$ µg Cd/g. Styrkur kadmíns er svipaður á öllum vöktunarstöðum sem og viðmiðunarsýni við Katanes, en styrkur kadmíns lækkaði á vöktunartímanum samanborið við fryst viðmiðunarsýni (mynd 9.5). Styrkur kadmíns lækkaði einnig þegar vöktun stóð yfir árin 2000 og 2007. Styrkur kadmíns er í nánast öllum tilvikum nærri lægsta norska viðmiðunargildinu (2 µg Cd/g) og lendir svæðið í flokk II, nokkuð mænað svæði. Það er hins vegar þekkt að styrkur kadmíns í kræklingi við Ísland er nokkuð hár og mældist náttúrulegur bakgrunnsstyrkur að meðaltali 1,7 µg Cd/g umhverfis landið árið 2009. Því er ekki talið að hár kadmín styrkur tengist iðjuverunum á Grundartanga, heldur náttúrulega háum bakgrunnsstyrk í íslensku umhverfi.



Mynd 9.5: Styrkur kadmíns í mjúkvæf kræklinga 2011

Kopar

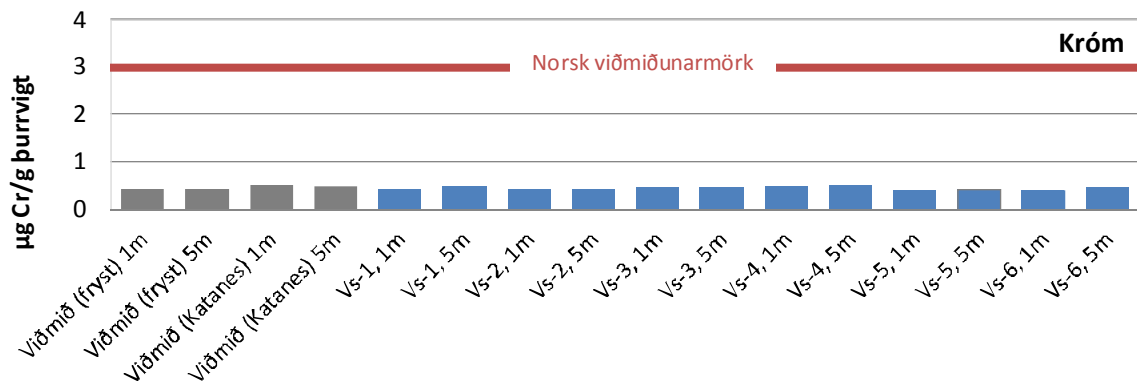
Þegar miðað er við fryst viðmiðunarsýni má sjá að hækkun á sér stað í koparstyrk í krækling á vöktunartímanum við iðnaðarsvæðið og í viðmiðunarsýni við Katanes (mynd 9.6). Þetta er í samræmi við niðurstöður vöktunar árin 2004 og 2007. Þrátt fyrir það er styrkur kopars í öllum sýnum undir lægsta norska viðmiði (10 µg Cu/g) og mældist koparstyrkur árið 2011 lægri en fyrri vöktunarár. Meðalstyrkur kopars í mjúkvæf kræklinga mældist $4,6 \pm 0,2$ µg Cu/g á vöktunarstöðum ársins 2011 en náttúrulegur bakgrunnsstyrkur í kræklingi umhverfis landið árið 2009 mældist að meðaltali 4,3 µg Cu/g.



Mynd 9.6: Styrkur kopars í mjúkvæf kræklinga 2011

Króm

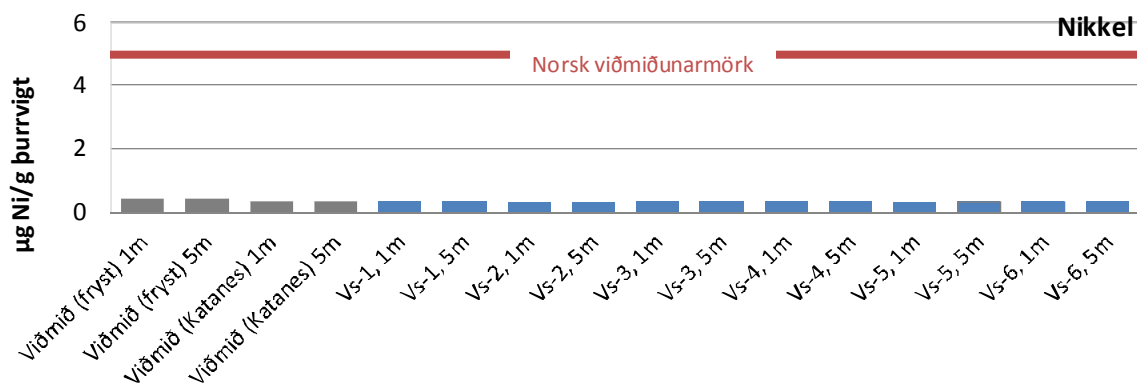
Meðalstyrkur króms í mjúkvæf kræklinga frá vöktunarstöðum ársins 2011 mældist $0,44 \pm 0,04$ µg Cr/g. Lítil breyting á sér stað í styrk króms í mjúkvæf kræklinga á vöktunartímabilinu (mynd 9.7) og styrkurinn liggur töluvert undir lægsta norska viðmiði (3 µg Cr/g).



Mynd 9.7: Styrkur króms í mjúkvæf kræklinga 2011

Nikkel

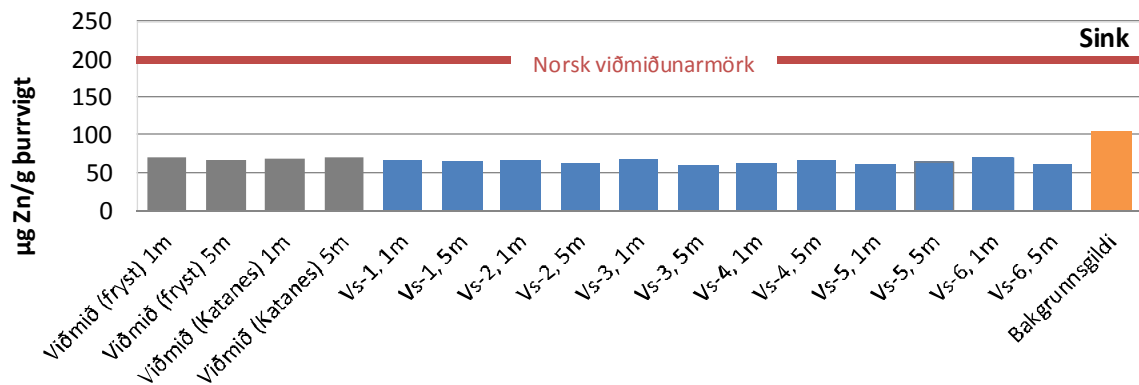
Meðalstyrkur nikkels í mjúkvæf kræklinga árið 2011 mældist $0,32 \pm 0,02$ µg Ni/g. Mældur styrkur nikkels á hverjum vöktunarstað má sjá á mynd 9.8. Styrkur nikkels er áþekkur á öllum vöktunarstöðum og viðmiðunarsýnum auk þess að vera alltaf töluvert undir lægsta norska viðmiði (5 µg Ni/g). Mælingar ársins 2011 eru lægri en mælingar frá fyrri vöktunarárum (2000, 2004 og 2007).



Mynd 9.8: Styrkur nikkels í mjúkvæf kræklinga 2011

Sink

Styrkur sinks mældist í öllum tilvikum undir lágsta norska viðmiði (200 $\mu\text{g Zn/g}$) og meðalstyrkurinn ($65 \pm 3 \mu\text{g Zn/g}$) er mun lægri en mælt hefur áður í umhverfismælingum (mynd 9.9). Náttúrulegur bakgrunnsstyrkur í kræklingi í kringum Ísland mældist að meðaltali 106 $\mu\text{g Zn/g}$ árið 2009.



Mynd 9.9: Styrkur sinks í mjúkvæf kræklinga 2011

Önnur ólífræn snefilefni

Styrkur kvikasilfurs mældist á öllum vöktunarstöðum undir greiningarmörkum (0,06 $\mu\text{g Hg/g}$). Lágsta norska viðmið fyrir styrk kvikasilfurs er 0,2 $\mu\text{g Hg/g}$ og náttúrulegur bakgrunnsstyrkur í kræklingi í kringum Ísland árið 2009 mældist að meðaltali 0,044 $\mu\text{g Hg/g}$. Meðalstyrkur selens var $2,1 \pm 0,2 \mu\text{g Se/g}$ sem er svipað og náttúrulegur bakgrunnsstyrkur mældur árið 2009 (2,3 $\mu\text{g Se/g}$).

Ekki eru skilgreind viðmiðunargildi fyrir ál, járn og vanadín í mjúkvæf kræklinga, og ekki eru til íslensk bakgrunnsgildi fyrir styrk þessara efna. Niðurstöður mælinga fyrir þessi efni má sjá í viðauka VII.

9.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FJÖLARÓMATÍSKRA VETNISKOLEFNA Í KRÆKLING

Mældur var styrkur 18 PAH efna í mjúkvæf kræklinga frá öllum vöktunarstöðum og viðmiðunarsýnum. Af þessum 18 efnum eru 16 þeirra skilgreind sem efni sem helst þarf að rannsaka með tilliti til áhrifa og styrks í umhverfinu³⁴. Niðurstöður mælinga má sjá í viðauka VII, en mjög lítið af PAH efnum greindust í sýnunum. Perylene, sem er ekki eitt þessara 16 mikilvægustu efna, greindist í öllum sýnum og phenanthrene greindist í þremur sýnum. Styrkur annarra PAH efna var undir greiningarmörkum.

Umhverfismörk eru skilgreind í Noregi fyrir þessi 16 PAH efni sem rannsaka þarf og taka tillit til. Þar sem styrkur flestra PAH efnanna er undir greiningarmörkum fellur vöktunarsvæðið í flokk I samkvæmt norskum leiðbeiningunum, þ.e. ómengað svæði. Séu niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður svipaðra rannsókna³⁵ virðist ekki vera um mengun PAH efna að ræða á vöktunarstöðum í Hvalfirði árið 2011.

³⁴ Hrönn Ó. Jörundsdóttir (2012)

³⁵ Pécseli o.fl. (2002) og Webster, L. o.fl. (2008)

10 VÖKTUN SJÁVAR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR

Á hafnarsvæði í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga eru flæðigryfjur þar sem komið er fyrir sérstökum ónýttum föstum úrgangi. Slíkur úrgangur er meðal annars kerbrot, óendurvinnanlegar málmleifar, kola- og súralsryk. Flæðigryfjan er afmörkuð með grjóttgarði og hún síðan fyllt smám saman með úrgangi og burðarhæfum jarðvegi. Veggir flæðigryfjunnar hindra að föst efni berist til sjávar. Við urðunina er úrgangurinn blandaður og hulinn skeljasandi og jarðvegi. Skeljasandurinn hvarfast við flúorsambönd og önnur efni og gerir þau síður skaðleg umhverfinu. Sjór fellur svo um gryfjuna vegna sjávarfalla. Núverandi flæðigryfja er að verða fullnýtt. Ný gryfja mun taka við, en hún er staðsett vestan við þá eldri (mynd 10.1).

Tekin voru sjósýni á 10 stöðum í og við flæðigryfjurnar samkvæmt umhverfisvöktunaráætlun og styrkur átta málma í sjó mældur auk styrks sýaníðs og flúors. Sjá má staðsetningu vöktunarstaða á mynd 10.1. Auk sýnanna 10 er tekið eitt viðmiðunarsýni við Kalastaði. Kalastaðir eru staðsettir innar í firðinum en þar gætir ekki áhrifa frá flæðigryfjunum vegna legu strauma í Hvalfirði þar sem sjór flæðir inn í fjörðinn að sunnanverðu og út að norðanverðu. Sýni þaðan er því talið innihalda náttúrulegan styrk efna í sjónum. Sýni voru tekin þrisvar, dagana 15. ágúst, 15. september og 14. október. Sýnataka og mælingar voru unnar af NMÍ.



Mynd 10.1: Staðsetning vöktunarstaða

10.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Málmar

Styrkur kadmíns (Cd), kvikasilfurs (Hg) og blýs (Pb) mældist undir greiningarmörkum. Styrkur arsens (As) mældist í svipuðum styrk og í viðmiðunarsýni (tekið við Kalastaði), sem bendir til þess að lítil útskolun eigi sér stað á þessum málmi úr flæðigryfju. Styrkur króms (Cr), kopars (Cu), nikkels (Ni) og sinks (Zn) mældist nokkuð hærri en viðmiðunargildið sem bendir til að meiri útlosun eigi sér stað á þessum málmum. Öll mæligildi málmanna liggja innan við umhverfismörk II (lítil hætta á áhrifum á umhverfið) samkvæmt reglugerð 796/1999 fyrir utan eina mælingu á kopar og eina mælingu á sinki sem liggja innan umhverfismarka III, því má vænta lítilla eða engra áhrifa á lífríki sjávar vegna flæðigryfju.

Sýaníð og flúor

Styrkur frís sýaníðs reyndist vera undir greiningarmörkum (<0,005 mg/L) í öllum tilfellum. Sýaníð er mjög hvarfgjarn og myndar fljótt mjög torleyst efnasambönd. Styrkur heildar sýaníðs og flúors mældist í nokkrum sýnum hærri en viðmiðunargildin. Fjögur sýni fyrir heildar sýaníð mældust hærri en viðmiðunarsýnið (<0,005 mg/L) en það hæsta mældist 0,012 mg/L. Styrkur flúors mældist í átta sýnum herra en viðmiðunargildið (0,89 mg/L) en það hæsta mældist 1,42 mg/L. Þess má einnig geta að gildin eru öll innan umhverfismarka sem gilda fyrir neysluvatn samkvæmt reglugerð nr. 536/2001; fyrir styrk sýaníðs 0,05 mg/L og fyrir flúor 1,5 mg/L.

10.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

10.2.1 MÆLINGAR Á STYRK MÁLMA

Fylgst var með styrk átta málma (arsens, kadmíns, kvikasilfurs, blýs, króms, kopars, nikkels og sinks) sem taldir eru vera óæskilegir í lífríki hafsins í miklum mæli og hafa skilgreind umhverfismörk í reglugerð númer 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Styrkur kadmíns (Cd), kvikasilfurs (Hg) og blýs (Pb) mældist undir greiningarmörkum. Styrkur arsens (As) mældist í svipuðum styrk og í viðmiðunarsýni (tekið við Kalastaði), sem bendir til þess að lítil útskolun eigi sér stað á þessum málmi úr flæðigryfju. Styrkur króms (Cr), kopars (Cu), nikkels (Ni) og sinks (Zn) mældist, og þá sérstaklega sínk, nokkuð hærri en viðmiðunargildið sem bendir til að meiri útskolun eigi sér stað á þessum málmum.

Mældur styrkur málmanna er í nánast öllum tilvikum innan umhverfismarka I og II samkvæmt reglugerð 796/1999 þar sem vænta má mjög lítilla eða engra áhrifa á lífríkið. Tvær mælingar (kopar á vöktunarstað 7 og sink á vöktunarstað 3) lenda innan umhverfismarka III þar sem má vænta áhrifa á viðkvæmt lífríki. Sýnin eru tekin í eða við flæðigryfjurnar og því ljóst að styrkur málmanna þynnist þegar sjórinn blandast frekari sjávarstraumum.

Meðalstyrkur og staðalfrávik málma er að finna í töflu 10.1. Niðurstöðurnar eru bornar saman við umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni skv. reglugerð nr. 796/1999 (sjá töflu 10.2).

Tafla 10.1: Meðaltal mælinga á málum. Litir vísa til umhverfismarkna

Vöktunarstaður	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)
1 - Garður suðurendi	Yfirborð næst landi	2,8 ±0,9	<0,05	<0,1	<0,5	<0,002	<0,5	<0,3	3,71 2,913
2 - Garður suðurendi	4m frá landi 1m dýpi	2,6 ±0,9	<0,05	<0,1	0,5 ±0,2	<0,002	<0,5	<0,3	4,36 4,122
3 - Garður miðja	Yfirborð næst landi	2,2 ±0,8	<0,05	<0,1	0,8 ±0,7	<0,002	<0,5	<0,3	21,6 ±34,2
4 - Garður miðja 4m	4m frá landi 1m dýpi	2,5 ±0,6	<0,05	<0,1	0,8 ±0,5	<0,002	<0,5	<0,3	10,9 ±15,5
5 - Garður norðurendi	Yfirborð næst landi	2,3 ±0,6	<0,05	<0,1	1,2 ±0,9	<0,002	<0,5	<0,3	12,7 ±18,1
6 - Garður norðurendi	4m frá landi 1m dýpi	2,3 ±0,7	<0,05	0,233 0,318	1,4 ±1,1	<0,002	<0,5	<0,3	13,0 ±17,9
7 - Ný gryfja austur	Yfirborð næst landi	2,1 ±0,8	<0,05	1,3 ±2,0	4,9 ±6,3	<0,002	2,4 ±3,0	<0,3	8,3 ±6,9
8 - Ný gryfja vestur	Yfirborð næst landi	2,2 ±0,7	0,07 ±0,08	0,247 0,341	1,1 ±1,0	<0,002	<0,5	<0,3	1,953 0,826
9 - Ný gryfja utan gryfju A	Yfirborð næst landi	2,5 ±0,7	<0,05	<0,1	<0,5	<0,002	<0,5	<0,3	1,615 0,87
10 - Ný gryfja utan gryfju V	Yfirborð næst landi	2,6 ±0,7	<0,05	<0,1	<0,5	<0,002	<0,5	<0,3	2,195 1,69
Kalastaðir (viðmiðunargildi)	Yfirborð næst landi	2,1 ±0,7	<0,05	<0,1	<0,5	<0,002	<0,5	<0,3	2,777 1,554

Tafla 10.2: Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni. Litir eru notaðir til aðgreiningar umhverfismarkna I-V

Umvhverfismörk málma skv. rg. nr. 796 1999	I µg/L	II µg/L	III µg/L	IV µg/L	V µg/L
Kopar	<0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45
Sink	<5	5-20	20-60	60-300	>300
Kadmín	<0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-1,5	>1,5
Blý	<0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15
Krómm	<0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75
Nikkel	<0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225
Arsenik	<0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75

	Mjög lítil eða engin hættu á áhrifum
	Lítil hættu á áhrifum
	Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki
	Áhrifa að vænta
	Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði

10.2.2 MÆLINGAR Á STYRK SÝANÍÐS OG FLÚORS

Meðaltal og staðalfrávik mælinga á styrk sýaníðs og flúors er að finna í töflu 10.3. Ekki eru til nein umhverfismörk fyrir sýaníð og flúor í sjó en sýnið tekið við Kalastaði er notað til viðmiðunar. Styrkur frís sýaníðs reyndist vera undir greiningarmörkum (<0,005 mg/L) í öllum tilfellum. Styrkur heildar sýaníðs mældist í fjórum sýnum hærra en viðmiðunarsýnin (hæst 0,012 mg/L) en undir hámarksgildi sem gefið eru fyrir styrk sýaníðs í neysluvatni (0,05 mg/L) skv. reglugerð nr. 536/2001. Flúor mældist í svipuðum eða hærri styrk en mældist í viðmiðunarsýni (hæst 1,42 mg/L) sem er undir hámarksgildi fyrir styrk flúors í neysluvatni (1,5 mg/L) skv. reglugerð nr. 536/2001.

Tafla 10.3: Meðalstyrkur sýaníðs og flúors

Vöktunarstaður	Sýnataka	Sýaníð Frítt (mg/L)	Sýaníð Heild (mg/L)	Flúor (mg/L)
1 - Garður suðurendi	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,92 ±0,01
2 - Garður suðurendi	<i>4m frá landi 1m dýpi</i>	<0,005	<0,005	0,91 ±0,03
3 - Garður miðja	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	0,012 ±0,008	1,13 ±0,32
4 - Garður miðja 4m	<i>4m frá landi 1m dýpi</i>	<0,005	0,007 ±0,004	1,42 ±0,44
5 - Garður norðurendi	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	0,008 ±0,005	1,19 ±0,36
6 - Garður norðurendi	<i>4m frá landi 1m dýpi</i>	<0,005	0,011 ±0,009	1,19 ±0,35
7 - Ný gryfja austur	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,90 ±0,06
8 - Ný gryfja vestur	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,92 ±0,05
9 - Ný gryfja utan gryfju A	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,89 ±0,00
10 - Ný gryfja utan gryfju V	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,89 ±0,02
Kalastaðir	<i>Yfirborð næst landi</i>	<0,005	<0,005	0,89 ±0,03

HEIMILDASKRÁ

- Elkem Ísland ehf (2011) *Skýrsla um grænt bókhald 2010*. Sótt 29. mars 2012:
http://www.ust.is/library/Skrar/Graent-bokhald/2010/Elkem_graent_bokhald_2010.pdf
- Friðrik Pálmason (1999) *Rannsóknir á efnamagni í jarðvegi, gróðri og heyjum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Áfangaskýrsla 1999*. Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Friðrik Pálmason og Skye (1999) *An evaluation of the impact of airborne emissions from a planned aluminum smelter on vegetation in Reyðarfjörður*. A report to invest in Iceland-Energy marketing, RALA-012/UM-006
- Halldór P. Halldórsson og Óskar S. Gíslason (2012) *Mengunarálag í vistkerfi sjávar utan við Grundartanga og Katanes í Hvalfirði vaktað með hjálp kræklinga. Undirbúningur búra, og meðhöndlun og ræktun kræklinga í búrum*. Háskóli Íslands, Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum.
- Helga Gunnlaugsdóttir, Natasa Desnica, Þuríður Ragnarsdóttir og Hrönn Jörundsóttir (2011) *Monitoring of the marine biosphere around Iceland 2009 and 2010*. Skýrsla Matís 24-11.
- Hermann Þórðarson (2012a) *Umhverfismælingar á Grundartanga og í Hvalfirði. Janúar – desember 2011*. Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- Hermann Þórðarson (2012b) *Umhverfismælingar í Hvalfirði. Ferskvatnsmælingar 2011*. Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- Hornthvedt og Øyen (1994) *Effekter af fluorider på skog ved norske aluminiumsverk*. Kafli 6 í Norsk aluminiumsindustri og miljø. Project for effectstudier av industriutslipp fra primæraluminiumsverk i Norge. Aluminiumsindustriens Miljøsekretariat (AMS) Oslo.
- Hrönn Ólína Jörundsóttir, Sophie Jensen, Natasa Desnica, Þuríður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir (2012) *Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringjum (PAH) í krækling við Grundartanga, Hvalfirði, 2011*. Skýrsla Matís 11-12.
- Hörður Kristinsson (2000) *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 1999*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00006.
- Hörður Kristinsson (2004) *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 2003*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-04004.
- Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson (1999) *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð frá 1976 til 1997*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-99001.
- MAST (2012a) *Rannsókn á veikindum hrossa í nágrenni Grundartanga*. Sótt 16. apríl 2012:
<http://mast.is/index.aspx?GroupId=1494&TabId=1504&NewsItemId=4010&ModulesTabId=2488>
- MAST (2012b) *Dýrasjúkdómar – hófsperra í hrossum*. Sótt 16. apríl 2012:
<http://mast.is/flytileidir/dyraheilbrigdi/sjukdomar/hofsperraihrossum>

- Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J. og Sørensen J. (1997) *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Skýrsla Statens forurensningstilsyn TA-1467/1997.*
- Norðurál Grundartanga ehf. (2011) *Grænt bókhald 2010. Norðurál á Grundartanga ehf.* Sótt 29. mars 2012: http://www.ust.is/library/Skrar/Graent-bokhald/2010/Nor%C3%B0ural_Graent_bokhald_2010.pdf
- Ongstad, Stoll og Aasland (1994) *The Norwegian aluminium industry and the local environment. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway. Summary report.*
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2012) *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga.* Tilraunastöð Háskóla Íslands, Keldum.
- Pécseli M., Pritzl G., Thomsen M., Asmund G., og Christensen J.T. (2002) Polycyclic Aromatic Compounds in the Greenland Marine Environment. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 22: 689-702.
- R. Liteplo, R. Gomes, P. Hower, H. Malcolm (2002) *Fluorides. Environmental Health Criteria 227.* World Health Organization.
- Richard G Foulkes og Anne C. Anderson (1994) *Impact of Artificial Fluoridation on Salmon Species in the Northwest USA and British Columbia, Canada.* Fluoride Vol. 27 No. 4 220 – 226.
- Skipulagsstjóri ríkisins (1996) *Mat á umhverfisáhrifum samkvæmt lögum nr. 63/1993. Álver á Grundartanga. Bygging álvers, lagning háspennulínu og stækkun Grundartangahafnar. Niðurstöður frumathugunar og úrskurður Skipulagsstjóra ríkisins.* Sótt 10. mars 2011: [http://www.skipulagsstofnun.is/focal/webguard.nsf/key2/sasn6l6kmf.html/\\$File/MAT151.PDF](http://www.skipulagsstofnun.is/focal/webguard.nsf/key2/sasn6l6kmf.html/$File/MAT151.PDF)
- Starri Heiðmarsson (2012) *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2006-2011.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-12003.
- Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson (2007) *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 1997-2006.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-07002.
- Webster L., Russell M., Walsham P., Phillips L. A., Packer G., Scurfield J.A., Dalgarno E.J. og Moffat C.F. (2008) *Long Term Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Wild and Rope Grown Blue Mussels (Mytilus Edulis) from Scottish Coastal Waters.* Fisheries Research Services, Aberdeen. Internal Report No. 28/08.
- Weinstein L.H og Davison A.W (2004) *Fluorides in the Environment. Effects on Plants and Animals.* CABI Publishing, Wallingford, UK.

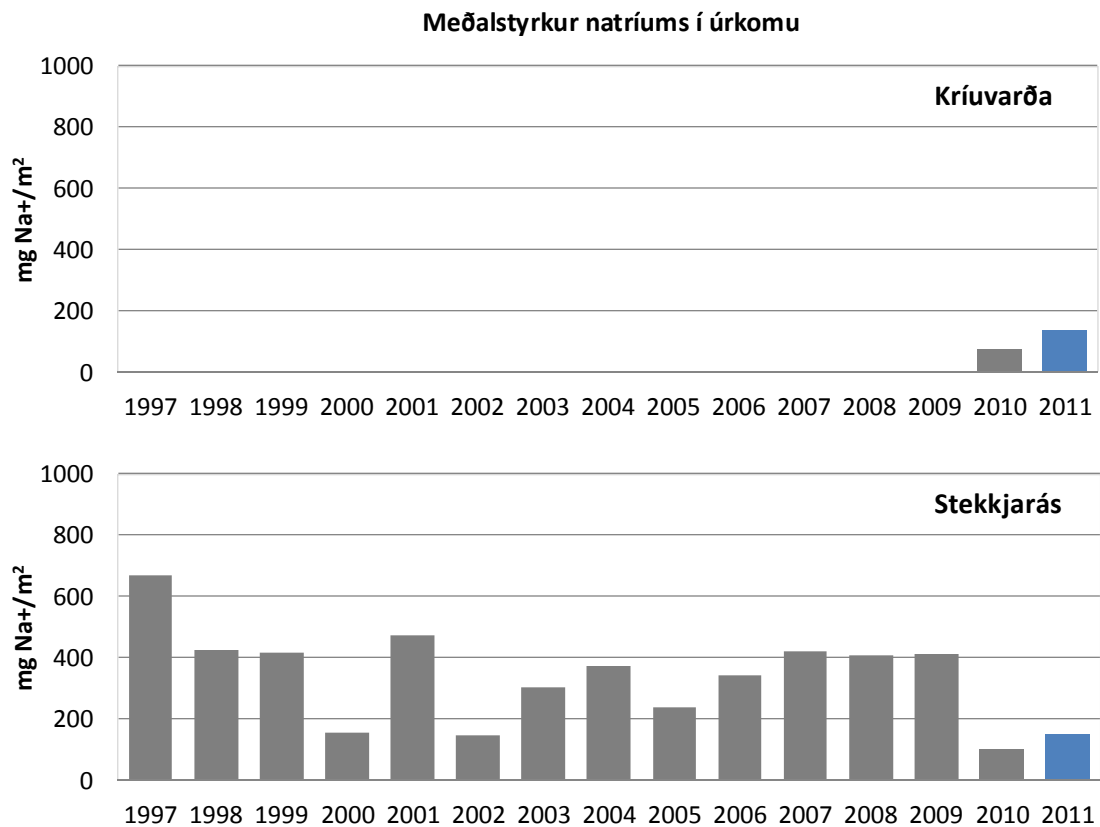
VIÐAUKI I: ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR

Sameiginleg umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga hefur farið fram frá árinu 1999. Áður út komnar ársskýrslur umhverfisvöktunar eru eftirfarandi:

1. Umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010. Útgefin í apríl 2011.
2. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2009. Útgefin í apríl 2010.
3. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2008. Útgefin í apríl 2009.
4. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2007. Útgefin í maí 2008.
5. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2006. Útgefin í október 2007.
6. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2005. Útgefin í nóvember 2006.
7. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2004. Lokaskýrsla. Útgefin í apríl 2005.
8. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2003. Lokaskýrsla. Útgefin í apríl 2004.
9. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar 2002. Lokaskýrsla. Útgefin í mars 2003.

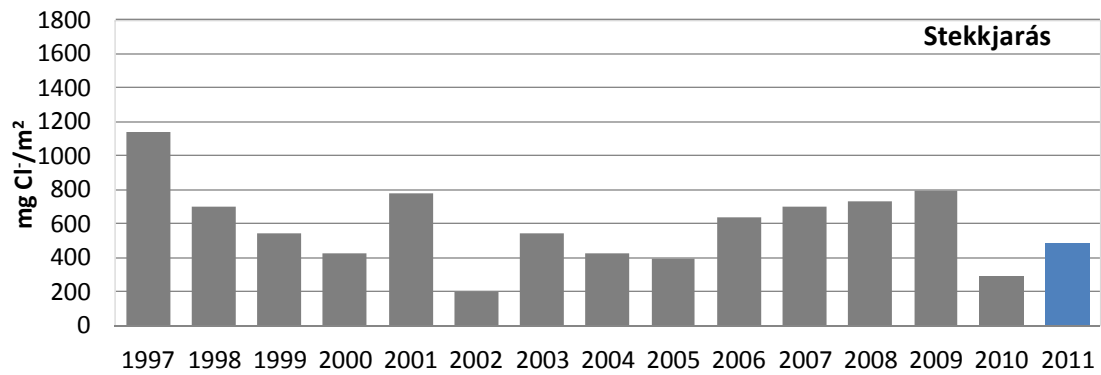
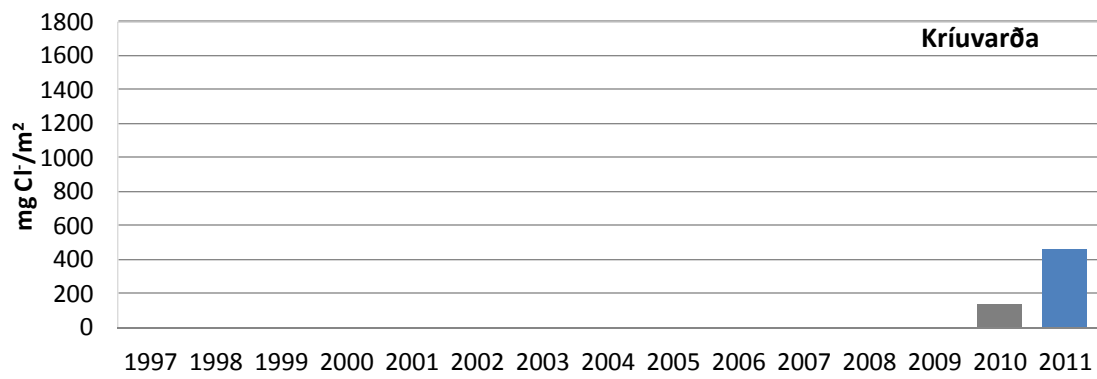
VIÐAUKI II: VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS

Meðalstyrkur natríums og klóríðs í úrkomu að Kríuvörðu og Stekkjarási sem mælt var á árunum 1997 – 2011 eru birt hér að neðan.



Mynd II. 1: Meðalstyrkur natríums í úrkomu við Kríuvörðu og Stekkjarás 1997 - 2011

Meðalstyrkur klóríðs í úrkomu



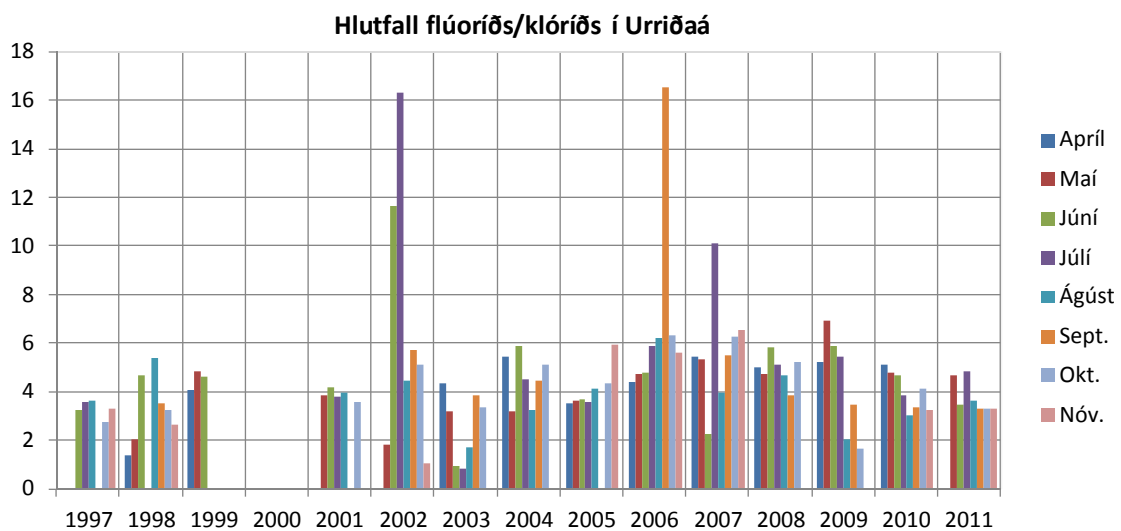
Mynd II. 2: Meðalstyrkur klóríðs í úrkomu við Kríuvörðu og Stekkjarás 1997 - 2011

VIÐAUKI III: VÖKTUN ÁRVATNS

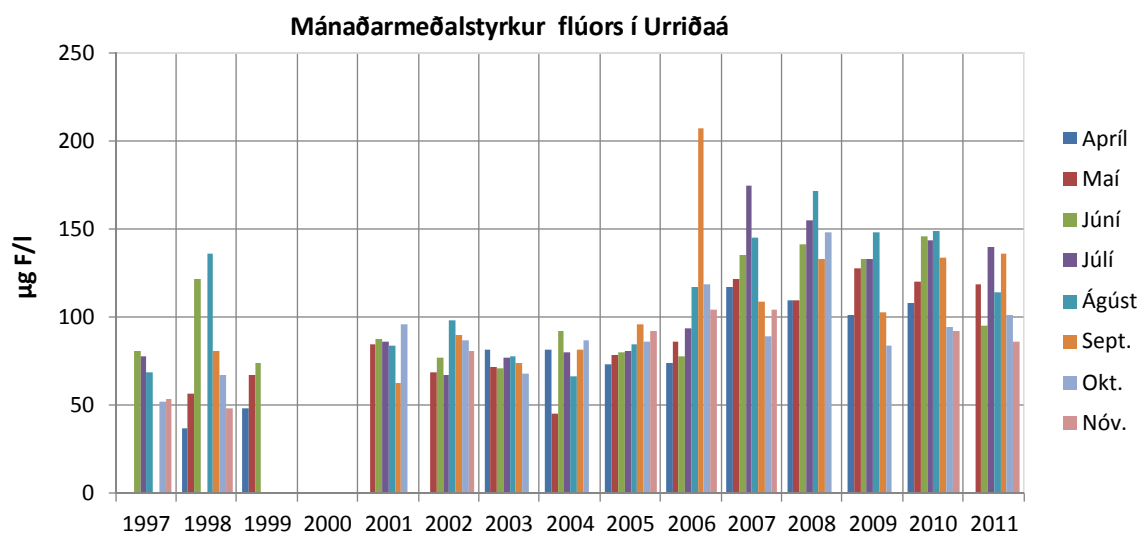
Gætt getur áhrifa frá sjó í mælingum á magni flúors og súlfats í vöktunaránum. Það byggir á því að klóríð, súlfat og flúor berst í grunnrennsli áa nálægt sjó. Styrkur klóríðs er mældur til þess að meta þessi áhrif og hlutfall flúors og klóríðs auk súlfats og klóríðs reiknuð. Í viðauka III.I eru niðurstöður vegna flúormælinga, í viðauka III.II vegna súlfatmælinga og í viðauka III.III eru tölfræðiniðurstöður fyrir árvötn.

III.I: FLÚOR OG FLÚOR/KLÓRÍÐ HLUTFALL Í URRIÐAÁ

Á myndum III.1 og III.2 má sjá að mestu áhrifa frá sjó gætti í nóvember, en minnst í maí og júlí árið 2011.



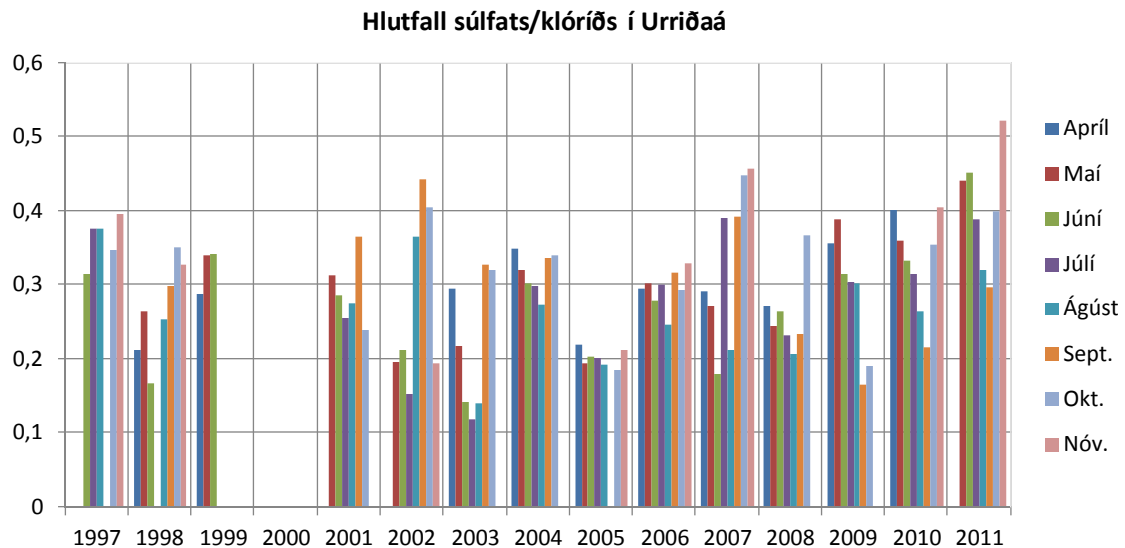
Mynd III. 1: Hlutfall flúor/klóríð í Urriðaaá árin 1997 – 2011



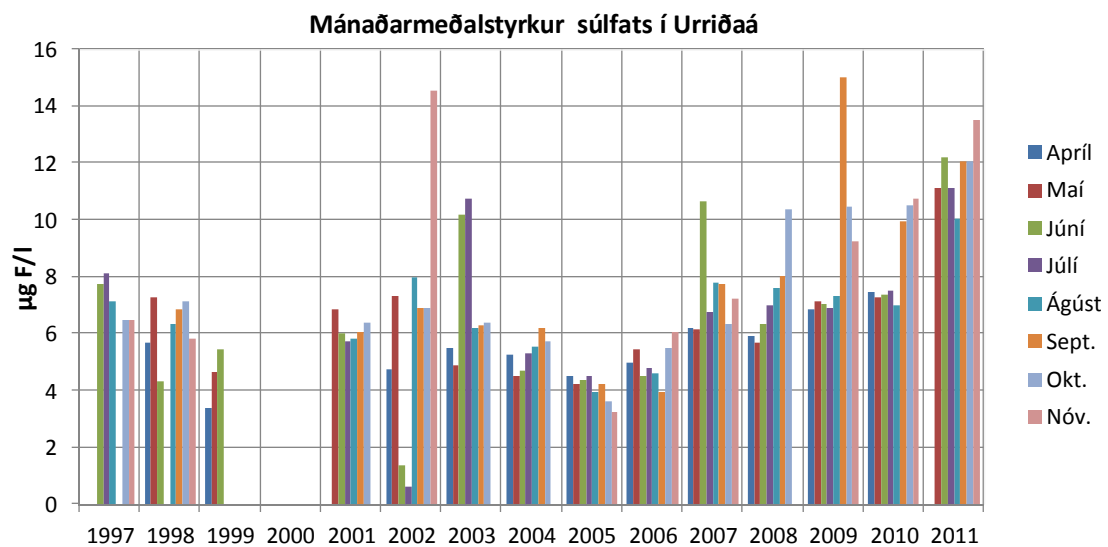
Mynd III. 2: Meðalstyrkur flúors í hverjum mánuði í Urriðaaá árin 1997 - 2011

III.II: SÚLFAT OG SÚLFAT/KLÓRÍÐ HLUTFALL Í URRÍÐAÁ

Á myndum III.3 og III.4 má sjá að mestu áhrifa frá sjó gætti í september líkt og undanfarin tvö ár, en minnst í nóvember árið 2011.



Mynd III. 3: hlutfall súlfats/klóríðs í Urriðaá árin 1997 – 2011



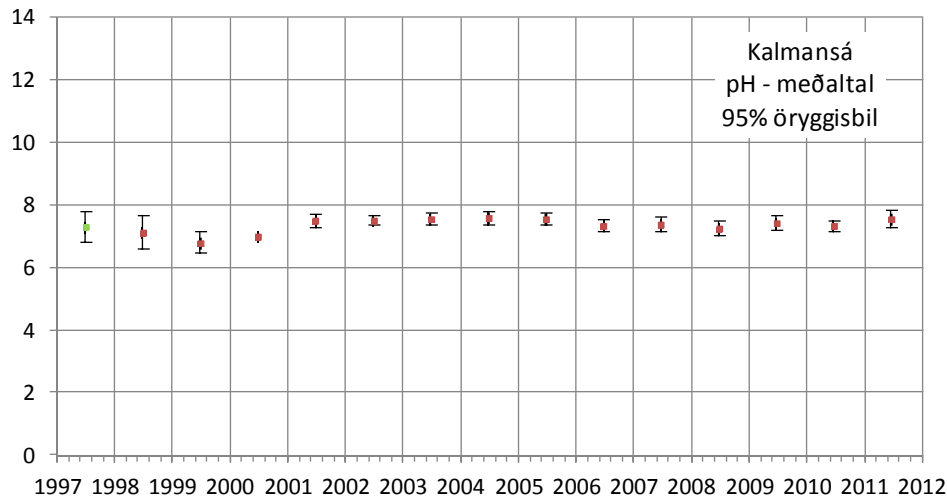
Mynd III. 4: Meðalstyrkur súlfats í hverjum mánuði í Urriðaá árin 1997 - 2011

III.III: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR ÁRVATN

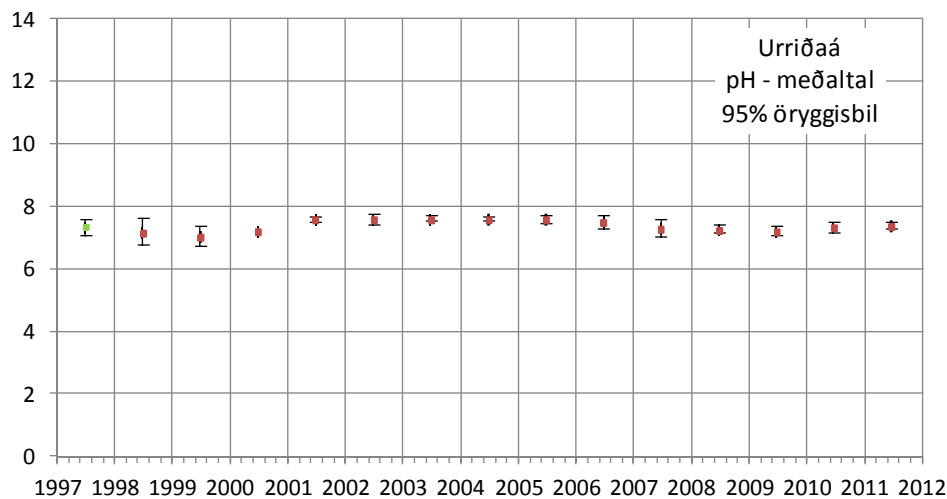
Umhverfissvöktun fyrir árvötn hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2011 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk.

Myndir með niðurstöðum vegna tölfræði útreikninga á niðurstöðum vöktunarmælinga fyrir árvötn árin 1997 – 2011 eru birt hér að neðan.

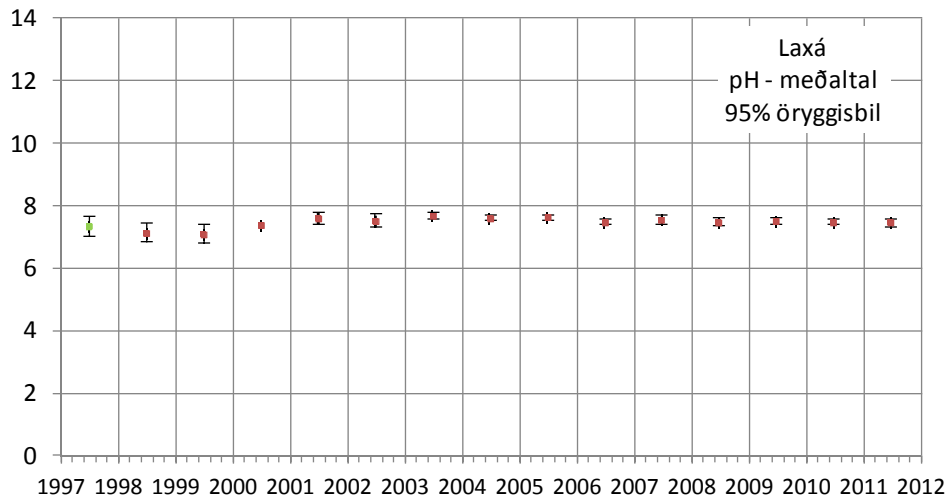
Myndir III.5 – III.9 eru niðurstöður vegna tölfræðigreiningar á sýrustigi vöktunaránna.



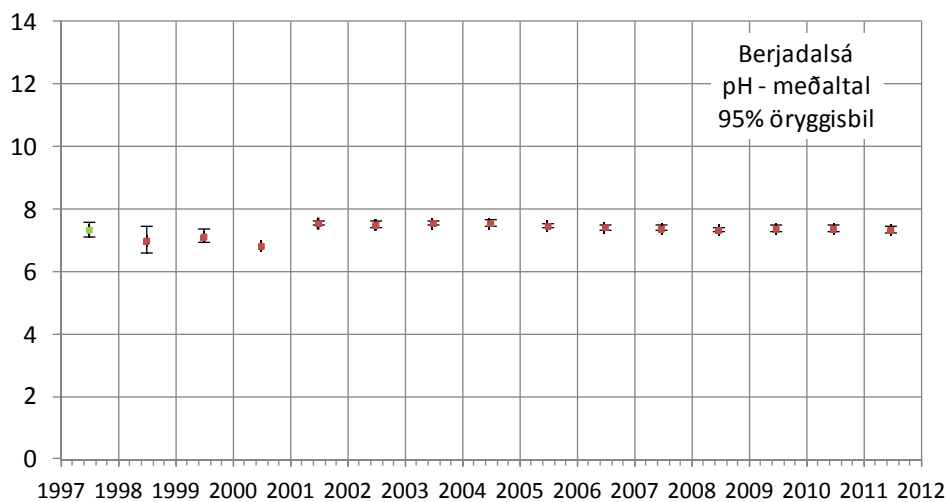
Mynd III. 5: Meðaltal sýrustigs í Kalmansá mælt 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



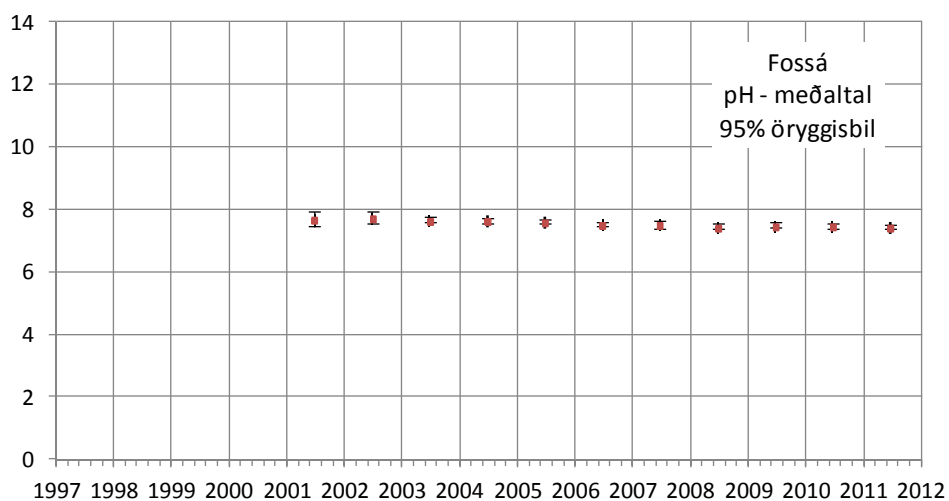
Mynd III. 6: Meðaltal sýrustigs í Urriðaa mælt 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 7: Meðaltal sýrustigs í Laxá mælt 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

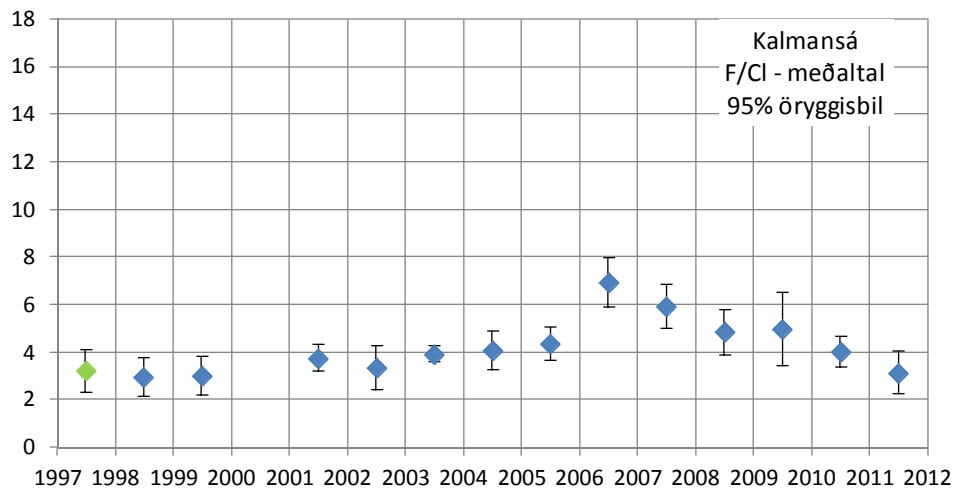


Mynd III. 8: Meðaltal sýrustigs í Berjadalsá mælt 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

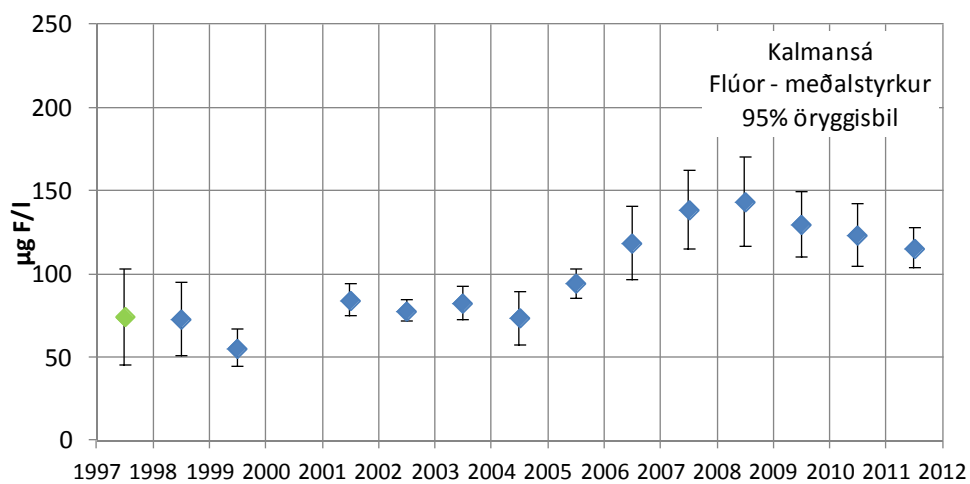


Mynd III. 9: Meðaltal sýrustigs í Fossá mælt 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

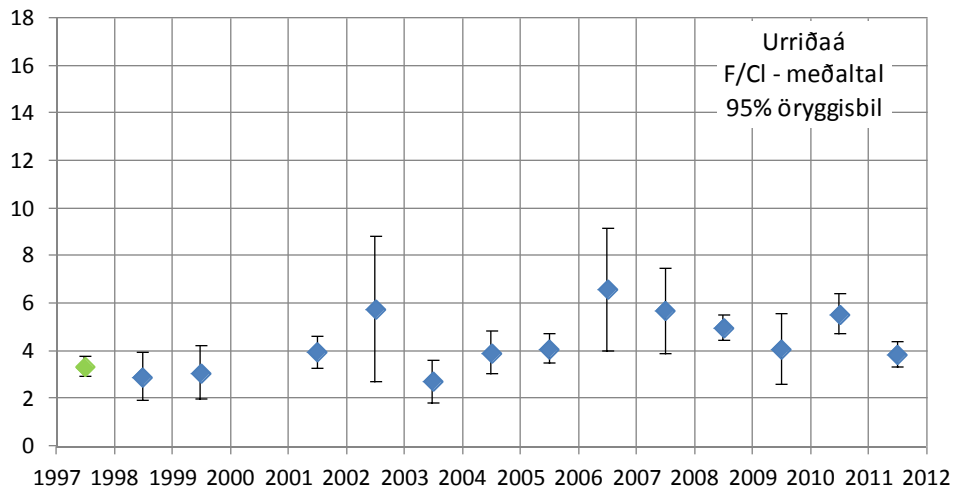
Á myndum III.10 – III.19 eru niðurstöður vegna tölfræðigreiningar á flúor/klóríð hlutfalli og mældum flúorstyrk í vöktunaránum.



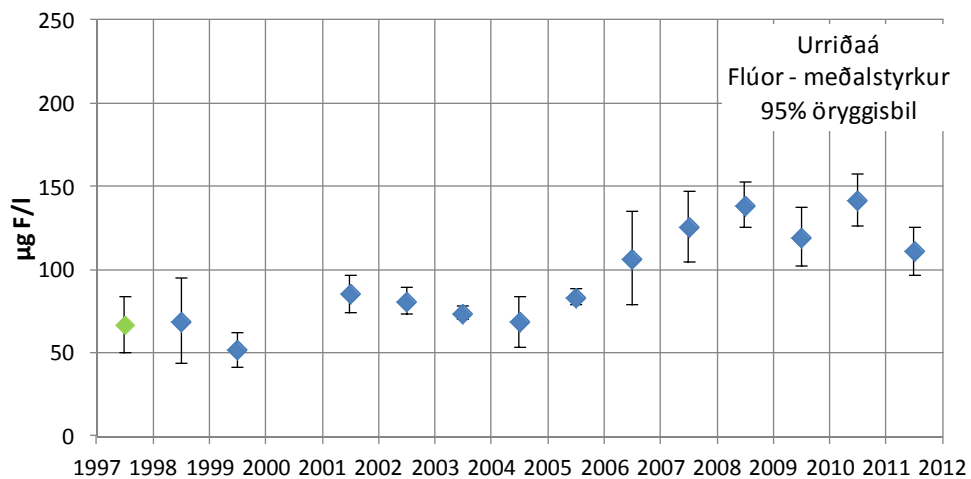
Mynd III. 10: Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



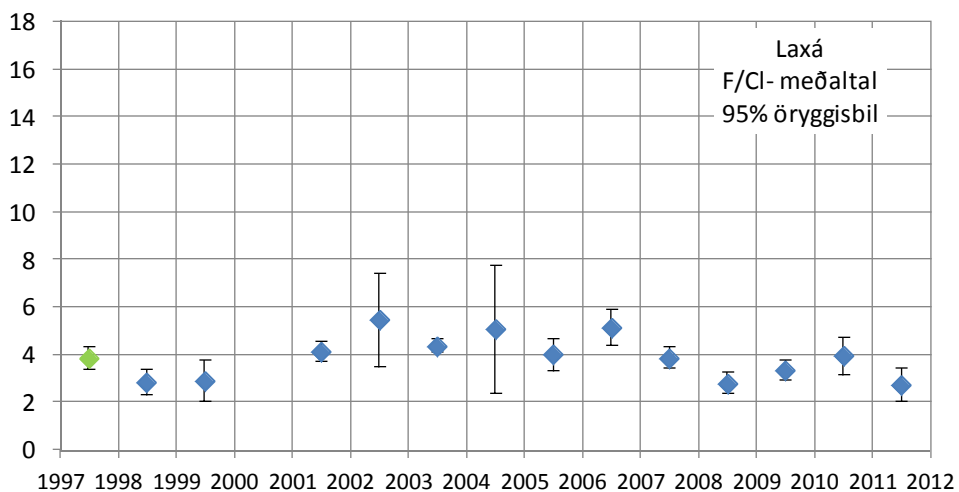
Mynd III. 11: Meðalstyrkur flúors í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



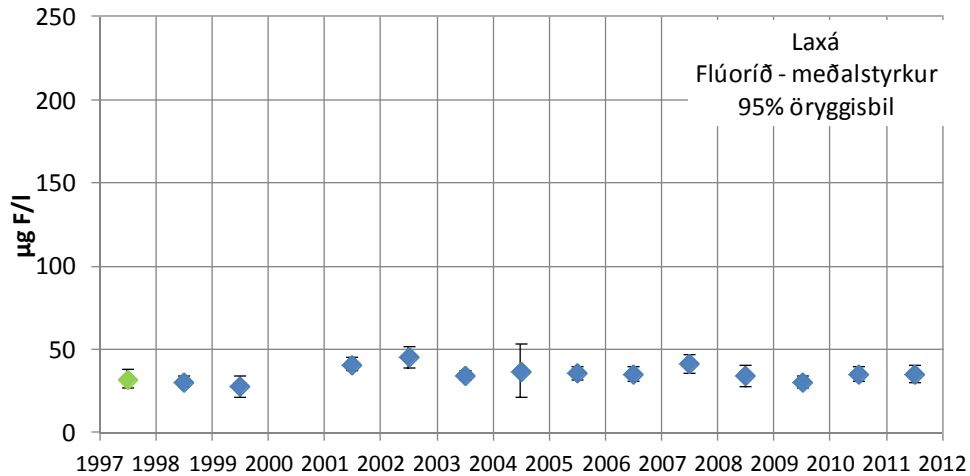
Mynd III. 12: Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Urriðaaá ásamt 95% öryggisbilum.



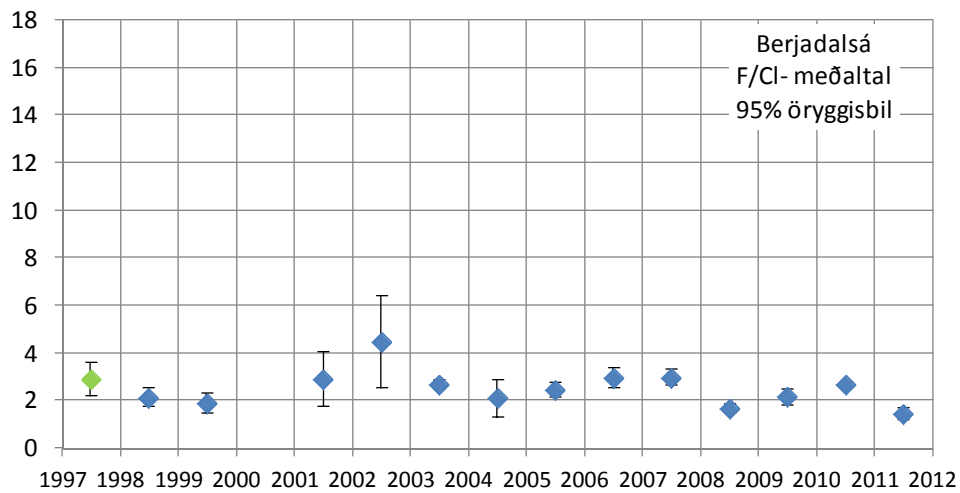
Mynd III. 13: Meðalstyrkur flúors í Urriðaaá ásamt 95% öryggisbilum.



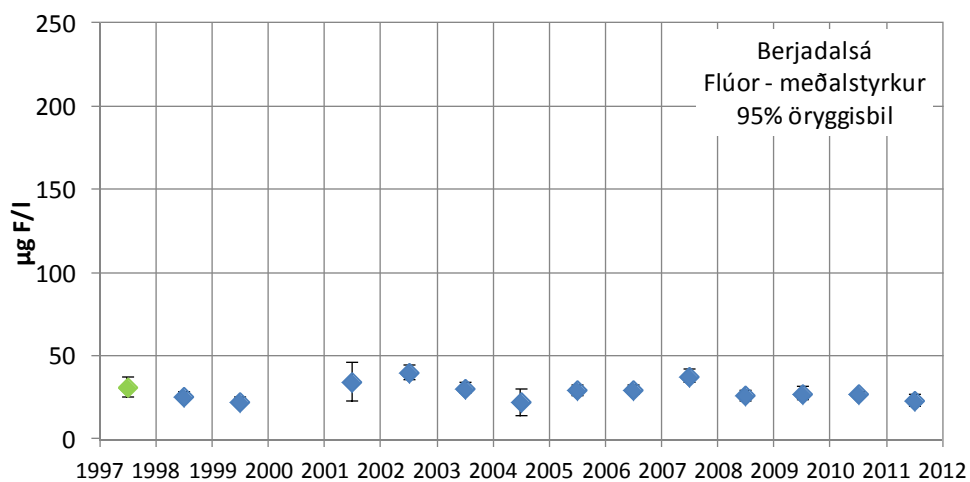
Mynd III. 14: Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Laxá ásamt 95% öryggisbilum.



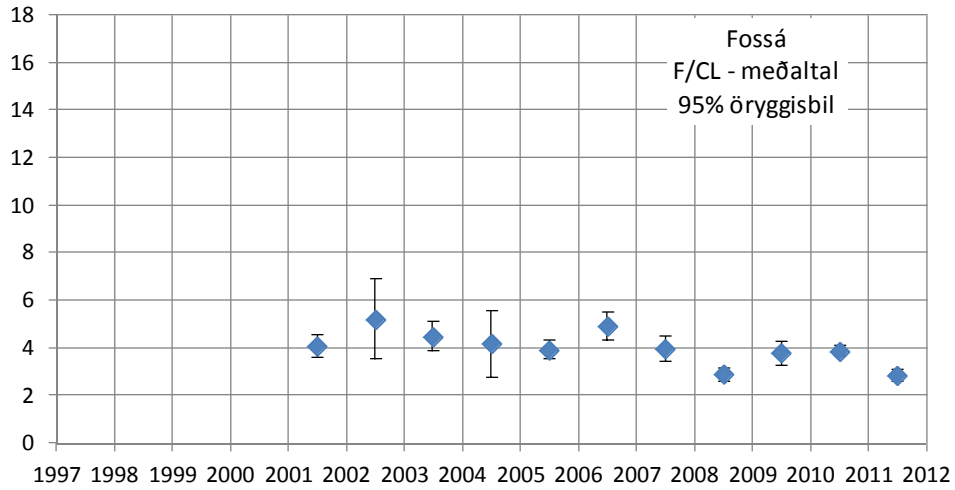
Mynd III. 15: Meðalstyrkur flúors í Laxá ásamt 95% öryggisbilum.



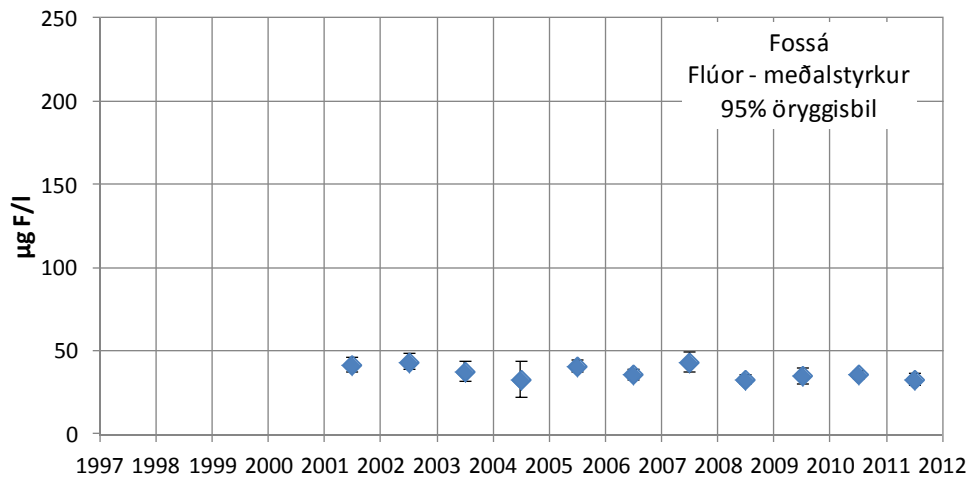
Mynd III. 16: Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 17: Meðalstyrkur flúors í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 18: Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Fossá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 19: Meðalstyrkur flúors í Fossá ásamt 95% öryggisbilum.

VIÐAUKI IV: VÖKTUN GRÓÐURS

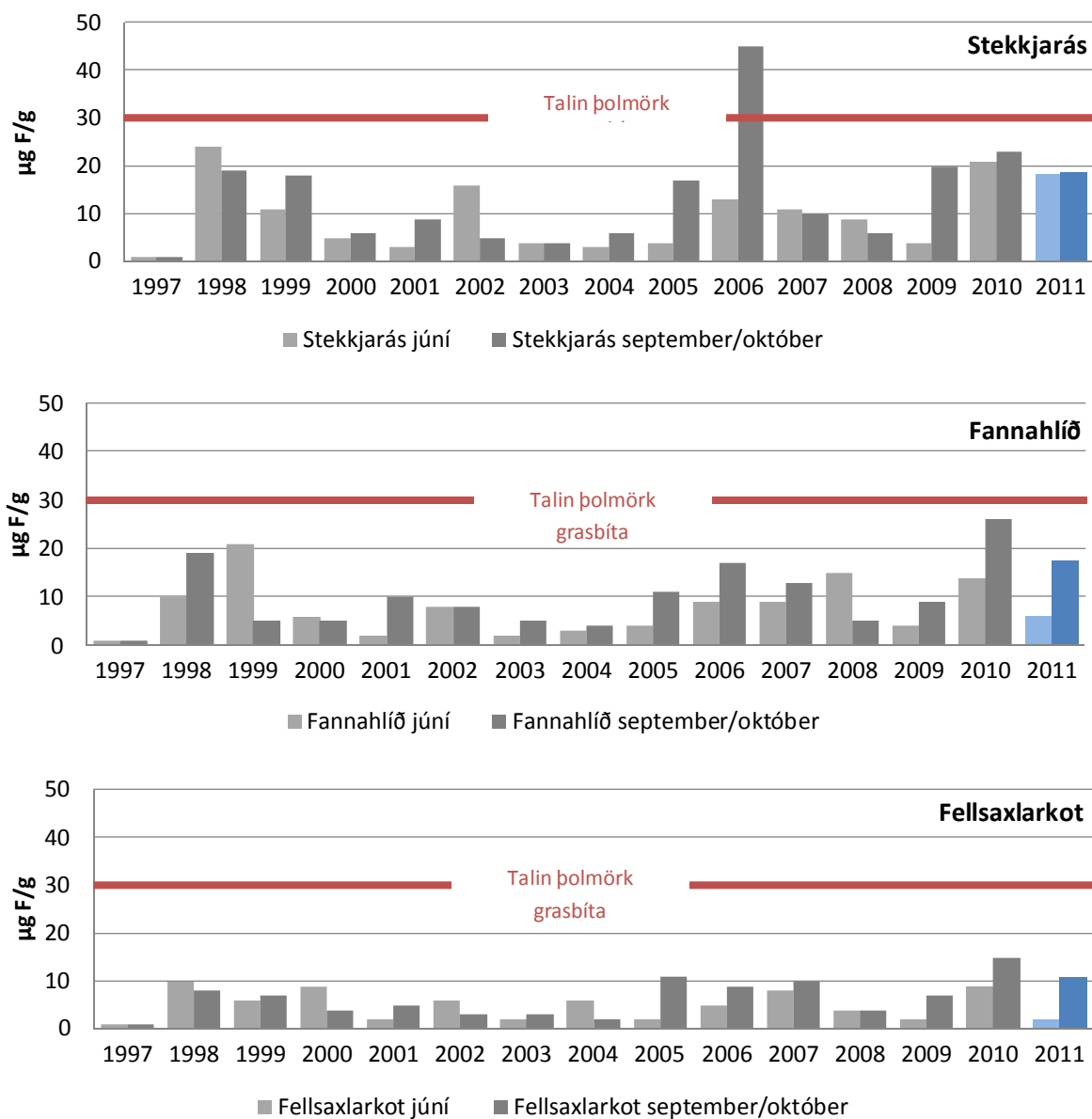
Gröf frá umhverfissvöktun gróðurs norðan og sunnan Hvalfjarðar eru í köflum IV.I og IV.II. Ítarefni fyrir niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfissvöktun á gróðri frá 1997 – 2011 má sjá í kafla IV.III.

Lítil úrkoma mældist dagana fyrir sýnatöku í júní og september. Á tveggja vikna tímabili fyrir sýnatökuna 23. júní mældust tveir dagar með úrkomu meiri en 1 mm og þrír dagar fyrir sýnatökuna þann 8. september. Úrkoma mældist meiri þegar sýnum af barri var safnað. Á tveggja vikna tímabili fyrir sýnatökuna 17. nóvember voru alls 10 dagar þar sem úrkoma mældist 1 mm eða meiri.

IV.I: STYRKUR FLÚORS Í GRASI

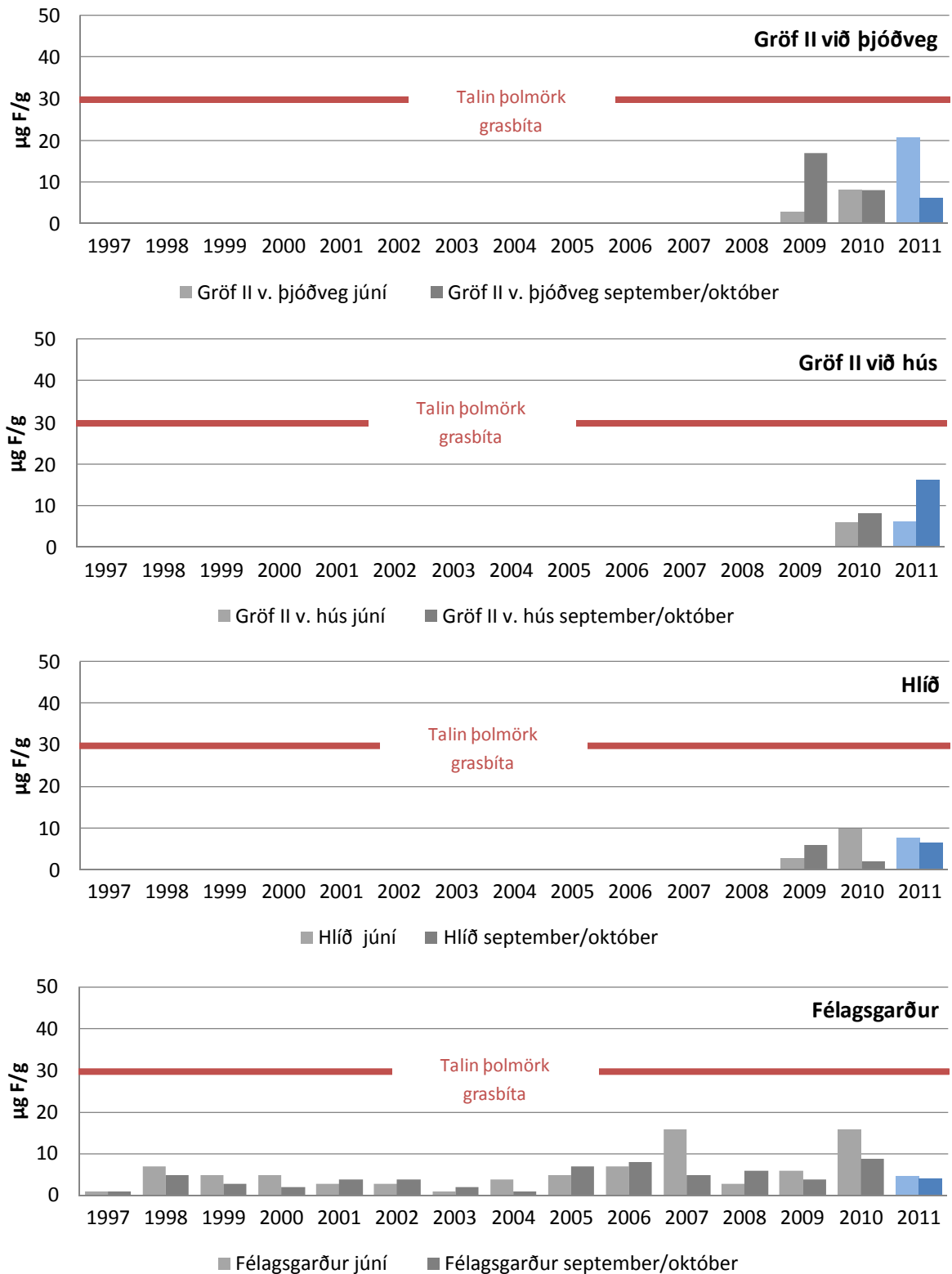
Styrk flúors í grasi á vöktunarstöðunum ellefu fyrir gras má sjá á mynd IV.1 að neðan. Að Gröf II við Þjóðveg og Hlíð hefur verið mælt frá 2009, Gröf II við hús frá 2010. Á Ferstiklu og Hálsi í Kjós var fyrst mælt árið 2011. Talin þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fóðri eru 30 µg F/g og talin þolmörk grasa gagnvart flúor í plöntuvef er 100 – 200 µg F/g.

Styrkur flúors í grasi á vöktunarstöðum fyrir gróður



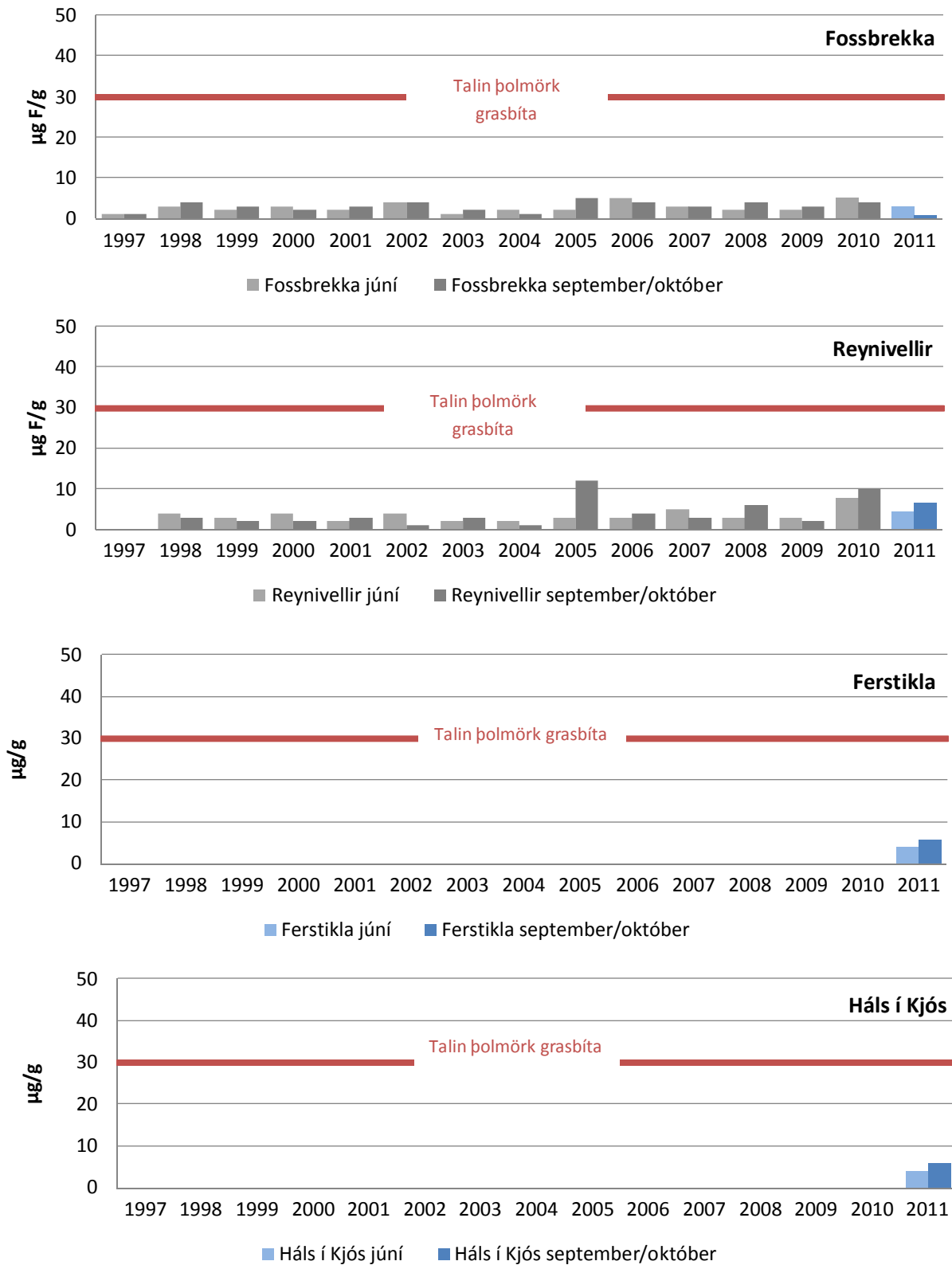
Mynd IV. 1: Styrkur flúors í grasi frá vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2011

Styrkur flúors í grasi á vöktunarstöðum fyrir gróður - framhald



Mynd IV.1 framhald: Styrkur flúors í grasi frá vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2011

Styrkur flúors í grasi á vöktunarstöðum fyrir gróður - framhald

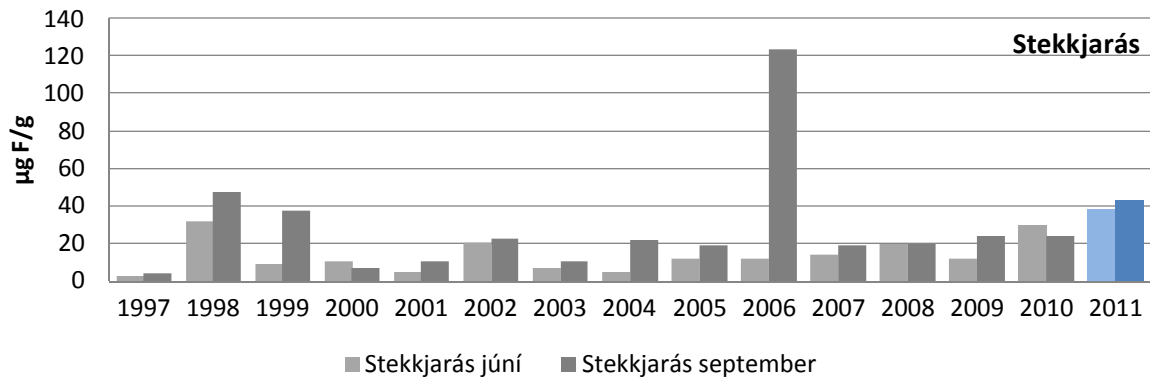


Mynd IV.1 framhald: Styrkur flúors í grasi frá vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 – 2011

IV.II: STYRKUR FLÚORS Í LAUFI

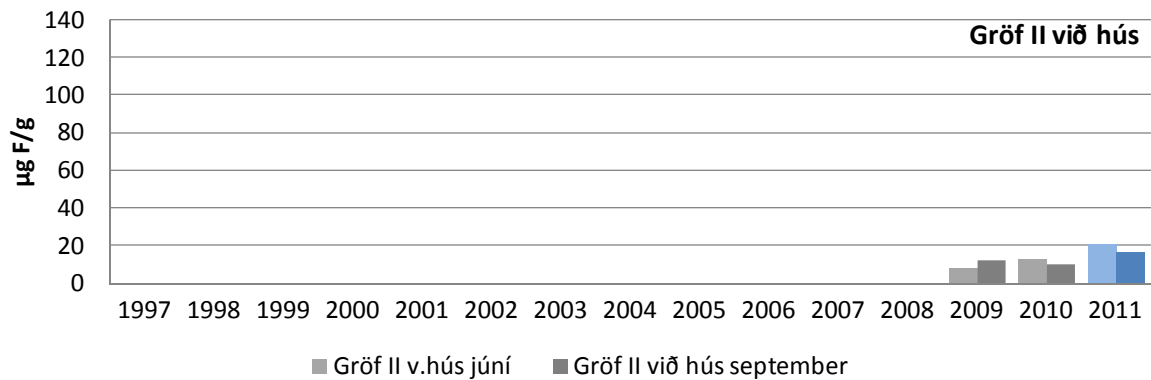
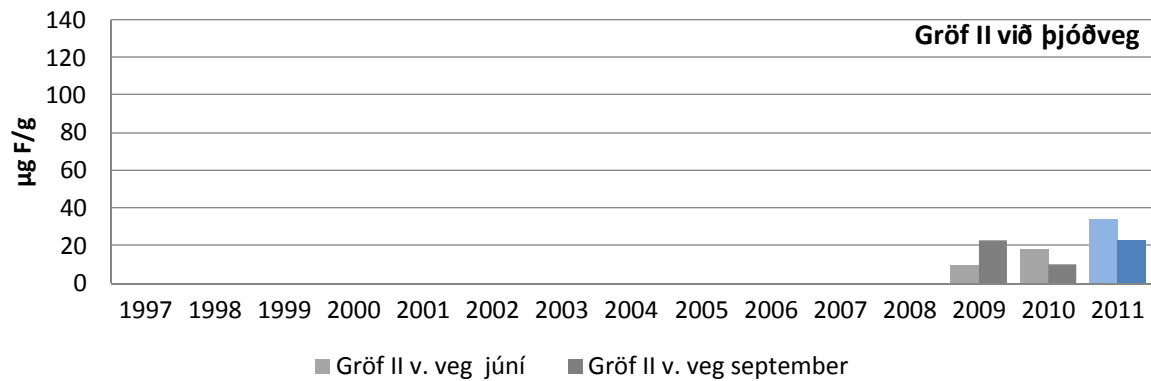
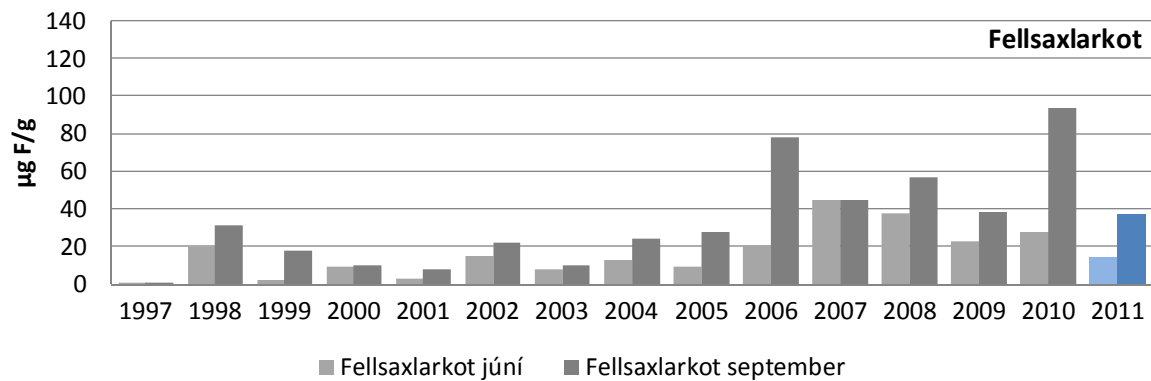
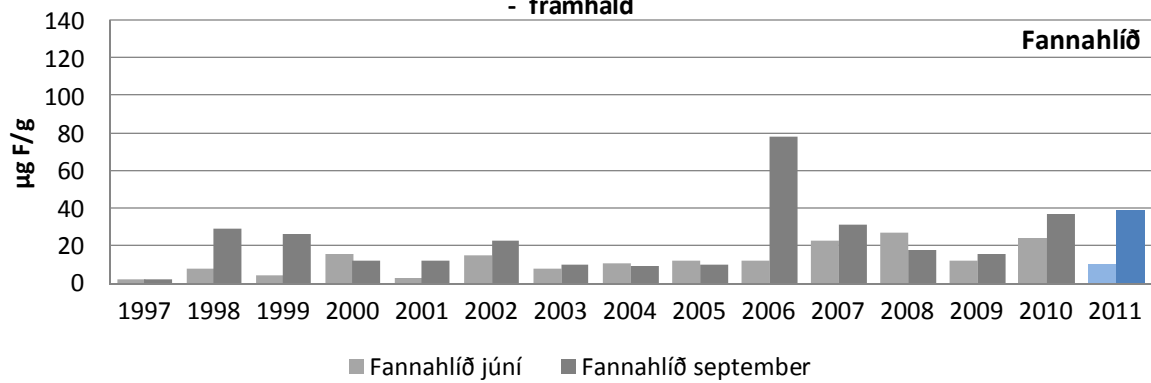
Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðunum ellefu má sjá á mynd IV.2. Að Gröf II við Þjóðveg og hús og við Hlíð hefur verið mælt frá 2009. Á árinu 2011 hófust mælingar við Ferstiklu og Háls í Kjós. Talin þolmörk lauftrjáa gagnvart flúor í plöntuvef eru 200 $\mu\text{g F/g}$.

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður



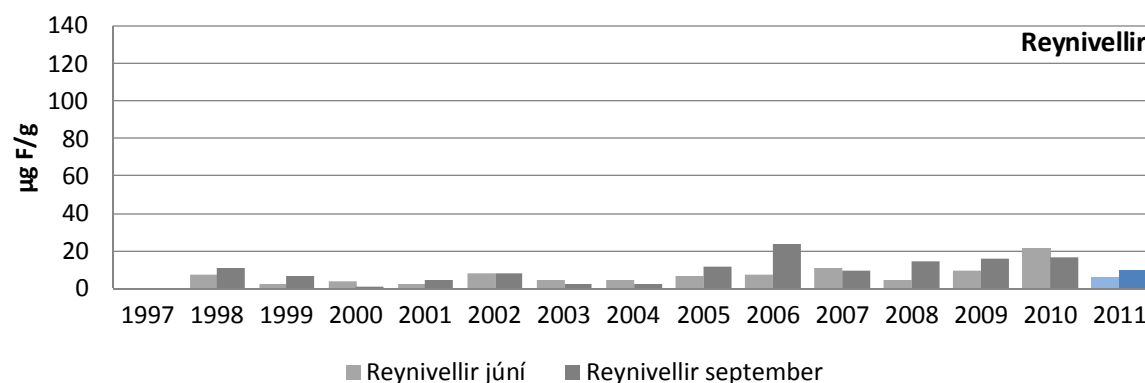
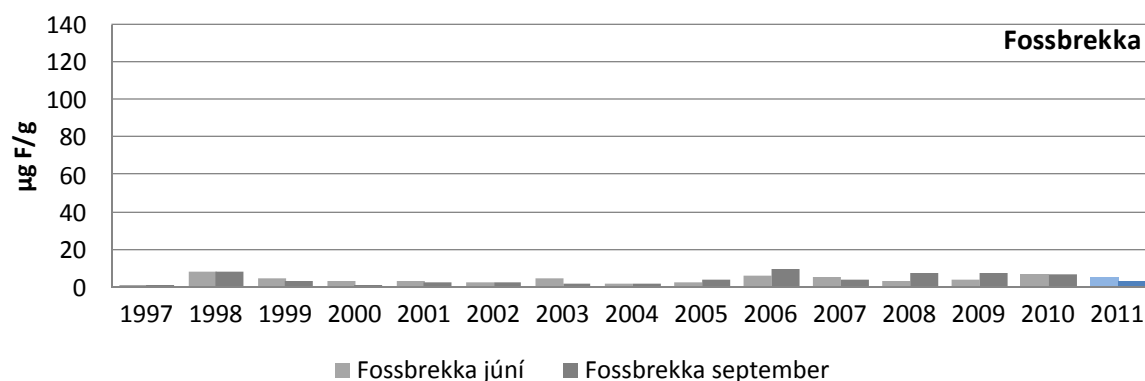
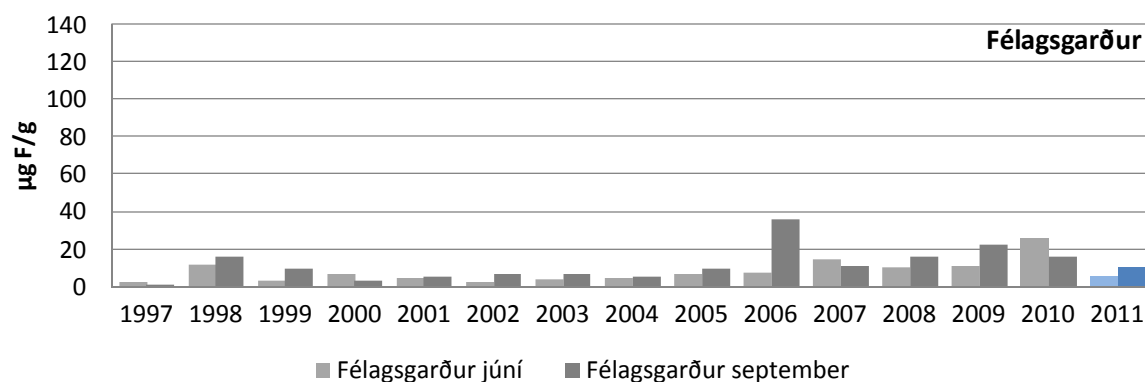
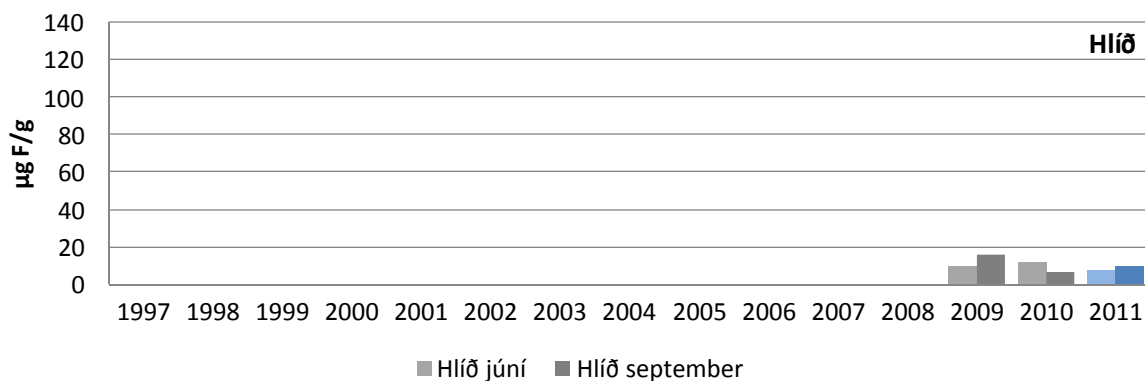
Mynd IV. 2: Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2011

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður - framhald



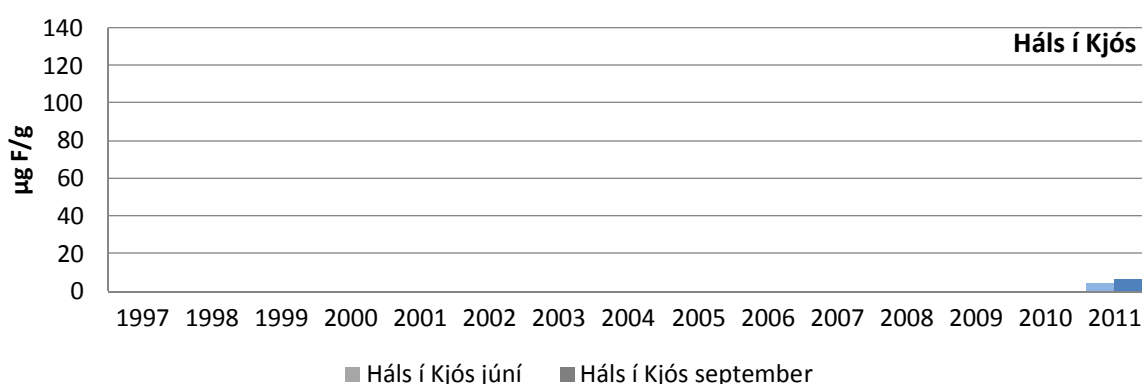
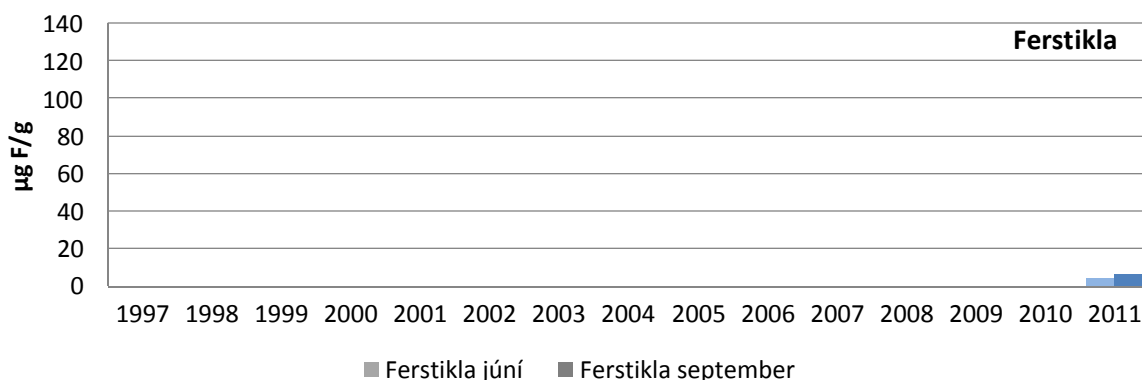
Mynd IV. 2 framhald: Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust
árin 1997 - 2011

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður - framhald



Mynd IV. 2 framhald: Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 – 2011

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður - framhald



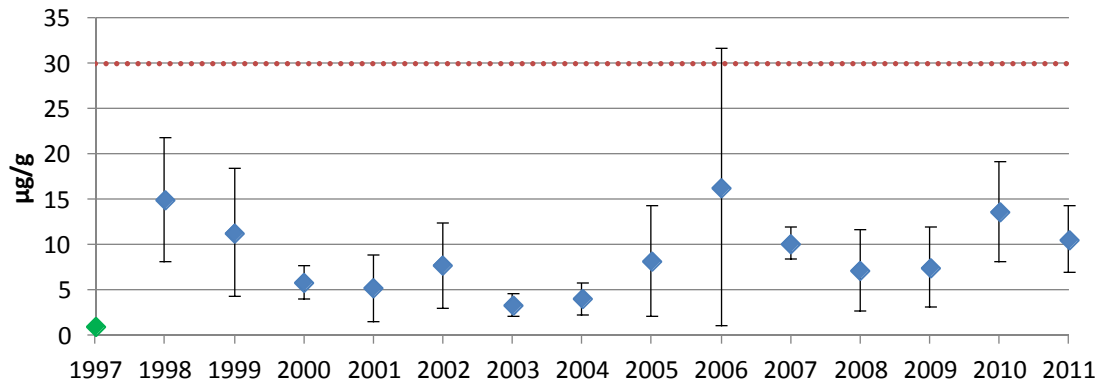
Mynd IV. 2 framhald: Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 – 2011

IV.III: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR GRÓÐUR

Umhverfismælingar fyrir gróður hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2011 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk. Gröf með niðurstöðum tölfræði útreikninga á vöktunarmælingum fyrir gróður árin 1997 – 2011 eru birt á eftirfarandi myndum IV.3 – IV.14.

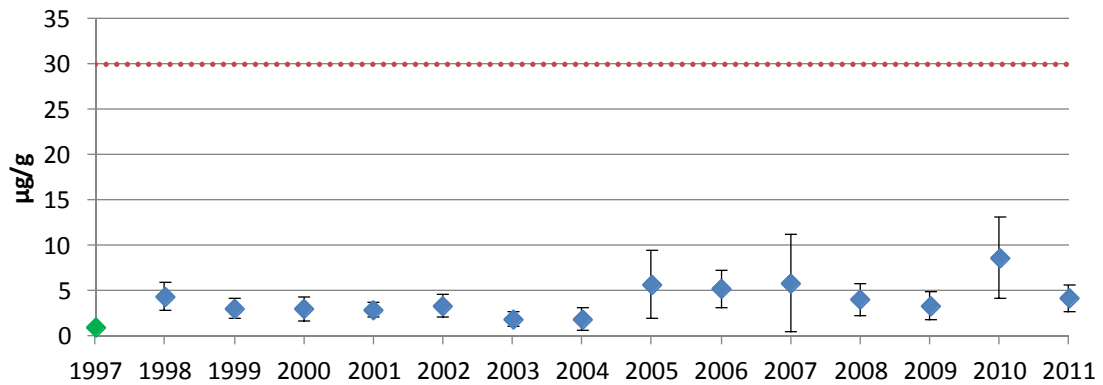
Myndir IV.3 – IV.5 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalársstyrk flúors í grasi norðan og sunnan fjarðar.

Norðan fjarðar - Flúorstyrkur í grasi
95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk



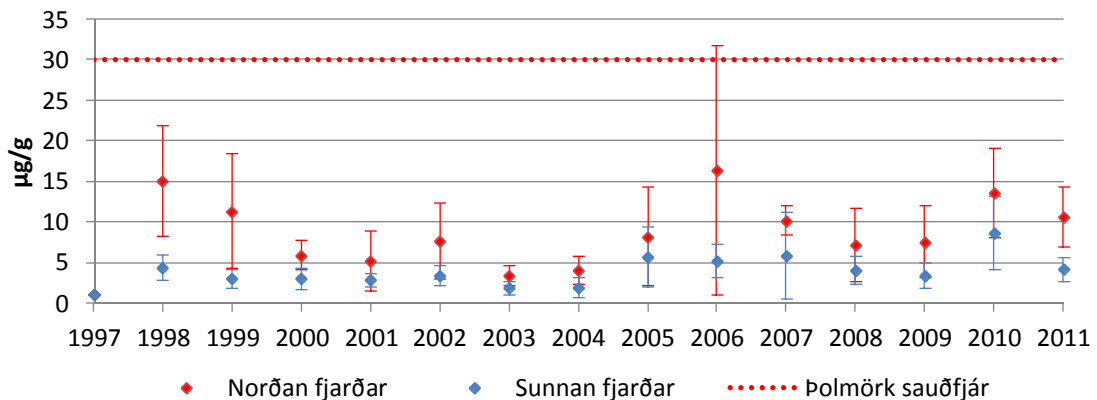
Mynd IV. 3: Meðalstyrkur flúors í grasi norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

Sunnan fjarðar - Flúorstyrkur í grasi
95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk



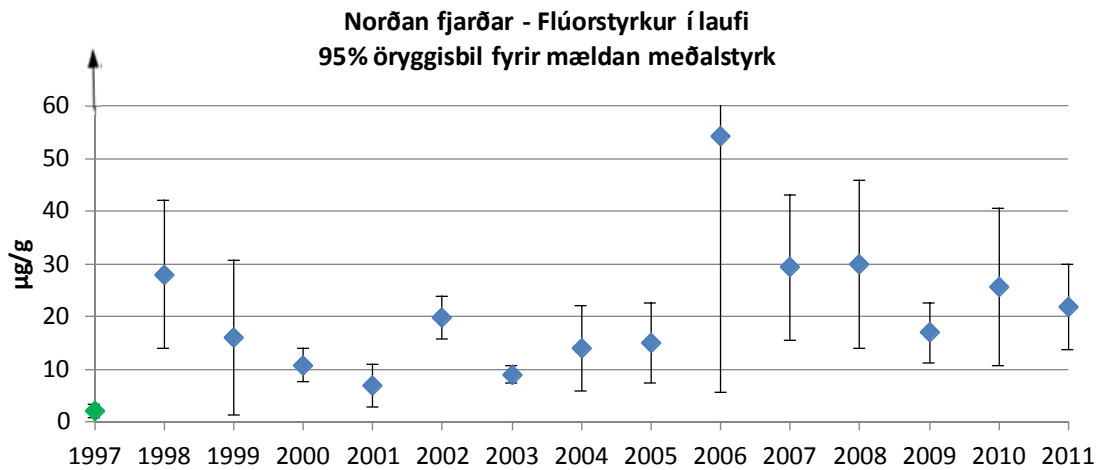
Mynd IV. 4: Meðalstyrkur flúors í grasi sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

Flúorstyrkur í grasi
95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk

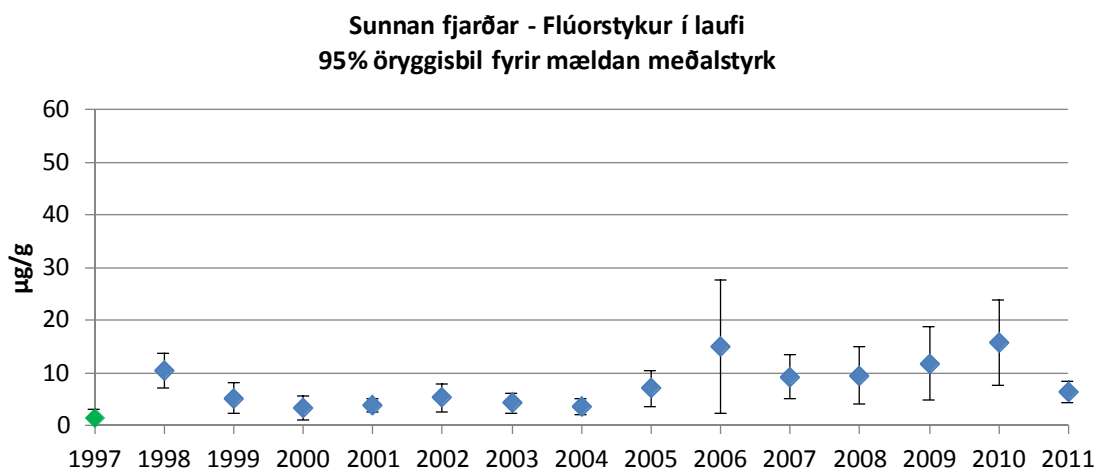


Mynd IV. 5: Meðalstyrkur flúors í grasi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

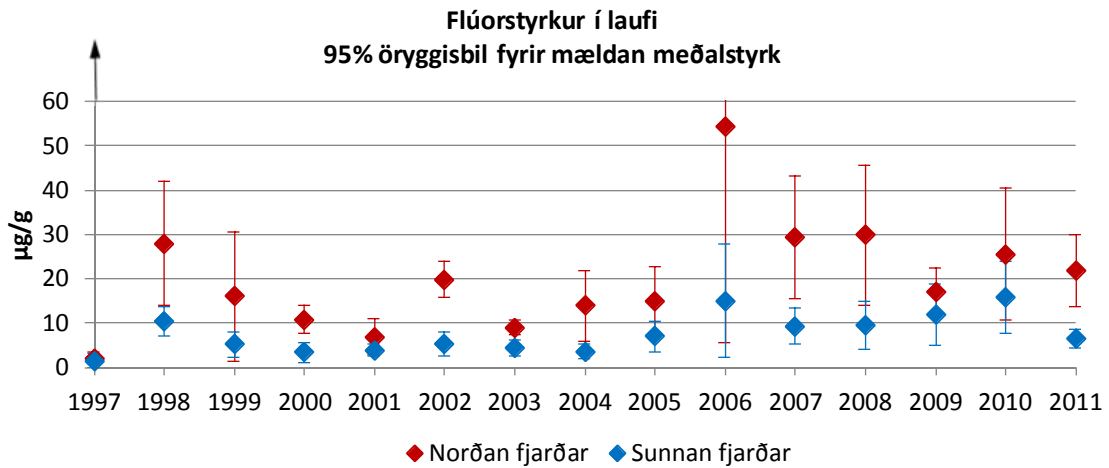
Myndir IV.6 – IV.8 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalárstýrk flúors í laufi norðan og sunnan fjarðar.



Mynd IV. 6: Meðalstýrkur flúors í laufi norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

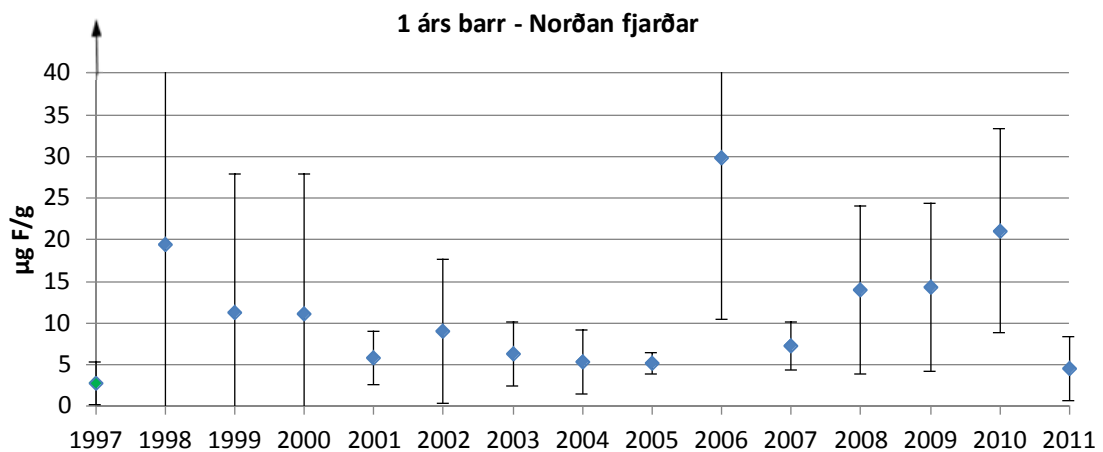


Mynd IV. 7: Meðalstýrkur flúors í laufi sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

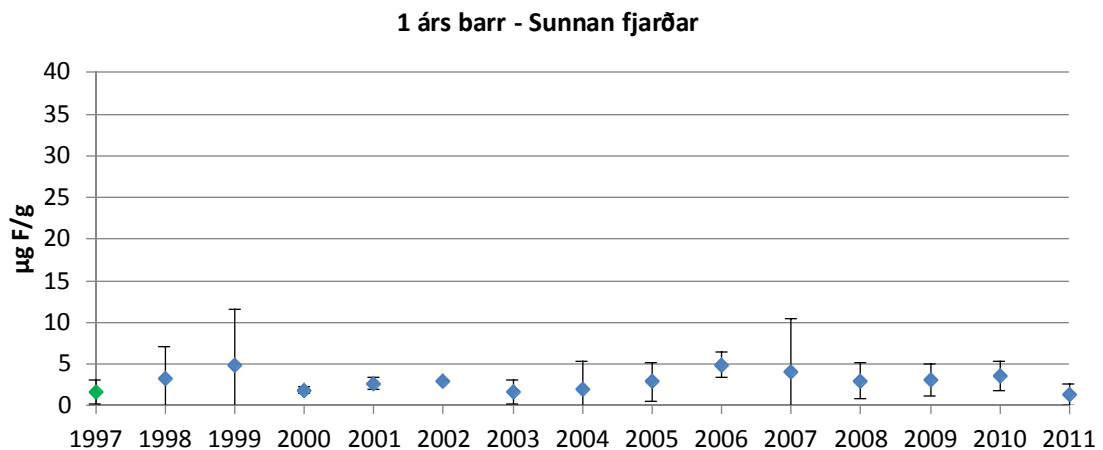


Mynd IV. 8: Meðalstyrkur flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

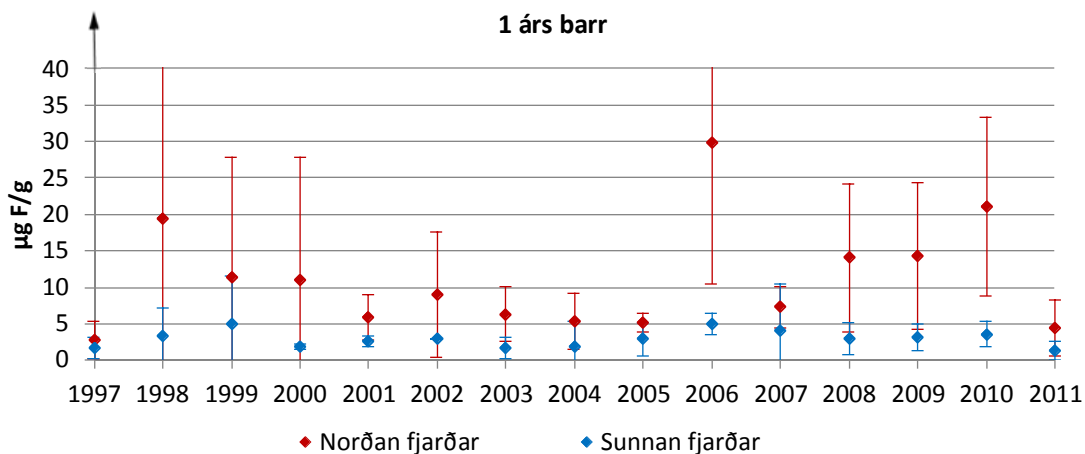
Myndir IV.9 – IV.14 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalstyrk flúors í barri norðan og sunnan fjarðar fyrir eins og tveggja ára gamalt barr.



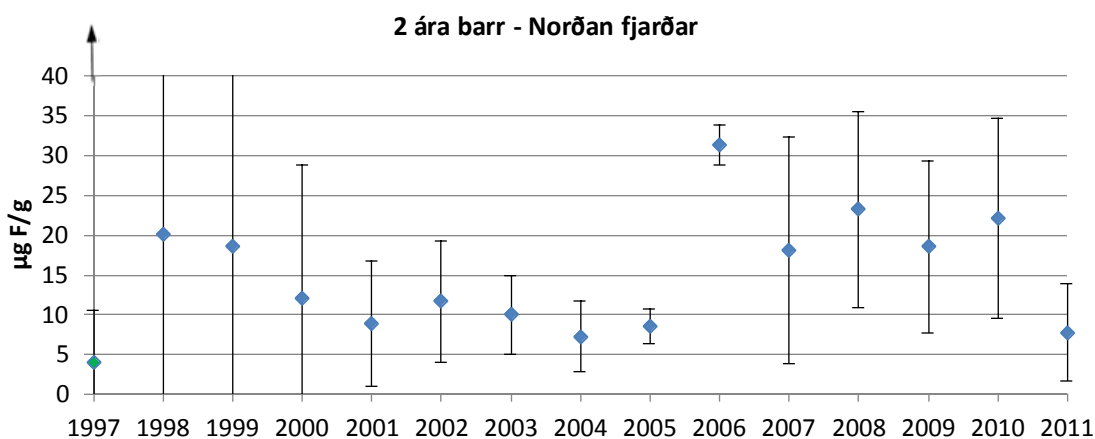
Mynd IV. 9: Meðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



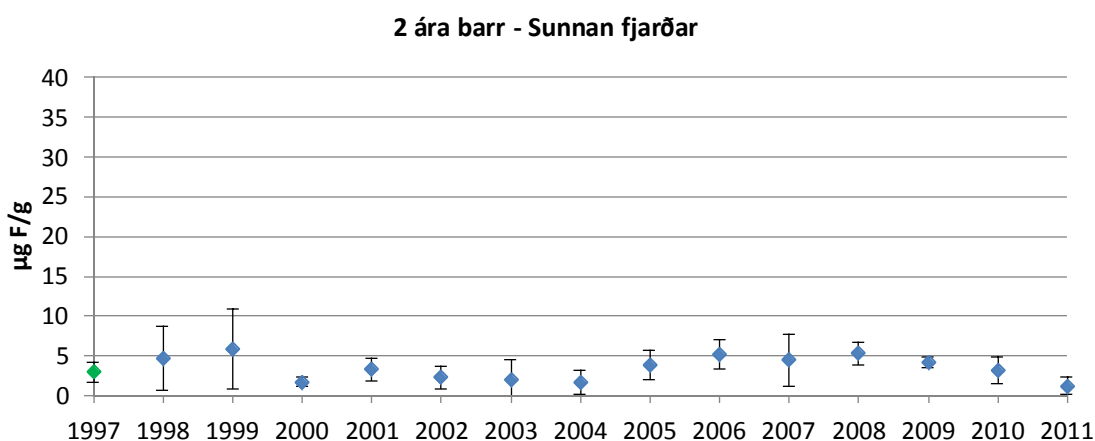
Mynd IV. 10: Meðalstyrkur flúors í eins árs barri sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



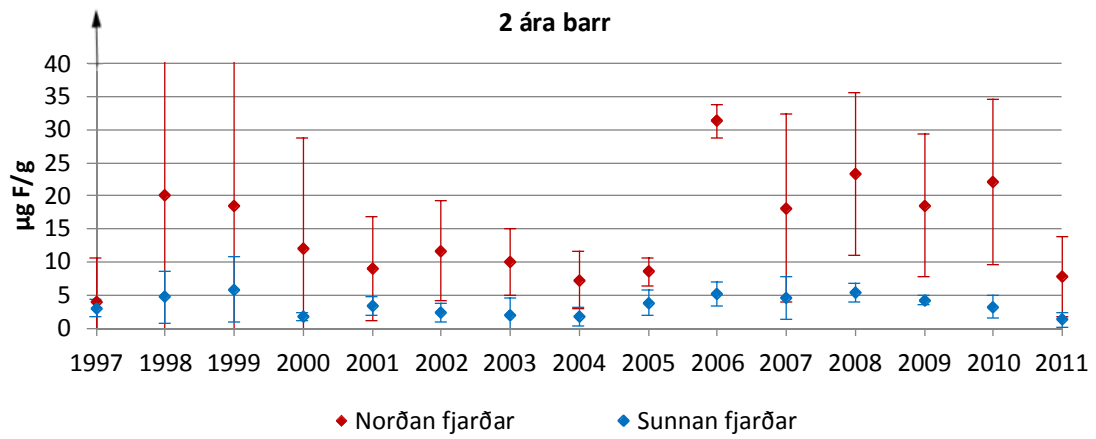
Mynd IV. 11: Meðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd IV. 12: Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



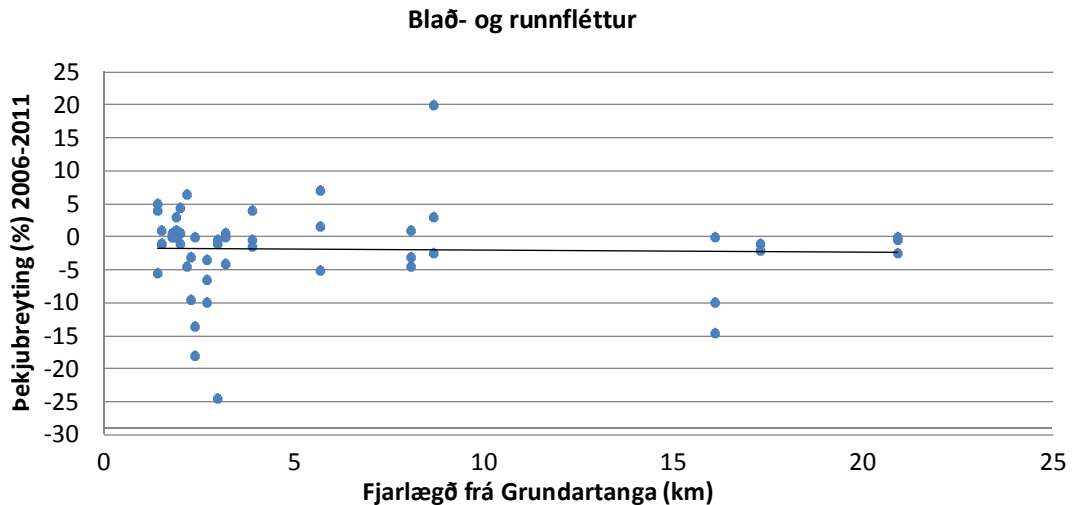
Mynd IV. 13: Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.



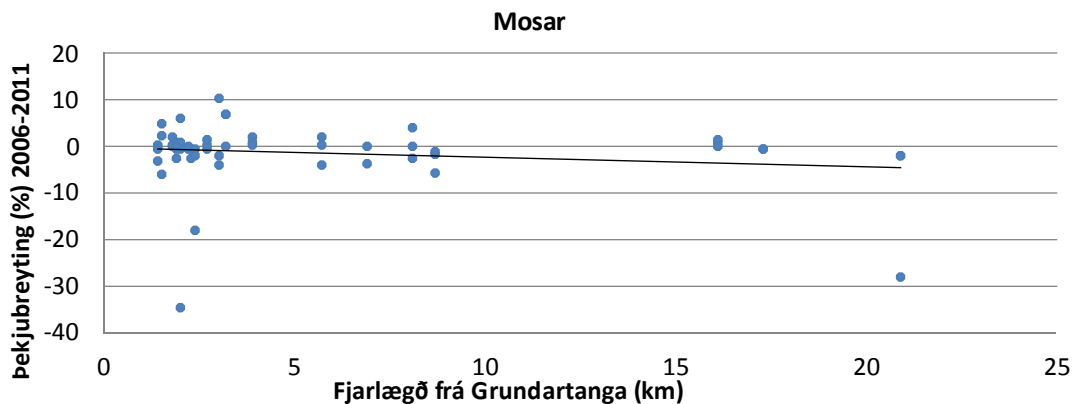
Mynd IV. 14: Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2011 ásamt 95% öryggisbilum.

VIÐAUKI V: VÖKTUN FLÉTTNA OG MOSA Í KLAPPARREITUM

Út frá ljósmyndum af 61 klappareit var metið hvort breytingar hafi orðið á þekju mosa eða fléttna frá árinu 2006 og frá upphafi vöktunar. Engin augljós tengsl eru milli fjarlægðar frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og breytinga á þekju á tímabilinu 2006-2011 (Myndir V.1 og V.2). Meiri breytileiki virðist vera í þekjubreytingunni næst iðnaðarsvæðunum á Grundartanga og þeir reitir sem urðu fyrir mestum neikvæðum þekjubreytingum eru einnig nærri iðnaðarsvæðinu. Sé aðhverfslína teiknuð þá virðast neikvæðari þekjubreytingar verða fjær Grundartanga hvað varðar þekju mosa meðan línan er nokkuð lárétt hvað varðar þekju blað- og runnfléttna.



Mynd V. 1: Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (x-ás) og þekjubreytinga (y-ás) blað- og runnfléttna 2006–2011

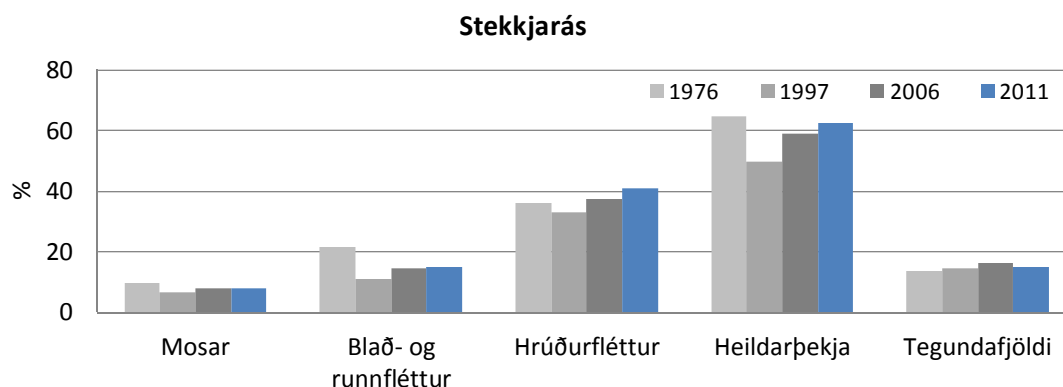


Mynd V. 2: Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) mosa 2006–2011

Myndir V.3 – V.11 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnfléttum, hrúðurfléttum auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru árið 2011.

Stekkjarás

Stekkjarás er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í VSV. Þar eru sjö reitir, nr. 1–4 og 33–35 og eru niðurstöður þekjumatsins dregnar saman á mynd V.3.

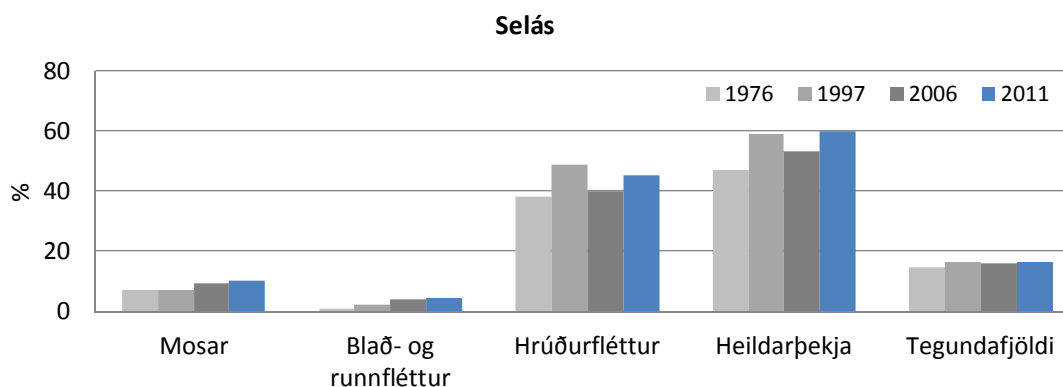


Mynd V. 3: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 1–4 og 33–35

Þekja allra tegundahópa hafði minnkað 1997 sem að mestu má kenna um mikilli hnignun blað- og runnfléttna í reit nr. 33 á því tímabili en þekja þeirra var 60% árið 1976 en einungis 11% árið 1999. Blað- og runnfléttur juku þekju sína umtalsvert árið 2006 og höfðu þá 19% þekju í reit nr. 33 en þekja blað- og runnfléttna í reitnum var 24% árið 2011.

Selás

Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Niðurstöður þekjumats Selásreitanna eru dregnar saman á mynd V. 4.

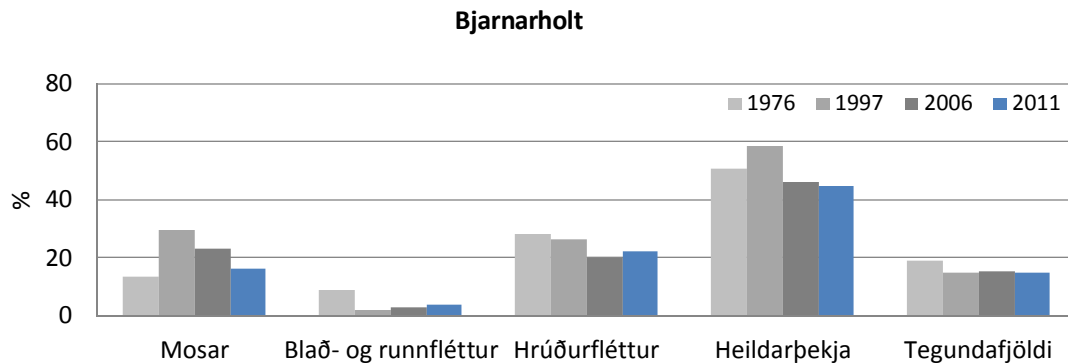


Mynd V. 4: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 8–11

Þekja bæði mosa og blað- og runnfléttna hefur aukist jafnt og þétt síðan 1976. Í reit 8 hafa tvær tegundir mesta þekju þ.e. geitanafli (*Umblicaria proboscidea*) sem hefur 12 % þekju árið 2011 en hafði einungis 1% þekju 1976. Hin tegundin er silfurgambri (*Racomitrium heterostichum*) sem hefur 13% þekju 2011. Í reit 8 lækkar heildarþekjan aðeins en það orsakast af minnkandi þekju hróðurfléttna meðan blað- og runnfléttur og mosar auka þekju sína.

Bjarnarholt

Fjórir reitir, nr. 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingum reitanna eru á mynd V.5.

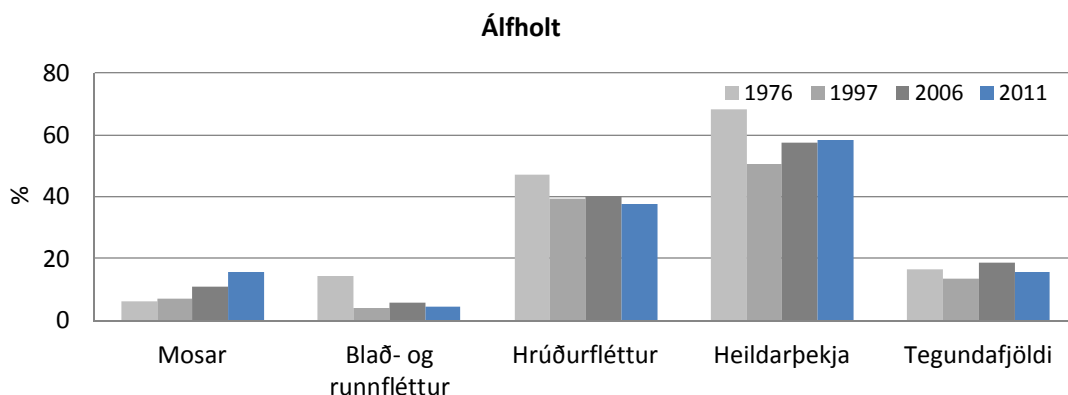


Mynd V. 5: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 12–15

Heildarþekja hefur farið minnkandi síðan 1997 og var þar helst um að kenna minnkandi þekju mosa. Þekja allra hópa minnkaði umtalsvert í reit 12 á tímabilinu 1976–1997. Síðan 1997 hefur heildarþekjan minnkað nokkuð sem skýrist af minni þekju mosa.

Álfholt

Þrír reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns og snýr einn þeirra, 31, að Grundartanga meðan hinir tveir snúa frá iðnaðarsvæðinu. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.6.

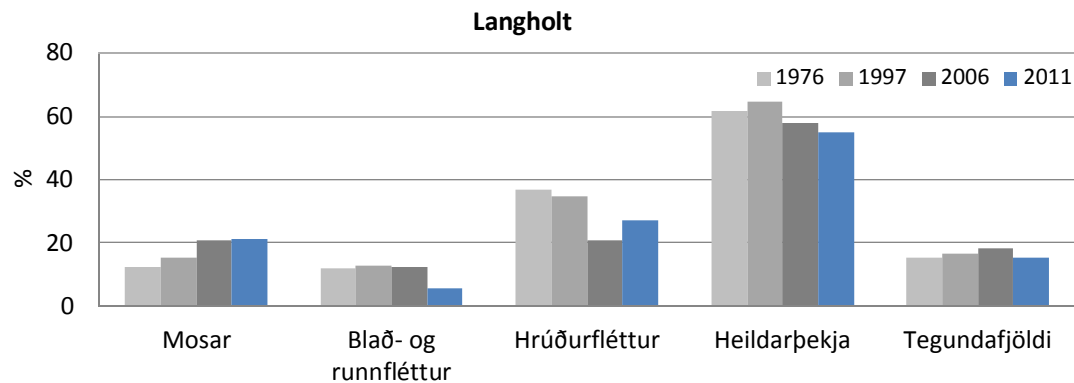


Mynd V. 6: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 30–32

Á tímabilinu 1976–1997 minnkaði heildarþekja allnokkuð sem skýrist að mestu leyti af því að snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) í reit 32 féll af klettinum og hrapaði þekja hennar úr 35% niður í 2%. Þessi hnignun blað- og runnfléttna í reitnum heldur áfram og hvorugt árið 2006 né 2011 var slíka flétta að sjá í reit 32. Heildarþekja mosa hefur aukist frá árinu 1976.

Langholt

Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.7.

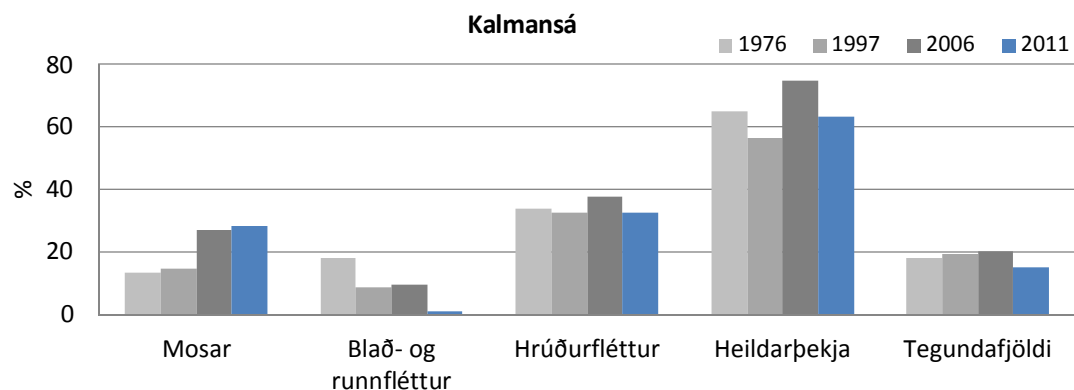


Mynd V. 7: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 27–29

Heildarþekjan minnkar nokkuð og er þar helst um að kenna minni þekju blað- og runnfléttna en hún minnkar í öllum þremur reitunum. Þekja mosa breytist hins vegar lítið milli ára 2006 og 2011 en hún jókst mjög á tímabilinu 1976-2006. Meðalþekja hrúðurfléttna eykst nokkuð milli ára 2006 og 2011 en er þó minni en var árið 1976.

Kalmansá

Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í norðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.8.



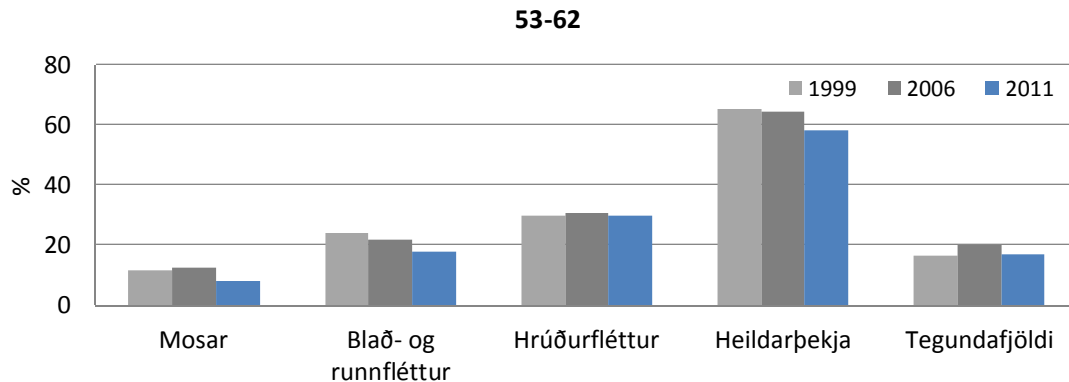
Mynd V. 8: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 36–38

Þekja blað- og runnfléttna minnkaði umtalsvert 1976–1997 en hafði vaxið örlítið frá 1997 til 2006. Veldur þar mestu reitur 37 en 1976 hafði snepaskóf 50% þekju en einungis 25% árin 1997 og 2006. Þekja mosa eykst hins vegar á rannsóknartímanum en mosar eru óvenju fjölbreyttir í þessum reitum, 5–7 tegundir fundust í hverjum reit árið 2006. Það eru hlíðaskeggi (*Grimmia*

montana), holtasóti og hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) sem hafa aukist mest einstakra tegunda.

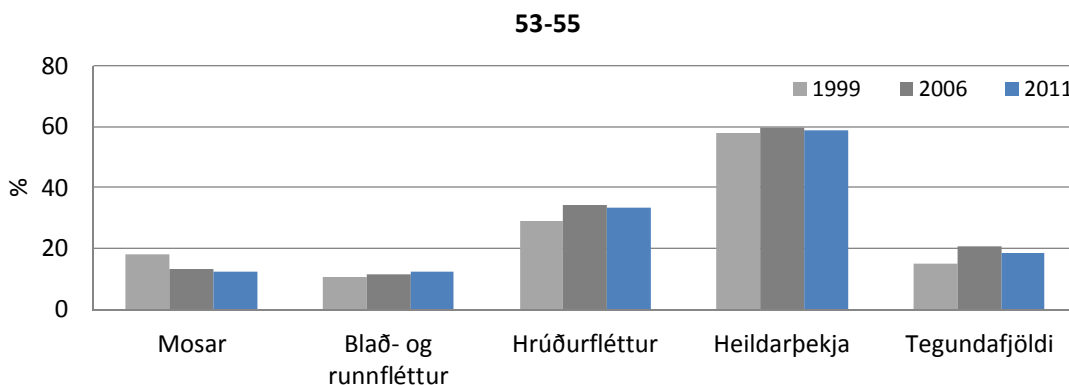
Akrafjall

Árið 1999 voru lagðir út 10 reitir í norðanverðu Akrafjalli og liggja þeir í stefnu frá Grundartanga. Þannig eru reitir 53–55 í um 1,9 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, reitir 56–59 í 2,2–2,3 km fjarlægð og reitir 60–62 í 2,4 km fjarlægð. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna tíu eru sýndar á mynd V.9.

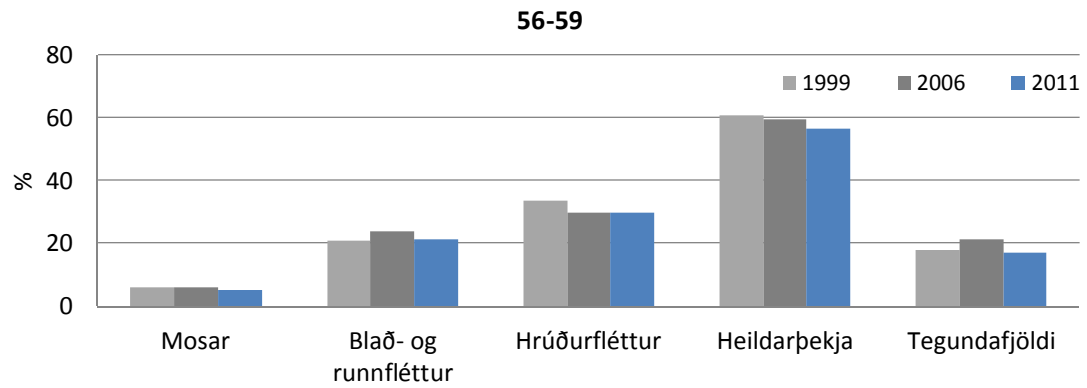


Mynd V. 9: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 53–62

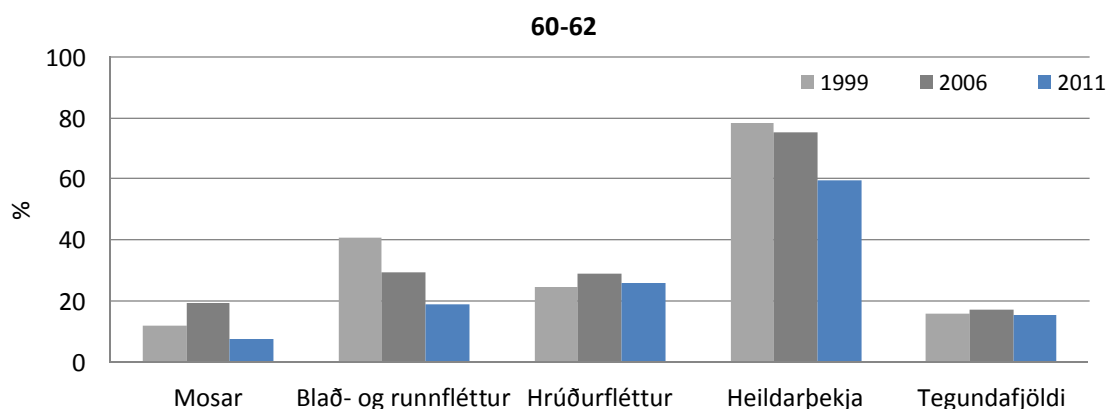
Athygli vekur að þekja blað- og runnfléttna hefur stöðugt dregist saman síðan árið 1999. Þar hefur mest áhrif minni þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í reit 60 en þekja þeirrar tegundar minnkar úr 70% 1999 í 25% árið 2006 og er einungis 6% árið 2011. Þekja mosa hefur einnig minnkað en hún jókst þó milli áranna 1999 og 2006. Þar sem reitirnir voru settir út á þrjár stöðvar, í mismikilli fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, voru einnig teknar saman niðurstöður fyrir hverja stöð. Myndir V.9 – V.11 sýna þær niðurstöður.



Mynd V. 9: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 53–55



Mynd V. 10: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 56–59

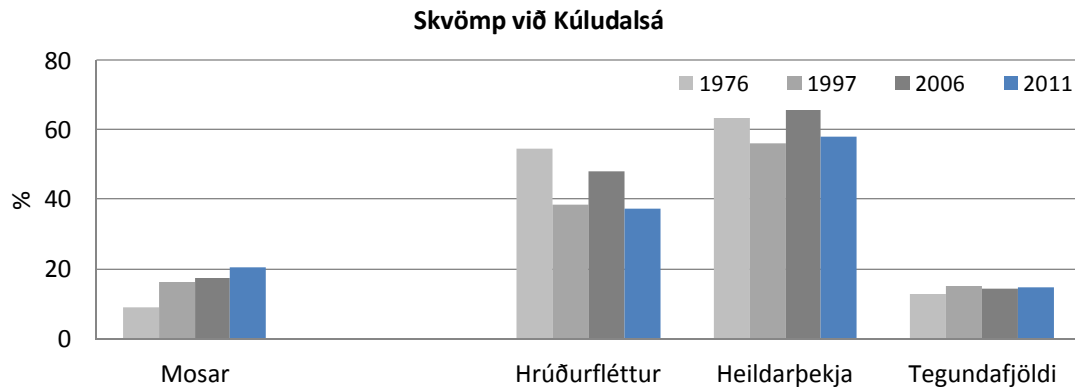


Mynd V. 11: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 60–62

Myndir V.12 – V.19 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnflétta, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru árið 2011.

Skvömp við Kúludalsá

Í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga voru settir þrír reitir, 24–26, en reitur 24 fannst ekki 2006 þar sem gróðurþekja háplantna og jarðvegur höfðu fært klöppina sem hann var á í kaf. Sá reitur fannst hins vegar aftur 2011 og voru þá merkingar endurnýjaðar þannig að hann ætti að vera auðfundinn næst. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.12.

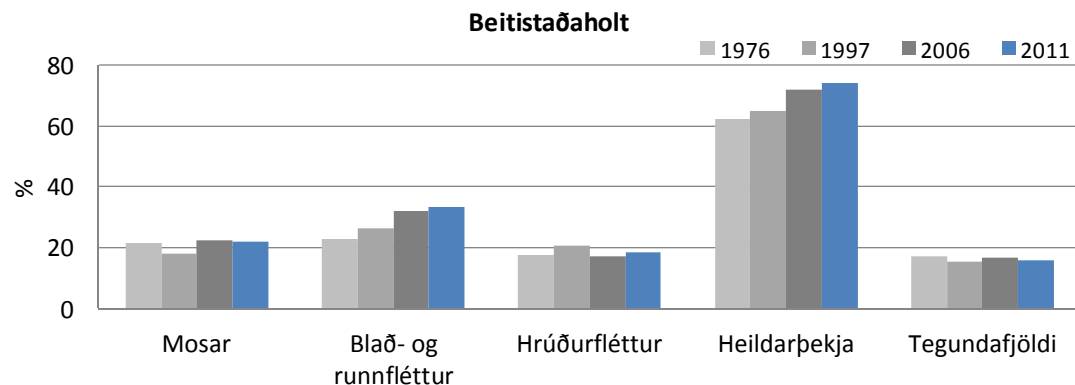


Mynd V. 12: Meðalþekja mosa, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 25 og 26

Þekja mosa hefur aukist á hverju tímabili frá 1975-2011. Þekja hrúðurfléttu minnkaði nokkuð frá 1976 til 2011 en bæði jókst og minnkaði 1997 og 2006. Engar blað- og runnfléttur hafa vaxið í reitunum á rannsóknartímanum nema hvað 2011 fannst örlítið eintak af glitskóf (*Peltigera polydactylon*) í reit 26.

Beitistaðaholt

Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.13.

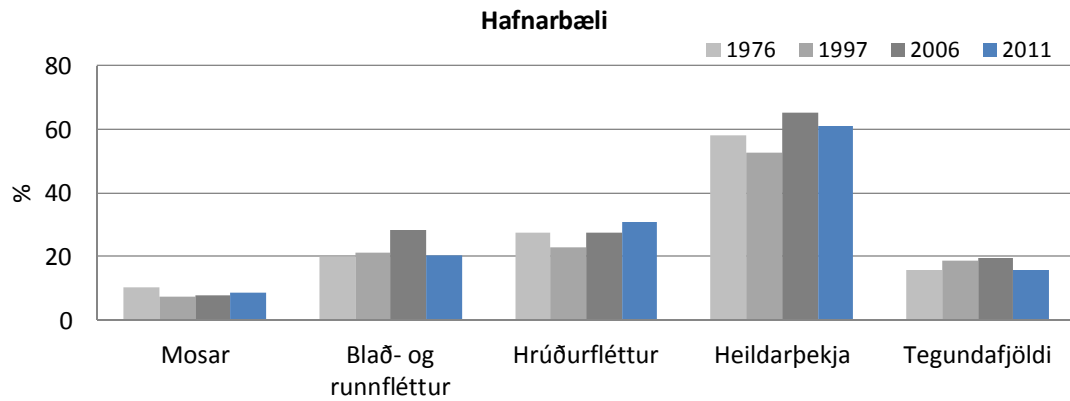


Mynd V. 13: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 39–41

Heildarþekjan jókst um rúmlega 10% á tímabilinu frá 1976 til 2011 og helgaðist það að mestu leyti af aukinni þekju blað- og runnfléttna. Þá aukningu mátti alla rekja til aukinnar þekju litunarskófar (*Parmelia omphalodes*) í reit 39 en þekja hennar var 45% 1976, 62% 1997 og loks 80% 2006. Þrátt fyrir að lítillega dragi úr þekju litunarskófar í reitnum, 75% árið 2011, þá eykst þekja blað- og runnfléttna lítillega sem og heildarþekjan.

Hafnarbæli

Þrír reitir, 42–44, voru settir við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli u.þ.b. 16 km norðnorð-vestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.14.

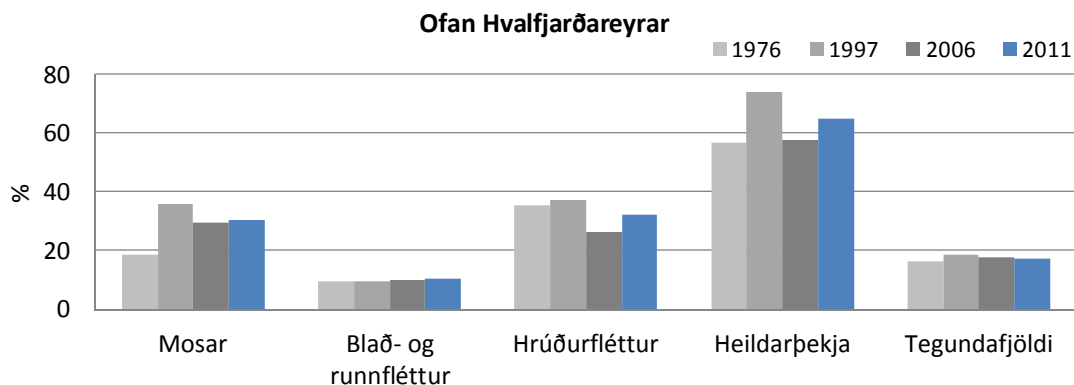


Mynd V. 14: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 42–44

Hér eykst heildarþekjan aðeins milli 1976-2011. Sveiflur eru til hækkunar og lækkunar á heildarþekju, þekju blað- og runnfléttna og þekju hróðurfléttna yfir sama tímabil.

Ofan Hvalfjarðareyrar

Ofan Hvalfjarðareyrar eru fjórir reitir, 19, 20, 51 og 52, í tæplega 4 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.15.

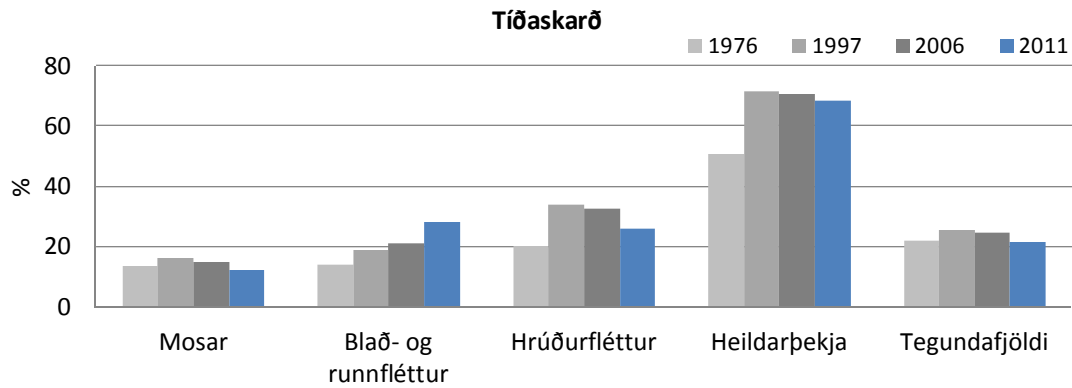


Mynd V. 15: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52

Hér jókst þekja mosa mikið milli árána 1976 og 1997, minnkar árið 2006 og eykst á ný 2011. Heildarþekjan er enn minni en þegar hún var mest árið 1997 og hróðurfléttum hefur hnignað síðan vöktunin hófst en engar breytingar hafa orðið á þekju blað- og runnfléttna.

Tíðaskarð

Þrír reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.16.

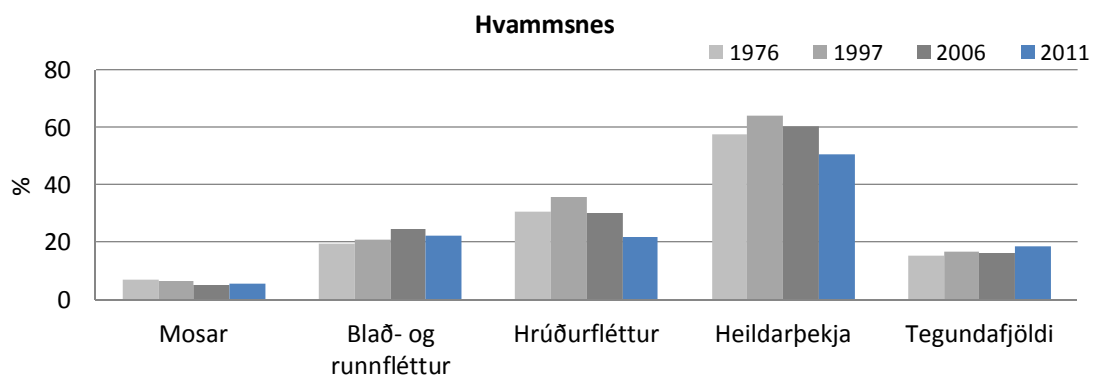


Mynd V. 16: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 16–18

Hér hefur þekja blað- og runnfléttna aukist jafnt og þétt frá því að rannsóknirnar hófust en hinum hópunum tveimur hefur hnignað að sama skapi frá 1997.

Hvammsnes

Þrír reitir, 48–50, eru í Hvammsnesi. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.17.

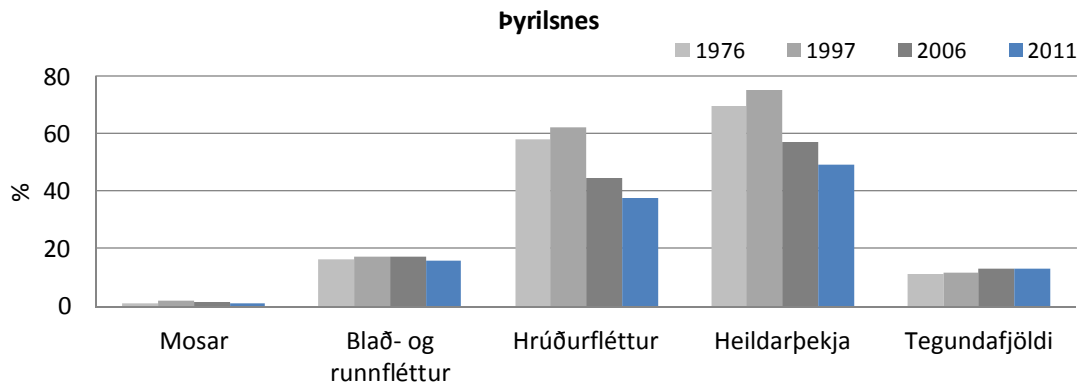


Mynd V. 17: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 48–50

Hér hafa nokkrar breytingar orðið á þekju hrúðurfléttna meðan tiltölulega litlar breytingar hafa orðið á þekju hinna hópanna.

Þyrilsnes

Þrír reitir, 45–47, eru á Þyrilsnesi í u.þ.b. 17 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.18.

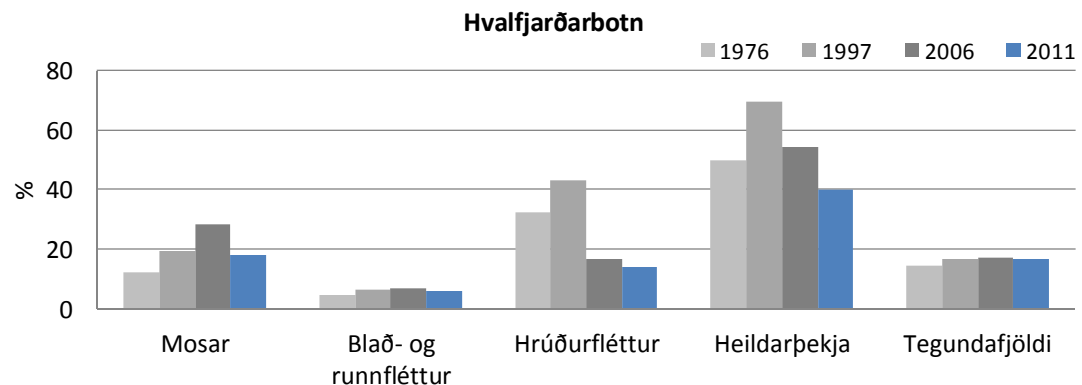


Mynd V. 18: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 45–47

Hér hefur þekja hrúðurfléttna minnkað stöðugt síðan 1997 sem að mestu leyti skýrist af minni þekju þeirra í reit 47. Litlar breytingar hafa hins vegar orðið á þekju blað- og runnfléttna sem og mosa sem reyndar hafa afar litla þekju í reitunum.

Hvalfjarðarbotn

Þrír reitir, 21–23, eru staðsettir á flötum klöppum fyrir botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á mynd V.19.

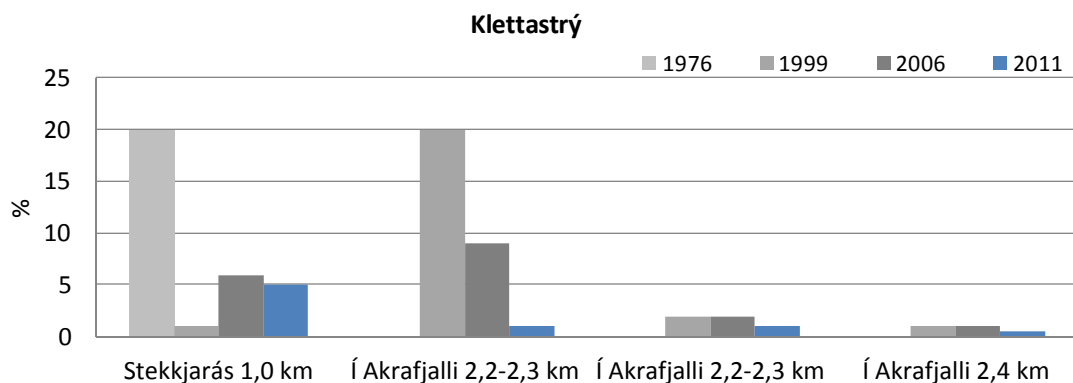


Mynd V. 19: Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 21–23

Hér jókst þekja mosa jafnt og þétt til ársins 2006 en síðan þá hefur þekja mosanna minnkað nokkuð. Heildarþekjan hefur dregist saman síðan 1997 en það eru litlar breytingar á blað- og runnfléttum en þekja hrúðurfléttna var langmest 1997 og hefur farið minnkandi síðan.

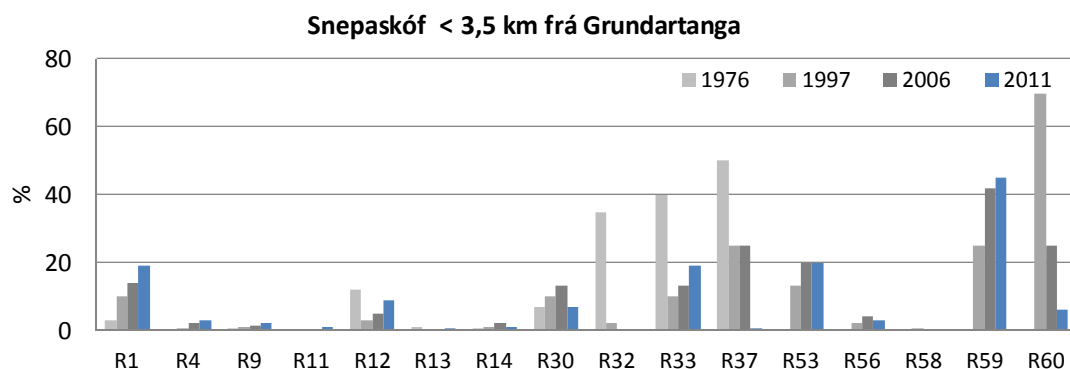
Gróðurbreytingar einstakra tegunda

Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundinni hefur hnignað jafnt og þétt síðan vöktunin hófst árið 1976 (mynd V.20). Hnignun klettastrýs er greinileg þegar borin er saman þekja tegundarinnar í þeim fjórum reitum sem hún hefur fundist í.

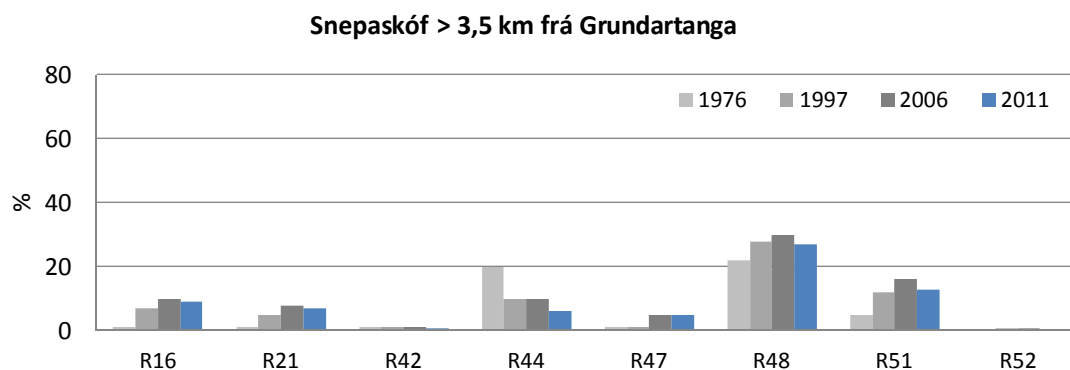


Mynd V. 20:: Þekja klettastrýs (*Ramalina subfarinacea*) í fjórum reitum, R33 (1 km) við Stekkjarás og R56 (2,2-2,3 km), R59 (2,2-2,3 km) og R60 (2,4 km) sem eru í Akrafjalli

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Á mynd V.21 má sjá þekjubreytingar snepaskófar í reitum sem staðsettir eru nær Grundartanga en 3,5 km og til samanburðar má sjá á mynd V. 22 þekjubreytingar tegundarinnar í reitum sem fjær eru grundartanga en 3,5 km. Snepaskóf virðist hafa hnignað nokkuð í reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km samanborið við reiti sem staðsettir eru fjær.



Mynd V. 21: Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í 16 reitum sem allir eru staðsettir nær Grundartanga en 3,5 km.



Mynd V. 22:: Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í 8 reitum sem allir eru staðsettir fjær Grundartanga en 3,5 km.

VIÐAUKI VI: VÖKTUN GRASBÍTA

VI.I:SÖFNUN HAUSA OG SKOÐUN DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM

Við vöktun sauðfjár voru 109 hausar lamba og kinda skoðaðir og mældir og eru merkingar hausa og skýringar skráðar. Í viðauka VI.I er yfirlit dýralæknis fyrir skoðun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár. Ítarefni fyrir niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfisvöktun á sauðfé frá 1997 – 2011 er að finna í viðauka VI.II.

Meðfylgjandi er yfirlit dýralæknis vegna skoðunar á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár.

Bær	Nr.	Aldur	Flúr (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun ‡	Beinbólga *	Annað
Gröf II ¹⁾	F 001	6 v †	1318	+++		+++	+++	
Gröf II	F 002	2 v †	840					
Gröf II	F 003	lamb	572					
Gröf II	F 004	lamb	548					
Gröf II	F 005	lamb	561					
Gröf II	F 006	lamb	610					
Skorholt	F 007	9 v †	984					
Skorholt	F 008	8 v †	885	+		+	++	
Skorholt	F 009	8 v †	932					
Skorholt	F 010	6 v †	623	+	++	++	++	
Skorholt	F 011	lamb	86					
Skorholt	F 012	lamb	82					
Skorholt	F 013	lamb	202					
Skorholt	F 014	lamb	91					
Hofsvellir ⁶⁾	F 015	lamb	78					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 016	lamb	44					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 017	lamb	53					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 018	lamb	125					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 019	8 v †	1127	+		+	+	Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 020	5 v †	368					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn ²⁾	F 021	7 v †	627					Viðmiðunarsýni
Skjaldfönn	F 022	4 v †	382					Viðmiðunarsýni
Kiðafell	F 023	lamb	49					
Kiðafell	F 024	lamb	93					
Kiðafell	F 025	lamb	43					
Kiðafell	F 026	lamb	57					
Kiðafell	F 027	9 v †	1048	+++	++	++ -> +++	+++	
Kiðafell	F 028	9 v †	653	+		+		
Kiðafell	F 029	9 v †	626	+	++	++		
Kiðafell	F 030	7 v †	1016	++	++	++	++	
Hjalli	F 031	lamb	117					
Hjalli	F 032	lamb	89					
Hjalli	F 033	lamb	117					
Hjalli	F 034	lamb	99					
Hjalli	F 035	11 v †	919	+	++	++	+	
Hjalli	F 036	11 v †	829	+	++			
Hjalli	F 037	8 v †	896	++	++	+		

Bær	Nr.	Aldur	Flúr (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun ‡	Beinbólga *	Annað
Grímsstaðir	F 038	lamb	158					
Grímsstaðir	F 039	lamb	165					
Grímsstaðir	F 040	lamb	168					
Grímsstaðir	F 041	lamb	167					
Hrafnabjörg	F 042	lamb	118					
Hrafnabjörg	F 043	lamb	92					
Hrafnabjörg	F 044	lamb	130					
Hrafnabjörg	F 045	lamb	89					
Vogatunga	F 046	lamb	147					Litaðir jaxlar
Vogatunga	F 047	lamb	123					Litaðir jaxlar
Vogatunga	F 048	lamb	120					Litaðir jaxlar
Vogatunga	F 049	lamb	148					Litaðir jaxlar
Vogatunga	F 050	8 v †	1382				+	
Vogatunga	F 051	8 v †	1183					
Vogatunga	F 052	7 v †	1496	+				
Þaravellir	F 053	lamb	1073					
Þaravellir	F 054	lamb	487					
Þaravellir	F 055	lamb	300					
Þaravellir	F 056	lamb	944					
Þaravellir	F 057	> 6v †	2416	+	++	+		
Þaravellir	F 058	> 6v †	1259	++		++	++	
Þaravellir	F 059	> 6v †	1257					
Þaravellir	F 060	> 6v †	2726		++			
Hrafnabjörg	F 061	8 v †	1116	+	+	++		
Hrafnabjörg	F 062	8 v †	1346	++	+	+++	++	
Hrafnabjörg	F 063	8 v †	1607	+	+++	++	++	
Hrafnabjörg	F 064	8 v †	1382	+	++	+++	++	
Innri-Hólmur ³⁾	F 065	10 v †	1723	+	+	+		
Innri-Hólmur ⁴⁾	F 066	10 v †	1708	+	+			
Innri-Hólmur	F 067	3 v †	1427					
Innri-Hólmur	F 068	3 v †	1134	Lýsingu vantar				
E-Leirárgaðar	F 069	lamb	127					
E-Leirárgaðar	F 070	lamb	83					
E-Leirárgaðar	F 071	lamb	48					
E-Leirárgaðar	F 072	lamb	98					
E-Leirárgaðar	F 073	8 v †	759	+	++	++	+	
E-Leirárgaðar	F 074	8 v †	750	+++	+++		+	
E-Leirárgaðar	F 075	7 v †	603	++	+	+	+++	
E-Leirárgaðar ⁵⁾	F 076	6 v †	2156	+++	+++	+++		
Hóll	F 077	8 v †	1020	+	+++	+		
Hóll	F 078	8 v †	882	++	+++		+	
Hóll	F 079	7 v †	811	+	+	+	+	
Hóll	F 080	6 v †	827	+	+++	++	+	
Grímsstaðir	F 081	6 v †	1423	+	+	+	+	
Grímsstaðir	F 082	6 v †	1460	+	++		++	
Grímsstaðir	F 083	5 v †	1211			+		
Grímsstaðir	F 084	5 v †	1333	++	+	++	++	
Innri-Hólmur	F 085	lamb	844					
Innri-Hólmur	F 086	lamb	562					
Innri-Hólmur	F 087	lamb	507					
Innri-Hólmur	F 088	lamb	460					

Bær	Nr.	Aldur	Flúr (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun ‡	Beinbólga *	Annað
Bjarnarhöfn	F 089	lamb	70					Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 090	lamb	49					Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 091	lamb	49					Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 092	lamb	53					Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 093	9 v †	1025	+++	+	++	+++	Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 094	8 v †	855	+++		++	+++	Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 095	7 v †	873	+		+	+	Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 096	5 v †	1105					Viðmiðunarsýni
Bjarnarhöfn	F 097	7 v †	860	+++	+	++	+++	Viðmiðunarsýni
Skipanes	F 098	7 v †	951	+	+++	+++	+	
Skipanes	F 099	6 v †	1032	+	+++	++	+	
Skipanes	F 100	6 v †	954	+	+++	++	+++	
Skipanes	F 101	5 v †	1020	+	+++	+		
Skipanes	F 102	lamb	86					
Skipanes	F 103	lamb	122					
Skipanes	F 104	lamb	111					
Skipanes	F 105	lamb	84					
Hóll	F 106	lamb	78					
Hóll	F 107	Lamb	102					
Hóll	F 108	Lamb	134					
Hóll	F 109	lamb	91					

+ = vægar breytingar

++ = miðlungs breytingar

+++ = miklar breytingar

* Beinrýrnun sökum tannholds og tannslíðursbólgu

* Beinbólga: Þykknun í kjálkabeini; bein- og beinmergsbólga (tannslíðursbólga)

† Aldur samkv. eyrnamerki / upplýsingum frá eiganda

¹⁾ F 001: Gröf II – kind frá Bjarteyjarsandi

²⁾ F 021: Skjaldfönn - staðbundið bólgusvæði í kjálkabeini aftan við jaxla (tilfallandi breyting)

³⁾ F 065: Innri-Hólmur – kind sennilega frá Kirkjubóli

⁴⁾ F 066: Innri-Hólmur – kind sennilega frá Kirkjubóli

⁵⁾ F 076: Eystri-Leirárgarðar – kind upprunalega frá Litlu-Fellsöxl

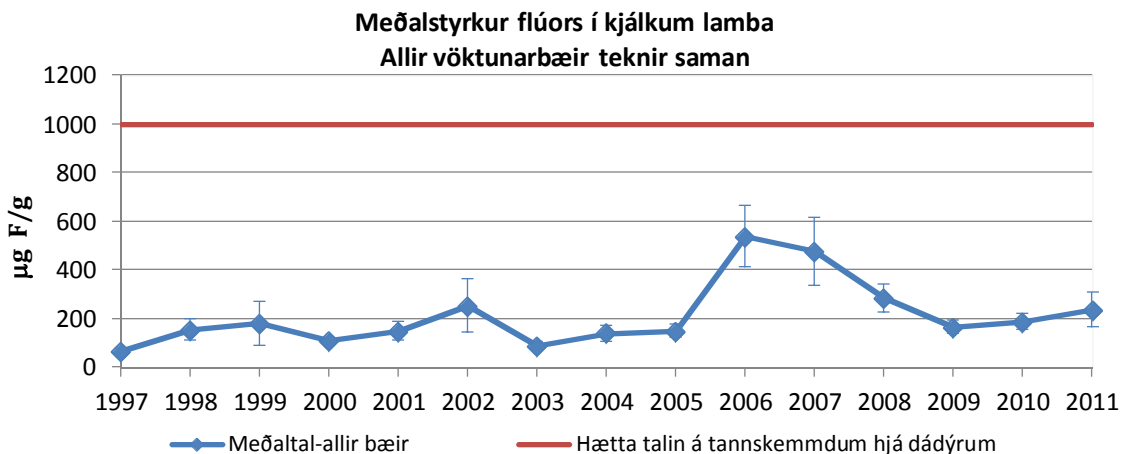
⁶⁾ F015: Hofvellir – lamb, kom í sömu sendingu og hausar frá Skjaldfönn

VI.II: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR GRASBÍTA

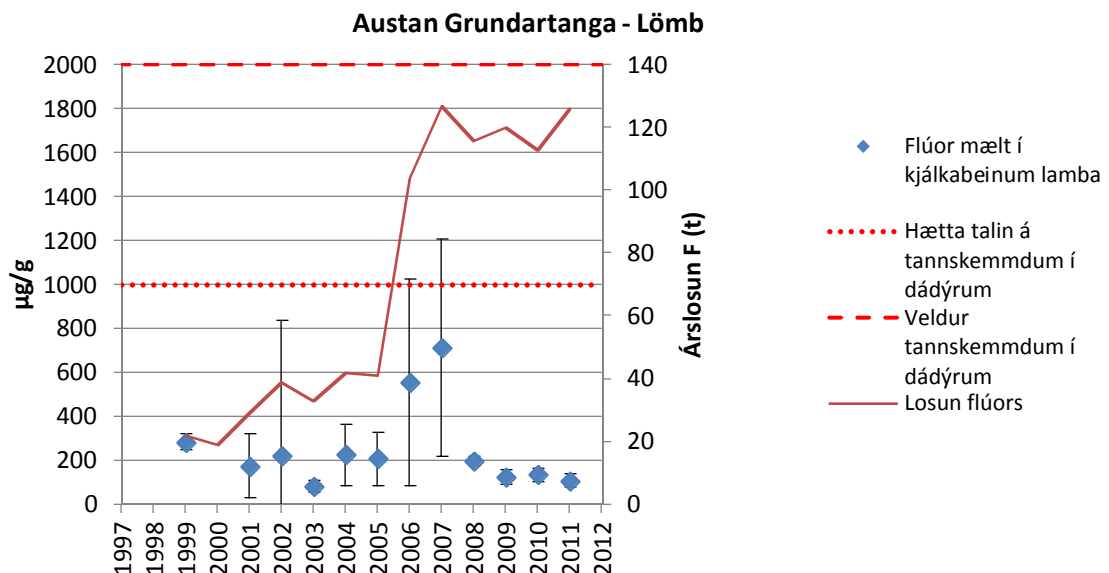
Umhverfisevnið hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2011 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk.

Niðurstöður tölfræðigreiningar á lömbum er að finna á myndum VI.1 –VI.6 og fyrir fullorðið fé á myndum VI.7 – VI.12

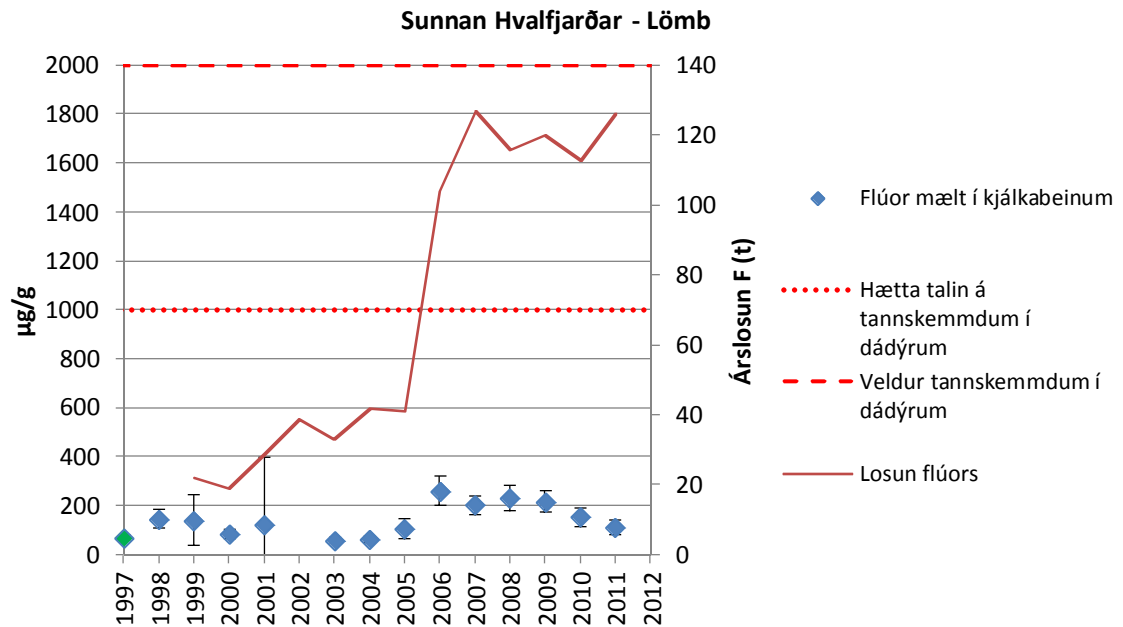
Lömb



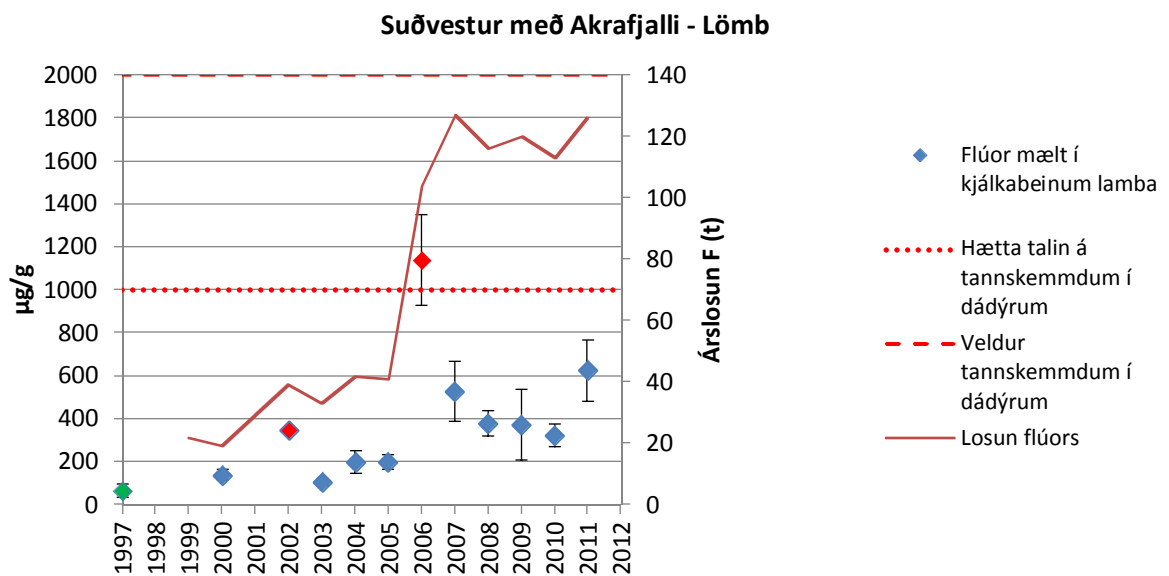
Mynd VI. 1: Meðalstyrkur flúors í lömbum allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2011



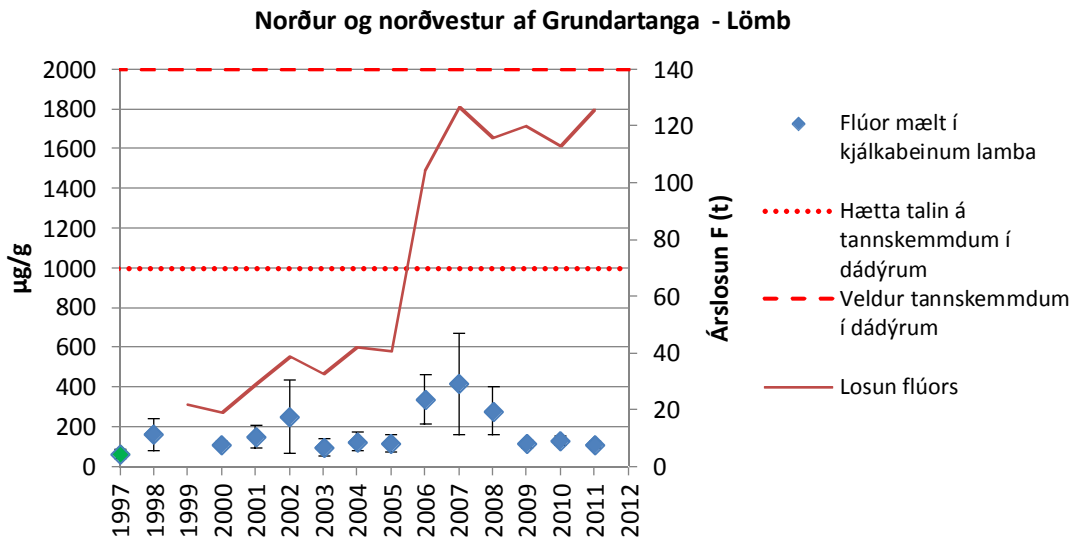
Mynd VI. 2: Meðalstyrkur flúors í lömbum austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors í tonnum frá álverinu 1997 – 2011



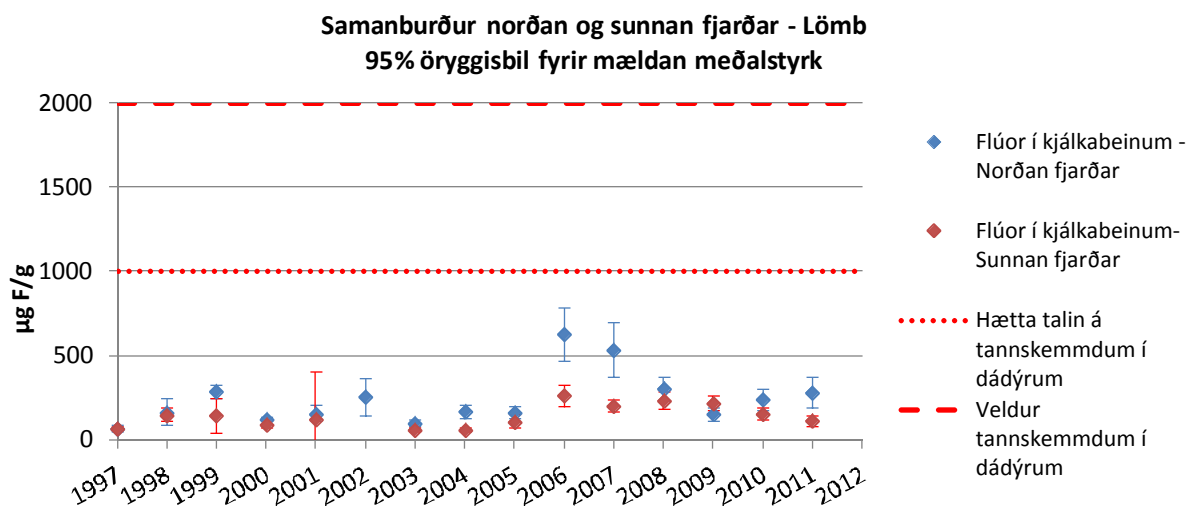
Mynd VI. 3: Meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011



Mynd VI. 4: Meðalstyrkur flúors í lömbum suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011

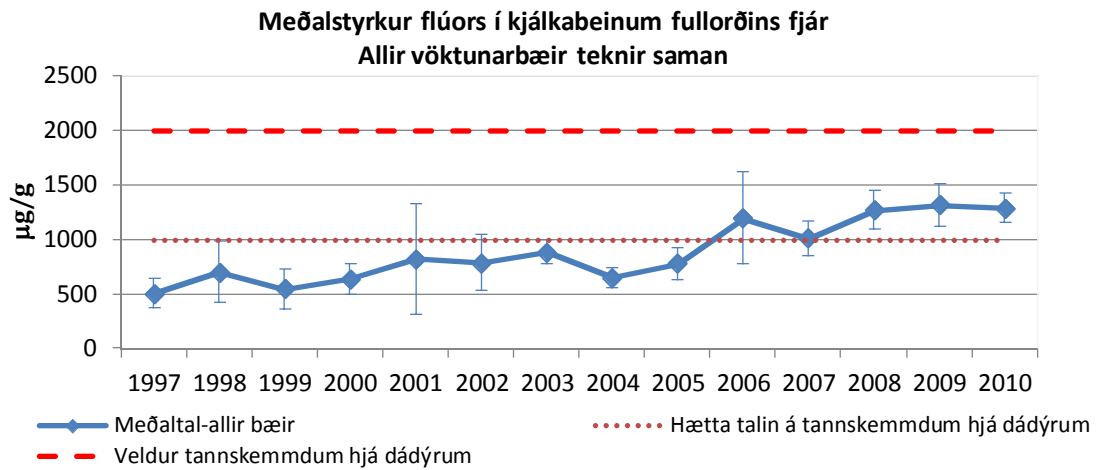


Mynd VI. 5: Meðalstyrkur flúors í lömbum norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011

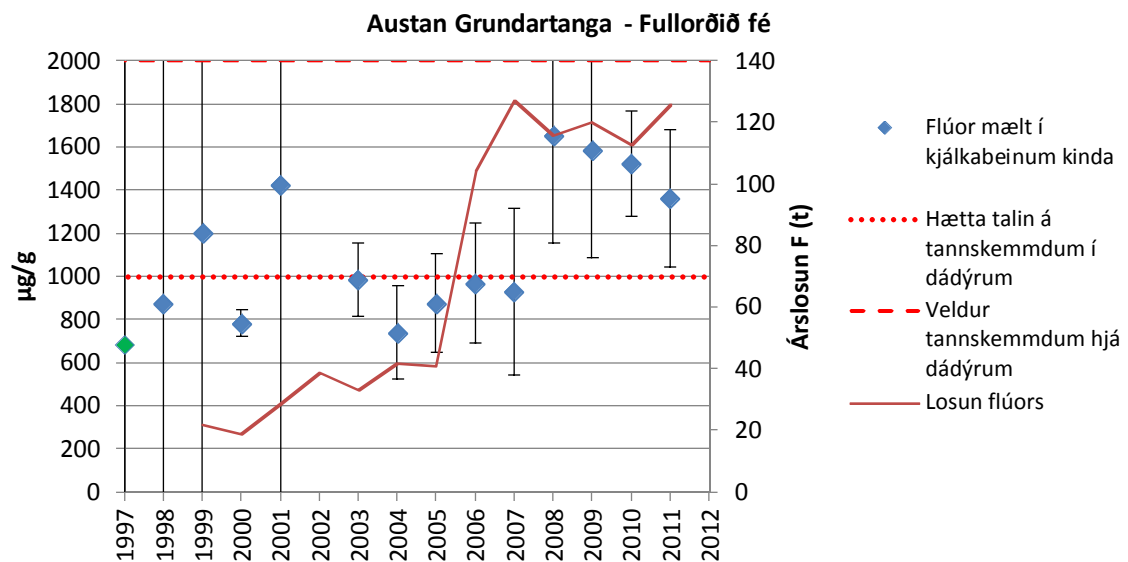


Mynd VI. 6: Samanburður á flúor í kjálkabeinum lamba, norðan og sunnan Hvalfjarðar 1997-2011

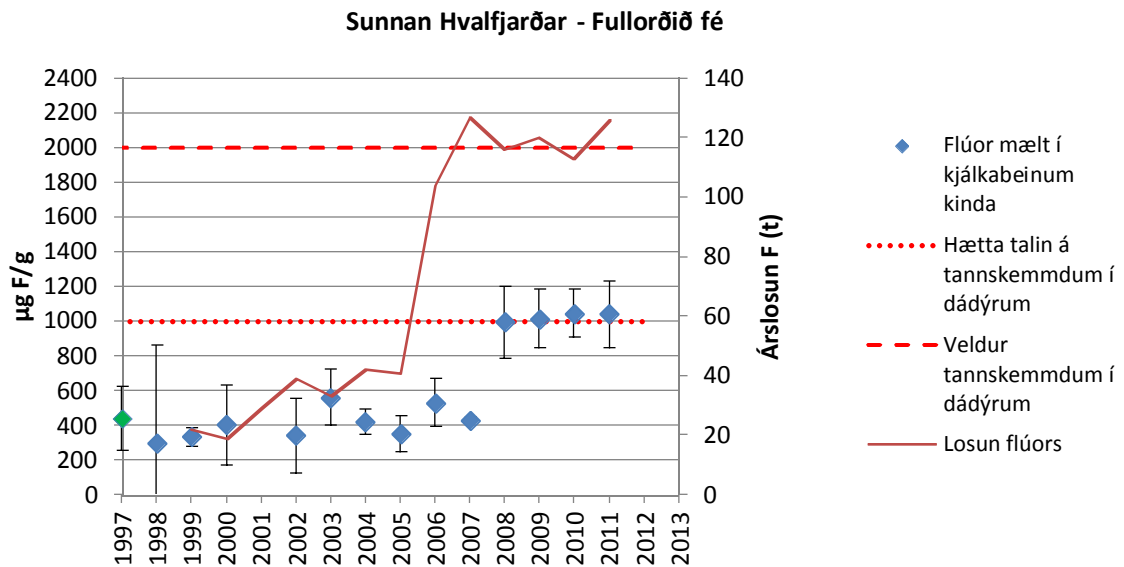
Fullorðið fé



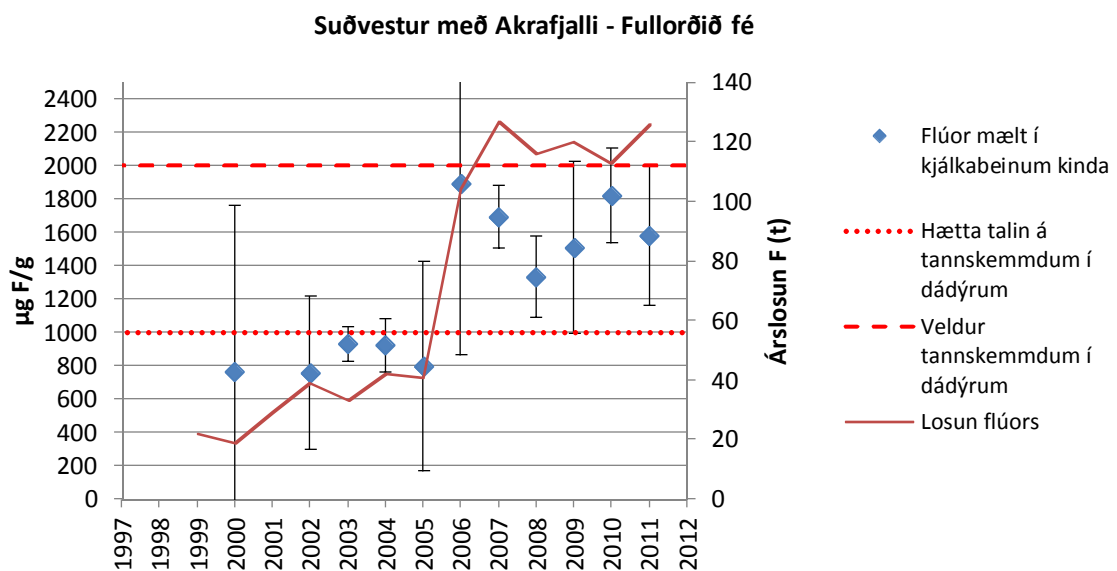
Mynd VI. 7: Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2011



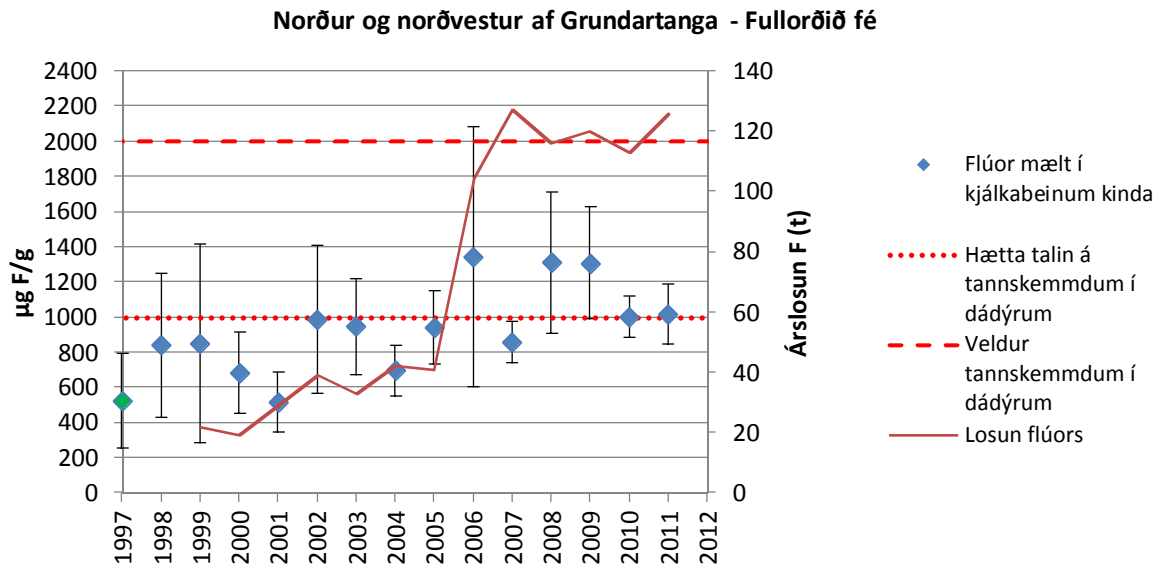
Mynd VI. 8: Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011



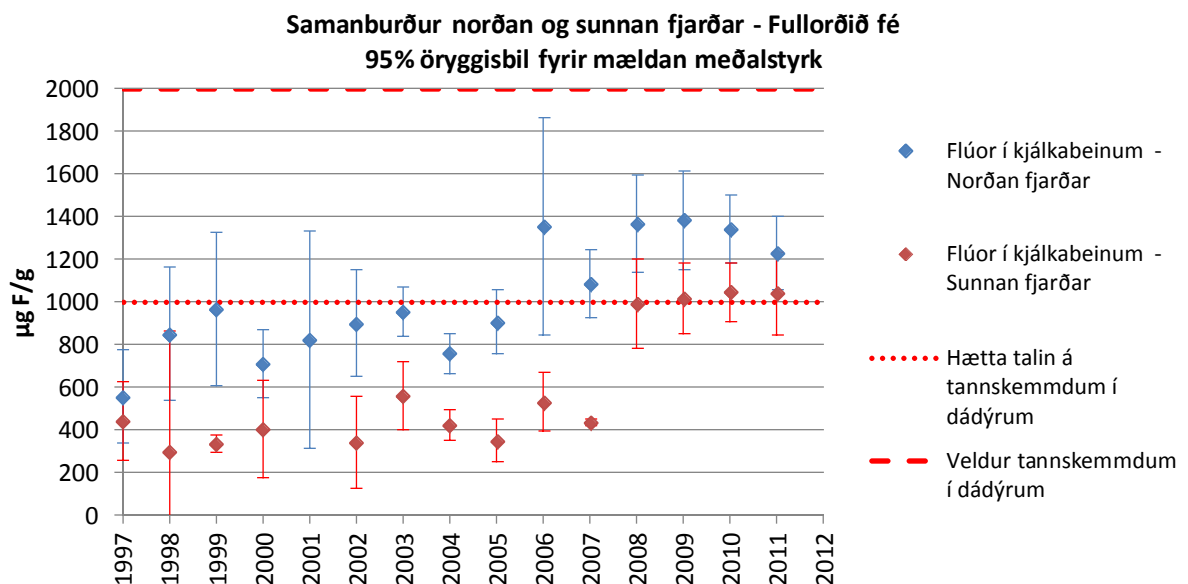
Mynd VI. 9: Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011



Mynd VI. 10: Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011



Mynd VI. 11: Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2011



Mynd VI. 12: Samanburður á flúor í kjálkabeinum fullorðins fjár norðan og sunnan Hvalfjarðar 1997-2011

VIÐAUKI VII: VÖKTUN LÍFRÍKIS SJÁVAR

VII.I: DÁNARTÍÐNI

Í töflu VII. 1 má sjá samantekt á heildarfjölda og dauðum einstaklingum (kræklingum) í búrum á hverjum vöktunarstað.

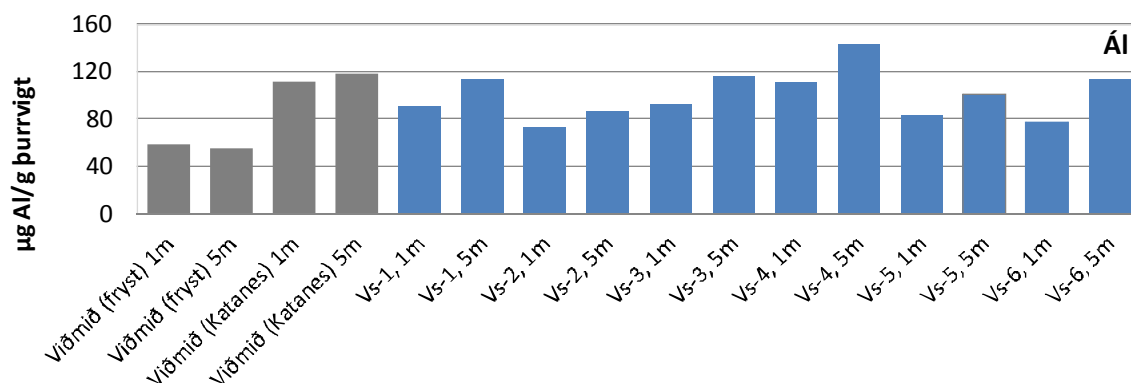
Tafla VII. 1: Samantekt á heildarfjölda og dauðum einstaklingum í búrum

Stöð	Heildarfjöldi einstaklinga	Fjöldi dauðra einstaklinga	%*
Viðmiðunarsýni (fryst), 1m	118	1	0,8
Viðmiðunarsýni (fryst), 5m	120	1	0,8
Vs-1 ,1m	118	3	2,5
Vs-1-5	120	2	1,7
Vs-2-1	119	3	2,5
Vs-2-5	119	4	3,3
Vs-3-1	119	0	0,0
Vs-3-5	116	2	1,7
Vs-4-1	119	1	0,8
Vs-4-5	120	0	0,0
Vs-5-1	110	4	3,3
Vs-5-5	120	4	3,3
Vs-6-1	121	1	0,8
Vs-6-5	119	4	3,3
Viðmiðunarsýni (Katanes), 1m	115	0	0,0
Viðmiðunarsýni (Katanes), 5m	117	1	0,8

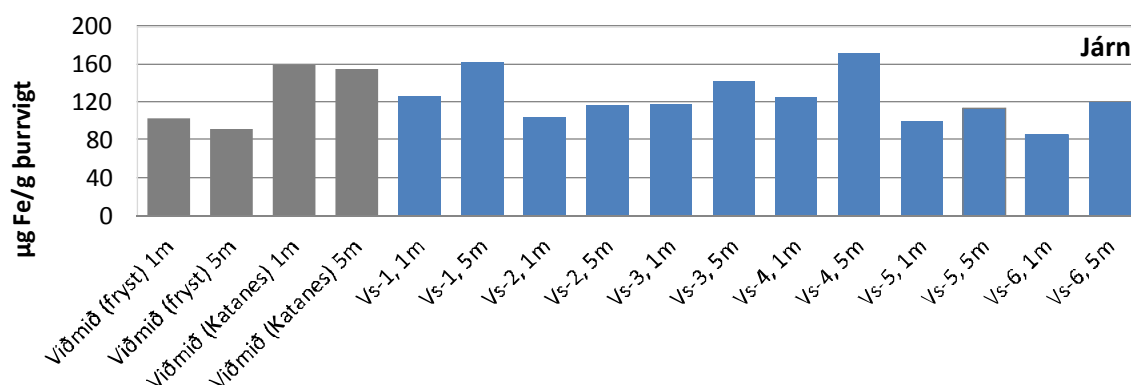
* Miðað við 120 kræklinga í byrjun

VII.II: MÆLINGAR Á STYRK ÓLÍFRÆNNA SNEFILEFNA Í KRÆKLINGI

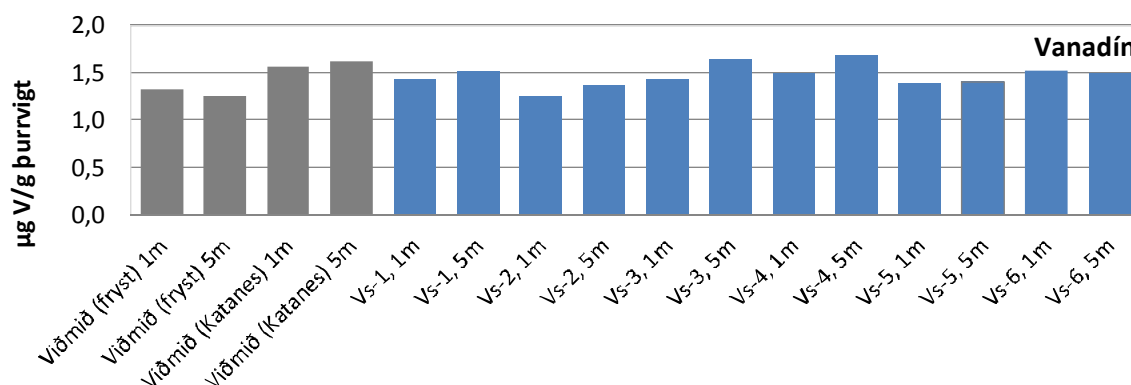
Niðurstöður mælinga á styrk áls, járns og vanadíns í mjúkvæf kræklinga frá öllum vöktunarstöðum og viðmiðunarsýnum má sjá á myndum VII. 1 – VII.3.



Mynd VII. 1: Styrkur áls í mjúkvæf kræklinga 2011



Mynd VII. 2: Styrkur járns í mjúkvæf kræklinga 2011



Mynd VII. 3: Styrkur vanadíns í mjúkvæf kræklinga 2011

VII.III: MÆLINGAR Á STYRK FJÖLARÓMATÍSKRA VETNISKOLEFNA Í

KRÆKLINGI

Niðurstöður mælinga á styrk PAH efna í mjúkvef kræklinga á öllum vöktunarstöðum og viðmiðunarsýnum má sjá í töflu VII.2.

Tafla VII. 2: Styrkur PAH efna í ng/g (votvigt) í krækling eftir vöktunarstöðum og í viðmiðunarsýnum

Efni	Fryst- 1m	Fryst- 5m	Vs-1, 1m	Vs-1, 5m	Vs-2, 1m	Vs-2, 5m	Vs-3, 1m	Vs-3, 5m	Vs-4, 1m	Vs-4, 5m	Vs-5, 1m	Vs-5, 5m	Vs-6, 1m	Vs-6, 5m	Katanes 1m	Katanes 5m
naftalene	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
acenaftylene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<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	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
phenanthrene	<0.5	<0.5	0.50*	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.61*	<0.5	<0.5	<0.5	0.54*	<0.5	<0.5
anthracene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
fluoranthene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
pyrene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
benz(a)anthracene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<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	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
benzo(e)pyrene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
perylene	1.2*	1.4*	1.6*	0.97*	0.80*	0.81*	1.3*	0.9*	1.5*	1.7*	1.8*	1.3*	1.6*	3.7*	1.9*	3.1*
indeno(1,2,3-cd)pyrene	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<2
dibenz(a,h)anthracene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
benzo(ghi)perylene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

*Blámerkt gildi eru gildi sem eru yfir magngreiningarmörkum. Þau eru merkt gul til glöggvunar lesanda.