

Umhverfismæting iðjuveranna á Grundartanga

Niðurstöður fyrir árið 2010



Apríl 2011

SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

Titill skýrslu

Umhverfissvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010

Verkheiti Umhverfissvöktun í Hvalfirði	Verkkaupi Norðurál Grundartangi ehf og Elkem Ísland ehf		
Verkefnisstjóri - Efla Eva Yngvadóttir	Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa Magnús Freyr Ólafsson		
Höfundur Gyða Mjöll Ingólfssdóttir Eva Yngvadóttir Friðrik Klingbeil Gunnarsson Helga J. Bjarnadóttir Ólafur Árnason Brynja Dögg Ingólfssdóttir Kolbrún Reinholdsdóttir	ISBN: 978-9979-9820-5-0	Verknúmer 2795-019	Fjöldi síðna 52
Útdráttur Í skýrslunni eru birtar niðurstöður sameiginlegrar umhverfissvöktunar iðjuveranna á Grundartanga fyrir árið 2010. Tilgangur vöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi iðjuveranna veldur. Umhverfissvöktunin fór fram samkvæmt umhverfissvöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun og var efnainnihald í andrúmslofti, gróðri, sauðfé og árvatni vaktað árið 2010. Auk þess eru birtar niðurstöður vöktunar móareita sem fram fór árið 2009.			
Lykilorð Umhverfissvöktun, Grundartangi, Elkem Ísland ehf, Norðurál Grundartangi ehf			
Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs ☒ Opin ☐ Dreifing með leyfi verkkaupa ☐ Trúnaðarmál			

Útgáfa	Dagsetning	Upplýsingar um breytingar
1.0	6/4/2011	

SAMANTEKT

Hér eru birtar niðurstöður sameiginlegrar umhverfissvöktunar iðjuveranna á Grundartanga fyrir árið 2010. Tilgangur vöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi iðjuveranna veldur. Umhverfissvöktunin fór fram samkvæmt umhverfissvöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun og var efnainnihald í andrúmslofti, gróðri, sauðfé og árvatni vaktað árið 2010. Auk þess eru í þessari skýrslu birtar niðurstöður vöktunar móareita sem fram fór árið 2009. Ný vöktunarstöð við Kríuvörðu var tekin í notkun árið 2010 og mælistöð við Smáholt var lögð niður, en þar hefur ekki verið mælt frá árinu 2006.

Veðurfar á vöktunartímabilinu var óvenju gott og hefur ekki mælst hlýrra sumar síðan mælingar hófust um suðvestan- og vestanvert landið. Að sama skapi voru miklar stillur og þurrviðrasamt. Líkt og undanfarin ár var ríkjandi vindátt á svæðinu austnorðaustanátt

Andrúmsloft

Loftgæðamælingar fóru fram á tveimur mælistöðum, á Stekkjarási og við Kríuvörðu. Stekkjarás liggur innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð en Kríuvarða er utan þynningarsvæða.

Ársmeðalstyrkur loftkennds flúors mældist á báðum mælistöðum undir viðmiðunarmörkum sem sett er í starfsleyfi Norðuráls Grundartanga ehf. Árs-, sólarhrings- og klukkustundar meðalstyrkir brennisteinstvíoxíðs, brennisteinsvetnis, köfnunarefnisoxíða og svífryks mældust á báðum mælistöðum undir heilsu- og gróðurverndarmörkum sem gefin eru upp í íslenskum reglugerðum.

Úrkoma

Styrkur flúors í úrkomu við Kríuvörðu var lágur ef miðað er við mælingar á styrk flúors í andrúmslofti, en veðurfar og ríkjandi úrkomuáttir skipta hér máli. Sýrustig í úrkomu við Stekkjarás mældist svipað og undanfarin ár.

Gróður

Vöktunarstaðir gróðurs voru níu talsins, sex norðan Hvalfjarðar og þrír sunnan fjarðar. Mælingar á styrk flúors í plöntuvef voru gerðar á þremur mismunandi tegundum (gras, lauf og barr). Meðalstyrkur flúors mældist í öllum tegundum undir þolmörkum gróðurs 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 2010. Frá 1997 hefur orðið marktæk breyting til hækkunar á ársmeðalstyrk flúors í eins árs barri norðan Hvalfjarðar. Ekki hafa orðið marktækar breytingar sunnan fjarðar í eins og tveggja ára barri né tveggja ára barri norðan fjarðar.

Móareitir

Árið 2009 var metin breyting á samsetningu gróðursamfélaga í fimm móareitum sem settir voru út árið 2000. Tegundum fléttna og háplantna hefur fækkað milli áranna 2000 og 2009 en ekki hefur orðið merkjanleg breyting á þekju háplantna og mosa. Þekja fléttna minnkaði í votlendari reitum. Tíðni fleiri tegunda minnkaði og á það sérstaklega við um fléttur en lítill munur var á tíðni

þeirra átta mosategunda sem metnar voru. Ekki hefur verið gerð tegundagreining á mosa frá þessum reitum.

Sauðfé

Mælingar voru gerðar á styrk flúors í hausum lamba og fullorðnu fé af bæjum í nágrenni iðjuversins sem slátrað var haustið 2009.

Lömb

Flúorstyrkurur í kjálkum lamba mældist í öllum tilfellum undir þeim mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á heildarársmeðalstyrk flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarsvæðum milli áráanna 1997 og 2010. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli áráanna 2007 og 2010.

Kindur

Á sjö bæjum mældist meðalstyrkur flúors í beinösku kinda yfir mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum. Auk þess mældist í þremur kindum meðalstyrkur flúors yfir þeim styrk sem veldur tannskemmdum. Marktæk breyting til hækkunar sem rekja má meðal annars til hærri aldurs kinda er á heildarársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda frá öllum vöktunarsvæðum milli áráanna 1997 og 2010. Ekki hafa orðið marktækar breytingar milli áráanna 2007 og 2010.

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 þykknun í kjálkabeini. Ekki var þó unnt að sjá greinilegt samband á milli þessara breytinga og flúormagns í beinum.

Árvötn

Ferskvatnssýni voru tekin úr fjórum ám norðan Hvalfjarðar og einni sunnan fjarðar. Ársmeðalstyrkur flúors, klóríðs og súlfats er í öllum vöktunarám undir hámarksgildum sem skilgreind eru í neysluvatnsreglugerð. Sýrustig í öllum ám mælist innan þeirra marka sem gefin eru fyrir sýrustig neysluvatns. Marktæk breyting á flúrostyrk í bergvatnsám hefur ekki orðið milli áráanna 1997 og 2010. Í Kalmansá og Urriðaá hefur hins vegar orðið marktæk breyting til hækkunar á styrk flúors í ánum á sama tímabili. Þó hefur marktæk breyting ekki orðið milli áráanna 2007 – 2010, eða frá því að framleiðslugeta álversins jókst árið 2007. Ekki hefur orðið marktæk breyting á sýrustigi í vöktunaránum fimm.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	I
EFNISYFIRLIT	III
SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR	V
1 INNGANGUR	1
2 STAÐHÆTTIR	2
2.1 ALMENN LÝSING.....	2
2.2 VEÐURFAR.....	3
3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR	6
3.1 VÖKTUNARSTAÐIR.....	7
3.2 TÖLFRÆÐI.....	8
4 VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS	9
4.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	10
4.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	13
4.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í ANDRÚMSLOFTI	13
4.2.2 MÆLINGAR Á BRENNISTEINSTVÍOXÍÐI OG BRENNISTEINSVETNI Í ANDRÚMSLOFTI	15
4.2.3 MÆLINGAR Á KÖFNUNAREFNISTVÍOXÍÐI OG KÖFNUNAREFNISOXÍÐI Í ANDRÚMSLOFTI.....	18
4.2.4 MÆLINGAR Á MAGNI SVIFRYKS (PM ₁₀) Í ANDRÚMSLOFTI.....	19
4.2.5 MÆLINGAR Á STYRK UPPLEYSTRA EFNA OG SÝRUSTIGI Í ÚRKOMU	21
5 VÖKTUN GRÓÐURS	25
5.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	26
5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	28
5.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í GRASI	28
5.2.2 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í LAUFI	29
5.2.3 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í BARRI	30
6 VÖKTUN FLÉTTNA, HÁPLANTNA OG MOSA Í MÓAREITUM	32
6.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	33
6.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	33
6.2.1 FLÉTTUR, HÁPLÖNTUR OG MOSAR Í MÓAREIT	33
7 VÖKTUN SAUÐFJÁR	34
7.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	35
7.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	37
7.2.1 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í LÖMBUM	37
7.2.2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í KINDUM.....	40
7.2.3 NIÐURSTAÐA SKOÐUNAR DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM.....	43
8 VÖKTUN ÁRVATNA	44
8.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR	45
8.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	47
8.2.1 MÆLINGAR Á LEIÐNI ÁRVATNS	47
8.2.2 MÆLINGAR Á SÝRUSTIGI ÁRVATNS	47

8.2.3	MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í ÁRVATNI.....	48
8.2.4	MÆLINGAR Á STYRK SÚLFATS Í ÁRVATNI.....	50
HEIMILDASKRÁ		51
VIÐAUKI I: ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR		53
VIÐAUKI II: VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS		54
II.I:	MÆLINGAR Á HÁLSNESI 1997 -2009.....	54
II.II:	B4: STYRKUR UPPLEYSTRAR EFNA OG SÝRUSTIG Í ÚRKOMU.....	56
VIÐAUKI III: VÖKTUN GRÓÐURS		59
III.I:	STYRKUR FLÚORS Í GRASI	59
III.II:	STYRKUR FLÚORS Í LAUFI.....	61
III.III:	TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR GRÓÐUR.....	64
VIÐAUKI IV: VÖKTUN SAUÐFJÁR		70
IV.I:	SÖFNUN HAUSA OG SKOÐUN DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM	70
IV.II:	TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR SAUÐFÉ.....	74
VIÐAUKI V: VÖKTUN ÁRVATNS		80
V.I:	FLÚOR OG FLÚOR/KLÓRÍÐ HLUTFALL Í URRÍÐAÁ	80
V.II:	SÚLFAT OG SÚLFAT/KLÓRÍÐ HLUTFALL Í URRÍÐAÁ	81
V.III:	TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR ÁRVATN	82

SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR

Bakgrunnsgildi	Styrkur jóna/efna sem talinn er sýna náttúrulegt gildi.
pH	Sýrustig vatnslausnar sem ákvarðast af magni hlaðinna vetnisjóna, H^+ , í vatnslausninni.
Svifryk (PM_{10})	Svifryksagnir sem eru 10 μm eða minni í þvermál.
Svifryk ($PM_{2,5}$)	Svifryksagnir sem eru 2,5 μm 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).
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 ákvæði starfsleyfis kveða á um að mengun megi vera yfir umhverfismörkum eða gæðamarkmiðum.
mg/L	Styrkur efnis, milligramm í lítra..
mg/m²	Ákoma efna í úrkomu, milligramm á fermetra.
µg/g	Styrkur efnis, míkrógramm á gramm .
µg/L	Styrkur efnis, míkrógramm í lítra.
µg/m³	Styrkur efnis í rúmmáli, míkrógramm á rúmmetra.
µS/cm	Eðlisleiðni vatns, míkrósiemens 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.

1 INNGANGUR

Samkvæmt starfsleyfum álvers Norðuráls Grundartanga ehf. (hér eftir nefnt Norðurál) og kísiljárnsverksmiðju 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 umhverfisvöktunaráætlun sem fer fram árlega í grennd við iðnaðarsvæðið. Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemin veldur.

Kísiljárnsverksmiðja Elkem hefur verið starfrækt frá árinu 1979 á Grundartanga en frá þeim tíma hefur framleiðslugeta verksmiðjunar hefur aukist úr 60.000 tonnum í 120.000 tonn af 75% kísiljárni (FeSi). Framleiðsla Elkem árið 2010 var 102.221 tonn. Á starfsárinu gekk rekstur ofna 2 og 3 eðlilega fyrir sig. Rekstur ofns 1 var hins vegar stöðvaður í sjö vikur frá 29. júní – 17. ágúst vegna banaslyss starfsmanns sem vann við ofninn.

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 2010 var 276.113 tonn. Í rekstri voru að jafnaði 518 ker af 520. Nokkur frávik voru í rekstri hreinsivirkja á árinu, öll innan marka starfsleyfis. Í byrjun árs voru þessi frávik vegna viðhalds hreinsivirkja. Frávik voru mjög lítil yfir sumartímann en frá september til desember urðu frávik vegna rafmagnstruflana. Hreinsivirkin voru í rekstri 99,91% af heildartíma ársins 2010.

Á árunum 1975 – 1978 voru gerðar rannsóknir á umhverfinu í kringum iðnaðarsvæðið áður en starfsemi kísiljárnsverksmiðjunnar hófst. Loftgæðamælingar fóru fram á árunum 1985 - 1986. Grunnrannsóknir í tengslum við byggingu álversins voru gerðar á tímabilinu júní 1997 til júní 1998. Þeim rannsóknum var fram haldið til júní 1999 en þá tók við sameiginleg umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Árið 2010 fór umhverfisvöktunin fram samkvæmt eldri umhverfisvöktunaráætlun en unnið er að gerð nýrrar áætlunar um umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga fyrir árin 2011 – 2020. Í þessari skýrslu er teknar saman niðurstöður vöktunarmælinga í grennd við iðjuverin á Grundartanga sem gerðar voru árið 2010. 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. Niðurstöður vegna vöktunar móareita sem fram fór árið 2009 eru einnig kynntar í þessari skýrslu enda lágu niðurstöður þeirrar greiningar ekki fyrir fyrr en í lok árs 2010. Listi yfir áður út komnar ársskýrslur vegna umhverfisvöktunar iðjuveranna er að finna í viðauka I.

Skýrslunni er skipt upp í átta kafla. Í 1. kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar á Grundartanga. Í kafla 2 er staðhættum við iðjuverin á Grundartanga líst. Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2010 er í kafla 3 og í köflum 4 – 8 eru mælingum og niðurstöður vöktunar fyrir andrúmsloft, gróður, fléttur, háplöntur, mosa, sauðfé og árvötn. Að auki fylgja fimm viðaukar skýrslunni. Í viðauka I er listi yfir eldri ársskýrslur fyrir umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Í viðauka II er að finna ítarefni vegna vöktunar á andrúmslofti og úrkomu. Í viðauka III eru gögn frá umhverfisvöktun á gróðri auk niðurstaðna tölfræðigreininga á mæliniðurstöðum. Viðauki IV inniheldur niðurstöður tölfræðigreininga á mæliniðurstöðum vöktunar í sauðfé og í viðauka V er ítarefni vegna vöktunar á árvötnum auk tölfræðigagna.

2 STAÐHÆTTIR

2.1 ALMENN LÝSING

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

Lóð Elkem liggur á bilinu 5 – 6 metra yfir sjávarmáli (m.y.s.). Töluverður fjöldi bygginga liggur innan lóðarinnar 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 þrír skorsteinar, einn 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 reykhreinsivirkjana sem er í um 32 metra hæð yfir sjávarmáli. Við framleiðslu kísiljárns 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 metra hæð yfir sjávarmáli. 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 metra hæð yfir sjávarmáli. Um mæni kerskálanna, sem eru í 25 m.y.s., fer kæliloft frá kerunum en náttúruleg loftræsting er í kerskálunum. Við álframleiðslu eru það loftkennd flúorsambönd, brennisteinstvíoxíð og koltvísýringur þær lofttegundir sem helst myndast. Loftkenndu flúorsamböndin eru aðallega vetnisflúoríð (HF) og flúor bundinn svifryki. Kolflúorosambönd myndast einnig í litlu magni en þau eru mjög stöðug efnasambönd sem eru taldar til gróðurhúsalofttegunda en hafa ekki áhrif á lífríki². Losun á ryki á sér einnig stað um skorstein og um rjáfur³.

Gera má ráð fyrir að losun flúors aukist með aukinni framleiðslu áls hjá Norðurá. Að sama skapi verða losunartoppar við gangsetningu nýrra kera sem ná jafnvægi fyrri rekstrar á um mánuði. Í álverinu eru starfrækt öflug hreinsivirki sem hreinsa agnir og flúor úr útblæstri. Verði hins vegar bilun í hreinsivirkjum getur mikið magn flúors losnað út í andrúmsloftið. Slík bilun átti sér stað þann 24. ágúst 2006 og stóð yfir í 36 klukkustundir.

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 hefbundinn búskap, heynytjar eða beit á túnnum"*. 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 sett³. 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

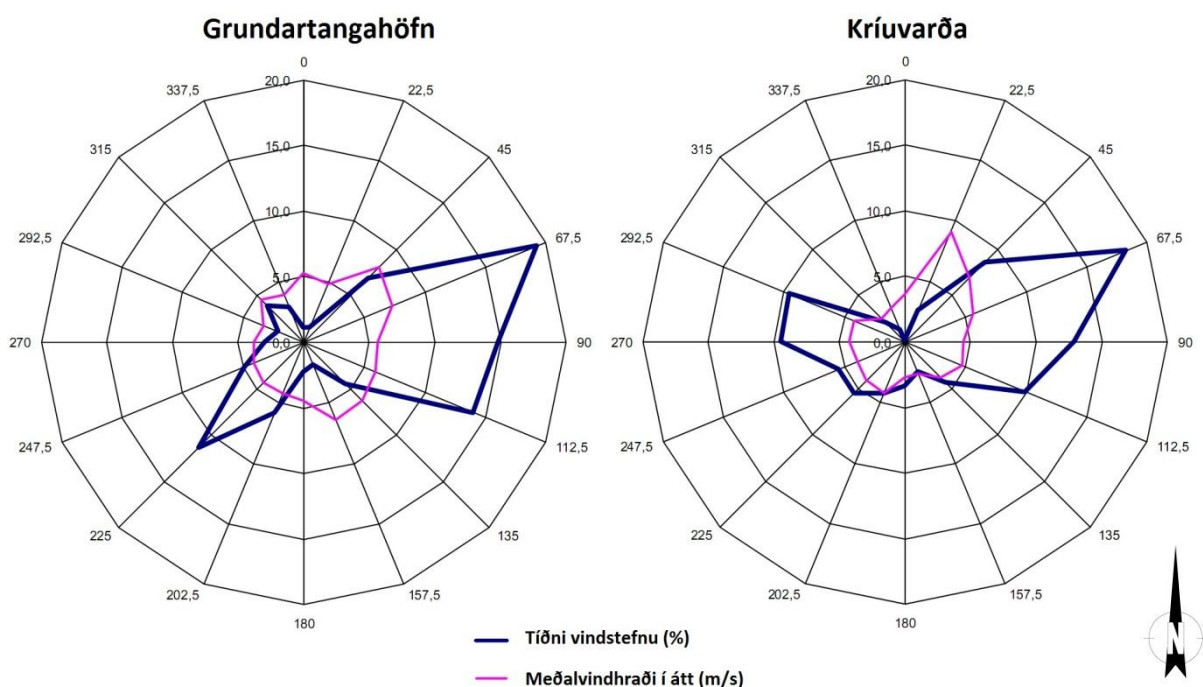
¹ Elkem Ísland ehf. (2010)

² Skipulagsstjóri ríkisins (1996)

³ Norðurál Grundartanga ehf (2010)

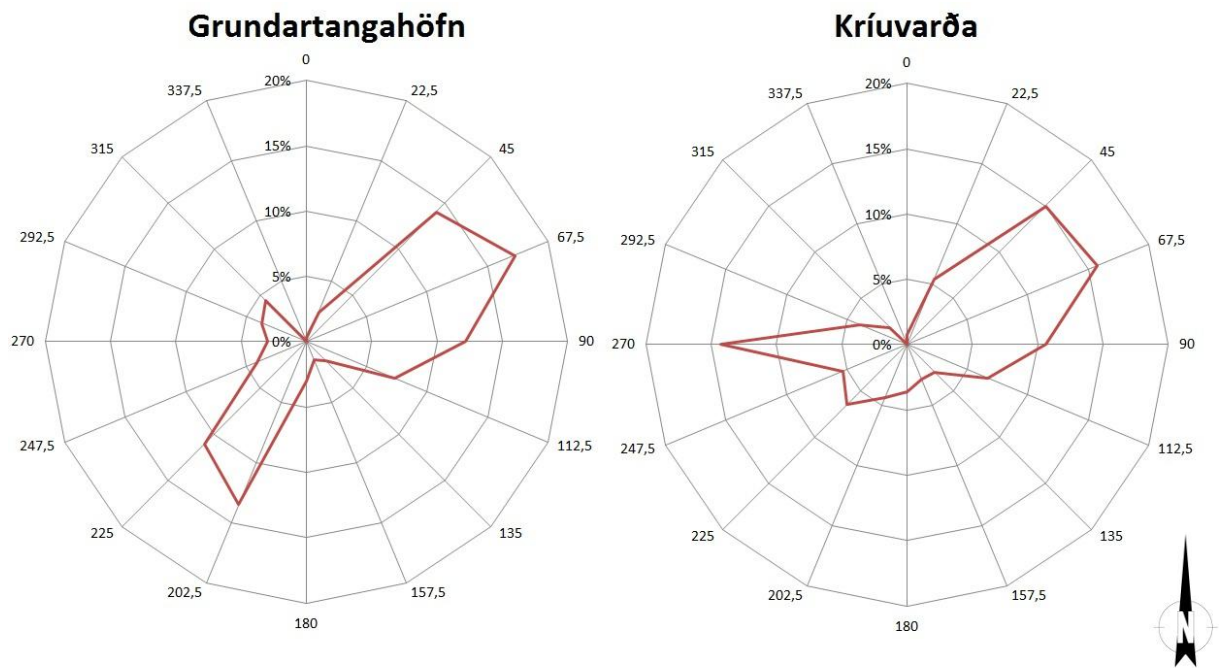
töluverðum rigningum um landið sunnanvert. Fyrri hluti októbermánaðar var einnig óvenju hlýr en síðan kólnaði og var hiti þá nærri eða undir meðallagi⁵.

Á mynd 2.2 má sjá vindrósir fyrir tímabilið apríl – október á Grundartangahöfn og apríl – ágúst við Kríuvörðu. Í byrjun september varð bilun í veðurstöðinni að Kríuvörðu og var þess vegna ekki unnt að gera samanburð fyrir september og október við vindrós frá Grundartangahöfn. Vindrósir frá veðurathugunum fyrir tímabilið 12. apríl – 1. september á Grundartangahöfn og Kríuvörðu má því sjá á Mynd 2.3. Líkt og undanfarin ár er ríkjandi vindátt á svæðinu (á Grundartangahöfn og við Kríuvörðu) austnorðaustanátt. Á Grundartangahöfn er næst algengasta vindáttin suðvestanáttir en við Kríuvörðu eru það vestan- og vestnorðvestanáttir.



Mynd 2.2: Vindrósir fyrir Grundartangahöfn fyrir tímabilið apríl – október og Kríuvörðu fyrir tímabilið apríl – ágúst⁵

⁵ Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2010)



Mynd 2.3: Vindrósir fyrir Grundartangahöfn og Kríuvörðu fyrir tímabilið 12. apríl – 1. september

3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR

Í töflu 3.1 má sjá yfirlit yfir mæliþætti, vöktunarstöðvar, rannsóknaraðila og rannsóknartímabil umhverfisvöktunar í Hvalfirði árið 2010.

Tafla 3.1: Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2010

	Loftgæði	Gróður	Fléttur og mosi	Sauðfé	Árvötn
Mæliþáttur	<i>Andrúmsloft:</i> Svifryk, flúor, brennisteinstvíoxíð, brennisteinsvetni, nituroxíð <i>Úrkoma:</i> klóríð, súlfat, flúor, pH	Flúor í barri, grasi og laufi	Gróðurbreytingar fléttna, háplantna og mosa	Flúor í kjálkum sláturfjár Ástand tanna og kjálka í sláturfé	Sýrustig (pH), leiðni, flúor, klóríð, súlfat
Staðsetning vöktunarstaða	Stekkjarás og Kríuvarða	<i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Stekkjarás, Fannahlíð, Fellsaxlarkot, Gröf II við þjóðveg, Gröf II við hús, Hlíð <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Félagsgarður, Fossbrekka, Reynivellir	Þrír reitir vestur af iðnaðarsvæðinu á sniði frá Stekkjarási upp hlíðar Akrafjalls Tveir reitir norður af iðnaðarsvæði í rökum mólum skammt frá Eiðisvatni	<i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Skorholt, Eystri-Leirárgarðar, Gröf II, Þaravellir, Hrafnabjörg, Innri-Hólmur, Skipanes, Hóll, Vogatunga <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Kiðafell, Hjalli, Grímsstaðir	<i>Bergvatnsár:</i> Berjadalsá, Fossá, Laxá <i>Upptök í yfirborðsvatni:</i> Kalmansá, Urriðaaá
Rannsóknar-/Mælitímabil	<i>Stekkjarás:</i> apríl - október 2010 <i>Kríuvarða:</i> apríl til loka ársins 2010	9. júní og 16. september 2010	22. – 26. júní 2009	Haustslátrun 2010	28. apríl - 14. nóvember 2010
Rannsóknaraðili	<i>Sýnataka og mælingar:</i> Efnagreiningar NMÍ*	<i>Sýnataka og mælingar:</i> Efnagreiningar NMÍ*	<i>Gróðurmælingar:</i> Náttúrufræðistofnun Íslands	<i>Skoðun sauðfjár:</i> Tilraunastöð HÍ** á Keldum. <i>Mælingar á flúor:</i> NMÍ*	<i>Sýnataka og mælingar:</i> Efnagreiningar NMÍ*

*NMÍ: Nýsköpunarmiðstöð Íslands

**HÍ: Háskóli Íslands

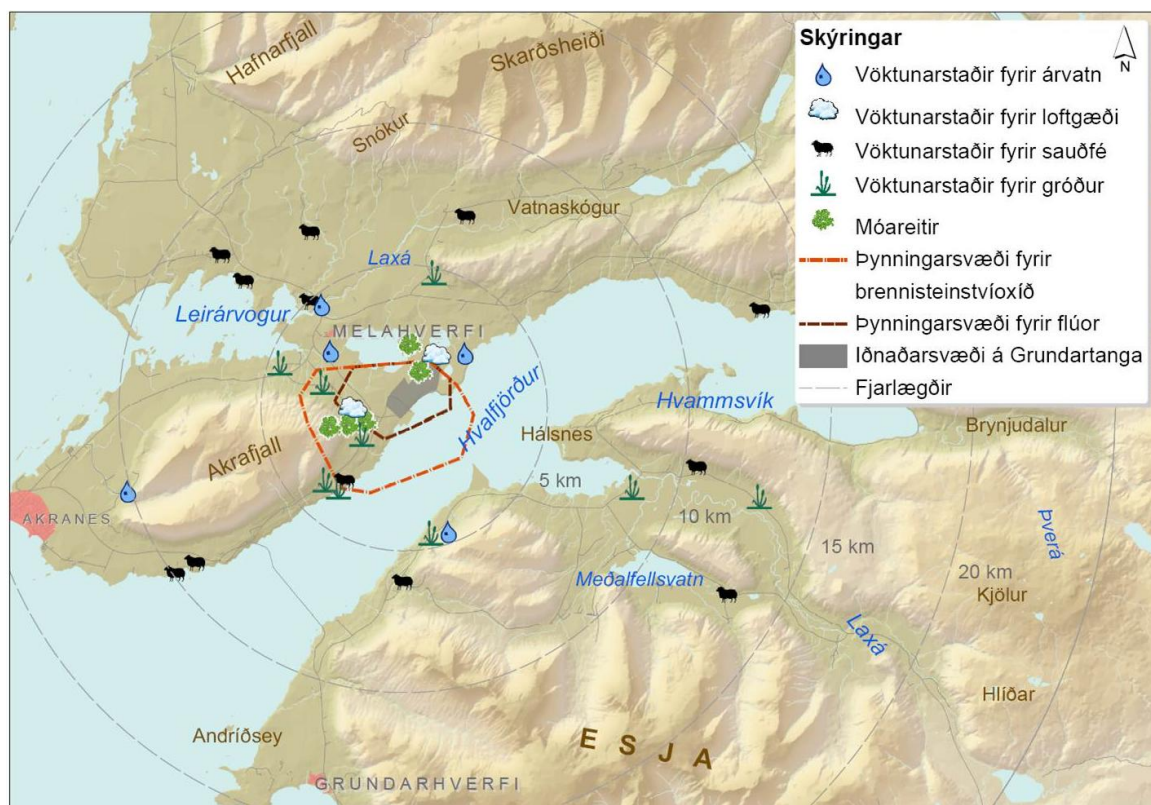
3.1 VÖKTUNARSTAÐIR

Allir vöktunarstaðir umhverfisvöktunar iðjuveranna á Grundartanga árið 2010 má sjá á mynd 3.1. Vöktunarstaðir fyrir loftgæði voru tveir árið 2010, að Stekkjarási og Kríuvörðu þar sem mælt var í fyrsta skipti. Vöktunarstöðin að Kríuvörðu liggur utan þynningarsvæða en Stekkjarás liggur innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð.

Vöktunarstaðir gróðurs eru níu talsins, sex norðan Hvalfjarðar og þrír sunnan fjarðar. Tveir vöktunarstaðir liggja innan þynningarsvæða, annars vegar Stekkjarás (innan þynningarsvæðis fyrir flúor) og hins vegar Fannahlíð sem liggur innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Á tveimur stöðvum var gras- og laufsýnum safnað en á sjö vöktunarstöðvum var gras- lauf- og barrsýnum safnað. Vöktun á fimm móareitum við Grundartanga fór fram sumarið 2009 en niðurstöður lágu ekki fyrir fyrr en í lok árs 2010 og eru þær því birtar í þessari skýrslu. Móareitir 1 – 4 liggja innan þynningarsvæða, en móareitur 5 utan.

Flúorstyrkur í kjálkum sláturfjár frá 12 bæjum var mældur á vöktunarárinu 2010. Þrír þessara bæja eru staðsettir sunnan Hvalfjarðar en 9 norðan fjarðar. Samanburðarsýni frá tveimur bæjum voru einnig mæld.

Fimm árvötn eru vöktuð. Fjórar vöktunarár liggja norðan megin Hvalfjarðar og ein sunnan fjarðar. Þrjár vöktunarár eru bergvatnsár en tvær eiga upptök sín í yfirborðsvötnum sem liggja nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga.



Mynd 3.1: Yfirlit yfir alla vöktunarstaði árið 2010 við iðjuverin á Grundartanga (heiti viðkomandi vöktunarstaða tilgreind í viðeigandi myndum hvers kafla)

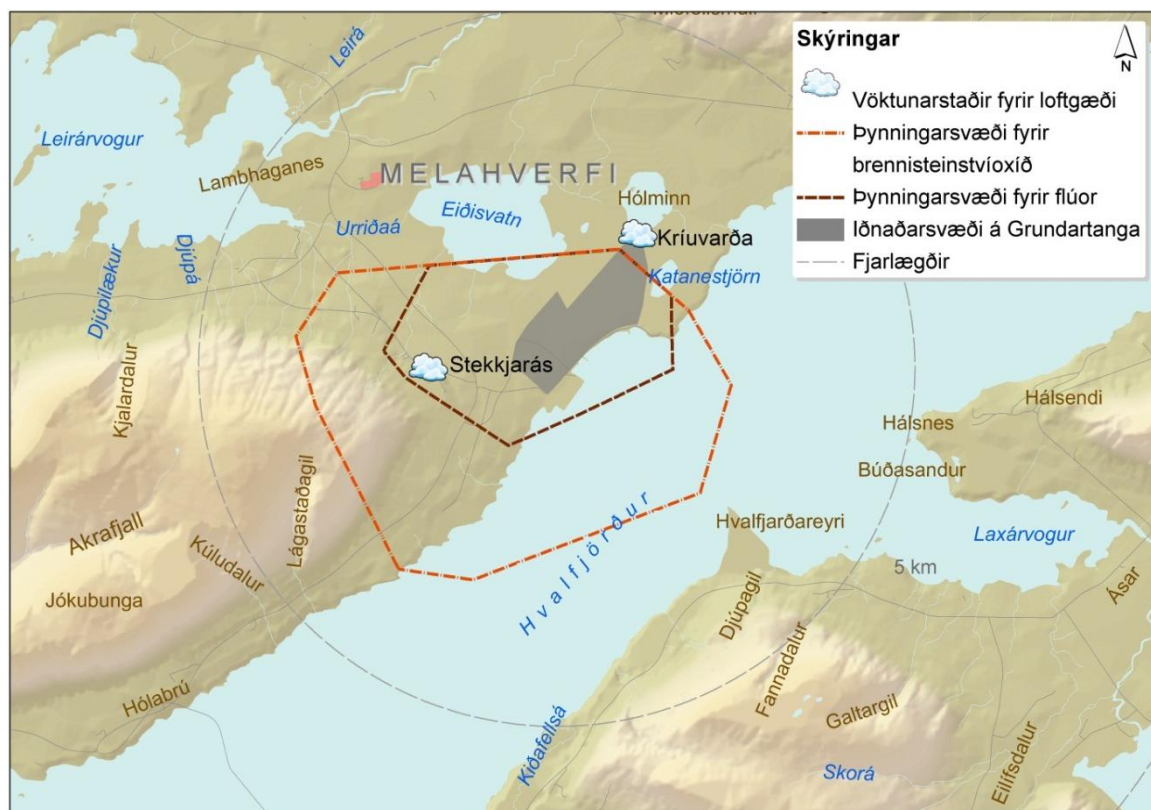
3.2 TÖLFRÆÐI

Umhverfisvöktun fyrir gróður, andrúmsloft og sauðfé hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2010 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna. Stærð öryggisbilsins er háð fjölda sýna og minnkar eftir því sem fjöldi sýna eykst. Þannig er hægt að segja með 95% öryggi að meðaltalið liggi innan reiknaðs öryggisbils og hvort marktæk breyting til hækkunar eða lækkunar á styrk efna hafi átt sér stað á tímabilinu. Niðurstöður tölfræðigreiningarinnar er að finna í viðaukum III, IV og V.

4 VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS

Í langtímaáætlun um umhverfisvöktun er gerð krafa um eina loftgæðamælistöð en árið 2010 voru tvær í rekstri á vegum iðjuveranna. Mælt var í nýrri stöð við Kríuvörðu, þeirri sömu og veðurmælingar fóru fram í, og í loftgæðamælistöð á Stekkjarási (mynd 4.1). Mælistöð við Smáholt var lögð niður og hefur ekki verið mælt þar frá árinu 2006 og því eru niðurstöður fyrir vöktunarstöðina ekki sýndar í þessari skýrslu og er vísað í eldri umhverfisvöktunarskýrslur. Ekki var mælt í vöktunarstöð við Hálsnes árið 2010 en mælingar árinna 1997 – 2009 er að finna í viðauka II.

Loftgæðamælingar á Stekkjarási fóru fram á tímabilinu apríl – október. Á Kríuvörðu fóru mælingar fram frá síðari hluta apríl og til loka ársins 2010. Mælipættir í andrúmslofti á Stekkjarási voru svifryk, flúor í ryki og loftkenndur flúor, brennisteinn í ryki og loftkenndur brennisteinn ($\text{SO}_2\text{-S}$). Að Kríuvörðu voru gerðar samfelldar mælingar á flúor, svifryki (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), brennisteinstvíoxíð (SO_2), brennisteinsvetni (H_2S) og nituroxíðum (NO_2 og NO_x). Úrkomusýni voru einnig rannsökuð og magn klóríðs, nitrats, súlfats, flúors og sýrustig (pH) mælt. Sýnataka og mælingar voru unnar af Efnagreiningum NMÍ.



Mynd 4.1: Staðsetning loftgæðastöðva í Hvalfirði árið 2010

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 viðmiðunarmörkunum. Viðmiðunarmörk gilda einungis utan þynningarsvæðis. Styrkur loftkennds flúors og heildar flúors í andrúmslofti mælist töluvert lægri en undanfarin ár.

Brennisteinstvíoxíð

Mælingar á styrk brennisteinstvíoxíðs (SO₂) í andrúmslofti sýna að ársmeðaltöl liggja töluvert langt undir heilsu- og gróðurverndarmörkum fyrir báðar mælistöðvar innan og utan þynningarsvæðis. Viðmiðunarmörk gilda einungis utan þynningarsvæðis. Einn dag mældist að Kríuvörðu sólarhringsmeðaltal SO₂ yfir gróðurverndarmörkum, en leyfilegt er að yfirstíga þau mörk samtals sjö sinnum árlega.

Brennisteinsvetni

Styrkur brennisteinsvetnis (H₂S) í andrúmslofti mældist að Kríuvörðu undir heilsuverndarmörkum.

Köfnunarefnisoxíð

Mældur styrkur köfnunarefnistvíoxíðs (NO₂) og köfnunarefnisoxíða (NO_x) mældist töluvert undir heilsuverndarmörkum fyrir NO₂ og gróðurverndarmörkum fyrir NO_x að Kríuvörðu.

Svifryk

Frá upphafi mælinga hefur ársmeðaltal svifryksstyrks í andrúmslofti við Stekkjarás aldrei mælst yfir árs heilsuverndarmörkum sem gilda utan þynningarsvæðisins. Svifryk við Stekkjarás mældist í meðallagi og lækkar frá árinu 2009 þrátt fyrir töluvert þurrviðri. Við Kríuvörðu mældist ársmeðaltal svifryks töluvert lægra en að Stekkjarási. Þrjá daga ársins fór sólarhrings meðaltal svifryks að Kríuvörðu yfir viðmiðunarmörk, en það mátti rekja beint til öskufoks frá Eyjafjallajökli. Leyfilegt er að styrkur svifryks fari yfir sólarhrings viðmiðunarmörk sjö sinnum á ári. Mælingar á Kríuvörðu staðfesta að venjubundin starfsemi á verksmiðjussvæðinu er ekki veruleg uppspretta svifryks.

Úrkoma

Við Kríuvörðu var styrkur flúors í úrkomu lægri en búist hafði verið við miðað við mælingar á styrk flúors í andrúmslofti. Ríkjandi úrkomuáttir skipta miklu máli en meginúrkomuátt er suðaustanátt á verksmiðjussvæðinu og blæs því ekki eins oft af verksmiðjussvæðinu að mælistöðinni að Kríuvörðu og það gerir að stöðinni að Stekkjarási. Mælt sýrustig í úrkomu er mjög svipað og mælst hefur frá árinu 2006.

Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfissvöktun andrúmslofts má sjá í kafla 4.2 hér að neðan ásamt yfirliti yfir mælingar og skilgreind umhverfismörk 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 ásamt skilgreindum umhverfismörkum. Mælistöðin liggur utan þynningarsvæða

Mælipáttur	Styrkur	Viðmiðunargildi utan þynningarsvæða	Heimild	Athugasemd
HF				
Ársmeðalstyrkur	0,15 ± 0,09 µg/m ³	0,3 µg/m ³	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga ehf	
SO₂				
Ársmeðalstyrkur	3,2 ± 0,8 µg/m ³	20 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk
Klukkustundar meðalstyrkur	184 µg/m ³	350 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
Sólarhrings meðalstyrkur	66 µg/m ³	50 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega
	66 µg/m ³	125 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 3 x árlega
H₂S				
Ársmeðalstyrkur	1,1 µg/m ³	5 µg/ m ³	Reglugerð 514/2010	Heilsuverndarmörk
Sólarhrings meðalstyrkur	8 µg/m ³	50 µg/ m ³	Reglugerð 514/2010	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 5 x árlega
NO₂				
Ársmeðalstyrkur	1,4 ± 0,8 µg/m ³	30 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
Sólarhrings meðalstyrkur	0 - 32 µg/m ³	75 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega
NO_x				
Ársmeðalstyrkur	1,7 ± 0,7 µg/m ³	30 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Gróðurverndarmörk
Svifryk (PM₁₀)				
Ársmeðalstyrkur	7 µg/m ³	20 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk
Sólarhrings meðalstyrkur	3 x yfir sólarhrings heilsuv.mörkum: 52 µg/m ³ , 61 µg/m ³ og 101 µg/m ³	50 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Heilsuverndarmörk. Leyfilegt að yfirstíga 7 x árlega

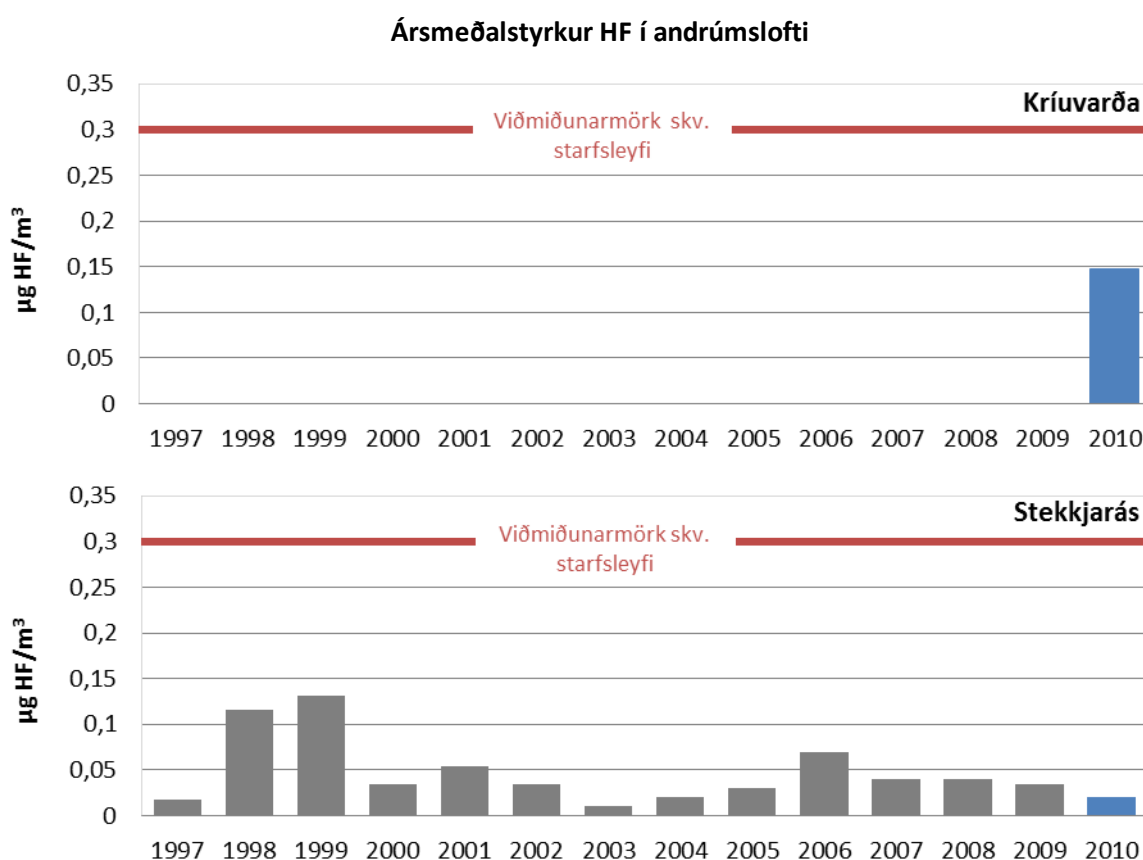
Tafla 4.2: Niðurstöður mælinga á Stekkjarási ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða. Mælistöðin liggur innan þynningarsvæða

Mælipáttur	Styrkur	Viðmiðunargildi utan þynningarsvæða	Heimild	Athugasemd
HF				
<i>Ársmeðalstyrkur</i>	0,02 ± 0,01 µg/ m ³	0,3 µg/ m ³	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga	Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða
SO₂				
<i>Ársmeðalstyrkur</i>	6,4 ± 1,6 µg/ m ³	20 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða
Svifryk (PM₁₀)				
<i>Ársmeðalstyrkur</i>	14 µg/ m ³	20 µg/ m ³	Reglugerð 251/2002	Uppfyllir viðmiðunargildi sem gilda utan þynningarsvæða

4.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

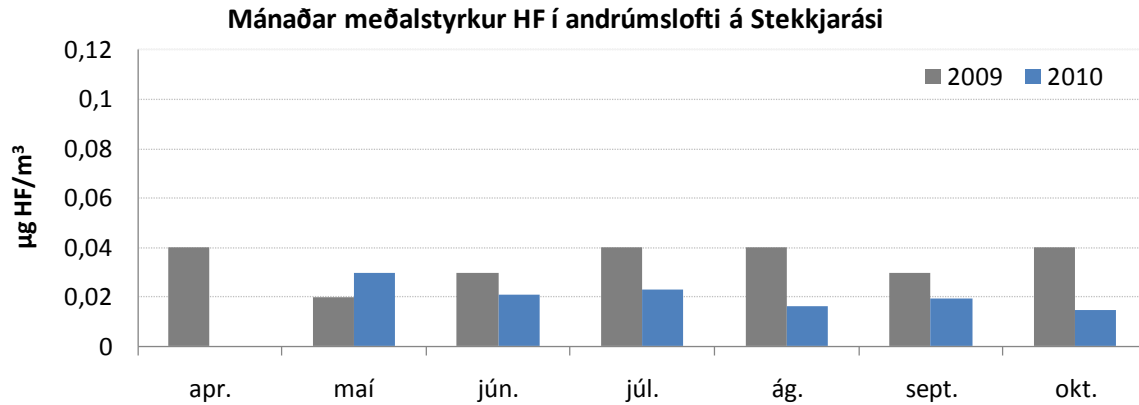
4.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í ANDRÚMSLOFTI

Ársmeðalstyrkur loftkends flúors (HF) mældist mun hærri á Kríuvörðu ($0,15 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en á Stekkjarási ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Á mynd 4.2 má sjá að ekki hefur mælst lægri styrkur fyrir loftkenndan flúor frá árinu 2004 á Stekkjarási, eða frá því að áður en álverið jók framleiðslugetu sína. Hugsanlegt er að miklar stillur mestan part ársins hafi hér áhrif á háan flúorstyrk á Kríuvörðu ásamt nálægðar mælistöðvarinnar við álverið. Í starfsleyfi Norðuráls eru gefin viðmiðunarmörk fyrir styrk á loftkenndum flúor $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í andrúmslofti á gróðurtímabilinu utan þynningarsvæðis til að tryggja hefðbundnar landbúnaðarnytjar. Stekkjarás er innan þynningarsvæðis fyrir flúor, en Kríuvarða utan þess og er styrkur loftkennds flúors á báðum mælistöðum innan viðmiðunarmarka.



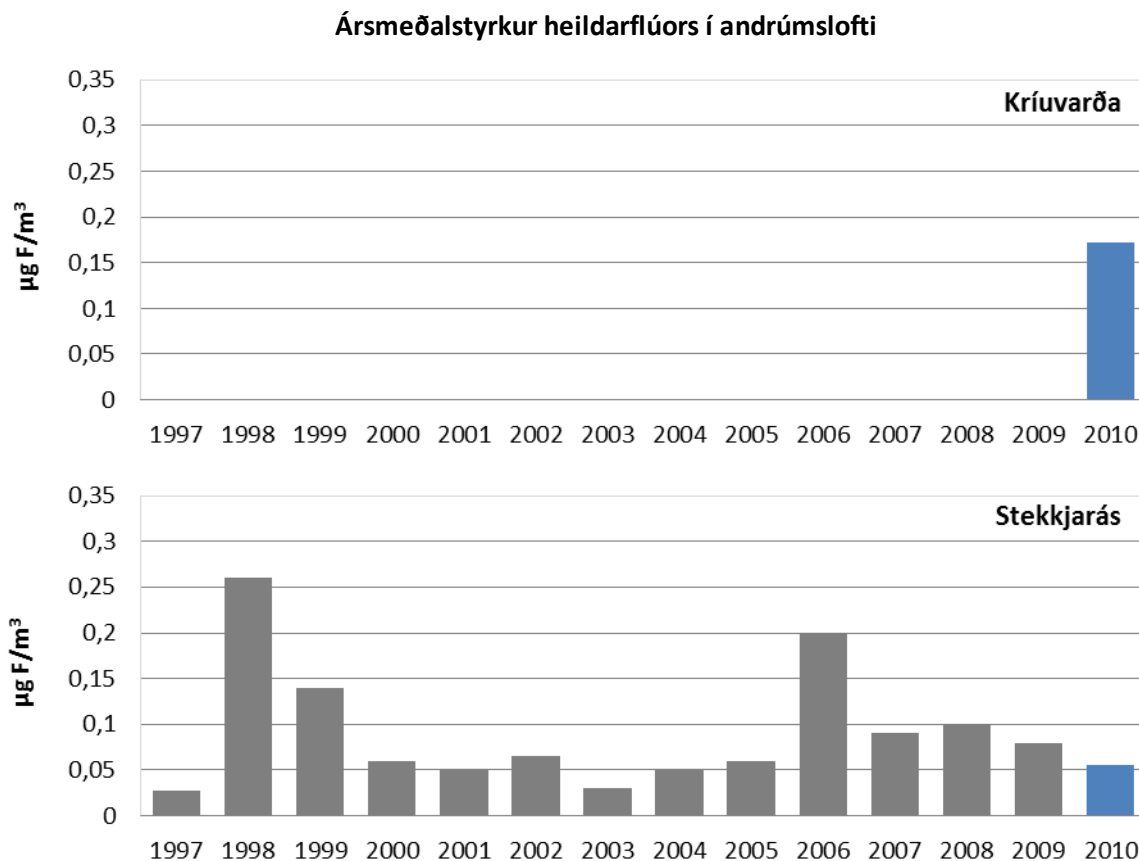
Mynd 4.2: Ársmeðalstyrkur HF á vöktunarstöðvum fyrir loftgæði við Kríuvörðu og Stekkjarás árin 1997 – 2010 (apríl/maí – október) ásamt viðmiðunarmörkum samkvæmt starfsleyfi Norðuráls sem gilda utan þynningarsvæðis

Á mynd 4.3 má sjá mánaðar meðalstyrk HF í andrúmslofti á Stekkjarási árið 2010 og til samanburðar fyrir árið 2009. Mælingar hófust að Stekkjarási í maí árið 2010 og mældist þá styrkur HF í andrúmslofti hærri en í maí 2009, alla aðra mánuði mældist styrkur HF töluvert lægri árið 2010.

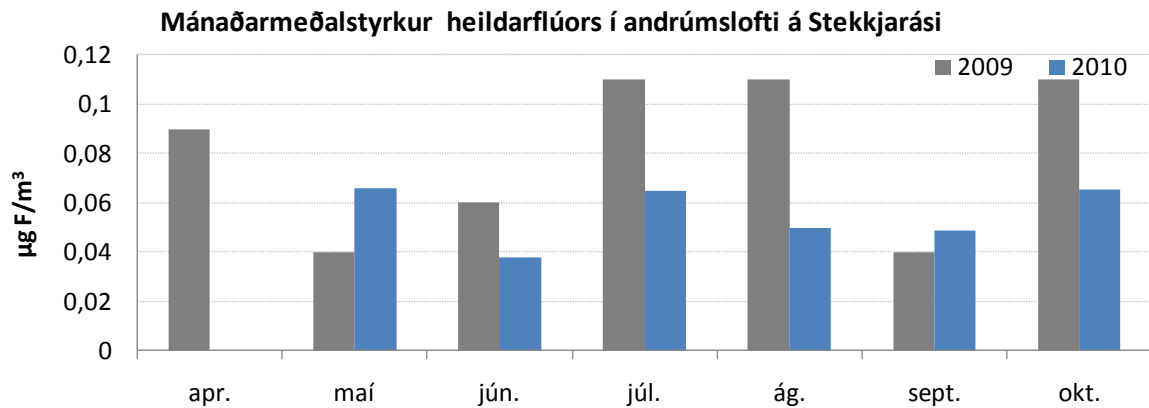


Mynd 4.3: Mánaðar meðalstyrkur flúors á Stekkjarási apríl – október 2009 og 2010

Ársmeðalstyrkur heildar flúors í andrúmslofti á Stekkjarási mældist $0,06 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og á Kríuvörðu $0,17 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.4). Ársmeðalstyrkur heildar flúors á Stekkjarási er lægra en undanfarin ár. Meðalstyrkur flúors í hverjum mánuði að Stekkjarási má sjá á mynd 4.5.

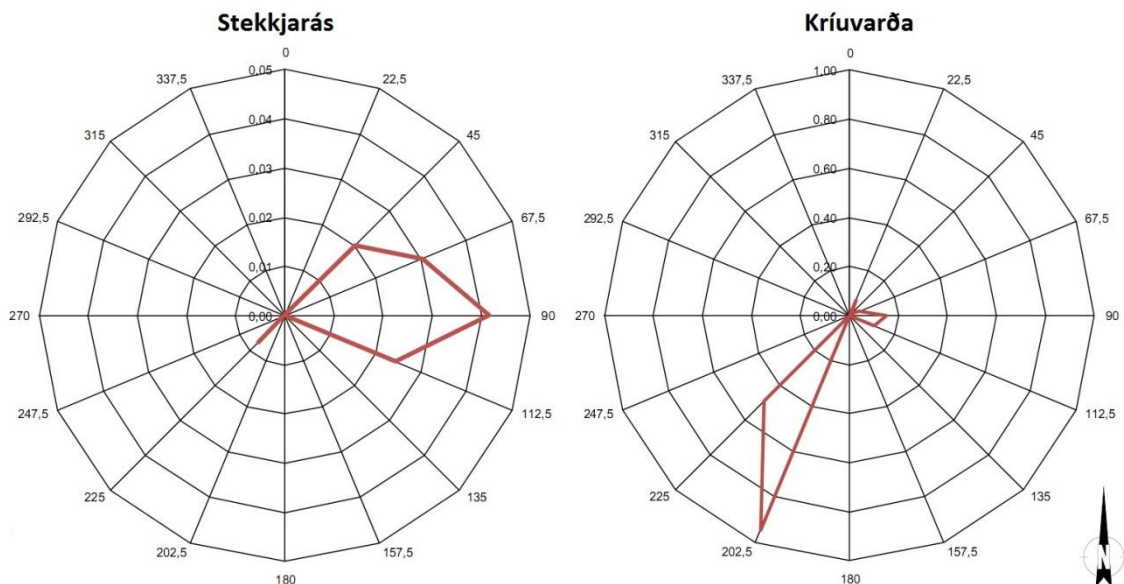


Mynd 4.4: Ársmeðaltöl heildar flúorstyrks á Kríuvörðu og Stekkjarási árin 1997 – 2010 (apríl/maí – október)



Mynd 4.5: Meðaltöl heildar flúorstyrks í hverjum mánuði á Stekkjarási apríl – október 2009 og 2010

Nokkur munur er á mældum styrk flúors í andrúmslofti við Stekkjarás og Kríuvörðu. Kríuvörða liggur nokkuð beint við suðvestanátt frá álverinu og mælist flúor við stöðina svo til eingöngu þá daga sem flokkast í suðvestanátt (Mynd 4.6). Flúor á Stekkjarási mældist hins vegar fyrst og fremst í austanáttum⁶. Flúor í eldfjallaösku gæti haft einhver áhrif á mældan styrk flúors.



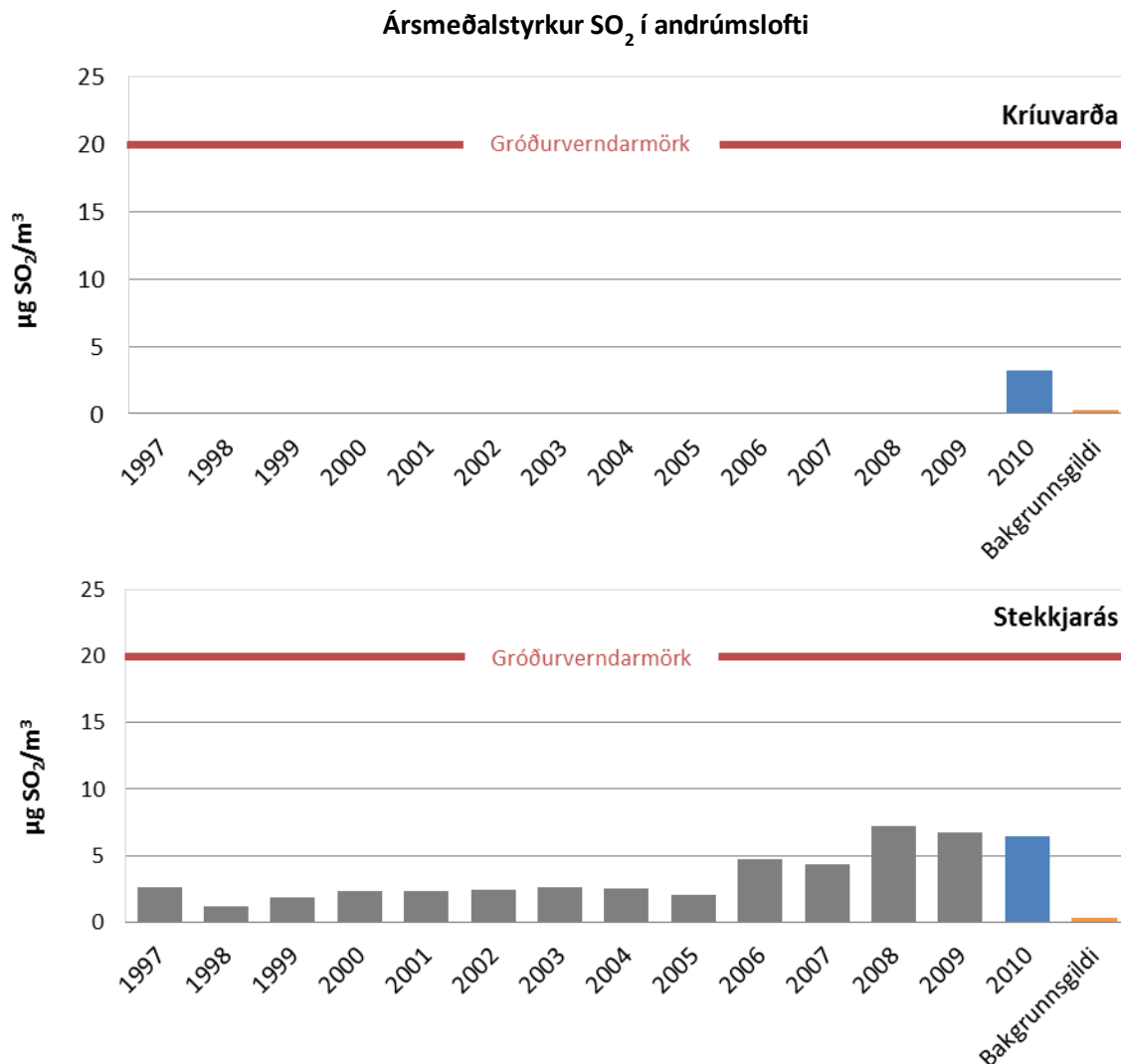
Mynd 4.6: Mælingar á flúor á Stekkjarási og Kríuvörðu frá apríl – október. Stakir mæld dagar flokkaðir í vindátt.

4.2.2 MÆLINGAR Á BRENNISTEINSTVÍOXÍÐI OG BRENNISTEINSVETNI Í ANDRÚMSLOFTI

Losun brennisteinstvíoxíðs (SO_2) frá iðjuverunum hefur haldist að mestu óbreytt síðustu þrjú árin⁵. Árið 2010 mældist ársmeðaltal SO_2 í andrúmslofti að Stekkjarási $6,4 \pm 1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ársmeðalstyrkur SO_2 á Kríuvörðu mældist $3,2 \pm 0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.7). Mikilvægt er að taka fram að mælingarnar á Stekkjarási og Kríuvörðu eru gerðar með mjög ólíkum hætti. Að auki gætir ekki sömu vindáttar undan verksmiðjusvæðinu á mælistöðvarnar en brennisteinn mælist helst í suðvestanátt á Kríuvörðu en austanáttum á Stekkjarási⁶. Samkvæmt reglugerð 251/2002 eru

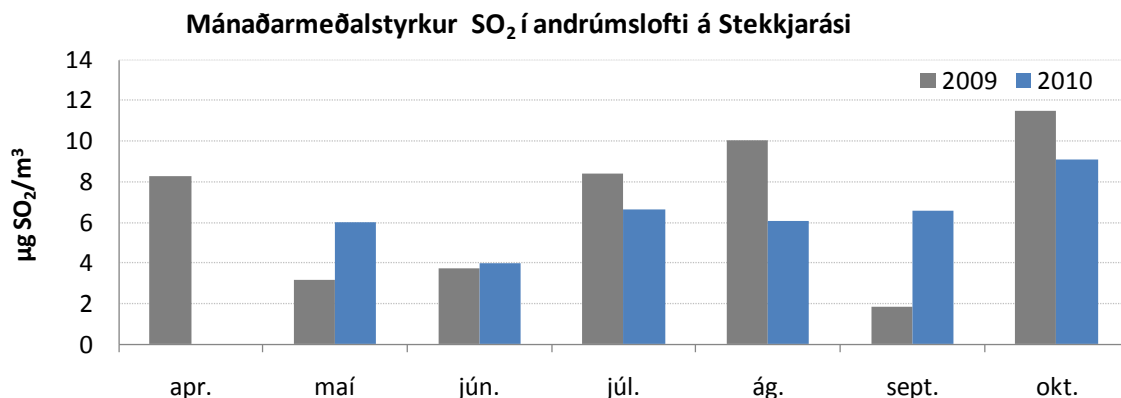
⁶ Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2010)

viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltalsstyrk SO_2 í andrúmslofti $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem gildir utan þynningarsvæðis.



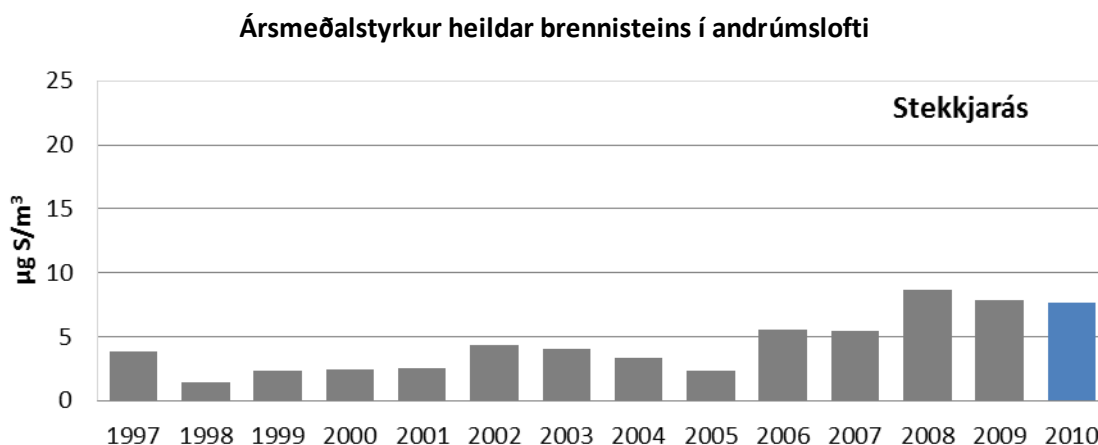
Mynd 4.7: Ársmeðalstyrkur SO_2 á vöktunarstöðvum fyrir loftgæði við Kríuvörðu og Stekkjarás árin 1997 – 2010 ásamt gróðurverndarmörkum sem gilda utan þynningarsvæðis. Bakgrunnsgildi mæld við Írafoss árið 2003

Á mynd 4.8 má sjá mánaðar meðalstyrk SO_2 í andrúmslofti á Stekkjarási árið 2010 og til samanburðar fyrir árið 2009. Í maí, júní og september 2010 mældist styrkur SO_2 í andrúmslofti hærri en í sömu mánuði 2009, aðra mánuði mældist styrkur SO_2 lægri árið 2010.

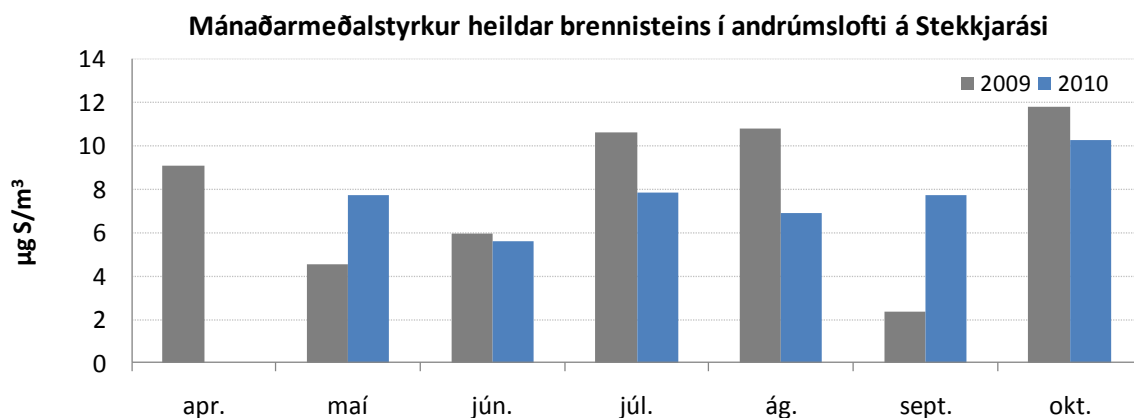


Mynd 4.8: Mánaðarmeðalstyrkur brennisteinstvíoíðs í andrúmslofti við Stekkjarás árið 2010 og 2009 til samanburðar

Ársmeðalstyrkur heildar brennisteins í andrúmslofti á Stekkjarási mældist $7,7 \pm 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.9). Meðalstyrkur heildar brennisteins í hverjum mánuði að Stekkjarási má sjá á mynd 4.10.



Mynd 4.9: Ársmeðalstyrkur heildar brennisteins á Stekkjarási 1997 – 2010



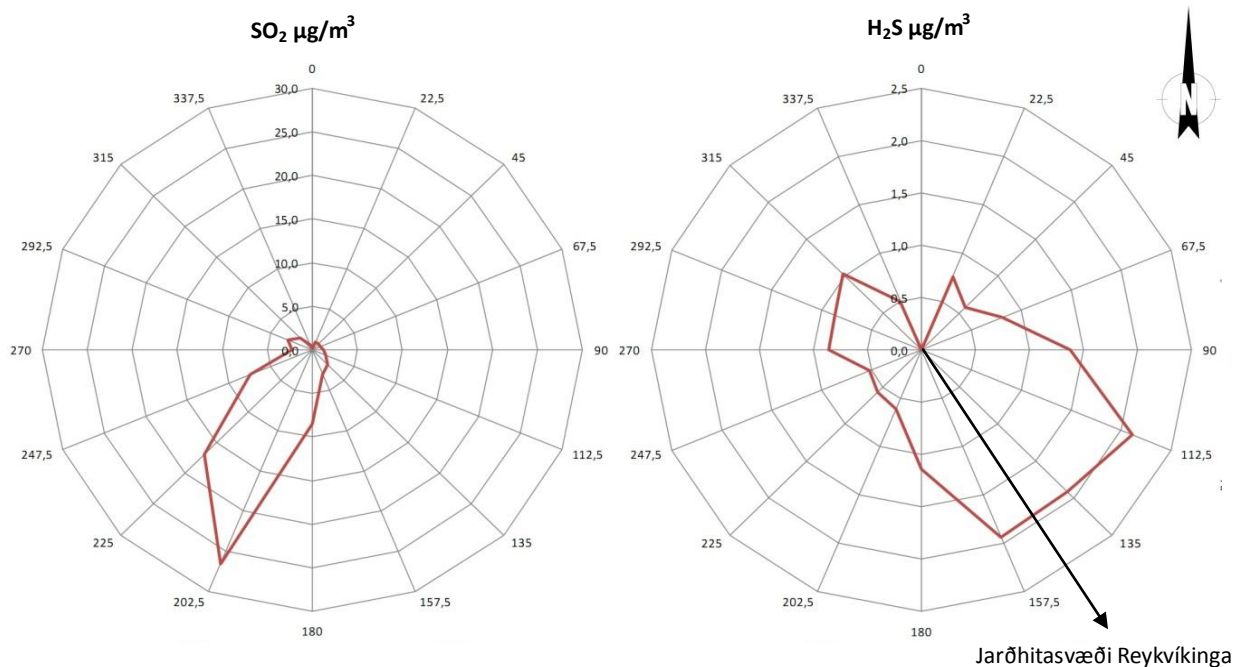
Mynd 4.10: Mánaðarmeðalstyrkur heildar brennisteins í andrúmslofti við Stekkjarás 2010 og árið 2009 til samanburðar

Á Kríuvörðu mældist hæsti klukkustundar meðalstyrkur SO₂ $184 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ en samkvæmt reglugerð 251/2002 eru klukkustundar heilsuverndarmörk $350 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Allar mælingar á Kríuvörðu eru því undir klukkustundar heilsuverndarmörkum. Hæsti sólhringsmeðalstyrkur

mældist $66 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ einn dag, þann 9. desember, sem er yfir gróðurverndarmörkum ($50 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$). Leyfilegt er samkvæmt reglugerð 251/2002 að fara yfir sólarhrings gróðurverndarmörk sjö sinnum árlega. Sólarhrings heilsuverndarmörk eru skilgreind $125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ skv. reglugerðinni.

Styrkur brennisteinsvetnis (H_2S) í andrúmslofti var mældur í fyrsta skipti að Kríuvörðu á tímabilinu frá apríl – desember árið 2010. Ársmeðalstyrkur loftkennds H_2S á mælistöðinni mældist $1,1 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$ sem er lægra en árs heilsuverndarmörk ($5 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$) samkvæmt reglugerð 514/2010. Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur mældist $8 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$ þann 8. desember sem er töluvert langt undir sólarhrings heilsuverndarmörkum skv. reglugerð 514/2010 ($50 \mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$).

Uppsprettur SO_2 í andrúmslofti á vöktunarstöðinni við Kríuvörðu má tengja við verksmiðjusvæðið á Grundartanga en brennisteinsvetnið má að mestu leyti rekja til jarðhitasvæða Reykvíkinga þegar vindáttir eru suðaustlægar, sbr. mynd 4.11 hér að neðan.

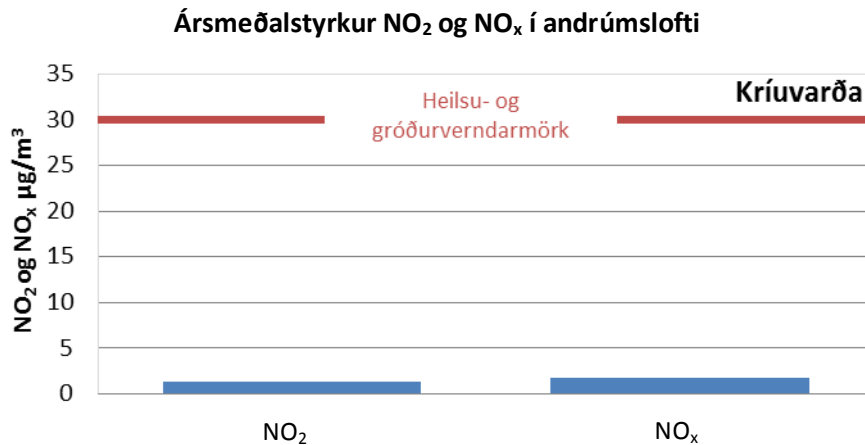


Mynd 4.11: Uppsprettuáttir SO_2 og H_2S . Myndirnar sýna meðalstyrki SO_2 og H_2S í mældum vindáttum við Kríuvörðu frá apríl – desember 2010

4.2.3 MÆLINGAR Á KÖFNUNAREFNISTVÍOXÍÐI OG KÖFNUNAREFNISOXÍÐI Í

ANDRÚMSLOFTI

Í mælistöðinni að Kríuvörðu var í fyrsta sinn mældur styrkur köfnunarefnistvíoxíðs (NO_2) og köfnunarefnisoxíða (NO_x) í andrúmsloft. Á mælingatímanum (apríl – desember) fór sólarhringsstyrkur NO_2 aldrei yfir sólarhrings heilsuverndarmörk skv. reglugerð 251/2002 ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ársmeðalstyrkur NO_2 mældist $1,4 \pm 0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og fyrir NO_x $1,7 \pm 0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mynd 4.12). Styrkurinn mældist langt undir árs heilsuverndarmörkum fyrir NO_2 og gróðurverndarmörkum fyrir NO_x ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



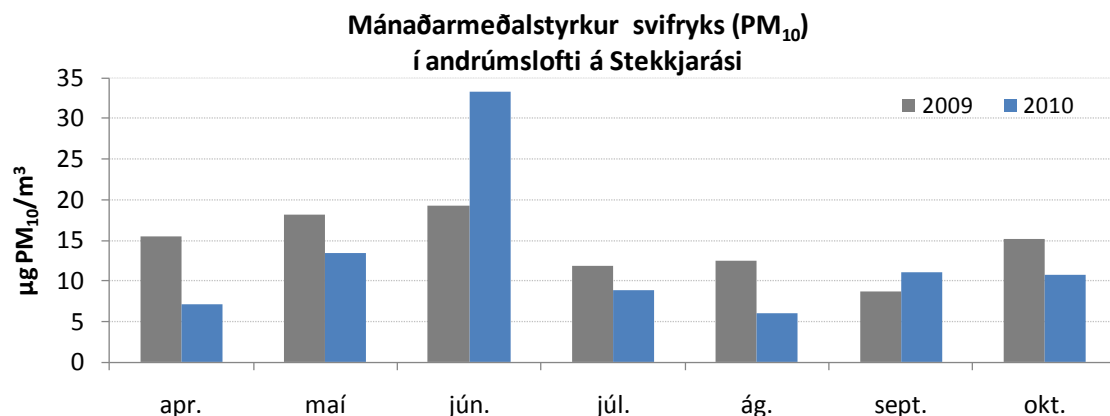
Mynd 4.12: Mældur meðalársstyrkur NO₂ og NO_x að Kríuvörðu árið 2010 frá apríl til desember ásamt heilsu- og gróðurverndarmörkum

4.2.4 MÆLINGAR Á MAGNI SVIFRYKS (PM₁₀) Í ANDRÚMSLOFTI

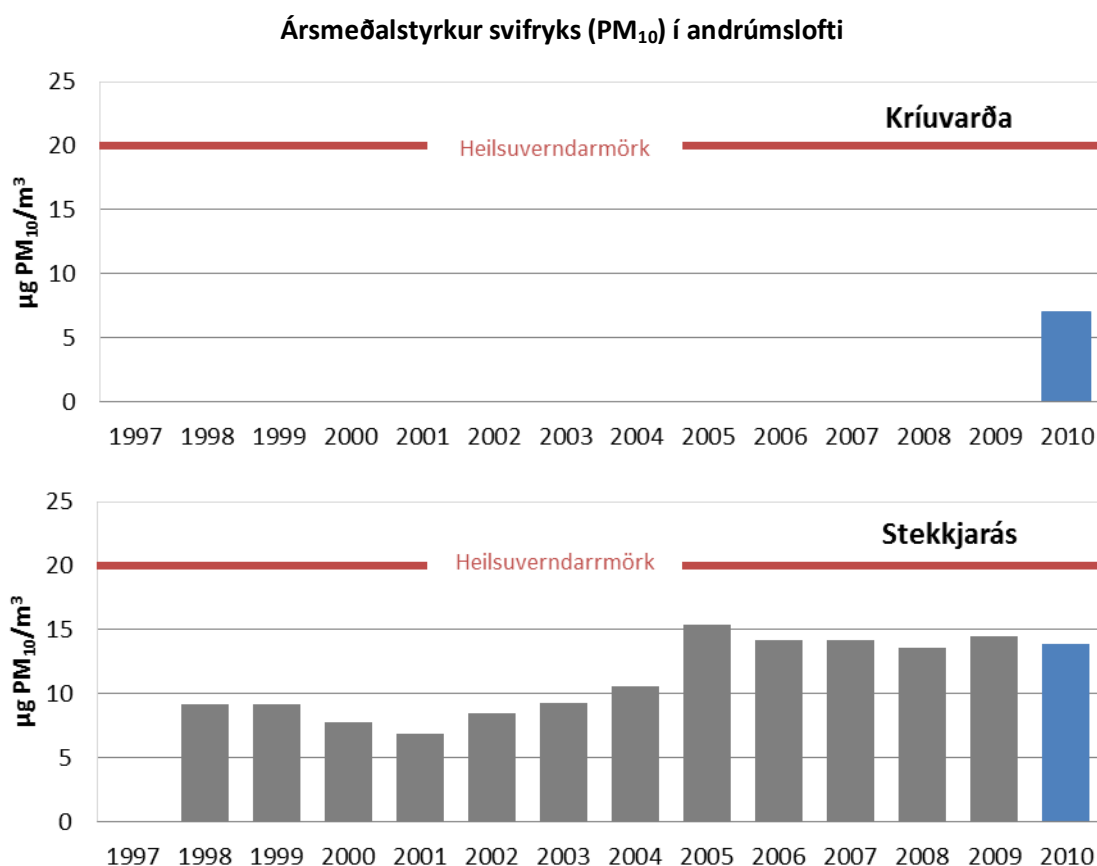
Við Kríuvörðu voru gerðar samfelldar mælingar á magni svifryks (PM₁₀ og PM_{2,5}) árið 2010. Ekki eru skilgreind heilsuverndarmörk fyrir styrk PM_{2,5} í andrúmslofti á Íslandi. Þrjá daga mælitímabilsins fór styrkur svifryks (PM₁₀) við Kríuvörðu yfir sólarhrings heilsuverndarmörk (50 µg/m³). Skv. reglugerð 251/2002 er leyfilegt að fara yfir sólarhrings heilsuverndarmörk sjö sinnum árlega. Hæstu meðalgildi sólarhrings mældust 3. – 5. júní. Hæsta meðaltalsgildið mældist 5. júní (101 µg/m³) og á sama tíma mældist hæsta sólarhrings meðalgildi svifryks í loftgæðamælistöð Umhverfisstofnunnar við Grensásveg í Reykjavík (um 550 µg/m³)⁷. Þessi háu gildi stöfuðu af öskufoki vegna eldgossins í Eyjafjallajökli.

Meðalstyrkur svifryks í andrúmslofti á Stekkjarási mældist óvenju hár í júní (33 µg/m³) sjá mynd 4.13, sem má að mestu rekja til öskufoks. Aðra mánuði var meðaltalsstyrkur svifryks (PM₁₀) svipaður og fyrri ár. Þegar litið er til alls mælitímabilsins hefði mátt búast við svifryki í hærra lagi vegna þurrviðris en ársmeðaltal við Stekkjarás mældist þó í meðallagi, tæplega 14 µg/m³, og lækkar frá 2009 (Mynd 4.14). Frá því að mælingar hófust hefur ársmeðalstyrkur svifryks í andrúmslofti við Stekkjarás aldrei mælt yfir árs heilsuverndarmörkum (20 µg/m³) skv. reglugerð 251/2002. Við Kríuvörðu mældist svifryk töluvert lægra (7 µg/m³).

⁷ Umhverfisstofnun (2011)



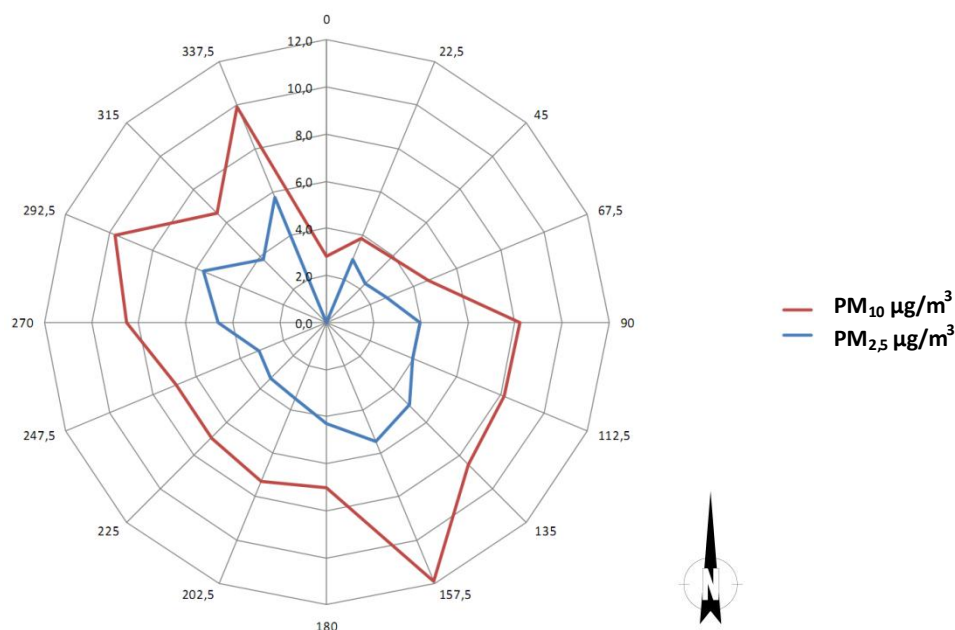
Mynd 4.13: Mánaðarmeðalstyrkur svifryks (PM₁₀) í andrúmslofti á Stekkjarási frá apríl – október árin 2009 og 2010



Mynd 4.14: Ársmeðalstyrkur svifryks (PM₁₀) í andrúmslofti á Stekkjarási árin 1997 – 2010 og Kríuvörðu ásamt heilsuverndarmörkum fyrir ársmeðalstyrk svifryks sem gilda utan þynningarsvæðis

Þegar litið er á rykrós fyrir svifryksmengun á Kríuvörðu (mynd 4.15) má sjá að venjubundin starfsemi frá iðjuverunum er ekki veruleg uppspretta svifryks. Verulegur hluti svifryks kemur úr norðvestri og stafar að öllum líkindum frá umferð og frá malarnámi við Fellsenda. Hámarkið frá suðaustri er líklega tilfallandi árið 2010 vegna öskuryks frá Suðurlandi. Sjá má samræmi á milli mælds hámarksstyrks svifryks og vindátta, veðurfars og mælinga í loftgæðamælistöðum í

Hveragerði og Reykjavík. Sumarið 2010 var unnið við lokafrágang gangstíga og lóða vestan við Elkem. Verktaki hóf að fjarlægja yfirborðslag jarðvegs og sprengingar á klöppum haustið 2010.



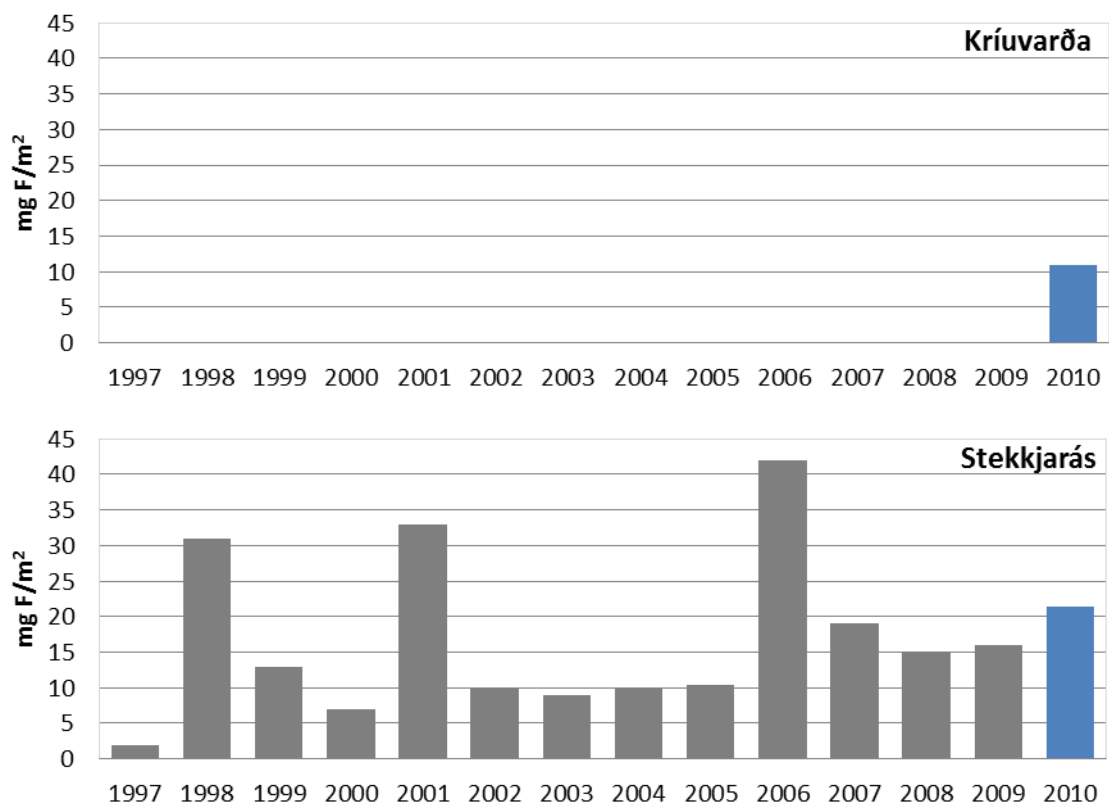
Mynd 4.15: Rykrós fyrir svifryksmengun á Kríuvörðu frá apríl – desember árið 2010

4.2.5 MÆLINGAR Á STYRK UPPLEYSTRA EFNA OG SÝRUSTIGI Í ÚRKOMU

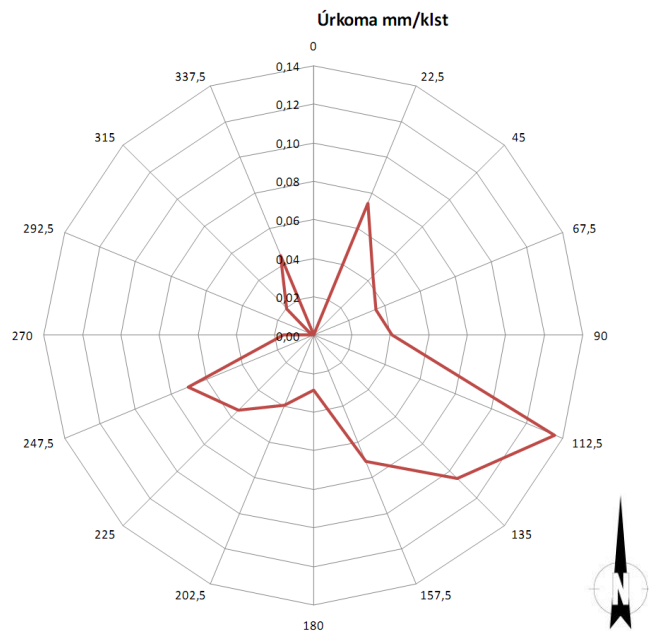
Flúor

Mæliniðurstöður á efnainnihaldi í úrkomu hafa verið mjög sveiflukenndar í gegnum árin, enda er sýnatökubúnaður mjög einfaldur. Sýni eru á köflum menguð af flugu og frjókornum í góðviðri. Ársmeðalstyrkur flúors í úrkomu við Stekkjarás mældist $21 \pm 9 \text{ mg/m}^2$ (mynd 4.16) en á Kríuvörðu mældist ársmeðalstyrkur flúors í úrkomu töluvert lægri eða $11 \pm 3 \text{ mg/m}^2$. Hærri styrkur flúors í úrkomu á Stekkjarási getur stafað af því að megin úrkomuáttir eru suðaustanáttir (sjá Mynd 4.6 og mynd 4.17) og má því búast við að flúorstyrkur í úrkomu á Stekkjarási sé hærri en í úrkomu á Kríuvörðu þar sem sú átt blæs af verksmiðjussvæðinu í átt að stöðinni.

Ársmeðalstyrkur flúors í úrkomu



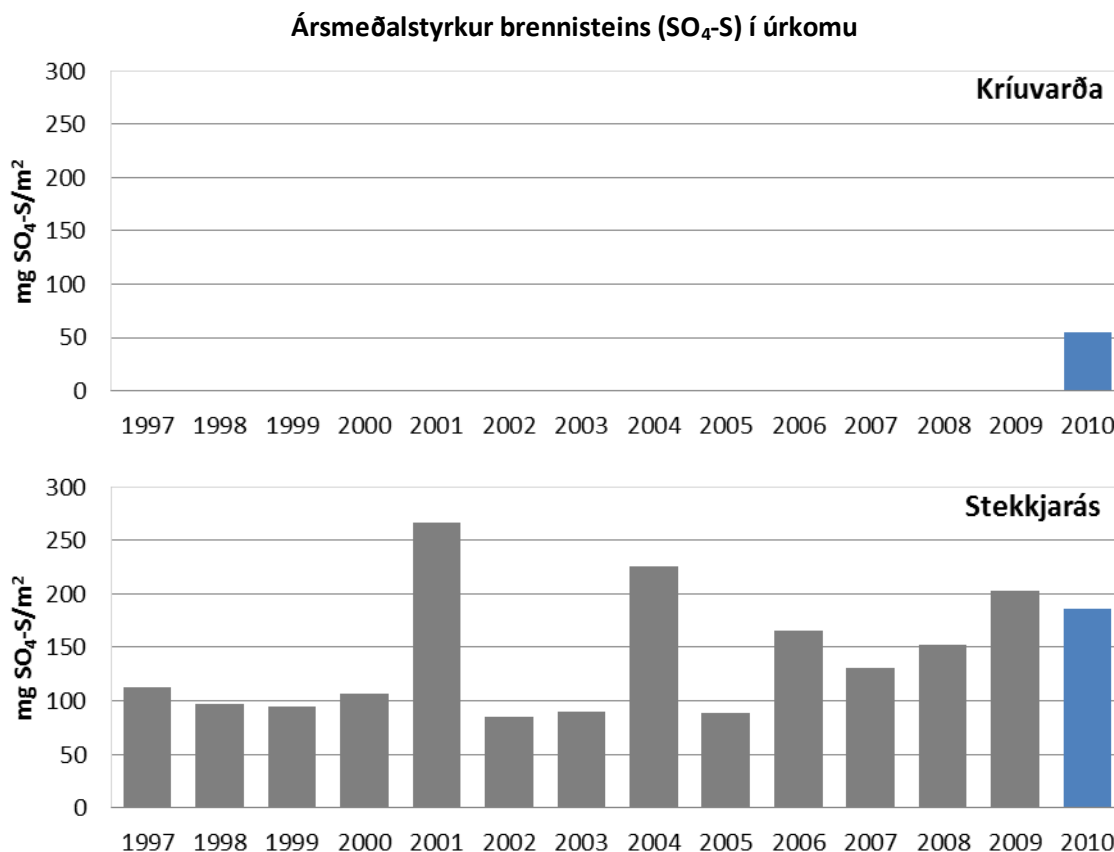
Mynd 4.16: Ársmeðalstyrkur flúors í úrkomu við Stekkjarás, 1997 - 2010 og Kríuvörðu árið 2010



Mynd 4.17: Meginúrkomuáttin er suðaustanátt, hér mælt við Kríuvörðu frá apríl – desember 2010

Súlfat

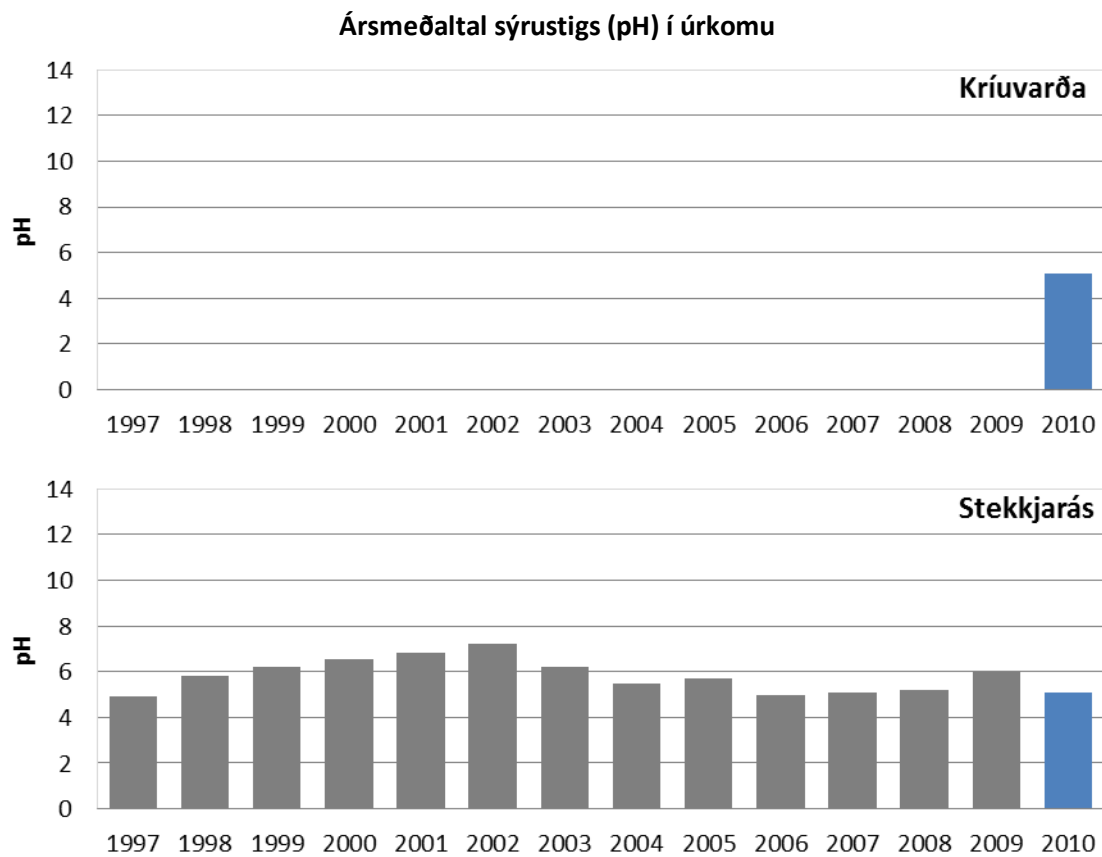
Ársmeðalstyrkur brennisteins í úrkomu (mælt sem súlfat, $\text{SO}_4\text{-S}$) var $186 \pm 149 \text{ mg/m}^2$ á Stekkjarási og $55 \pm 24 \text{ mg/m}^2$ við Kríuvörðu (mynd 4.18). Náttúruleg uppspretta súlfats er úr særoki og því er fylgni súlfats í úrkomu og brennisteinstvíoxíðs mældum í andrúmslofti misjöfn.



Mynd 4.18: Ársmeðalstyrkur brennisteins í úrkomu við Stekkjarás, 1997 - 2010 og Kríuvörðu árið 2010

Sýrustig

Ekki hefur orðið mikil breyting á mældu sýrustigi á Stekkjarási (mynd 4.19) og mældist sýrustig í úrkomu mjög svipað og undanfarin ár (pH 5,1).



Mynd 4.19: Ársmeðaltal sýrustigs í úrkomu við Stekkjarás, 1997 - 2010 og Kríuvörðu árið 2010

Niðurstöður mælinga á klóríð og natríum í úrkomu má sjá í viðauka II.

5 VÖKTUN GRÓÐURS

Við vöktun gróðurs er mældur styrkur flúors í plöntuvef. Gróðurtegundir eru misþolnar gagnvart flúorinnihaldi og eru því mælingar gerðar á þremur mismunandi tegundum (gras, lauf og barr). Tekin voru gróðursýni tvisvar sinnum á vöktunartímanum, þann 9. júní og 16. september 2010. 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. Dagana fyrir sýnatöku í júní voru þurrir og gætti töluverðrar svifryksmengunar sem má að öllu líkindum rekja til mengunar frá Eyjafjallajökli. Sýnum var safnað sunnan og norðan megin Hvalfjarðar, alls 50 sýnum fyrir gras og lauf (25 í hvorri sýnatökuferð) og 34 sýnum fyrir barr.

Vöktunarstaðir gróðurs eru níu talsins (mynd 5.1), sex norðan Hvalfjarðar og þrír sunnan fjarðar. Tveir staðir liggja innan þynningarsvæðis, Stekkjarás innan þynningarsvæðis fyrir flúor og Fannahlíð innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Á einum stað (Gröf II við hús) var sýnum safnað af grasi og laufi en á hinum átta af grasi, laufi og barri. Gerð hefur verið tölfræðigreining á flúorstyrk í grasi, laufi og barri (sjá viðauka III) til að meta hvort raunverulegar breytingar hafa átt sér stað milli ára.



Mynd 5.1: Vöktunarstaðir fyrir gróður í Hvalfirði árið 2010

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 plöntuvef⁸. Þolnar tegundir gagnvart flúor í andrúmslofti eru t.d. krækilyng og birki á meðan grös

⁸R. Liteplo o.fl. (2002)

eru miðlungspolnar tegundir⁹. Talin þolmörk gagnvart flúor í vef og andrúmslofti er að finna í töflu 5.1.

Tafla 5.1: Talin þolmörk mismunandi gróðurtegunda gagnvart flúor í lofti (HF) og flúor í plöntuvef

Styrkur flúors í lofti [µg HF/m ³]	Styrkur flúors í plöntuvef [µg F/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

5.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Gras

Á sex af níu vöktunarstöðum hækkaði meðalstyrkur flúors mældur í júní og september milli áranna 2009 og 2010. Frá upphafi mælinga 1997 hefur orðið marktæk breyting til hækkunar á ársmeðalstyrk flúors í grasi bæði norðan og sunnan fjarðar.

Lauf

Á öllum vöktunarstöðum hækkaði mældur styrkur flúors í laufi í júní frá árinu 2009. Í september mældust hærri gildi á milli ára í Fannahlíð, Fossbrekku og á Reynivöllum en stóð í stað milli ára að Stekkjarási. Á öðrum vöktunarstöðum lækkaði mældur flúorstyrkur í september milli ára. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á ársmeðalstyrk flúors í laufi bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar miðað við árið 1997.

Barr

Mældur meðalstyrkur flúors í eins árs barri hækkaði á öllum vöktunarstöðum milli áranna 2009 og 2010 utan Fossbrekku og Reynivalla sunnan fjarðar. Mældur meðalflúorstyrkur í tveggja ára barri hækkaði á öllum vöktunarstöðum norðan fjarðar nema í Hlíð þar sem hann stendur nánast í stað. Frá 1997 hefur orðið marktæk breyting til hækkunar á ársmeðalstyrk flúors í eins árs barri norðan Hvalfjarðar. Ekki hafa orðið marktækar breytingar sunnan fjarðar í eins og tveggja ára barri né tveggja ára barri norðan fjarðar.

Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfisvöktun gróðurs má sjá í kafla 5.2. Að auki er yfirlit yfir meðalstyrk flúors í grasi, laufi og barri ásamt töldum þolmörkum og niðurstöðum tölfræði úrvinnslu í töflu 5.2.

⁹ Friðrik Pálmason og Skye (1999); Horntvedt og Øyen (1994); Ongstad o.fl. (1994); Weinstein og Davison (2004)

Tafla 5.2: Niðurstöður mælinga flúors í grasi, lauf og barri á öllum vöktunarstöðum ásamt þolmörkum

	Vöktunarstaður	Styrkur í júní	Styrkur í september	Þolmörk gróðurs/grasbíta	Athugasemd	Niðurstöður tölfraðireikninga Breyting m.v. 1997
Flúor í grasi						
Norðan fjarðar	Stekkjarás	21 µg/g	23 µg/g	30 µg/g í plöntuvef 100-200 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk grasbíta Taling þolmörk grasa	Marktæk breyting til hækkunar
	Fannahlíð	14 µg/g	26 µg/g			
	Fellsaxlarkot	9 µg/g	15 µg/g			
	Gröf II við veg	8 µg/g	8 µg/g			
	Gröf II við hús	6 µg/g	8 µg/g			
	Hlíð	10 µg/g	2 µg/g			
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	16 µg/g	9 µg/g			
	Fossbrekka	5 µg/g	4 µg/g			
	Reynivellir	8 µg/g	10 µg/g			
Flúor í laufi						
Norðan fjarðar	Stekkjarás	30 µg/g	24 µg/g	200 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk lauftrjáa	Marktæk breyting til hækkunar
	Fannahlíð	24 µg/g	37 µg/g			
	Fellsaxlarkot	28 µg/g	94 µg/g			
	Gröf II við veg	18 µg/g	10 µg/g			
	Gröf II við hús	13 µg/g	10 µg/g			
	Hlíð	12 µg/g	7 µg/g			
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	26 µg/g	16 µg/g			
	Fossbrekka	7 µg/g	7 µg/g			
	Reynivellir	22 µg/g	17 µg/g			
Flúor í barri		Ársmeðalstyrkur 1 árs barr	Ársmeðalstyrkur 2 ára barr			
Norðan fjarðar	Stekkjarás	27 µg/g	29 µg/g	30 - 100 µg/g í plöntuvef	Talin þolmörk barrtrjáa	Marktæk breyting til hækkunar í 1 árs barri
	Fannahlíð	24 µg/g	27 µg/g			Ekki marktæk breyting í 2 ára barri
	Fellsaxlarkot	20 µg/g	26 µg/g			
	Gröf II við veg	30 µg/g	25 µg/g			
	Hlíð	5 µg/g	4 µg/g			
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	4 µg/g	3 µg/g			Ekki marktæk breyting í 1 og 2 ára barri
	Fossbrekka	4 µg/g	3 µg/g			
	Reynivellir	3 µg/g	4 µg/g			

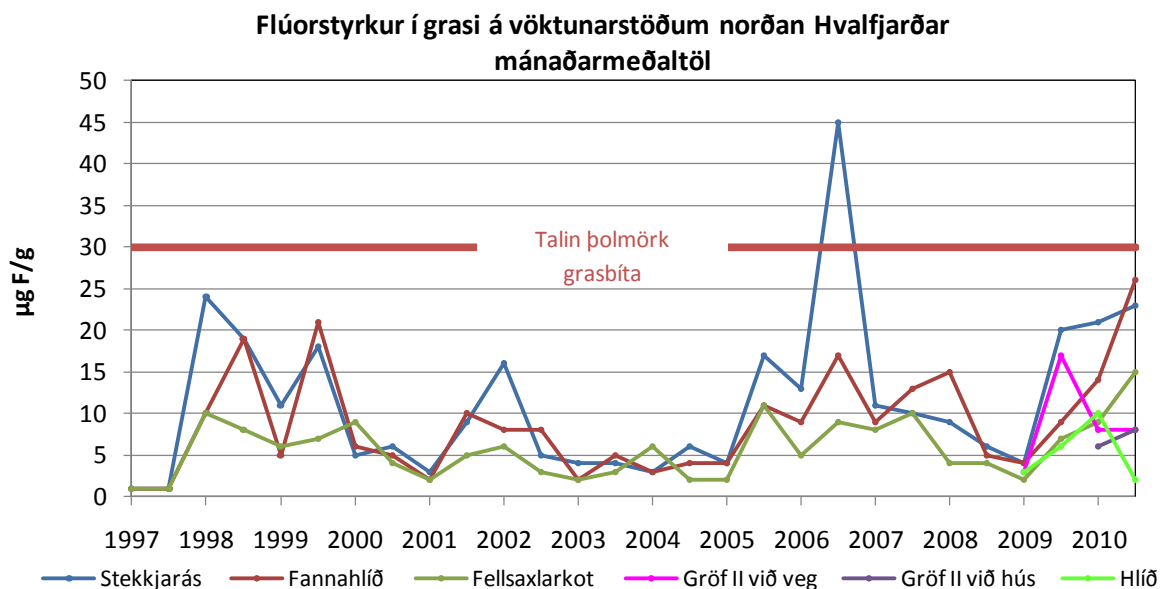
5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

5.2.1 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í GRASI

Á sex vöktunarstöðum, Stekkjarási, Fannahlíð, Fellsaxlarkoti, Félagsgarði, Fossbrekku og Reynivöllum hækkaði meðalstyrkur flúors í grasi mældum í júní og september milli ára 2009 og 2010. Á vöktunarstöðunum Gröf II við Þjóðveg og Hlíð hækkaði meðalstyrkur mældur í júní milli ára, en haustgildið lækkar milli ára. Árið 2010 var í fyrsta skipti mældur flúor í grasi við húsið að Gröf II. Niðurstöður mælinga á einstaka vöktunarstöðum má sjá í viðauka III.

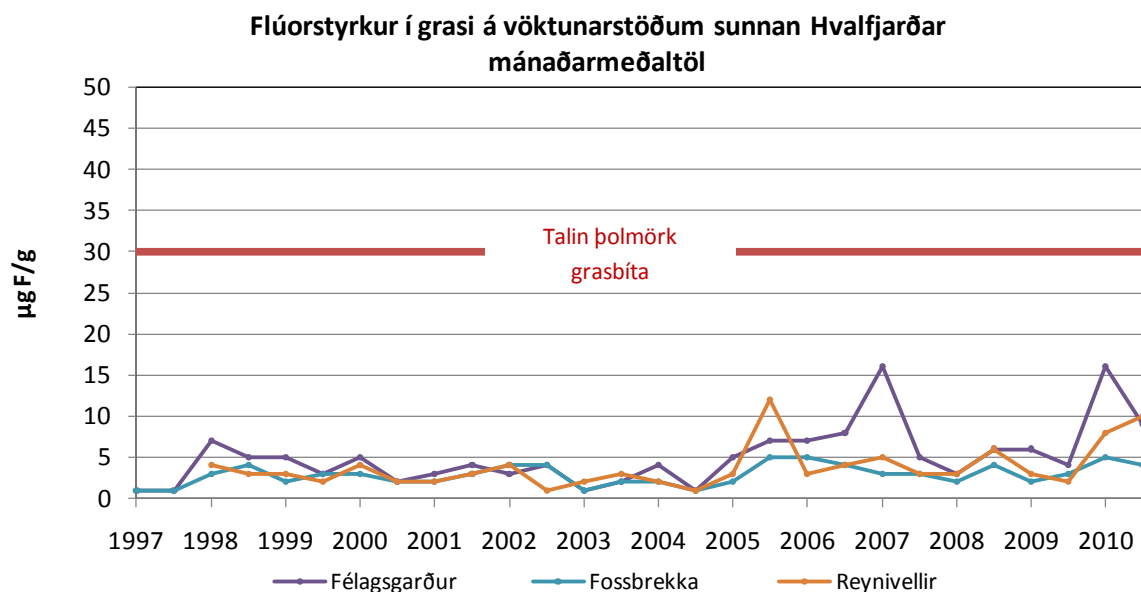
Öll mæligildi ársins 2010 voru innan talinna þolmarka grasa gagnvart flúor í plöntuvef (100 – 200 µg F/g), sbr. töflu 5.1 og einnig innan talinna þolmarka grasbíta gagnvart flúor í fóðri (30 µg F/g)¹⁰, (mynd 5.2 og mynd 5.3). Hæsti meðalstyrkur mældist í grassýnum frá Fannahlíð í september 26 µg/g (samanlagt í þurrefni og skoli).

Marktæk hækkun er á heildar ársmeðalstyrk flúors í grasi bæði norðan og sunnan fjarðar milli ára 1997 og 2010. Breyting í styrkleika flúors í grasi milli ára 2007 og 2010 er hinsvegar ekki marktæk. Breytileiki á mæligildum milli ára er meiri norðan fjarðar en sunnan (viðauki III).



Mynd 5.2: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997 til 2010

¹⁰ Weinstein og Davison (2004)



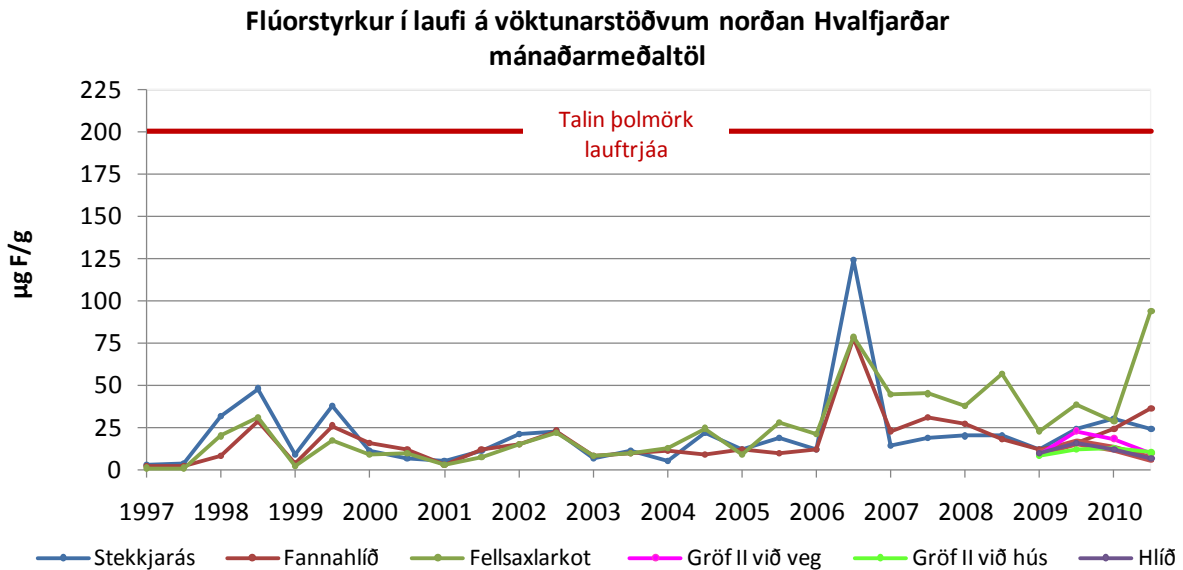
Mynd 5.3: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í grasi frá öllum vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar, vor og haust árin 1997 til 2010

5.2.2 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í LAUFI

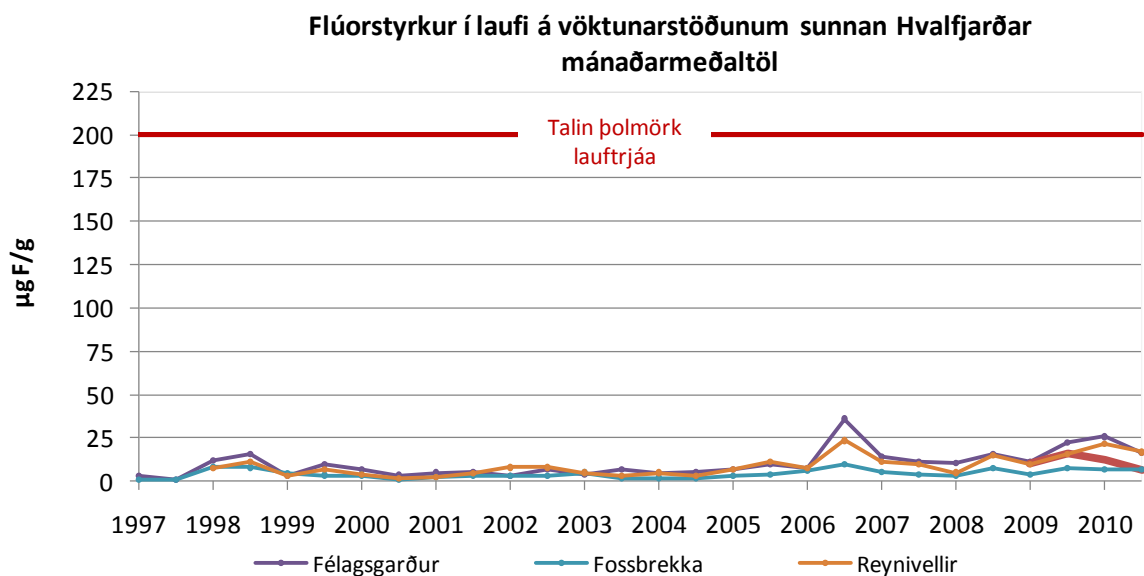
Flúorstyrkur í laufi ýmist hækkar eða lækkar milli áranna 2009 og 2010. Í viðauka III eru myndir frá öllum vöktunarstöðum sem sýna meðalstyrk flúors í laufi frá árunum 1997-2010. Meðalstyrkur flúors í laufi frá Stekkjarási mælt í september stendur í stað milli áranna 2009 og 2010 en gildi mælt í júní er hærra. Meðalstyrkur flúors mælt í laufi frá Fannahlíð og Fellsaxlarkoti hækkar milli ára í júní og í september. Í laufi frá Félagsgarði og frá Reynivöllum, Gröf II við veg, Gröf II við hús og Hlíð hækkaði meðalstyrkur mældur í júní milli ára, en meðalstyrkur mældur í september lækkaði. Meðalstyrkur í laufi frá Fossbrekku hækkaði milli ára fyrir mælingu í júní, en stendur í stað fyrir gildi mælt í september.

Styrkur flúors í laufi var í öllum tilvikum innan talinna þolmarka lauftrjáa, samanber töflu 5.1 (200 µg/g). Hæsti meðalstyrkur flúors mældist í laufi frá Fellsaxlarkoti í september (94 µg/g, samanlagt í þurrefni og skoli). Myndir 5.5 og 5.6 sýna styrk flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar á öllum vöktunarstöðum frá árinu 1997.

Marktæk breyting til hækkunar er á heildarársmeðalstyrk flúors í laufi bæði norðan og sunnan fjarðar milli áranna 1997 og 2010. Breyting í styrkleika flúors í laufi milli áranna 2007 og 2010 er hinsvegar ekki marktæk. Breytileiki á mæligildum milli ára er meiri norðan fjarðar en sunnan (viðauki III).



Mynd 5.4: Meðaltalsstyrkur flúors í laufi (samanlagt í þurrefni og skoli) frá vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar árin 1997-2010



Mynd 5.5: Meðaltalsstyrkur flúors í laufi (samanlagt í þurrefni og skoli) frá vöktunarstöðum sunnan Hvalfjarðar árin 1997-2010

5.2.3 MÆLINGAR Á FLÚORSTYRK Í BARRI

Aukning er á meðalstyrk flúors í eins árs barri á flestum vöktunarstöðum milli áráanna 2009 og 2010, utan Fossbrekku og Reynivalla sunnan fjarðar þar sem styrkleiki stendur í stað (myndir 5.7 og 5.8). Mældur meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri eykst á flest öllum vöktunarstöðum norðan fjarðar nema að Hlíð þar sem styrkurinn stendur í stað. Sunnan fjarðar minnkar meðalstyrkur flúors lítillega. Lítil munur er á styrkleika flúors í eins og tveggja ára barri á mælistöðum sunnan fjarðar.

Þolmörk barrtrjáa gagnvart flúor eru talin vera á bilinu 30 – 100 $\mu\text{g/g}$. Meðalstyrkur flúors í barri mældist í öllum tilvikum undir 30 $\mu\text{g/g}$.

Flúorstyrkur í barri á vöktunarstöðum norðan fjarðar
meðaltöl í 1 og 2 ára barri

100 µg F/g
Polmörk barrtrjáa
(30 - 100 µg/g)

30 µg F/g
1 árs barr
2 ára barr

StekkJarás Fannahlíð Fellsaxlarkot Gröf II-við veg Hlíð

Flúorstyrkur í barri á vöktunarstöðum sunnan fjarðar meðaltöl í 1 og 2 ára barri

µg F/g

1 árs barr

2 ára barr

Pólmörk barrtrjáa (30 - 100 µg/g)

Félagsgarður

Fossbrekka

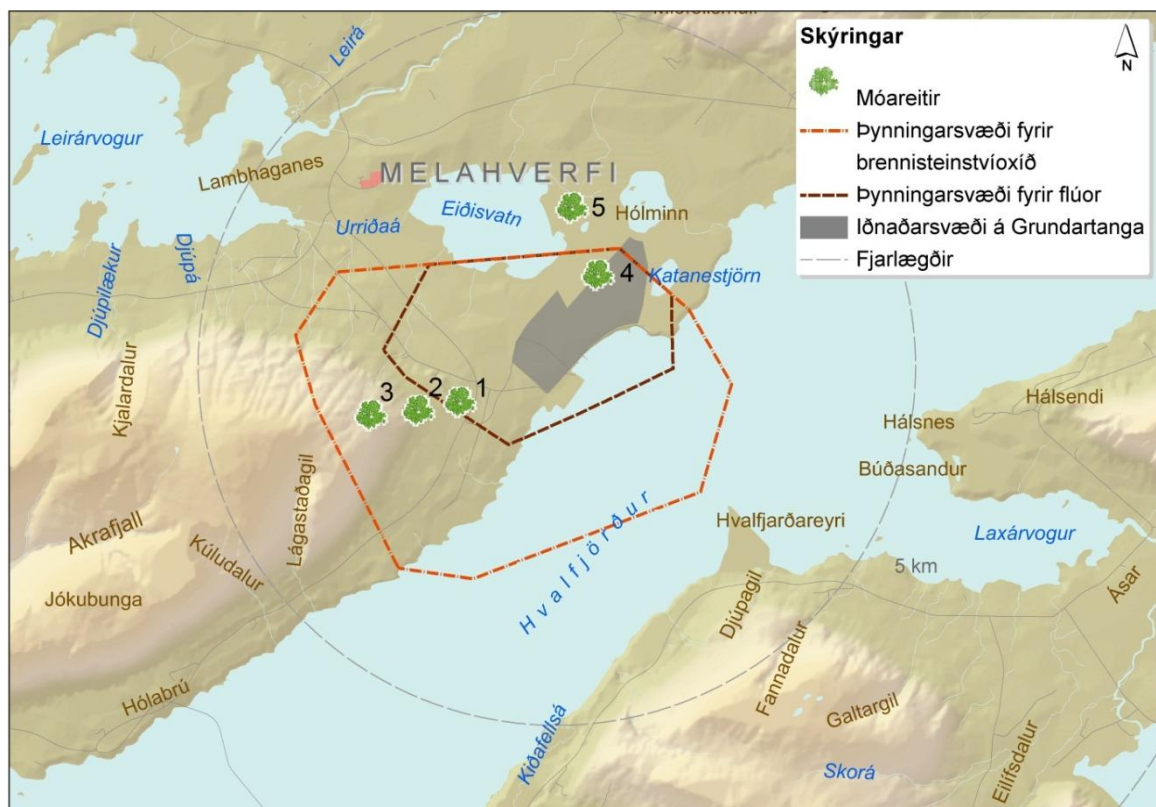
Reynivellir

31

6 VÖKTUN FLÉTTNA, HÁPLANTNA OG MOSA Í MÓAREITUM

Við vöktun fléttna, háplantna og mosa er metin breyting á samsetningu gróðursamfélaga. Klapparsamfélög mosa og fléttna hafa verið vöktuð í föstum reitum í nágrenni iðnaðarsvæðisins við Grundartanga frá árinu 1976. Vöktun á fléttum, háplöntum og mosa í mólendi hófst árið 2000 þegar settir voru út fimm reitir (sbr. mynd 6.1). Móareitir 1, 2 og 3 eru staðsettir í fremur þurru mólendi í 70 – 200 metra hæð vestur af iðnaðarsvæðinu á sniði frá Stekkjarási áleiðis upp hlíðar Akrafjalls. Móareitir 4 og 5 eru staðsettir í flatlendinu milli Grundartanga og Eiðisvatns, í þýfðu, fremur deigu mólendi. Þessir reitir voru miklu auðugri af tegundum en þeir sem voru uppi í hlíðinni¹¹. Náttúrufræðistofnun Íslands hefur séð um að leggja út þessa reiti og vakta.

Í júní 2009 voru móareitirnir fimm endurgreindir í fyrsta skipti frá því árið 2000. Niðurstöður þeirrar greiningar voru ekki tiltækar fyrir vöktunarskýrslu iðjuveranna fyrir árið 2009 og því eru þær kynntar hér¹². Móareitirnir voru í upphafi afmarkaðir með tréhælum. Hælarnir við móareit 5 höfðu færst úr stað, að öllum líkindum af völdum frostlyftingar eða hrossa. Gróðurlendið þar er nokkuð einsleitt og því var reiturinn lagður út að nýju og greindur.



Mynd 6.1: Yfirlitskort yfir staðsetningu fastra móareita í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga

¹¹ Hörður Kristinsson (2001)

¹² Starri Heiðmarsson (2010)

6.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Tegundum fléttna og háplantna hefur fækkað milli áranna 2000 og 2009 en ekki hefur orðið merkjanleg breyting á þekju háplantna og mosa. Þekja fléttna minnkaði hins vegar í votlendari reitum. Tíðni fleiri tegunda minnkaði og á það sérstaklega við um fléttur en lítill munur var á tíðni þeirra átta mosategunda sem metnar voru. Erfitt er að tengja fækkun fléttna beint við starfsemi iðjuveranna þar sem breytingar á beit og grunnvatnsstaða gætu einnig haft þessi áhrif.

6.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

6.2.1 FLÉTTUR, HÁPLÖNTUR OG MOSAR Í MÓAREIT

Í júní 2009 voru móareitirnir fimm sem settir voru út árið 2000 endurgreindir í fyrsta skipti. Háplöntur og flestar fléttur voru greindar á vettvangi og tegundafjöldinn borinn saman við ástandið frá árinu 2000, sbr Tafla 6.1.

Tafla 6.1: Breyting á tegundafjölda háplantna og fléttna í einstökum móareitum milli 2000 og 2009

	Staðsetning	Háplöntur 2000	Háplöntur 2009	Fléttur 2000	Fléttur 2009	Samtals 2000	Samtals 2009
Reitur 1	Þurrt mólendi	24	23	11	12	35	35
Reitur 2		15	13	10	8	25	21
Reitur 3		13	13	13	10	26	23
Reitur 4	Flatlendi, deigt mólendi	19	16	14	3	33	19
Reitur 5		26	25	13	8	39	33

Í öllum móareitunum fækkaði lítillega tegundum af háplöntum, frá 0 upp í 3 tegundir. Nokkur breytileiki greindist í fjölda tegunda af fléttum þar sem mikil fækkun tegunda átti sér stað í móareit 4, þar sem tegundum fækkaði úr 14 árið 2000 í 3 árið 2009. Hins vegar fjölgaði fléttutegundum um eina í móareit 1 á sama tímabili. Erfitt er að tengja fækkun fléttna í móareitum 4 og 5 beint við starfsemi iðjuveranna þar sem breytingar á beit og grunnvatnsstaða gætu einnig haft þessi áhrif.

Ekki reyndist unnt að tegundagreina allar mosategundir að þessu sinni þar sem enginn mosasérfræðingur er starfandi á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands. Árið 2000 fundust 7-52 tegundir mosa í einstökum reitum og var fjölbreytni mosa mest í móareitum 4 og 5.

Teknar voru myndir af öllum reitum og mat lagt á breytileika á þekju plantan. Litlar breytingar koma fram en ívið fleiri tegundir, bæði fléttna og háplantna sýna minni tíðni árið 2009 miðað við árið 2000.

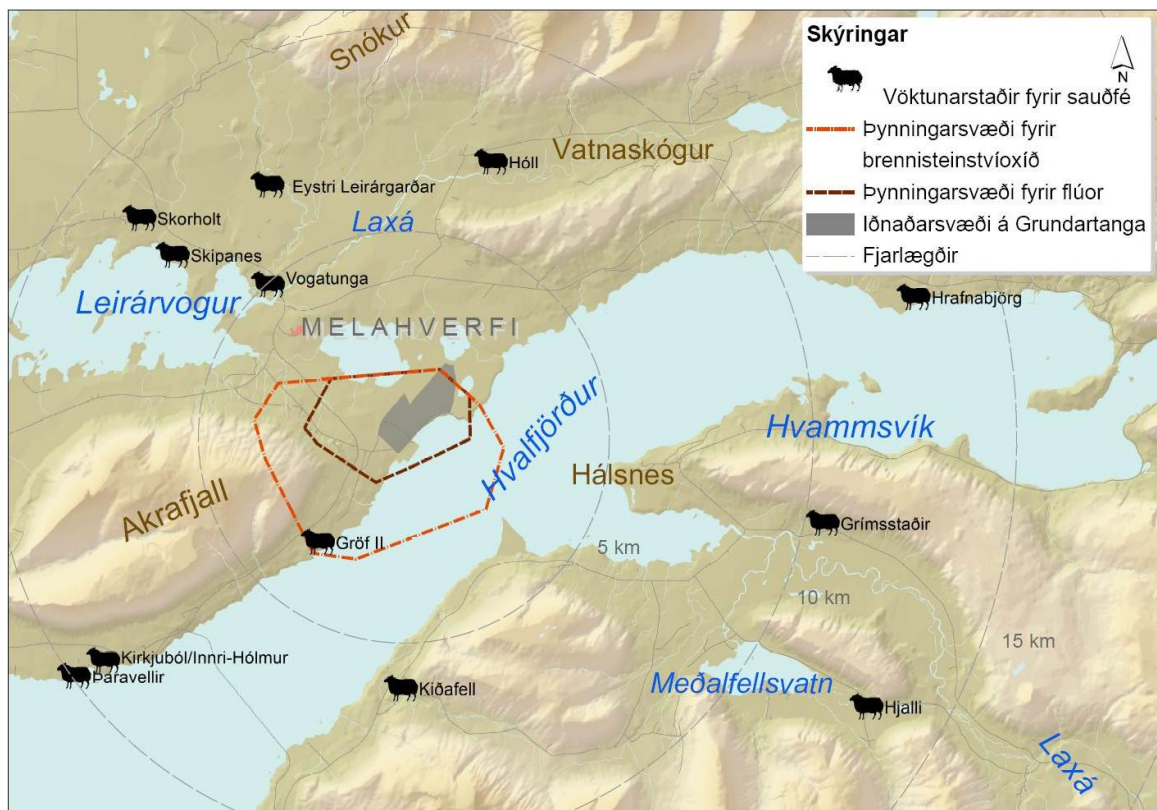
Engir viðmiðunarreitir hafa verið staðsettir utan áhrifasvæðis iðnaðarsvæðisins á Grundartanga sem skapar óvissu í túlkun gagna þar sem án slíkra viðmiðunareita er erfitt að meta hvort breytingar verða að völdum iðjuveranna eða af völdum breytinga í veðurfari, beit eða öðrum þáttum¹³.

¹³ Starri Heiðmarsson (2010)

7 VÖKTUN SAUÐFJÁR

Frá árinu 1997 hafa farið fram mælingar á flúor í beinösku sauðfjár, annars vegar lamba og hins vegar kinda frá bæjum í nágrenni við iðjuverin bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar. Flúorinn safnast fyrir í beinum sauðfjár og mælist því hærra magn flúors hjá eldra fé. Í umhverfisvöktun iðjuveranna er gert ráð fyrir að greina 4 hausa af lömbum og 4 hausa af kindum frá hverjum vöktunarbæ. Aldur sauðfjár hefur verið mismunandi milli ára og er því nokkur breytileiki í mælingum af þeim sökum. Óskað var eftir 8 vetra kindum til að minnka breytileika í mælingum en það gekk ekki eftir í öllum tilvikum. 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 flúors. Skoðun á kjálkum fór fram á Tilraunastöð HÍ á Keldum og flúormælingar í beinösku voru framkvæmdar hjá NMI¹⁴.

Sýni af hausum lamba og fullorðnu fé, sem slátrað var haustið 2010, bárust frá 12 bæjum norðan og sunnan Hvalfjarðar (mynd 7.1). Auk þess bárust viðmiðunarsýni af lömbum og fullorðnu fé frá bænum Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og viðmiðunarsýni fyrir fullorðið fé frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi, þar sem kindur voru á fjörubeit. Alls voru 115 hausar skoðaðir og flúormældir og skiptust þeir þannig að 48 hausar voru af lömbum og 67 af fullorðnu fé. Allir hausar voru skoðaðir og mældir og merkingar hausa og skýringar skráðar í töflu í viðauka IV.



Mynd 7.1: Vöktunarbæir fyrir sauðfé árið 2010

¹⁴ Ólöf G. Sigurðardóttir (2011)

7.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Lömb

Mældur flúorstyrkur í kjálkum lamba var í öllum tilfellum undir þeim mörkum þar sem hætta er talin vera á tannskemmdum vegna flúors. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á heildarársmeðalstyrk flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarsvæðum milli áranna 1997 og 2010. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli 2007 og 2010.

Kindur

Á sjö bæjum mældist meðalstyrkur flúors í beinösku kinda yfir mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum. Í þremur kindum frá þaravöllum mældist meðalstyrkur flúors í beinösku yfir þeim styrk sem veldur tannskemmdum auk þess sem í tveimur kindum frá Gröf mældist fremur hár flúorstyrkur miðað við aldur dýranna. Marktæk breyting til hækkunar er á heildarársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda frá öllum vöktunarsvæðum milli áranna 1997 og 2010 sem rekja má til hærri aldurs kinda þetta árið.

Skoðun dýralæknis á kjálkum og tönnum sauðfjár leiddi í ljós að nokkuð var um slit á tönnum, upplitun og tannlos hjá fullorðnu fé. Einnig var nokkuð um beinrýrnun og þykkun í kjálkabeini. Ekki var þó unnt að sjá greinilegt samband á milli þessara breytinga og flúormagns í beinum.

Í töflu 7.1 má sjá yfirlit yfir mælingar og talin þolmörk grasbíta auk niðurstaðna tölfræði úrvinnslu fyrir heildarmeðalstyrk frá öllum svæðum og svæðaskipt.

Tafla 7.1: Niðurstöður vöktunar fyrir sauðfé og talin þolmörk grasbíta á flúorstyrk í beinum auk niðurstaðna frá tölfræði úrvinnslu

Vöktunarstaður	Ársmeðalstyrkur flúors í beinösku	Hætta á tannskemmdum	Veldur tannskemmdum	Niðurstöður tölfræðireikninga Breyting m.v. 1997
Lömb				
Heildarmeðaltal frá öllum svæðum	214 µg/g	1000 - 2000 µg/g	> 2000 µg/g	Marktæk breyting til hækkunar
Frá svæði austur af iðjuverum	132 µg/g			Marktæk breyting til lækkunar (frá 1999)
Frá svæði vestur/suðvestur af iðjuverum	321 µg/g			Marktæk breyting til hækkunar
Frá svæði norður/norðvestur af iðjuverum	130 µg/g			Marktæk breyting til hækkunar
Frá svæði suður af Hvalfirði	152 µg/g			Marktæk breyting til hækkunar
Kindur				
Heildarmeðaltal frá öllum svæðum	1284 µg/g	1000 - 2000 µg/g	> 2000 µg/g	Marktæk breyting til hækkunar
Frá svæði austur af iðjuverum	1523 µg/g			Ekki marktæk breyting
Frá svæði vestur/suðvestur af iðjuverum	1823 µg/g			Ekki marktæk breyting (frá 2000)
Frá svæði norður/norðvestur af iðjuverum	989 µg/g			Marktæk breyting til hækkunar
Frá svæði suður af Hvalfirði	1044 µg/g			Marktæk breyting til hækkunar

7.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

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 hins vegar einnig haft áhrif á mældan flúorstyrk. Í töflu 7.2 er sýndur sá styrkur flúors í kjálka grasbíta sem talin er geta skapað hættu á tannskemmdum¹⁵. Hætta á skaðlegri uppsöfnun flúors í kjálka sauðfjár, sem og nautgripa, er talin geta átt sér stað ef styrkur flúors í grasi yfir vaxtartíma gróðurs fer yfir 30 µg/g¹⁶.

Tafla 7.2: 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
< 1000	Engin áhrif
1000 – 2000	Hætta talin á tannskemmdum
> 2000	Veldur tannskemmdum

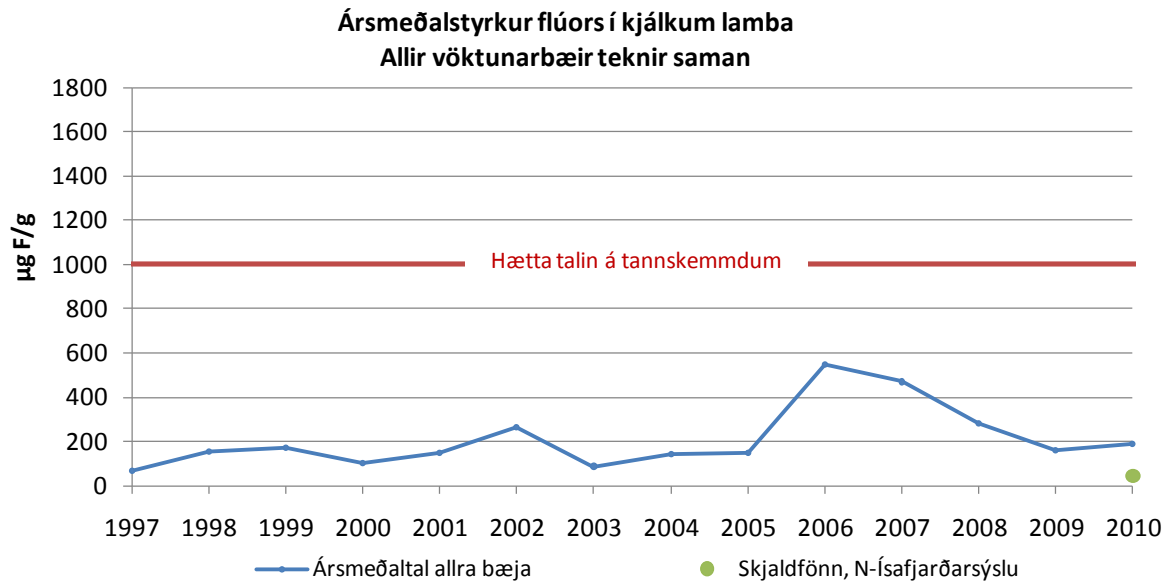
7.2.1 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í LÖMBUM

Styrkur flúors í kjálkum lamba var í öllum tilfellum undir þeim mörkum þar sem hættu er talin vera á tannskemmdum vegna flúors (1000 µg F/g, sjá töflu 6.1). Meðal flúorstyrkur mældist hæstur í beinösku lamba frá Innri-Hólmi (383 µg F/g) og mældist hæsti flúorstyrkur í lambi frá þessum bæ (445 µg F/g).

Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarbæjum mældist 214 µg/g og hækkar aðeins milli áranna 2009 og 2010 (mynd 7.2). Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarsvæðum milli áranna 1997 og 2010. Hins vegar er marktæk breyting til lækkunar milli áranna 2007 og 2010 (viðauki IV). Lambshausar bárust frá Skjaldfönn í Norður Ísafjarðarsýslu til viðmiðunar og mældist meðal flúorstyrkur 43 µg/g í þeim sýnum.

¹⁵ Ongstad o.fl. (1994)

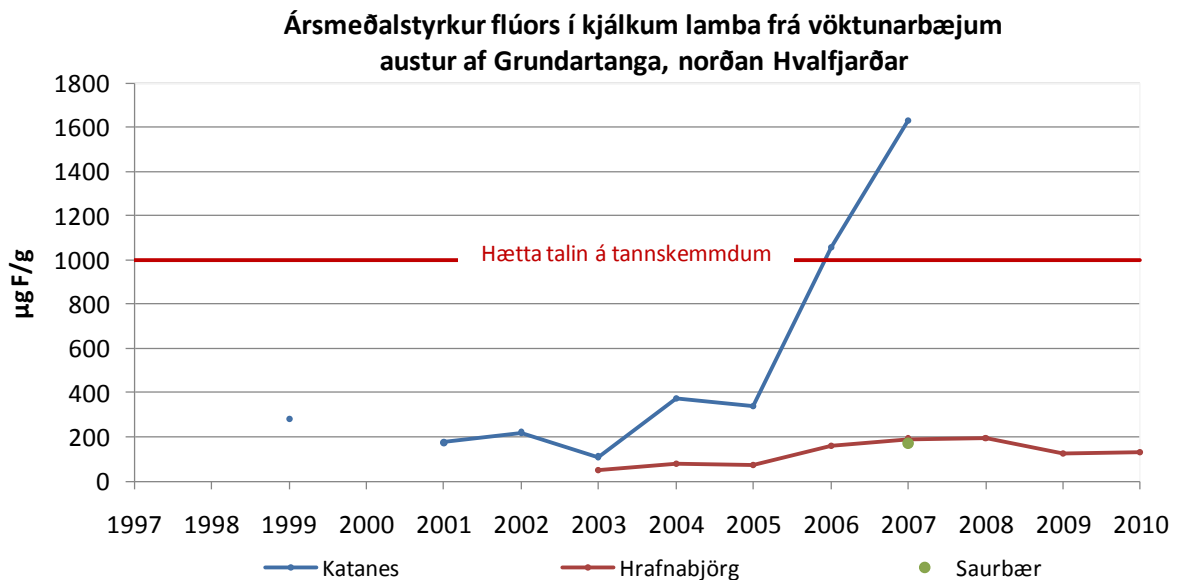
¹⁶ Friðrik Pálmason (1999) og R. Liteplo o.fl. (2002)



Mynd 7.2: Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba árin 1997 – 2010, allir vöktunarbærir í Hvalfirði teknir saman

Flúorstyrkur í lömbum eftir svæðum

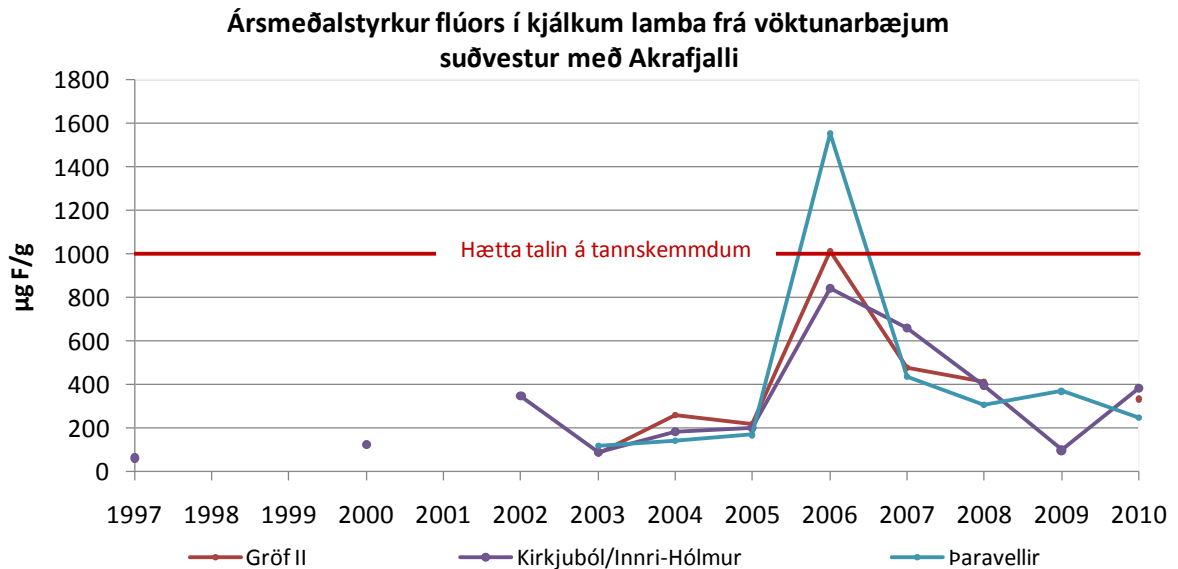
Svæðið austan við iðjuverin verður fyrir hvað minnstum áhrifum flúorlosunar miðað við ríkjandi vindáttir. Mynd 7.3 sýnir ársmeðalstyrk flúors í beinösku lamba frá bæjum af þessu svæði. Ekki liggur fyrir bakgrunnsgildi hjá lömbum frá þessu svæði en marktæk lækkun hefur orðið á ársmeðalstyrk flúors í beinösku lamba milli árána 1999 og 2010 sem og milli árána 2007 og 2010 (viðauki IV).



Mynd 7.3: Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba árin 1997-2010 frá bæjum austur af iðjuverum. Katanes liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor

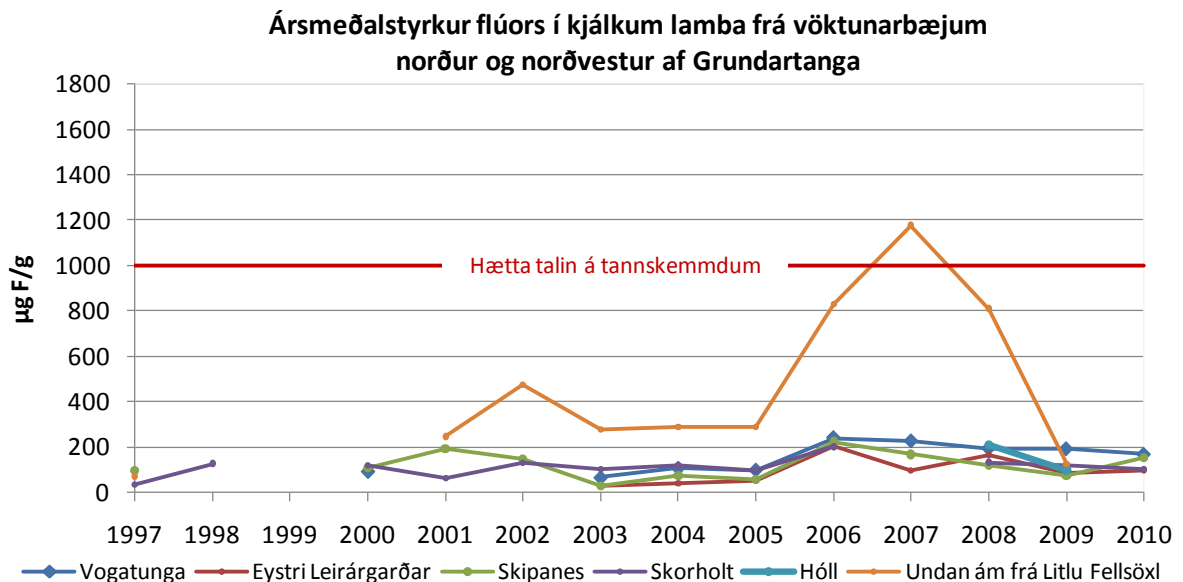
Svæðið suðvestur með Akrafjalli verður fyrir áhrifum flúorlosunar frá álverinu miðað við ríkjandi vindáttir. Mynd 7.4 sýnir flúorstyrk í beinösku lamba frá vöktunarbæjum af þessu svæði.

Marktæk hækkun er á ársmeðalstyrk flúors í beinösku lamba frá þessu svæði milli áranna 1997 og 2010, hins vegar er marktæk lækkun milli áranna 2007 og 2010.



Mynd 7.4: Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba árin 1997 – 2010 frá bæjum suðvestur og vestur af iðjuverunum

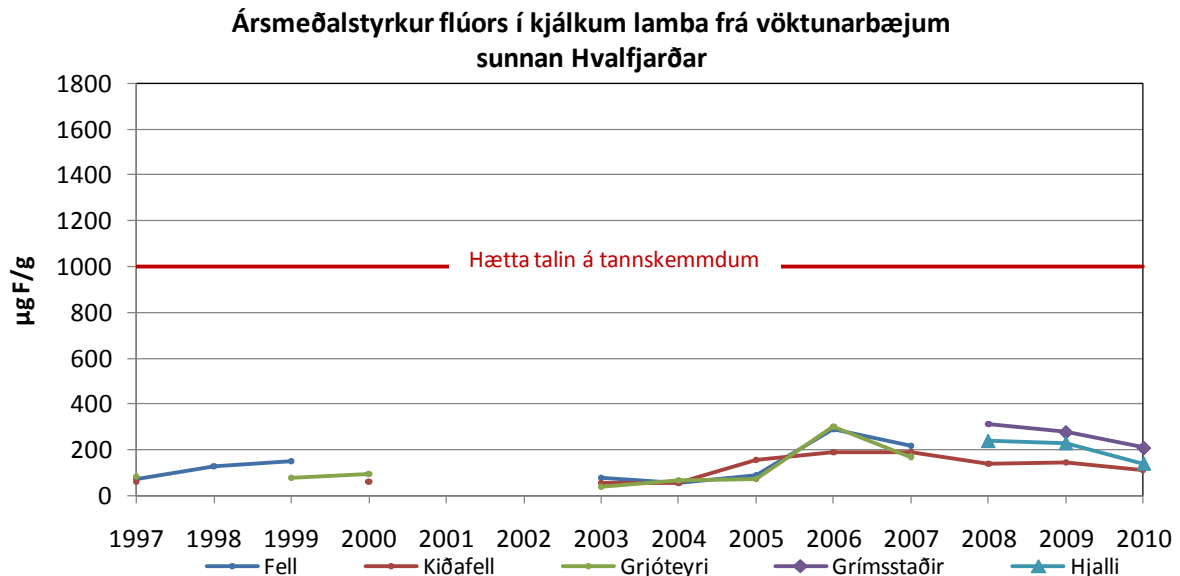
Styrkur flúors í beinösku lamba frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðjuverunum má sjá á mynd 7.5. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalársstyrk flúors í beinösku lamba frá þessu svæðið milli áranna 1997 og 2010 en marktæk breyting til lækkunar milli 2007 og 2010 (viðauki IV). Ekki hefur verið stundaður búskapur á Litlu Fellsöxl frá árinu 2008 og keypti bóndinn á Eystri Leirárgörðum allt fé þaðan.



Mynd 7.5: Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba árin 1997-2010 frá bæjum norður og norðvestur af iðjuverum

Flúorlosun frá álverinu hefur einnig áhrif á svæðið sunnan Hvalfjarðar. Á mynd 7.6 má sjá flúorstyrk í beinösku lamba frá þessu svæði. Marktæk hækkun hefur orðið á ársmeðalstyrk flúors

í beinösku hjá lömbum milli áranna 1997 og 2010 en ekki hefur orðið marktæk breyting milli áranna 2007 og 2010.



Mynd 7.6: Meðalstyrkur flúors í kjálkum lamba árin 1997-2010 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar

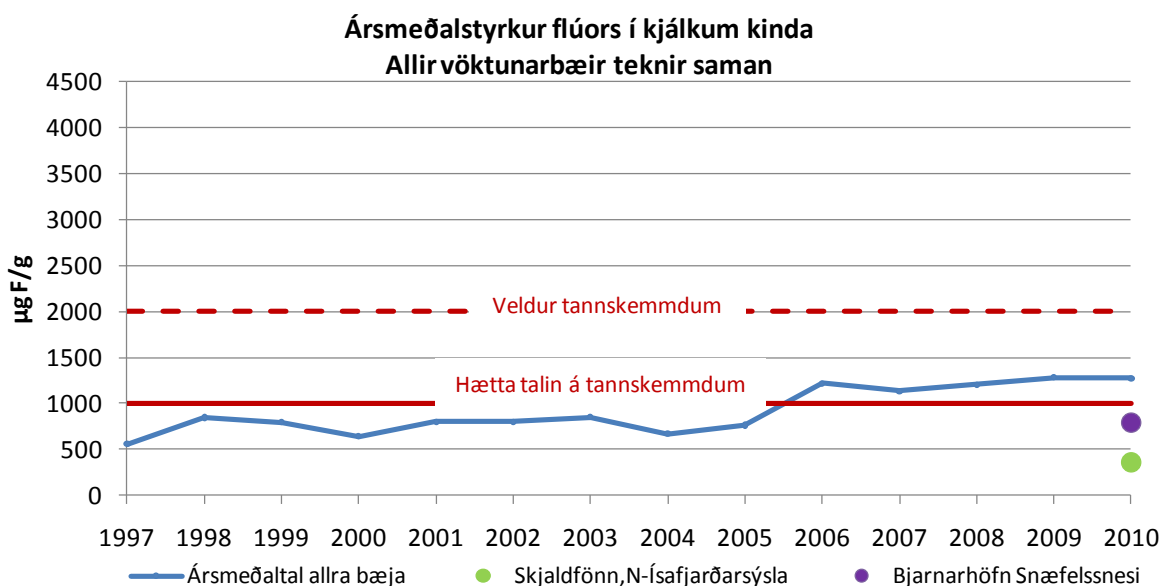
Meðalstyrkur flúors í beinösku lamba frá öllum bæjum norðan Hvalfjarðar var svipaður eða hærri í öllum tilvikum árin 1997-2010 en frá bæjum sunnan Hvalfjarðar (viðauki IV).

7.2.2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á FLÚORSTYRK Í KINDUM

Erfitt er að bera saman meðalstyrk flúors í kindum á milli ára þar sem flúor safnast upp í beinum kinda yfir tíma. Markmiðið var að mæla flúorstyrk í 8 vetra sláturdýrum. Í flestum tilfellum tókst þetta sem er framför frá fyrri árum og gefur skýrari og ábyggilegri tölfræði.

Meðalstyrkur flúors í beinösku var yfir þeim styrk sem talinn er að valdi tannskemmdum í þremur kindum frá Þaravöllum (2060 µg/g, 2170 µg/g, 3638 µg/g) en ekki var hægt að ákvarða nákvæmlega aldur þessara kinda. Alls mældist meðalstyrkur flúors yfir 1000 µg/g í beinösku kinda frá sjö bæjum (Þaravöllum, Gröf, Innri-Hólmi, Hrafnabjörgum, Vogatungu, Grímsstöðum og Hjalla) sem er sá styrkur sem talinn er hætta á að valdi tannskemmdum. Tvær kindur frá Gröf voru með fremur hátt magn flúors miðað við aldur (2 og 3 vetra), eða um 1640 µg/g.

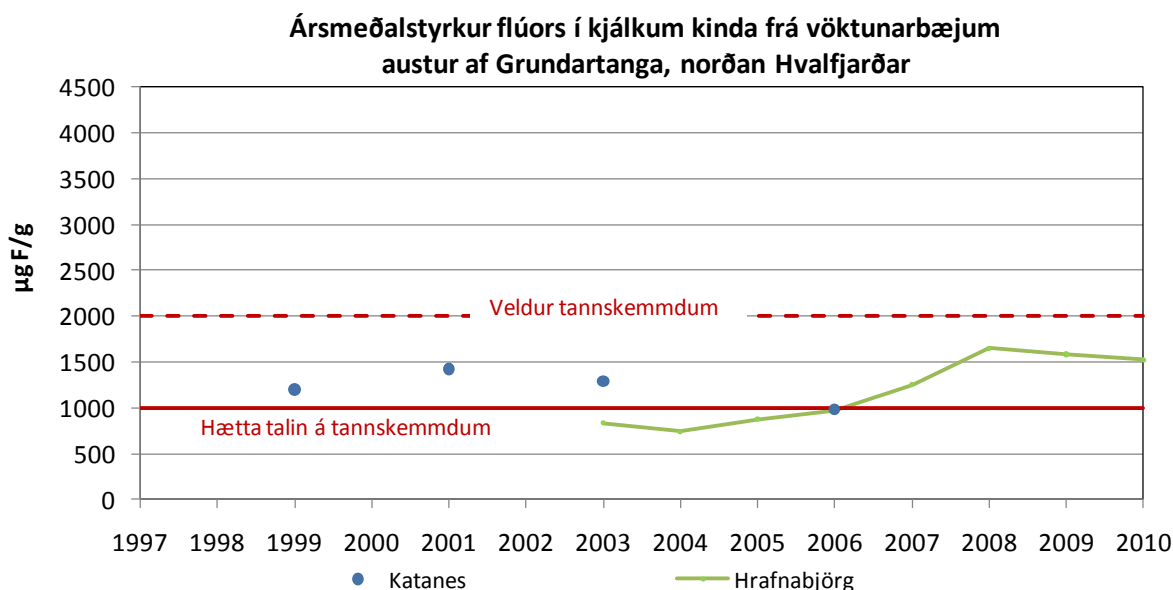
Mynd 7.7 sýnir ársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda frá öllum vöktunarbæjum (1284 µg/g). Styrkurinn mælist svipaður og árið 2009. Til viðmiðunar mældist flúorstyrkur í kjálkum úr fullorðnu fé 356 µg/g frá Skjaldfönn (4 vetra gamlar kindur) og 792 µg/g frá Bjarnarhöfn (8 vetra gamlar kindur). Marktæk breyting til hækkunar er á ársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda frá öllum vöktunarsvæðum milli áranna 1997 og 2010, hins vegar er ekki marktæk breyting milli áranna 2007 – 2010.



Mynd 7.7: Meðalstyrkur flúors í kjálkum kinda árin 1997-2010, allir vöktunarbærir í Hvalfirði teknir saman

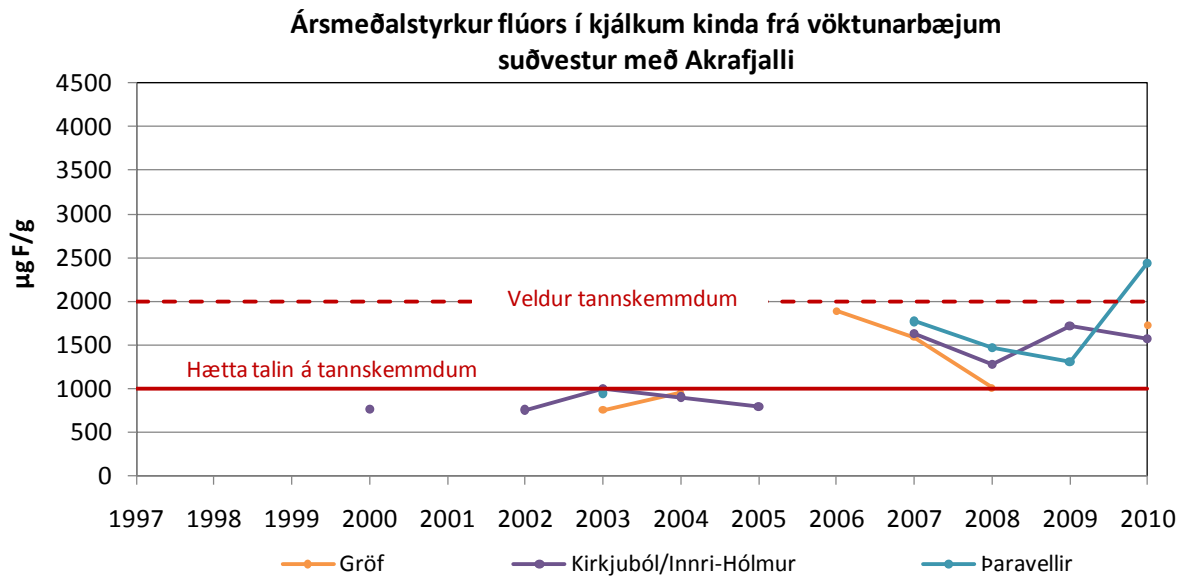
Flúorstyrkur í kindum eftir svæðum

Styrkur flúors í beinösku kinda frá bæjum á svæðinu austur af iðjuverunum má sjá á mynd 7.8. Ekki er marktæk breyting á ársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda frá þessu svæðið milli áranna 1997 og 2010 né milli áranna 2007 og 2010 (viðauki IV).



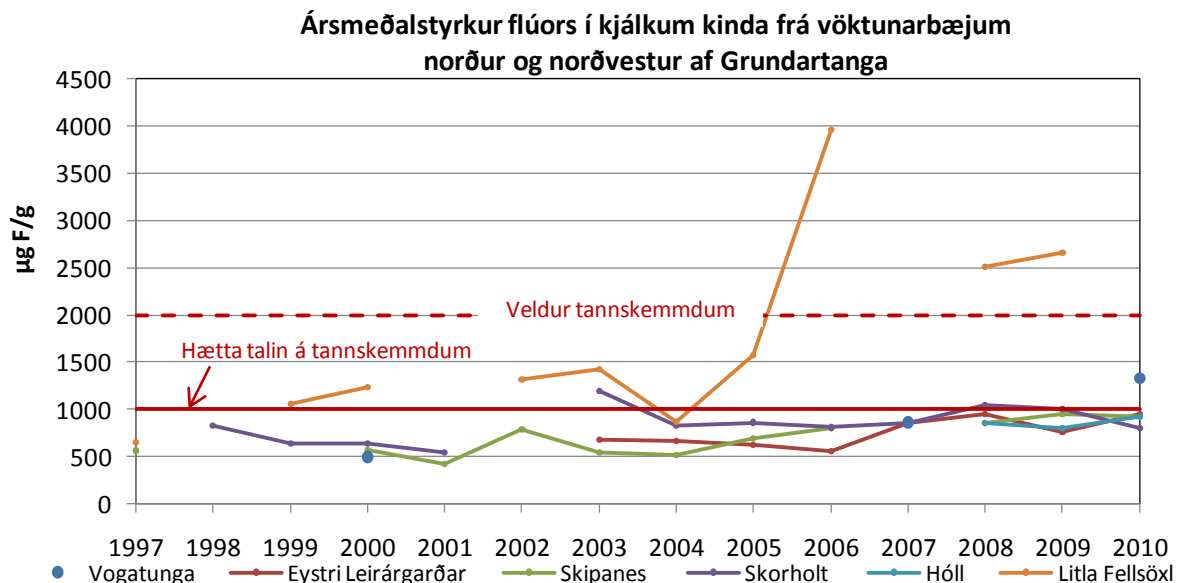
Mynd 7.8: Meðalstyrkur flúors í kjálkum kinda árin 1997-2010 frá bæjum austur af iðjuverum

Ekki er marktækur munur á ársmeðalstyrk flúors í beinösku kinda á svæðinu suðvestur með Akrafjalli tímabilið 2000 og 2010 né milli áranna 2007 og 2010 (viðauki IV). Meðalstyrkur flúors í beinösku kinda eykst í kindum frá þaravöllum milli áranna 2009 og 2010 og mælist yfir mörkum þolmarka grasbíta gagnvart flúor (mynd 7.9).



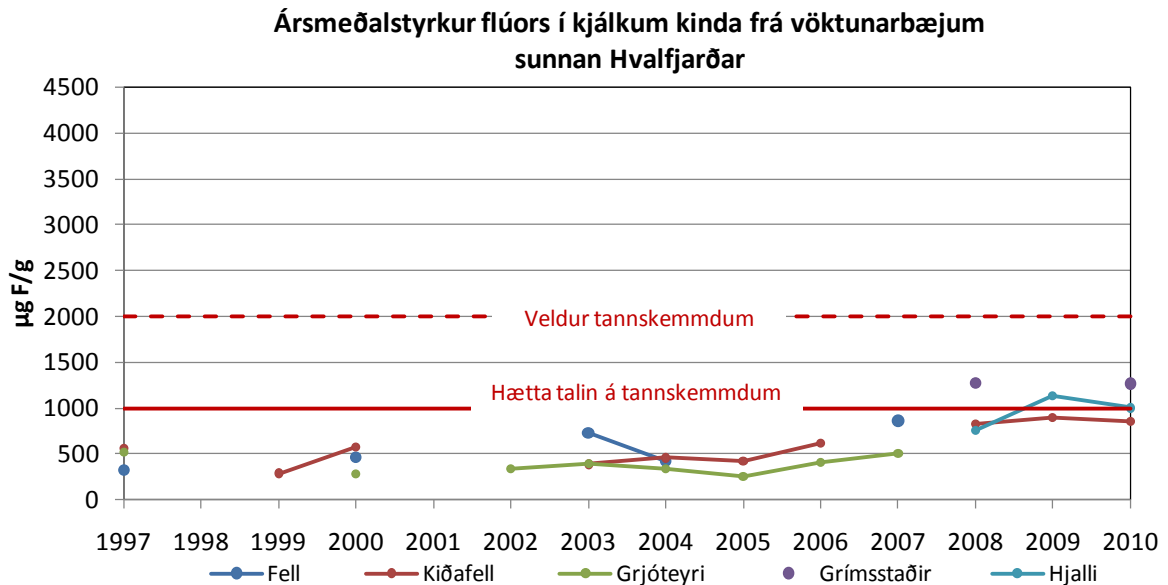
Mynd 7.9: Meðalstyrkur flúors í kjálkum kinda árin 1997-2010 frá vöktunarbæjum frá bæjum suðvestur og vestur af iðjuverunum

Styrkur flúors í beinösku kinda frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðjuverunum má sjá á mynd 7.10. Marktæk hækkun á styrk flúors í beinösku kinda frá þessu svæðið er á milli árunna 1997 og 2010 en ekki er marktæk breyting milli árunna 2007 og 2010 (viðauki IV).



Mynd 7.10: Meðalstyrkur flúors í kjálkum kinda árin 1997-2010 frá bæjum norður og norðvestur af iðjuverum

Flúorlosun frá álverinu hefur einnig áhrif á svæðið sunnan Hvalfjarðar. Á mynd 6.11 má sjá flúorstyrk í beinösku kinda frá þessu svæði. Marktæk hækkun hefur orðið á flúor innihaldi beinösku hjá kindum milli árunna 1997 og 2010 og milli árunna 2007 og 2010 (viðauka IV).



Mynd 7.11: Meðalstyrkur flúors í kjálkum kinda árin 1997-2010 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar

Meðalstyrkur flúors í beinsösku kinda frá öllum bæjum norðan Hvalfjarðar mældist í öllum tilvikum hærri árin 1997-2010 en frá bæjum sunnan Hvalfjarðar. Ekki er alltaf um marktækan mun að ræða (viðauki IV).

7.2.3 NIÐURSTAÐA SKOÐUNAR DÝRALÆKNIS Á KJÁLKUM OG TÖNNUM

Dýralæknir skoðaði kjálkabein og tennur lamba og kinda frá vöktunarbæjunum og í viðmiðunarsýnum áður en hausarnir fóru í flúormælingar til að meta áhrif flúors á bein og tennur. Dýralæknir tók síðan mið af mæligildum flúors við túlkun skoðunar¹⁷, sjá yfirlit frá skoðun dýralæknis í viðauka IV.

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 beinhjóska og fistilmyndun. Heldur fleiri kindur með flúormagn > 1000 µg/g beinaska voru með tannslit og/eða tannlos en kindur með flúormagn < 1000 µg/g beinaska. En einnig voru nokkrar kindur með flúormagn > 1000 µg/g beinaska með lítið sem ekkert tannslit/tannlos. Ekki virtist því vera greinilegt samband á milli þessara breytinga og flúormagns í beinum.

Tannskemmdir sem að líkindum tengjast flúor sáust í einni tveggja vetra kind frá Eystri – Leirárgörðum. Kindin var upprunalega frá Litlu-Fellsöxl og var með hátt flúormagn (1680 µg F/g beinaska). Mikið, ójafnt slit var í jöxlum og í framtönnum voru einnig skemmdir í glerungi. Í öðrum sýnum sáust ekki greinilegar breytingar í tönnum eða kjálkabeinum sem bentu til flúoreitrunar, þótt tannslit væri algengt.

¹⁷ Ólöf G. Sigurðardóttir (2011)

8 VÖKTUN ÁRVATNA

Ferskvatnssýni voru tekin norðan Hvalfjarðar úr Laxá í Leirársveit, Urriðaá, Kalmansá og Berjadalsá ofan Akraness og sunnan Hvalfjarðar úr Fossá undir Eyrarfjalli, sjá staðsetningu vöktunarstaða á mynd 8.1. Sýnunum var safnað á tímabilinu frá 28. apríl til 14. nóvember 2010 á tveggja til fjögurra vikna fresti, alls 10 sýni úr hverri á. Í vatnssýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, flúor, klóríð og súlfat. Sýnataka og mælingar voru unnar af NMÍ. Bakgrunnsmælingar 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 því fyrst og fremst yfirborðsvatn. Laxá, Berjadalsá og Fossá eru allar bergvatnsár. Gerð hefur verið tölfræðigreining á mælingum á efnainnihaldi vöktunaráa frá 1997 - 2010 (viðauki V) til að meta hvort raunverulegar breytingar hafa átt sér stað milli áranna.



Mynd 8.1: Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði árið 2010

8.1 MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Leiðni

Kalmansá og Urriðaá hafa töluvert hærri og breytilegri leiðni en bergvatnsárnar. Meðalleiðni bergvatnsánna var $77 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ en $204 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ fyrir hinar tvær árnar. Heildarmeðalleiðni allra vöktunaránna var $128 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ sem er með hæsta móti en mikils breytileika hefur gætt frá upphafi mælinga.

Sýrustig

Heildarmeðaltal sýrustigs allra vöktunaránna hefur haldist tiltölulega stöðugt frá árinu 2006, en þá lækkaði heildarmeðaltalið um 0,2 stig frá árinu á undan. Mælt sýrustig í öllum ám árið 2010 liggur innan þeirra marka sem gefin eru upp fyrir sýrustig neysluvatns. Ekki hefur orðið marktæk breyting á sýrustigi á vöktunartímabilinu milli áranna 1997 og 2010.

Flúor

Meðalstyrkur flúors í bergvatnsánum mældist svipaður og frá upphafi. Í Kalmansá og Urriðaá hefur flúorinnihald hins vegar aukist frá árinu 2005 í takt við aukna framleiðslugetu Norðuráls. Mældur flúorstyrkur í ánum tveimur hefur haldist nokkuð stöðugur milli áranna 2006 – 2010. Ekki hefur orðið marktæk breyting á styrk flúors í bergvatnsánum. Í Kalmansá og Urriðaá hefur hins vegar orðið marktæk aukning á styrk flúors við stækkun álversins árið 2007 miðað við árið 1997, þó marktæk aukning hafi ekki orðið milli áranna 2007 - 2010.

Súlfat

Bergvatnsárnar innihalda töluvert lægri súlfatstyrk en Kalmansá og Urriðaá, en styrkur súlfats í árvatni bergvatnsánna hefur haldist nokkuð stöðugt frá upphafi mælinga. Meðalstyrkur í hinum ánum tveimur hefur verið breytilegri og hefur aukning í styrk súlfats haldist í hendur við aukningu á flúorstyrk og lækkun á sýrustigi árið 2006.

Ítarlegri niðurstöður fyrir umhverfisvöktun árvatna má sjá í kafla 8.2 hér fyrir aftan. Að auki er yfirlit yfir mælingar og hámarksgildi samkvæmt neysluvatnsreglugerð og niðurstöður tölfræði úrvinnslu fyrir vöktunarárinu í töflu 8.1.

Tafla 8.1: Niðurstöður mælinga í vöktunaránum ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neysluvatn auk niðurstaðna frá tölfræði úrvinnslu

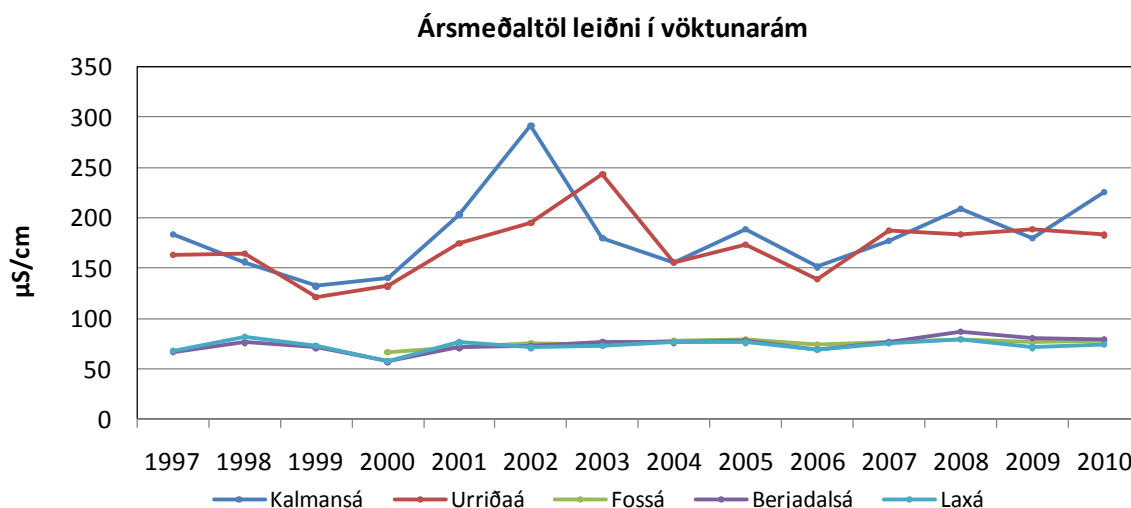
Mælipáttur	Ársmeðalstyrkur	Hámarksgildi	Heimild	Niðurstöður tölfræðireikninga Breyting m.v. 1997
Flúor				
Kalmansá	123 µg/L	1500 µg/L	Reglugerð 536/2001	Marktæk breyting til hækkunar
Urriðaaá	142 µg/L			Marktæk breyting til hækkunar
Fossá	36 µg/L			Ekki marktæk breyting (mv. 2001)
Berjadalsá	27 µg/L			Ekki marktæk breyting
Laxá	35 µg/L			Ekki marktæk breyting
Klóríð				
Kalmansá	32 mg/L	250 mg/L	Reglugerð 536/2001	Engin tölfræði úrvinnsla
Urriðaaá	27 mg/L			
Fossá	9 mg/L			
Berjadalsá	10 mg/L			
Laxá	11 mg/L			
Súlfat				
Kalmansá	3,8 mg/L	250 mg/L	Reglugerð 536/2001	Engin tölfræði úrvinnsla
Urriðaaá	2,9 mg/L			
Fossá	0,6 mg/L			
Berjadalsá	0,9 mg/L			
Laxá	0,9 mg/L			
Sýrustig (pH)				
Kalmansá	pH 7,4	pH 6,5 - 9,5	Reglugerð 536/2001	Ekki marktæk breyting
Urriðaaá	pH 7,3			Ekki marktæk breyting
Fossá	pH 7,4			Ekki marktæk breyting
Berjadalsá	pH 7,3			Ekki marktæk breyting
Laxá	pH 7,5			Ekki marktæk breyting

8.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

8.2.1 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. Árlegar mælingar frá árinu 1997 hafa sýnt að leiðni Urriðaár og Kalmansár er hærri og breytilegri en leiðni bergvatnsánna þriggja og mældist fyrir árið 2010 á bilinu 146 – 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Heildarmeðaltal leiðni í Urriðaá og Kalmansá var $204 \pm 58 \mu\text{S}/\text{cm}$ en ekki mældust óeðlilega há eða lág gildi í þessum ám og því allar mælingar reiknaðar í meðaltalið.

Í bergvatnsánum var leiðnin frá mælingum ársins 2010 á bilinu 56 – 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ með heildarmeðaltal $77 \pm 8 \mu\text{S}/\text{cm}$. Afbrigðilega há leiðni mældist í Laxá í apríl 2010 og er þeirri mælingu sleppt í úrvinnslu niðurstaðna. Ástæða þess að óvenju há leiðni mælist í Laxá í apríl má að öllum líkindum rekja til lítils vatnsmagns í ánni þar sem sjór leitar upp í ána við stórstreymi. Enda má sjá þetta þegar litið er til hlutfalls flúors og klórs (kafla 8.2.3) þar sem klór á uppruna sinn í sjó en ekki frá iðnaðarsvæðinu. Vegna þess hve landið er flatt þá getur þetta átt til að gerast og er þekkt frá mælingum fyrri ára (sérstaklega í Urriðaá og Kalmansá). Þegar sýnum var safnað hefur því áhrifum frá sjó enn gætt í árvatninu en það getur tekið nokkurn tíma fyrir árvatnið að ná jafnvægi aftur. Heildarmeðaltal allra áнна er 129 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og er það með hæsta móti og breytileiki hefur verið mikill í gegnum árin¹⁸. Óvenju hlýtt og þurrt var á mælitímabilinu, en það getur skýrt að einhverju leyti hvers vegna meðalleiðni mældist há árið 2010. Vegna hlýinda má gera ráð fyrir að óvenju mikil uppgufun hafi átt sér stað auk þurrviðris sem hefur áhrif á vatnsmagn áнна. Mynd 8.2 sýnir reiknuð ársmeðaltöl fyrir leiðni í mældum ám frá 1997 – 2010 (frá 2000 fyrir Fossá).



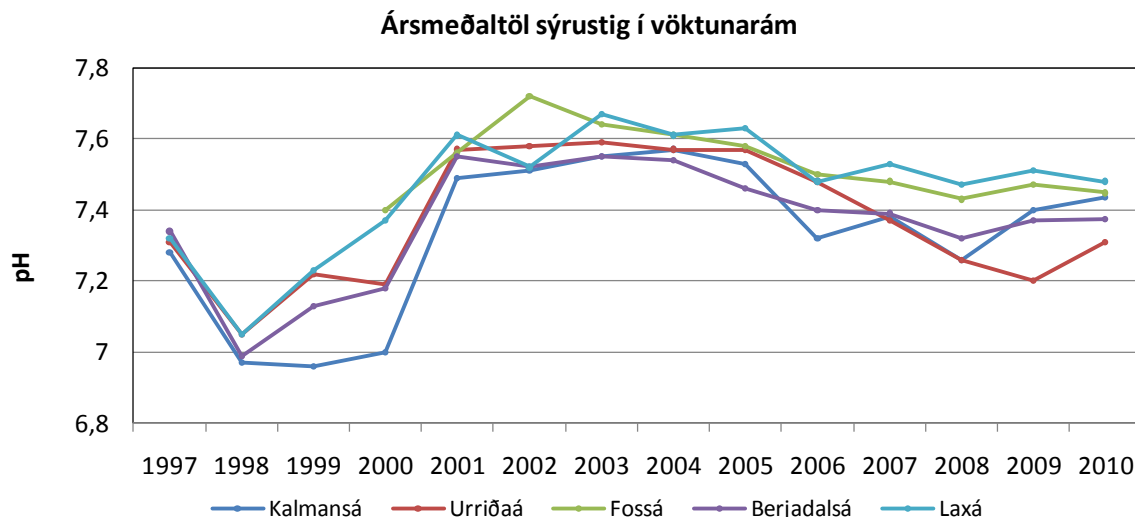
Mynd 8.2: Ársmeðaltöl fyrir leiðni í vöktunarám árin 1997 – 2010

8.2.2 MÆLINGAR Á SÝRUSTIGI ÁRVATNS

Mælt sýrustig í Kalmansá og Urriðaá var á bilinu 6,87 – 7,92 árið 2010 og að meðaltali $7,37 \pm 0,30$. Sýrustig bergvatnsánna mældist 7,16 – 7,68 með meðaltalið $7,43 \pm 0,14$. Heildarmeðaltal

¹⁸ Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2011)

mælinga á sýrustigi fyrir allar árnar er 7,41 og hefur haldist tiltölulega stöðugt frá árinu 2006 en það ár lækkaði heildarmeðaltalið um tæp 0,2 stig frá fyrri árum. Erfitt er að segja til um ástæður lækkunarinnar sem gætu verið tengdar veðurfari og mengun¹⁹. Allar mælingar á sýrustigi voru innan þeirra marka sem sett eru fyrir neysluvatn (pH 6,5 – 9,5) samkvæmt reglugerð 536/2001. Á mynd 8.3 eru ársmeðaltöl sýrustigs í vöktunarárm sýnd. Ekki hefur orðið marktæk hækkun eða lækkun á sýrustigi á milli árunna 1997 -2010 (viðauki V).



Mynd 8.3: Ársmeðaltöl fyrir sýrustig í vöktunarárm frá 1997 – 2010

8.2.3 MÆLINGAR Á STYRK FLÚORS Í ÁRVATNI

Meðalstyrkur flúors í Kalmansá og Urriðaa árið 2010 var 123 og 142 µg/L með heildarmeðalstyrkur 133 ± 25 µg/L. Í bergvatnsánum mælist meðalstyrkurinn á bilinu 27 – 36 µg/L með heildarmeðalstyrkur 33 ± 6 µg/L. Mælingar á flúorinnihaldi bergvatnsánna sýna að meðalstyrkurinn hefur haldist svipaður frá árinu 2000. Hins vegar hefur mælt flúorinnihald í Kalmansá og Urriðaa aukist frá árinu 2005 en stendur nú nánast í stað á milli ára (mynd 8.4). Uppsprettur ána tveggja eru í Eiðisvatni og Hólmavatni sem eru nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og liggur syðsti hluti Eiðisvatns að hluta innan þynningarsvæðisins fyrir flúor (mynd 8.1). Þetta gerir það að verkum að árnar eru nokkuð næmar fyrir flúorlosun frá álverinu en aukning á meðalstyrk flúors í þessum ám hefur haldist í hendur við aukna framleiðslugetu Norðuráls og nýjar framleiðslueiningar. Árnar tvær eru á köflum afar vatnslitlar sem getur haft áhrif á efnainnihald þeirra¹⁹.

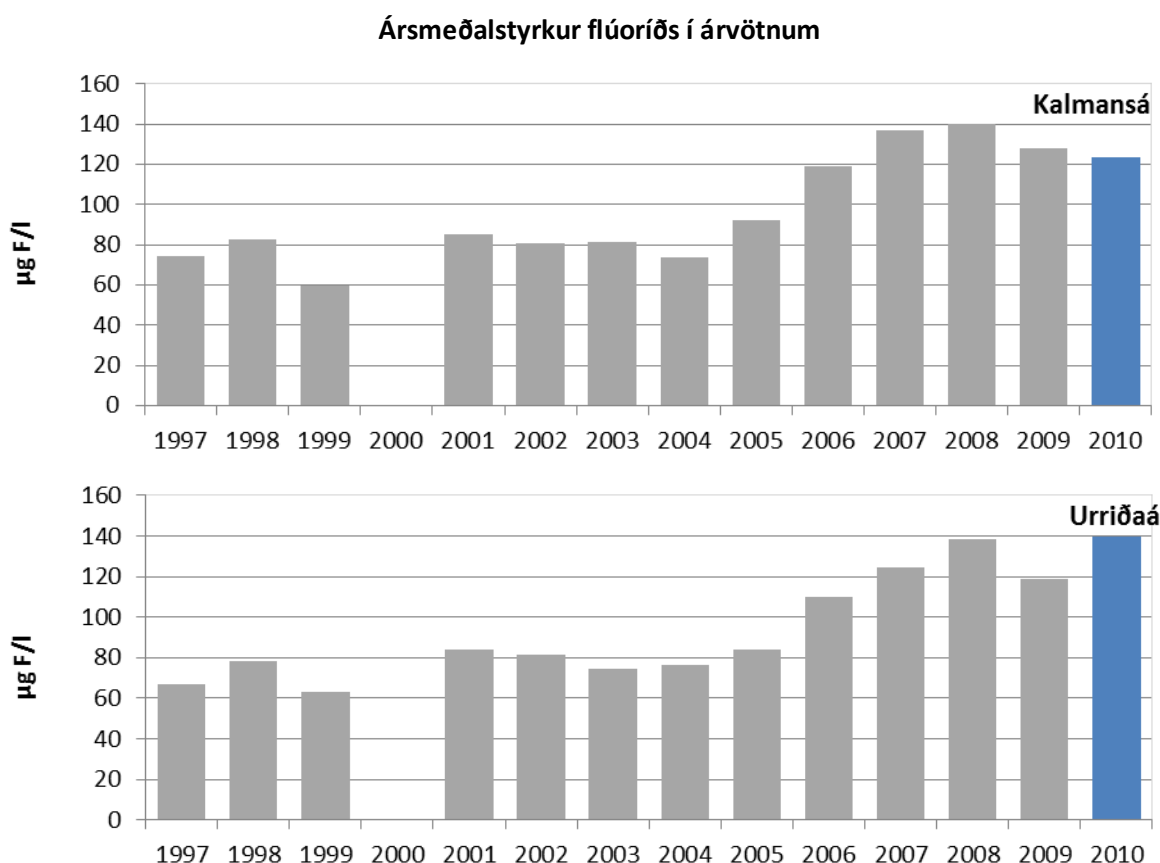
Styrkur flúors í árvatni yfir 0,2 mg/L er talinn geta haft skaðleg áhrif á lax²⁰ en ekki hefur verið skilgreindur hámarksstyrkur flúors í íslenskum ám og vötnum. Árs meðalstyrkur flúors hefur aldrei mælst yfir 0,2 mg/L á vöktunartímanum í vöktunaránum.

Styrkur klóríðs var mældur í vöktunaránum svo að hægt sé að meta áhrif frá sjó. Eins og nefnt var hér að framan eru árnar á tíðum vatnslitlar, sérstaklega síðari hluta sumars. Vegna þess hve landið er flatt þá gengur sjór upp í þær þegar stórstreymt er. Mældur styrkur klóríðs í ánum hefur ætíð verið innan þess hámarksgildis sem sett er fyrir styrk klóríðs í neysluvatni samkvæmt

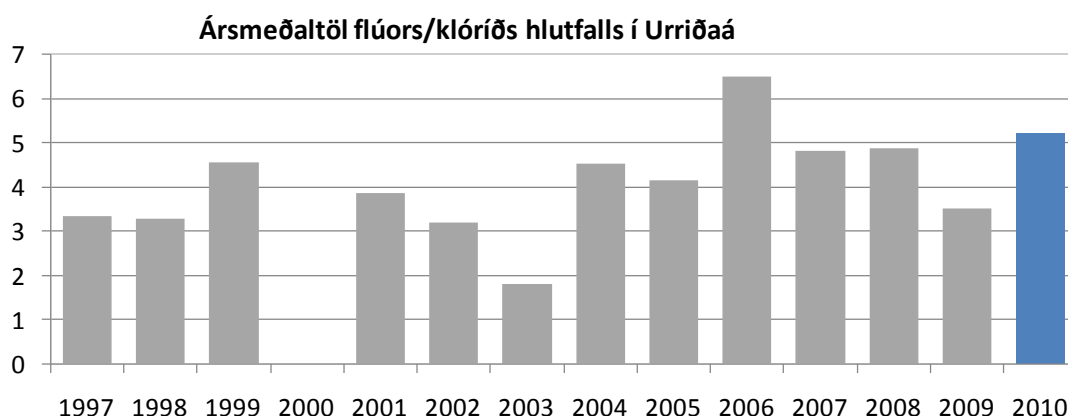
¹⁹ Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2011)

²⁰ Richard G Foulkes og Anne C Anderson (1994)

reglugerð 536/2001 (250 mg/L). Til að sjá áhrif sjávar er reiknað hlutfall flúors og klóríðs í Urriðaa. Á mynd 8.5 má sjá að hlutfall flúors/klóríðs hækkar frá síðasta ári og gætti því minni áhrifa frá sjó árið 2010 en árið á undan og er hægt að tengja mældan styrk flúors til reksturs Norðuráls. Mánaðarmeðalstyrkur fyrir hlutfall flúors/klóríðs og mældan mánaðar meðalstyrk hvern maelimánuð má sjá í viðauka V fyrir árin 1997 – 2010.



Mynd 8.4: Ársmeðalstyrkur flúors í Kalmansá og Urriðaa 1997 – 2010



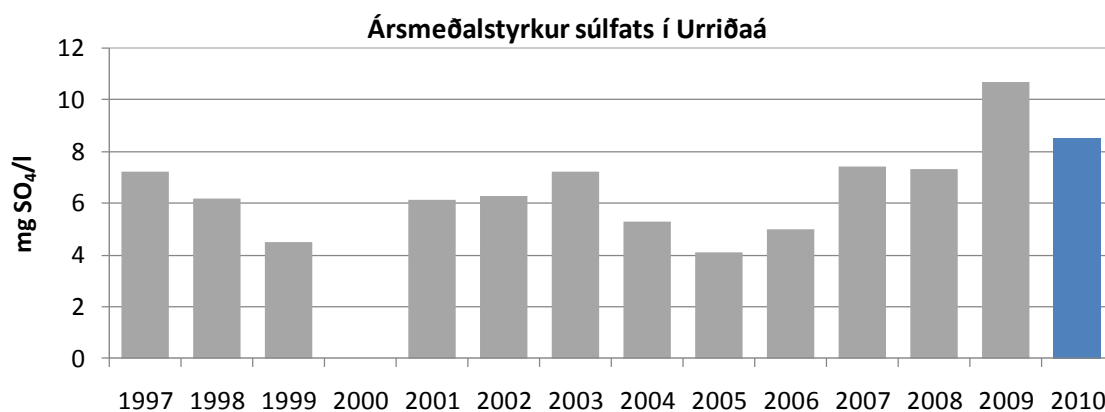
Mynd 8.5: Ársmeðaltöl flúors/klóríðs hlutfalls í Urriðaa árin 1997 – 2010

Ekki hafa orðið marktækar breytingar á styrk flúors í bergvatnsánum samanborið við bakgrunnsgildið frá 1997. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á flúorstyrk í Kalmansá og Urriðaa milli áranna 1997 og 2010. Hins vegar hefur ekki orðið marktæk aukning milli áranna 2007 – 2010 (viðauki V).

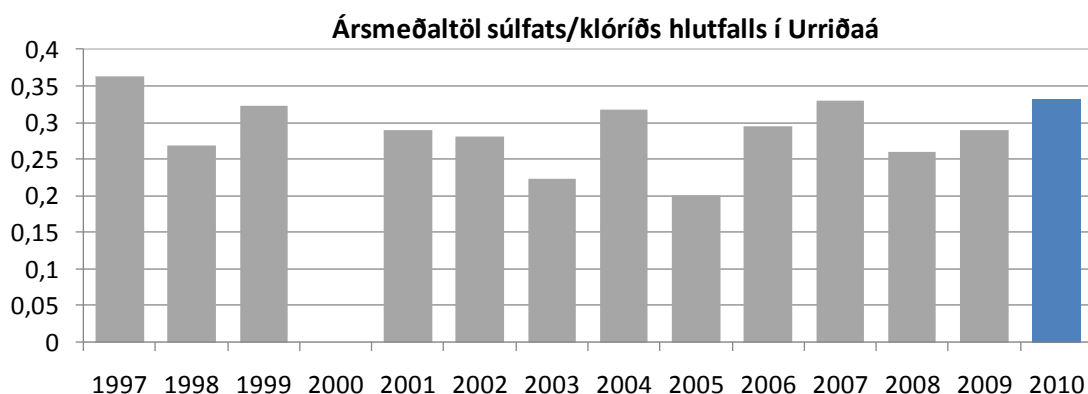
8.2.4 MÆLINGAR Á STYRK SÚLFATS Í ÁRVATNI

Styrkur súlfats í vöktunaránum mældist undir því hámarksgildi sem sett eru fyrir styrk súlfats í neysluvatni (250 mg/L) skv. reglugerð 536/2001. Styrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaá var töluvert hærra en mældur styrkur í bergvatnsánum. Ársmeðalstyrkur bergvatnsáanna var $2,4 \pm 1,1$ mg/L en $9,9 \pm 2,6$ mg/L fyrir Kalmansá og Urriðaá (sjá Mynd 8.6 fyrir Urriðaá). Styrkur súlfats í árvatni bergvatnsáanna hefur haldist allstöðugt frá upphafi, meðalstyrkir hinna ána hefur verið breytilegri. Þar getur m.a. spilað inn í breytileiki sem er háður veðri og vindum, en súlfat á sér uppsprettu í sjó sem getur komið að landi með særoki. Enda má sjá þessi áhrif þegar borði er saman hlutfalls klórs og súlfats eins og áður er getið varðandi flúor (mynd 8.7). Aukning í súlfatstyrk hefur á síðastliðnum árum verið í takt við aukningu flúorstyrks og lækkunar á sýrustigi frá og með árinu 2006²¹.

Til að sjá áhrif sjávar er reiknað hlutfall súlfats og klóríðs í Urriðaá. Á mynd 8.7 má sjá að hlutfall súlfats/klóríðs hækkar frá síðasta ári og gætti því minni áhrifa frá sjó árið 2010 en árið á undan og styrk súlfats í ánni má því m.a. rekja til reksturs iðjuveranna. Mánaðarmeðaltöl fyrir hlutfall súlfats/klóríðs og mældan mánaðar meðalstyrk hvern mælimánuð má sjá í viðauka V fyrir árin 1997 – 2010.



Mynd 8.6: Ársmeðalstyrkur súlfats í Urriðaá 1997 – 2010, ekki var mælt árið 2000



Mynd 8.7: Ársmeðaltöl súlfat/klóríðs hlutfalls í Urriðaá árin 1997 – 2010, ekki var mælt árið 2000

²¹ Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2011)

HEIMILDASKRÁ

Elkem Ísland ehf (2010) *Skýrsla um grænt bókhald 2009*. Sótt 12. mars 2011:

http://ust.is/media/skyrslur/Grant_bokhald_Elkem_Island_2009.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

Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2011) *Umhverfissvöktun í Hvalfirði - Ferskvatnsmælingar 2010*. Efnagreiningadeild Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands.

Hermann Þórðarson og Helgi F. Magnússon (2010) *Umhverfissvöktun á Grundartanga og í Hvalfirði. Síðari hluti apríl – október 2010*. Efnagreiningar NMÍ

Horntvedt og Øyen (1994) *Effekter af fluorider på skog ved norske aluminiumsverk*. Kafli 6 í Norsk aluminiumsindustri og miljø. Project for effectstudier av industriutslipp fra primaeraluminiumsverk i Norge. Aluminiumsindustriens Miljøsekretariat (AMS) Oslo.

Hörður Kristinnsson (2001) *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla árið 2001*. NÍ-01009. Náttúrufræðistofnun Íslands, Akureyri.

Norðurál Grundartanga ehf. (2010) *Grænt bókhald 2009. Norðurál á Grundartanga ehf*. Sótt 12. mars 2011: http://ust.is/media/skyrslur/Nordural_2009.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 (2011) *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga*. Tilraunastöð Háskóla Íslands, Keldum.

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 (2010) *Vöktun á móareitum við Grundartanga í hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 2009*. Náttúrufræðistofnun Íslands

Umhverfisstofnun (2011) *Heimasíða loftgæðamælinga Umhverfisstofnunar*. Sótt 18. mars 2011:
<http://loftgaedi.is/loftgaedi>

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:

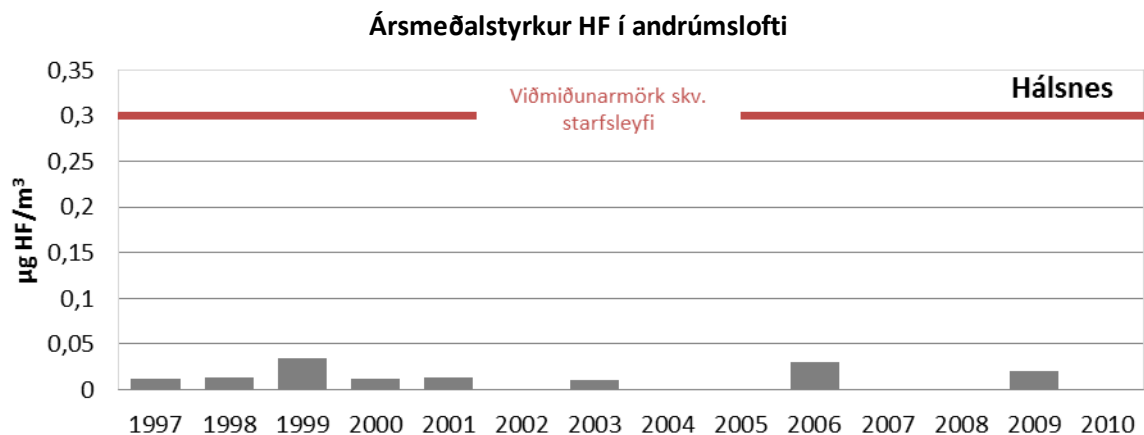
1. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar 2002. Lokaskýrsla. Útgefin í mars 2003.
2. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2003. Lokaskýrsla. Útgefin í apríl 2004.
3. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður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

VIÐAUKI II: VÖKTUN ANDRÚMSLOFTS

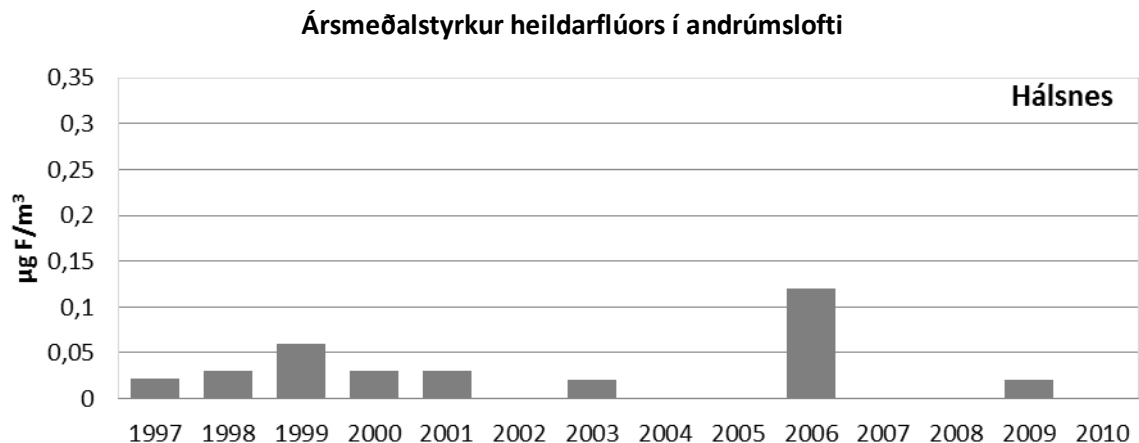
Ekki voru gerðar mælingar fyrir loftgæði í vöktunarstöð við Hálsnes (utan þýnningarsvæðis) árið 2010. Niðurstöður mælinga árána 1997 – 2009 að Hálsnesi eru birtar hér að neðan (viðauki II.I). Styrk uppleystra efna og sýrustig í úrkomu að Hálsnesi árin 1997 – 2009 eru birt í viðauka II.II auk ársmeðalstyrk natríums og klóríðs í úrkomu að Krúuvörðu og Stekkjarási.

II.I: MÆLINGAR Á HÁLSNESI 1997 -2009

Á myndum II.1 ig II.2 hér að neðan eru sýndar niðurstöður ársmeðalstyrks loftkennds flúors (HF) og heildar flúors við Hálsnes sem birst hefur í fyrri ársskýrslum.

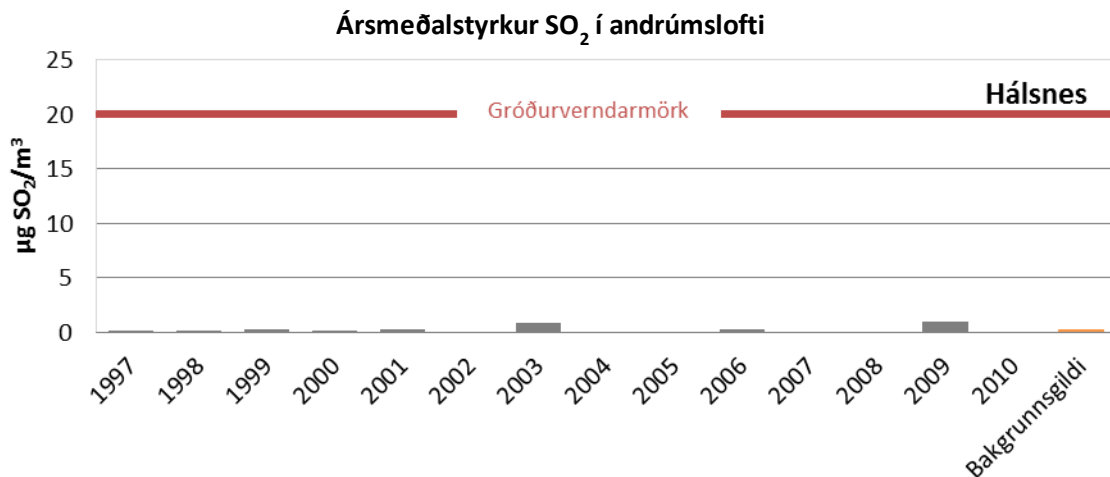


Mynd II.1: Ársmeðalstyrkur loftkennds flúors í andrúmslofti við Hálsnes, mælt 1997 – 2009 ásamt viðmiðunarmörkum í starfsleyfi Norðurláls

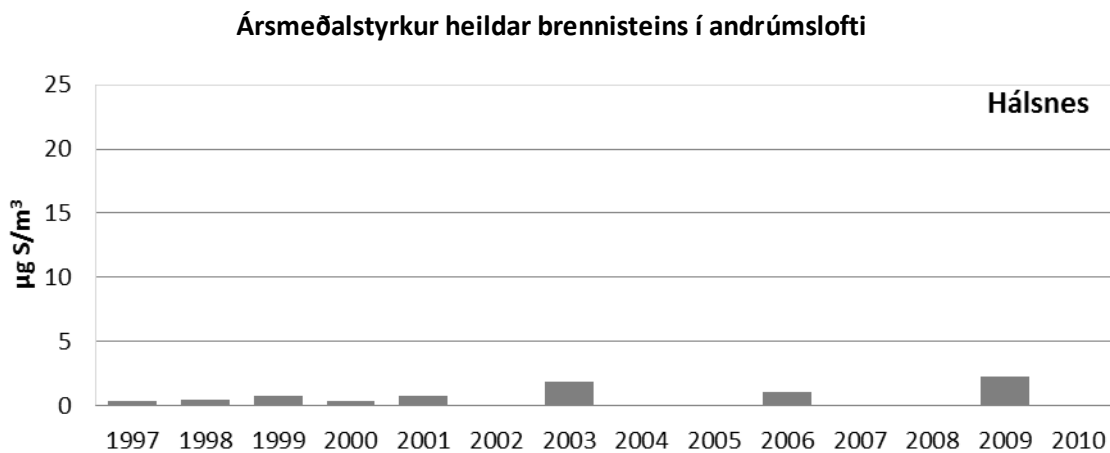


Mynd II.2: Ársmeðalstyrkur heildar flúors í andrúmslofti við Hálsnes, mælt 1997 – 2009

Á myndum II.3 og II.4 eru niðurstöður mælinga á brennisteinstvíoxíð og heildar brennistein (ársmeðaltöl) við Hálsnes.

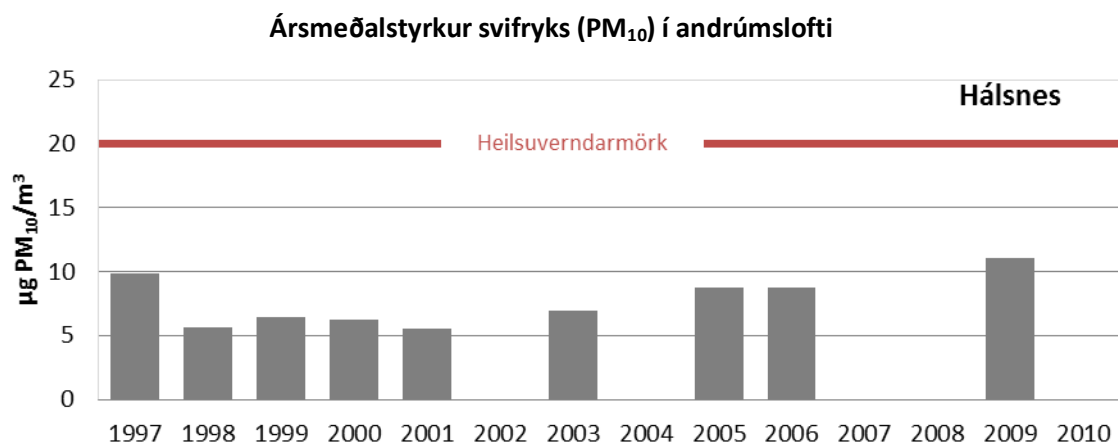


Mynd II.3: Ársmeðalstyrkur SO₂ á vöktunarstöð fyrir loftgæði við Hálsnes 1997 – 2009. Bakgrunnsgildi mælt við Írafoss árið 2003 er sýnt í appelsínugulu



Mynd II.4: Ársmeðalstyrkur heildar brennisteins við Hálsnes 1997 – 2009

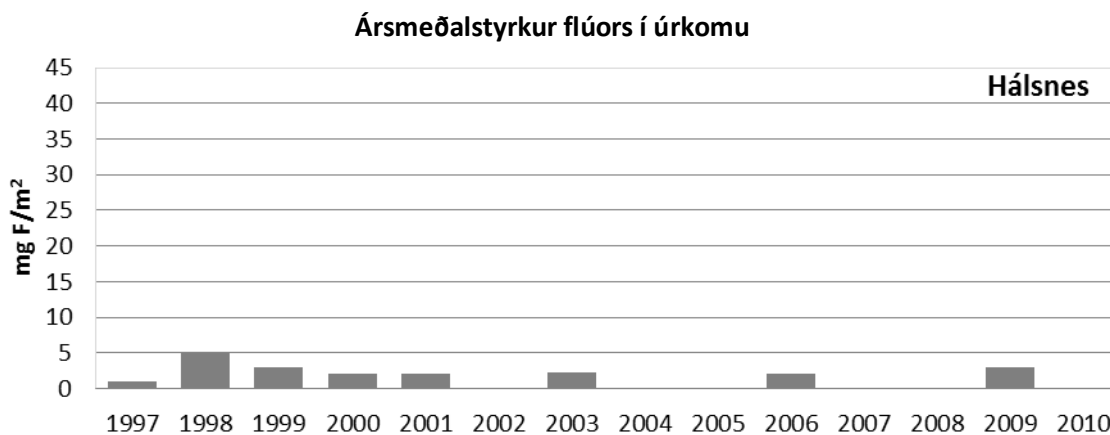
Á mynd II.5 eru sýndar niðurstöður ársmeðalstyrks svifryks að Hálsnesi 1997 – 2009.



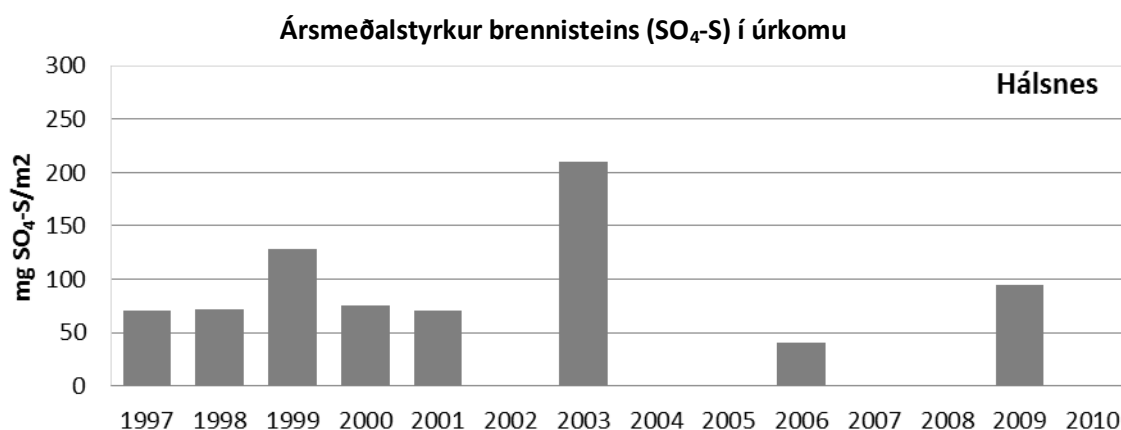
Mynd II. 5: Ársmeðalstyrkur svifryks (PM₁₀) í andrúmslofti við Hálsnes árin 1997 - 2009

II.II:B4: STYRKUR UPPLEYSTRA EFNA OG SÝRUSTIG Í ÚRKOMU

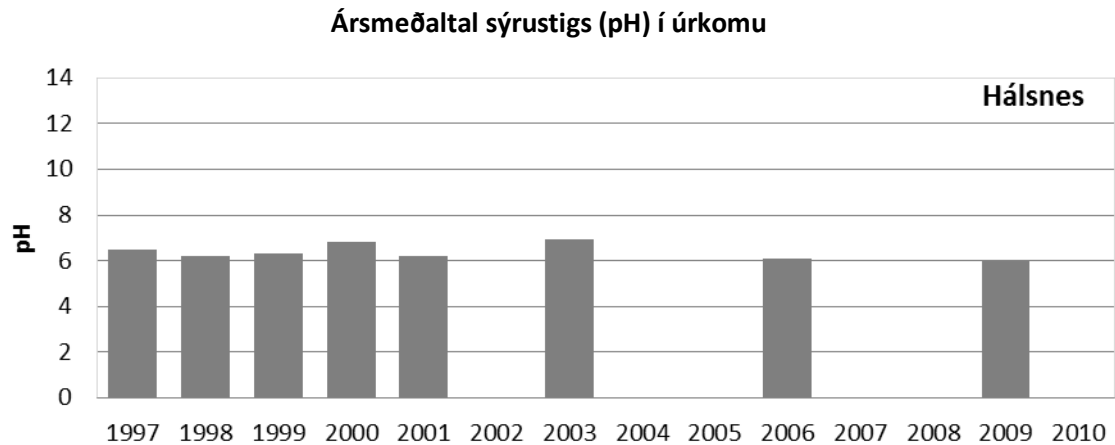
Niðurstöður fyrir ársmeðalstyrki efna og sýrustig í úrkomu sem var mælt á árunum 1997 – 2009 að Hálsnesi eru birtar hér að neðan (myndir II.6 – II.10). Að auki eru niðurstöður mælinga á ársmeðalstyrk natríums og klóríðs í úrkomu við Kríuvörðu og Stekkjarás 1997 – 2010 ámyndum II.11 og II.12.



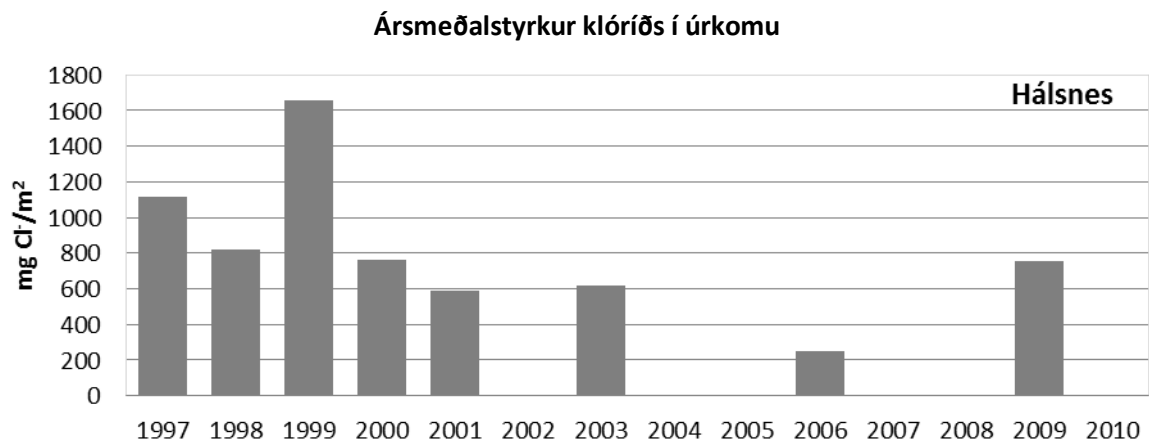
Mynd II. 6: Ársmeðalstyrkur flúors í úrkomu við Hálsnes



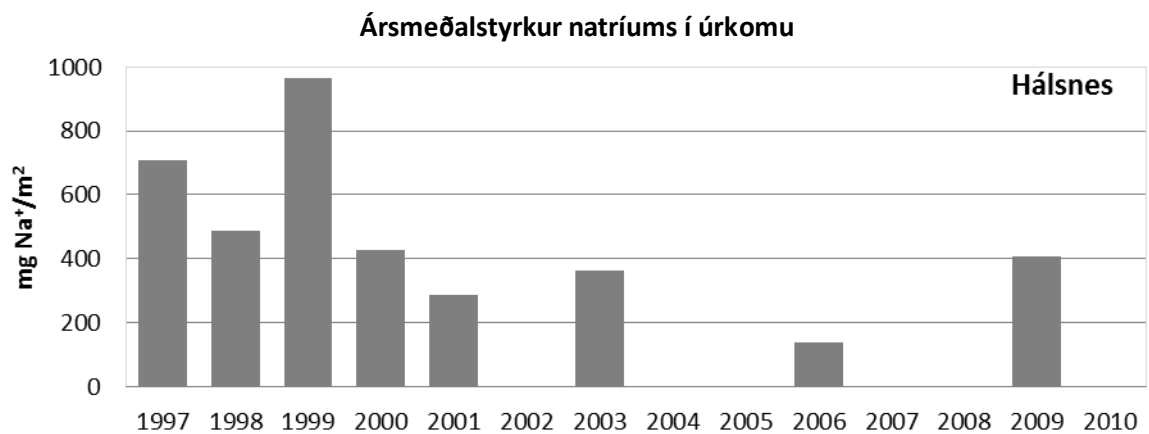
Mynd II. 7: Ársmeðalstyrkur brennisteins í úrkomu við Hálsnes



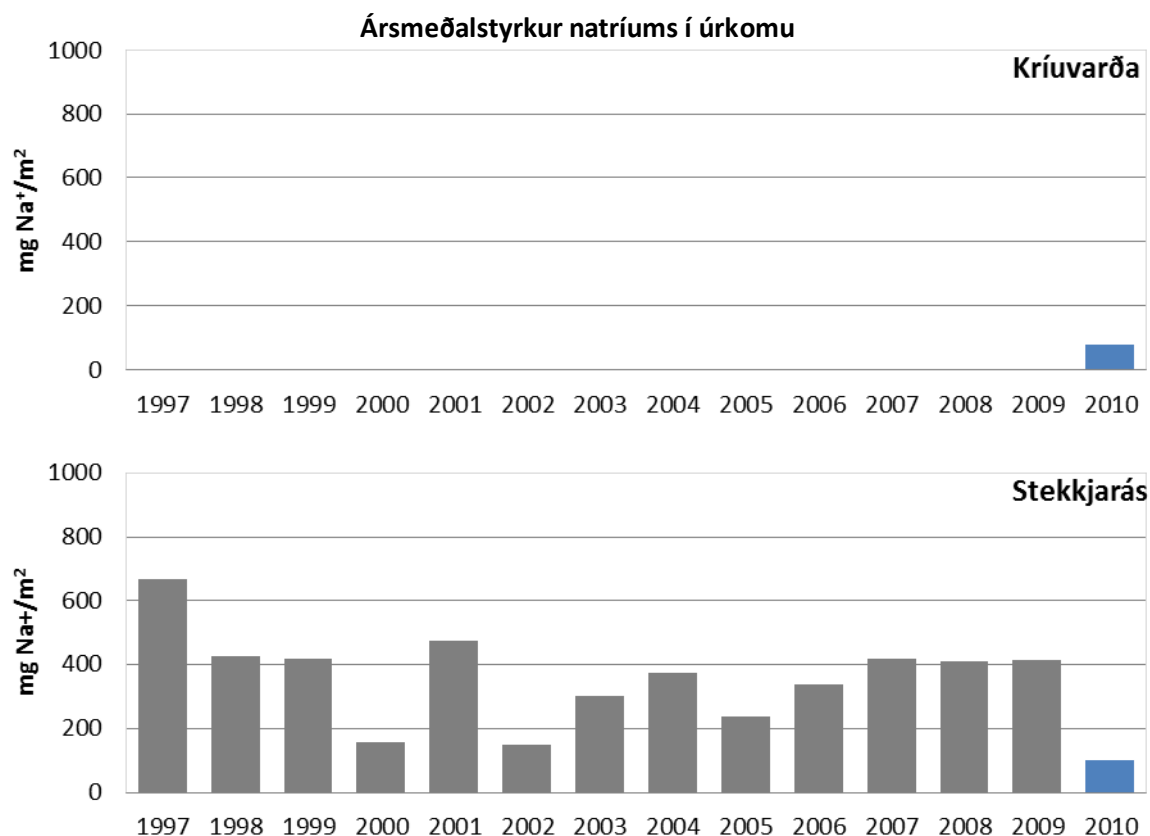
Mynd II. 8: Ársmeðaltal sýrustigs í úrkomu við Hálsnes



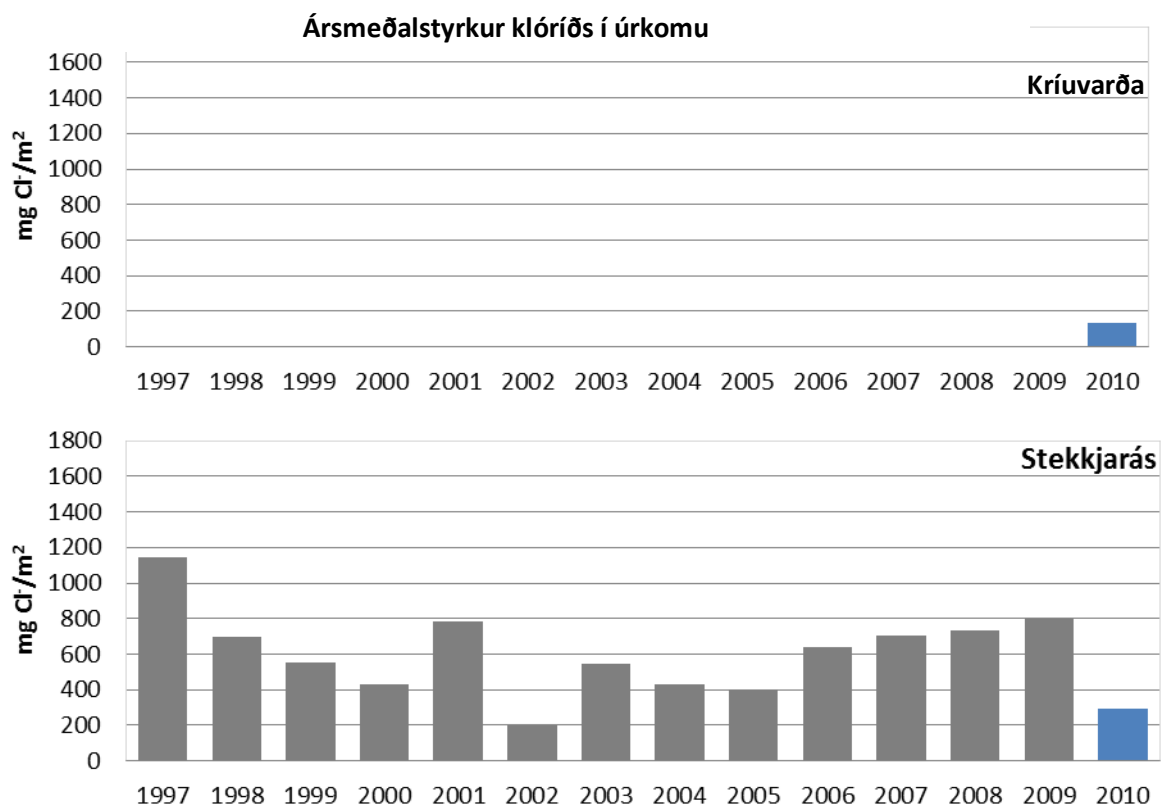
Mynd II. 9: Ársmeðalstyrkur klóríðs í úrkomu við Hálsnes



Mynd II. 10: Ársmeðalstyrkur natríums í úrkomu við Hálsnes



Mynd II. 11: Ársmeðalstyrkur natríums í úrkomu við Kríuvörðu og Stekkjarás 1997 - 2010



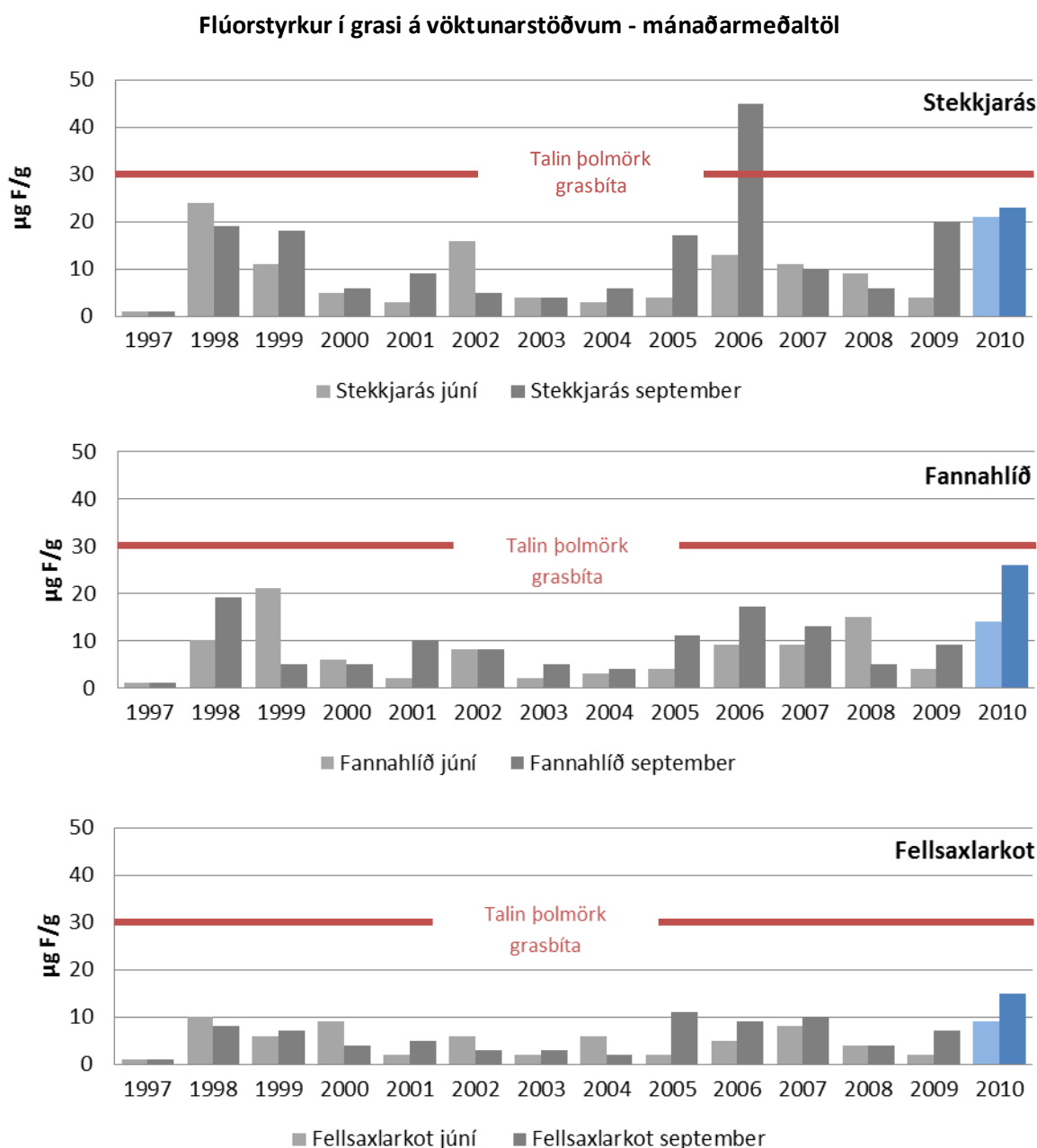
Mynd II. 12: Ársmeðalstyrkur klóríðs í úrkomu við Kríuvörðu og Stekkjarás 1997 - 2010

VIÐAUKI III: VÖKTUN GRÓÐURS

Gröf frá umhverfismælingum gróðurs norðan og sunnan Hvalfjarðar eru í köflum III.I og III.II hér að neðan. Ítarefni fyrir niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfismælingu á gróðri frá 1997 – 2010 má sjá í kafla III.III.

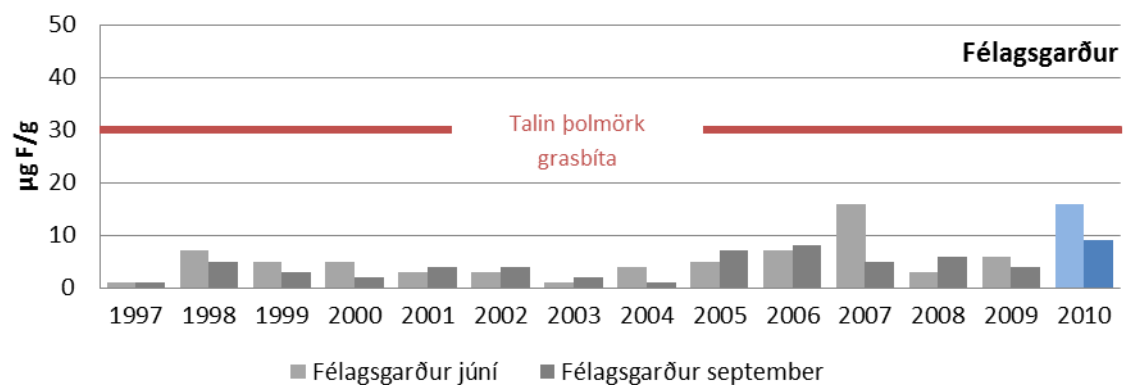
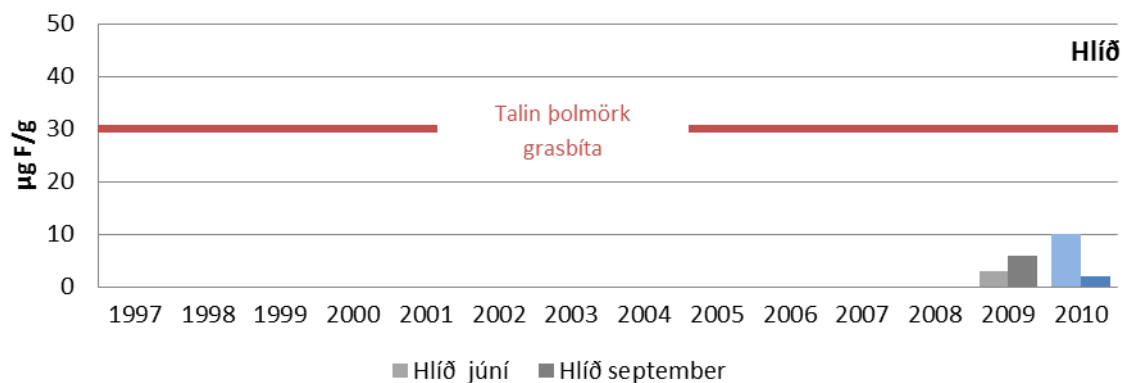
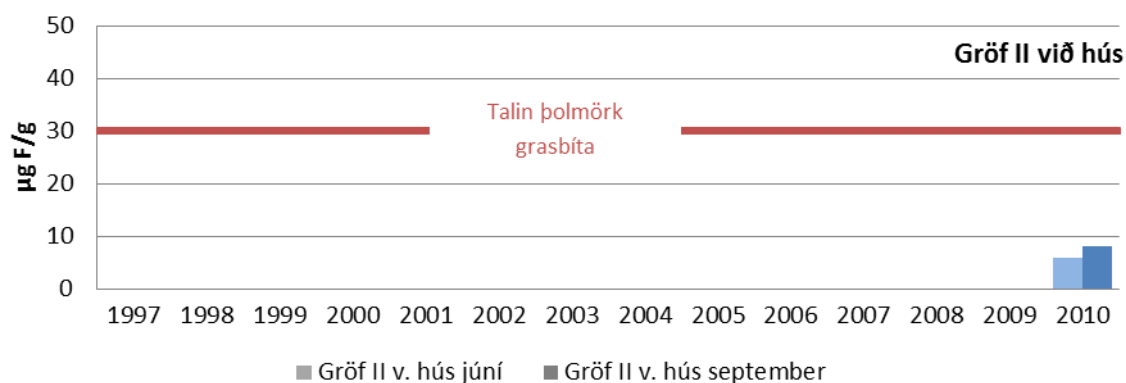
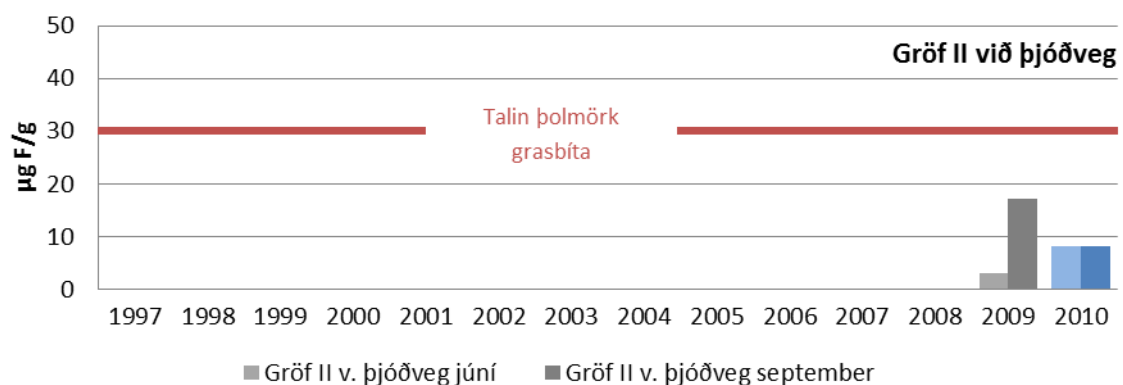
III.I: STYRKUR FLÚORS Í GRASI

Mánaðarmeðalstyrkur flúors í grasi á vöktunarstöðunum níu fyrir gras má sjá á mynd III.1 að neðan. Að Gröf II við Þjóðveg og Hlíð hefur verið mælt frá 2009 og að Gröf II við hús var mælt í fyrsta skipti 2010. Talin þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fóðri eru 30 µg F/g.



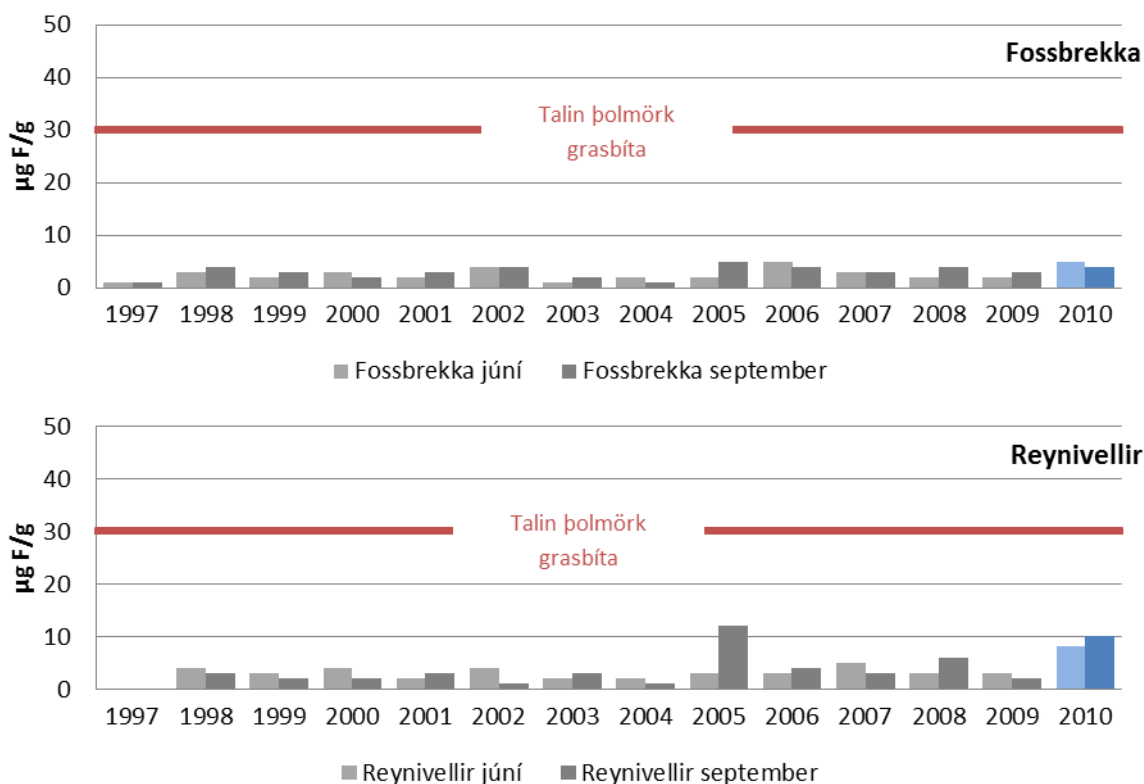
Mynd III. 1: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í grasi frá vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010

**Flúorstyrkurur í grasi á vöktunarstöðum
mánaðarmeðaltöl - framhald**



Mynd III.1 framhald: Meðalstyrkurur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í grasi frá vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010

Flúorstyrkur í grasi á vöktunarstöðum - mánaðarmeðaltöl - framhald

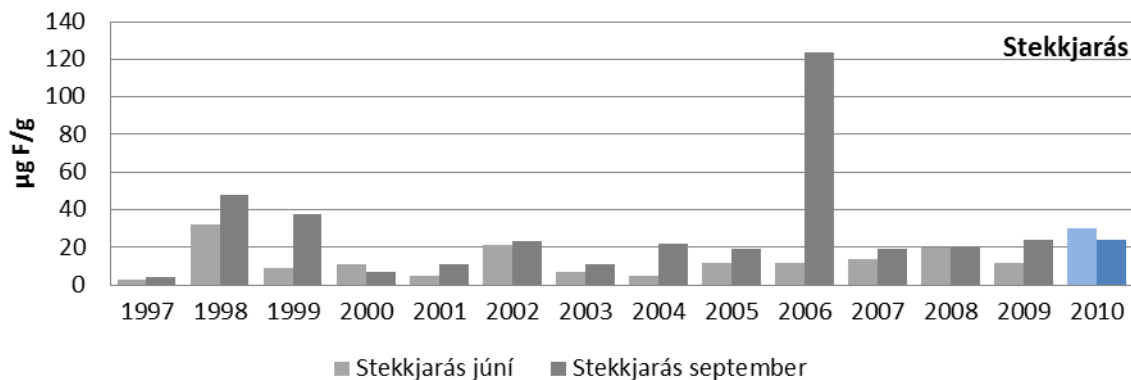


Mynd III.1 framhald: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í grasi frá vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010

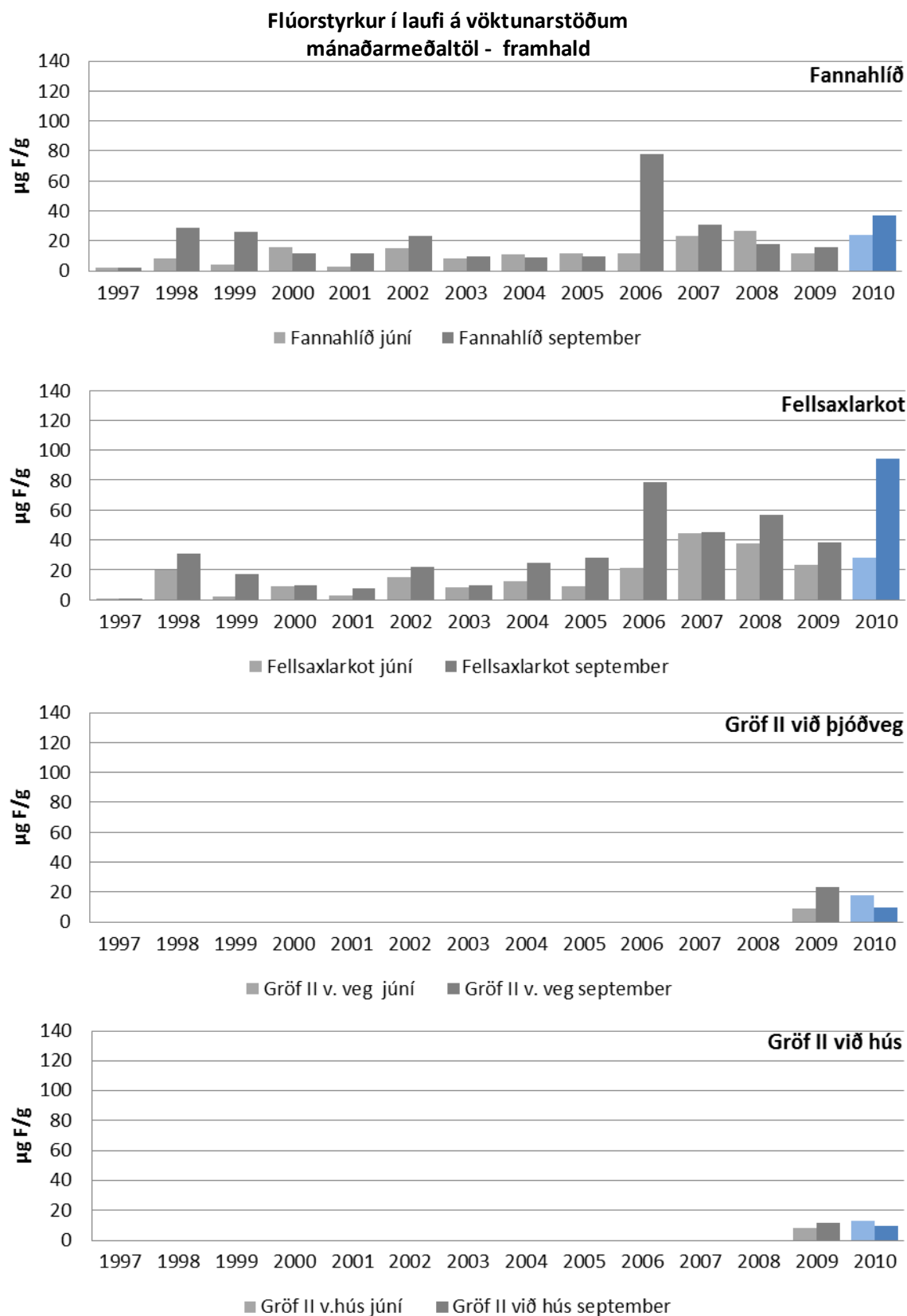
III.II: STYRKUR FLÚORS Í LAUFI

Mánaðarmeðaltöl fyrir mældan styrk flúors í laufi á vöktunarstöðunum níu má sjá á mynd III.2 hér að neðan. Að Gröf II við Þjóðveg og hús og við Hlíð hefur verið mælt frá 2009. Talin þolmörk lauftrjáa gagnvart flúor í plöntuvef eru 200 µg F/g.

Flúorstyrkur í laufi á vöktunarstöðvum mánaðarmeðaltöl

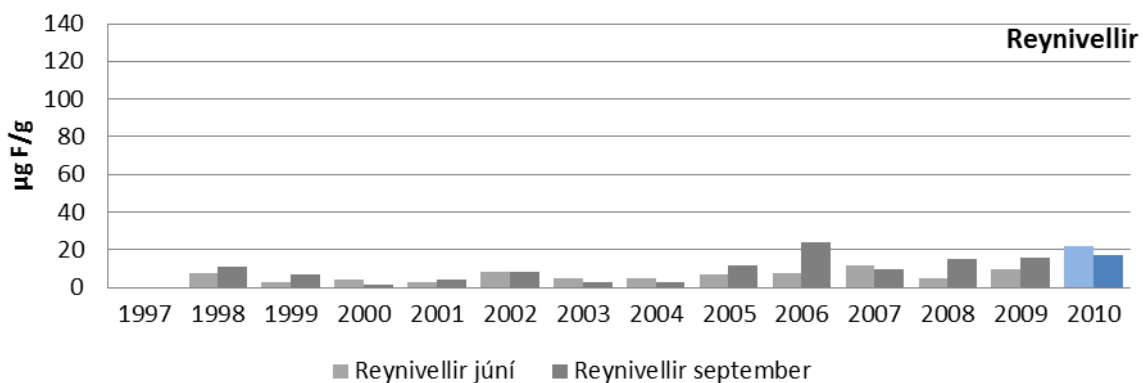
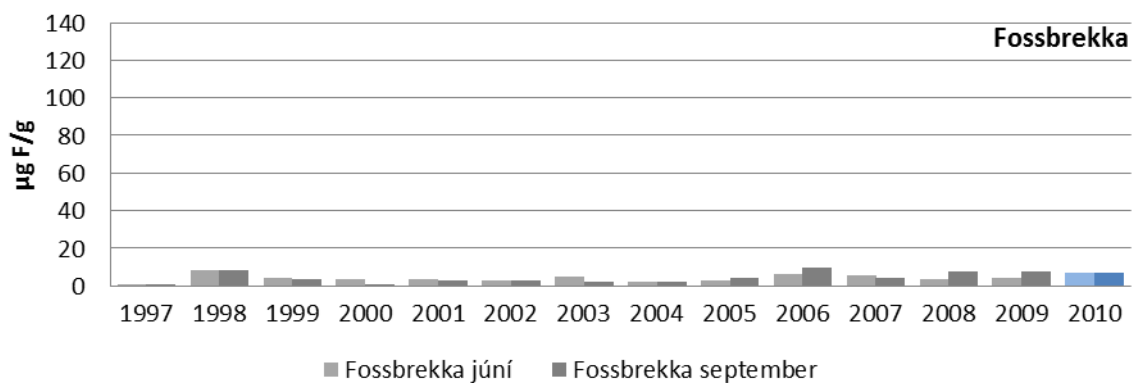
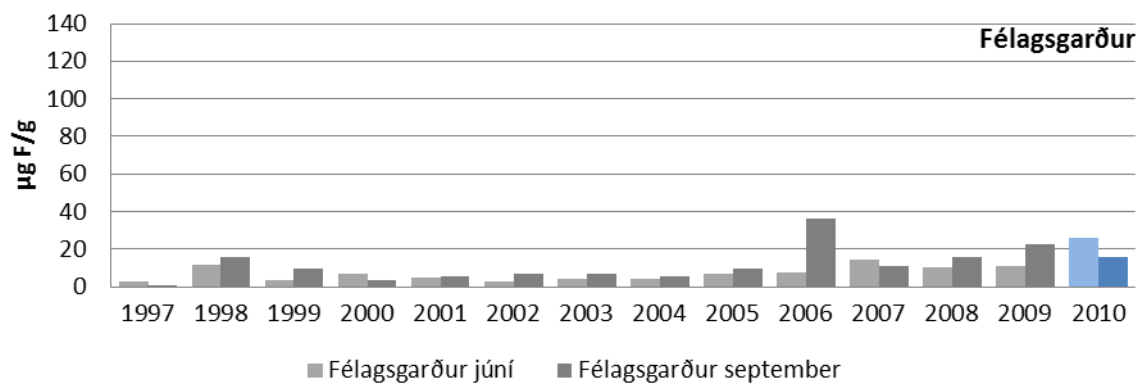
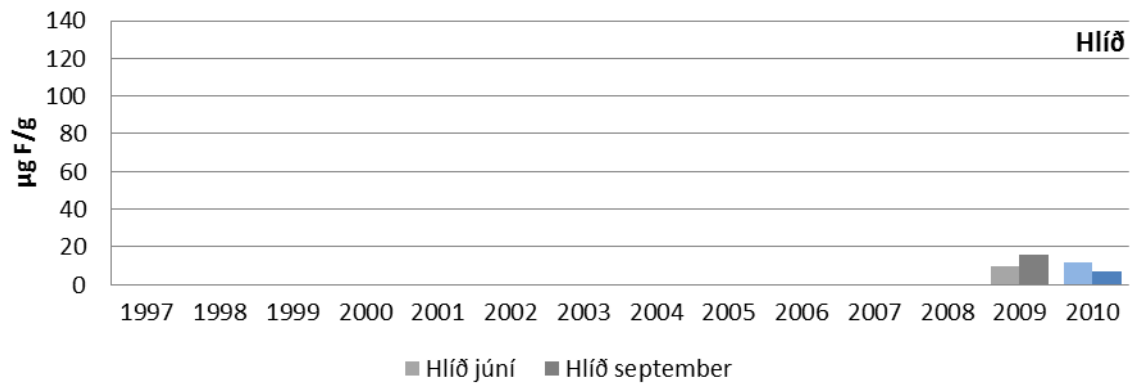


Mynd III. 2: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í laufi á vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010



Mynd III. 2 framhald: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í laufi á vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010

**Flúorstyrkur í laufi á vöktunarstöðum
mánaðarmeðaltöl - framhald**

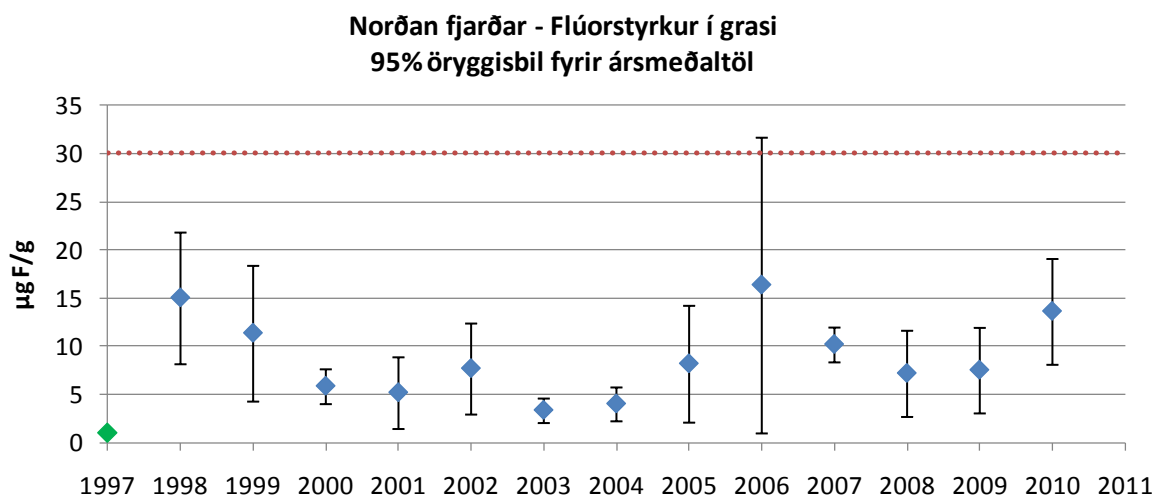


Mynd III. 2 framhald: Meðalstyrkur flúors (samanlagt í þurrefni og skoli) í laufi á vöktunarstöðvum fyrir gróður, vor og haust árin 1997 - 2010

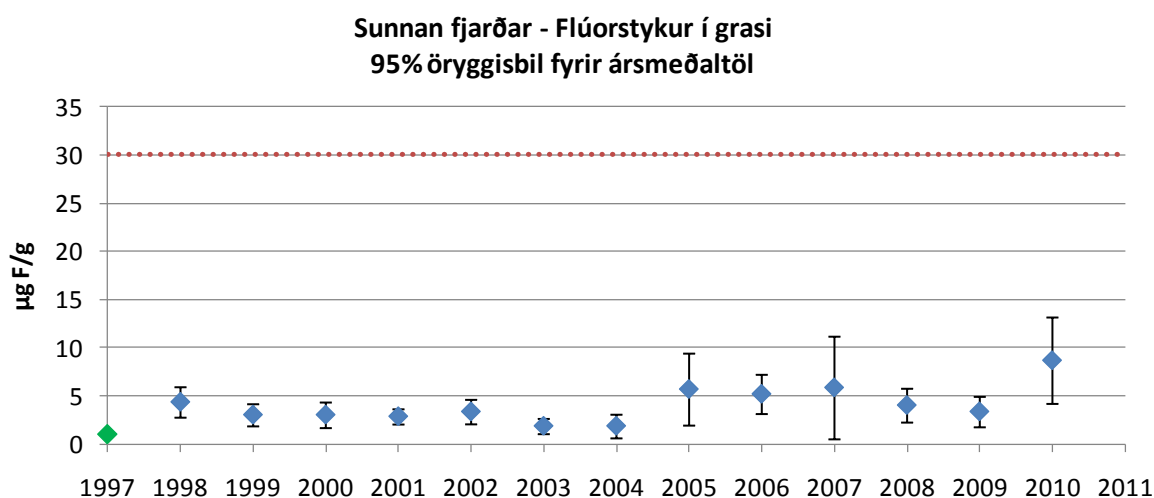
III.III: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR GRÓÐUR

Umhverfisvöktun fyrir gróður hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2010 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna. Gröf með niðurstöðum tölfræði útreikninga á vöktunarmælingum fyrir gróður árin 1997 – 2010 eru birt á eftirfarandi myndum III.3 – III.14.

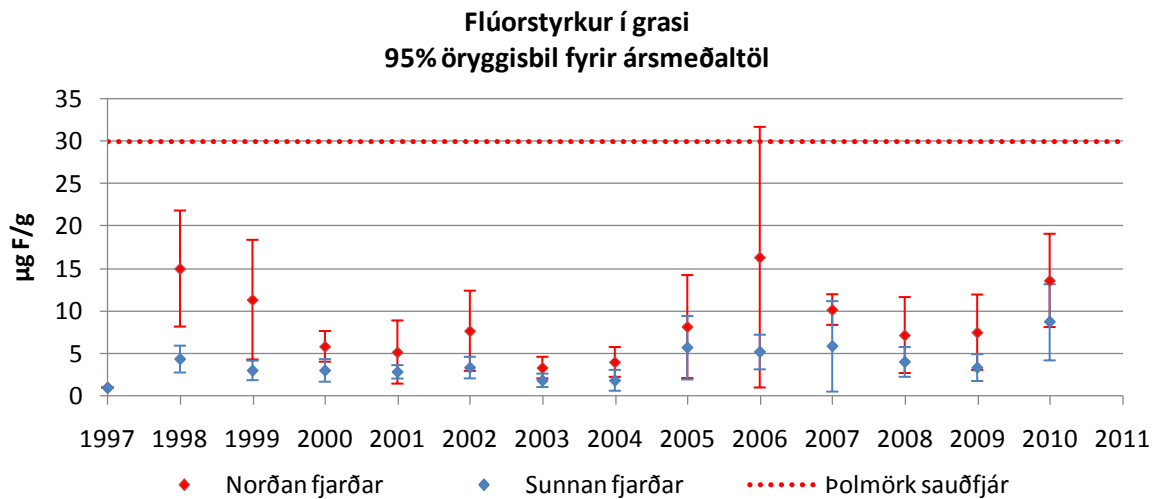
Myndir III.3 – III.5 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalársstyrk flúors í grasi norðan og sunnan fjarðar.



Mynd III. 3: Ársmeðalstyrkur flúors í grasi norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

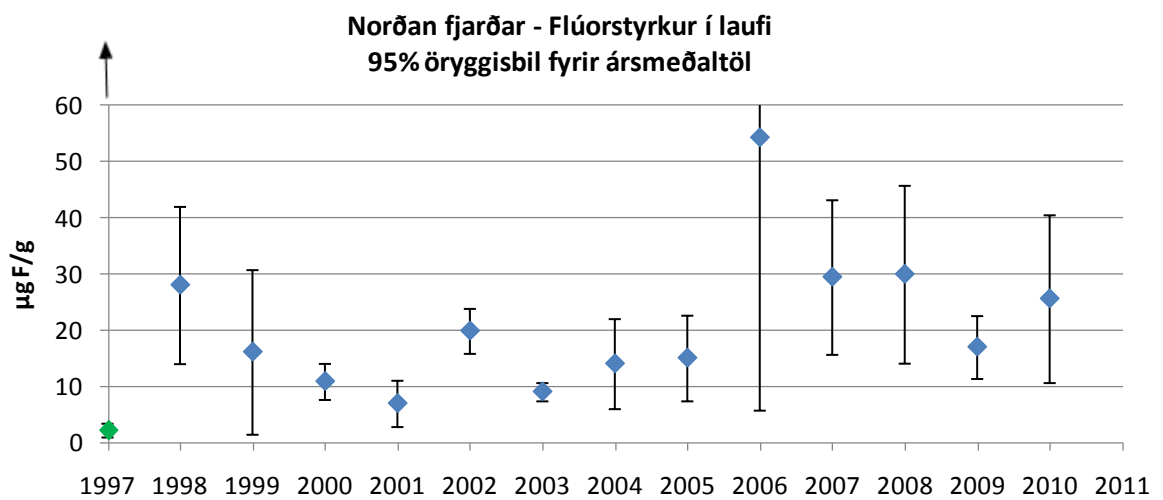


Mynd III. 4: Ársmeðalstyrkur flúors í grasi sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

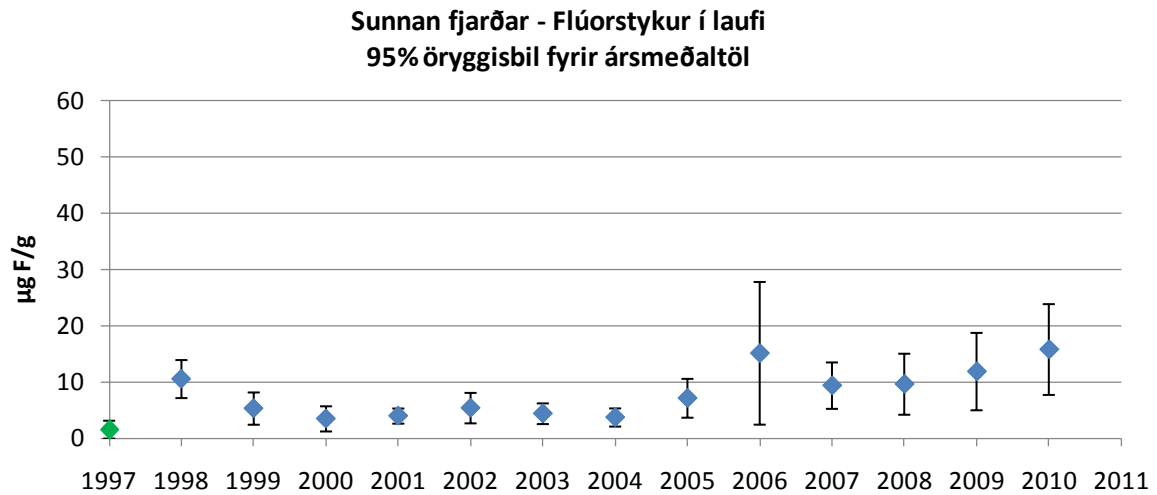


Mynd III. 5: Ársmeðalstyrkur flúors í grasi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

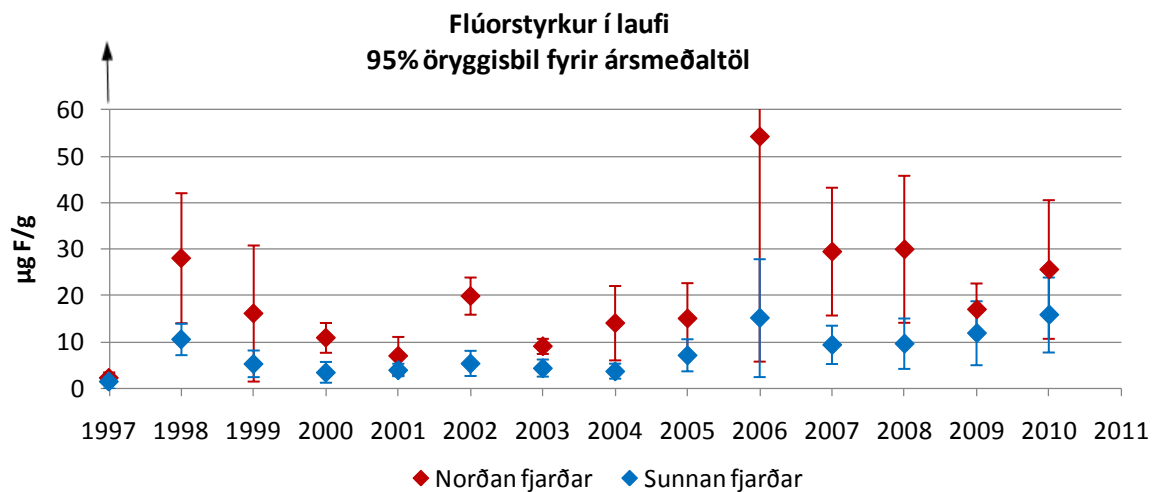
Myndir III.6 – III.8 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalárstyrk flúors í laufi norðan og sunnan fjarðar.



Mynd III. 6: Ársmeðalstyrkur flúors í laufi norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

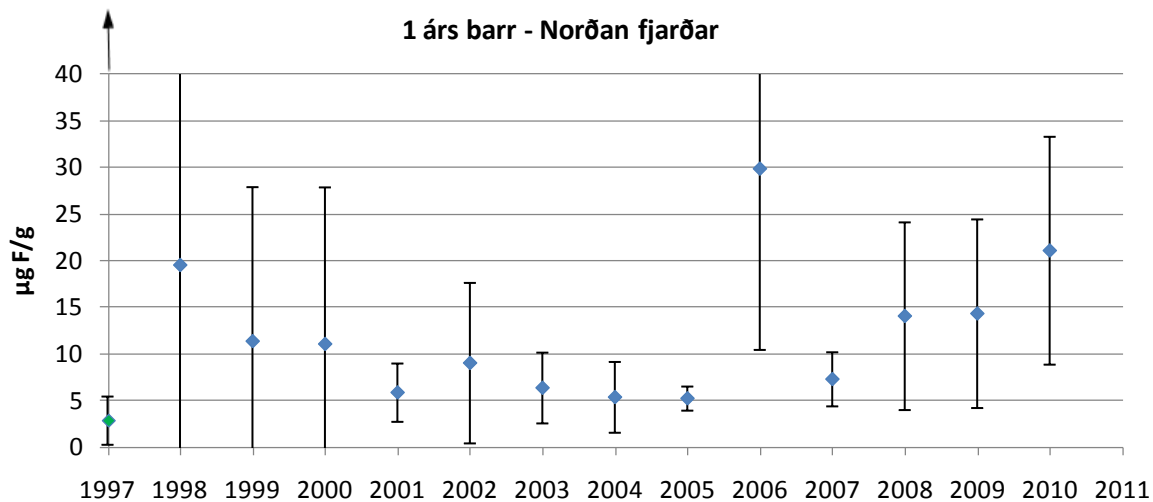


Mynd III. 7: Ársmeðalstyrkur flúors í laufi sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

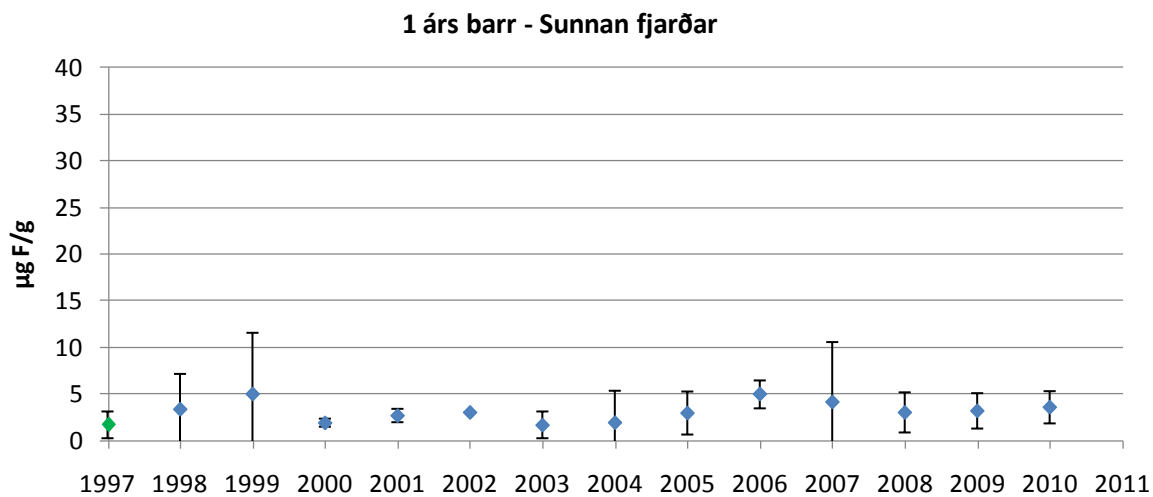


Mynd III. 8: Ársmeðalstyrkur flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

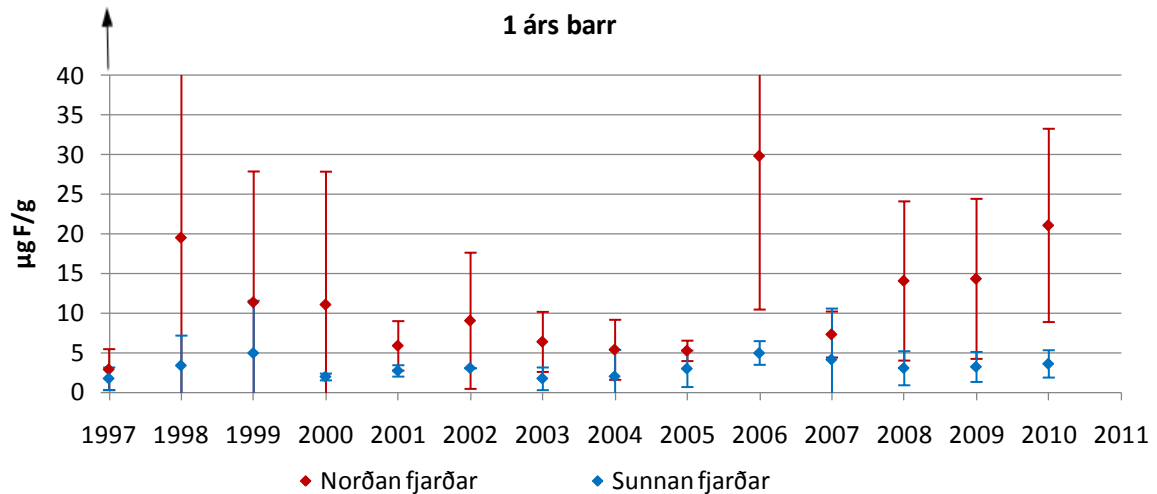
Myndir III.9 – III.14 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalárstyrk flúors í barri norðan og sunnan fjarðar fyrir eins og tveggja ára gamlt barr.



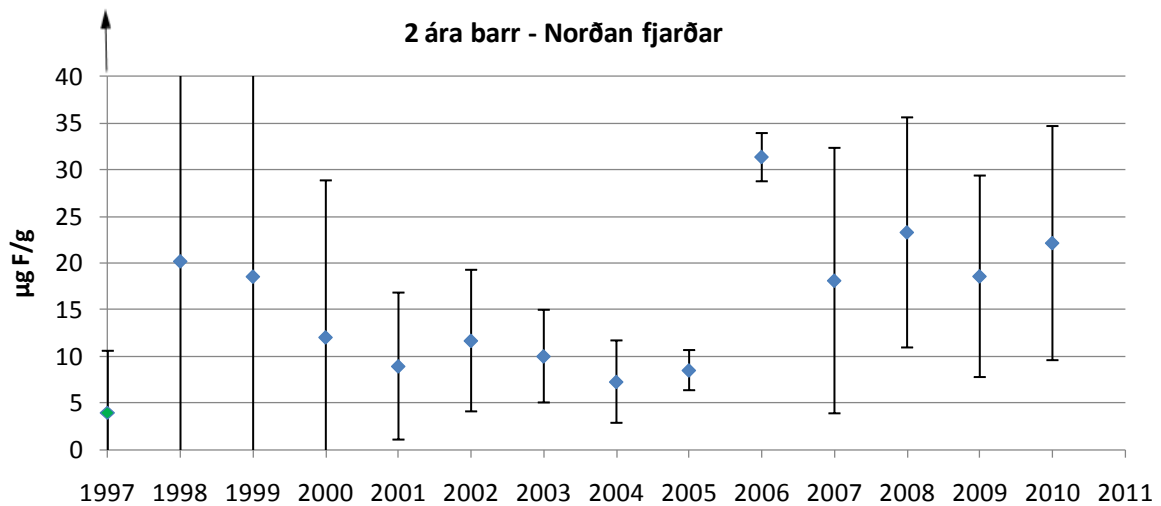
Mynd III. 9: Ársmeðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



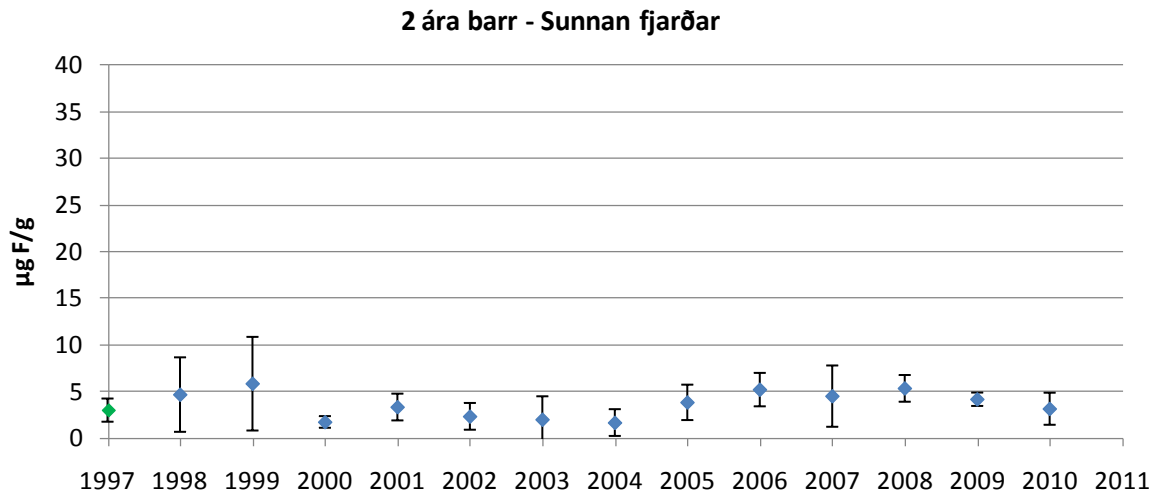
Mynd III. 10: Ársmeðalstyrkur flúors í eins árs barri sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



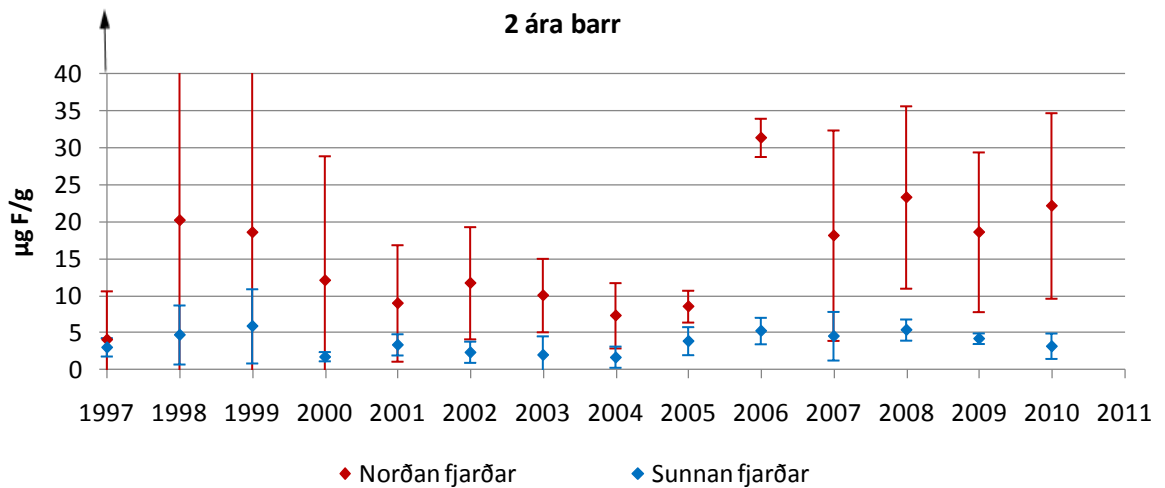
Mynd III. 11: Ársmeðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 12: Ársmeðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 13: Ársmeðalstyrkur flúors í tveggja ára barri sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd III. 14: Ársmeðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

VIÐAUKI IV: VÖKTUN SAUÐFJÁR

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

Við vöktun sauðfjár voru 115 hausar lamba og kinda skoðaðir og mældir og eru merkingar hausa og skýringar skráðar. Í viðauka IV.I er yfirlit dýralæknis fyrir skoðun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár. Ítarefni fyrir niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfisvöktun á sauðfé frá 1997 – 2010 er að finna í viðauka IV.II.

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

Bær	Nr.	Aldur	Flúor (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun [‡]	Beinbólga *	Annað
Skorholt	F 001	Lamb	140					
Skorholt	F 002	Lamb	87					
Skorholt	F 003	Lamb	78					
Skorholt	F 004	Lamb	104					
E-Leirárgarðar	F 005	Lamb	78					
E-Leirárgarðar	F 006	Lamb	140					
E-Leirárgarðar	F 007	Lamb	115					
E-Leirárgarðar	F 008	Lamb	64					
E-Leirárgarðar	F 009	2v	563					
E-Leirárgarðar ¹⁾	F 010	2v	1680	++		+		Framtennur
Skjaldfönn	F 011	Lamb	79					Viðmið
Skjaldfönn	F 012	Lamb	26					Viðmið
Skjaldfönn	F 013	Lamb	28					Viðmið
Skjaldfönn	F 014	Lamb	37					Viðmið
Skjaldfönn ²⁾	F 015	4v †	358					Viðmið. Framtennur
Skjaldfönn	F 016	4v †	281					Viðmið
Skjaldfönn	F 017	4v †	414					Viðmið
Skjaldfönn	F 018	4v †	370	+				Viðmið
Gröf	F 019	2v †	1632			+		
Gröf ³⁾	F 020	3v †	1649					
Gröf	F 021	7/8v †	1769	+++		++		
Gröf	F 022	7/8v †	1857	+		+	+	
Gröf	F 023	Lamb	321					
Gröf	F 024	Lamb	335					
Gröf	F 025	Lamb	318					
Gröf	F 026	Lamb	366					
Þaravellir	F 027	7-8v †	2060	+++	+++	+++	++	
Þaravellir	F 028	7-8v †	3638	++	++	+++	+	
Þaravellir	F 029	7-8v †	2170			+		
Þaravellir	F 030	7-8v †	1860		+	+		
Þaravellir	F 031	Lamb	235					
Þaravellir	F 032	Lamb	186					
Þaravellir	F 033	Lamb	363					
Þaravellir	F 034	Lamb	206					
Hrafnabjörg	F 035	8v †	1450					
Hrafnabjörg	F 036	8v †	1360	+	+		+	
Hrafnabjörg	F 037	8v †	1714		+			
Hrafnabjörg	F 038	8v †	1569	+	++	+		
E-Leirárgarðar	F 039	9v †	912	++	+++			
E-Leirárgarðar	F 040	9v †	700		+++	+	+	
E-Leirárgarðar	F 041	9v †	935	+++	++			
E-Leirárgarðar	F 042	8v †	905	++	++		+	
Innri-Hólmur	F 043	≥ 4v	1454		++			
Innri-Hólmur	F 044	≥ 4v?	1691	++	+++	+	++	
Innri-Hólmur	F 045	≥ 4v?	1709	++	+++			
Innri-Hólmur	F 046	≥ 4v	1369					
Skipanes	F 047	8v	1139		+	+	+++	
Skipanes	F 048	7v	802	+	++			

Bær	Nr.	Aldur	Flúor (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun [‡]	Beinbólga *	Annað
Skipanes	F 049	6v	946		++	+	++	
Skipanes	F 050	6v	807		++	+	+	
Hóll	F 051	8v †	821	+	++	+		
Hóll	F 052	8v †	773	+	+	+		
Hóll	F 053	9v †	664		+++	+		
Hóll ⁴⁾	F 054	10v †	1508	+		++	++	
Kiðafell	F 055	7v	932	+	+			
Kiðafell	F 056	6v	857			+++	+++	
Kiðafell	F 057	6v	758					
Kiðafell ⁵⁾	F 058	5v	870	+		+	+	
Kiðafell	F 059	Lamb	161					
Kiðafell	F 060	Lamb	96					
Kiðafell	F 061	Lamb	85					
Kiðafell	F 062	Lamb	95					
Grímsstaðir	F 063	8v†	1156	+	+			
Grímsstaðir	F 064	6v†	1173	+		+		
Grímsstaðir	F 065	5v†	1421		+	+++	+++	
Grímsstaðir	F 066	6v†	1313					
Grímsstaðir	F 067	Lamb	208					
Grímsstaðir	F 068	Lamb	282					
Grímsstaðir	F 069	Lamb	203					
Grímsstaðir	F 070	Lamb	143					
Vogatunga	F 071	Lamb	211					
Vogatunga	F 072	Lamb	138					
Vogatunga	F 073	Lamb	177					
Vogatunga	F 074	Lamb	144					
Skipanes	F 075	Lamb	144					
Skipanes	F 076	Lamb	165					
Skipanes	F 077	Lamb	105					
Skipanes	F 078	Lamb	189					
Hrafnabjörg	F 079	Lamb	126					
Hrafnabjörg	F 080	Lamb	121					
Hrafnabjörg	F 081	Lamb	123					
Hrafnabjörg	F 082	Lamb	158					
Innri-Hólmur ⁶⁾	F 083	8v	1557	++		+		Mjög svartir jaxlar
Innri-Hólmur ⁶⁾	F 084	8v	1602	+	++	+		
Innri-Hólmur ⁶⁾	F 085	8v	1355	+++	++			
Innri-Hólmur ⁶⁾	F 086	8v +†	1803					
Innri-Hólmur	F 087	Lamb	425					
Innri-Hólmur	F 088	Lamb	445					
Innri-Hólmur	F 089	Lamb	312					
Innri-Hólmur	F 090	Lamb	350					
Hóll	F 091	9v†	1136	++	+++	++		
Hóll	F 092	9v†	910	++	++			
Hóll	F 093	≥ 4v?	713	++	++	++		
Hóll	F 094	≥ 4v	876		+++	+		
Hjalli	F 095	9v†	1109	++	+	++	++	
Hjalli	F 096	8v†	910		+			
Hjalli	F 097	8v†	985	+				

Bær	Nr.	Aldur	Flúor (µg/g)	Tannslit	Tannlos	Beinrýrnun [‡]	Beinbólga *	Annað
Hjalli	F 098	Lamb	83					
Hjalli	F 099	Lamb	142					
Hjalli	F 100	Lamb	123					
Hjalli ⁷⁾	F 101	Lamb	205					
Vogatunga	F 102	7v +†	1231					
Vogatunga	F 103	7v +†	1327	+	+	++	++	
Vogatunga	F 104	7v +†	1397	+				
Vogatunga	F 105	7v +†	1526		+			
Vogatunga	F 106	7v +†	1128	+	++			
Vogatunga ⁸⁾	F 107	7v +†	1376		+	+++	++	
Skorholt	F 108	≥ 4v?	914	+	+			
Skorholt	F 109	≥ 4v	838		+			
Skorholt	F 110	≥ 4v	592		+	++	+++	
Skorholt	F 111	≥ 4v	881					
Bjarnarhöfn ⁸⁾	F 112	8v †	643			+	++	Víðmið
Bjarnarhöfn ⁸⁾	F 113	8v †	750	+		+	++	Víðmið
Bjarnarhöfn ⁸⁾	F 114	8v †	795			++	++	Víðmið
Bjarnarhöfn ⁸⁾	F 115	8v †	981	+++		++	+++	Víðmið

+ = vægar breytingar

++ = miðlungs breytingar

+++ = miklar breytingar

[‡] Beinrýrnun sökum tannholds og tannslíðursbólgu

* Beinbólga: Þykkun í kjálkabeini; bein- og beinmergsbólga

† Aldur samkvæmt upplýsingum

¹⁾ F 010: Kind frá Litlu-Fellsöxl. Framtennur, i1 og i2, eru með litlar brúar dældir á fremra yfirborði

²⁾ F 015: Kind frá Skjaldfönn. Ljósir hnúðar í glerungi framan á hægri i2 (galli - líkist ekki breytingum við flúoreitrun)

³⁾ F 020: Kind frá Bjarteyjarsandi

⁴⁾ F 054: Kind frá Katanesi. Búin að vera 3 ár á Hóli

⁵⁾ F 058: Kind frá Hrisbrú

⁶⁾ F 083 – F086: Kindur frá Kirkjubóli

⁷⁾ F 107: Kind með mark frá Lyngholti

⁸⁾ F 101: Lamb með mark sem ekki er frá Hjalla

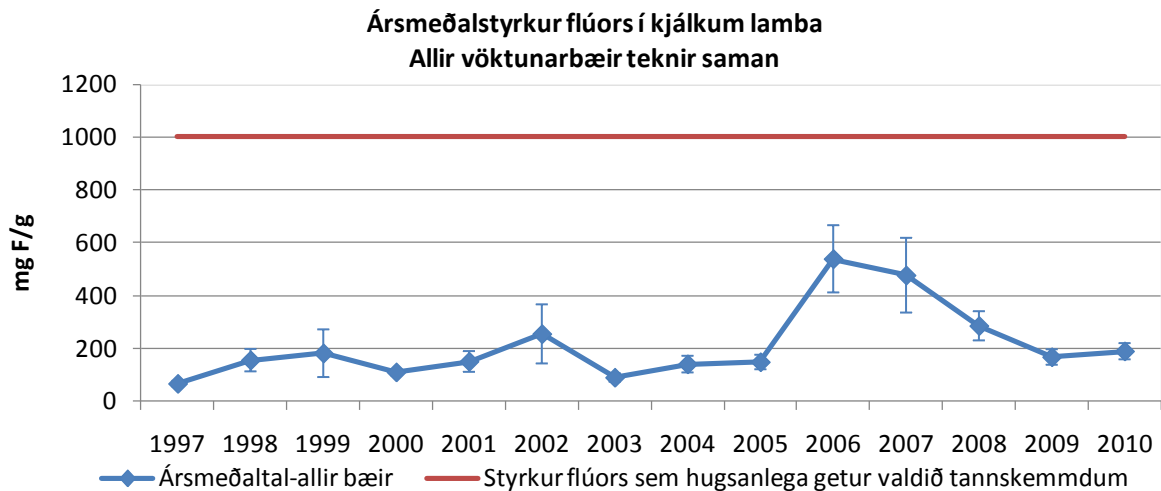
⁹⁾ F 112 – F 115: Kindur frá Bjarnarhöfn á fjörubeit

IV.II: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR SAUÐFÉ

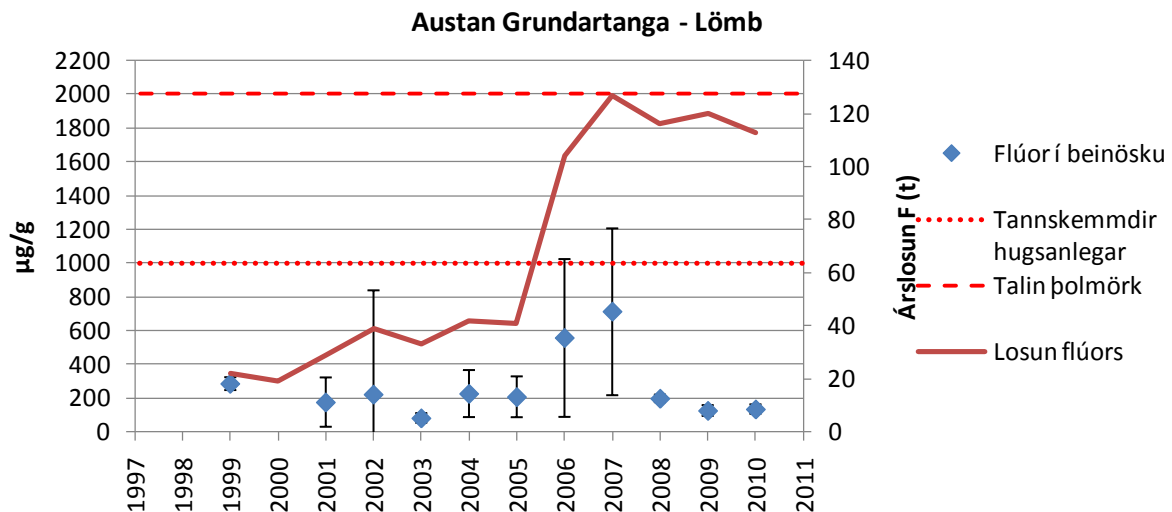
Umhverfissvöktun fyrir sauðfé hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2010 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna.

Niðurstöður tölfræðigreiningar á lömbum er að finna á myndum IV.1 – IV.6 og fyrir kindur á myndum IV.7 – IV.12

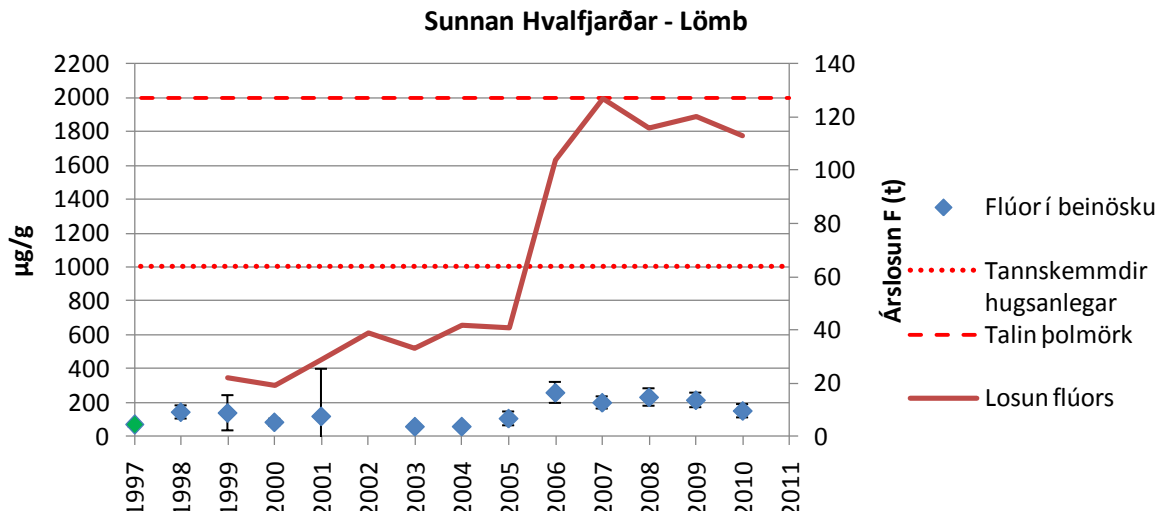
Lömb



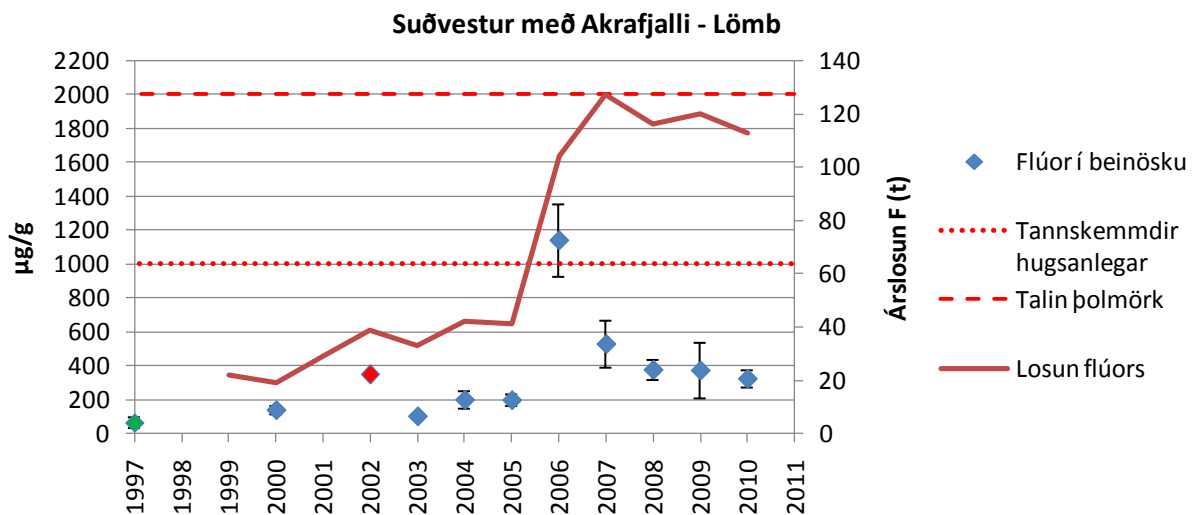
Mynd IV. 1: Ársmeðalstyrkur flúors í lömbum allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2010



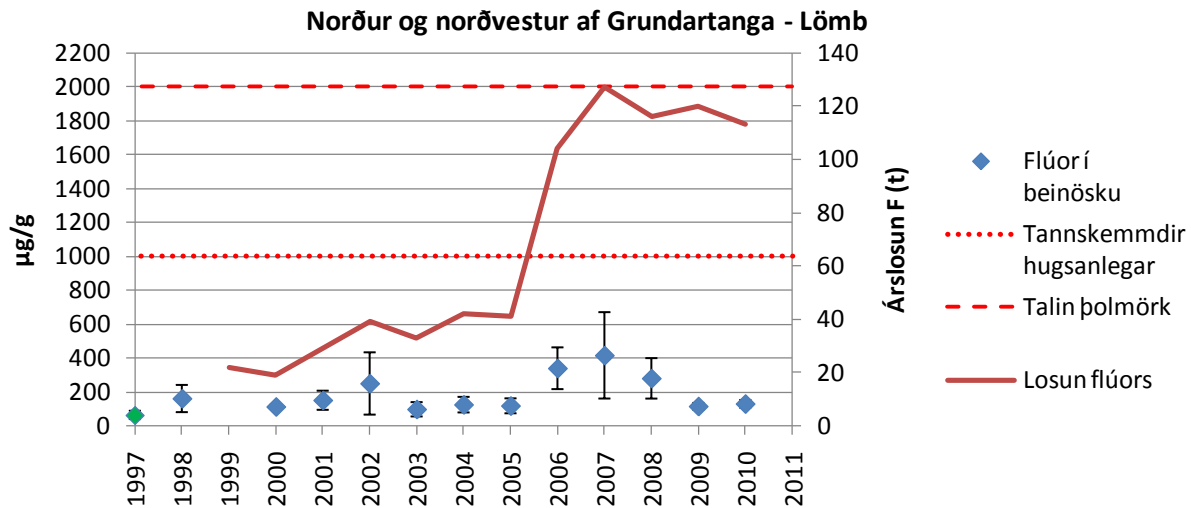
Mynd IV. 2: Meðalstyrkur flúors í lömbum austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors í tonnum frá álfverinu 1997 – 2010



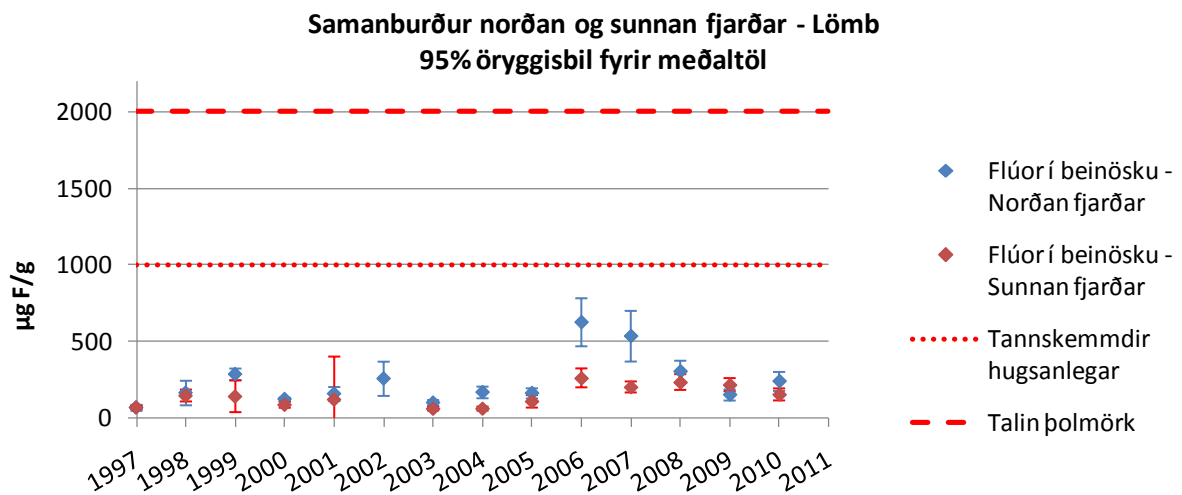
Mynd IV. 3: Meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010



Mynd IV. 4: Meðalstyrkur flúors í lömbum suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010

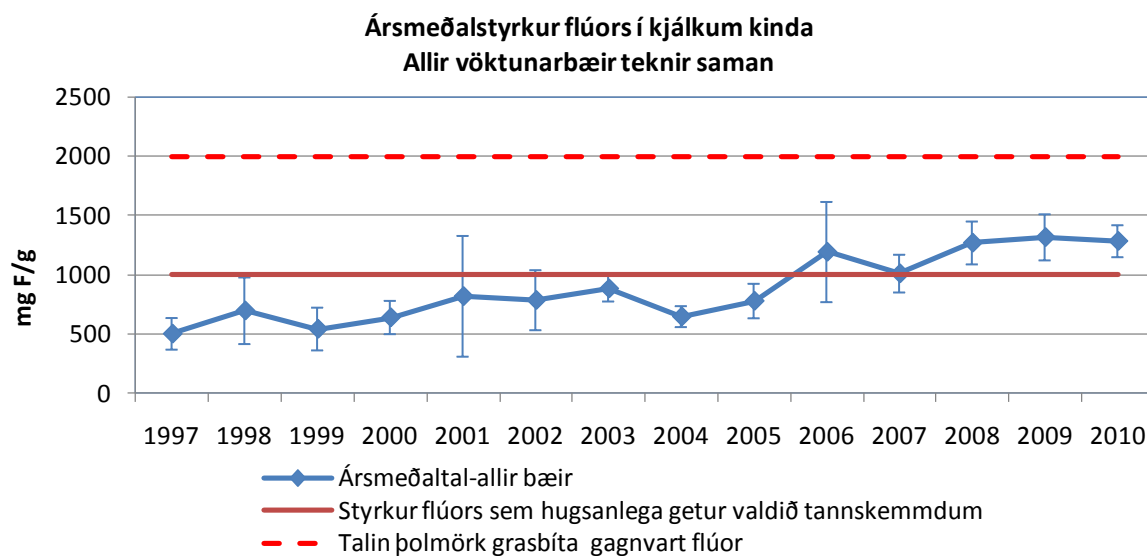


Mynd IV. 5: Meðalstyrkur flúors í lömbum norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010

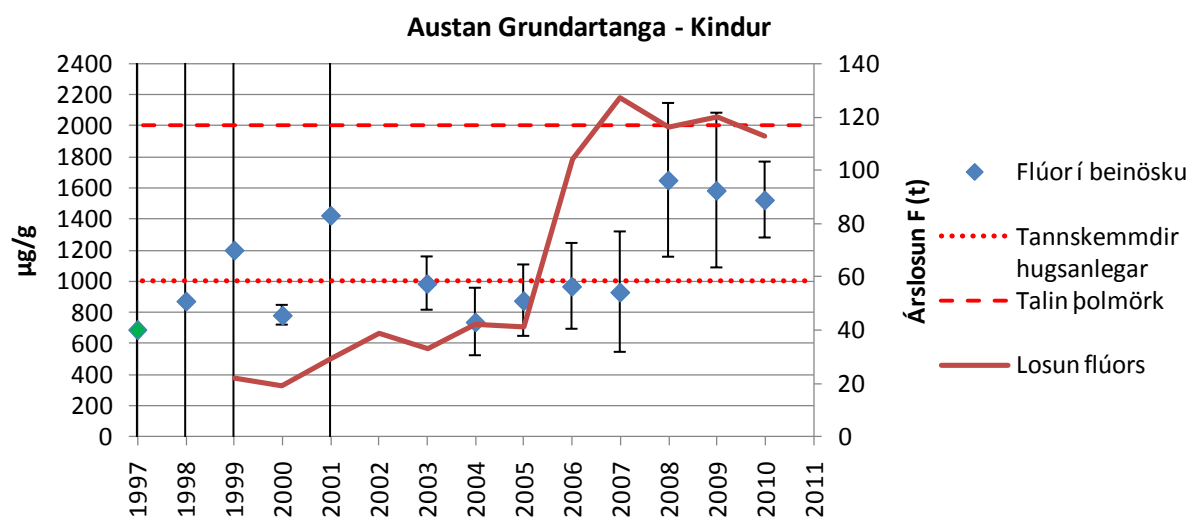


Mynd IV. 6: Samanburður á flúor í beinösku norðan og sunnan Hvalfjarðar í lömbum

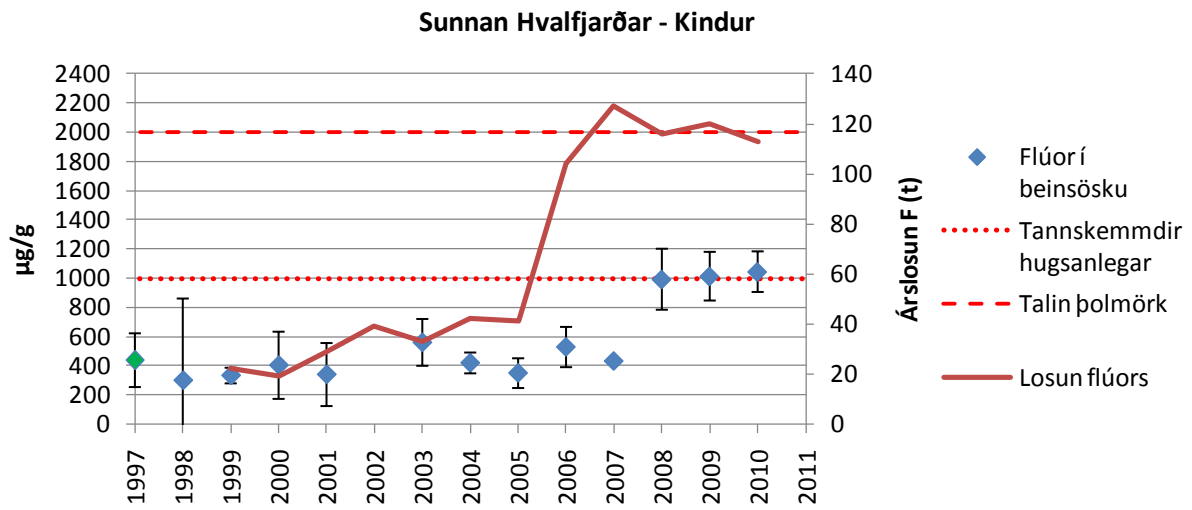
Kindur



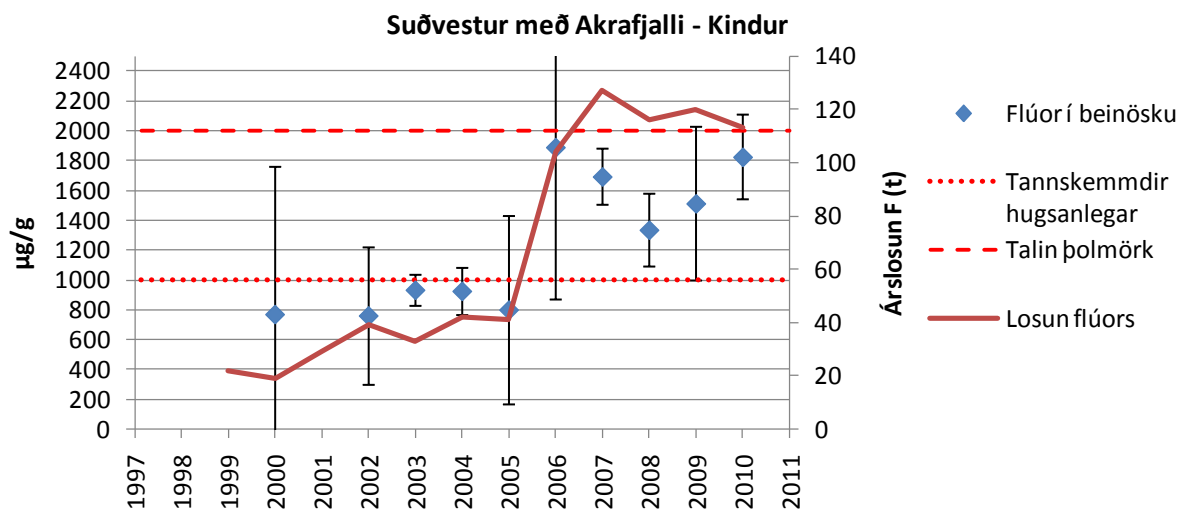
Mynd IV. 7: Ársmeðalstyrkur flúors í kindum allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2010



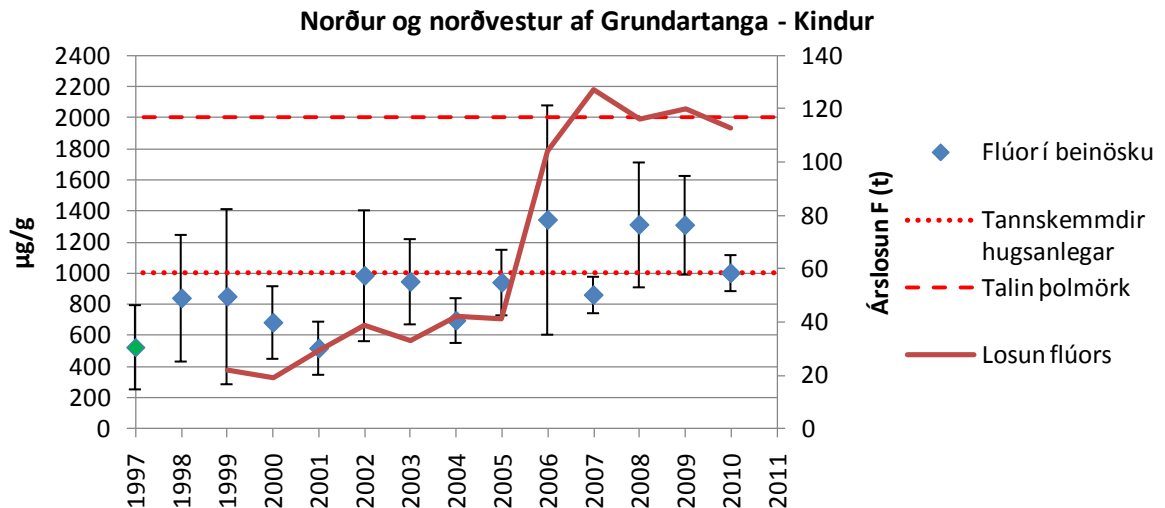
Mynd IV. 8: Meðalstyrkur flúors í kindum austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010



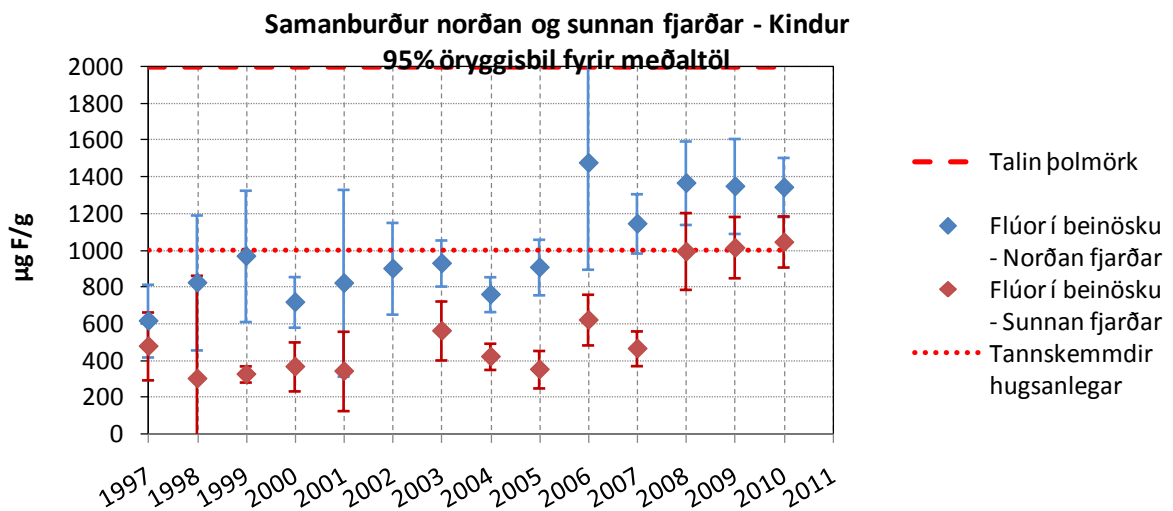
Mynd IV. 9: Meðalstyrkur flúors í kindum sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010



Mynd IV. 10: Meðalstyrkur flúors í kindum suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010



Mynd IV. 11: Meðalstyrkur flúors í kindum norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2010



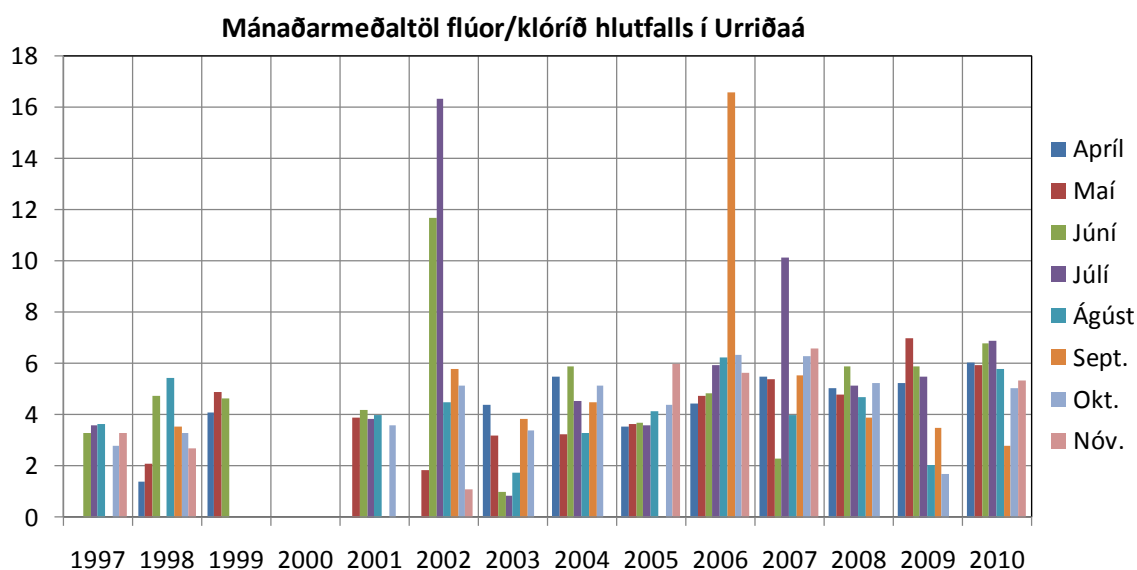
Mynd IV. 12: Samanburður á flúor í beinösku norðan og sunnan Hvalfjarðar í kindum

VIÐAUKI V: VÖKTUN ÁRVATNS

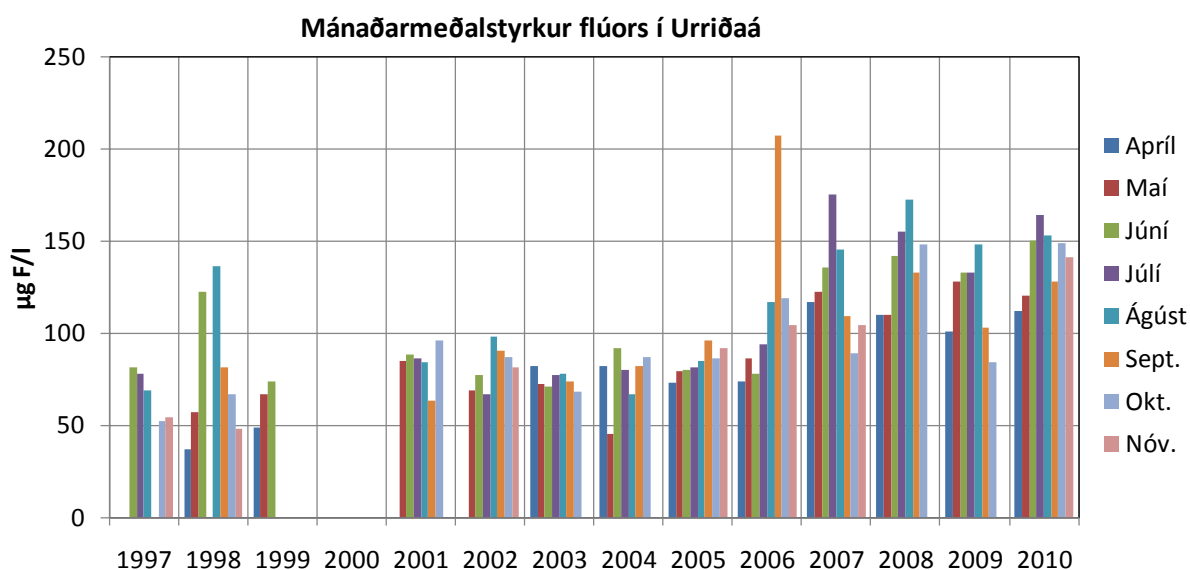
Gætt getur áhrifa frá sjó í mælingum á magni flúors og súlfats í vöktunaránum. Það byggir á því að klóríð, súlfat og flúor berst í grunnrennsli áa nálægt sjó. Styrkur klóríðs er mældur til þess að meta þessi áhrif og hlutfall flúors og klóríðs auk súlfats og klóríðs reiknuð. Í viðauka V.I eru niðurstöður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

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

Á myndum V.1 og V.2 má sjá að mestu áhrifa frá sjó gætti í september, en minnst í apríl og maí árið 2010.



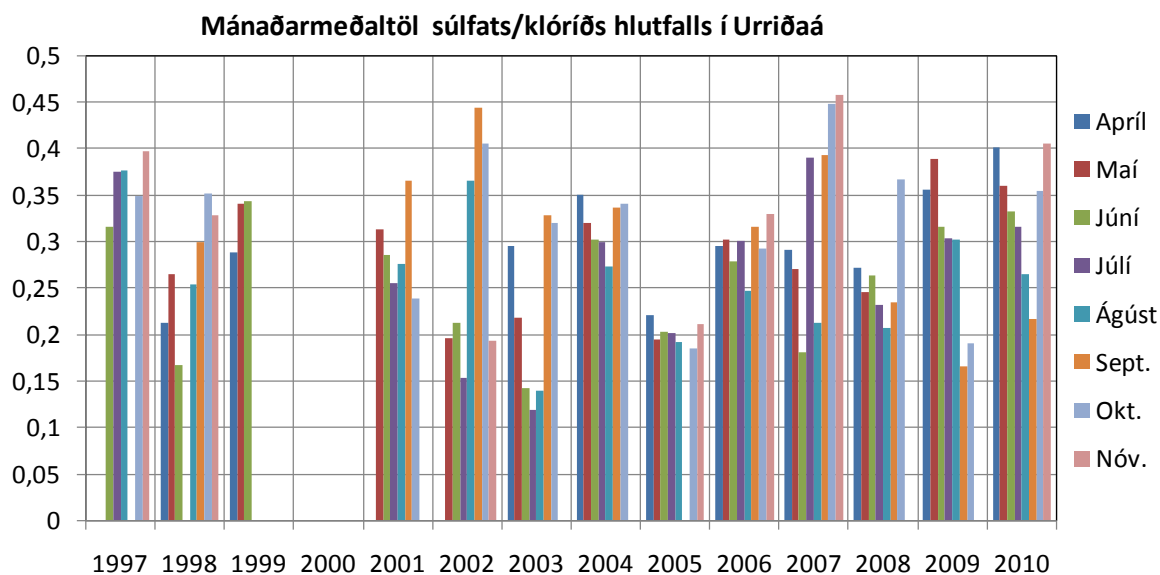
Mynd V. 1: Mánaðarmeðaltöl flúor/klóríð hlutfalls í Urriðaá árin 1997 - 2010



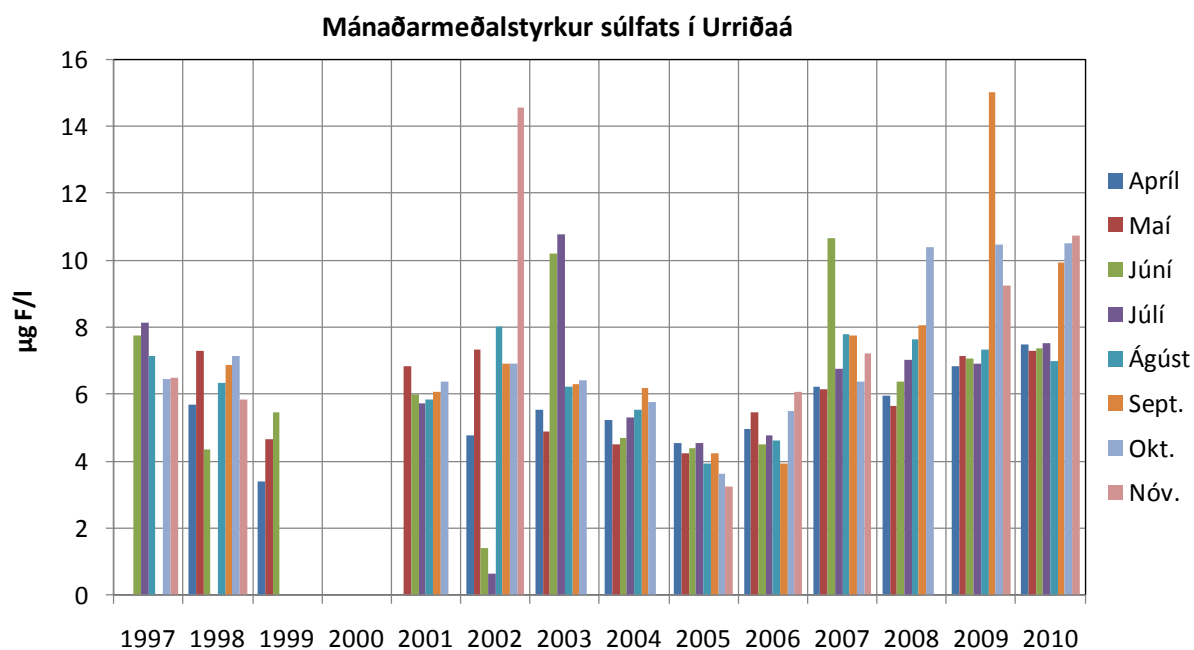
Mynd V. 2: Mánaðarmeðalstyrkur flúors í Urriðaá árin 1997 - 2010

V.II:SÚLFAT OG SÚLFAT/KLÓRÍÐ HLUTFALL Í URRIÐAÁ

Á myndum V.3 og V.4 má sjá að mestu áhrifa frá sjó gætti í september, en minnst í apríl og maí árið 2010.



Mynd V. 3: Mánaðarmeðaltöl súlfats/klóríðs hlutfalls í Urriðaá árin 1997 - 2010



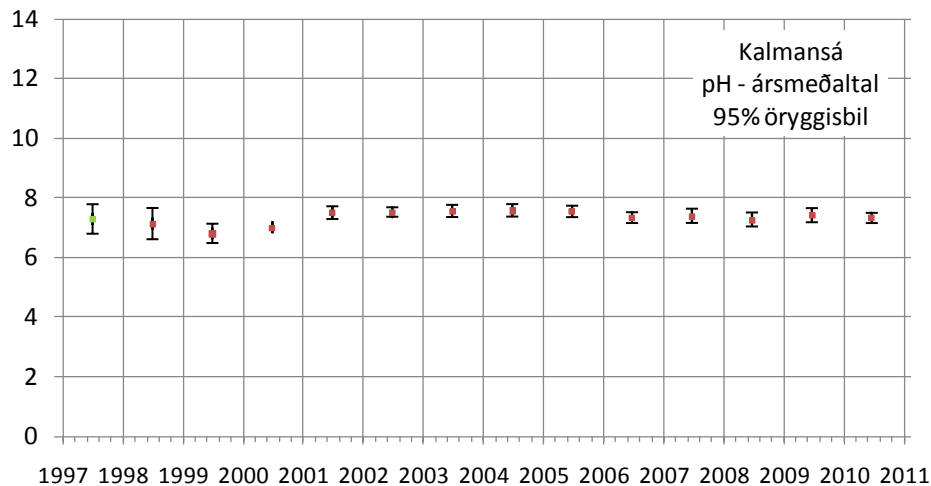
Mynd V. 4: Mánaðarmeðalstyrkur súlfats í Urriðaá árin 1997 - 2010

V.III: TÖLFRÆÐINIÐURSTÖÐUR FYRIR ÁRVATN

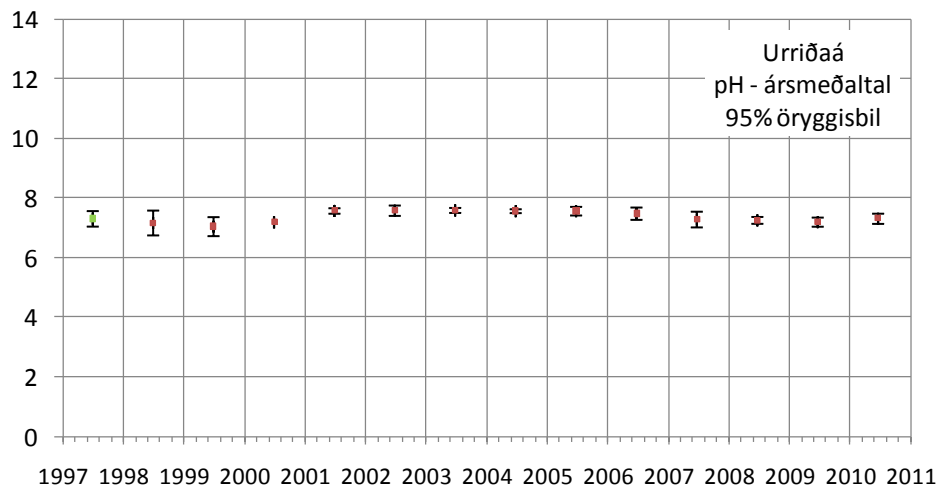
Umhverfisvöktun fyrir árvötn hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2010 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna.

Myndir með niðurstöðum vegna tölfræði útreikninga á niðurstöðum vöktunarmælinga fyrir árvötn árin 1997 – 2010 eru birt hér að neðan.

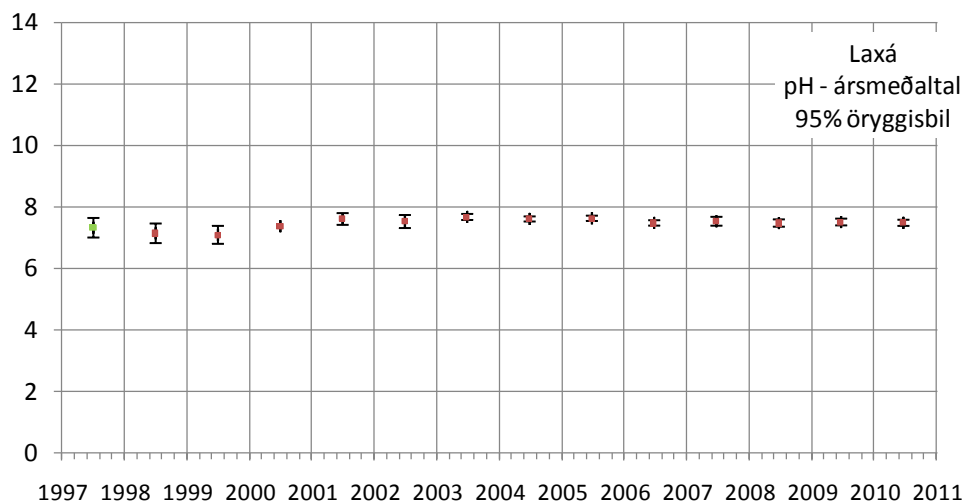
Myndir V.5 – V.9 eru niðurstöður vegna tölfræðigreiningar á sýrustigi vöktunaránna.



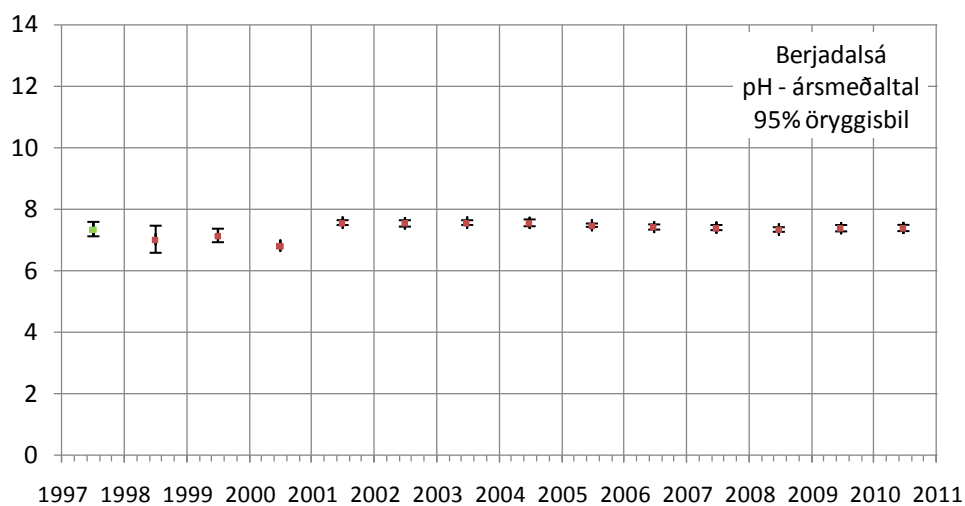
Mynd V. 5: Ársmeðaltal sýrustigs í Kalmansá mælt 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



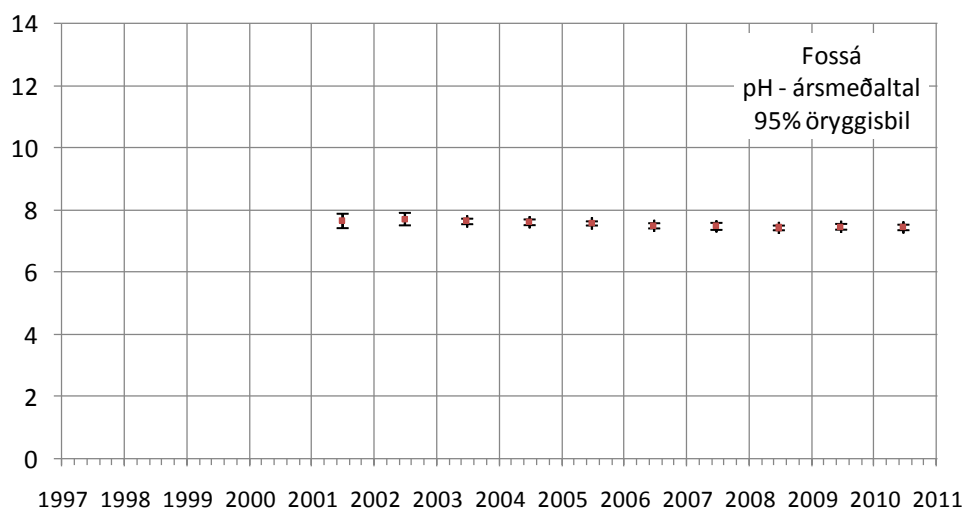
Mynd V. 6: Ársmeðaltal sýrustigs í Urriðaá mælt 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd V. 7: Ársmeðaltal sýrustigs í Laxá mælt 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

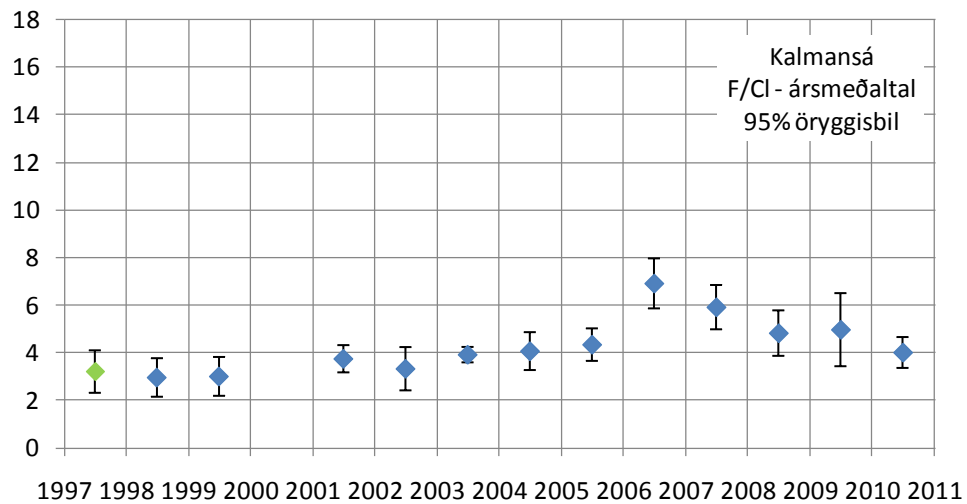


Mynd V. 8: Ársmeðaltal sýrustigs í Berjadalsá mælt 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

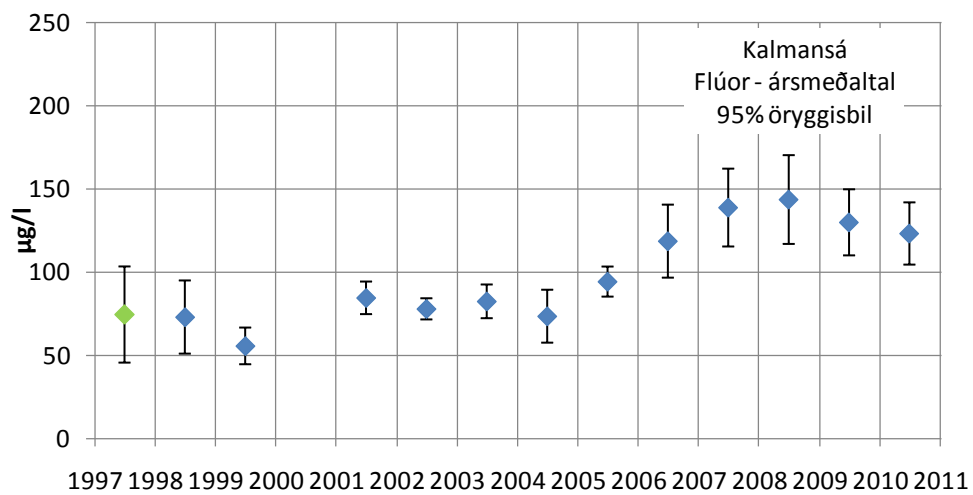


Mynd V. 9: Ársmeðaltal sýrustigs í Fossá mælt 1997 – 2010 ásamt 95% öryggisbilum.

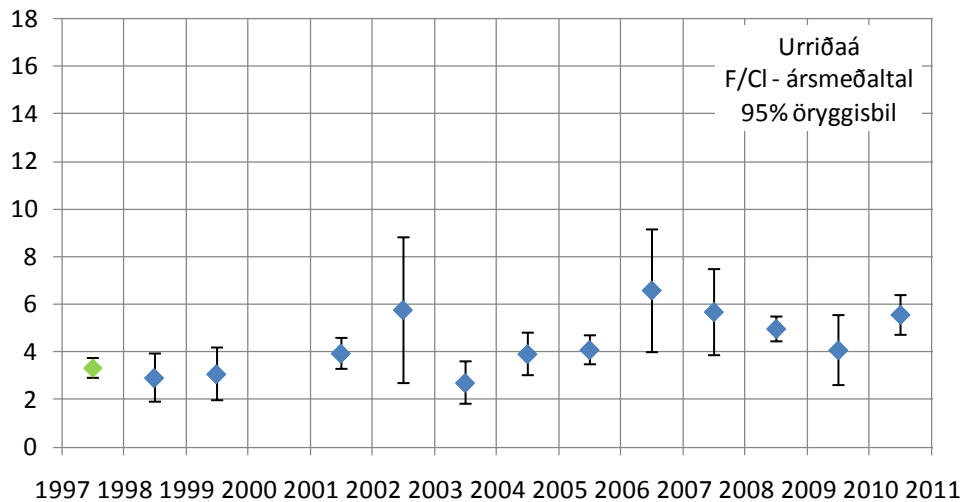
Á myndum V.10 – V.19 eru niðurstöður vegna tölfraeðigreiningar á flúor/klóríð hlutfalli og mældum flúorstryrk í vöktunaránum.



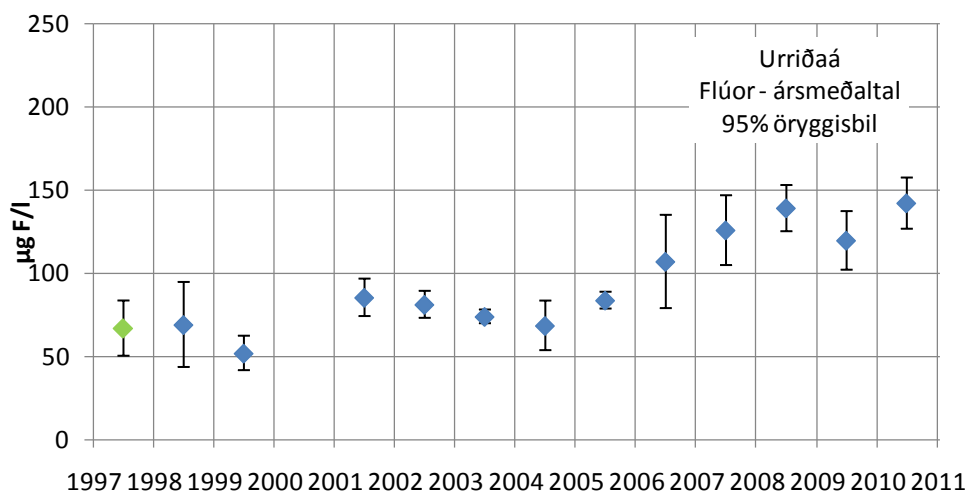
Mynd V. 10: Ársmeðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



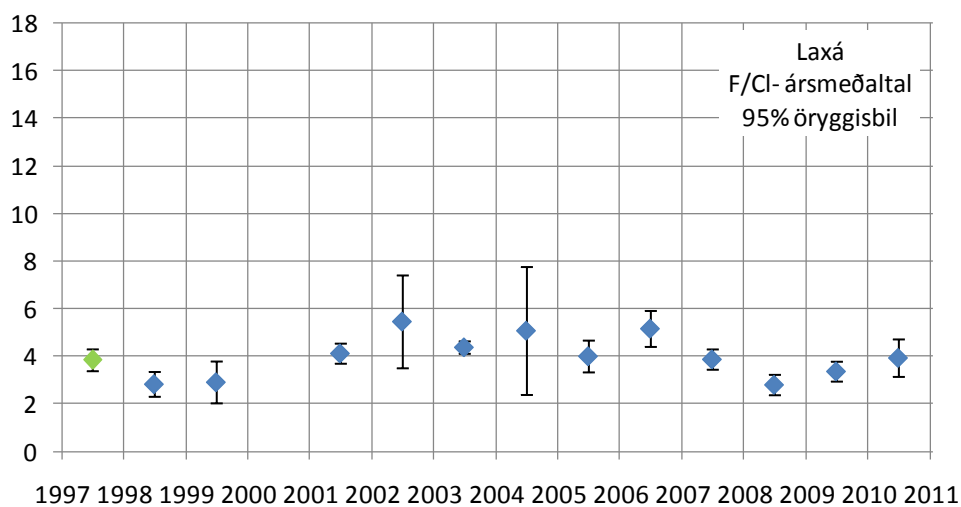
Mynd V. 11: Ársmeðalstyrkur flúors í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



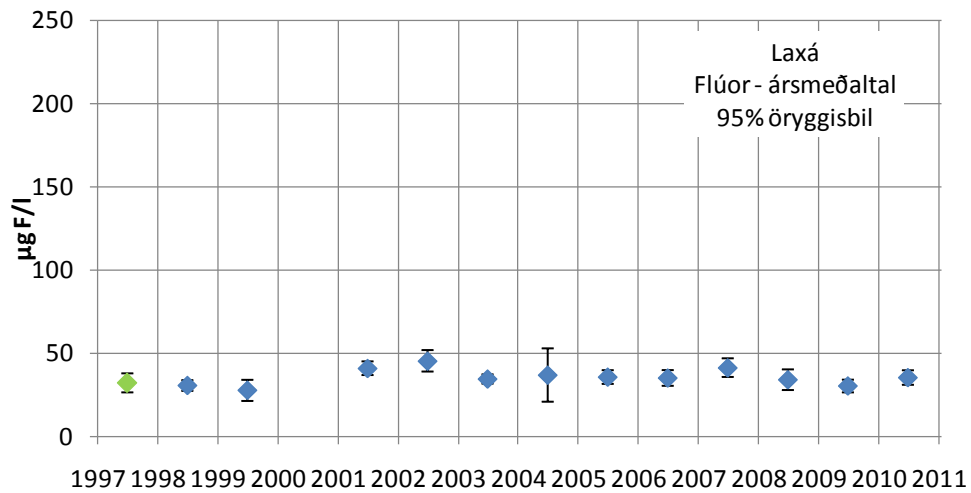
Mynd V. 12: Ársmeðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Urriðaaá ásamt 95% öryggisbilum.



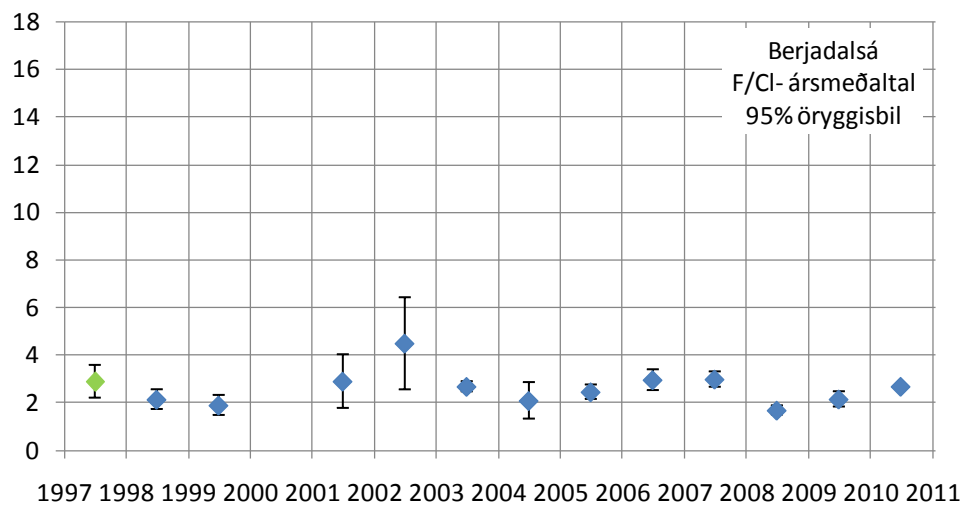
Mynd V. 13: Ársmeðalstyrkur flúors í Urriðaaá ásamt 95% öryggisbilum.



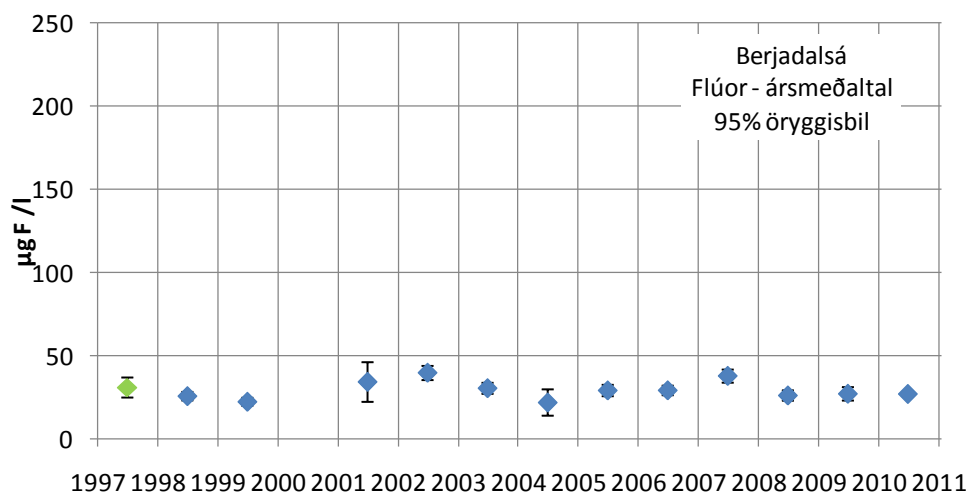
Mynd V. 14: Ársmeðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Laxá ásamt 95% öryggisbilum.



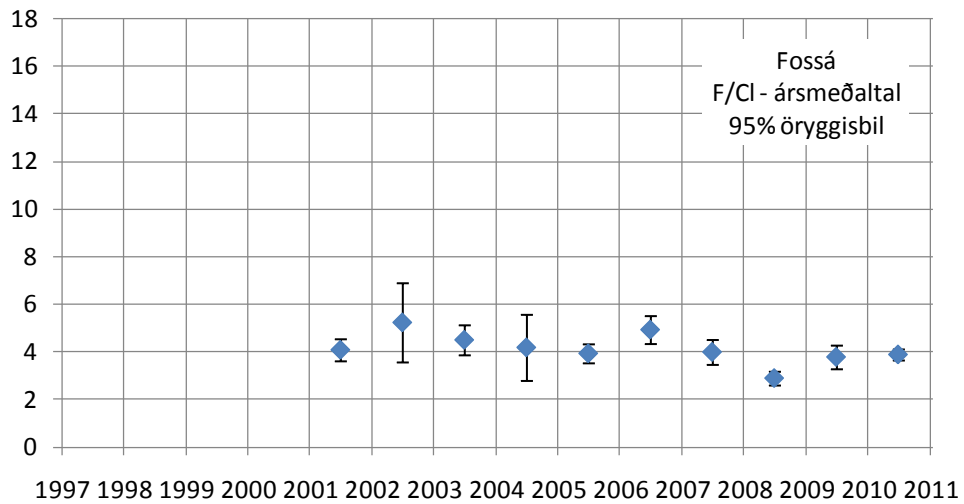
Mynd V. 15: Ársmeðaltstyrkur flúors í Laxá ásamt 95% öryggisbilum.



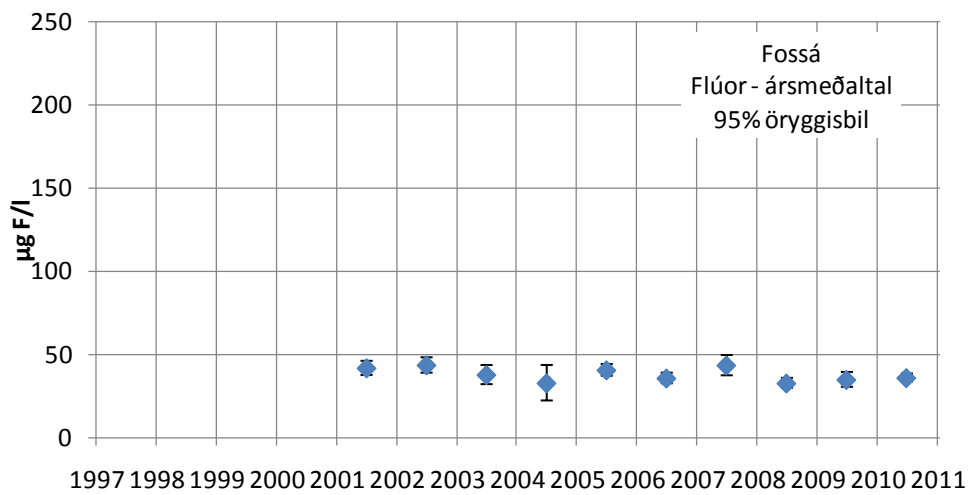
Mynd V. 16: Ársmeðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd V. 17: Ársmeðaltstyrkur flúors í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd V. 18: Ársmeðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Fossá ásamt 95% öryggisbilum.



Mynd V. 19: Ársmeðalstyrkur flúors í Fossá ásamt 95% öryggisbilum.