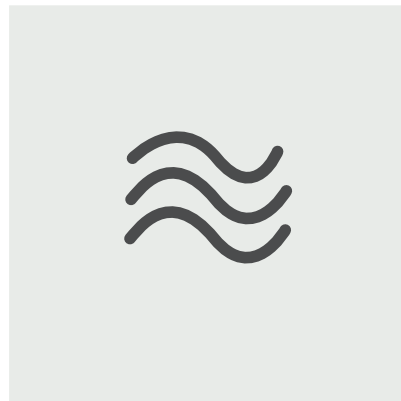
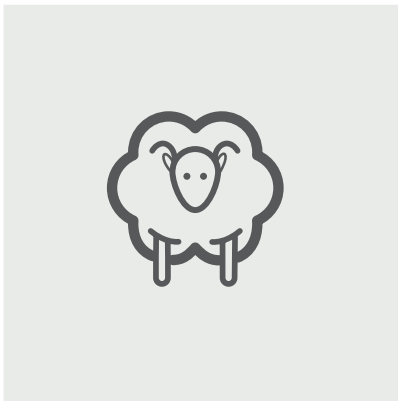


# UMHVERFISVÖKTUN

ÍÐNAÐARSVÆÐISINS Á GRUNDARTANGA

Niðurstöður ársins 2017





## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

### ÚTGÁFUDAGUR / VERKNÚMÉR

Apríl 2018 / 2434-108

### SKÝRSLUNÚMÉR (ISBN) / SÍÐUFJÖLDI

978-9935-9280-7-8/ 102

### VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Magnús Freyr Ólafsson

### VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Eva Yngvadóttir

### LYKILORÐ

Umhverfisvöktun, iðnaðarsvæðið á Grundartanga, Alur álvinnsla ehf., Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartangi ehf.

### STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlestrar
- Lokið

### DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

### TITILL SKÝRSLU

Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga  
Niðurstöður ársins 2017

### VERKHEITI

Umhverfisvöktun í Hvalfirði 2017

### VERKKAUPI

Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartangi ehf., Alur Álvinnsla ehf.

### HÖFUNDAR

Eva Yngvadóttir, Alexandra Kjeld, Friðrik K. Gunnarsson, Sigurður Thorlacius og Snævarr Örn Georgsson

### ÚTDRÁTTUR

Skýrslan inniheldur samantekt á niðurstöðum umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir árið 2017. Tilgangur vöktunarinnar er að meta þau áhrif á umhverfið sem starfsemi á iðnaðarsvæðinu veldur. Umhverfisvöktunin fór fram samkvæmt umhverfisvöktunaráætlun 2014-2021 sem samþykkt hefur verið af Umhverfisstofnun. Eftirfarandi þættir voru vaktaðir: loftgæði (andrúmsloft og úrkoma), ferskvatn, sjór við flæðigryfjur, gróður (mosi, fléttur, gras, lauf og barr) og grasbítar (sauðfé og hross).

Niðurstöður vöktunar árið 2017 fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó við flæðigryfjur og gras leiða í ljós að öll viðmiðunarmörk eru uppfyllt sem sett eru í starfsleyfum og reglugerðum. Ekki eru skilgreind íslensk viðmiðunarmörk fyrir úrkomu, gróður (mosi, fléttur, lauf og barr) og grasbíta. Styrkur flúors í gróðri mældist í öllum tilvikum undir þolmörkum gróðurs. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum sauðfjár hefur hækkað samanborið við árið 1997 en ekki er greinilegt samband á milli tannheilsu sláturfjár og styrk flúors í kjálkabeinum. Ekki voru greinanleg áhrif flúors á tönnum eða í liðum lifandi sauðfjár og hrossa.



## SAMANTEKT

Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga árið 2017 fór fram samkvæmt umhverfisvöktunar-áætlun 2014-2021. Tilgangur hennar er að meta áhrif á umhverfið vegna starfsemi á iðnaðarsvæðinu. Gerðar voru mælingar á loftgæðum, ferskvatni, umhverfi flæðigryfja í sjó, klapparreitum, gróðri og grasbítum.

Niðurstöður vöktunar árið 2017 fyrir loftgæði, ferskvatn, gras og sjó leiða í ljós að öll viðmiðunarmörk sem sett eru í starfsleyfum og reglugerðum eru uppfyllt. Ekki eru skilgreind íslensk viðmiðunarmörk fyrir gróður (lauf, barr, mosa og fléttur), grasbíta (sauðfé og hross) eða úrkomu. Styrkur flúors í gróðri mældist í öllum tilvikum undir töldum þolmörkum gróðurs og reglugerðarmörkum um magn flúors í fóðri. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum sauðfjár hefur hækkað samanborið við árið 1997 en hins vegar er ekki greinilegt samband á milli tannheilsu sláturfjár og styrk flúors í kjálkabeinum. Ekki voru greinanleg áhrif flúors á tönnum eða í liðum lifandi sauðfjár og hrossa.

Þau fyrirtæki sem taka þátt í umhverfisvöktuninni eru Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartangi ehf. og Alur Álvinnsla ehf. Fyrirtækin eru öll staðsett á skipulögðu iðnaðarsvæði á Grundartanga þar sem önnur starfsemi fer einnig fram. Framleiðsla ársins 2017 hjá Elkem var 114.128 tonn af 75% kísilmálmi og 20.498 tonn af kísilyki. Ársframleiðsla Norðuráls var 317.179 tonn af áli. Alur endurvann um 2.900 tonn af áli úr 7.600 tonnum af álgjalli.

### Andrúmsloft

Styrkur loftkennds flúors og heildar flúors á árinu mældist á öllum mælistöðvum undir viðmiðunarmörkum. Meðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs í andrúmslofti yfir árið mældist undir gróðurverndarmörkum á öllum mælistöðvum. Sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs fór aldrei yfir heilsuverndarmörk á árinu. Styrkur brennisteinsvetnis, nituroxíða og svifryks var í öllum tilvikum undir heilsu- og gróðurverndarmörkum og styrkur bensó(a)pýrens var undir umhverfismörkum sem gefin eru upp í reglugerðum.

### Úrkoma

Ekki eru skilgreind viðmiðunarmörk fyrir styrk uppleystra efna og sýrustig í úrkomu. Magn áfallins flúors og brennisteins með úrkomu mældist í meðallagi á vöktunarstöðvum miðað við undanfarin ár og sýrustig var svipað.

### Ferskvatn

Sýrustig og meðalstyrkur flúors og súlfats var í öllum vöktunarám innan þeirra marka sem skilgreind eru í neysluvatnsreglugerð. Ekki hefur orðið breyting á sýrustigi Kalmansár, Urriðaár og Berjadalsár miðað við árið 1997. Breyting til hækkunar hefur orðið á styrk flúors í Kalmansá og Urriðaá miðað við árið 1997. Styrkur flúors í bergvatnsánnum hefur haldist óbreyttur undanfarin ár.

## **Sjór við flæðigryfjur**

Arsen (As), króm (Cr), kopar (Cu), nikkell (Ni), blý (Pb) og sink (Zn) mældust í öllum tilvikum innan við umhverfismörk II (lítill hættu á áhrifum á umhverfið). Því má vænta lítilla eða engra áhrifa frá þessum málum á lífríki sjávar vegna losunar frá flæðigryfjum. Styrkur áls (Al), járns (Fe), vanadíns (V), fosfórs (P), sýaníðs (CN) og flúors (F) mældist í öllum tilvikum svipaður og í viðmiðunarsýnum.

Eitt sjósýni skar sig úr, þar sem styrkur ýmissa efna var áberandi hærrí í þessu sýni en öðrum. Hér er líklegast um að ræða mengun frá sjávarseti við höfnina vegna róts frá skipum og bátum.

## **Klapparreitir**

Styrkur flúors og brennisteins í fléttum mældist hærrí 2017 miðað við 2014 og hefur styrkur flúors aldrei mælst jafn hárr í fléttum á Stekkjarási síðan mælingar hófust. Ekki er sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar. Athygli vekur að þekja mosa og blað- og runnfléttna jókst í reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæða frá síðustu mælingum. Meðalþekja allra tegunda, mosa, blað- og runnfléttna og hrúðurfléttna jókst árið 2017 borið saman við árið 2014. Breytileiki þekjubreytinga er allmikill milli svæða.

## **Gróður**

Flúor í grasi var undir töldum þolmörkum grasa og grasbíta sem og reglugerðarmörkum um magn flúors í fóðri. Styrkur flúors í laufi og barri mældist á öllum vöktunarstöðum undir töldum þolmörkum lauf- og barrtrjáa. Marktæk breyting til hækkunar hefur orðið á styrk flúors í grasi og í laufi frá vöktunarstöðum miðað við árið 1997 en ekki miðað við árið 2007. Ekki var marktæk breyting á meðalstyrk flúors í eins eða tveggja ára barri í Hvalfirði miðað við árin 1997 eða 2007.

## **Grasbítar**

Ekki eru skilgreind viðmiðunarmörk í íslenskum reglugerðum fyrir styrk flúors í kjálkabeinum lamba eða fullorðins fjár.

### *Flúor í lömbum*

Ekki var greinilegt samband milli tannheilsu og styrks flúors í kjálkabeinum lamba. Flúor mældist í öllum tilfellum undir þeim mörkum þar sem talin er hættu á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum samkvæmt norskri rannsókn (>1000 µg F/g). Árið 2017 er breyting á meðalstyrk flúors í kjálkum lamba frá öllum vöktunarbæjum til hækkunar miðað við árið 1997, en til lækkunar miðað við árið 2007.

### *Flúor í fullorðnu fé*

Ekki var greinilegt samband milli tannheilsu og styrks flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár. Frá þremur vöktunarbæjum mældist meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár yfir þeim mörkum þar sem talin er hætta á tannskemmdum ( $>1000 \mu\text{g F/g}$ ) í dádýrum. Frá einum bæ mældist meðalstyrkur flúors yfir þeim styrk sem talinn er valda tannskemmdum ( $>2000 \mu\text{g F/g}$ ) í dádýrum. Árið 2017 er breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarsvæðum til hækkunar miðað við árið 1997 en ekki er breyting miðað við árið 2007.

### *Lifandi sauðfé og hross*

Niðurstöður dýralæknis í kjölfar skoðunar á tönnum og liðamótum framfóta lifandi grasbíta (sauðfé og hross) gefa til kynna að áhrif flúors séu ekki greinanleg. Ástand tanna og liðamóta var innan þeirra marka sem dýralæknir telur eðlilegt.

Yfirlit yfir niðurstöður umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga má sjá í eftirfarandi töflu fyrir árið 2017. Árið 2017 voru tekin um 480 sýni á um 150 sýnatökustöðum. Greindir voru um 70 mælipættir. Ákvæði í íslenskum reglugerðum eða í starfsleyfi fyrirtækjanna eru einungis til fyrir 26 af þessum mælipáttum. Ekki eru til íslensk viðmið fyrir aðra mælipætti.

Skýringar		
Engin viðmiðunargildi til í íslenskum reglugerðum	Ákvæði í íslenskum reglugerðum uppfyllt	Ákvæði í íslenskum reglugerðum ekki uppfyllt

		Mæliþættir	Ákvæði í íslenskum reglugerðum og starfsleyfum
Loftegæði	Andrúmsloft	Flúor í lofti (HF)	Starfsleyfi Norðuráls
		Heildarflúor (flúor í lofti + flúor í svifryki)	Starfsleyfi Norðuráls
		Brennisteinn í lofti og ryki	Ársmeðalstyrkur - Gróðurverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Sólahringsmeðalstyrkur SO <sub>2</sub> - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Klukkustundarmeðalstyrkur SO <sub>2</sub> - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
		Brennisteinsvetni	Ársmeðalstyrkur H <sub>2</sub> S - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 514/2010
			Klukkustundarmeðalstyrkur H <sub>2</sub> S - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 514/2010
		Niturtvíoxíð	Ársmeðalstyrkur NO <sub>2</sub> - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Klukkustundarmeðalstyrkur NO <sub>2</sub> - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
		Nituroxíð	Ársmeðalstyrkur NO <sub>x</sub> - Gróðurverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
		Svifryk (PM <sub>10</sub> )	Ársmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
	Klukkustundarmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016		
	Svifryk (PM <sub>2,5</sub> )	Ársmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016.	
	PAH <sub>16</sub>	Umhverfismörk fyrir Bensó(a)pýren skv. rg. nr. 410/2008	
	Úrkoma	Klóríð	Viðmiðunargildi ekki til
		Natrín	
		Kalsín	
		Súlfat	
		Flúor	
Sýrustig (pH)			
Ferskvatn	Leiðni	Viðmiðunargildi ekki til	
	Sýrustig (pH)	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001	
	Flúor	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001	
	Klóríð		
	Súlfat		



	Mælipættir	Ákvæði í íslenskum reglugerðum og starfsleyfum
Sjór við flæðigrýfur	Arsen	Reglugerð nr. 796/1999 m.s.br. um varnir gegn mengun vatns
	Ál	
	Blý	
	Kopar	
	Króm	
	Nikkel	
	Sink	
	Flúor	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001
	Járn	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001
	Sýaníð	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001
	Vanadín	Viðmiðunargildi ekki til
	Fosfór	Viðmiðunargildi ekki til
Klapparreitir	Þekja mosa	Viðmiðunargildi ekki til
	Þekja fléttna	
	Heildarþekja	
	Tegundafjöldi	
	Brennisteinn í fléttum	
	Flúor í fléttum	
Gróður	Flúor í grasi sem fóður fyrir sauðfé	Reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri
	Flúor í laufi	Viðmiðunargildi ekki til
	Flúor í barri	
Grasbitar	Flúor í kjálkum sauðfjár	Viðmiðunargildi ekki til
	Ástandsskoðun tanna og kjálka í sláturfé	
	Ástandsskoðun tanna í lifandi sauðfé	
	Ástandsskoðun liða í lifandi sauðfé	
	Ástandsskoðun tanna í lifandi hrossum	
	Ástandsskoðun liða í lifandi hrossum	

## EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>INNGANGUR</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>STAÐHÆTTIR</b>	<b>11</b>
2.1	Almenn lýsing	11
2.2	Veðurfar	12
<b>3</b>	<b>FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR</b>	<b>14</b>
3.1	Vöktunarstaðir	14
3.2	Tölfræði	14
<b>4</b>	<b>LOFTGÆÐI</b>	<b>16</b>
4.1	Niðurstöður	17
4.1.1	Flúor í andrúmslofti yfir vöktunartímabilið	17
4.1.2	Brennisteinstvíoxíð í andrúmslofti yfir árið	18
4.1.3	Brennisteinsvetni í andrúmslofti yfir árið	20
4.1.4	Nituroxíð í andrúmslofti	22
4.1.5	Svifryk í andrúmslofti	23
4.1.6	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) í andrúmslofti	24
<b>5</b>	<b>FERSKVATN</b>	<b>25</b>
5.1	Niðurstöður	26
5.1.1	Leiðni ferskvatns	26
5.1.2	Sýrustig ferskvatns	26
5.1.3	Flúor í ferskvatni	27
5.1.4	Súlfat í ferskvatni	28
<b>6</b>	<b>SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR</b>	<b>29</b>
6.1	Niðurstöður	29
6.1.1	Málmar og steinefni í sjósýnum	30
6.1.2	Sýanið og flúor í sjósýnum	30
<b>7</b>	<b>KLAPPARREITIR</b>	<b>32</b>
7.1	Niðurstöður	33
7.1.1	Þekja tegunda	33
7.1.2	Brennisteinn og flúor í blað- og runnfléttum	35
<b>8</b>	<b>GRÓÐUR</b>	<b>37</b>
8.1	Niðurstöður	38
8.1.1	Flúor í grasi	38
8.1.2	Flúor í laufi	40
8.1.3	Flúor í barri	41
<b>9</b>	<b>GRASBÍTAR</b>	<b>43</b>
9.1	Niðurstöður	45
9.1.1	Flúor í lömbum	46
9.1.2	Flúor í fullorðnu fé	46
9.1.3	Skoðun á kjálkum og tönnum í sláturfé	47
9.1.4	Skoðun á tönnum og liðum í lifandi sauðfé og hrossum	48
<b>10</b>	<b>HEIMILDASKRÁ</b>	<b>49</b>

VIÐAUKI A	ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR	51
VIÐAUKI B	LOFTGÆÐI	52
VIÐAUKI C	FERSKVATN	61
VIÐAUKI D	SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR	65
VIÐAUKI E	KLAPPARREITIR	67
VIÐAUKI F	GRÓÐUR	80
VIÐAUKI G	GRASBÍTAR	89

## SKILGREININGAR

### Áhrif efna á umhverfið:

Brennisteinn	Brennisteinn finnst víða á jarðvegi og í andrúmsloftinu. Eitt form brennisteins er brennisteinsdíoxíð ( $\text{SO}_2$ ) sem losnar t.d. við iðnaðarframleiðslu. Í miklum styrk í andrúmslofti getur $\text{SO}_2$ valdið gróðurskemmdum og vanlíðan dýra. Þá getur hár styrkur $\text{SO}_2$ verið skaðlegur heilsu manna. $\text{SO}_2$ er helsta ástæðan fyrir súru regni sem getur haft í för með sér skemmdir á gróðri, eyðingu skóga og skemmdir á mannvirkjum.
Svifryk	Í andrúmsloftinu eru óteljandi misstórar agnir. Uppspretta fínustu svifryksagnanna er að mestu af mannavöldum, t.d. frá bruna eldsneytis, iðnaði og umferð, en þær grófari frá náttúrulegum uppsprettum, t.d. uppblæstri jarðvegs, eldgosi og sjávarúða. Almennt geta fínri agnir ( $\text{PM}_{2,5}$ ) verið heilsufarslega hættulegri en þær grófu, þar sem þær eiga auðveldara með að fara djúpt niður í lungun og geta safnast þar fyrir. Áhrifin eru svo háð því hversu lengi og hversu oft fólk andar að sér lofti sem inniheldur ryk og hver samsetning þess er.
Flúor	Flúor finnst víða, í jarðvegi, plöntum og dýrum en það er talið nauðsynlegt lífverum í litlu magni. Flúor er notað í áliðnaði sem hefur í för með sér losun flúors í andrúmsloft. Flúor getur haft áhrif á vöxt beina og tanna í grasbítum auk þess sem plöntur þola flúor misvel. Markmiðið með kröfum um losun flúors er að tryggja dýravelferð og hagsmuni landbúnaðar.
Nituroxíð	Nituroxíð ( $\text{NO}_x$ ) er hópur gastegunda sem samanstanda af nitri og súrefni. Upptök á losun þessara efna í umhverfið er aðallega frá iðnaði, orkuverum og frá bílaumferð. Sýnileg gul slikja myndast þegar niturdíoxíð ( $\text{NO}_2$ ) blandast öðrum lofttegundum í hægum og köldum veðrum. $\text{NO}_2$ getur ert lungu manna og dýra og hár styrkur þessara efna getur einnig orsakað plöntuskemmdir.
PAH efni	PAH eru fjölhringa arómatísk kolvetni (e. polycyclic aromatic hydrocarbons), eða efni sem myndast í tengslum við ýmiss konar iðnaðarferli, við bruna á jarðefnaeldsneyti eða úrgangi. PAH efni eru mjög fjölbreyttur hópur efna og eru meðal algengustu mengunarefna í umhverfinu. Ef þau berast í lífverur geta þau valdið krabbameini og öðrum alvarlegum áhrifum.

**Orðskýringar:**

Bakgrunnsgildi	Styrkur jóna/efna sem talinn er sýna náttúrulegt gildi
BaP	Bensó(a)pýren, efnisþáttur í PAH <sub>16</sub>
Gróðurverndarmörk	Mörk sem miða að því að vernda gróður gegn skaðlegum áhrifum
Heilsuverndarmörk	Mörk sem sett eru til að tryggja heilsu manna í lengri tíma. <sup>1</sup>
pH	Sýrustig sem ákvarðast af magni vetnisjóna í vatnslausn.
Svifryk (PM <sub>10</sub> )	Svifryksagnir sem eru 10 µm eða minni í þvermál.
Svifryk (PM <sub>2,5</sub> )	Svifryksagnir sem eru 2,5 µm eða minni í þvermál.
Umhverfismörk	Umhverfismörk eru leyfilegt hámarksgildi mengunar í tilteknum viðtaka byggt á grundvelli vísindalegrar þekkingar í því skyni að koma í veg fyrir eða draga úr skaðlegum áhrifum á heilsu manna og/eða umhverfið. Umhverfismörk geta verið sett til að vernda umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (svo sem heilsuverndarmörk og gróðurverndarmörk til verndunar vistkerfa).
Viðtaki	Svæði sem tekur við mengun og þynnir hana eða eyðir.
Þolmörk	Styrkur mengunarefnis í vef lífvera sem talið er að þær þoli án þess að skaðast.
Þynningarsvæði	Sá hluti viðtaka þar sem þynning mengunar á sér stað og eftirlitsaðilar samþykkja að mengun megi vera yfir umhverfismörkum eða gæðamarkmiðum.

**Reglugerðir:**

920/2016	Um brennisteinsdíoxíð, niturdíoxíð og nituroxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings.
514/2010	Um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.
265/2010	Um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum.
410/2008	Um arsen, kadmín, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti.
536/2001	Um neysluvatn.
340/2001	Um eftirlit með fóðri.
796/1999	Um varnir gegn mengun vatns.

<sup>1</sup> Heilsuverndarmörk í rg. 920/2016 eru önnur en mengunarmörk skv. rg. 390/2009 um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum, sem er skilgreint sem hæsta leyfilega meðaltalsmengun (tímavegið meðaltal) í andrúmslofti starfsmanna [meðalgildi eða þakgildi].

## 1 INNGANGUR

Starfsemi kísilmálmverksmiðju Elkem Ísland ehf., álvers Norðuráls Grundartanga ehf. og Als álvinnslu ehf. fer fram á skipulögðu iðnaðarsvæði á Grundartanga, þar sem önnur starfsemi fer einnig fram. Samkvæmt starfsleyfum þessara fyrirtækja skal umhverfið í grennd við iðnaðarsvæðið vaktað með reglubundnum hætti. Norðurál og Elkem stóðu sameiginlega að árlegri umhverfisvöktun á árunum 1999 – 2013. Árið 2014 varð Alur álvinnsla, sem áður hét Kratus, einnig aðili að vöktuninni. Markmiðið með umhverfisvöktuninni er að meta þau áhrif sem starfsemi fyrirtækjanna hefur á umhverfið.

Árið 2017 var unnið samkvæmt umhverfisvöktunaráætlun 2014-2021 sem Umhverfisstofnun hefur samþykkt [1].

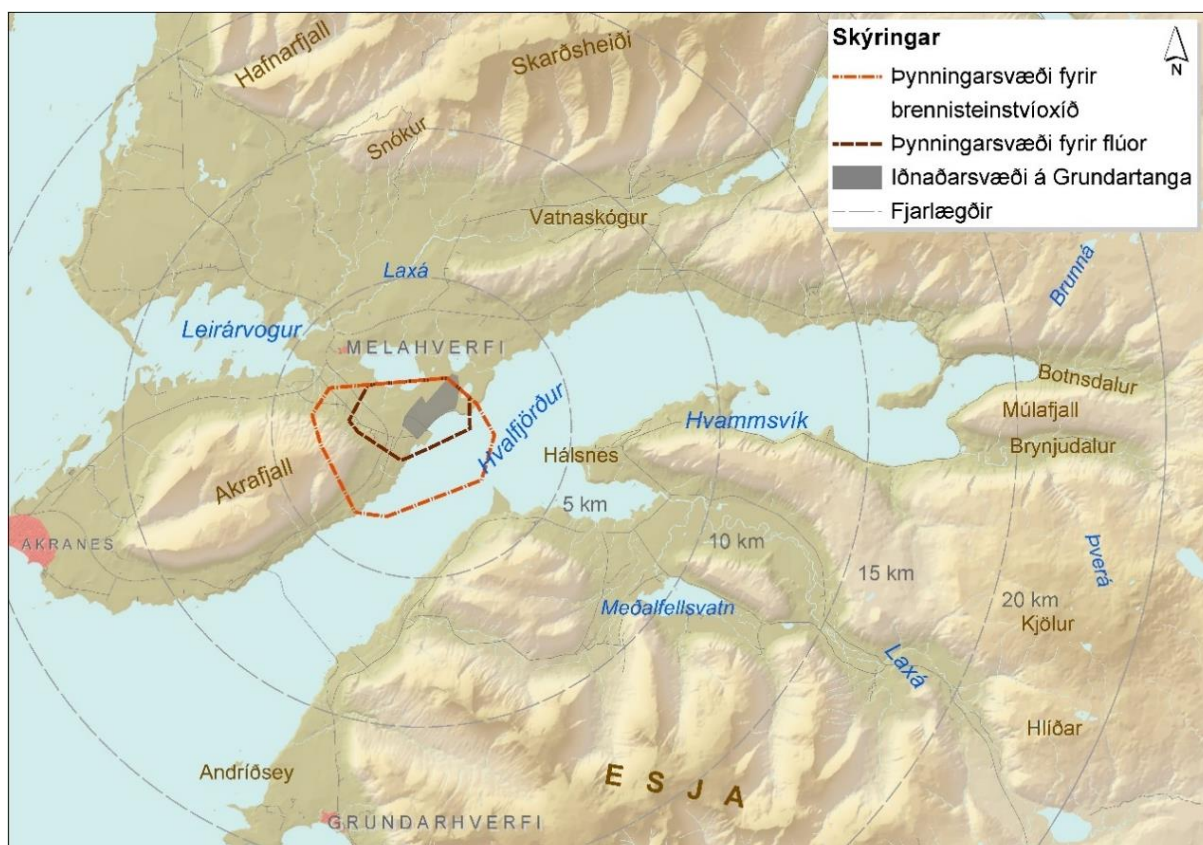
Í umfjöllun hér á eftir má finna samantekt niðurstaðna vöktunarmælinga í grennd við iðnaðarsvæðið sem gerðar voru árið 2017. Þessar niðurstöður eru bornar saman við viðmiðunarmörk þegar við á og niðurstöður fyrri ára, auk þess sem mat er lagt á breytileika þeirra fyrir ferskvatn, gróður og sauðfé með tölfræðilegri nálgun. Öll frumgögn, sem samantektin byggir á, má finna á heimasíðu Umhverfisstofnunar.

Skýrslunni er skipt í níu kafla. Í 1. kafla er sagt frá tilgangi umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Lýsingu á staðhættum og veðurfari við iðnaðarsvæðið er að finna í kafla 2. Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2017 er í kafla 3 og í köflum 4–9 eru mælingar og niðurstöður vöktunar fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó við flæðigryfjur, klapparreiti, gróður og grasbíta. Að auki fylgja sjö viðaukar skýrslunni. Í viðauka A er listi yfir áður útgefnar ársskýrslur og í viðauka B er að finna ítarefni vegna vöktunar á andrúmslofti og úrkomu. Í viðauka C eru niðurstöður úr vöktun á ferskvatni auk tölfræðigagna. Í viðauka D er að finna ítarefni vegna vöktunar á sjó við flæðigryfjur og í viðauka E eru niðurstöður umhverfisvöktunar á klapparreitum. Viðauki F inniheldur upplýsingar um gróður auk tölfræðigagna og viðauki G inniheldur nánari upplýsingar og tölfræðigreiningu á mæliniðurstöðum grasbíta.

## 2 STADHÆTTIR

### 2.1 Almenn lýsing

Hið skipulagða iðnaðarsvæði á Grundartanga er við norðanverðan Hvalfjörð, eins og sjá má á mynd 2.1.



**MYND 2.1** Staðsetning iðnaðarsvæðisins á Grundartanga í Hvalfjarðarsveit ásamt skilgreindum þynningarsvæðum fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð.

Í aðalskipulagi Hvalfjarðarsveitar 2008 – 2030 eru skilgreind tvö þynningarsvæði fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Í umfjöllun um iðnaðarsvæðið í greinargerð aðalskipulagsins segir: „Á skipulagsupprætti má sjá afmörkun þynningarsvæðis vegna stóriðjunnar á Grundartanga. Takmarkanir á landnotkun innan þynningarsvæðisins eru þær að ekki skal stunda þar hefðbundinn búskap, heynytjar eða beit á túnun“. Annað þynningarsvæðið á við um flúor (brúnt svæði á mynd 2.1), en það er umlukkið af stærra þynningarsvæði brennisteinstvíoxíðs (rautt svæði á mynd 2.1). Þynningarsvæði er skilgreint sem sá hluti viðtaka þar 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. Notast var við loftdreifingarspár við ákvörðun á stærð þynningarsvæða fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga.

Kísilmálmverksmiðja Elkem hefur verið starfrækt á Grundartanga frá árinu 1979 og er ársframleiðslugeta verksmiðjunnar 120.000 tonn af kísilmálmi. Starfsfólk Elkem á Grundartanga framleiðir m.a. sérhæfða kísilmálmblöndu sem er mikilvæg fyrir rafbílavæðingu heimsins og framleiðslu á orkusparandi heimilistækjum. Árið 2017 framleiddi Elkem 114.128 tonn af 75% kísilmálmi og 20.498 tonn af kísilyki. Reykhreinsivirkin voru í rekstri 99,96% af samanlögðum rekstrartíma allra ofna. Elkem hefur starfsleyfi fyrir 190.000 tonna ársframleiðslu af kísilmálmi og 45.000 tonna ársframleiðslu af kísilyki. Við framleiðslu kísilmálms er losun til umhverfis aðallega loftborin en loftborin umhverfisáhrif má að mestu leyti rekja til kísilmálmryks, brennisteinstvíoxíðs (SO<sub>2</sub>) og koltvísýrings (CO<sub>2</sub>).

Álver Norðuráls var gangsett árið 1998 og hefur ársframleiðslugetan aukist úr 60.000 tonnum í rúmlega 300.000 tonn. Afurðin er hreint ál sem er steypt í meðfærilegar einingar. Norðurál vinnur hluta álsins áfram í ýmsar álblöndur sem eru allt að fjórfalt sterkari en hreint ál og mun verðmeiri. Allar afurðir álversins fara svo á alþjóðlegan markað og eru meðal annars notaðar í umbúðir, samgöngutæki, raftæki og byggingavörur. Árið 2015 fékk Norðurál samþykkt breytingu á starfsleyfi sem felur í sér heimild til framleiðslu á allt að 350.000 tonnum af áli á ári. Á árinu 2017 voru framleidd 317.179 tonn af áli og gekk reksturinn almennt vel. Þær lofttegundir sem helst myndast við álframleiðslu eru SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> og flúorsambönd. Við framleiðsluna verður einnig rykmyndun en með öflugum mengunarvörnum er dregið verulega úr losun bæði ryks og flúors.

Alur Álvinnsla, sem áður hét Kratus ehf, hóf starfsemi á Grundartanga í nóvember 2012 og vinnur ál úr álgjalli frá álfyrirtækjum. Fyrirtækið hefur starfsleyfi til þess að taka á móti allt að 15.000 tonnum af álgjalli á ári til ársins 2025. Árið 2017 endurvann Alur um 2.900 tonn af áli úr um 7.600 tonnum af álgjalli frá álfyrirtækjum. Við endurvinnsluna fellur til saltkaka sem aftur er endurunin í Þýskalandi. Alls féllu til um 2.700 tonn af saltköku til endurvinnslu. Að lokinni endurvinnslu er saltið flutt til landsins og notað aftur í endurvinnsluferli Als.“

## 2.2 Veðurfar

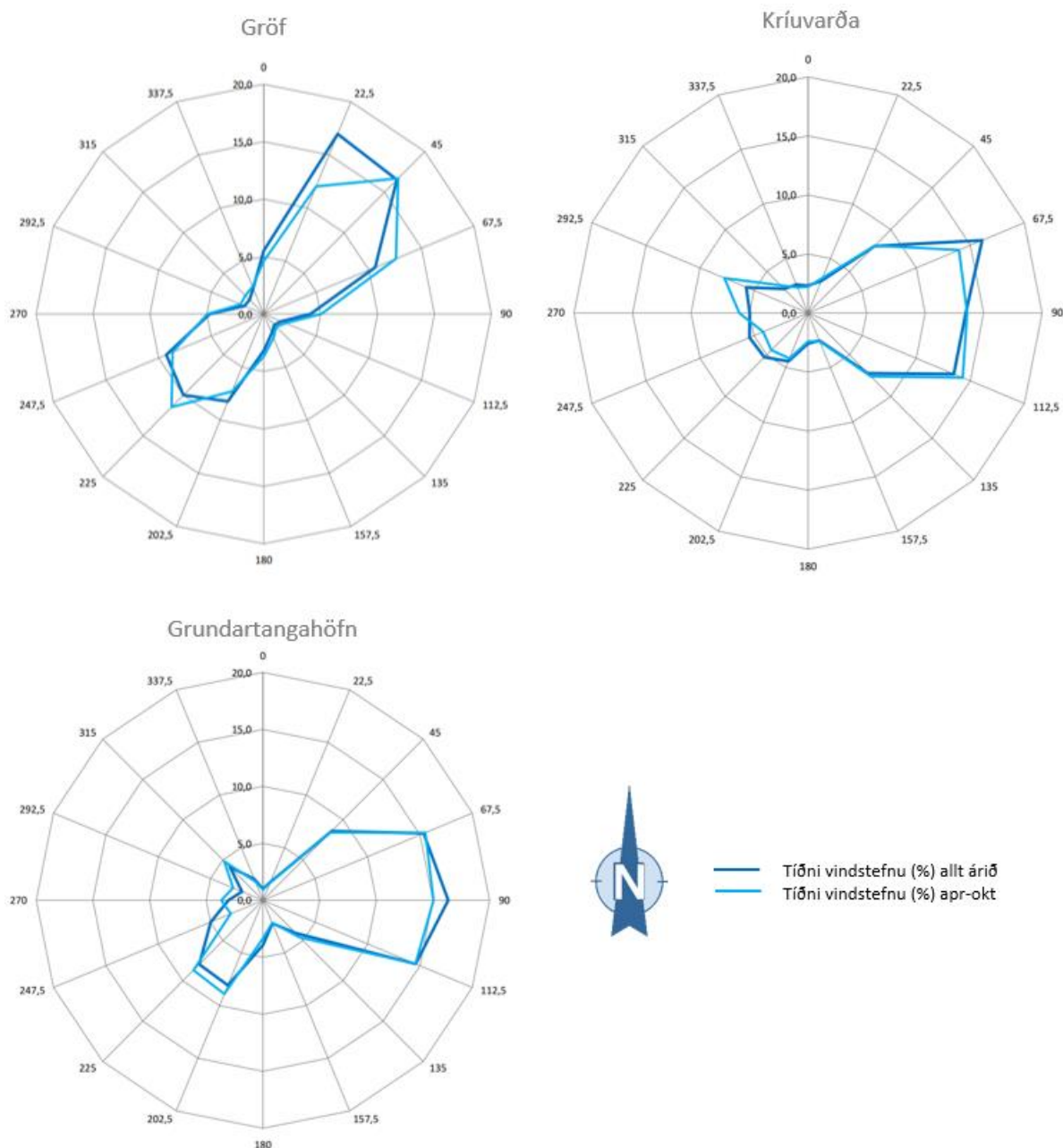
Árið 2017 fóru veðurmælingar fram í sjálfvirkum veðurmælingastöðvum að Kríuvörðu, Gröf II og á Grundartangahöfn. Mælistöðin við Gröf II er staðsett um 3 km suðvestur af Grundartanga, skammt frá bænum Gröf II í um 40 m.y.s. Mælistöðin að Kríuvörðu er staðsett um 700 metra norðan við austurenda álversins í um 15 m.y.s. en stöðin á Grundartangahöfn er staðsett um 25 m.y.s. Meðalhitastig ársins og á vöktunartímabilinu, frá apríl til október, og meðalvindhraða á öllum mælistöðvum má sjá í töflu 2.1 [2].

**TAFLA 2.1** Meðalhitastig og meðalvindhraði á veðurmælingarstöðvum í Hvalfirði árið 2017.

Veðurmælingastöð	janúar – desember		apríl - október	
	Meðalhiti [°C]	Meðalvindhraði [m/s]	Meðalhiti [°C]	Meðalvindhraði [m/s]
Grundartangahöfn	6,2	5,7	9,2	5,3
Gröf II	5,3	5,2	8,4	4,8
Kríuvarða	5,4	5,1	8,5	4,8

Á mynd 2.2 má sjá vindrósir fyrir allt árið 2017 og fyrir tímabilið frá apríl til október á öllum veðurstöðvum.





**MYND 2.2** Vindrósir frá Grundartangahöfn, Krúuvörðu og Gröf II fyrir tímabilið apríl - október 2017 og allt árið 2017.

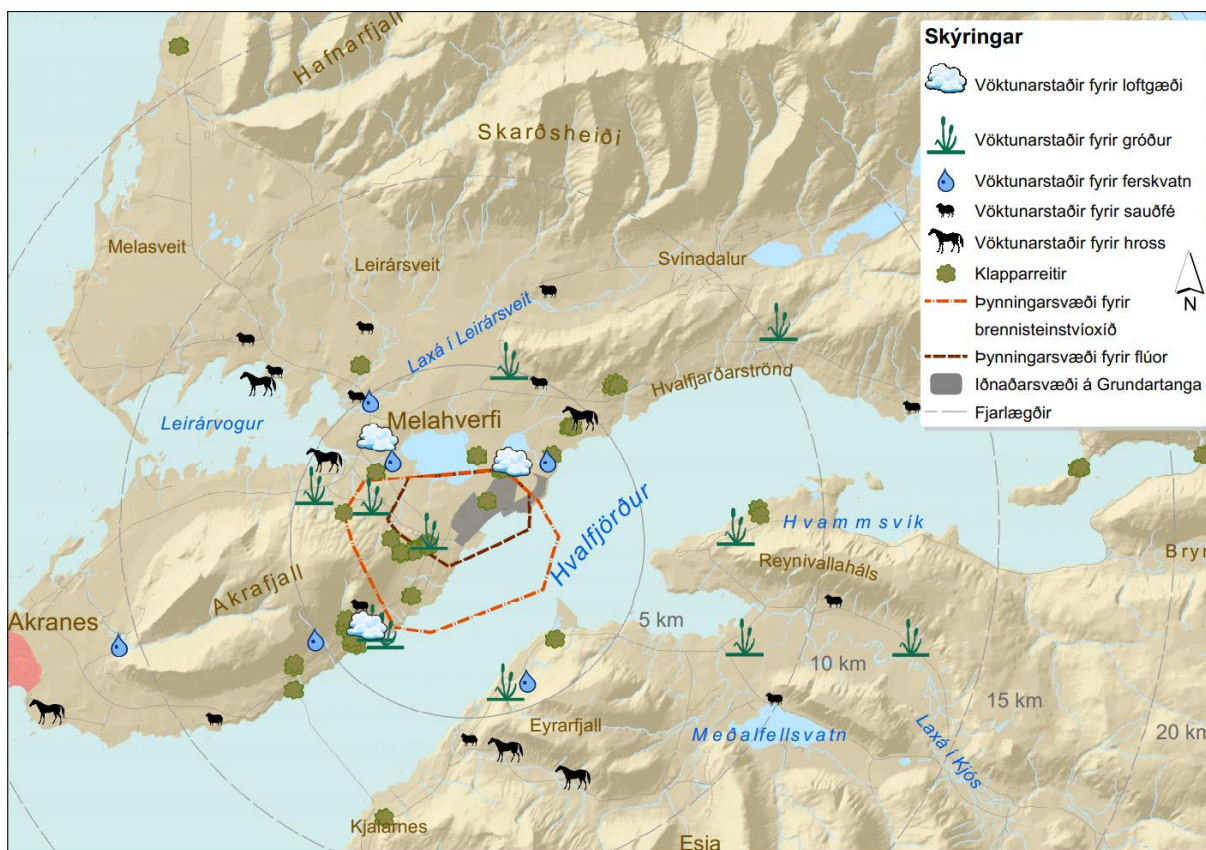
Greinilegt er að fjallshlíðar Akrafjalls hafa mikil áhrif á vindrósina á Gröf II. Þar snúast austanáttir til norðaustanáttar og suðlæggar áttir til suðvestlægrar, eftir legu fjallsins. Á Krúuvörðu virðist álverið skýla fyrir suðvestanvindum. Líttill munur er á vindrósum vöktunartímabilsins (apríl - október) og vindrósum alls ársins. Algengasta vindáttin er norðaustlæg átt á Gröf II en austanátt á Grundartangahöfn og á Krúuvörðu [2].

### 3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR

Vöktun ársins 2017 var í samræmi við umhverfisvöktunaráætlun 2014-2021. Loftgæðamælistöðin á Stekkjarási var lögð niður en ný loftgæðamælistöð í Melahverfi var tekin í notkun. Í töflu 3.1 má sjá yfirlit yfir mæliþætti, vöktunarstaði, rannsóknaraðila og rannsóknartímabil umhverfisvöktunar í Hvalfirði árið 2017.

#### 3.1 Vöktunarstaðir

Yfirlit yfir vöktunarstaði umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir loftgæði, ferskvatn, klapparreiti, gróður og grasbíta (sauðfé og hross) árið 2017, má sjá á mynd 3.1.



MYND 3.1 Yfirlit yfir vöktunarstaði loftgæða, ferskvatns, klapparreita, gróðurs og grasbíta árið 2017.

#### 3.2 Tölfræði

Frá árinu 1999 hefur farið fram árleg umhverfisvöktun á ferskvatni, gróðri og grasbítum. Grunnrannsóknir voru gerðar á árunum 1997 – 1998. Eins og áður er mat lagt á breytileika mælinganna á grundvelli tölfræðigreiningar á niðurstöðunum miðað við árið 1997 og í sumum tilfellum miðað við árið 2007 þegar öll ker álversins voru komin í rekstur. Notuð er t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna. Niðurstöður tölfræðigreiningarinnar er að finna í viðaukum C, F og G.

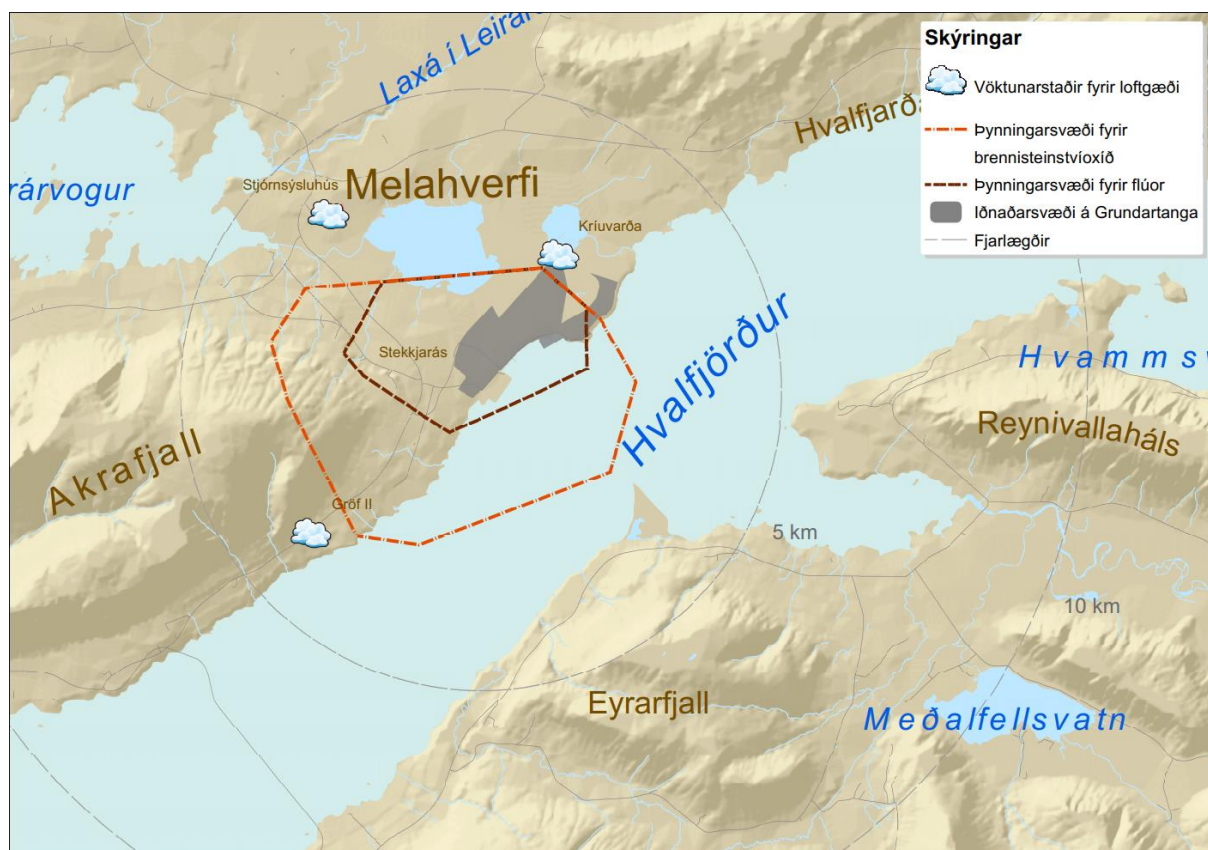
**TAFLA 3.1** Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2017.

	Mæliþáttur	Staðsetning vöktunarstaða	Vöktunartímabil	Rannsóknaraðili
<b>Loftgæði</b>	<i>Andrúmsloft:</i> Flúor í lofti og ryki, Brennisteinn í lofti og ryki, svifryk, PAH efni í svifryki, nituroxíð, NO og NO <sub>x</sub> brennisteinsvetni, <i>Úrkoma:</i> klóríð, níturat, natrín, kalsín, súlfat, flúor, pH	Kríuvarða, Gröf II og Melahverfi	<i>Kríuvarða:</i> allt árið <i>Gröf II:</i> allt árið <i>Melahverfi:</i> maí - desember	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> NMÍ*
<b>Ferskvatn</b>	Sýrustig (pH), leiðni, flúor, klór, brennisteinn, natrín og kalsín	<i>Bergvatnsár:</i> Berjadalsá, Fossá, Laxá, Kúludalsá <i>Uptök í yfirborðsvatni:</i> Kalmansá, Urriðaá	5. apríl - 11. september 2017	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> NMÍ*
<b>Sjór við flæðigryfjur</b>	<i>Málmur:</i> arsen, ál, blý, kopar, króm, nikkell, járn, sink og vanadín. Sýnið, flúor og fosfór	Sjósýni tekin á 10 stöðum við flæðigryfju auk tveggja viðmiðunarstaða	14. júní, 29. ágúst og 15. september 2017	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> NMÍ*
<b>Klapparreitir</b>	<i>Gróðurbreytingar fléttna og mosa</i>  <i>Brennisteinn og flúor í fléttum</i>	<i>Innan þynningarsvæða:</i> Stekkjarás, Selás, Langholt, Akrafjall <i>Utan þynningarsvæða:</i> Skvöpp, ofan við Gröf, Neðristallar, Kalmansá, Kalastaðakot, Miðfellsmúli, Bjarnarholt, Álfholt, Beitistaðaholt, ofan Hvalfjarðareyrar, Hvammsnes, Tíðaskarð, Gimbrapallar, Hafnarbæli, Þyrilsnes, Hvalfjarðarbotn <i>Viðmiðunarsýni:</i> Hreðavatn í Borgarfirði	11.-13. júlí 2017	<i>Gróðurmælingar:</i> Náttúrufræðistofnun Íslands  <i>Efnagreiningar:</i> NMÍ*
<b>Gróður</b>	Flúor í grasi, laufi ( <i>birki, reynir</i> ) og barri ( <i>greni, bergfura, stafafura</i> )	<i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Stekkjarás, Fannahlíð, Fellsaxlarkot, Ferstikla, Gröf II við Þjóðveg, Gröf II við hús, Hlíð <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Félagsgarður, Fossbrekka, Háls í Kjós, Reynivellir <i>Viðmiðunarsýni:</i> Skorradalur	<i>Gras:</i> 13. júní, 25. júlí og 8. sept. 2017  <i>Lauf:</i> 13. júní og 8. sept. 2017  <i>Barr:</i> 28. nóvember 2017	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> NMÍ*
<b>Grasbítar</b>	Flúor í kjálkum sláturfjár og ástand tanna og kjálka  Ástand tanna og liða í lifandi sauðfé  Ástand tanna og liða í lifandi hrossum	<i>Sláturfé:</i> <i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Skorholt, Eystri Leirárgarðar, Hóll, Skipanes, Vogatunga, Eystra Miðfell, Hrafnabjörg, Gröf II, Innri Hólmur. <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Kiðafell, Meðalfell Grímsstaðir <i>Viðmiðunarsýni:</i> Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi og Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi. <i>Lifandi sauðfé:</i> <i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Vogatunga, Eystra Miðfell, Hrafnabjörg, Innri Hólmur <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Grímsstaðir, Kiðafell <i>Lifandi hross:</i> <i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Skipanes, Litla Fellsöxl, Kalastaðakot, Ytri Hólmur <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Miðdalur, Morastaðir	<i>Sláturfé:</i> Haustslátrun 2017  <i>Lifandi sauðfé og hross:</i> janúar og febrúar 2018	<i>Efnagreiningar:</i> NMÍ*  <i>Skoðun sauðfjár:</i> Dýralæknirinn Mosfellsbæ  <i>Skoðun lifandi grasbíta:</i> Dýralæknirinn Mosfellsbæ

\* NMÍ: Efnagreiningar - Nýsköpunarmiðstöð Íslands;

## 4 LOFTGÆÐI

Þrjár loftgæðamælistöðvar voru í rekstri árið 2017, þ.e. á Kríuvörðu, Gröf II og ný stöð í Melahverfi (mynd 4.1). Á Kríuvörðu og Gröf II fóru fram sjálfvirkar mælingar allt árið fyrir ákveðna mælipætti og í Melahverfi hófust sjálfvirkar mælingar um mitt ár (tafla 4.1). Á Kríuvörðu og á Gröf II var auk þess sýnum safnað á síur allt árið.



**MYND 4.1** Staðsetning loftgæðamælistöðva í rekstri árið 2017.

Sýnataka og mælingar voru unnar af Efnagreiningum NMÍ [2]. Niðurstöður efnagreininga voru bornar saman við viðmiðunarmörk sem gilda utan þýnningarsvæða.

**TAFLA 4.1** Mælipættir á loftgæðamælistöðvum sem voru í rekstri í Hvalfirði árið 2017.

Loftgæðamælistöð	Sjálfvirkar mælingar allt árið	Sýnum safnað á síur allt árið	Úrkoma
Kríuvörða	Svifryki (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> ), SO <sub>2</sub> ,	F, S og PAH <sub>16</sub> efni í svifryki	NO <sub>3</sub> , Na, Cl, S, F, pH, leiðni
Gröf II	H <sub>2</sub> S, NO, NO <sub>x</sub>	F og S í svifryki	
Melahverfi	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S (frá maí)		

## 4.1 Niðurstöður

Yfirlit yfir niðurstöður mælinga og skilgreind umhverfismörk má sjá í köflum 4.1.1 - 4.1.6. Niðurstöður allra mælinga má sjá í viðauka B. Á gröfum og línuritum eru sýndar niðurstöður síðustu 10 ára, vísað er til fyrri vöktunarskýrsla fyrir niðurstöður árána 1998 til 2007. Niðurstöður mælinga í úrkomu má sjá í viðauka B.

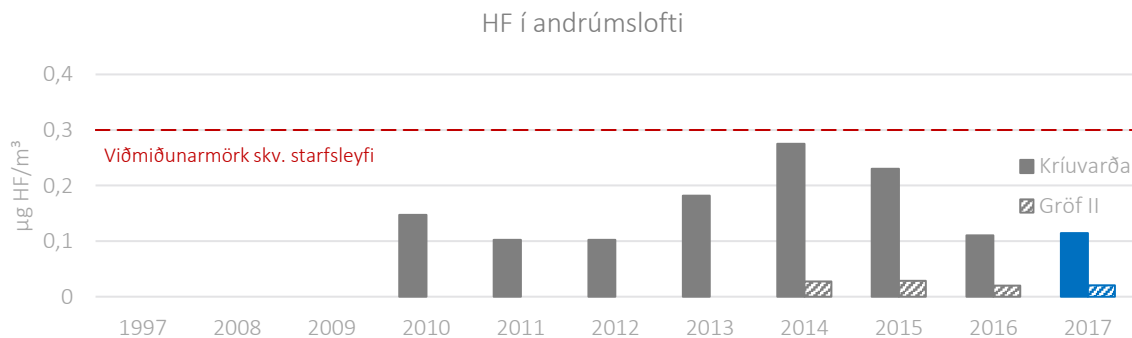
### 4.1.1 Flúor í andrúmslofti yfir vöktunartímabilið

**TAFLA 4.2** Niðurstöður flúormælinga (apríl – október) í Hvalfirði árið 2017.

Mælipáttur	Styrkur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Viðmiðunargildi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Kríuvarða	Gröf II		
Meðalstyrkur HF	0,11	0,02	0,3	Utan þynningarsvæðis, skv. starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Meðalstyrkur heildarflúors	0,14	0,03	0,4	

Umhverfismörk flúors utan þynningarsvæðis, sem skilgreint er í starfsleyfi Norðuráls, á við um tímabilið 1. apríl til 30. október ár hvert. Árið 2017 var fyrsta árið þar sem styrkur flúors í andrúmslofti (HF) var mældur allt árið, en í þessum kafla er fjallað um flúormælingar frá apríl til október. Ekki eru til umhverfismörk fyrir flúor yfir allt árið.

Eins og áður var sýnum safnað á síur á Kríuvörðu og Gröf II. Meðalstyrkur loftkennds flúors á báðum mælistöðvunum var undir viðmiðunarmörkum sem skilgreind eru í starfsleyfi Norðuráls (tafla 4.2 og mynd 4.2). Meðalstyrkur HF á Kríuvörðu var sá sami og árið 2016 og nokkuð lægri en árin þar á undan. Á Gröf II var meðalstyrkur HF svipaður og undanfarin ár (mynd 4.2).

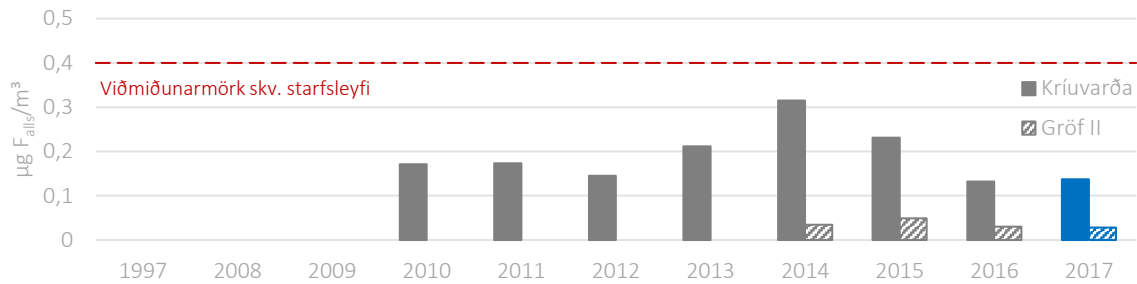


**MYND 4.2** Meðalstyrkur loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti á vöktunartímabilinu (apríl - október) á Kríuvörðu og Gröf II, ásamt viðmiðunarmörkum samkvæmt starfsleyfi Norðuráls.

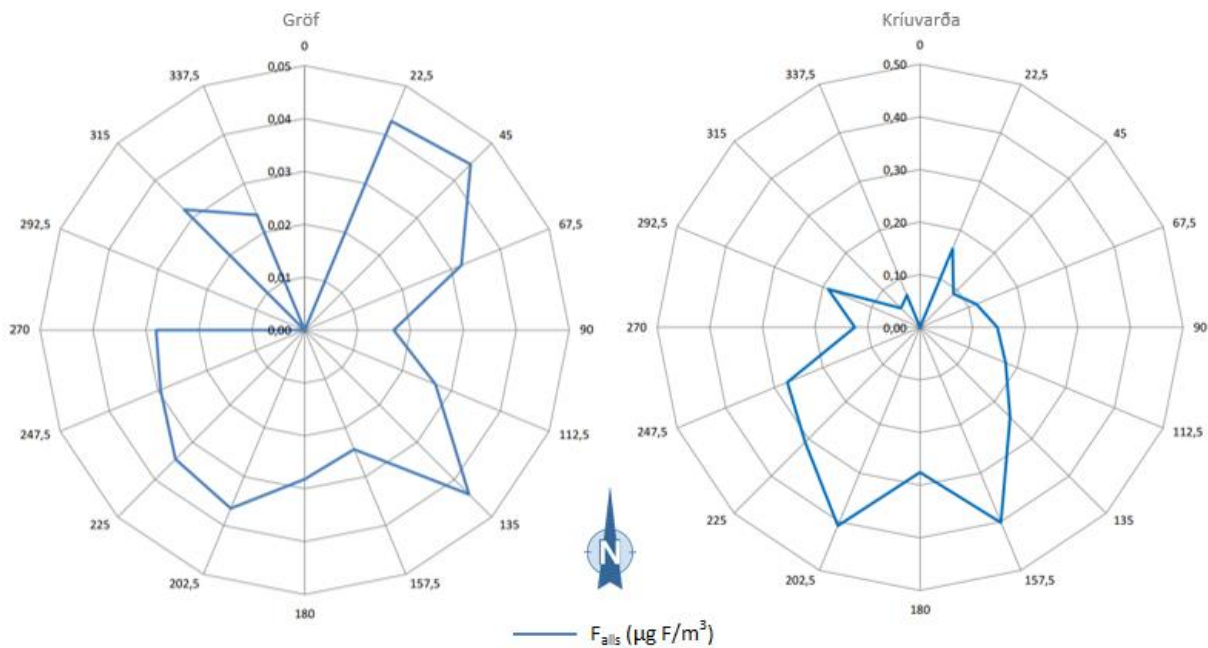
Meðalstyrkur heildarflúors (F) yfir vöktunartímabilið, þ.e. samanlagður styrkur HF í andrúmslofti og flúors bundinn í ryki, mældist undir viðmiðunarmörkum á báðum mælistöðvum (tafla 4.2 og mynd 4.3).

Styrkur flúors mældist eins og áður hærrí á Kríuvörðu en Gröf II og er áberandi hæstur þegar tíðar suðvestanáttir eru ríkjandi. Á Gröf II mældist hærrí styrkur flúors í norðaustanáttum. Aðal ástæða þessa mismunar er staðsetning mælistöðvanna. Sjá má dreifingu mæligilda eftir vindáttum allra mældinga á mynd 4.4 [2].

### Heildarflúor í andrúmslofti



**MYND 4.3** Meðalstyrkur heildarflúors yfir vöktunartímabilið (apríl - október) á Kríuvörðu og Gröf II.



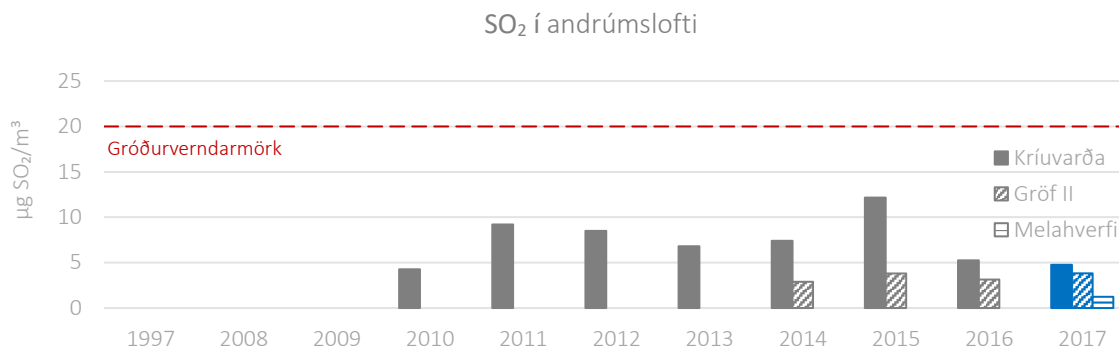
**MYND 4.4** Styrkur flúors (µg F/m<sup>3</sup>) eftir vindáttum árið 2017 á Kríuvörðu og Gröf II. Gröfin eru ekki í sama kvarða.

#### 4.1.2 Brennisteinstvíoxíð í andrúmslofti yfir árið

**TAFLA 4.3** Niðurstöður sjálfvirkra mælinga á brennisteinstvíoxíði í Hvalfirði yfir allt árið 2017.

Mælipáttur	Styrkur (µg/m <sup>3</sup> )			Viðmiðunargildi (µg/m <sup>3</sup> )	
	Kríuvörða	Gröf II	Melahverfi		
SO <sub>2</sub>					
Meðalstyrkur ársins	4,8	3,82	1,24	20	Gróðurverndarmörk
Hæsti sólarhrings-meðalstyrkur ársins	78,3	45,7	15,1	125	Heilsuverndarmörk, leyfilegt að yfirstíga 3x árlega.
Hæsti klukkustundar-meðalstyrkur ársins	181,3	192,3	41,4	350	Heilsuverndarmörk, leyfilegt að yfirstíga 24x árlega.
	25. mars	24. október	29. október		

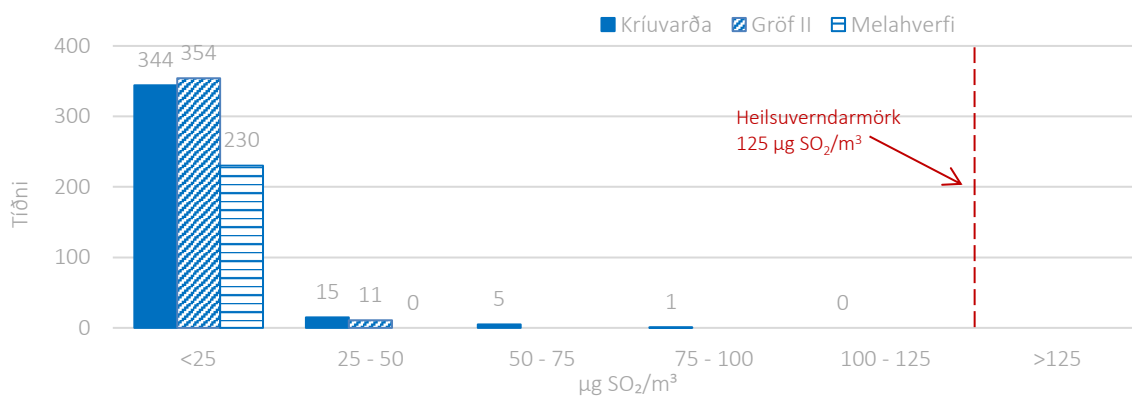
Brennisteinstvíoxíð ( $\text{SO}_2$ ) var mælt með tvennum hætti á Kríuvörðu og Gröf II. Annars vegar var sýnum safnað á síur allt árið auk sjálfvirkra mælinga yfir allt árið. Á nýju vöktunarstöðinni í Melahverfi hófust sjálfvirkar mælingar um mitt árið. Styrkurinn var svipaður og árið 2016 á báðum stöðum. Eins og áður mældist hærri styrkur  $\text{SO}_2$  á Kríuvörðu en á Gröf. Engin viðmið eru til fyrir Melahverfið en þar mældist styrkurinn mun lægri (tafla 4.3 og mynd 4.5). Meðalstyrkur  $\text{SO}_2$  í andrúmslofti árið 2017 var á öllum mælistöðvum undir gróðurverndarmörkum ( $20 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ) sem gilda utan þynningarsvæðis. Niðurstöður sýnatöku á síur árið 2017 má sjá í viðauka B.



**MYND 4.5** Meðalstyrkur  $\text{SO}_2$  árið 2017 á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi ásamt gróðurverndarmörkum.

Klukkustundarheilsuverndarmörk fyrir  $\text{SO}_2$  eru  $350 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  og er leyfilegt að fara yfir þessi mörk 24 sinnum á ári. Það gerðist aldrei á árið 2017 (tafla 4.3). Hæstu gildi mældust í suðvestanátt á Kríuvörðu, norðaustanátt á Gröf II og í austsuðaustanátt í Melahverfi. Er það í samræmi við að meginuppspretta brennisteinstvíoxíðs sé iðnaðarsvæðið á Grundartanga.

Sólarhringsmeðalstyrkur mældist aldrei yfir heilsuverndarmörkum ( $125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ) á vöktunarstöðunum á árinu (tafla 4.3). Leyfilegt er að fara yfir þau mörk 3 sinnum á ári. Á mynd 4.6 má sjá tíðni mælinga fyrir mismunandi styrk  $\text{SO}_2$  á Kríuvörðu og Gröf II allt árið 2017 og í Melahverfi frá maí og út árið.



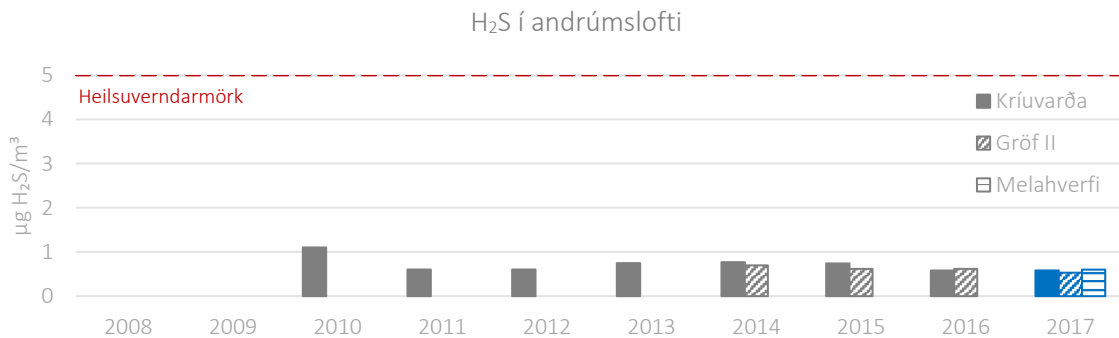
**MYND 4.6** Fjöldi mælinga á sólarhringsmeðalstyrk  $\text{SO}_2$  á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2017.

#### 4.1.3 Brennisteinsvetni í andrúmslofti yfir árið

**TAFLA 4.4** Niðurstöður mælinga á brennisteinsvetni í Hvalfirði árið 2017.

Mælipáttur	Styrkur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Viðmiðunargildi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Kríuvörða	Gröf II	Melahverfi		
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	0,59	0,53	0,61	5	Heilsuverndarmörk
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	5,5	5,3	5,3	50	Heilsuverndarmörk, leyfilegt að yfirstíga 5x árlega.
<i>Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins</i>	29	21	26	50	Tilkynningaskyld aðvörunarmörk.

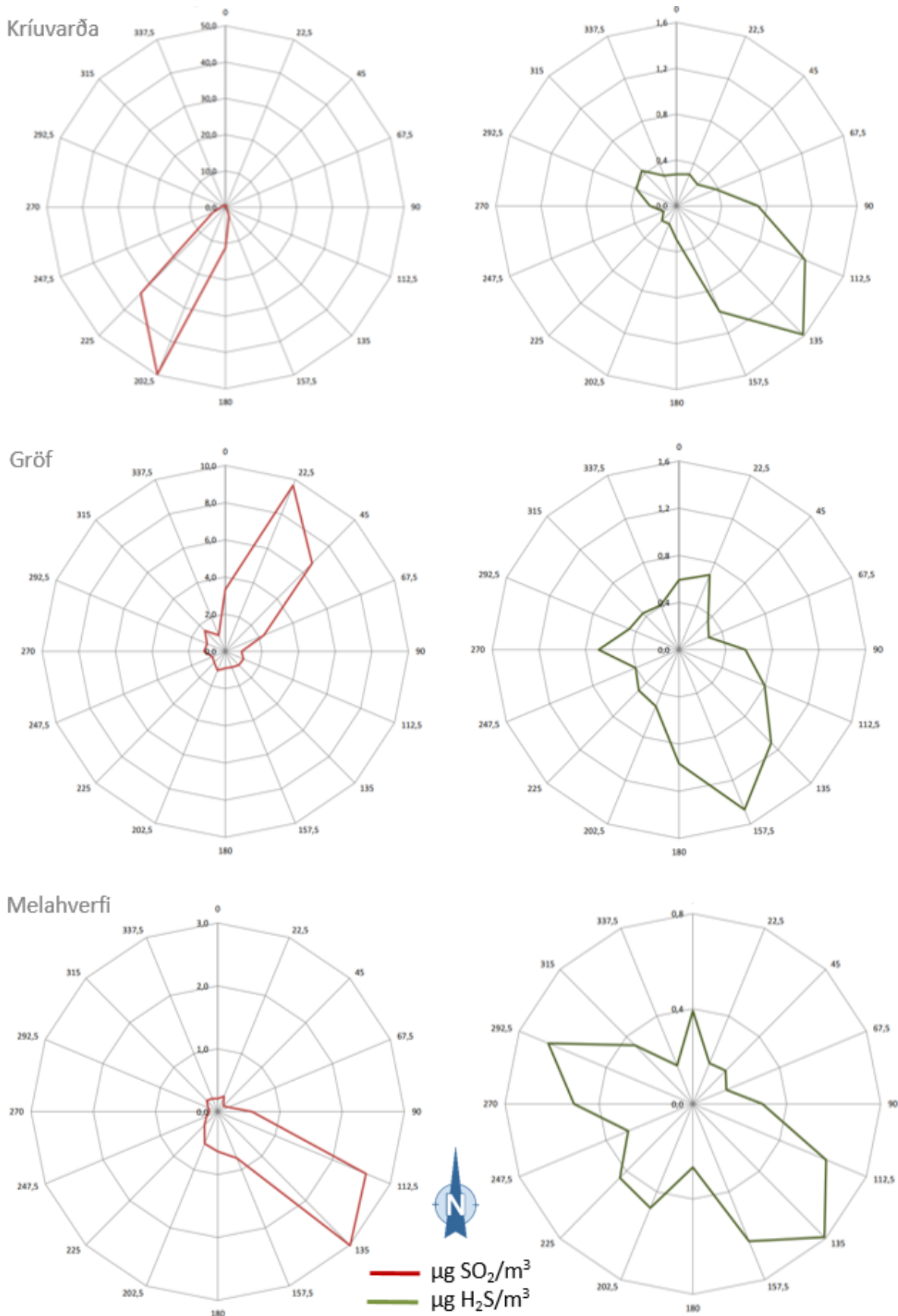
Sjálfvirkar mælingar á brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ) í andrúmslofti fóru fram á Kríuvörðu og Gröf II allt árið 2017 og frá maí í Melahverfi. Meðalstyrkur loftborins  $\text{H}_2\text{S}$  mældist undir heilsuverndarmörkum á öllum mælistöðvum (tafla 4.4 og mynd 4.7). Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur var undir sólarhringsheilsuverndarmörkum á öllum mælistöðvum (tafla 4.4). Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur var jafnframt á öllum mælistöðvum undir tilkynningaskyldum aðvörunarmörkum [2].



**MYND 4.7** Meðalstyrkur  $\text{H}_2\text{S}$  árið 2017 á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi ásamt heilsuverndarmörkum.

Á mynd 4.8 má sjá uppsprettuáttir  $\text{SO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2017. Meginuppspretta  $\text{SO}_2$  á Kríuvörðu og á Gröf II er iðnaðarsvæðið á Grundartanga, þar sem  $\text{SO}_2$  berst að Kríuvörðu í suðvestanáttum en að Gröf II í norðaustanáttum. Uppsprettuátt  $\text{H}_2\text{S}$  á Kríuvörðu og Gröf II er að suðaustan frá jarðhitasvæðum höfuðborgarsvæðisins. Um er að ræða sambærilegar niðurstöður við fyrri ár. Sömu sögu eru að segja af Melahverfi. Þar fara ekki fram vindmælingar og er notast við vindrósl frá Grundartangahöfn á mynd 4.8, ekki er þó líklegt að hún eigi sérstaklega vel við vöktunarsstöðina í Melahverfi.





**MYND 4.8** Styrkur SO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S í mældum vindáttum árið 2017 á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi. Gröfin eru ekki í sama kvarða.

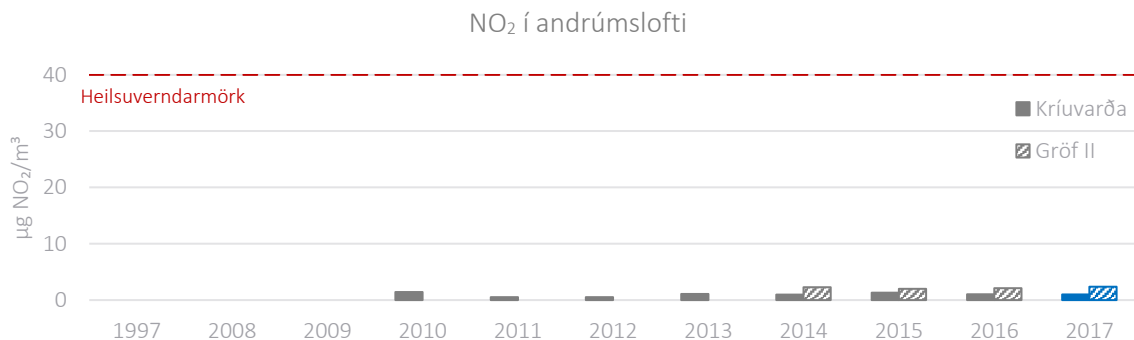
#### 4.1.4 Nituroxíð í andrúmslofti

**TAFLA 4.5** Niðurstöður mælinga á nituroxíðum í Hvalfirði árið 2017.

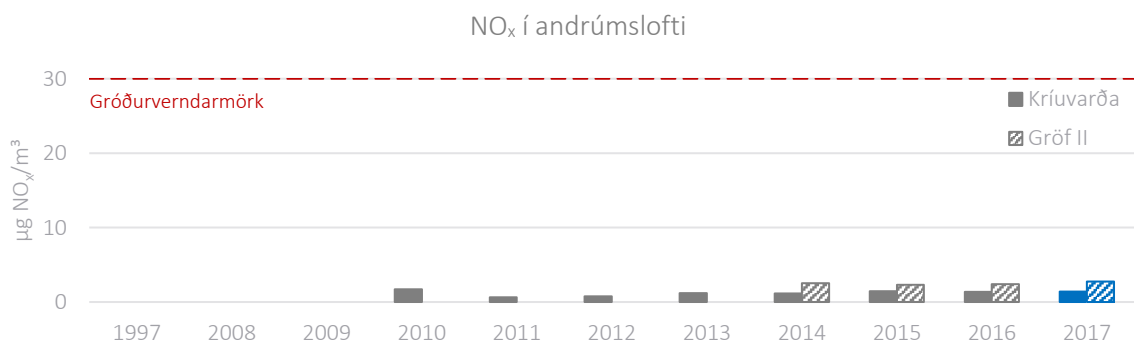
Mælipáttur	Styrkur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Viðmiðunargildi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Kríuvarða	Gröf II		
<b>NO<sub>2</sub></b>				
Meðalstyrkur ársins	1,00	2,37	40	Heilsuverndarmörk
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	35,1	19,9	75	Heilsuverndarmörk, leyfilegt að yfirstíga 7x árlega.
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	96,3	54,7	200	Heilsuverndarmörk
<b>NO<sub>x</sub></b>				
Meðalstyrkur ársins	1,4	2,74	30	Gróðurverndarmörk

Nituroxíð í andrúmslofti (NO<sub>x</sub> og NO) voru mæld með sjálfvirkum mælingum á Kríuvörðu og á Gröf II, allt árið 2017. Mismunur þessara efna er reiknaður sem niturtvíoxíð (NO<sub>2</sub>). Helstu uppsprettur nituroxíða eru væntanlega umferð og iðnaðarsvæðið. Sólarhringsmeðalstyrkur NO<sub>2</sub> fór aldrei yfir heilsuverndarmörk og það sama á við um klukkustundarmeðalstyrk (tafla 4.5).

Meðalstyrkur NO<sub>2</sub> mældist á báðum mælistöðvum undir heilsuverndarmörkum fyrir NO<sub>2</sub> (tafla 4.5 og mynd 4.9). Meðalstyrkur NO<sub>x</sub> á Kríuvörðu og á Gröf II voru undir gróðurverndarmörkum fyrir NO<sub>x</sub> (tafla 4.5 og mynd 4.10).



**MYND 4.9** Meðalstyrkur NO<sub>2</sub> á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017 ásamt heilsuverndarmörkum.



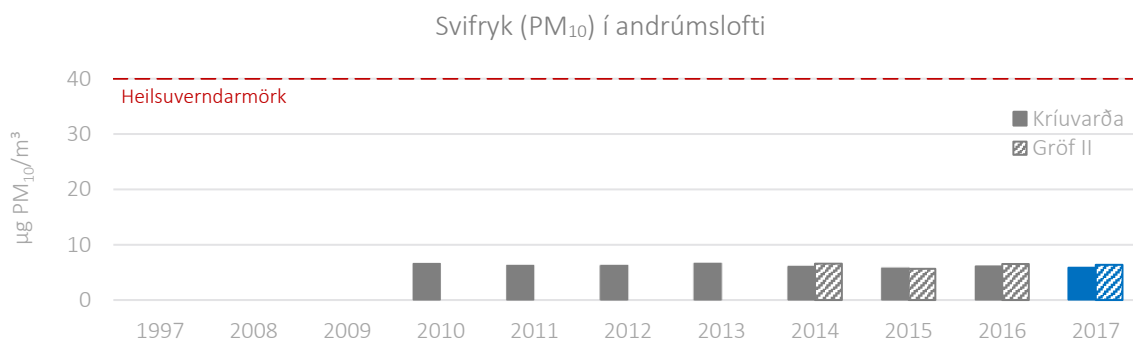
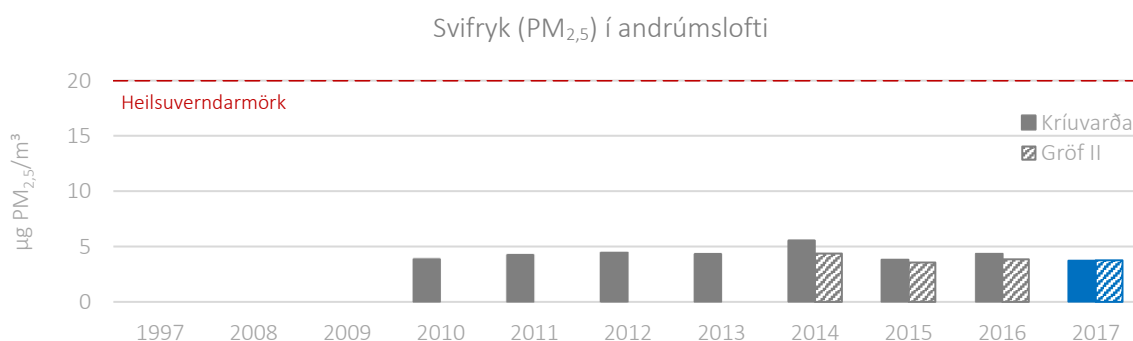
**MYND 4.10** Meðalstyrkur NO<sub>x</sub> á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017 ásamt gróðurverndarmörkum.

## 4.1.5 Svifryk í andrúmslofti

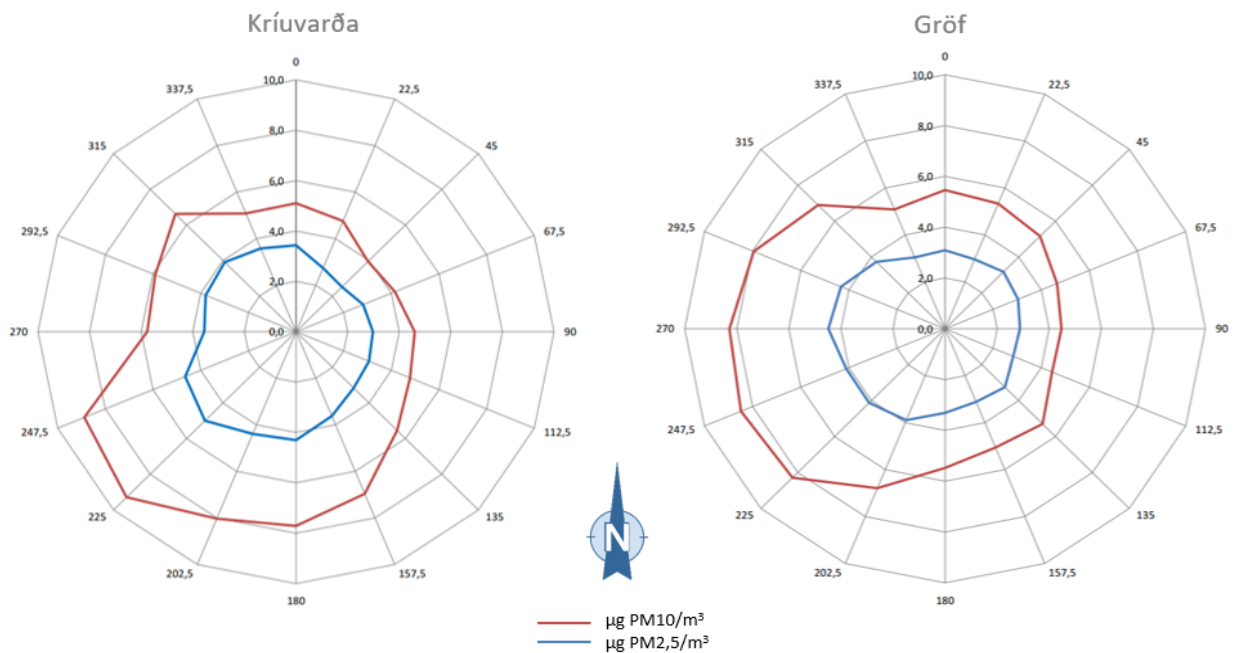
TAFLA 4.6 Niðurstöður mælinga á svifryki í Hvalfirði árið 2017.

Mælipáttur	Styrkur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Viðmiðunargildi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Svifryk ( $\text{PM}_{10}$ )	Kríuvarða	Gröf II		
Meðalstyrkur ársins	5,75	6,36	40	Heilsuverndarmörk
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	24,9	26,5	50	Heilsuverndarmörk, leyfilegt að yfirstíga 35x árlega.
Svifryk ( $\text{PM}_{2,5}$ )				
Meðalstyrkur ársins	3,7	3,8	20	Heilsuverndarmörk

Sjálfvirkar mælingar á styrk svifryks ( $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ ) fóru fram á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017. Meðalstyrkur  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  á árinu 2017 mældist undir heilsuverndarmörkum (tafla 4.6). Niðurstöður á Kríuvörðu og Gröf II eru svipaðar og undanfarin ár, sbr. myndir 4.11 og 4.12. Á vöktunarstöðvunum fór styrkur svifryks  $\text{PM}_{10}$  aldrei yfir sólarhringsheilsuverndarmörk á árinu.

MYND 4.11 Meðalstyrkur svifryks ( $\text{PM}_{10}$ ) í andrúmslofti árið 2017 á Kríuvörðu og Gröf II ásamt heilsuverndarmörkum.MYND 4.12 Meðalstyrkur svifryks ( $\text{PM}_{2,5}$ ) í andrúmslofti árið 2017 á Kríuvörðu og Gröf II ásamt heilsuverndarmörkum.

Mynd 4.13 sýnir rykrósrir frá Kríuvörðu og Gröf II fyrir allt árið 2017. Á báðum stöðvum mældist styrkur svifryks hæstur í suðvestanáttum og eru líklegar uppsprettur svifryksins umferð í grennd við iðnaðarsvæðið og á höfðuborgarsvæðinu. Aðrar uppsprettur eru malarnámur við Stóru-Fellsöxl og Hólabrú austan Hvalfjarðarganga auk iðnaðarsvæðisins [2].



**MYND 4.13** Styrkur svifryks ( $\mu\text{g PM}/\text{m}^3$ ) eftir vindáttum á Krúvörðu og Gröf II árið 2017.

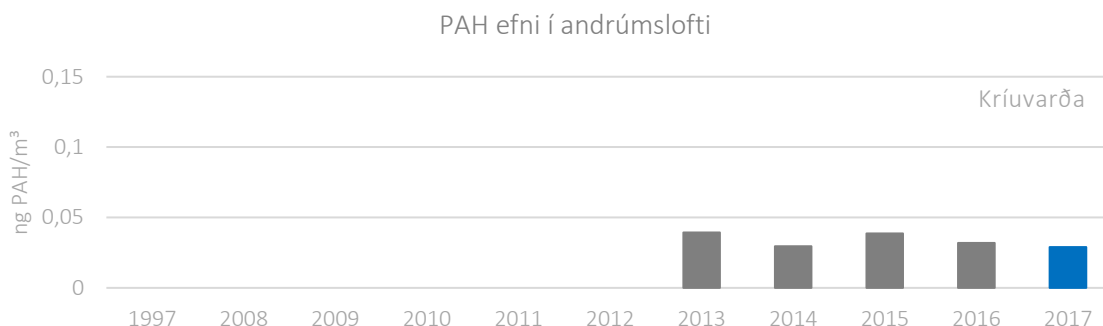
#### 4.1.6 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) í andrúmslofti

**TAFLA 4.7** Niðurstöður mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum í Hvalfirði árið 2017.

Mælipáttur	Styrkur ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	Viðmiðunargildi ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	
PAH efni - Bensó(a)pýren	Krúvarða		
Mældur styrkur (síur)	$3 \times 10^{-4} - 9 \times 10^{-4}$	1	Umhverfismörk

Mælingar voru gerðar á styrk fjölhringa arómatískra vetniskolefna ( $\text{PAH}_{16}$ -efna) í svifrykssýnum ( $\text{PM}_{10}$ ) sem safnað var á síur á Krúvörðu allt árið 2017. Ekki eru til skilgreind viðmiðunarmörk fyrir heildarstyrk PAH efna í andrúmslofti. Styrkur  $\text{PAH}_{16}$  efnanna yfir allt árið mældist á Krúvörðu  $0,029 \text{ ng PAH}/\text{m}^3$  sem er það lægsta síðan mælingar byrjuðu árið 2013 (mynd 4.14).

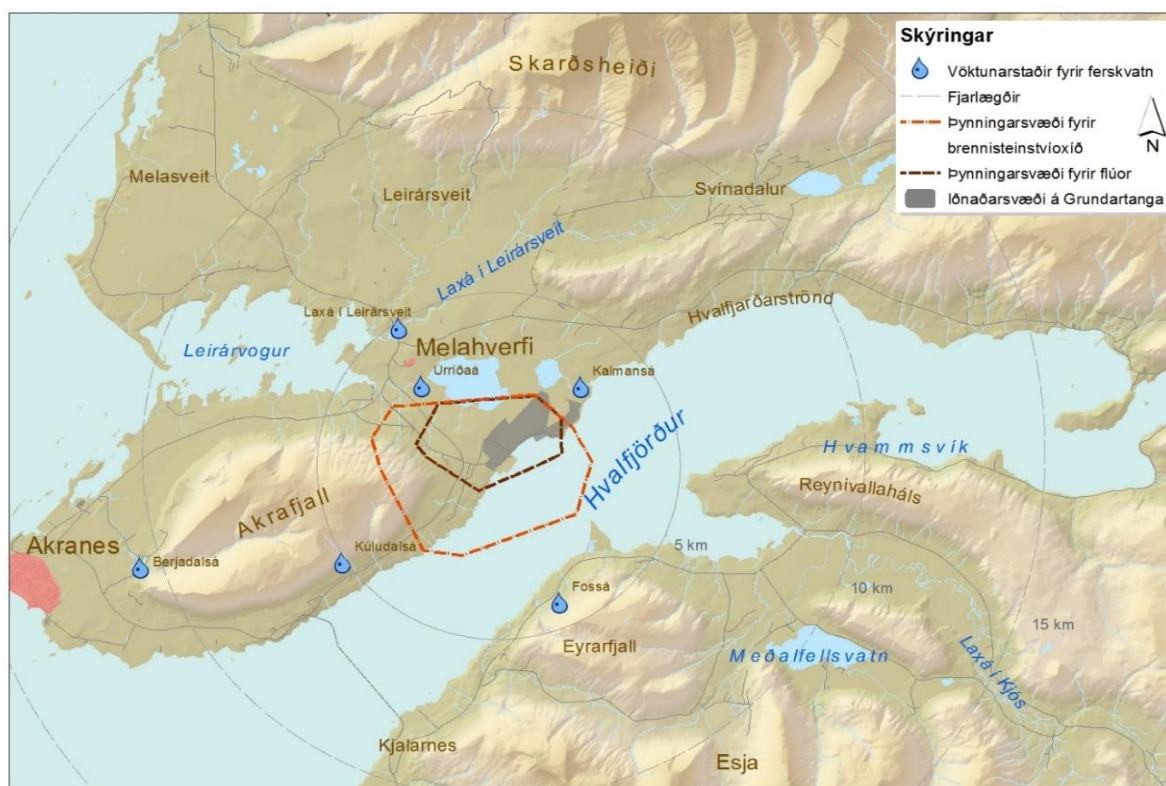
Styrkur bensó(a)pýrens mældist á bilinu  $0,0003 - 0,0009 \text{ ng BaP}/\text{m}^3$  sem er langt undir umhverfismörkum fyrir BaP sem skilgreind eru  $1 \text{ ng BaP}/\text{m}^3$  samkvæmt reglugerð nr. 410/2008.



**MYND 4.14** Styrkur  $\text{PAH}_{16}$  efna í svifryki á Krúvörðu árin 2013-2017.

## 5 FERSKVATN

Ferskvatnssýnum var safnað úr fimm ám norðan Hvalfjarðar; Laxá í Leirársveit, Urriðaá, Kalmansá, Berjadalsá ofan Akraness og Kúludalsá. Einnig voru sýni tekin úr einni á sunnan Hvalfjarðar; Fossá undir Eyrarfjalli (mynd 5.1). Tímabil sýnatöku var frá 5. apríl til 11. september 2017. Sýnum var safnað í hverjum mánuði úr Urriðaá og Kalmansá, samtals sex sýnum úr hvorri á. Sýni úr Laxá og Fossá voru tekin tvisvar yfir söfnunartímabilið og þrjú sýni voru tekin úr Berjadalsá og Kúludalsá. Í vatnssýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, flúor, klór, brennisteinn, natrín og kalsín. Sýnataka og mælingar voru unnar af NMÍ [3]. Bakgrunns mælingar frá árinu 1997 eru til fyrir alla þætti í öllum ám nema Fossá, þar hófust mælingar árið 2000, og Kúludalsá, þar sem mælingar hófust 2016.



**MYND 5.1** Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði árið 2017.

Rennsli Kalmansár og Urriðaár er fyrst og fremst yfirborðsvatn annars vegar úr Hólmavatni og hins vegar Eiðisvatni. Laxá, Berjadalsá, Kúludalsá og Fossá eru bergvatnsár. Í viðauka C má sjá tölfræðigreiningu á mælingum á efnainihaldi vöktunaráa frá 1997 – 2017 sem gerð er til að meta hvort marktækar breytingar á sýrustigi og efnastyrk flúors hafi átt sér stað í ánum á þessu tímabili.

## 5.1 Niðurstöður

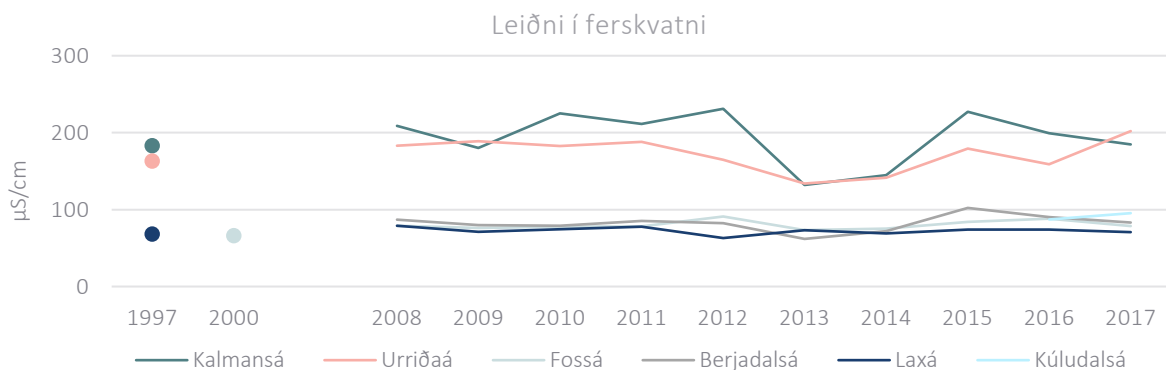
Í töflu 5.1 má sjá meðalstyrk allra mælinga í vöktunarám samanborið við hámarksgildi skv. reglugerð 536/2001. Hámarks- og lágmarksgildi allra mælipátta má sjá í viðauka C.

**TAFLA 5.1** Niðurstöður mælinga í vöktunarám ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neysluvatn.

Mælistaður	Sýrustig (pH)	Flúor (µg/L)	Súlfat (mg/L)	Klóríð (mg/L)
Kalmansá	7,4	137	10,5	23
Urriðaá	7,3	108	7,7	27
Berjadalsá	7,4	31	2,9	13
Fossá	7,7	38	2,1	9
Laxá	7,7	40	2,1	7
Kúludalsá	7,5	41	3,5	15
Hámarksgildi skv. rg. 536/2001	6,5 – 9,5	1.500	250	250

### 5.1.1 Leiðni ferskvatns

Leiðni vatns er háð efnainnihaldi þess en við aukið efnainnihald eykst leiðnin. Leiðni í Urriðaá og Kalmansá árið 2017 mældist á bilinu 132 – 285 µS/cm með meðalleiðni allra mælinga 193 µS/cm. Í bergvatnsánnum mældist leiðni á bilinu 75 – 98 µS/cm þar sem meðaltalið var 82 µS/cm. Meðalleiðni allra ána var 119 µS/cm sem er mjög nálægt meðaltali síðustu 10 ára, en breytileikinn hefur verið nokkur í gegnum árin. Mynd 5.2 sýnir meðaltöl fyrir leiðni í vöktunarám frá árunum 2008 – 2017, auk bakgrunnsgilda frá 1997 og frá 2000 fyrir Fossá til viðmiðunar.



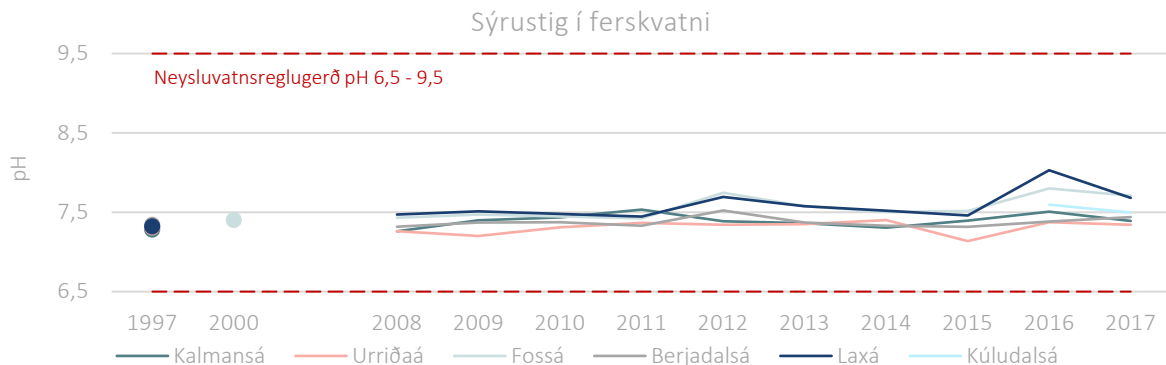
**MYND 5.2** Meðalleiðni í vöktunarám árin 2008 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar (frá 2000 í Fossá).

### 5.1.2 Sýrustig ferskvatns

Allar mælingar á sýrustigi árið 2017 voru innan þeirra marka sem sett eru fyrir neysluvatn (pH 6,5 – 9,5) samkvæmt reglugerð nr. 536/2001. Meðalsýrustig í Kalmansá og Urriðaá var pH 7,37 og mældist á bilinu pH 7,01 – 7,76. Sýrustig bergvatnsánna mældist að meðaltali pH 7,58 á bilinu pH 7,23 – 7,74. Meðaltal á sýrustigi fyrir allar árnar var pH 7,51, sem er í hærra lagi.

Eftir 2011 hafa verið tekin færri sýni árlega úr bergvatnsánum, um mitt sumar og sumarlok. Þessi breyting getur valdið meiri breytileika í mælingum og líkur á að pH mælist að meðaltali hærra, því pH hefur tilhneigingu til að hækka þegar líður á sumarið [3].

Á mynd 5.3 eru sýnd meðaltöl sýrustigs í vöktunarám. Ekki var breyting á sýrustigi í Kalmansá, Urriðaá eða Berjadalsá miðað við árið 1997, né miðað við árið 2007 (viðauki C). Ekki voru gerðar tölfraðigreiningar á Fossá og Laxá sökum of fárra mælinga. Að sama skapi var ekki gerð tölfraðigreining á Kúludalsá þar sem árið 2017 er einungis annað árið sem að hún er vöktuð.



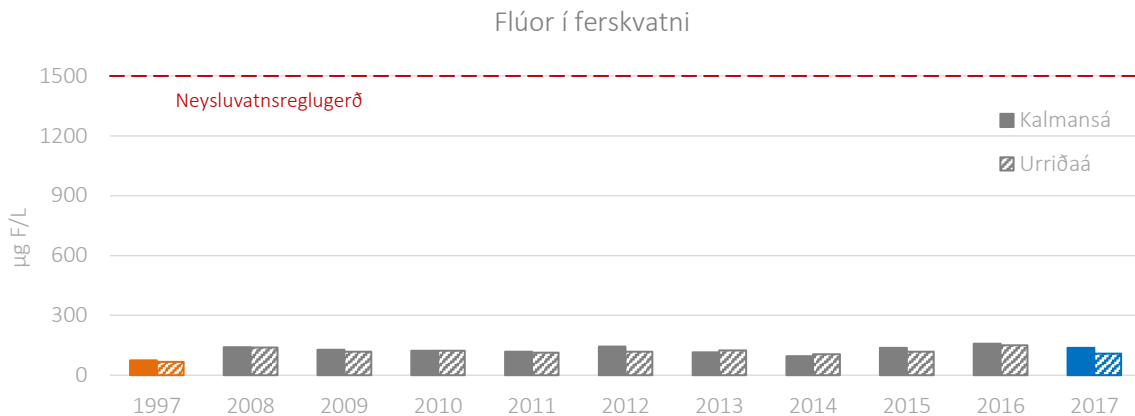
**MYND 5.3** Meðaltal sýrustigs í vöktunarám árin 2008 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar (frá 2000 í Fossá).

### 5.1.3 Flúor í ferskvatni

Meðalstyrkur flúors hefur alltaf mælst undir hámarksgildi flúors í neysluvatni samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 (1.500 µg F/L), sjá mynd 5.4. Styrkur flúors í ferskvatni hærrí en 200 µg F/L var talinn geta haft skaðleg áhrif á uppgöngu fullorðinna laxfiska í Columbia ánni í Norður-Ameríku [4] en ekki hefur verið skilgreindur hámarksstyrkur flúors í íslenskum ám og vötnum. Ársmeðalstyrkur flúors hefur aldrei farið yfir 200 µg F/L á vöktunartímanum í vöktunaránum.

Meðalstyrkur flúors í Kalmansá árið 2017 var 137 µg F/L og í Urriðaá 108 µg F/L og mældist rúmlega þrisvar sinnum hærrí en í bergvatnsánnum (mynd 5.4). Í bergvatnsánnum var meðalstyrkur flúors 37 µg F/L eða á bilinu 27 – 54 µg F/L.

Styrkur flúors í Kalmansá og Urriðaá virtist aukast eftir því sem leið á vöktunartímabilið (viðauki C). Uppsprettur Kalmansár og Urriðaár eru vötnin Eiðisvatn og Hólmavatn, sem staðsett eru afar nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga. Syðsti hluti Eiðisvatns liggur að hluta innan þýnningarsvæðisins fyrir flúor. Þessar ár eru því næmar fyrir flúorslosun. Styrkur flúors er einnig tengdur vatnsmagni ána og vatnanna sem þær renna úr og því geta breytingar í styrk milli ára meðal annars útskýrst af breytileika í árlegri úrkomu án þess að til komi aukin losun frá iðnaðarsvæðinu. Ekki var hækking á flúorstyrk í Kalmansá og Urriðaá árið 2017 miðað við árið 1997 né miðað við árið 2007 (viðauki C). Í Kalmansá og Urriðaá hefur mælst hærrí styrkur flúors í takt við aukna framleiðslu Norðuráls. Meðalstyrkur flúors í bergvatnsánnum hefur verið nánast óbreyttur frá árinu 2000 og rúmast innan náttúrulegs breytileika en styrkurinn var nærri meðallagi árið 2017 [3].

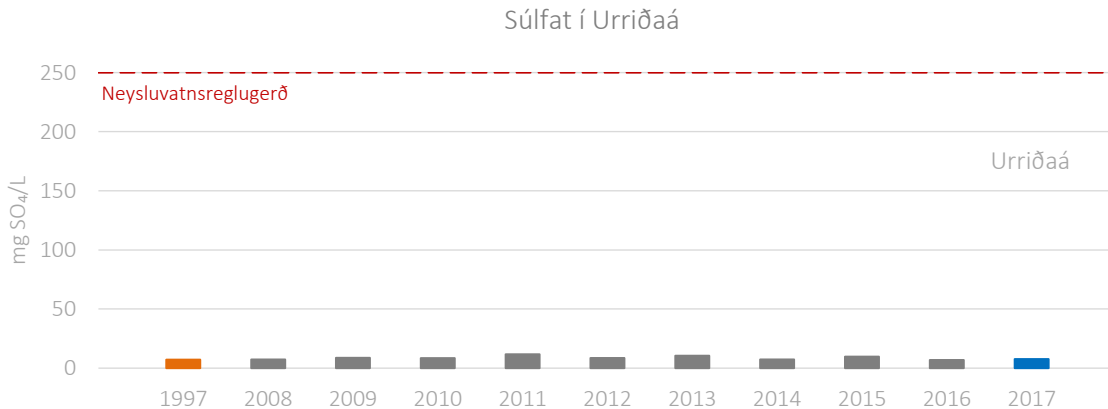


**MYND 5.4** Meðalstyrkur flúors í Urriðaá og Kalmansá árin 2008 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

#### 5.1.4 Súlfat í ferskvatni

Styrkur súlfats í vöktunaránum mældist í öllum tilfellum undir því hámarksgildi sem sett eru fyrir styrk súlfats í neysluvatni (250 mg SO<sub>4</sub>/L) samkvæmt reglugerð nr. 536/2001. Styrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaá var líkt og áður töluvert hærra en mældur styrkur í bergvatnsánum. Meðalstyrkur bergvatnsáanna var 2,6 mg SO<sub>4</sub>/L en 9,1 mg SO<sub>4</sub>/L fyrir Kalmansá og Urriðaá (sjá mynd 5.5 fyrir Urriðaá). Meðalstyrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaá var nokkuð undir meðaltali síðustu 10 ára.

Styrkur súlfats í árvatni bergvatnsáanna hefur haldist nokkuð stöðugur frá upphafi og var engin breyting þar á árið 2017.



**MYND 5.5** Meðalstyrkur súlfats í Urriðaá árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.



## 6 SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR

Flæðigryfjur eru staðsettar á hafnarsvæðinu í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Þar hafa iðjuverin heimild til að koma föstum ónýtanlegum úrgangi fyrir. Aðallega er hér um að ræða kerbrot, óendurvinnanlegar málmleifar, kola- og súralsryk. Sjór flæðir um gryfjurnar vegna sjávarfalla en grjótgarður sem afmarkar gryfjurnar hindrar að föst efni berist til sjávar. Skeljasandi er blandað við kerbrotaúrganginn, sem hvarfast við flúorsambönd og önnur efni og gerir þau síður skaðleg umhverfinu. Hafnarvernd sér um aðgengi til losunar í flæðigryfjurnar ásamt daglegu eftirliti.

Sjósýni voru tekin á 10 stöðum utan við flæðigryfjurnar í kjölfar háflóðs. Sýni voru tekin þrisvar sinnum yfir sumartímamann á hverjum stað á 1 metra dýpi, í 1 metra og 4 metra fjarlægð frá grjótgarðinum (mynd 6.1). Til viðmiðunar voru tekin tvö sýni, annað í miðju fjarðar og hitt við Kalastaði. Sýni þaðan eru talin innihalda náttúrulegan styrk efna í sjónum. Í sjósýnunum voru mæld sýanið (CN), arsen (As), króm (Cr), kopar (Cu), nikkell (Ni), blý (Pb), sink (Zn), járn (Fe) og flúoríð (F) auk þess sem ál (Al), fosfór (P) og vanadín (V) voru mæld í fyrsta skipti. Kadmín og kvikasilfur er ekki lengur mælt í sjósýnum. Sýni voru tekin dagana 14. júní, 29. ágúst og 15. september. Sýnataka og efnagreiningar voru unnar af NMÍ [5].



**MYND 6.1** Staðsetning vöktunarstaða (Ljósmynd: Emil Þór Sigurðsson, í eigu Faxaflóahafna).

### 6.1 Niðurstöður

Mengunar gætir í óverulegu mæli utan flæðigryfjugarðanna og mæliniðurstöður árið 2017, fyrir utan eitt sýni, eru að meðaltali svipaðar eða ívið lægri en mældist á tímabilinu 2014-2016 [5].

### 6.1.1 Málmar og steinefni í sjósýnum

Árið 2017 voru mælingar gerðar á sex málum (arsen, blý, króm, kopar, nikkell og sink) sem í miklu mæli eru taldir vera óæskilegir í lífríki hafsins. Skilgreind hafa verið umhverfismörk fyrir þessa málma í yfirborðsferskvatni, árósarvatni og strandsjó í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (tafla 6.2). Auk þess var styrkur járns, áls, vanadíns og fosfórs mældur í sjósýnum, en engin umhverfismörk eru skilgreind fyrir þessi efni í reglugerðum. Meðalstyrkur efna í sjó er að finna í töflu 6.1. Meðalstyrk, hæsta og lægsta mælda styrk þessara efna er að finna í viðauka D.

Sjósýni tekið í september við austurenda grjótagarðsins í 4 m fjarlægð skar sig úr, þar sem styrkur ýmissa efna (ál, króm, kopar, járn, nikkell, fosfór, blý, vanadín og sink) var áberandi hærri í þessu sýni en öðrum. Hér er líklegast um að ræða mengun frá sjávarseti við höfnina vegna róts frá skipum og bátum [5]. Umfjöllunin hér á eftir á ekki við um þetta sýni.

Arsen, króm, járn, nikkell, blý og sink mældust í öllum tilvikum í lægri eða svipuðum styrk og mældist í viðmiðunarsýnum, oft undir greiningarmörkum (tafla 6.1). Meðalstyrkur mældist í öllum tilvikum innan umhverfismark II (lítil hætta á áhrifum á umhverfið) sem bendir til að hverfandi útskolun á þessum málum eigi sér stað úr flæðigryfjunni. Það sama á við um styrk járns sem mældist í öllum tilvikum undir hámarksgildi fyrir járn í neysluvatni (200 µg /L) og svipaður og í viðmiðunarsýnum.

Kopar mældist í nokkrum tilfellum hærri en í viðmiðunarsýnum, sérstaklega við austurenda gryfjunnar fram að miðju, en í öllum tilvikum innan umhverfismark II (lítil hætta á áhrifum á umhverfið) sem bendir til að lítil útskolun á þessum málum eigi sér stað úr flæðigryfjunni.

Ál, fosfór og vanadín hafa ekki verið mæld áður. Þessi efni mældust í mjög svipuðum styrk og í viðmiðunarsýnum.

### 6.1.2 Sýaníð og flúor í sjósýnum

Tafla 6.1 sýnir meðalstyrk sýaníðs og flúors í sjósýnum. Ekki eru til nein umhverfismörk fyrir þessi efni í sjó. Styrkur frís sýaníðs og heildar sýaníðs mældist undir greiningarmörkum (<0,005 mg/L) í öllum tilfellum. Flúor mældist í svipuðum styrk og mældist í viðmiðunarsýnum, hæst (1,31 mg F/L) í sýni í 1m fjarlægð fyrir miðju gryfjunnar sem er undir hámarksgildi fyrir styrk flúors í neysluvatni (1,5 mg F/L). Meðalstyrk, hæsta og lægsta mælda styrk sýaníðs og flúors í sjósýnum er að finna í viðauka D.

**TAFLA 6.1** Meðalstyrkur þeirra efna sem mæld voru í sjósýnum árið 2017. Litir vísa til umhverfismarka. Umhverfismörk ekki til fyrir ólituð efni.

Vöktunarstaður	As µg/L	Cr µg/L	Cu µg/L	Ni µg/L	Pb µg/L	Zn µg/L	Al* µg/L	F* mg/L	Fe* µg/L	P* µg/L	V* µg/L	Sýniféð* (Frítt) mg/L	Sýniféð* (Heild) mg/L
1 Austurendi - 1 m	1,90	0,20	0,99	<0,5	<0,3	<2,0	15,9	1,27	20	<40	2,05	<0,005	<0,005
2 Austurendi - 4 m	1,81	38,2	2,20	34,17	0,31	26,1	40,6	1,26	320	<40	2,48	<0,005	<0,005
3 Austanmegin - 1 m	1,98	0,23	0,74	<0,5	<0,3	<2,0	20,5	1,27	30	<40	2,05	<0,005	<0,005
4 Austanmegin - 4 m	1,83	0,60	1,08	0,51	<0,3	<2,0	24,7	1,26	37	<40	2,20	<0,005	<0,005
5 Miðja - 1 m	1,83	0,18	0,62	0,51	<0,3	<2,0	21,0	1,31	23	<40	2,20	<0,005	<0,005
6 Miðja - 4 m	1,70	0,17	1,02	<0,5	<0,3	<2,0	23,6	1,28	27	<40	2,10	<0,005	<0,005
7 Vestanmegin - 1 m	1,68	0,17	0,74	<0,5	<0,3	<2,0	16,1	1,27	33	<40	2,07	<0,005	<0,005
8 Vestanmegin - 4 m	1,65	0,24	0,71	<0,5	<0,3	<2,0	18,0	1,28	27	<40	2,14	<0,005	<0,005
9 Vesturendi - 1 m	1,81	0,19	0,87	<0,5	<0,3	<2,0	17,8	1,27	23	<40	2,13	<0,005	<0,005
10 Vesturendi - 4 m	1,75	0,18	0,56	<0,5	<0,3	<2,0	18,1	1,25	23	<40	2,23	<0,005	<0,005
Kalastaðir	1,70	0,10	0,78	<0,5	<0,3	<2,0	26,0	1,24	37	<40	2,14	<0,005	<0,005
Miðja fjarðar	1,80	0,32	<0,5	<0,5	<0,3	3,1	27,6	1,26	33	<40	2,22	<0,005	<0,005

\*Umhverfismörk ekki til. Hámarksstyrkur í neysluvatni: ál og járn 200 µg/L, sýniféð 0,050 mg/L og flúor 1,5 mg F/L skv. neysluvatnsreglugerð, nr. 536/2001.

**TAFLA 6.2** Umhverfismörk skv. rg. 796/1999 fyrir málma í yfirborðsferskvatni, árósarvatni og strandsjó. Litir eru notaðir til aðgreiningar umhverfismarka I-V.

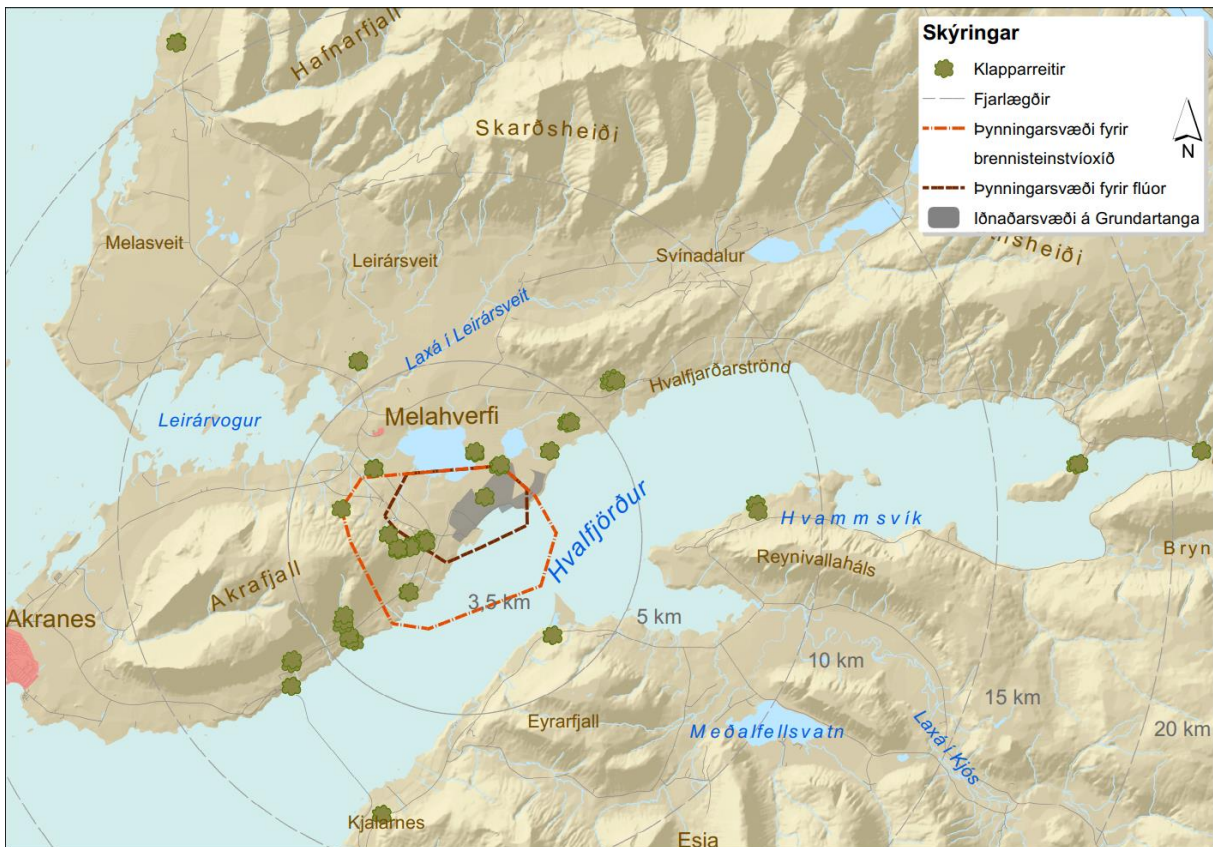
Umhverfismörk málma skv. rg. nr. 796/1999	I µg/L	II µg/L	III µg/L	IV µg/L	V µg/L
Kopar (Cu)	<0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45
Sink (Zn)	<5	5-20	20-60	60-300	>300
Blý (Pb)	<0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15
Króm (Cr)	<0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75
Nikkel (Ni)	<0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225
Arsen (As)	<0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75

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

## 7 KLAPPARREITIR

Mosar og fléttur á klöppum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga hafa verið vaktaðar frá árinu 1976. Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og fléttum (blað-, runn- og hrúðurfléttur) innan vöktunarreita auk þess sem háplöntur eru rannsakaðar að nokkru marki. Mosar og fléttur eru viðkvæm gagnvart flúor og brennisteini í lofti því gróðurinn tekur alla næringu úr lofti, er mjög hægvaxta og sígrænn (getur ekki losað sig við óæskileg efni). Mengunarefni safnast því smám saman í þennan gróður og gefur vísbendingu um uppsöfnun mengunarefna í náttúrunni.

Samkvæmt vöktunaráætlun fara rannsóknir fram á mosum og fléttum á klöppum þriðja hvert ár. Vöktunarreitirnir (40 x 50 cm) sem nú eru vaktaðir eru 60 talsins á 18 svæðum, þar sem 10 reitir eru innan þynningarsvæða og 50 reitir utan þynningarsvæða (sbr. mynd 7.1). Þetta eru sömu reitir og voru vaktaðir árið 2014.



**MYND 7.1** Yfirlitskort yfir staðsetningu fastra klapparreita í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga árið 2017.

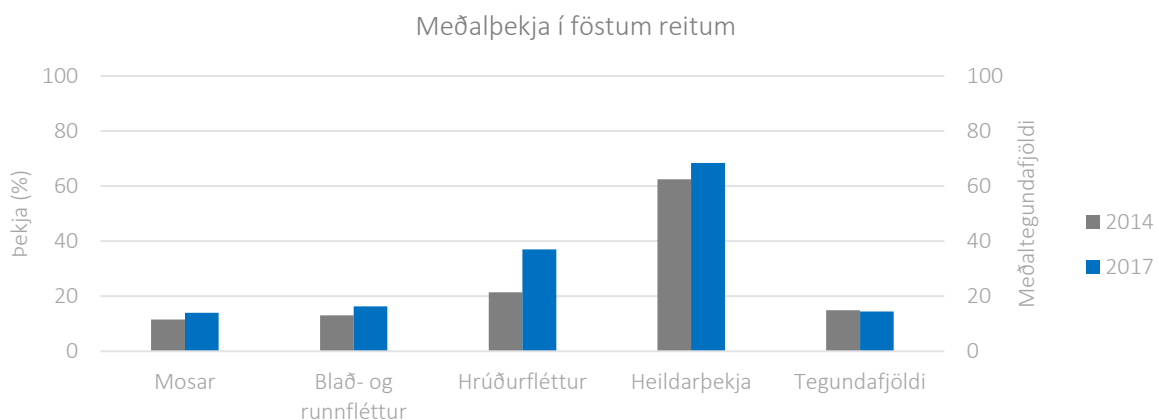
Vettvangsvinna fór fram 11.-13. júlí 2017 á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands [6]. Frá því að föstu reitirnir voru lagðir út 1975 og 1976 hafa þeir verið þekjumetnir fjórum sinnum áður, árin 1997, 2006, 2011 og 2014 [6] og ljósmyndaðir reglulega.

Styrkur flúors og brennisteins var mældur í sýnum af fléttunum, snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og hraunbreyksju (*Stereocaulon vesuvianum*) frá fjórum svæðum í nágrenni iðnaðarsvæðisins: Í reitum á Stekkjarási í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga (innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteins-tvíoxíð), í norðaustur hlíð Akrafjalls í um 2,5 km fjarlægð (innan þynningarsvæðis fyrir brennisteins-tvíoxíð) og utan þynningarsvæða á Miðfells múla ofan Kalastaðakots í um 5 km fjarlægð og ofan við Gröf (í um 5 km fjarlægð). Samanburðarsýni voru tekin við Bifröst í Borgarfirði nærri Hreðavatni eins og áður hefur verið gert [6]. NMÍ sá um mælingar á flúor og brennisteini.

## 7.1 Niðurstöður

### 7.1.1 Þekja tegunda

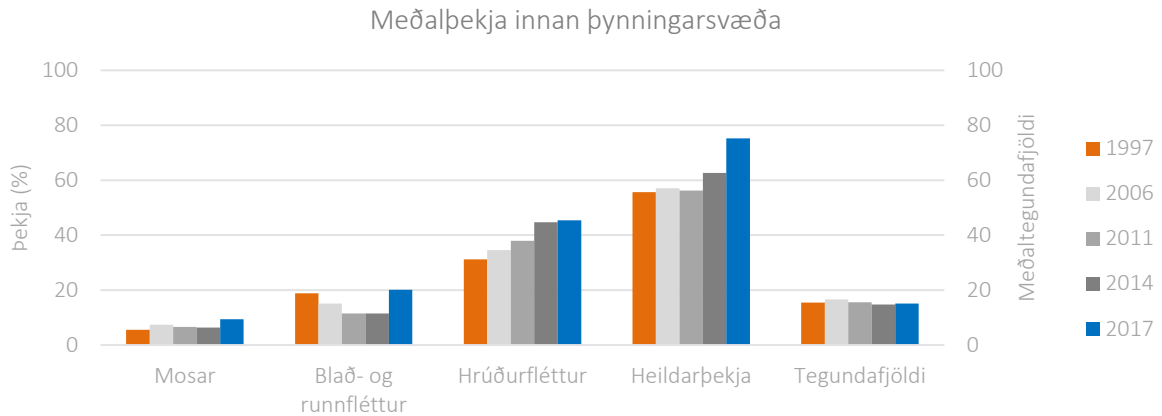
Breytingar á þekju mosa, blað- og runnfléttna voru metnar út frá ljósmyndum frá 60 klapparreitum milli árana 2014 og 2017. Að meðaltali jókst þekja allra tegundahópa, sérstaklega hjá blað- og runnfléttum (mynd 7.2). Athygli vekur að þekja blað- og runnfléttna jókst í reitum innan þynningarsvæða og klettastrý jók þekju sína á þeim svæðum sem því hafði hnignað síðan vöktun klapparreita hófst árið 1976. Meiri breytileika gætti á þekju tegundahópa í reitum sem staðsettir voru nálægt iðnaðarsvæðinu (viðauki E).



**MYND 7.2** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðal tegundafjölda í öllum föstum reitum (60) sem metnir voru 2014 og 2017.

### Gróðurbreytingar innan þynningarsvæða iðnaðarsvæðisins við Grundartanga

Tíu reitir voru vaktaðir á svæðum, sem eru innan þynningarsvæða brennisteins og flúors (mynd 7.1). Ekki var hægt að sjá einhlítar gróðurbreytingar hjá mosum né blað- og runnfléttum næst iðnaðarsvæðinu. Að meðaltali hafði þekja bæði blað- og runnfléttna og mosa aukist og sömuleiðis meðalheildarþekjan. Þekja mosa og blað- og runnfléttna hafði aldrei mælst meiri (mynd 7.3). Í viðauka E má sjá nánara þekjumat fyrir hvert svæði fyrir sig. Tafla 7.1 inniheldur yfirlit yfir svæði klapparreita og samanburð á þekjumati milli árana 2014 og 2017.



**MYND 7.3** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda föstum reitum (10) innan þynningarsvæða 1997-2017.

**TAFLA 7.1** Yfirlit yfir samanburð á mati þekju mosa og fléttna á svæðum sem staðsett eru innan þynningarsvæða milli ára 2014 og 2017.

Vöktunarsvæði	Mosar	Blað- og runnfléttur	Hróðurfléttur	Heildarþekja
Stekkjars (í 1 km fjarlægð)	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja jókst
Selás (í <2 km fjarlægð)	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja jókst
Langholt (í <3 km fjarlægð)	Þekja minnkaði	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja jókst
Akrafjall (í 2,2-2,3 km fjarlægð)	Þekja minnkaði	Þekja jókst	Þekja jókst	Þekja minnkaði

Litakóði Þekja jókst Þekja svipuð Þekja minnkaði

### Gróðurbreytingar utan þynningarsvæðis

Alls voru 50 reitir vaktaðir sem eru fyrir utan þynningarsvæði iðnaðarsvæðisins á Grundartanga (mynd 7.1). Þetta eru sömu reitir og voru mældir árið 2014. Í viðauka E má sjá nánara þekjumati fyrir hvern reit fyrir sig. Tafla 7.2 inniheldur yfirlit yfir samanburð á þekjumati milli ára 2014 og 2017.

**TAFLA 7.2** Yfirlit yfir samanburð á þekjumati mosa og fléttna á svæðum utan þýnningarsvæðis milli árána 2014-2017.

Vöktunarsvæði	Mosar	Blað- og runnfléttur	Hrúðurfléttur	Heildarþekja
Gróðurbreytingar suðvestur af Grundartanga				
Skvöþ (í 7 km fjarlægð)		Ekki til staðar		
Ofan við Gröf (í 5 km fjarlægð)				
Neðristallar (í 8 km fjarlægð)				
Gróðurbreytingar norðaustur af Grundartanga				
Kalmansá (í 3 km fjarlægð)				
Kalastaðakot (í 4 km fjarlægð)				
Miðfells múli (í 5 km fjarlægð)				
Gróðurbreytingar innan 10 km ræðus frá Grundartanga				
Bjarnarholt (í 2 km fjarlægð)				
Álfholt (í 3 km fjarlægð)				
Beitistaðaholt (í 6 km fjarlægð)				
Ofan Hvalfjarðareyrar (í 4 km fjarlægð)				
Hvammsnes (í 8 km fjarlægð)				
Tíðaskarð (í 9 km fjarlægð)				
Gimbrapallar (í 4 km fjarlægð)				
Gróðurbreytingar í meira en 10 km fjarlægð frá Grundartanga				
Hafnarbæli (í 16 km fjarlægð)				
Þyrilsnes (í 17 km fjarlægð)				
Hvalfjarðarbotn (í >20 km fjarlægð)				

Litakóði Þekja jókst Þekja svipuð Þekja minnkaði

### 7.1.2 Brennisteinn og flúor í blað- og runnfléttum

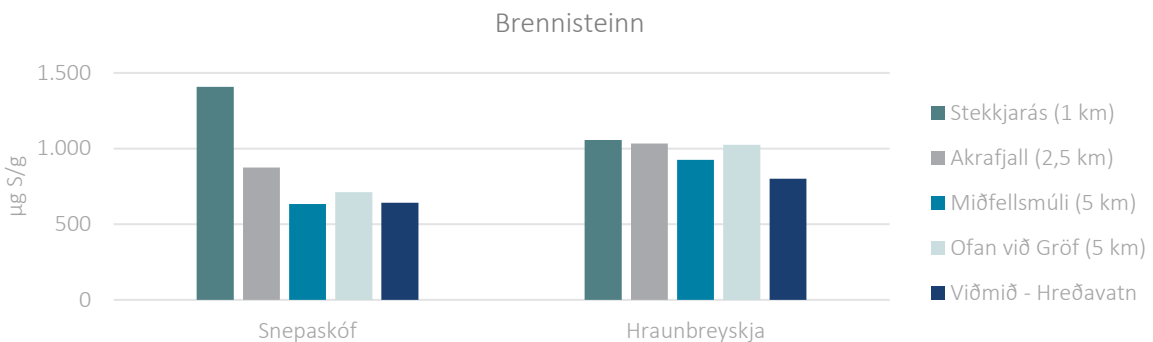
Styrkur brennisteins og flúors var mældur í hraunbreyksju (*Stereocaulon vesuvianum*) og snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) frá fjórum svæðum í nágrenni iðnaðarsvæðisins, líkt og í fyrri rannsóknum [6]. Ítarlegri niðurstöður styrk brennisteins og flúors á milli ára má sjá í viðauka E.

Magn flúors og brennisteinstvíoxíðs innan þýnningarsvæðis jókst og hefur aldrei mælst jafnmikill flúor í snepaskóf á Stekkjarási. Ekki var sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar. Utan þýnningarsvæðis mældist minna magn af brennisteinstvíoxíði en árið 2014, og nokkur breytileiki mældist í flúor sem ýmist minnkaði eða jókst lítilsháttar. Runnfléttan klettastrý jók þekju sína umtalsvert á svæðum innan þýnningarsvæðanna, sem er breyting þar sem þessari tegund hafði hnignað allt frá því að mælingar hófust.

## Brennisteinn

Styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju mældist á bilinu 600 - 1.400  $\mu\text{g S/g}$  (mynd 7.4). Innan þýnningarsvæðis mældist styrkur brennisteins hærri árið 2017 miðað við árið 2014, en á svæðum utan þýnningarsvæða mældist styrkurinn lægri en árið 2014 (mynd E.26 í viðauka E). Hæsti styrkur brennisteins mældist í sýnum af snepaskóf frá Stekkjarási og hefur einungis einu sinni áður mælst hærri innan þýnningarsvæða, árið 1999.

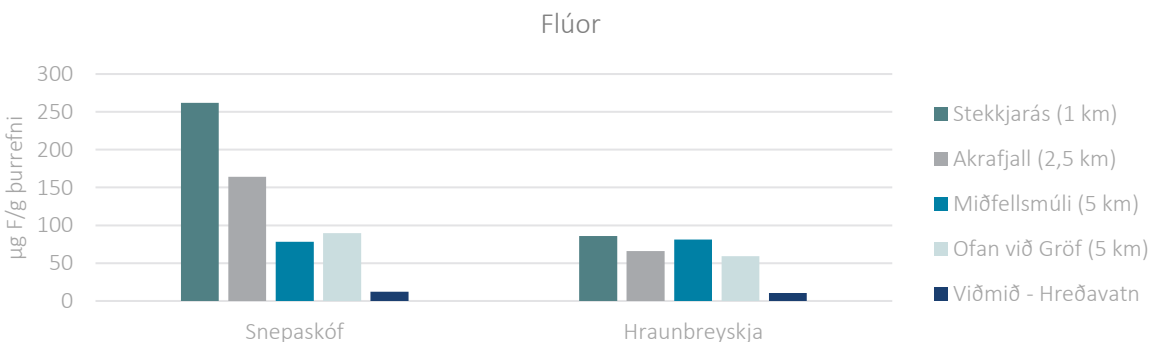
Erlendar rannsóknir hafa sýnt að náttúrulegur styrkur brennisteins í fléttum á svæðum þar sem ekki er um veruleg áhrif loftmengunar að ræða liggur oftast á bilinu 300-600  $\mu\text{g S/g}$ . Efri þolmörk margra fléttna liggur hins vegar á bilinu 2.000 – 3.000  $\mu\text{g S/g}$ , en hjá viðkvæmum tegundum geta þolmörkin verið á bilinu 1.500 – 2.000  $\mu\text{g S/g}$  [6].



**MYND 7.4** Styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu.

## Flúor

Eins og í fyrri rannsóknum mældist hærri styrkur flúors í snepaskóf en hraunbreyskju og mun hærri í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnunum frá Hreðavatni (mynd 7.5). Flúor mældist hæstur í sýnum af snepaskóf frá Stekkjarási, sem er innan þýnningarsvæðis (262  $\mu\text{g F/g}$  þurrefni). Þetta er hæsti styrkur sem mælst hefur frá upphafi mælinga. Styrkur flúors í öðrum sýnum breyttist lítillega (bæði lækkaði og hækkaði) á tímabilinu 2014 til 2017 (viðauki E). Þolmörk fléttna fyrir flúor er misjöfn eftir tegundum og ekki vel þekkt hvar mörkin nákvæmlega liggja [6]. Styrkur flúors sem nú mældist í blaðfléttunni snepaskóf við Stekkjarás, virðist ekki hafa áhrif á fléttunarnar þar sem þekja blað- og runnfléttna jóks á þessum stað milli árunna 2014 og 2017.

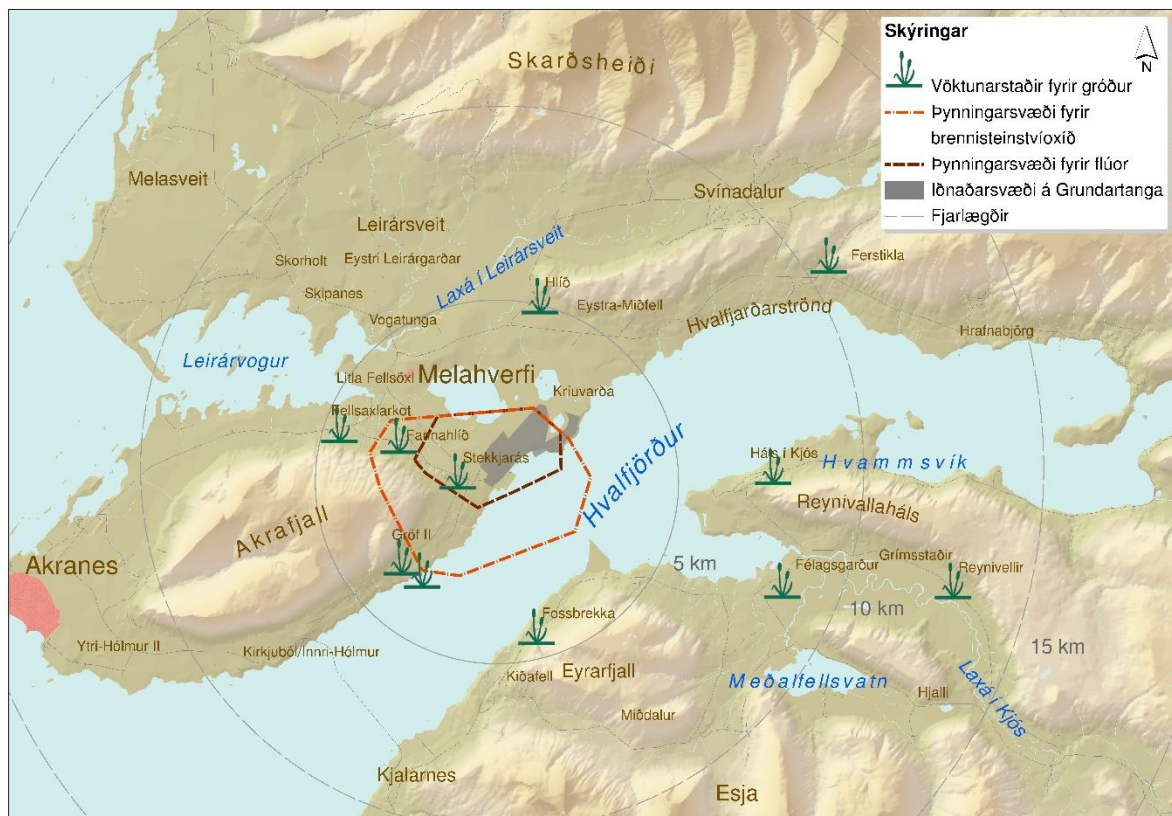


**MYND 7.5** Styrkur flúors í snepaskóf og hraunbreyskju á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu.



## 8 GRÓÐUR

Styrkur flúors í plöntuvef gróðurs var mældur eins og áður. Þar sem gróðurtegundir þola flúor misvel eru mælingar gerðar á þremur mismunandi gróðurtegundum; grasi, laufi (birki og reyni) og barri (bergfuru, greni og stafafuru). Söfnun miðast við vaxtartímabil gróðursins, auk þess sem sýnataka þarf að fara fram þegar þurrkt hefur verið í veðri dagana á undan. Sýnum af grasi og laufi var safnað þann 13. júní þegar vöxtur plantnanna er hvað hraðastur og einnig 28. september þegar komið er að lokum vaxtatímabilsins. Nýmæli þetta árið er að sýnum af grasi var einnig safnað þann 25. júlí. Barri var safnað þann 28. nóvember. Söfnun og greining sýna var í höndum NMÍ [7].



**MYND 8.1** Vöktunarstaðir fyrir gróður í Hvalfirði árið 2017.

Sýni voru tekin á ellefu vöktunarstöðum í Hvalfirði (mynd 8.1), auk þess sem sýni voru tekin í Skorradal til viðmiðunar. Tveir staðir liggja innan þynningarsvæðis; Stekkjarás liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor og Fannahlíð er innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Á einum sýnatökustað (Gröf II við hús) var sýnum safnað af grasi og laufi en á hinum tíu af grasi, laufi og barri. Tölfræðigreining var gerð á styrk flúors í grasi, laufi og barri sem sýnir hvort marktækar breytingar á flúorstyrk hafi átt sér stað milli ára (viðauki F).

Þolmörk viðkvæms gróðurs gagnvart styrkleika flúors í andrúmslofti (HF) eru talin vera 0,3  $\mu\text{g F/m}^3$  yfir 5 – 6 mánaða tímabil. Þessi styrkur í lofti getur leitt til uppsöfnunar á um 30  $\mu\text{g F/g}$  í plöntuvef [8]. Þolnar tegundir gagnvart flúor í andrúmslofti eru t.d. krækilyng og birki á meðan grös eru miðlungspolnar tegundir [9, 10, 11, 12]. Talin þolmörk gagnvart flúor í vef og andrúmslofti er að finna í töflu 8.1. Samkvæmt reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri eru hámarksgildi flúors í fóðri fyrir nautgripi, geitur og sauðfé skilgreind sem 30  $\mu\text{g F/g}$  og fyrir mjólkandi dýr sem 50  $\mu\text{g F/g}$  miðað við 12% rakainnihald fóðurs. Þá eru þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fóðri einnig talin vera 30  $\mu\text{g F/g}$  [12].

**TAFLA 8.1** Talin þolmörk mismunandi gróðurtegunda gagnvart flúor í andrúmslofti (HF) og flúor í plöntuvef [8].

Styrkur flúors í lofti ( $\mu\text{g HF/m}^3$ )	Styrkur flúors í plöntuvef ( $\mu\text{g F/g}$ )	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

## 8.1 Niðurstöður

Ítarlegar niðurstöður fyrir umhverfisvöktun gróðurs má sjá í viðauka F. Vísað er til fyrri vöktunarskýrsla fyrir niðurstöður áráanna 1998 til 2007.

### 8.1.1 Flúor í grasi

Á árinu 2017 mældist styrkur flúors í grasi í öllum tilvikum undir hámarksgildi flúors í fóðri skv. reglugerð nr. 340/2001 (30  $\mu\text{g F/g}$ ), innan talinna þolmarka grasbíta gagnvart flúor í fóðri [12], og innan talinna þolmarka grasa gagnvart flúor í plöntuvef (100 – 200  $\mu\text{g F/g}$ , sjá töflu 8.1). Tafla 8.2 sýnir meðalstyrk flúors í grasi og mynd 8.2 meðalstyrk flúors í grasi á öllum vöktunarstöðum.

Hæsti flúorstyrkur í grasi, 25  $\mu\text{g F/g}$ , mældist í september á Stekkjarási. Til viðmiðunar mældist flúor hæst 2  $\mu\text{g F/g}$  í grassýnum við Skorradal. Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka F.

Hækkun er á meðalstyrk flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan og sunnan fjarðar árið 2017 miðað við árið 1997, en hinsvegar er ekki marktæk breyting sé miðað við árið 2007 eins og undanfarin ár (mynd F.3 í viðauka F). Í gegnum árin hefur flúor alltaf mælst hærrí í grasi norðan fjarðar en sunnan fjarðar (mynd 8.2) en ekki er alltaf um marktækan mun að ræða og á það við um árið 2017. Almenn er umtalsvert meiri breytileiki á mæligildum norðan fjarðar en sunnan.

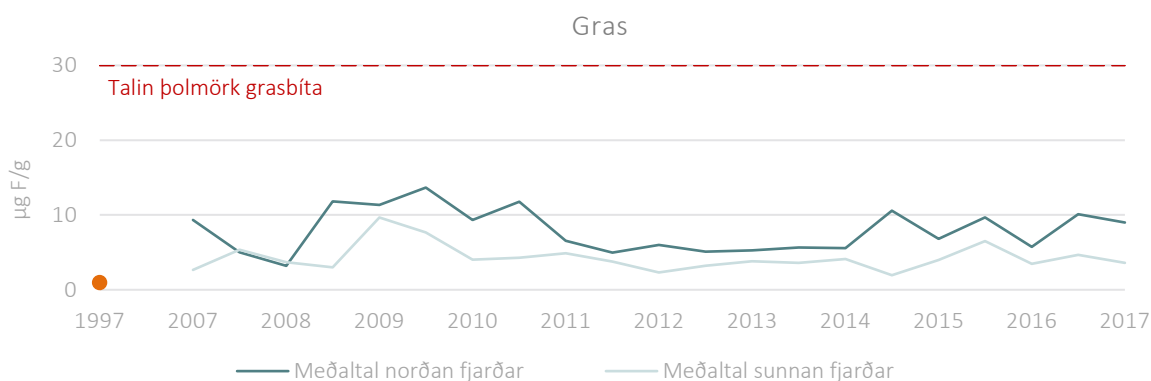
**TAFLA 8.2** Niðurstöður flúormælinga í grasi á öllum vöktunarstöðum árið 2017 ásamt þolmörkum, samantekt á tölfræðivinnslu og veðurfari við sýnatökur.

Flúor í grasi						
	Vöktunarstaður	Styrkur í júní (µg F/g þurrefni)	Styrkur í júlí (µg F/g þurrefni)	Styrkur í september (µg F/g þurrefni)	Breyting 2017 m.v. 1997	Breyting 2017 m.v. 2007
Norðan fjarðar	Stekkjars	14	16	25	Hækkun	Engin breyting
	Fannahlíð	9	20	7		
	Fellsaxlarkot	6	20	13		
	Ferstikla	2	2	1		
	Gröf II við veg*	8	4	4		
	Gröf II við hús*	5	7	12		
	Hlíð*	2	2	2		
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	6	9	7		
	Fossbrekka	3	4	3		
	Háls í Kjós	3	3	2		
	Reynivellir	2	3	2		
Viðmiðunarstaður Skorradalur	2	-	<1			
Talin þolmörk grasa					100-200 µg F/g í plöntuvef	
Talin þolmörk grasbíta [12]					30 µg F/g í plöntuvef	
Hámarksgildi flúors í fóðri fyrir sauðfé**					30 µg F/g í plöntuvef	

\* Mælingar hófust árið 2009 við Gröf II við veg og Hlíð, árið 2010 við Gröf II við hús og árið 2011 við Ferstiklu og Háls í Kjós.

\*\* Skv. reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri

Veðurfar við sýnatökur				
	Júní	Júlí	September	Skýring
Dagsetning	13	25	8	Fyrir sýnatöku í júní var að mestu þurrt, þó hafði rignt örlítið tveim dögum fyrir sýnatöku. Í júlí rigndi 4 dögum fyrir sýnatöku. Í september hafði verið þurrt í tvo daga fyrir sýnatöku. Í nóvember var þurrt vikuna fyrir sýnatöku
Heildarúrkoma 5 daga fyrir sýnatöku (mm)	2,3	0,4	9,5	
Lofthiti (°C)	10-14	13	11	
Meðalvindhraði (m/s)	2-4	6	4-7	
Vindáttir	NA og A-áttir	SA-A áttir	A- áttir	



**MYND 8.2** Meðaltal flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar, vor og haust árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

### 8.1.2 Flúor í laufi

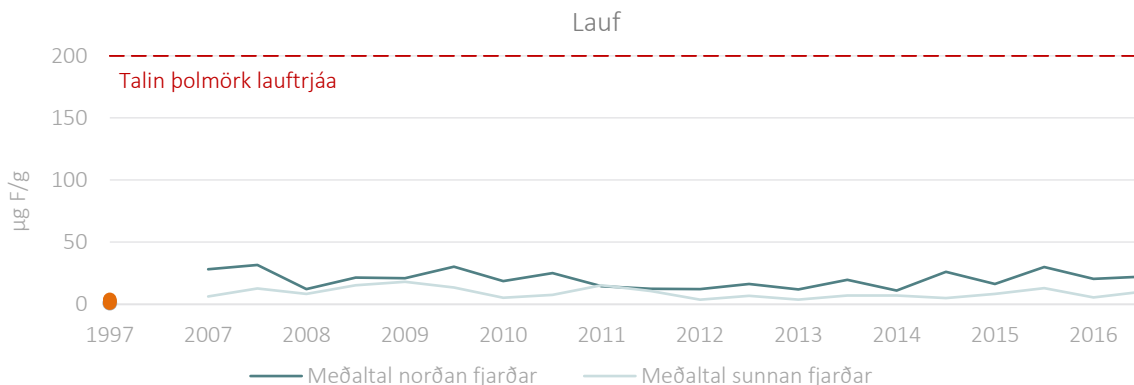
Styrkur flúors í laufi mældist í öllum tilvikum innan talinna þolmarka lauftrjáa (200 µg F/g), samanber töflu 8.1 og 8.3. Mynd 8.3 sýnir reiknað meðaltal af styrk flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar á öllum vöktunarstöðum. Styrkur flúors í sýnum af birki sem tekin voru í júní við Fannahlíð og Stekkjarás og í september við Fannahlíð, Fellsaxlarkot og Stekkjarás mældist yfir viðmiðunarmörkum í reglugerð um fóður, 30 µg F/g, og telst það því ekki æskilegt sem fóður. Hæsti meðalstyrkur flúors í laufi mældist í sýnum norðan fjarðar, við Stekkjarás í júní, 45 µg F/g, en Stekkjarás liggur innan þynningarsvæðis fyrir flúor. Til viðmiðunar mældist meðalstyrkur flúors í laufsýnum frá Skorradal 3 µg F/g.

Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka F. Niðurstöður tölfræðigreiningar sýna að hækkun er á meðalstyrk flúors í laufi frá öllum vöktunarstöðum árið 2017 miðað við árið 1997. Eins og undanfarin ár er ekki marktæk breyting á meðalstyrk flúors, frá öllum vöktunarstöðum, í laufsýnum miðað við árið 2007 (mynd F.4 í viðauka F). Frá því að mælingar hófust hefur flúor alltaf mælst hærrí laufi norðan fjarðar en sunnan fjarðar. Árið 2017 var þessi munur marktækur, en ekki hefur alltaf verið um marktækan mun að ræða. Breytileiki á mæligildum milli ára er meiri norðan fjarðar en sunnan.

**TAFLA 8.3** Niðurstöður flúormælinga í laufi á öllum vöktunarstöðum árið 2017 ásamt þolmörkum, samantekt á tölfræðiúrvinnslu. Sjá töflu 8.2 fyrir veðurfar á sýnatökudögum.

Flúor í laufi					
	Vöktunarstaður	Meðalstyrkur í júní (µg F/g þurrefni)	Meðalstyrkur í september (µg F/g þurrefni)	Breyting 2017 m.v. 1997	Breyting 2017 m.v. 2007
Norðan fjarðar	<i>Stekkkjarás</i>	45	37	Hækkun	Engin breyting
	<i>Fannahlíð</i>	36	37		
	<i>Fellsaxlarkot</i>	23	32		
	<i>Ferstikla*</i>	2	4		
	<i>Gröf II við veg*</i>	19	22		
	<i>Gröf II við hús*</i>	14	18		
	<i>Hlíð*</i>	3	7		
Sunnan fjarðar	<i>Félagsgarður</i>	6	17		
	<i>Fossbrekka</i>	4	3		
	<i>Háls í Kjós*</i>	3	8		
	<i>Reynivellir</i>	9	13		
<i>Viðmiðunarstaður Skorradalur</i>		2	3		
<b>Talin þolmörk lauftrjáa</b>		200 µg F/g í plöntuvef			

\* Mælingar hófust árið 2009 við Gröf II við veg og Hlíð, árið 2010 við Gröf II við hús og árið 2011 við Ferstiklu og Háls í Kjós.



**MYND 8.3** Meðalstyrkur flúors í laufi frá öllum vöktunarstöðum norðan Hvalfjarðar, vor og haust árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

### 8.1.3 Flúor í barri

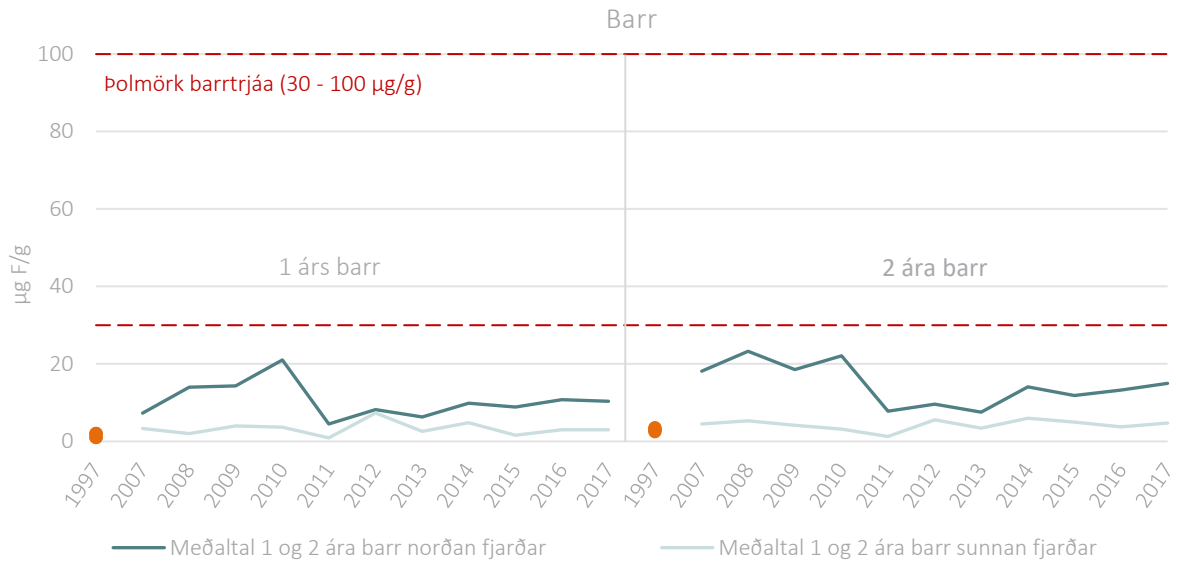
Í öllum tilvikum mældist meðalstyrkur flúors í barri undir þolmörkum barrtrjáa gagnvart flúor sem talin eru vera 30 -100 µg F/g, samanber töflu 8.1 og 8.4. Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri mældist í öllum tilvikum nema einu hærri en flúor í eins árs barri. Mynd 8.4 sýnir reiknað meðaltal af styrk flúors í eins og tveggja ára barri norðan og sunnan Hvalfjarðar á öllum vöktunarstöðum. Hvorki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í eins né tveggja ára barri árið 2017 miðað við árin 1997 eða 2007 (myndir F.5 og F.6 í viðauka F). Greinilegur munur er á flúorstyrk í barri norðan fjarðar og sunnan fjarðar. Árið 2017 er þessi munur ekki marktækur en það er ekki alltaf raunin.

**TAFLA 8.4** Niðurstöður flúormælinga í barri á öllum vöktunarstöðum árið 2017 ásamt þolmörkum og samantekt á niðurstöðum tölfraeðilegrar greiningar og veðurfari við sýnatökur.

Flúor í barri					
	Vöktunarstaður	Meðalstyrkur 1 árs barr (µg F/g þurrefni)	Meðalstyrkur 2 ára barr (µg F/g þurrefni)	Breyting 2017 m.v. 1997	Breyting 2017 m.v. 2007
Norðan fjarðar	Stekkjars	16	26	Engin breyting	Engin breyting
	Fannahlíð	19	26		
	Fellsaxlarkot	11	20		
	Ferstikla*	2	3		
	Gröf II við veg*	12	11		
	Hlíð*	2	4		
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	5	4	Engin breyting	Engin breyting
	Fossbrekka	3	4		
	Háls í Kjós*	3	4		
	Reynivellir	3	7		
	Viðmiðunarstaður Skorradalur	2	3		
	<b>Talin þolmörk barrtrjáa</b>	30 - 100 µg F/g í plöntuvef			

\* Mælingar hófust árið 2009 við Gröf II við veg og Hlíð, árið 2010 við Gröf II við hús og árið 2011 við Ferstiklu og Háls í Kjós.

Veðurfari við sýnatökur		
	Nóvember	Skýring
Dagsetning	28	Nóvembermánuður var kaldur og þurr var dagana fyrir sýnatöku. Austlægar og norðlægar áttir voru ríkjandi vikuna fyrir sýnatökuna og meðalhitastig tímabilsins -2° C.

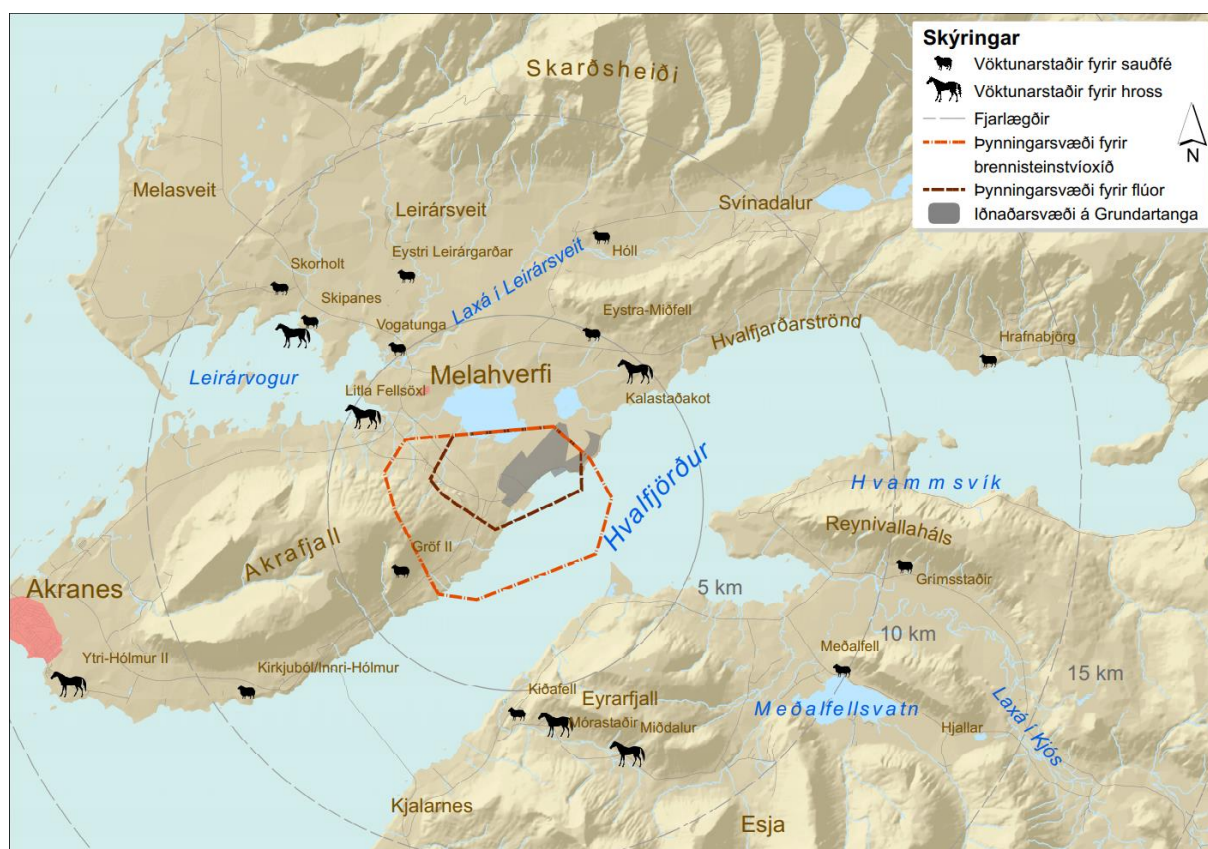


**MYND 8.4** Meðalstyrkur flúors í eins og tveggja ára barri frá vöktunarstöðum norðan fjarðar árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

## 9 GRASBÍTAR

Vöktun á áhrifum flúors á sauðfé og hross frá bæjum í nágrenni við iðnaðarsvæðið á Grundartanga fór fram eins og undanfarin ár. Vöktunarbæirnir eru staðsettir bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar. Flúor var mældur í beinösku kjálka sláturfjár, annars vegar í lömbum og hins vegar í fullorðnu fé. Kjálkar úr sauðfé voru ennfremur skoðaðir með tilliti til vísbendinga um skemmdir vegna flúoráhrifa [13]. Dýralæknir frá Dýralæknamiðstöðinni ehf. sá um skoðun á kjálkum sauðfjár og NMÍ sá um flúormælingar í beinösku kjálka. Dýralæknir skoðaði einnig ummerki um flúorskaða í tönnum lifandi sauðfjár og hrossa og mat ástand liðamóta í framfótum dýranna [14].

Grasbítar taka upp flúor með fóðri og vatni og safnast flúor fyrir í beinum með tíma. Þannig mælist hærri styrkur flúors í eldra fé. Leitast er við að greina fjögur kjálkabein af lömbum og af fullorðnu fé (6 vetra eða eldri) frá hverjum vöktunarbæ [1]. Upplýsingar um aldur dýranna koma fram á fjármerkjum viðkomandi bæja eða frá bónda. Meðalaldur dýranna að þessu sinni var rúmlega 6 vetur (yngst 1 vetra og elst 9 vetra).



MYND 9.1 Vöktunarsaðir fyrir sauðfé og hross árið 2017.

Sýni af kjálkabeinum úr lömbum og fullorðnu fé, sem slátrað var haustið 2017, bárust frá 12 bæjum (mynd 9.1). Sauðfjárbúskapur lagðist af á Hjalla í Kjós og því kemur nýr bær, Meðalfell, inn í vöktunina. Til viðmiðunar bárust kjálkabein úr lömbum og fullorðnu fé frá bæjunum Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi, þar sem sauðfé var að hluta sett á fjörubeit, og frá Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi. Alls var flúor mældur í 113 sýnum af beinösku kjálkabeina (57 lömb og 56 fullorðin dýr). Öll kjálkabein voru skoðuð og mæld [13].

Uppsöfnun flúors í kjálkum og tönnum grasbíta getur til dæmis orðið vegna útblásturs flúors frá álverum, fjörubeitar eða vegna notkunar á flúorríkum jarðvegsáburði. Erfitt er að segja til um þörmörk sauðfjár gagnvart flúor því þau eru háð ýmsum þáttum svo sem aldri dýrsins, fóðri, nyt og burðartíma. Ekki eru til rannsóknir á áhrifum flúors á tennur sauðfjár og því er líkt og undanfarin ár, stuðst við norska rannsókn á ungum dádýrum. Í töflu 9.1 er sýndur sá styrkur flúors í kjálka dádýra sem talinn er geta skapað hættu á tannskemmdum [11, 15]. Hætta á skaðlegri uppsöfnun flúors í kjálka sauðfjár er talin geta átt sér stað ef styrkur flúors í grasi yfir vaxtartíma gróðurs fer yfir 30 µg F/g [12]. Til viðmiðunar, þá hefur styrkur flúors í beinösku 4 – 5 mánaða gamalla íslenskra sláturlamba, sem ekki hafa orðið fyrir neinni óeðlilegri flúormengun sumarlangt, mælst í kringum 180-200 µg F/g [16]. Einnig mældist á árunum 1968 – 1971 styrkur flúors í beinösku kjálka úr 25 dýrum af fullorðnu fé víðs vegar af landinu (Gullbringu-, Árnes-, Borgarfjarðar- og Snæfellsýslu) að meðaltali 1.150 µg F/g þar sem lægsti flúorstyrkurinn mældist 780 µg F/g og sá hæsti 2.400 µg F/g [16]. Samkvæmt breskri rannsókn er styrkur flúors í beinum jörturdýra á bilinu 1.000 – 1.500 µg F/g [17].

**TAFLA 9.1** Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum grasbíta (byggt á niðurstöðum norskra rannsókna á ungum dádýrum 1,5 ára [11, 15].

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

Ástand liða og ummerki um flúorskaða í tönnum var skoðað í lifandi fé frá sex bæjum (samtals 61 dýr) norðan Hvalfjarðar: Hrafnabjörg, Eystra Miðfell, Vogatunga og Innri Hólmur og sunnan Hvalfjarðar: Kiðafell og Grímsstaðir. Allt féð var á aldrinum 2-7 vetra. Tennur og liðir voru einnig skoðaðir í samtals 37 hrossum frá sex bæjum, norðan Hvalfjarðarfjarðar: Litlu Fellsöxl, Skipanesi, Kalastaðakoti og Ytri Hólmi og sunnan Hvalfjarðar: Miðdalur og Morastaðir. Leitast var við að skoða bæði ung og gömul hross. Aldur hrossanna var 7 til 23 vetra. Markmiðið var að skoða hross sem eru að mestu uppalin á bæjunum og líkleg til að vera áfram á jörðinni og því til staðar í endurteknar skoðanir. Skoðun á tönnum og liðum í lifandi fé og hrossum fór fram í janúar og febrúar 2018.

Til að meta áhrif flúors á tennur í lifandi grasbítum (hrossum og sauðfé) var stuðst við matskerfi sem sjá má í töflu 9.2.



**TAFLA 9.2** Matskerfi fyrir breytingar á tönnum í lifandi búfé [18].

Stig	Lýsing
0	<b>Eðlilegt</b>
1	<b>Óvís áhrif</b> (t.d. minni háttar blettir sjáanlegir í glerungi)
2	<b>Minni háttar áhrif.</b> Minni háttar flekkir á glerungi, þverrákir, ekkert óeðlilega mikið slit. Minni háttar litun getur verið sjáanleg.
3	<b>Nokkur áhrif.</b> Flekkir, glerungur mattur á stórum svæðum, holur/dældir í glerungi. Aukið slit getur verið sjáanlegt og litun líkleg.
4	<b>Umtalsverð áhrif.</b> Glerungur mattur, einhver vanþroski í tönnum og þar af leiðandi minni tennur, holur/dældir í glerungi, aukið slit, litun líkleg.
5	<b>Alvarleg áhrif.</b> Áberandi vanþroski tanna, aukið slit, holur/dældir og eyðing glerungs, litun líkleg.

### 9.1 Niðurstöður

Í töflu 9.3 er yfirlit yfir flúormælingar og talin þolmörk dádýra. Í viðauka G má sjá meðalstyrk flúors í kjálkabeini fullorðins fjár og lamba frá öllum vöktunarbæjum auk yfirlit um skoðun tanna og liðamóta í lifandi hrossum og sauðfé. Þar má einnig sjá niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfsvöktun á sauðfé frá árunum 1997 – 2017.

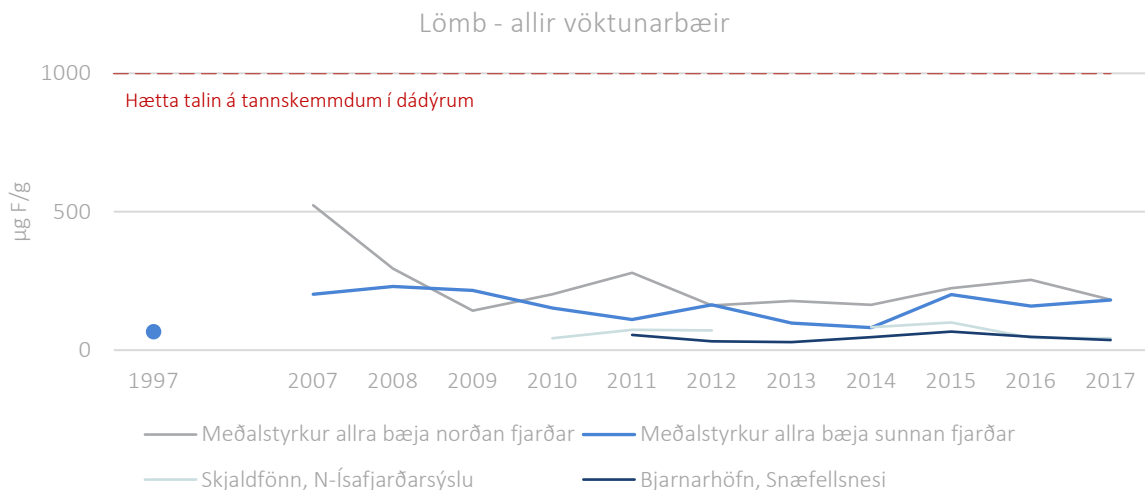
**TAFLA 9.3** Niðurstöður vöktunar fyrir sauðfé og talin þolmörk grasbíta á flúorstyrk í beinum auk niðurstaðna tölfræði-úrvinnslu.

Vöktunarsaður	Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (µg F/g þurrefni)	Breytingar 2017 m.v. 1997	Breytingar 2017 m.v. 2007
<b>Lömb</b>			
<i>Frá öllum svæðum</i>	182	Hækkun	Lækkun
<i>Frá svæði austur af iðnaðarsvæðinu</i>	79	Lækkun m.v. 1999	Lækkun
<i>Frá svæði vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu</i>	394	Hækkun	Engin breyting
<i>Frá svæði norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu</i>	130	Hækkun	Lækkun
<i>Frá svæði suður af Hvalfirði</i>	181	Hækkun	Engin breyting
<b>Fullorðið fé</b>			
<i>Frá öllum svæðum</i>	987	Hækkun	Engin breyting
<i>Frá svæði austur af iðnaðarsvæðinu</i>	1.077	Engin breyting	Engin breyting
<i>Frá svæði vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu</i>	1.667	Engin breyting m.v. 2000	Engin breyting
<i>Frá svæði norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu</i>	840	Engin breyting	Engin breyting
<i>Frá svæði suður af Hvalfirði</i>	800	Hækkun	Hækkun
<b>Viðmið</b>			
<b>Talin hætta á tannskemmdum í dádýrum</b>	1.000 - 2.000		
<b>Veldur tannskemmdum í dádýrum</b>	>2.000		

### 9.1.1 Flúor í lömbum

Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba mældist í öllum tilvikum undir þeim viðmiðunarmörkum þar sem hætta er talin vera á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum (1.000 µg F/g, viðauki G). Meðalstyrkur flúors var hæstur í kjálkabeinum lamba frá Gröf II (451 µg F/g) og lægstur í lömbum frá Hóli og Skorholtli (87 µg F/g).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum vöktunarbæjum var 183 µg F/g, sem er svipað og undanfarin ár. Frá vöktunarstöðum norðan fjarðar var meðalstyrkurinn 182 µg F/g og 180 µg F/g sunnan fjarðar (mynd 9.2). Til viðmiðunar mældist flúorstyrkur í kjálkabeinum lamba 43 µg F/g frá Skjaldfönn og 37 µg F/g frá Bjarnarhöfn. Í gegnum árin hefur meðalstyrkur flúors í lömbum norðan fjarða yfirleitt verið hærri eða svipaður og meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan fjarðar, en ekki hefur alltaf verið um marktækan mun að ræða (viðauki G). Árið 2017 er mældist flúorstyrkur í lömbum norðan fjarðar sá sami og sunnan fjarðar.



**MYND 9.2** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 - 2017, bæir norðan fjarðar og sunnan fjarðar auk viðmiðunarsýnis frá 1997.

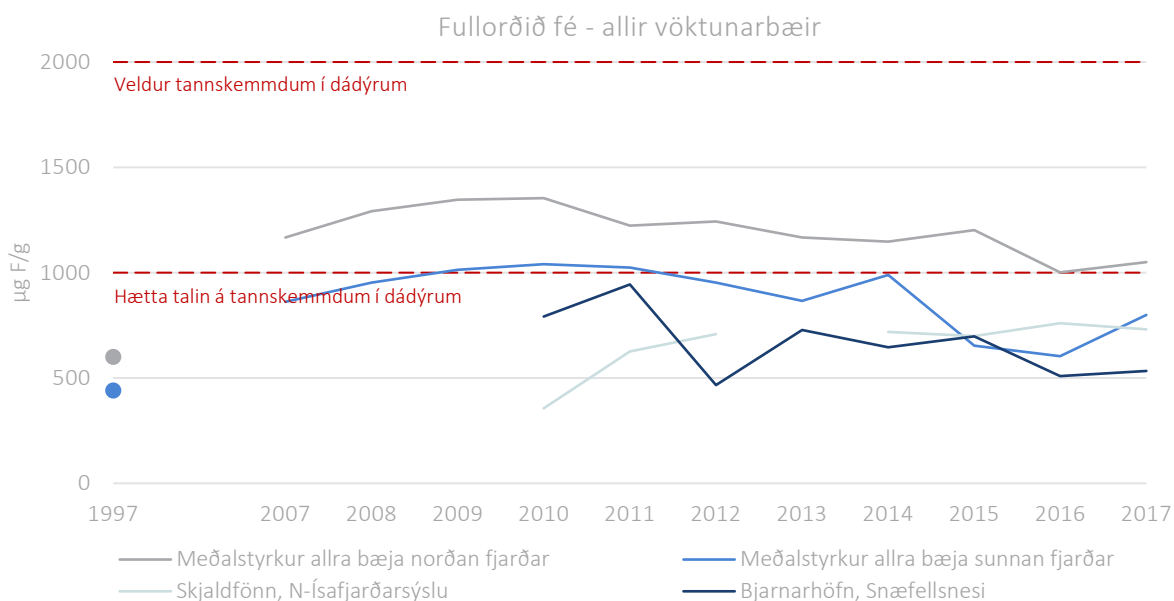
### 9.1.2 Flúor í fullorðnu fé

Þar sem flúor safnast fyrir í beinum kinda með tíma getur verið erfitt að bera saman styrk flúors í fullorðnu fé milli ára. Markmiðið er að mæla flúorstyrk í 6 vetra fé og eldra, en það hefur ekki tekist í öllum tilvikum í gegnum árin. Meðalaldur fullorðins fjár árið 2017 var rúmlega 6 vetra (yngst 1 vetra og elst 9 vetra).

Frá fimm bæjum (Hrafnabjörgum, Gröf II, Innri Hólmi, Eystra Miðfelli og Vogatungu) var meðalstyrkur flúors yfir 1.000 µg F/g í kjálkabeinum fullorðins fjár, sem er sá styrkur sem hætta er talin að valdi tannskemmdum í dádýrum. Meðalstyrkur flúors var yfir 2.000 µg F/g í kjálkabeinum fullorðins fjár frá einum bæ, Gröf II, sem er sá styrkur flúors sem talinn er valda tannskemmdum í dádýrum. Meðalaldur þessa fjár var rúmlega sex vetur.

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarbæjum var 987  $\mu\text{g F/g}$  og hefur haft stefnu til lækkunar síðustu sjö árin. Meðalstyrkurinn var 1.050  $\mu\text{g F/g}$  frá bæjum norðan fjarðar og 800  $\mu\text{g F/g}$  frá bæjum sunnan fjarðar (mynd 9.3). Frá upphafi vöktunar hefur meðalstyrkur flúors verið hærri í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum norðan Hvalfjarðar en sunnan. Árið 2017 er ekki um marktækan mun að ræða en það hefur ekki verið tilfellið öll vöktunarárin (viðauki G).

Vísað er til fyrri vöktunarskýrsla fyrir niðurstöður árána 1998 til 2006. Meðalstyrkur flúors var hæstur í fullorðnu fé frá Gröf II (2.023  $\mu\text{g F/g}$ ) og lægstur í fullorðnu fé frá Eystri Leirárgörðum (481  $\mu\text{g F/g}$ ). Til viðmiðunar mældist flúorstyrkur í kjálkabeinum úr fullorðnu fé frá Skjaldfönn (6 – 8 vetra gömul dýr) og 534  $\mu\text{g F/g}$  frá Bjarnarhöfn (5 - 7 vetra gömul dýr). Eins og áður er marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarsvæðum samanborið við árið 1997, hins vegar er ekki marktæk breyting á flúorstyrk samanborið við árið 2007.



**MYND 9.3** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 2007 - 2017, bæir norðan fjarðar og sunnan fjarðar auk viðmiðunarsýnis frá 1997.

### 9.1.3 Skoðun á kjálkum og tönnum í sláturfé

Dýralæknir skoðaði kjálka úr sláturfé með tilliti til sýnilegra áhrifa af völdum flúors á tennur og bein. Kjálkar úr lömbum og fullorðnu fé frá vöktunarbæjum og í viðmiðunarsýnum voru skoðaðir m.t.t. ástands glerjungs, tannslits, tannloss, mislitunar, tannbrodda og ástands kjálkabeins. Tafla 9.4 sýnir yfirlit yfir mat dýralæknis á tannheilsu og eins má sjá yfirlit frá skoðun og skráningu dýralæknis í viðauka G [13].

**TAFLA 9.4** Yfirlit yfir mat dýralæknis á tannheilsu sláturfjár.

Tannheilsa lamba*	Bæir norðan Hvalfjarðar <i>Fjöldi dýra</i>	Bæir sunnan Hvalfjarðar <i>Fjöldi dýra</i>	Viðmiðunarbæir <i>Fjöldi dýra</i>
Góð	35	13	9
Sæmileg	0	0	0
Slæm	0	0	0
Tannheilsa fullorðins fjár*	Bæir norðan Hvalfjarðar <i>Fjöldi dýra</i>	Bæir sunnan Hvalfjarðar <i>Fjöldi dýra</i>	Viðmiðunarbæir <i>Fjöldi dýra</i>
Góð	5	4	2
Sæmileg	12	6	4
Slæm	19	2	2
<i>Meðalaldur (ár)</i>	<i>6,2</i>	<i>6,2</i>	<i>6,9</i>

\* Góð (tennur sem ekkert amar að), sæmileg (ekki fullkomnar tennur en angruðu féð ekki í lifanda lífi), slæm (tennur sem litu illa út og höfðu áhrif á féð í lifanda lífi).

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Mikið var um slæma tannheilsu í fullorðnu fé, sérstaklega norðan Hvalfjarðar. Hæsti meðalstyrkur flúors mældist í kindum frá Gröf II, þar sem allar kindurnar voru með flúorstyrk yfir viðmiðunarmörkum (2.000 µg/g). Tvær af þessum kindum voru við góða tannheilsu og tvær með sæmilega tannheilsu. Breytingar á glerungi tanna fannst í þrem kindum þar sem flúor mældist undir 1000 µg/g, sem eru þau viðmið þar sem talið er að flúor hafi engin áhrif á tannheilsu dádýra. Tannheilsa versnar með aldri en samkvæmt niðurstöðum virðist ekki vera greinilegt samband milli slæmrar tannheilsu og magns flúors í kjálkabeinum.

#### 9.1.4 Skoðun á tönnum og liðum í lifandi sauðfé og hrossum

Niðurstöður skoðana dýralæknis á tönnum og liðamótum í framfótum lifandi grasbíta (sauðfé og hross) gefa til kynna að áhrif flúors séu ekki greinanleg. Ástand tanna og liðamóta var innan þeirra marka sem dýralæknir telur eðlilegt.

Yfirlit yfir niðurstöður dýralæknis má sjá í viðauka G (kafla G.2). Almennt var matið á tönnum og liðum mjög lágt bæði hjá sauðfé og hrossum. Ein athugasemd var gerð á framtönnum sauðfjár og var mat á ástandi jaxla í sauðfé hæst á Kiðafelli. Ekki fundust breytingar á liðum kinda við skoðun. Hæsta meðaltalsgildi fyrir mat á ástandi allra tanna var í hrossum frá Ytra Hólmi og lægst í hrossum frá Kalastaðakoti. Hvergi fundust breytingar á liðum hrossa við skoðun.

## 10 HEIMILDASKRÁ

- [1] „Umhverfsvöktunaráætlun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga 2014-2021, fyrsta endurskoðun 09.04.2015,“ 2015. [Á neti]. Available: [https://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Eftirlitsskýrslur/alver/Voktunaraaetlun\\_2014\\_2021.pdf](https://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Eftirlitsskýrslur/alver/Voktunaraaetlun_2014_2021.pdf).
- [2] Hermann Þórðarson, „Umhverfsvöktun á Grundartanga og í Hvalfirði: Mælingar á lofti og úrkomu,“ Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Reykjavík, 2018.
- [3] Hermann Þórðarson, „Umhverfsvöktun í Hvalfirði - Ferskvatnsmælingar 2017,“ Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Reykjavík, 2018.
- [4] J. A. Camargo, „Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review,“ *Chemosphere*, b. 50, nr. 3, pp. 251-264, 2003.
- [5] Hermann Þórðarson, „Umhverfsvöktun í Hvalfirði. Mælingar í sjó við flæðigryfjur 2017. 6EM17055,“ Efnagreiningar Nýsköpunarmiðstöð Íslands, 2018.
- [6] Starri Heiðmarsson og Rannveig Thoroddsen, „Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2014-2017,“ Náttúrufræðistofa Íslands, NÍ-18001, 2018.
- [7] Dr. Kristmann Gíslason , „Gróðurskýrsla 2017,“ Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, 2018.
- [8] R. Liteplo, R. Gomes, P. Hower og H. Marcolin, „Fluorides. Environmental Health Criteria 227,“ Alþjóða heilbrigðismálastofnunin (WHO), 2002.
- [9] Friðrik Pálmason og E. Skye, „An evaluation of the impact of airborne emissions from a planned aluminium smelter on the vegetation in Reyðarfjörður. A report to the Icelandic energy marketing agency,“ RALA, Reykjavík, 1999.
- [10] Horntvedt og Øyen, „Effekter af fluorider på skog ved norske aluminiumsverk. Kafli 6 í Norsk aluminiumindustri og miljø. Project for effecstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge,“ Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS), Oslo, 1994.

- [11] Ongstad, Stoll og Aasland, „The Norwegian aluminium industry and the local environment,“ Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway. Summary report, 1994.
- [12] Weinstein L.H. og Davison A.W., „Fluorides in the Environment. Effects on Plants and Animals.,“ CABI Publishing, Wallingford, Bretlandi, 2004.
- [13] Þórunn Lára Þórarinsdóttir, „Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga, haustið 2017,“ Dýralæknirinn Mosfellsbæ, 2018.
- [14] Þórunn Lára Þórarinsdóttir, „Skýrsla fyrir árið 2017, sem er liður í umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga 2012-2021,“ Dýralæknirinn Mosfellsbæ, 2018.
- [15] T. Vikøren og G. Stuve, „Fluoride exposure in cervids inhabiting areas adjacent to aluminum smelters in Norway. II. Fluorosis,“ *Journal of wildlife diseases*, b. 32, nr. 2, pp. 181-189, 1996.
- [16] Páll A. Pálsson, „Flúormengun og álver, flúormagn í dýrabeinum í grennd við álverið í Straumsvík árin 1967-1991,“ *Búnaðarrit nr. 108*, pp. 245-257, 1995.
- [17] C. Livesey og J. Payne, „Diagnosis and investigation of fluorosis in livestock and horses,“ *In Practice*, b. 33, nr. 9, pp. 454-461, 2011.
- [18] National Research Council, „Effects of Fluorides in Animals,“ National Academy of Science, National Academies Press, 1974.
- [19] Veðurstofa Íslands, „Brennisteinsmengun - mælingar í tugi ára,“ án árs. [Á neti]. Available: <http://www.vedur.is/mengun/mengun/brennisteinn>. [Skoðað 15 mars 2017].

## VIÐAUKI A ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR

Sameiginleg umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga hefur farið fram frá árinu 1999. Áður útkomnar ársskýrslur umhverfisvöktunar eru eftirfarandi og hafa að geyma upplýsingar um niðurstöður vöktunarinnar frá upphafi hennar:

- 1) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2016. Útgefin í apríl 2017.
- 2) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2015. Útgefin í apríl 2016.
- 3) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2014. Útgefin í apríl 2015.
- 4) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2013. Útgefin í apríl 2014.
- 5) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2012. Útgefin í apríl 2013.
- 6) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2011. Útgefin í apríl 2012.
- 7) Umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010. Útgefin í apríl 2011.
- 8) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2009. Útgefin í apríl 2010.
- 9) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2008. Útgefin í apríl 2009.
- 10) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2007. Útgefin í maí 2008.
- 11) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2006. Útgefin í október 2007.
- 12) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2005. Útgefin í nóvember 2006.
- 13) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2004. Lokaskýrsla. Útgefin í apríl 2005.
- 14) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2003. Lokaskýrsla. Útgefin í apríl 2004.
- 15) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar 2002. Lokaskýrsla. Útgefin í mars 2003.

## VIÐAUKI B LOFTGÆÐI

**TAFLA B.1** Niðurstöður loftgæðamælinga á Kríuvörðu árið 2017, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins, ásamt skilgreindum umhverfismörkum.

Mælipáttur	Styrkur (µg/m <sup>3</sup> )	Viðmiðunargildi (µg/m <sup>3</sup> )	Skýring
<b>F (síur, apríl-október)</b>			
Meðalstyrkur HF	0,11	0,3	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	1,23		Mælt 12. júlí í ASA-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	<0,01		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,14	0,4	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	1,37		Mælt 12. júlí í ASA-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	<0,02		
<b>F (síur, allt árið)</b>			
Meðalstyrkur HF	0,14		
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	1,23		Mælt 12. júlí í ASA-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	<0,01		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,17		
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	1,58		Mælt 13. nóvember í SV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	<0,02		
<b>SO<sub>2</sub></b>			
Meðalstyrkur ársins (síur)	4,4		
Meðalstyrkur ársins (sjálfvirkar mælingar)	4,8	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	78,3	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 3x árlega. Mælt 13. nóvember í SV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	181,3	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 24x árlega. Mælt 25. mars í SV-átt.
<b>H<sub>2</sub>S</b>			
Meðalstyrkur ársins	0,59	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	5,5	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010. Leyfilegt að yfirstíga 5x árlega. Mælt 25. ágúst í SAA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
<b>NO<sub>2</sub></b>			
Meðalstyrkur ársins	1,0	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	35,1	75	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 7x árlega. Mælt 8. febrúar í SA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	96,3	200	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<b>NO<sub>x</sub></b>			
Meðalstyrkur ársins	1,4	30	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	35,9		Mælt 8. febrúar í SA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
<b>Svifryk (PM<sub>10</sub>)</b>			
Meðalstyrkur ársins	5,75	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	24,9	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 35x árlega. Mælt 25. mars í SV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	2,0		
<b>Svifryk (PM<sub>2,5</sub>)</b>			
Meðalstyrkur ársins	3,7	20	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<b>PAH efni - Bensó(a)pyren</b>			
Mældur styrkur apríl – október (síur)	3·10 <sup>-7</sup> – 9·10 <sup>-7</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	Umhverfismörk skv. rg. 410/2008.



**TAFLA B.2** Niðurstöður loftgæðamælinga á Gröf II árið 2017, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins ásamt skilgreindum umhverfismörkum.

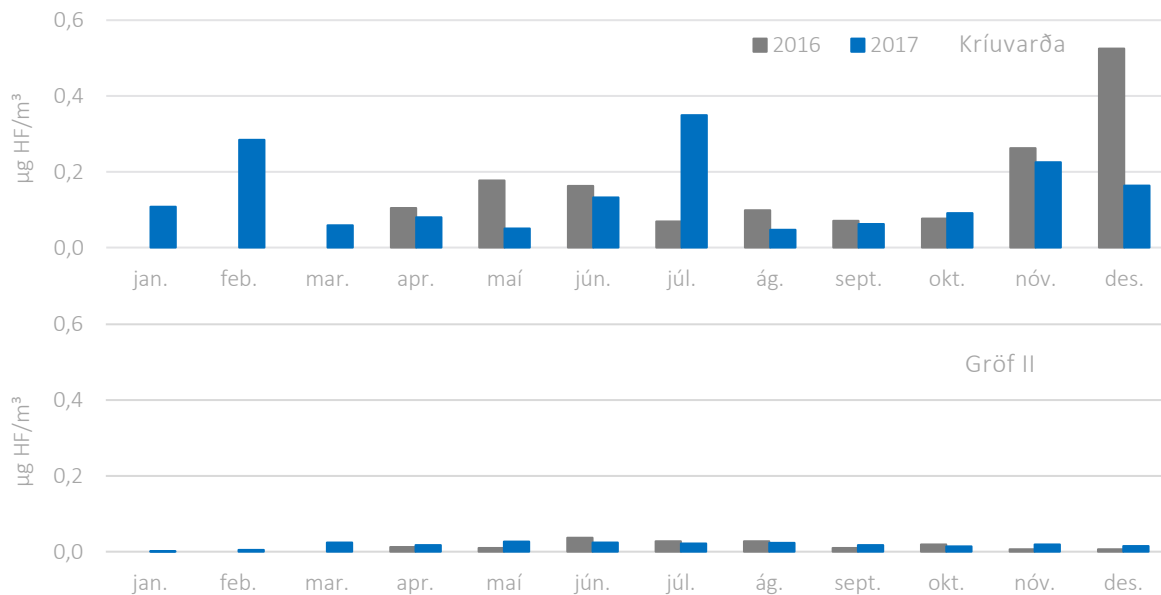
Mælipáttur	Styrkur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Viðmiðunargildi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Skýring
<b>F (síur, apríl-október)</b>			
<i>Meðalstyrkur HF</i>	0,02	0,3	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
<i>Hæsti mældi meðalstyrkur HF</i>	0,04		Mælt 26. október í SV-átt.
<i>Lægsti mældi meðalstyrkur HF</i>	0,00		
<i>Meðalstyrkur heildarflúors</i>	0,03	0,4	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
<i>Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors</i>	0,13		Mælt 10. maí í NA-átt
<i>Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors</i>	<0,02		
<b>F (síur, allt árið)</b>			
<i>Meðalstyrkur HF</i>	0,02		
<i>Hæsti mældi meðalstyrkur HF</i>	0,07		Mælt 30. nóvember í VSV-átt.
<i>Lægsti mældi meðalstyrkur HF</i>	<0,01		
<i>Meðalstyrkur heildarflúors</i>	0,03		
<i>Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors</i>	0,13		Mælt 10. maí í NA-átt
<i>Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors</i>	<0,02		
<b>SO<sub>2</sub></b>			
<i>Meðalstyrkur ársins (síur)</i>	3,99		
<i>Meðalstyrkur ársins (sjálfvirkar mælingar)</i>	3,82	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	45,7	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Aldrei yfir mörkum, leyfilegt að yfirstíga 3x árlega. Mælt 24. október í NA-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<i>Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins</i>	192,3	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 24x árlega. Mælt 24. október í 45 í NA-átt.
<b>H<sub>2</sub>S</b>			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	0,53	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	5,3	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010. Leyfilegt að yfirstíga 5x árlega. Mælt 25. ágúst í V-átt
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<b>NO<sub>2</sub></b>			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	2,37	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	19,9	75	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 7x árlega. Mælt 28. nóvember í NAN-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<i>Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins</i>	54,7	200	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<b>NO<sub>x</sub></b>			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	2,74	30	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	21,5		Mælt 28. Nóvember í NAN-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<b>Svifryk (PM<sub>10</sub>)</b>			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	6,36	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	26,5	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 35x árlega. Mælt 26. júlí í SVS-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	1,4		
<b>Svifryk (PM<sub>2,5</sub>)</b>			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	3,8	20	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.

**TAFLA B.3** Niðurstöður loftgæðamælinga í Melahverfi árið 2017, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins, ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða.

Mælipáttur	Styrkur (µg/m <sup>3</sup> )	Viðmiðunargildi utan þynningarsvæða (µg/m <sup>3</sup> )	Skýring
<b>SO<sub>2</sub></b>			
<i>Meðalstyrkur ársins (maí – desember)</i>	1,24	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	15,1	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 3x árlega. Mælt 18. október í ASA-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<i>Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins</i>	41,4	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 24x árlega. Mælt 29. október í A-átt.
<b>H<sub>2</sub>S</b>			
<i>Meðalstyrkur maí – desember</i>	0,61	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	5,3	50	Heilsuverndarmörk skv. reglugerð nr. 514/2010. Leyfilegt að yfirstíga 5x árlega. Mælt 22. ágúst í A-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		

### B.1 Flúor í andrúmslofti

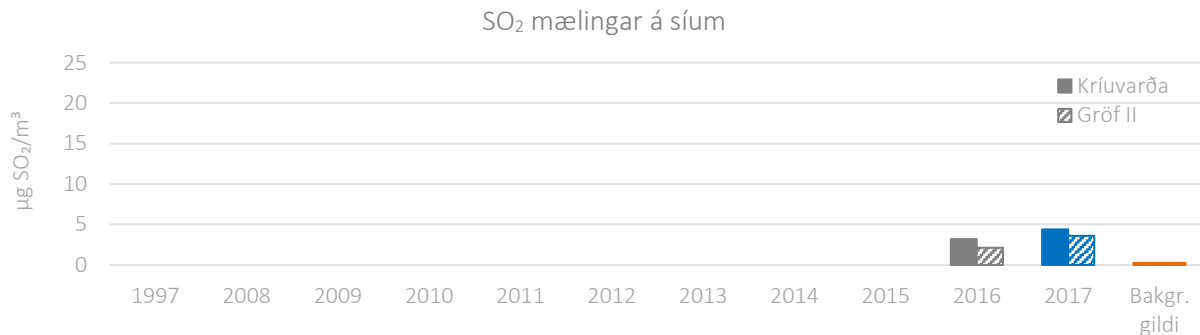
Mynd B.1 sýnir meðalstyrk HF í andrúmslofti í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017 og til samanburðar árið 2016.



**MYND B.1** Meðalstyrkur HF, loftkennds flúors, í andrúmslofti á Kríuvörðu og Gröf II í hverjum mánuði árið 2017.

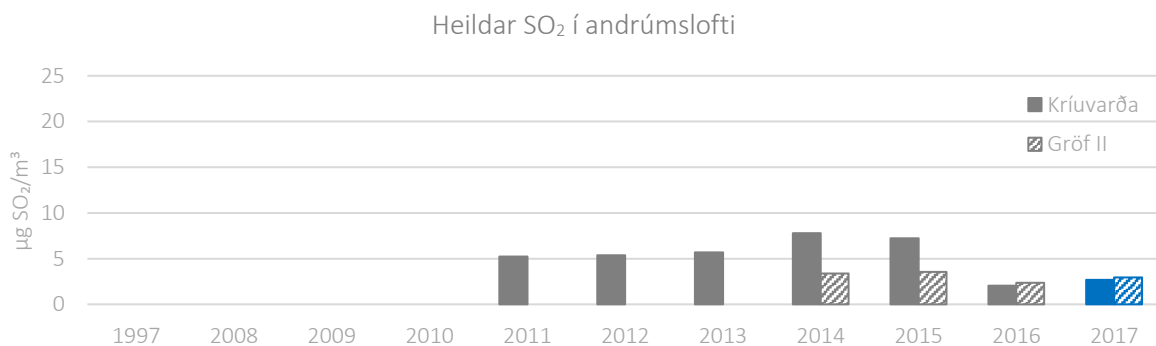
## B.2 Brennisteinstvíoxíð í andrúmslofti

Mynd B.2 sýnir styrk brennisteinstvíoxíðs (SO<sub>2</sub>) í sýnum sem safnað var á síur allt árið 2017 og 2016. Fyrir árið 2016 var sýnum eingöngu safnað á tímabilinu apríl-október.



**MYND B.2** Meðalstyrkur SO<sub>2</sub> í sýnum sem safnað var á síur allt árið á Kríuvörðu og Gröf II. Bakgrunnsgildi mæld við Íráfoss árið 2003 (0,26 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).

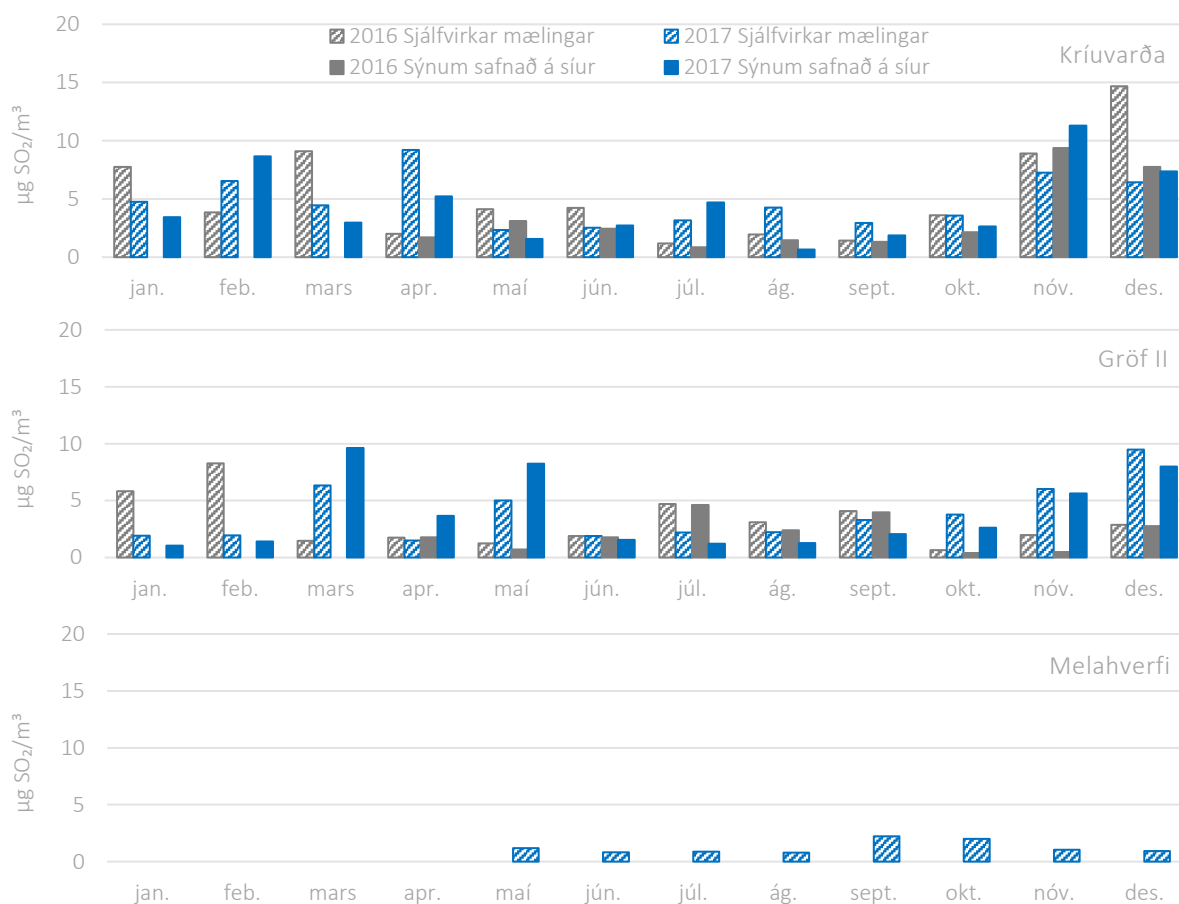
Meðalstyrkur heildarbrennisteinstvíoxíðs árið 2017, þ.e. samanlagður styrkur loftborins SO<sub>2</sub> og brennisteins í ryki í sýnum sem safnað var á síur, var á Kríuvörðu 2,7 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og á Gröf II 2,9 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (mynd B.3). Styrkur brennisteins í ryki var óvenju lágur árið 2016 miðað við önnur ár og sama var uppi á teningnum árið 2017. Helstu ástæður fyrir því eru hægviðri, úrkoma sem bindur ryk og lægri styrkur SO<sub>2</sub> í andrúmslofti. Mögulegar uppsprettur brennisteins í ryki gætu t.d verið sjór, umferð eða verksmiðjur á Grundartanga.



**MYND B.3** Meðalstyrkur heildarbrennisteinstvíoxíðs á Kríuvörðu og Gröf II frá apríl til október.

Á mynd B.4 má sjá meðalstyrk SO<sub>2</sub> í andrúmslofti í hverjum mánuði á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2017 og til samanburðar fyrir árið 2016. Árið 2017 sveiflaðist styrkur SO<sub>2</sub> nokkuð en var almennt svipaður og árið 2016 á Kríuvörðu en eilítið hærri á Gröf. Sjálfvirkar mælingar hófust ekki í Melahverfi fyrr en í maí 2017.

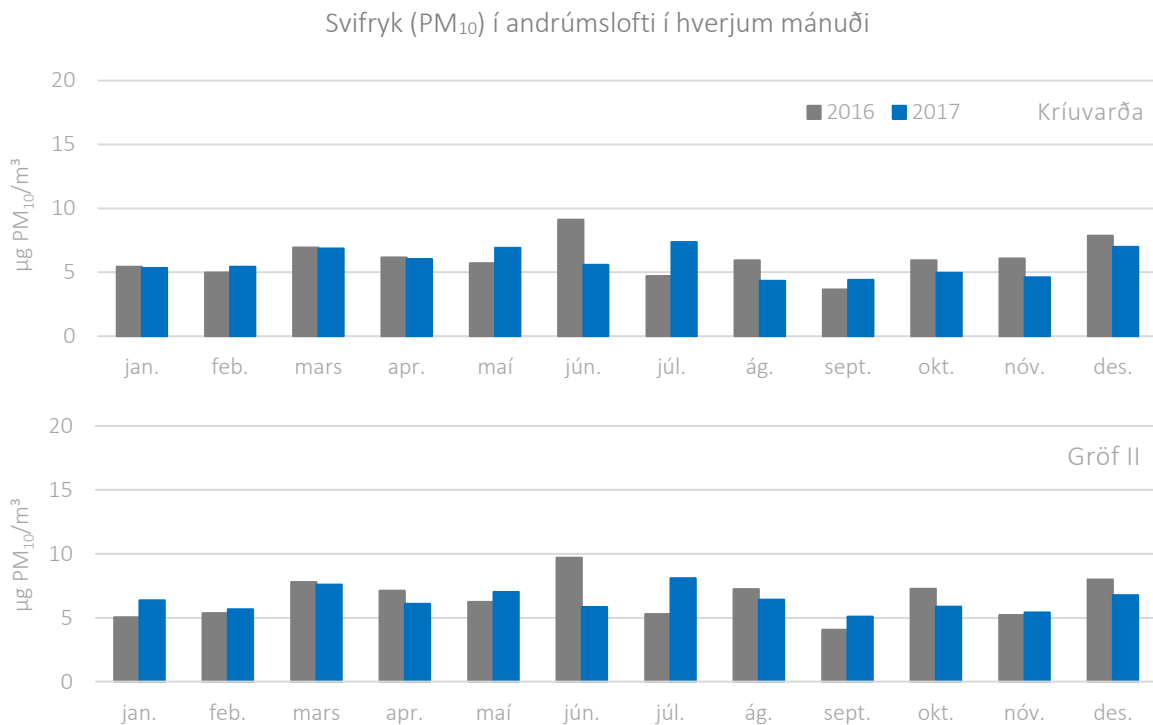
### SO<sub>2</sub> í andrúmslofti í hverjum mánuði



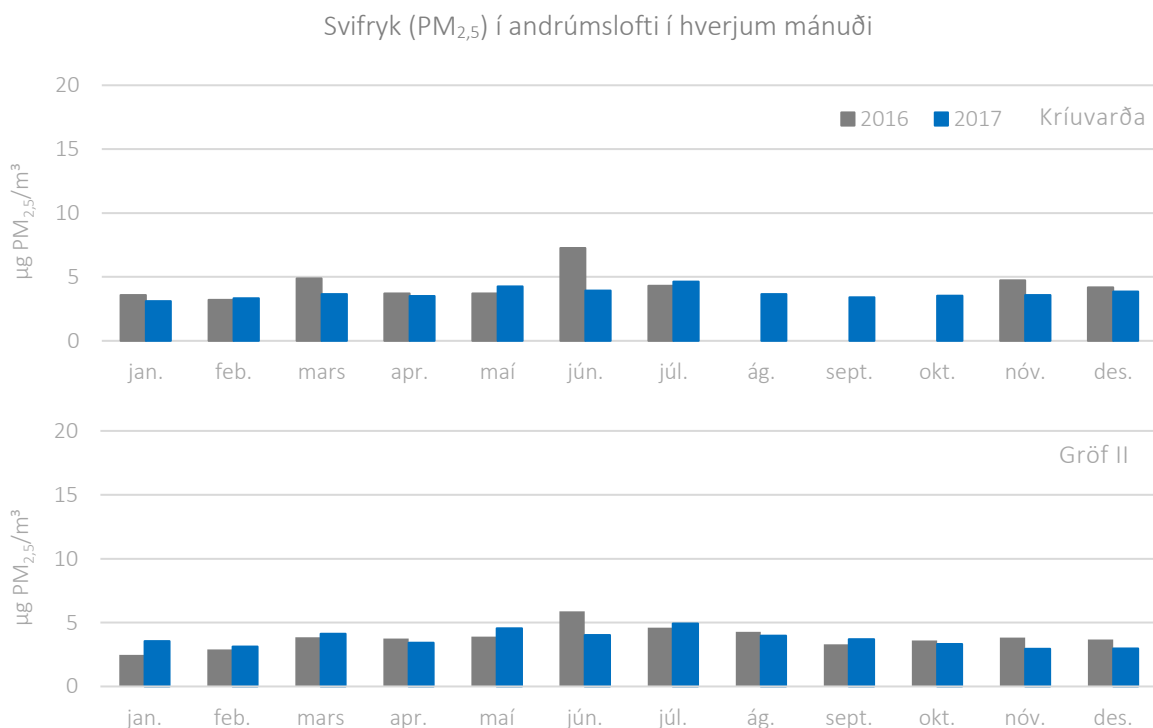
**MYND B.4** Meðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs í andrúmslofti í hverjum mánuði á Kriúvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2017 og árið 2016 til samanburðar.

### B.3 Svifryk í andrúmslofti

Meðalstyrkur svifryks, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>, í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II má sjá á myndum B.5 og B.6.



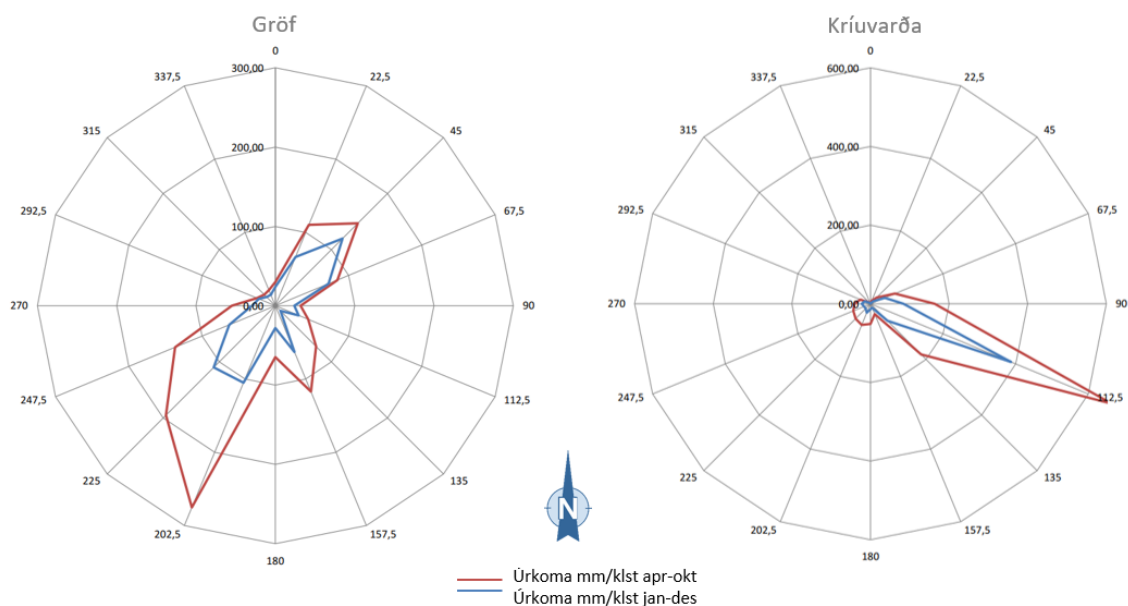
**MYND B.5** Meðalstyrkur svifryks (PM<sub>10</sub>) í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017 og árið 2016 til samanburðar.



**MYND B.6** Meðalstyrkur svifryks (PM<sub>2,5</sub>) í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II árið 2017 og árið 2016 til samanburðar.

## B.4 Uppleyst efni og sýrustig í úrkomu

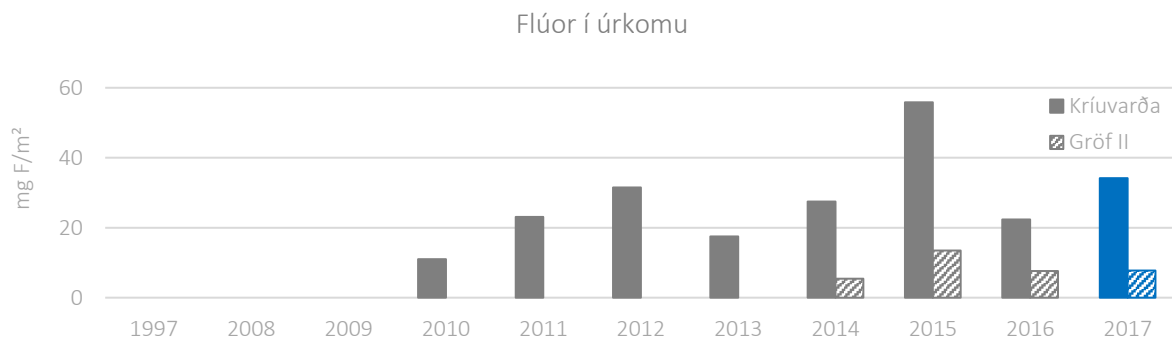
Úrcoma var mjög misjöfn árið 2017 á Kríuvörðu og Gröf II. Úrkomusamt var framan af ári en stytta upp yfir sumarið. Um haustið fór svo aftur að rigna meira og snjóa undir lok árs. Hverju sýni var safnað í opin ílát yfir mánaðartímabil. Mælt var frá mars og út árið. Niðurstöður eru reiknaðar sem áfall mengunarefna á hvern fermetra á mánuði á þeim stað sem sýnið er tekið. Niðurstöður eru háðar magni úrkomu og verða áfallsgildi hærrí í meiri úrkomu. Helst rigndi í suðvestanátt á Gröf II en í suðaustanátt á Kríuvörðu (mynd B.7). Staðsetning stöðvanna miðað við iðnaðarsvæðið veldur því að ef rignir í austlægum áttum má búast við meiri mengun á Gröf II, en ef rignir í suðvestanátt skilar mengun sér frekar á Kríuvörðu. Mengunargildi árið 2017 mældust í meðallagi í heildina með fáum undantekningum, t.d. mældist flúor yfir meðallagi á Kríuvörðu.



**MYND B.7** Megin úrkomuáttir á Gröf II og Kríuvörðu, tímabilin apríl – október og allt árið 2017.

### Flúor

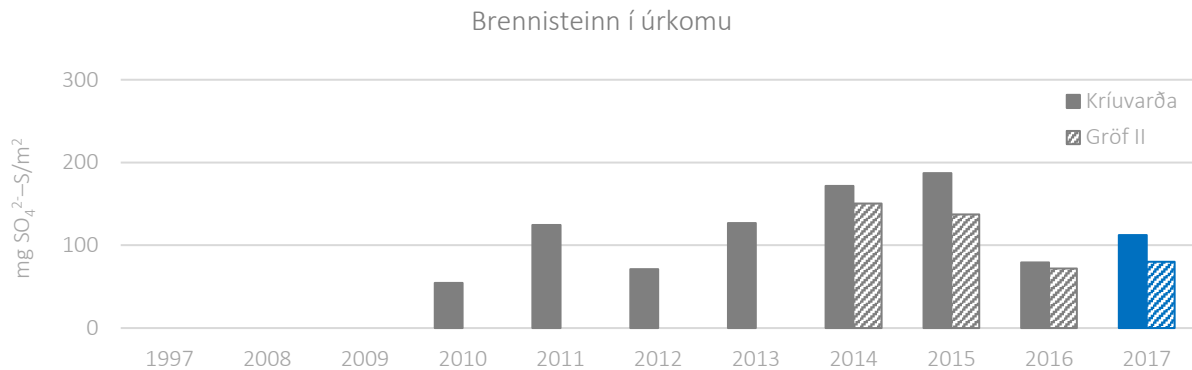
Meðaltal áfallsgilda flúors í úrkomu mældist í hærra lagi á Kríuvörðu ( $34,2 \text{ mg/m}^2$ ) en í meðallagi á Gröf II ( $7,8 \text{ mg/m}^2$ ) (mynd B.8).



**MYND B.8** Áfallsgildi flúors í úrkomu á Kríuvörðu og á Gröf II yfir vöktunartímabilið (apríl – október) árið 2017.

## Súlfat

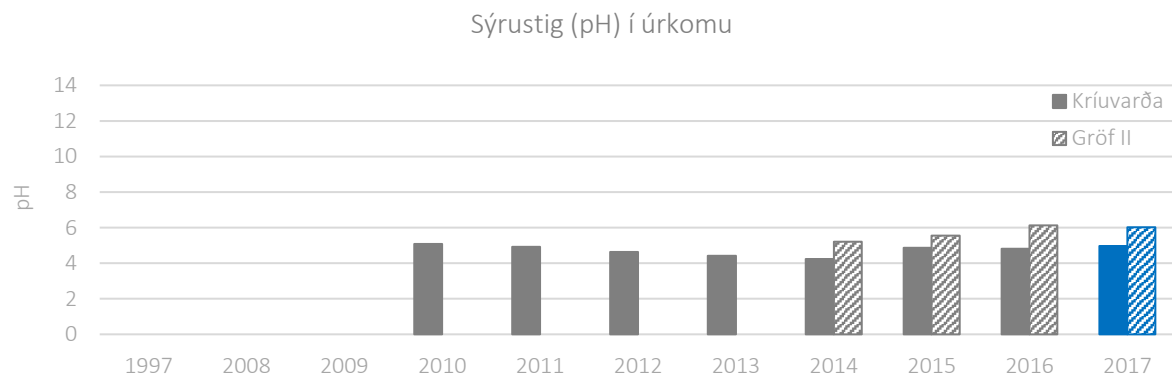
Meðaltal áfallsgilda brennisteins í úrkomu mældist svipað og árið áður á báðum mælistöðvum en öllu lægra en árin þar á undan. Meðaltal áfallsgilda brennisteins í úrkomu (mælt sem súlfat,  $\text{SO}_4\text{-S}$ ) á vöktunartímabilinu apríl - október var 112,3  $\text{mg}/\text{m}^2$  á Kríuvörðu og 80,1  $\text{mg}/\text{m}^2$  á Gröf II (mynd B.9). Ekki hafa verið skilgreind viðmiðunarmörk fyrir súlfat í úrkomu.



**MYND B.9** Áfallsgildi brennisteins í úrkomu á Kríuvörðu og Gröf II á vöktunartímabilinu (apríl – október) árið 2017.

## Sýrustig

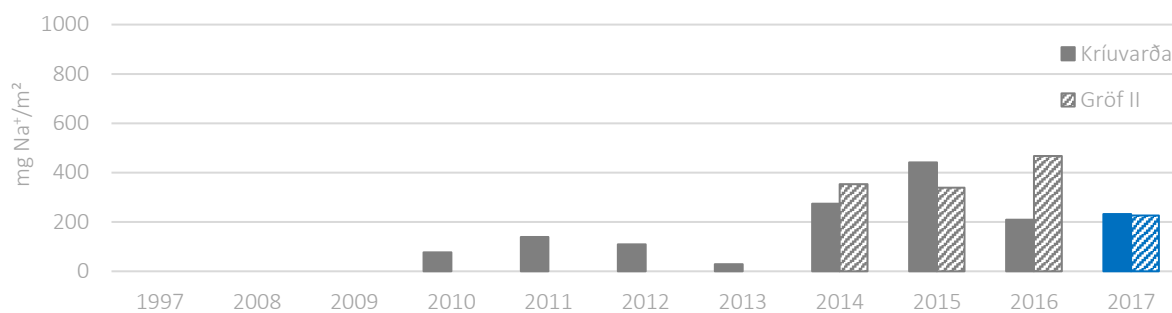
Sýrustig úrkomu árið 2017 var svipað og árið 2016. Á Kríuvörðu mældist sýrustig í úrkomu pH 5,0 og á Gröf II pH 6,0 (mynd B.10). Ekki hafa verið skilgreind viðmiðunarmörk fyrir sýrustig úrkomu. Veðurstofa Íslands fylgist með sýrustigi ómengaðrar úrkomu og sýna mánaðarsýni pH 5,6. Daglegar mælingar á sömu úrkomu sýna þó að meðaltali væga súrnun (pH 5,4) [19].



**MYND B.10** Meðalsýrustig í úrkomu á Kríuvörðu og Gröf II.

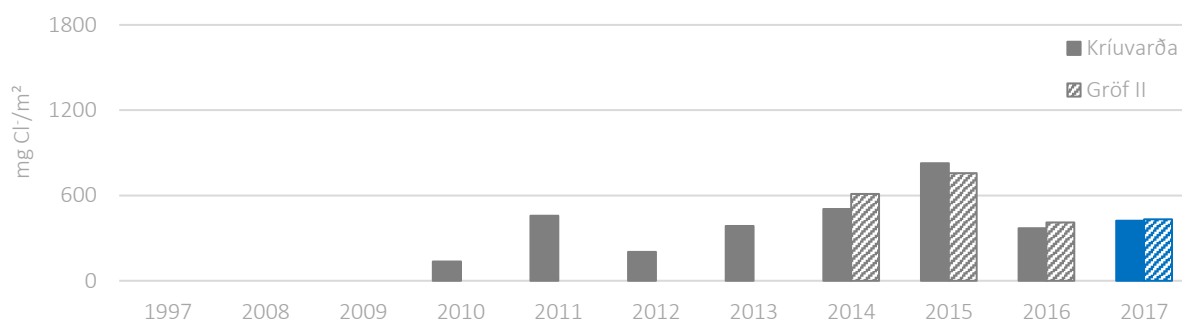
Meðalstyrkur natríns og klóríðs í úrkomu á Kríuvörðu 2010 – 2017 og á Gröf II 2014-2017 er birtur á myndum B.11 og B.12.

### Natrín í úrkomu



**MYND B.11** Meðalstyrkur natríns í úrkomu á Krúvörðu og Gröf II undanfarin ár.

### Klóríð í úrkomu



**MYND B.12** Meðalstyrkur klóríðs í úrkomu á Krúvörðu og Gröf II undanfarin ár.



## VIÐAUKI C FERSKVATN

### C.1 Niðurstöður mælinga

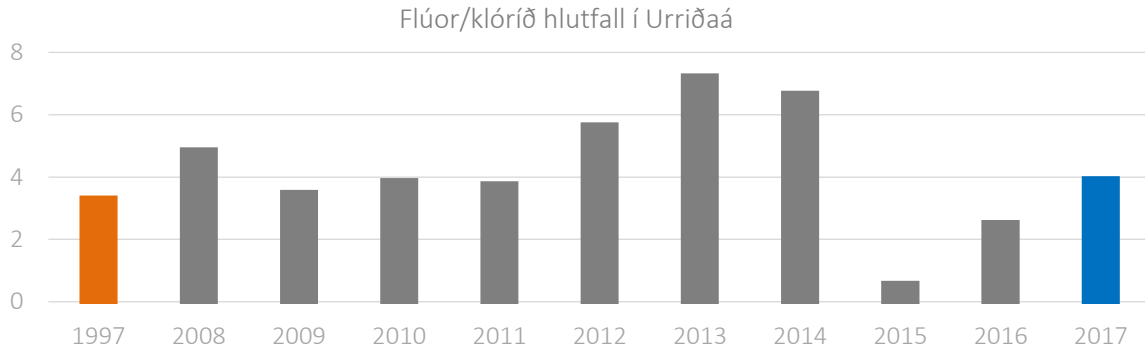
Í töflu C.1 má sjá meðalstyrk allra mælinga yfir árið í vöktunarám samanborið við hámarksgildi skv. reglugerð nr. 536/2001. Einnig má sjá hámarks- og lágmarksgildi allra mælipátta.

**TAFLA C.1** Niðurstöður mælinga í vöktunarám ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neytluvatn auk niðurstaðna tölfræðigreiningar.

Mælistaður	Flúor (µg/L)	Klóríð (mg/L)	Súlfat (mg/L)	Sýrustig (pH) pH
<i>Kalmansá</i>	137 Min 81 (apríl) Max 170 (júlí)	23 Min 19 (apríl) Max 26 (ág.)	10,5 Min 12,4 (apríl) Max 8,1 (júní)	7,4 Min 7,2 (apríl) Max 7,5 (ág.)
<i>Urriðá</i>	108 Min 37 (apríl) Max 148 (sept.)	27 Min 19 (apríl) Max 47 (ág.)	7,7 Min 9,4 (apríl) Max 6,1 (sept.)	7,3 Min 7,0 (ág.) Max 7,8 (sept.)
<i>Berjadalsá</i>	31 Min 27 (apríl) Max 38 (júlí)	13 Min 12 (sept.) Max 14 (apríl)	2,9 Min 3,0 (apríl) Max 2,7 (sept.)	7,4 Min 7,2 (apríl) Max 7,6 (sept.)
<i>Fossá</i>	38 Min 33 (sept.) Max 42 (júlí)	9 Min 8 (sept.) Max 10 (júlí)	2,1 Min 2,2 (sept.) Max 2,1 (júlí)	7,7 Min 7,7 (júlí) Max 7,7 (sept.)
<i>Laxá</i>	40 Min 33 (sept.) Max 46 (júlí)	7 Min 7 (júlí) Max 7 (sept.)	2,1 Min 2,2 (júlí) Max 1,9 (sept.)	7,7 Min 7,7 (júlí) Max 7,6 (sept.)
<i>Kúludalsá</i>	41 Min 33 (sept.) Max 54 (júlí)	15 Min 13 (sept.) Max 16 (apríl)	3,5 Min 3,8 (apríl) Max 3,4 (sept.)	7,5 Min 7,2 (apríl) Max 7,7 (sept.)
<b>Hámarksgildi skv. rg. 536/2001</b>	<b>1.500</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>6,5 – 9,5</b>

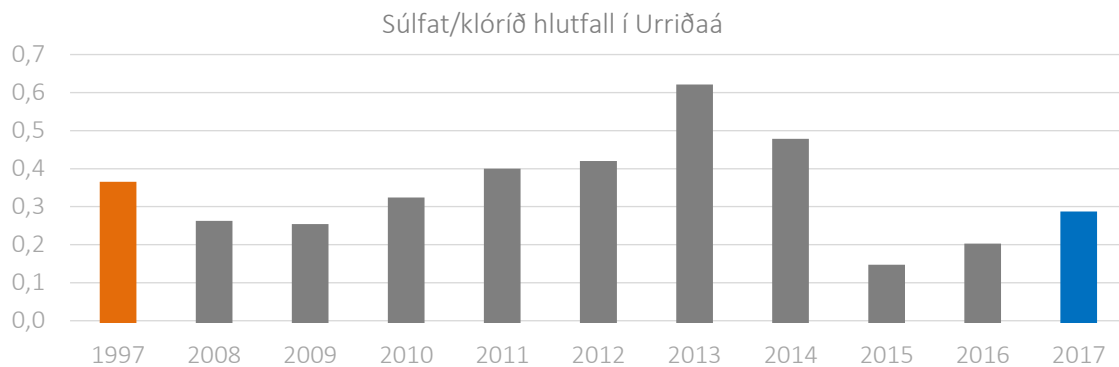
### C.2 Áhrif sjávar á mælingar

Styrkur klóríðs er mældur í vöktunaránum svo að hægt sé að meta áhrif frá sjó. Mældur styrkur klóríðs í ánum hefur ætíð verið innan þess hámarksgildis sem sett er fyrir styrk klóríðs í neytluvatni samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 (250 mg Cl/L). Til að meta áhrif sjávar er reiknað hlutfall flúors og klóríðs í Urriðá. Hlutfall flúors/klóríðs má sjá á mynd C.1 en hlutfallið er aðeins undir meðaltali síðustu 10 ára. Gætti því einhverra áhrifa sjávar en þó ekki jafn mikið og árin tvö á undan. Mældan styrk flúors í áni má meðal annars rekja til iðnaðarsvæðisins á Grundartanga.



**MYND C.1** Meðaltal flúors/klóríðs hlutfalls í Urriðaá árin 2008 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

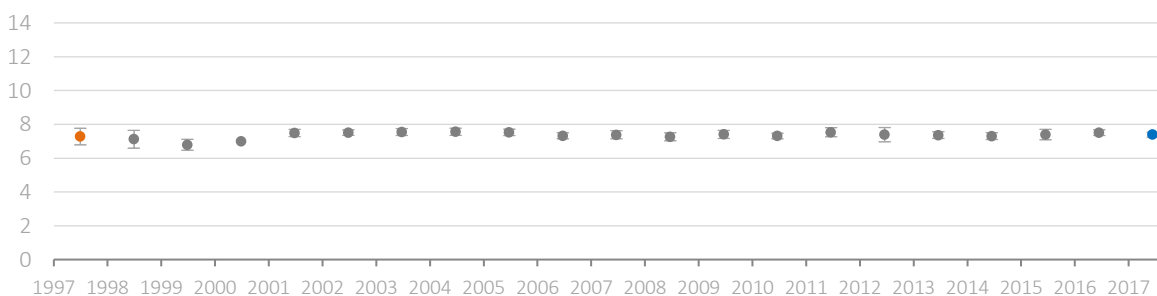
Til að meta áhrif sjávar er einnig reiknað hlutfall sulfats og klóríðs í Urriðaá. Á mynd C.2 má sjá að hlutfall sulfats/klóríðs er aftur á uppleið og gætti því ekki jafn mikilla áhrifa frá sjó líkt og árin tvö á undan. Styrk sulfats í ánni má meðal annars rekja til iðnaðarsvæðisins á Grundartanga.



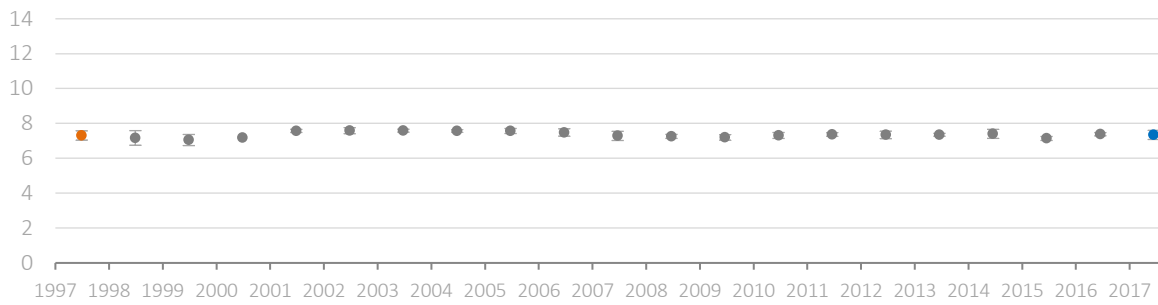
**MYND C.2** Meðaltal sulfat/klóríðs hlutfalls í Urriðaá árin 2008 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

### C.3 Tölfræðiniðurstöður ferskvatns

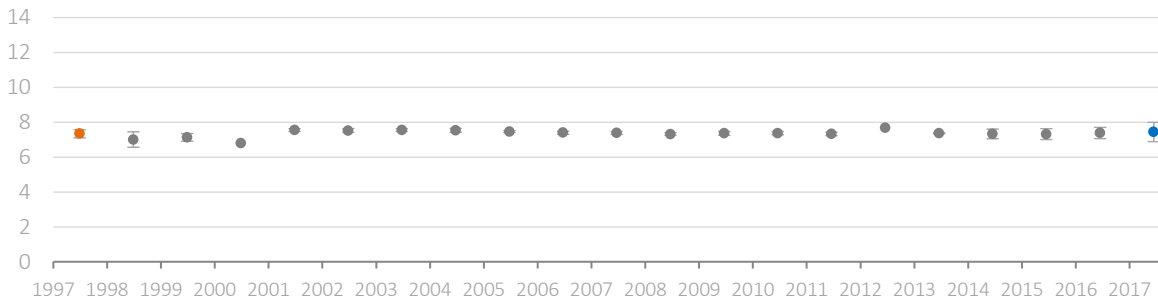
Umhverfisvöktun fyrir ferskvatn hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna á tímabilinu frá 1997 – 2017 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðum Kalmansár, Urriðaár og Berjadalsár. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk. Gröf með niðurstöðum tölfræðiútreikninga á vöktunarmælingum fyrir ferskvatn árin 1997 – 2017 eru birt hér á eftir. Myndir C.3 – C.5 sýna niðurstöður tölfræðigreininga á sýrustigi Kalmansár, Urriðaár og Berjadalsár frá árunum 1997 – 2017.



**MYND C.3** Meðaltal sýrustigs í Kalmansá mælt 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.

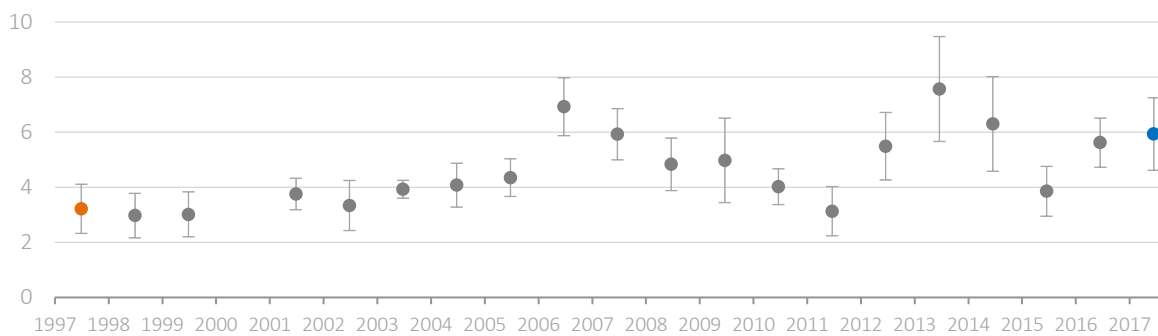


**MYND C.4** Meðaltal sýrustigs í Urriðaá mælt 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.

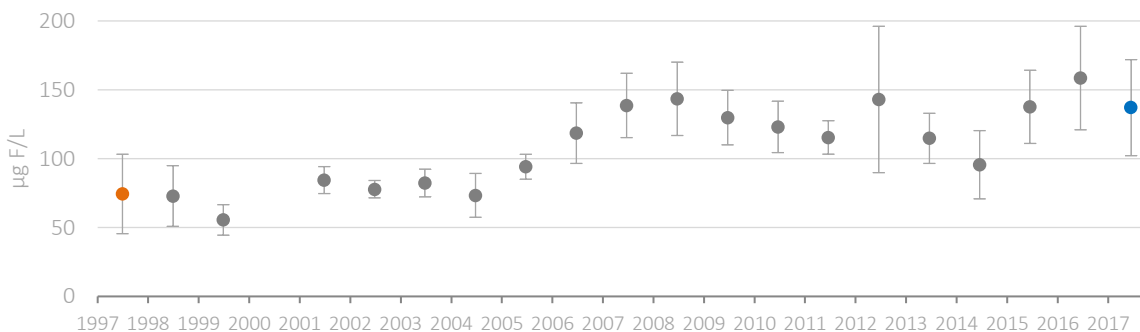


**MYND C.5** Meðaltal sýrustigs í Berjadalsá mælt 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.

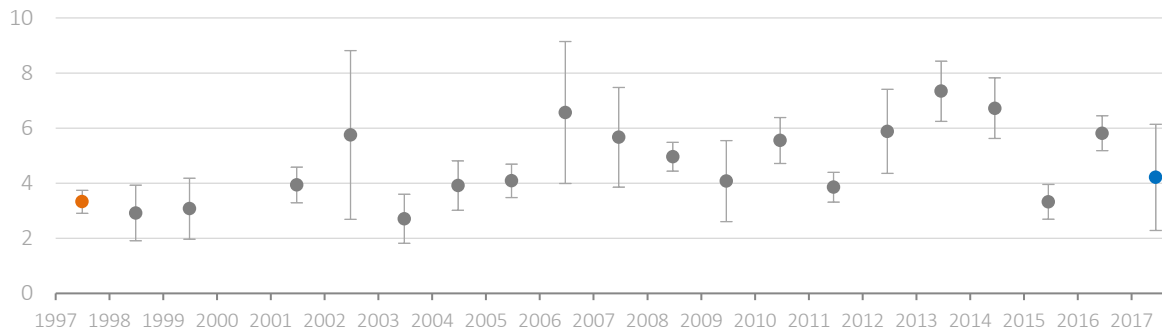
Á myndum C.6 – C.11 eru niðurstöður vegna tölfræðigreiningar á flúor/klóríð - hlutfalli og mældum flúorstyrk í Kalmansá, Urriðaá og Berjadalsá.



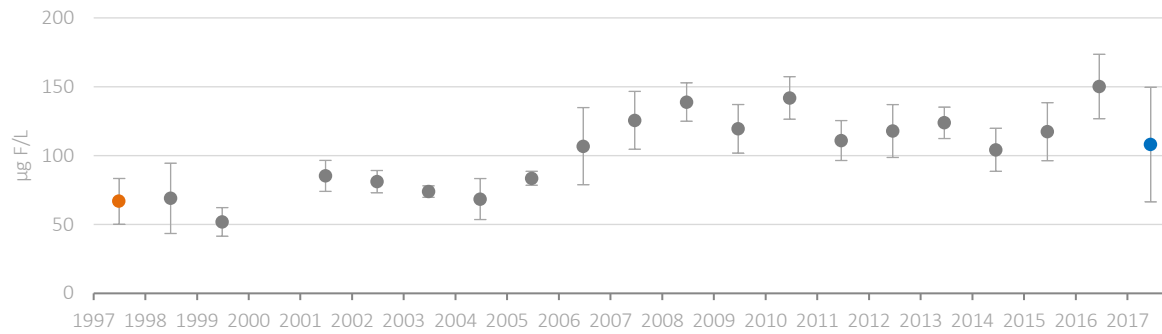
**MYND C.6** Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



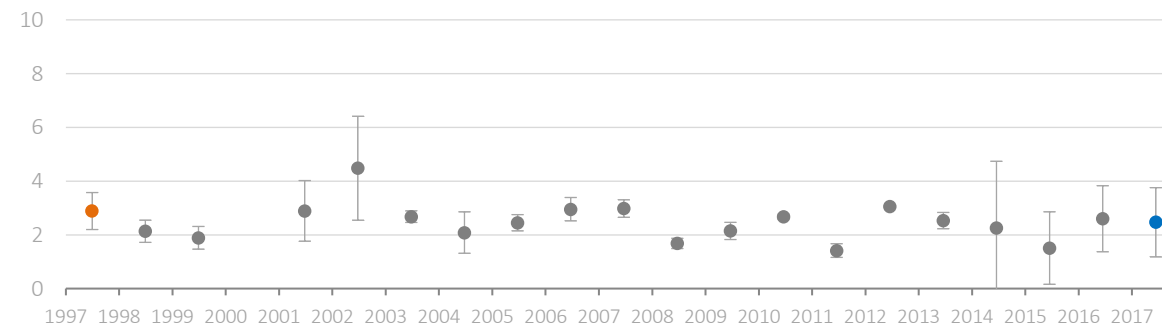
**MYND C.7** Meðalstyrkur flúors í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



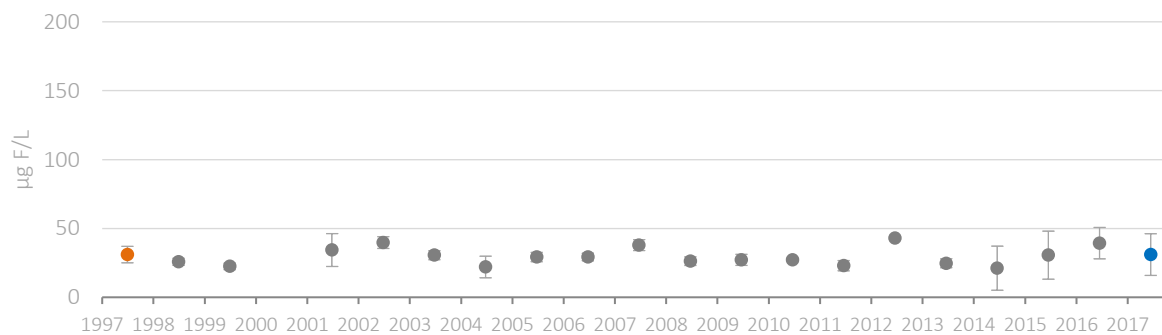
**MYND C.8** Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Urriðaá ásamt 95% öryggisbilum.



**MYND C.9** Meðalstyrkur flúors í Urriðaá ásamt 95% öryggisbilum.



**MYND C.10** Meðaltal flúor/klóríðs hlutfalls í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.



**MYND C.11** Meðalstyrkur flúors í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.

## VIÐAUKI D SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR

**TAFLA D.1** Meðalstyrkur, hæsta og lægsta gildi mældra efna sem mæld voru í sjósýnum árið 2017, auk miðgilda sömu efna frá viðmiðunarstöðum frá tímabilinu 2014-2016, þegar það á við. Umhverfisgildi eru ekki til fyrir efni sem merkt eru með \*.

Vöktunarstaður	Sýnið* (Frítt) (mg/L)	Min Max	Sýnið* (Heild) (mg/L)	Min Max	Flúor* (mg/L)	Min Max
1 Austurendi - 1 m	<0,005	<0,005 <0,005	0,007	<0,005 0,16	1,27	1,26 1,28
2 Austurendi - 4 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,26	1,25 1,26
3 Austanmegin - 1 m	<0,005	<0,005 <0,005	0,011	<0,005 0,028	1,27	1,26 1,28
4 Austanmegin - 4 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,26	1,25 1,27
5 Miðja - 1 m	<0,005	<0,005 <0,005	0,009	<0,005 0,022	1,31	1,28 1,34
6 Miðja - 4 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,28	1,26 1,30
7 Vestanmegin - 1 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,27	1,25 1,30
8 Vestanmegin - 4 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,28	1,25 1,29
9 Vesturendi - 1 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,27	1,26 1,28
10 Vesturendi - 4 m	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,25	1,23 1,27
Kalastaðir	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,24	1,22 1,26
Miðja fjarðar	<0,005	<0,005 <0,005	<0,005	<0,005 <0,005	1,26	1,26 1,26
Miðgildi 2014-2016 Kalastaðir	<0,005		<0,005		1,25	
Miðgildi 2014-2016 Miðja fjarðar	<0,005		<0,005		1,26	

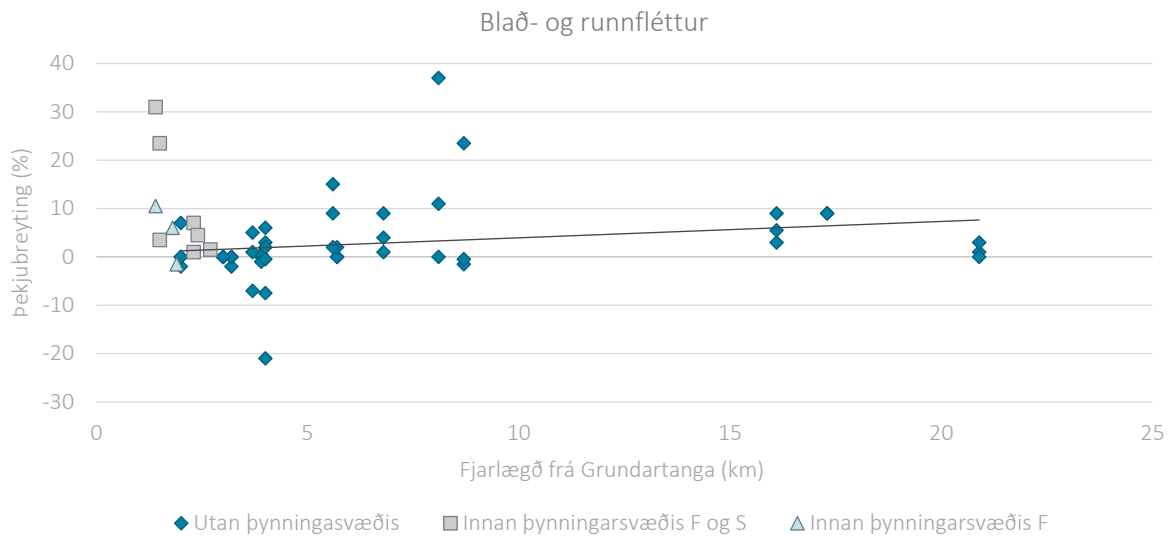
**TAFLA D.2** Meðalstyrkur, hæsta og lægsta gildi mældra efna sem mæld voru í sjósýnum árið 2017, auk miðgilda sömu efna frá viðmiðunarstöðum frá tímabilinu 2014-2016, þegar það á við. Umhverfsgildi eru ekki til fyrir efni sem merkt eru með \*.

Vöktunarstaður	As	Min Max	Cr	Min Max	Cu	Min Max	Ni	Min Max	Pb	Min Max	Zn	Min Max	Al*	Min Max	Fe*	Min Max	P*	Min Max	V*	Min Max
1 Austurendi - 1 m	1,90	1,72 2,09	0,2	0,16 0,22	0,99	<0,5 2,47	<0,5	<0,5 <0,5	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	15,9	13,3 20,5	20	10 30	<40	<40 <40	2,05	1,88 2,22
2 Austurendi - 4 m	1,81	1,4 2,36	38,2	0,22 114	2,2	<0,5 6,09	34,17	<0,5 102	0,31	0,15 0,64	26,1	1 76,4	40,6	10,8 92,2	320	10 93	<40	<40 51,3	2,48	1,9 3,36
3 Austanmegin - 1 m	1,98	1,52 2,71	0,23	0,2 0,27	0,74	<0,5 1,72	<0,5	<0,5 0,55	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	20,5	12,3 26,8	30	20 40	<40	<40 <40	2,05	1,77 2,21
4 Austanmegin - 4 m	1,83	1,62 2,15	0,6	<0,10 0,2	1,08	<0,5 1,96	0,51	<0,5 1,02	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 2,6	24,7	17,5 28,8	37	30 40	<40	<40 <40	2,2	1,75 2,48
5 Miðja - 1 m	1,83	1,49 2,2	0,18	0,14 0,24	0,62	<0,5 0,9	0,51	<0,5 0,76	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	21	12,1 31,6	23	10 40	<40	<40 <40	2,2	2,08 2,42
6 Miðja - 4 m	1,70	1,32 2,34	0,17	<0,10 0,25	1,02	<0,5 1,47	<0,5	<0,5 0,51	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	23,6	16,1 28	27	20 30	<40	<40 <40	2,1	1,77 2,29
7 Vestanmegin - 1 m	1,68	1,37 2,23	0,17	0,15 0,2	0,74	<0,5 1,27	<0,5	<0,5 0,53	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	16,1	14,4 18,7	33	20 60	<40	<40 <40	2,07	1,78 2,21
8 Vestanmegin - 4 m	1,65	1,5 1,85	0,24	0,17 0,33	0,71	<0,5 1,23	<0,5	<0,5 <0,5	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	18	14,9 23,8	27	20 40	<40	<40 <40	2,14	1,79 2,34
9 Vesturendi - 1 m	1,81	1,53 2,21	0,19	0,15 0,23	0,87	<0,5 1,25	<0,5	<0,5 <0,5	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 3,7	17,8	15,7 19,8	23	20 30	<40	<40 <40	2,13	1,84 2,29
10 Vesturendi - 4 m	1,75	1,59 2,21	0,18	0,14 0,24	0,56	<0,5 1,17	<0,5	<0,5 0,51	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	18,1	14,7 20,4	23	20 30	<40	<40 <40	2,23	1,96 2,53
Kalastaðir	1,70	1,41 2,04	0,1	<0,10 0,21	0,78	<0,5 1,48	<0,5	<0,5 <0,5	<0,3	<0,3 <0,3	<2,0	<2,0 <2,0	26	8,2 39	37	10 60	<40	<40 <40	2,14	1,95 2,41
Miðja fjarðar	1,80	1,44 2,14	0,32	0,24 0,38	<0,5	<0,5 0,86	<0,5	<0,5 0,52	<0,3	<0,3 <0,3	3,1	<2,0 7,4	27,6	26,3 30,1	33	30 40	<40	<40 <40	2,22	2,02 2,4
Kalastaðir Miðgildi frá 2014-2016	1,66		0,24		0,5		0,63		<0,3		2,42									
Miðja fjarðar Miðgildi frá 2014-2016	1,75		0,30		0,5		0,5		<0,3		2,00									

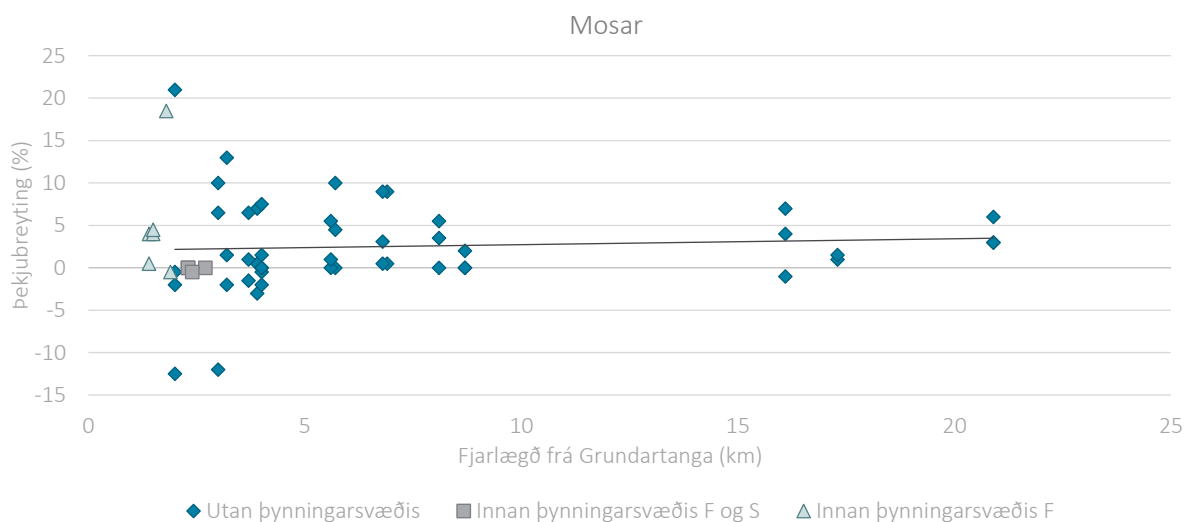
Mjög lítil eða engin hættu á áhrifum
  Lítil hættu á áhrifum
  Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki
  Áhrifa að vænta
  Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði

## VIÐAUKI E KLAPPARREITIR

Breytingar á þekju mosa og fléttan voru metnar út frá ljósmyndum af 60 klapparreitum (myndir E.1 og E.2). Neikvæð tengsl virðast vera milli nálægðar við iðnaðarsvæðið og þekjubreytinga hjá blað- og runnfléttum, svipuð tengsl er um að ræða hjá mosunum en þar er halli aðhvarfslínunnar minni. Aðhvarfslínan er byggð á breytingum innan reita sem staðsettir eru utan þýnningarsvæðisins en breytileikinn er allmikill innan þýnningarsvæðisins. Að meðaltali hefur þekja allra tegundahópa aukist.



**MYND E. 1** Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga blað- og runnfléttna 2014-2017.



**MYND E.2** Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga mosa 2014-2017.

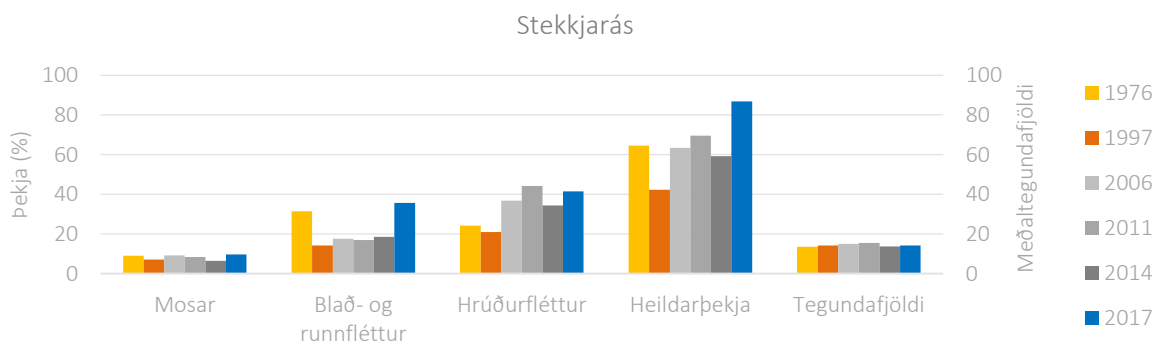
Myndir E.3 – E.6 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnfléttum, hrúðurfléttum auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, innan þynningarsvæða flúors og brennisteins, sem metnir voru árið 2017.

Myndir E.7 - E.22 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnfléttum, hrúðurfléttum auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum utan þynningarsvæða, sem metnir voru árið 2017.

### E.1 Gróðurbreytingar innan þynningarsvæða iðnaðarsvæðiðsins

#### Stekkjarás

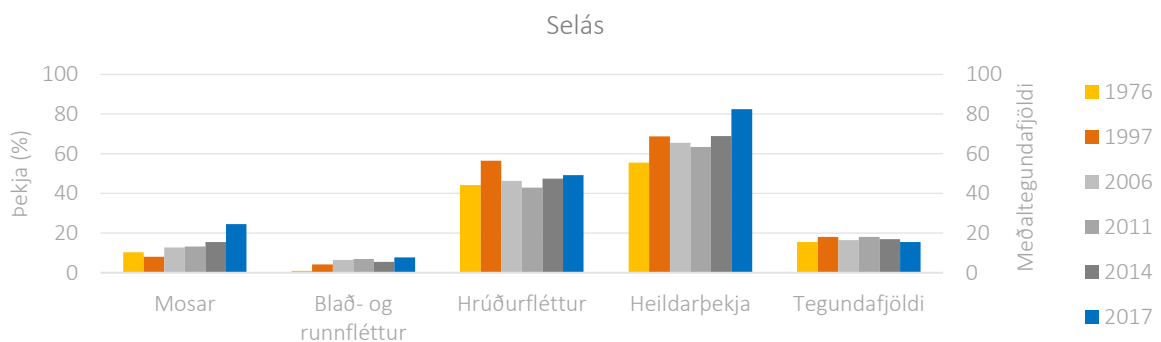
Stekkjarás er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í VSV. Þar eru sjö reitir, nr. 1–4 og 33–35 en 2017 voru reitir nr. 1, 2 og 4 ekki metnir. Heildarþekjan jókst mikið frá árinu 2014 til ársins 2017, sem skýrist einkum af aukinni þekju blað- og runnfléttna (klettastrý og hraunbreyskju).



**MYND E.3** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 3 og 33-35 við Stekkjarás.

#### Selás

Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Reitirnir eru staðsettir innan þynningarsvæðis vegna flúors. Reitir 9 og 10 voru ekki metnir árið 2017. Þekja allra tegundahópa jókst, sérstaklega mosa milli árána 2014 og 2017. Þekja mosa hefur aukist jafnt og þétt síðan 1976.

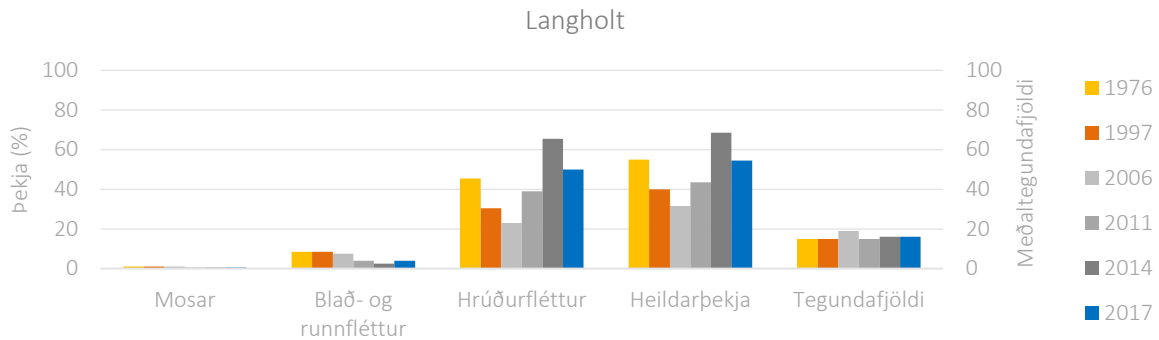


**MYND E.4** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 8 og 11 við Selás.



### Langholt

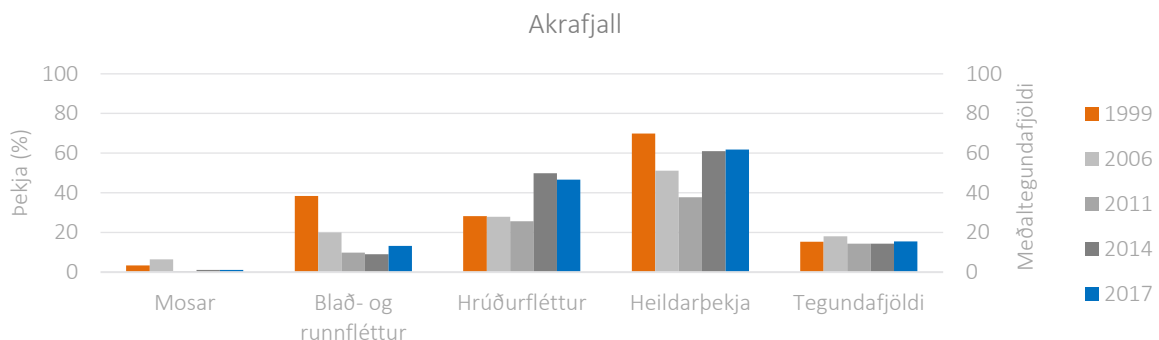
Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga, innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Árin 2014 og 2017 var reitur nr. 27 sá eini sem var metinn. Heildarþekja minnkar nokkuð frá 2014 sem var þá óvenju mikil vegna meiri þekju hrúðurfléttna. Þekja blað- og runnfléttuna jókst nokkuð miðað við árið 2014.



**MYND E.5** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reit 27.

### Akraffjall

Tíu reitir eru vaktaðir í norðanverðu Akraffjalli. Þannig eru reitir 53–55 í um 1,9 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, reitir 56–59 í 2,2–2,3 km fjarlægð og reitir 60–62 í 2,4 km fjarlægð. Allir eru reitirnir innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð en einungis þrír þeirra voru metnir árin 2014 og 2017, þ.e. nr. 56, 57 og 60. Þekja blað- og runnfléttuna jókst nokkuð miðað við árið 2014, en þekja þeirra hafði dregist saman frá upphafi mælinga árið 1999.

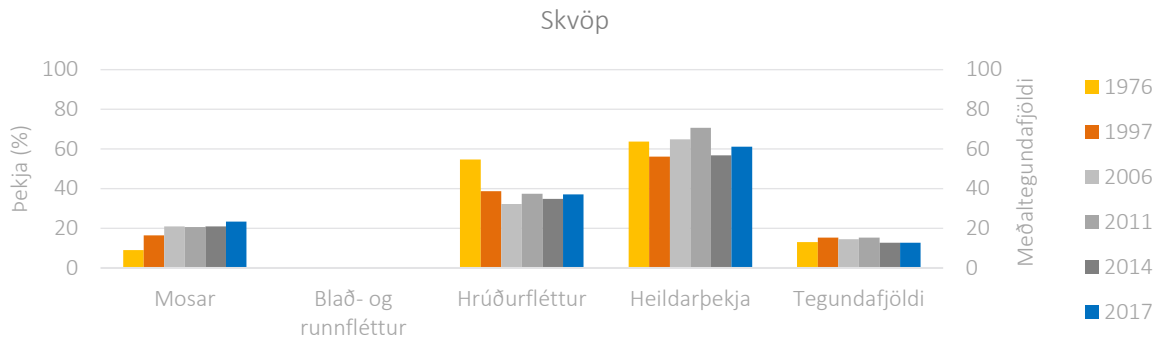


**MYND E.6** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 56, 57 og 60.

## E.2 Gróðurbreytingar vestsuðvestur af iðnaðarsvæðinu, utan þynningarsvæðis

### Skvöp við Kúludalsá

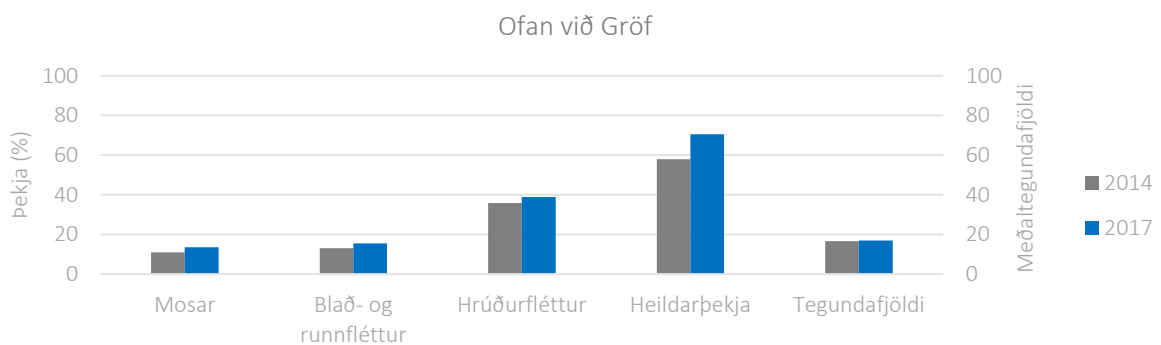
Hjá Skvöp við Kúludalsá, í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga eru staðsettir reitir 24–26, sem allir voru metnir árin 2014 og 2017. Örlítið fannst af blað- og runnfléttum í reit 26 og hefur þekja mosa og hrúðurfléttna aukist lítillega miðað við árið 2014.



**MYND E.7** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 24-26.

### Ofan við Gröf

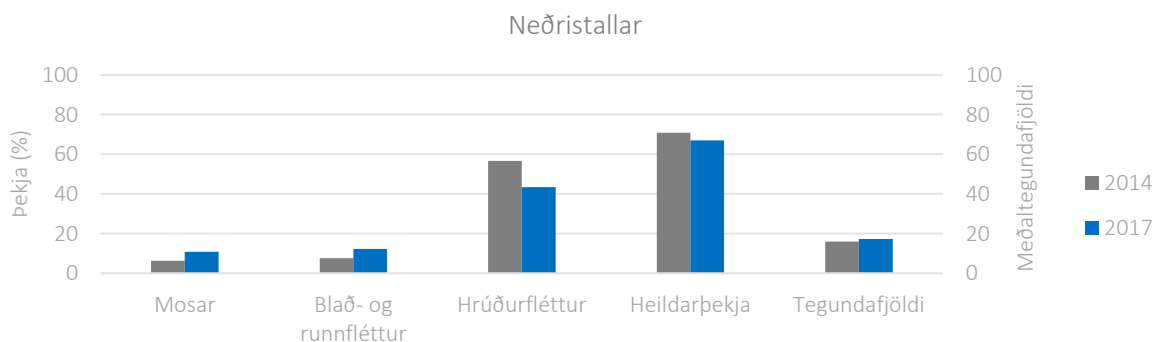
Ofan við Gröf eru þrír reitir, 72–74, sem allir voru metnir árin 2014 og 2017. Reitirnir eru framan í og ofan á klettabelti sem er u.þ.b. 100 metra fyrir ofan þjóðveginn. Þekja allra hópa jókst milli árána 2014 og 2017.



**MYND E.8** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 72-74.

### Neðristallar

Þrír reitir, 75-77, eru staðsettir í klettabelti fyrir ofan námu við Hólabrú í skriðurrunnum hlíðum Akrafjalls. Reitirnir eru allir á lóðréttum klettum. Þekja mosa og blað- og runnfléttna jókst en þekja hróðurfléttna dróst saman.

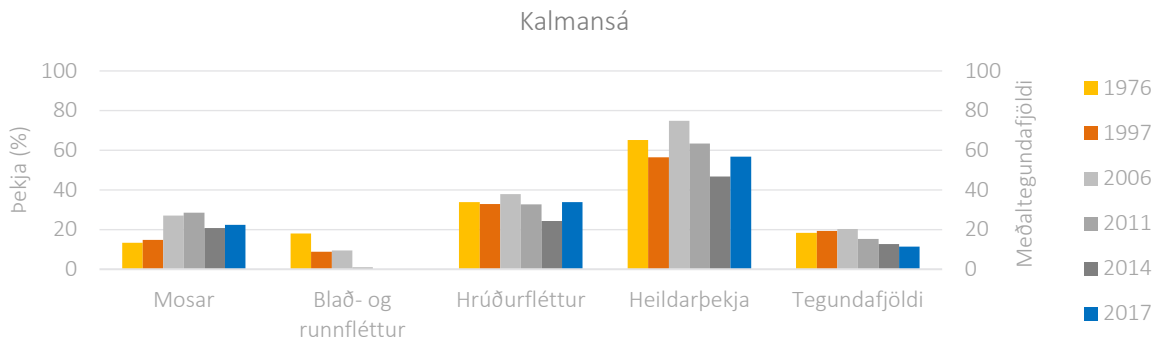


**MYND E.9** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 75-77.

### E.3 Gróðurbreytingar austnorðaustur af iðnaðarsvæðinu, utan þynningarsvæðis

#### Kalmansá

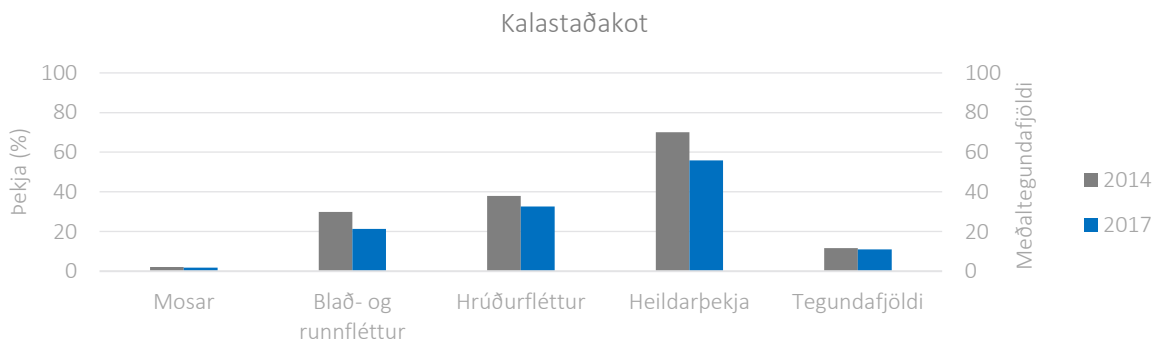
Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í norðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá á milli Kalastaðakots og Kataness. Lítið var um blað- og runnfléttur eins og árið 2014. Þekja mosa jókst lítilsháttar og hrúðfléttna nokkuð miðað við árið 2014.



**MYND E.10** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 36-38.

#### Kalastaðakot

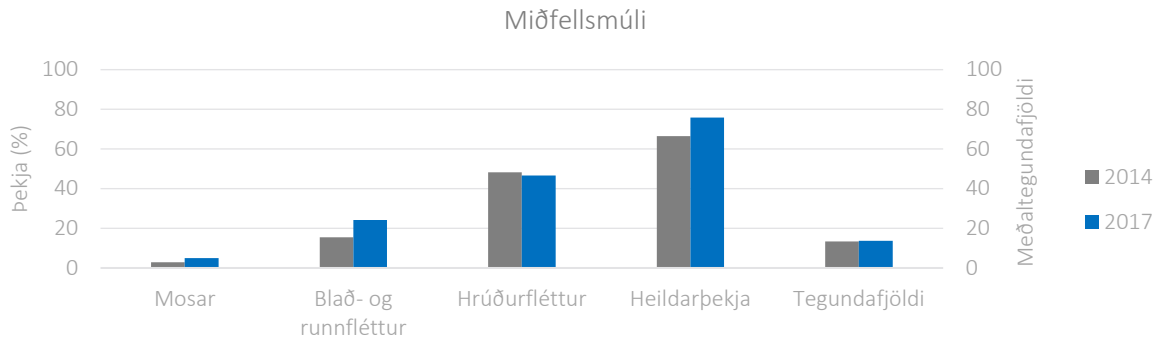
Á lágu holti í grennd við Kalastaðakot standa ávalar klappir upp úr landinu. Á þeim og á nálægum stórum steinum eru þrír reitir, 63–65. Hér dró úr þekju allra tegundahópa milli árána 2014 og 2017.



**MYND E.11** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 63-65.

#### Miðfellsmúli

Á Miðfellsmúla ofan Kalastaðakots eru þrír reitir, 66–68. Reitirnir eru framan í klettabeltum. Þekja bæði mosa og blað- og runnfléttna jókst miðað við árið 2014.

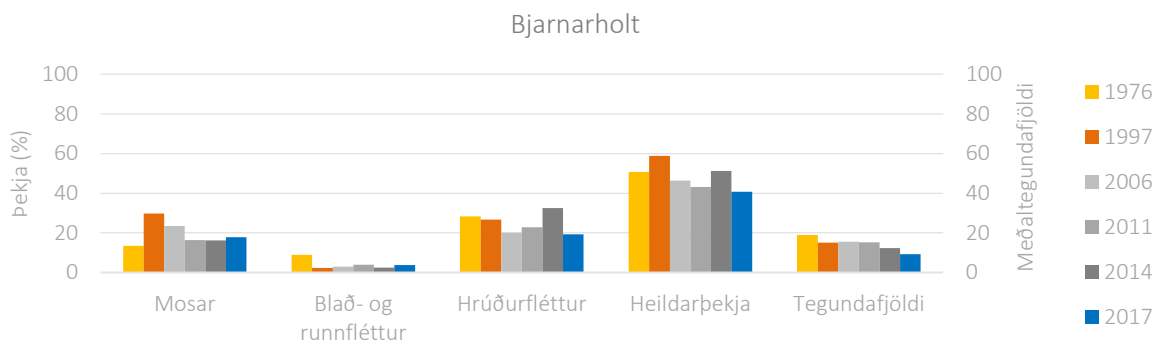


**MYND E.12** Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 66-68.

#### E.4 Gróðurbreytingar < 10 km frá iðnaðarsvæðinu, utan þýnningarsvæðis

##### Bjarnarholt

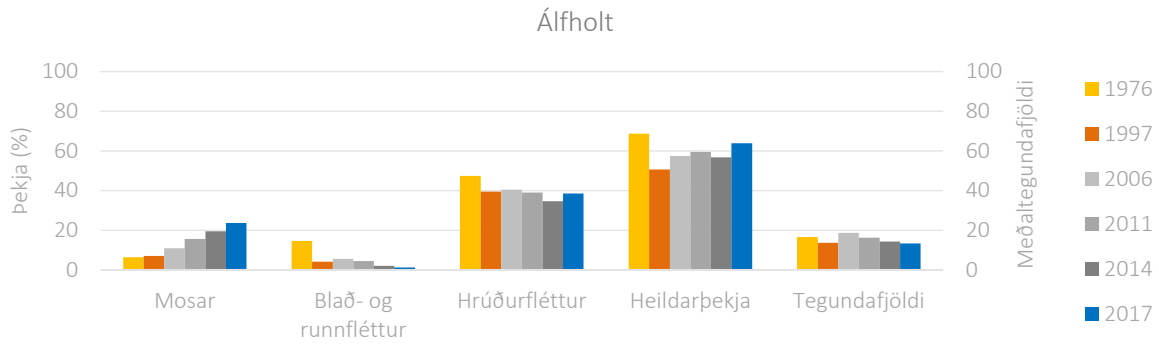
Fjórir reitir, 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti u.þ.b. 2 km norður af Grundartanga og eru þeir reitir utan þýnningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Heildarpekja tegunda hefur dregist saman miðað við árið 2014 sem skýra má með minni þekju hróðurfléttna. Þekja mosa og blað- og runnfléttna jókst hins vegar nokkuð.



**MYND E.13** Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 12-15.

##### Álfholt

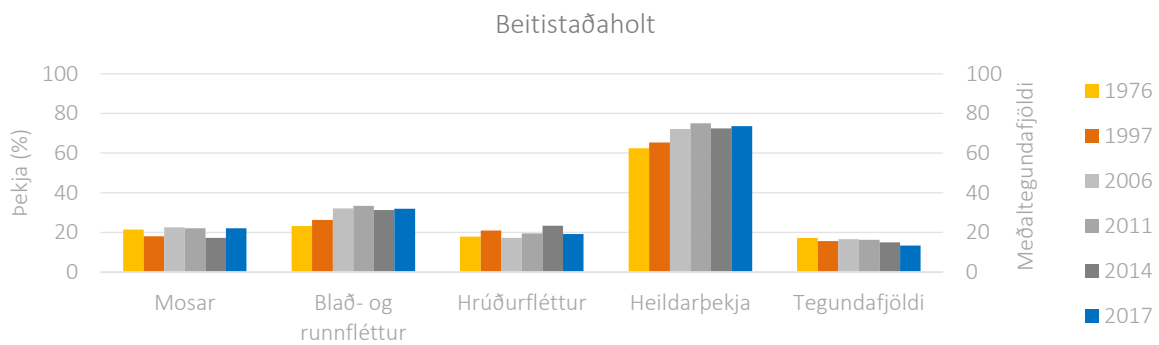
Þrír reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns. Einn þeirra, 31, snýr að Grundartanga á meðan hinir tveir snúa frá verksmiðjussvæðinu. Reitirnir við Álfholt eru rétt utan þýnningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Heildarþekjan jókst árið 2017 miðað við árið 2014 sem rekja má til aukinnar þekju mosa og hróðurfléttna.



MYND E.14 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 30-32.

**Beitistaðaholt**

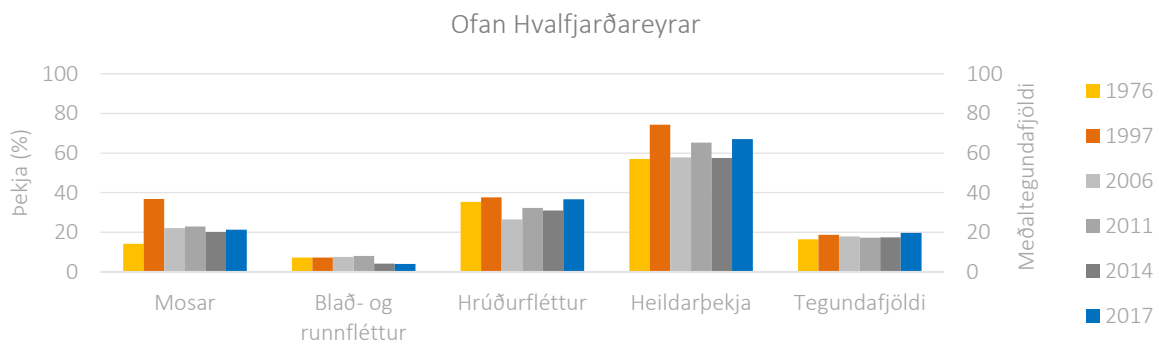
Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Heildarpekjan jókst lítillega á tímabilinu frá 2014 til 2017 þrátt fyrir minni þekju hróðurfléttna enda jókst þekja mosa nokkuð og blað- og runnfléttna örlítið.



MYND E.15 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 39-41.

**Ofan Hvalfjarðareyrar**

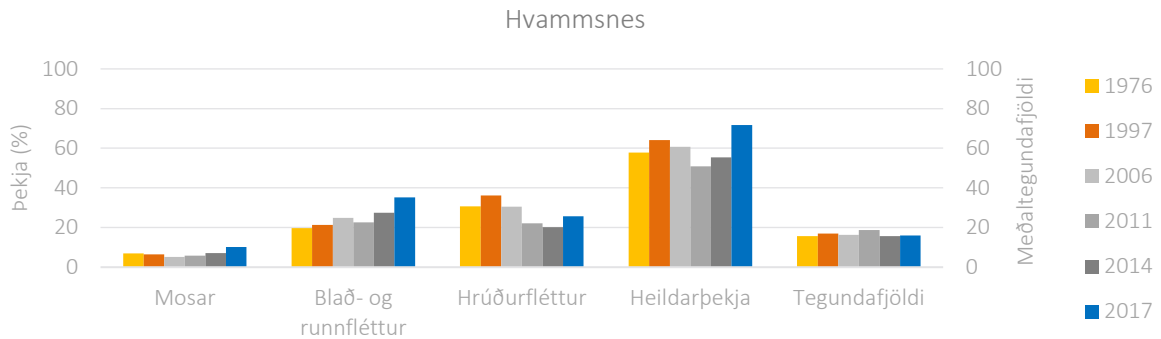
Ofan Hvalfjarðareyrar eru fjórir reitir, 19, 20, 51 og 52, í tæplega 4 km fjarlægð frá Grundartanga. Þekja mosa jókst lítillega og þekja hróðurfléttna allnokkuð milli árunna 2014 og 2017.



MYND E.16 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52.

### Hvammsnes

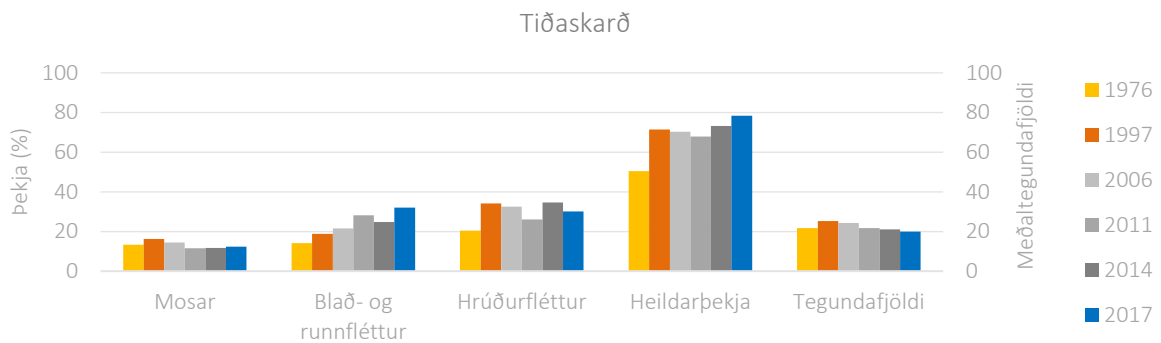
Þrír reitir, 48–50, eru utan við Hvammsnes. Þekja allra tegunda jókst, sérstaklega blað- og runnfléttna. Í reit 48 hefur þekja snepaskófar aukist nokkuð í seinni tíð.



**MYND E.17** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 48-50.

### Tíðaskarð

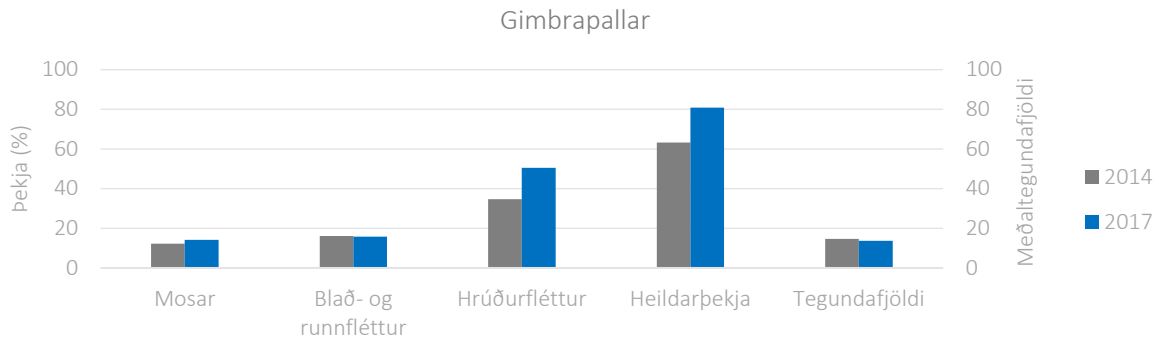
Þrír reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður af Grundartanga. Þekja blað- og runnfléttna jókst líkt og hún hefur gert frá upphafi mælinga með undantekningu árið 2014.



**MYND E.18** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16-18.

### Gimbrapallar

Þrír reitir, 69-71, eru staðsettir í klettabeltum á svokölluðum Gimbrapöllum sem eru ofan Böltsmýra í tæplega 5 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu. Þekja hróðurfléttna jókst allnokkuð og þekja mosa jókst aðeins miðað við árið 2014.

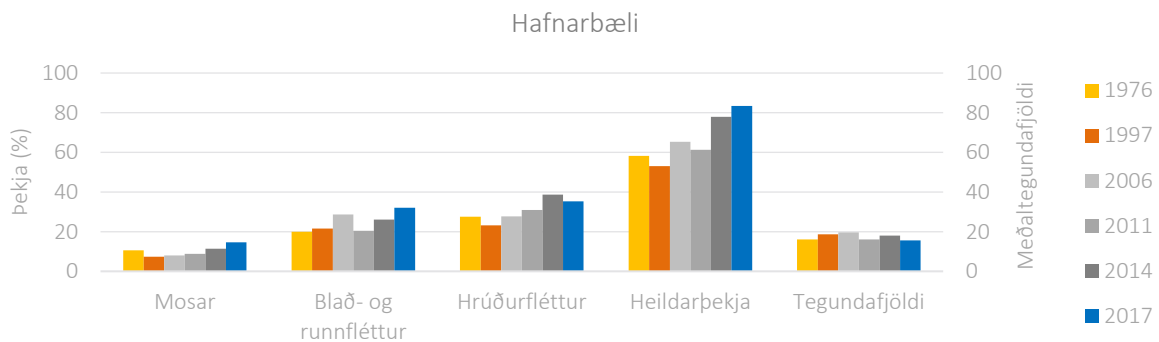


**MYND E.19** Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 69-71.

## E.5 Gróðurbreytingar > 10 km frá iðnaðarsvæðinu

### Hafnarbæli

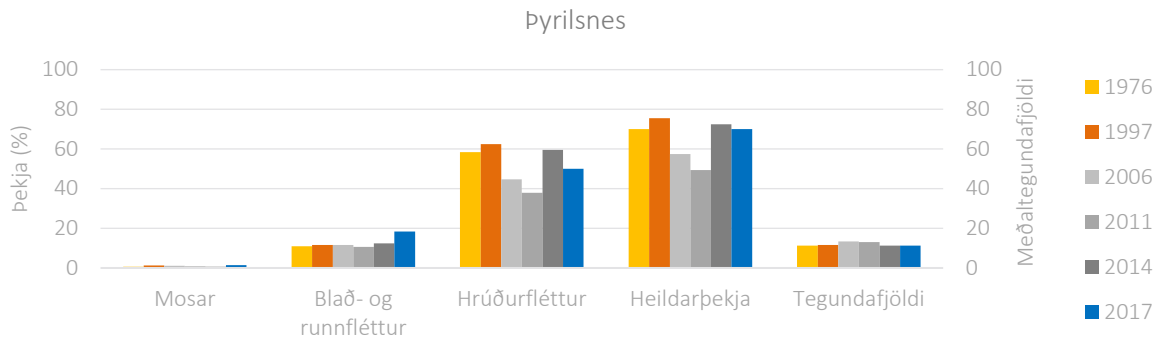
Þrír reitir, 42–44, eru staðsettir við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli u.þ.b. 16 km norðnorð-vestur af Grundartanga. Þekja mosa og blað- og runnfléttna jókst miðað við 2014 en þekja hróðurfléttna minnkaði.



**MYND E.20** Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekju og meðaltegundafjölda í reitum 42-44.

### Þyrilsnes

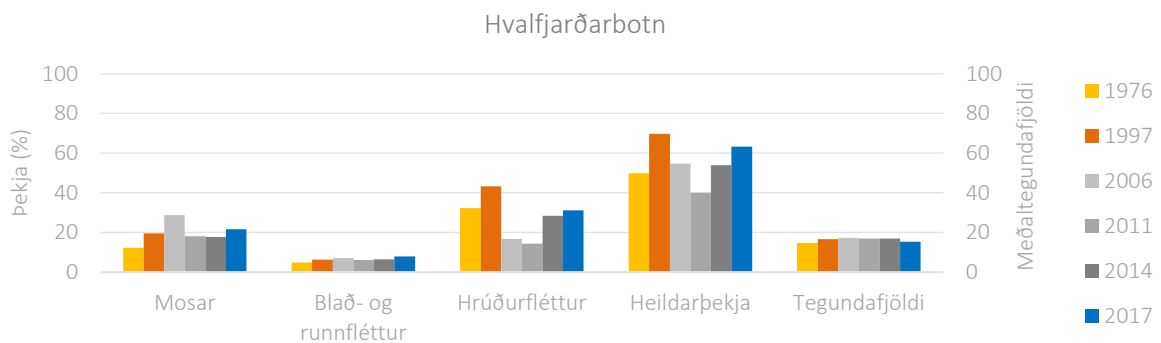
Þrír reitir, 45–47, eru á Þyrilsnesi í u.þ.b. 17 km fjarlægð frá Grundartanga. Þekja blað- og runnfléttna jókst nokkuð meðan þekja hróðurfléttna minnkaði miðað við árið 2014.



**MYND E.21** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45-47.

### Hvalfjarðarbotn

Þrír reitir, 21–23, eru í botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga, tveir þeirra eru staðsettir á flötum klöppum meðan sá þriðji er á lóðréttum, lágum klettavegg. Þekja allra tegunda jókst miðað við árið 2014, mismikið þó.

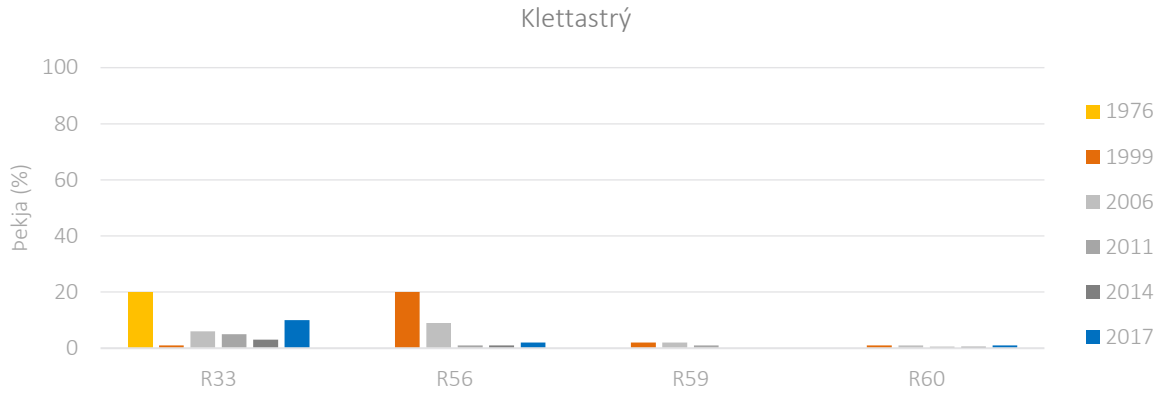


**MYND E.22** Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 21-23.

### E.6 Þekjubreytingar einstakra tegunda

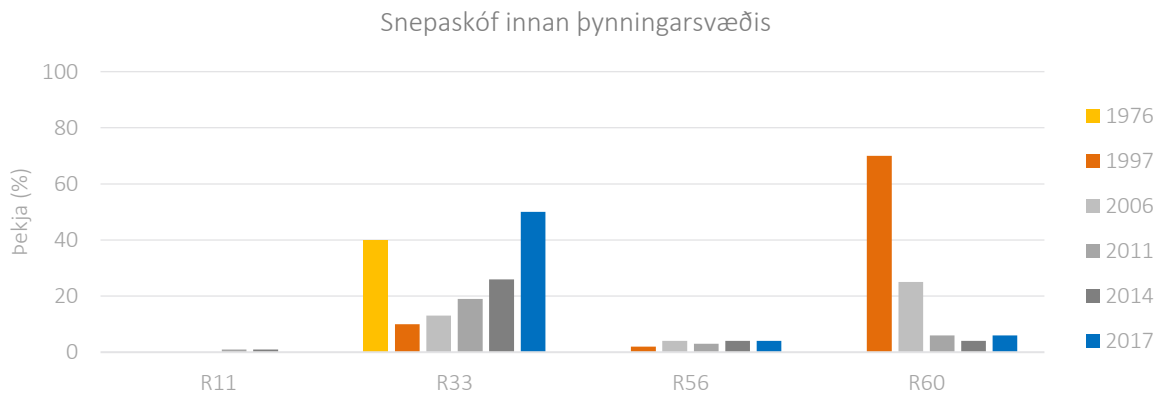
Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundin hafði mikla þekju í Stekkjarási, reitir 33-35, þegar mælingar hófust árið 1976 og var þá í slíku magni að óhætt var talið að safna sýnum af henni til að mæla í magn flúors og brennisteins. Árið 2006 var hins vegar einungis nægt magn af klettastrýi að finna í um 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga við reiti 56–59. Hnignun klettastrýs var greinileg til ársins 2014 en síðan þá hefur hún nokkuð hjarnað við og jók t.d. umtalsvert þekju sína í reit 33 árið 2017 en hvarf úr reit 59. Reitirnir fjórir sem klettastrý hefur vaxið í eru allir innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíðs auk þess sem reitur 33 er einnig innan þynningarsvæðis fyrir flúor, sbr mynd E.23.



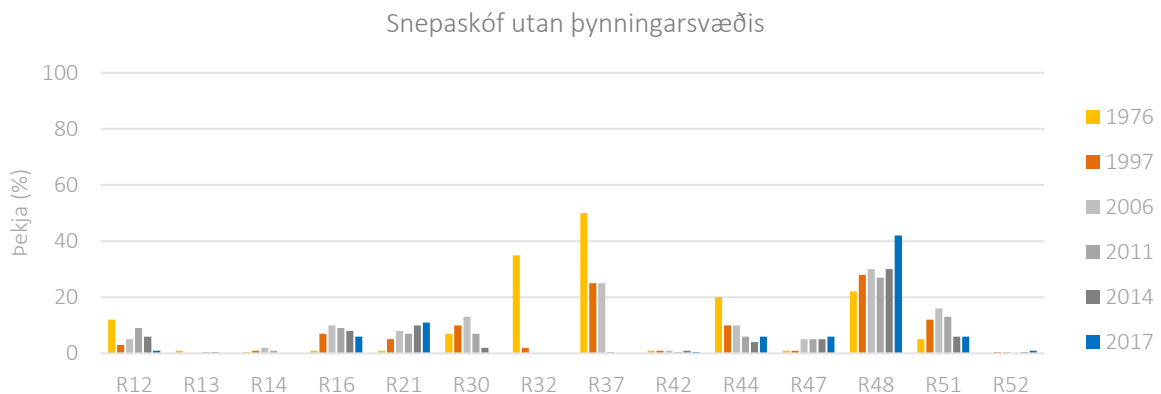


**MYND E.23** Þekja klettastrýs (*Ramalina subfarinacea*) í fjórum reitum, R33 (1 km) við Stekkjarás, R56 (2,2-2,3 km), R59 (2,2-2,3 km) og R60 (2,4 km) sem eru í Akrafjalli.

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Á mynd E.24 má sjá þekjubreytingar snepaskófar í reitum sem staðsettir eru innan þýnningarsvæðis iðnaðarsvæðisins hvað varðar brennisteinstvíoxíð og flúor. Til samanburðar eru þekjubreytingar tegundarinnar í reitum sem staðsettir eru utan þýnningarsvæðisins sýndar á mynd E.25.



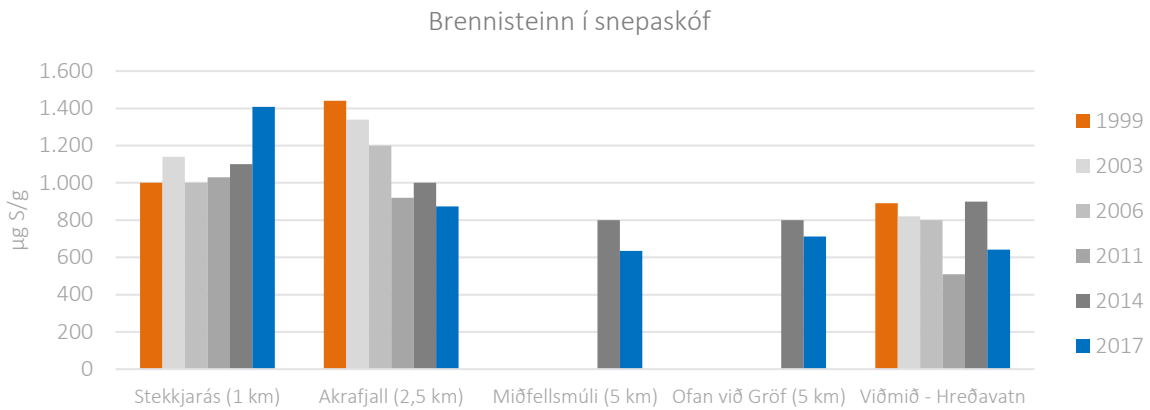
**MYND E.24** Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í reitum sem allir eru staðsettir innan þýnningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.



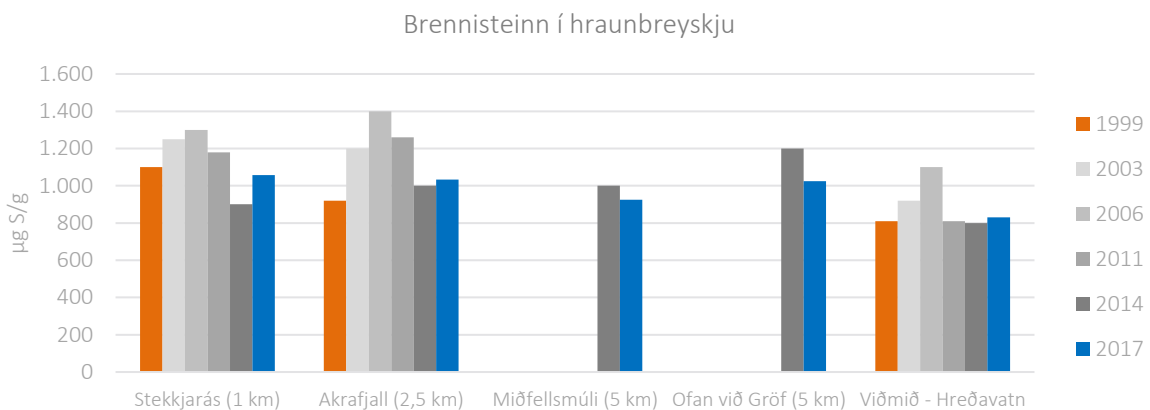
**MYND E.25** Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í reitum sem allir eru staðsettir utan þýnningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.

## E.7 Brennisteinn og flúor í blað- og runnfléttum

Styrkur brennisteins í fléttum (hraunbreyskju og snepaskóf) frá Stekkjarási mældist nokkuð meira árið 2017 en árið 2014. Á öðrum stöðum mældist styrkur brennisteins ýmist svipaður, hærri eða lægri en árið 2014 (mynd E. 26 og mynd E.27).

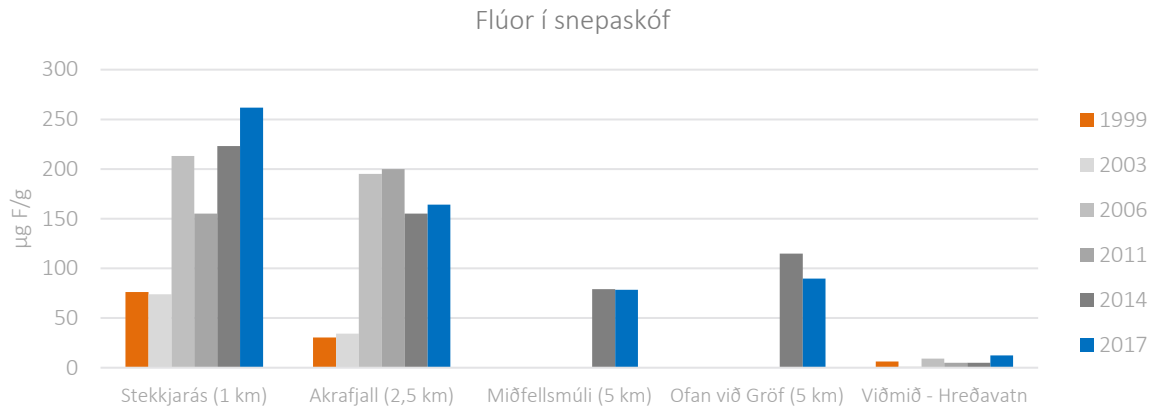


MYND E.26 Styrkur brennisteins í snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) frá því að mælingar hófust.

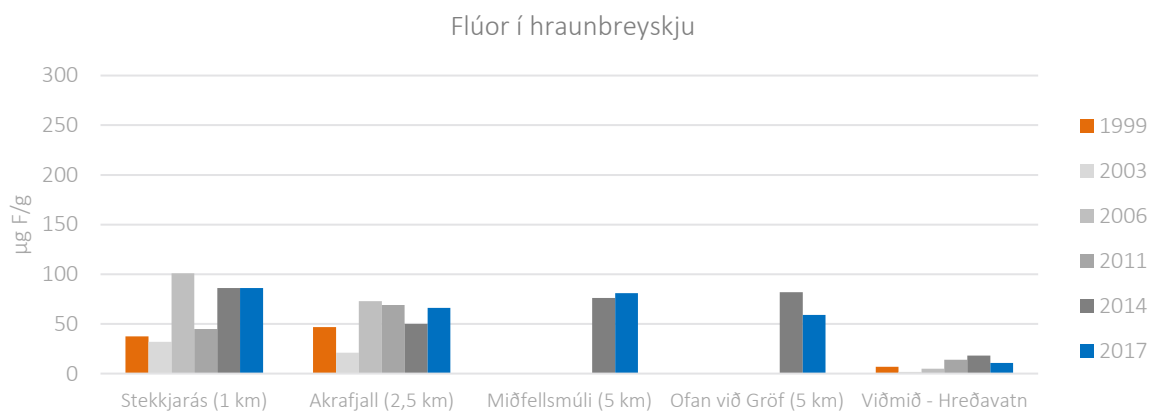


MYND E.27 Styrkur brennisteins í hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) frá því að mælingar hófust.

Líkt og fyrri ár þá mældist meira magn flúors í snepaskóf en hraunbreyskju og mun meira í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnunum (mynd E.28 og mynd E.29). Styrkur flúors í snepaskóf hefur aldrei áður mælst jafn hár, hæstur í sýnum frá Stekkjarási, 262 µg F/g þurrefnis. Styrkur flúors í snepaskóf frá öðrum söfnunarstöðum ýmist lækkaði eða hækkaði lítilsháttar eða var svipaður og áður. Í hraunbreyskju mældist eins og áður mun lægri styrkur flúors, mestur á Stekkjarási, 86 µg F/g þurrefnis en minnstur ofan við Gröf, 59 µg F/g þurrefnis



**MYND E.28** Styrkur flúors í snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) frá því að mælingar hófust.



**MYND E.29** Styrkur flúors í hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) frá því að mælingar hófust.

## VIÐAUKI F GRÓÐUR

Niðurstöður frá umhverfisvöktun gróðurs norðan og sunnan Hvalfjarðar má sjá í köflum F.1 og F.2 Niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfisvöktun á gróðri frá árunum 1997 til 2017 má sjá í kafla F.3. Þegar sýnum er safnað í júní er vöxtur plantna hraðastur en í september er komið að lokum vaxtatímabilsins. Aukasýnataka af grasi var í júlí. Sýnum var safnað sunnan og norðan megin Hvalfjarðar, alls 75 sýnum af grasi og laufi og 44 sýnum af barri. Yfirlit yfir veðurfar á sýnatökudögum má finna í töflum 8.2 og 8.4 í kafla 8.

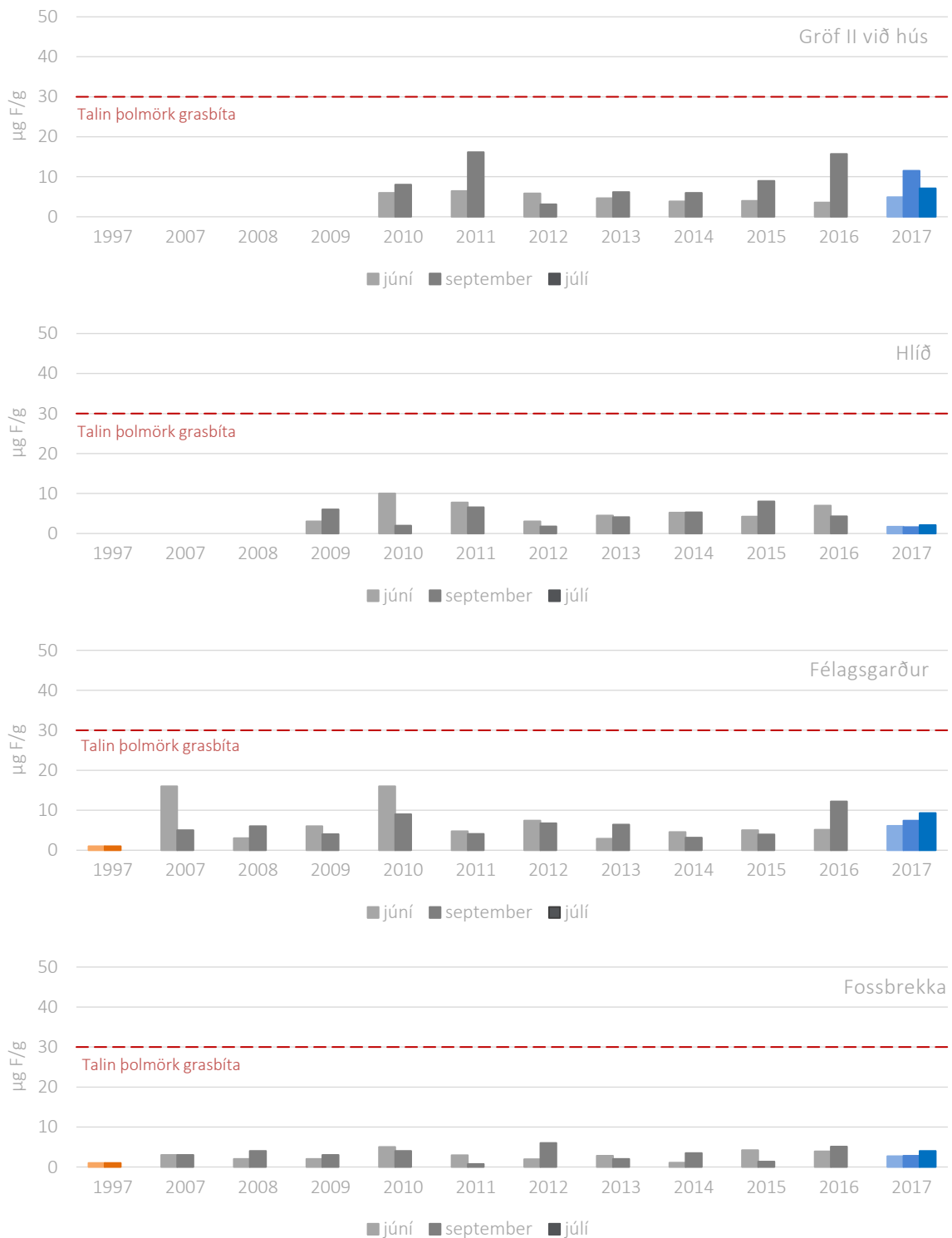
### F.1 Flúor í grasi

Styrk flúors í grasi á vöktunarstöðunum tólf má sjá á mynd F.1 (bls. 81-83), fyrir árin 2007 – 2017 auk bakgrunnsgildis fyrir árið 1997 til viðmiðunar. Vísað er til fyrri vöktunarskýrslna fyrir niðurstöður árána 1998 til 2006. Að Gröf II við Þjóðveg og Hlíð hefur verið mælt frá 2009, Gröf II við hús frá 2010. Á Ferstiklu og Hálsi í Kjós var fyrst mælt árið 2011. Í Skorradal var mælt árin 2010-2012 en síðan voru ekki mælingar í Skorradal fram til ársins 2016. Talin þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fóðri eru 30 µg F/g [12] og talin þolmörk grasa gagnvart flúor í plöntuvef er 100 – 200 µg F/g [8].

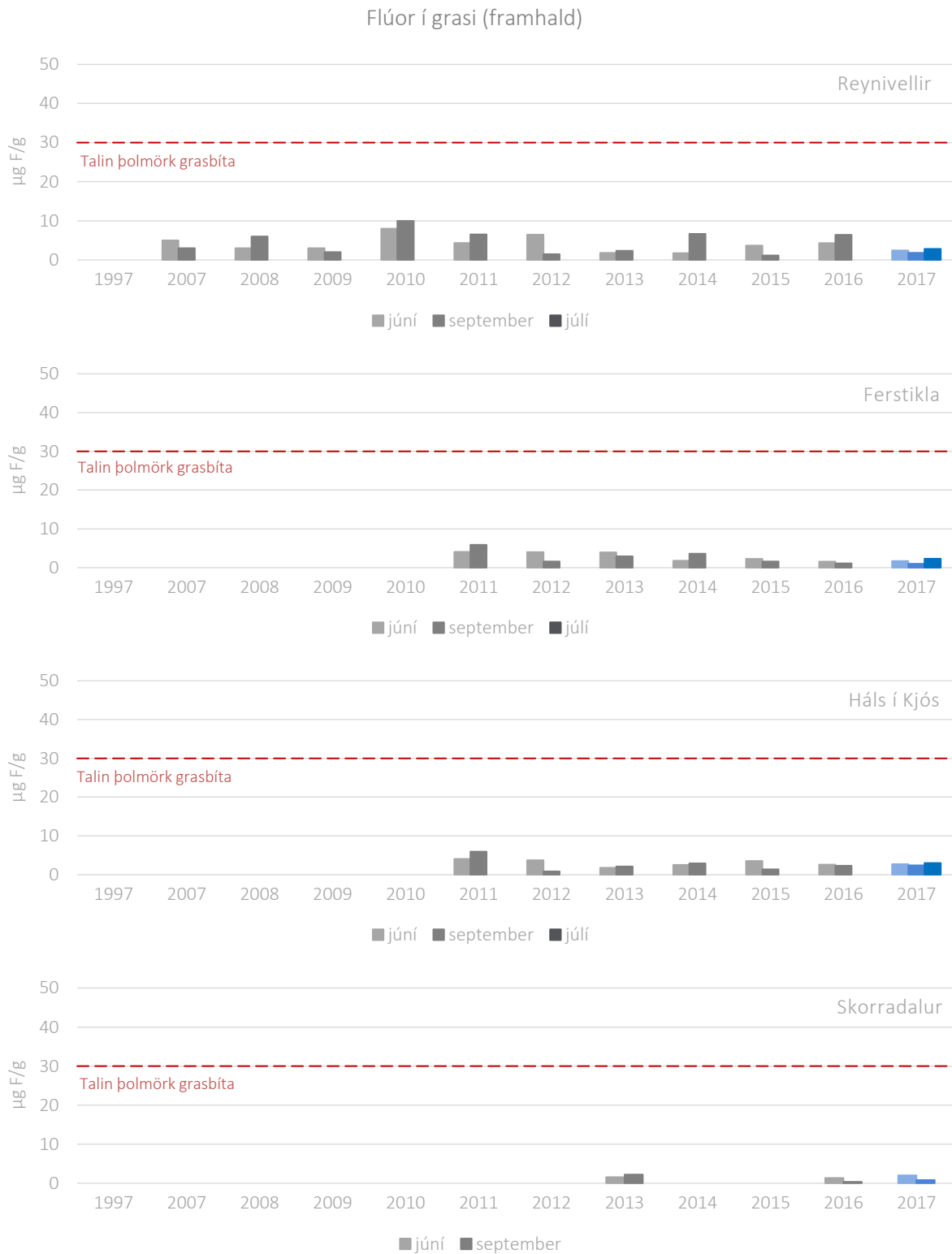


**MYND F.1** Styrkur flúors í grasi árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

## Flúor í grasi (framhald)



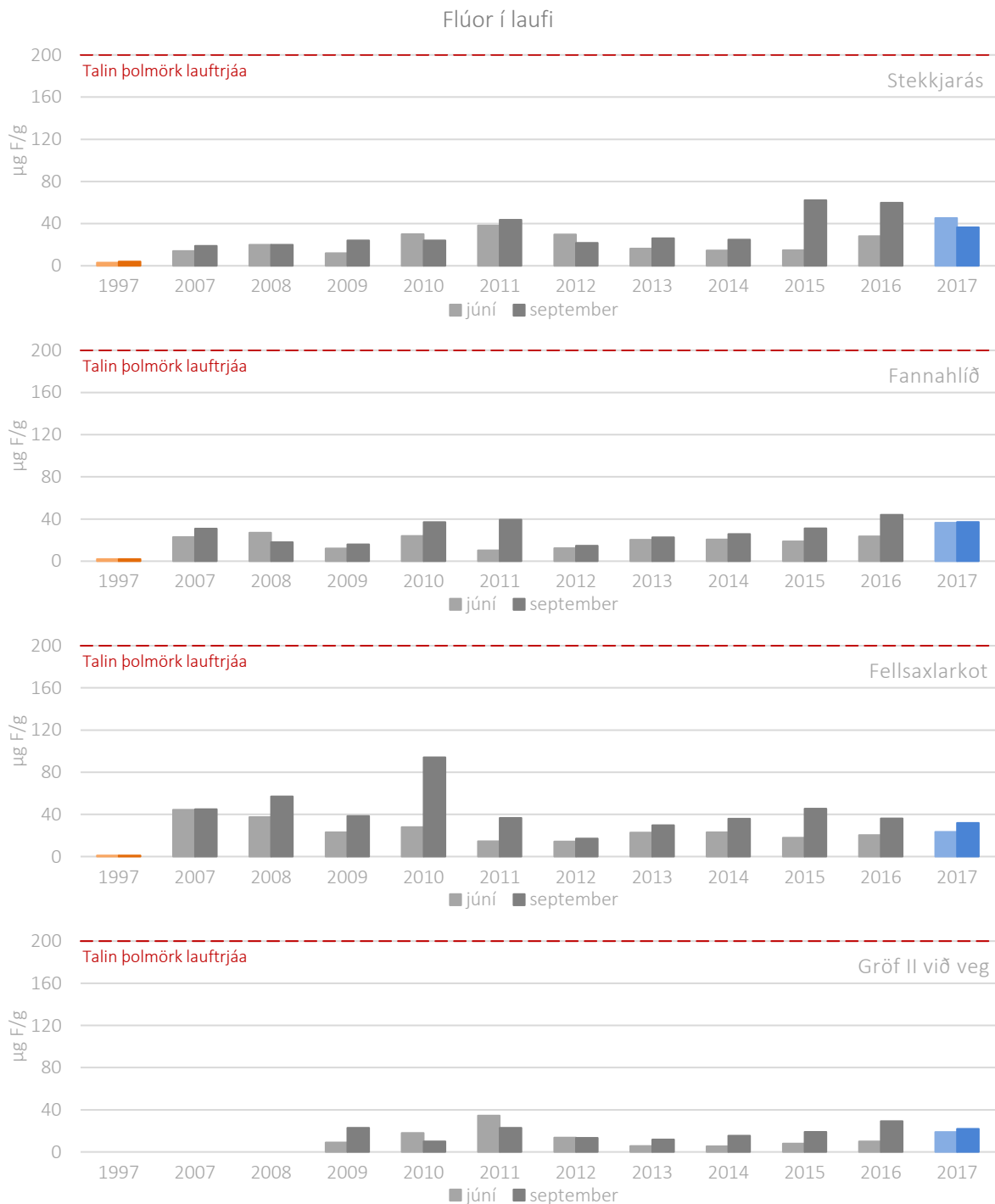
**MYND F.1** (framhald) Styrkur flúors í grasi árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.



**MYND F.1** (framhald) Styrkur flúors í grasi árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

## F.2 Flúor í laufi

Meðalstyrkur flúors í laufi á vöktunarstöðunum tólf má sjá á mynd F.2 (bls. 84-86) fyrir árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi fyrir árið 1997 til viðmiðunar, þar sem það liggur fyrir. Vísað er til fyrri vöktunarskýrsla fyrir niðurstöður áruna 1998 til 2006. Að Gröf II við Þjóðveg og hús og við Hlíð hefur flúor í laufi verið mælt frá 2009. Á árinu 2011 hófust mælingar við Ferstiklu og Háls í Kjós. Mælingar í Skorradal fóru áður fram árið 2013. Talin þölmörk lauftrjáa gagnvart flúor í plöntuvef eru 200  $\mu\text{g F/g}$  [8].



**MYND F.2** Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

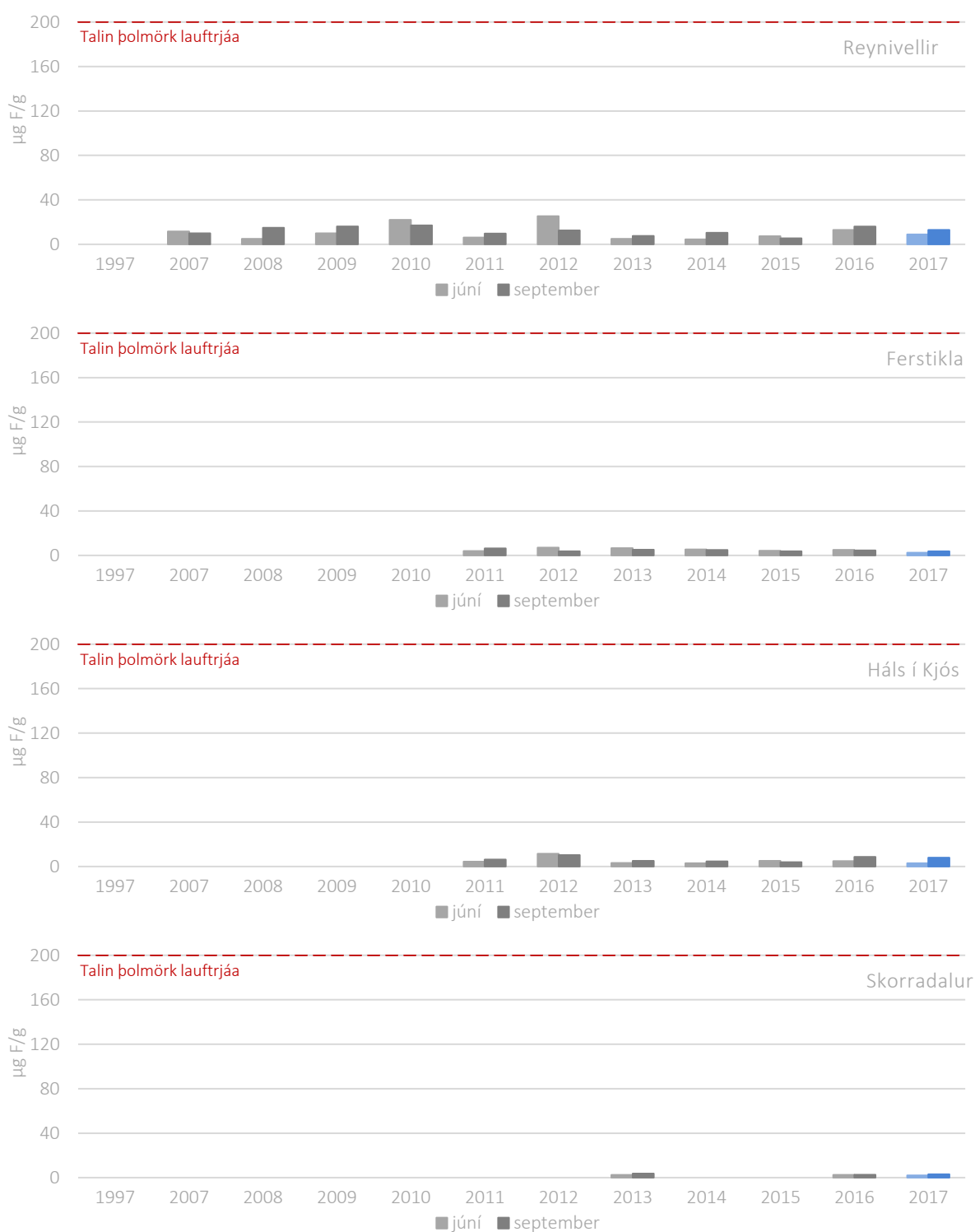


Flúor í laufi (framhald)



MYND F.2 (framhald) Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

## Flúor í laufi (framhald)



**MYND F.2** (framhald) Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust árin 2007 – 2017 og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

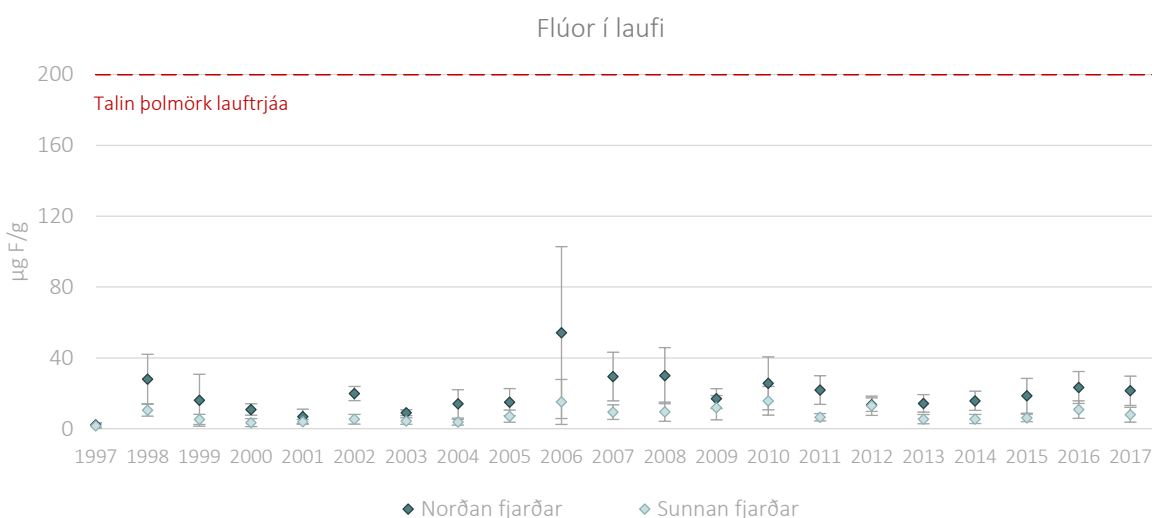
### F.3 Tölfræðiniðurstöður gróðurs

Umhverfisvöktun fyrir gróður hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2017 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk. Gröf með niðurstöðum tölfræði útreikninga á vöktunarmælingum fyrir gróður árin 1997 – 2017 eru birt á eftirfarandi myndum F.3 – F.6.

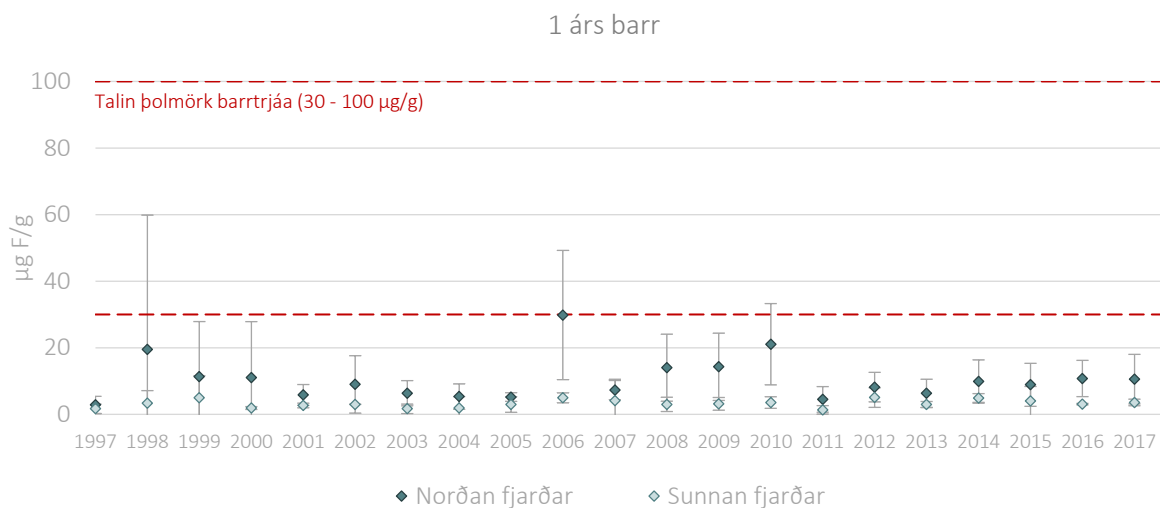
Mynd F.3 sýnir niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalstyrk flúors í grasi norðan og sunnan fjarðar og mynd F.4 sýnir niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalstyrk flúors í laufi norðan og sunnan fjarðar. Myndir F.5 og F.6 sýna niðurstöður tölfræðigreiningar á meðalstyrk flúors í barri norðan og sunnan fjarðar fyrir eins og tveggja ára gamalt barr.



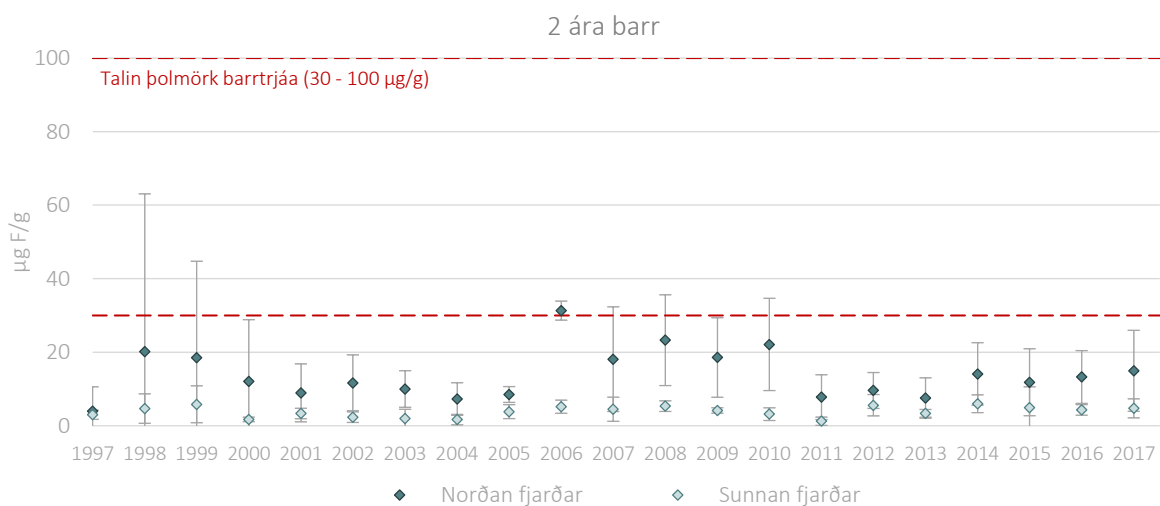
MYND F.3 Meðalstyrkur flúors í grasi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.



MYND F.4 Meðalstyrkur flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.



**MYND F.5** Meðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.



**MYND F.6** Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan og sunnan Hvalfjarðar mældur 1997 – 2017 ásamt 95% öryggisbilum.

## VIÐAUKI G GRASBÍTAR

Styrkur flúors var mældur í beinösku í samtals 113 hausum lamba og fullorðins fjár. Hausarnir og tennur voru einnig skoðaðir og skráningar gerðar m.t.t. ástands glerjungs, tannslits, tannloss, mislitunar, tannbrodda og ástands kjálkabeins. Hér má sjá yfirlit yfir þá bæi sem lögðu til hausa af sláturfé til mælinga og skoðunar (tafla G.1) og yfirlit yfir flúorstyrk í beinösku kjálka sláturfjár (tafla G.2) og eru öll gildi flúors miðuð við þurrefni [13].

### G.1 Söfnun hausa og skoðun dýralæknis á kjálkum og tönnum

TAFLA G.1 Yfirlit yfir vöktunarbæi.

	Móttækin sýni	Fjöldi sýna		Ástand glerungs á framtönnum			
				Eðlilegur		Með breytingum	
		Lömb	Fullorðið fé	Lömb	Fullorðið fé	Lömb	Fullorðið fé
Norðan Hvalfjarðar	Eystri Leirárgarðar	3	4	3	4	0	0
	Eystra Miðfell	4	4	4	4	0	0
	Gröf II	4	4	4	4	0	0
	Hóll	4	4	4	4	0	0
	Hrafnabjörg	4	4	4	4	0	0
	Innri Hólmur	4	4	4	4	0	0
	Skipanes	4	4	4	3	0	1
	Skorholt	4	4	4	4	0	0
	Vogatunga	4	4	4	4	0	0
Sunnan Hvalfjarðar	Grímsstaðir	4	4	4	2	0	2
	Meðalfell	5	3	5	3	0	0
	Kiðafell	4	5	4	5	0	0
<b>Viðmiðunarsýni – sauðfé</b>							
	Bjarnarhöfn (Snæfellsness.)	4	4	4		0	0
	Skjaldfönn (N-Ísafjarðars.)	5	4	5		0	0
	Samtals	<b>57</b>	<b>56</b>				

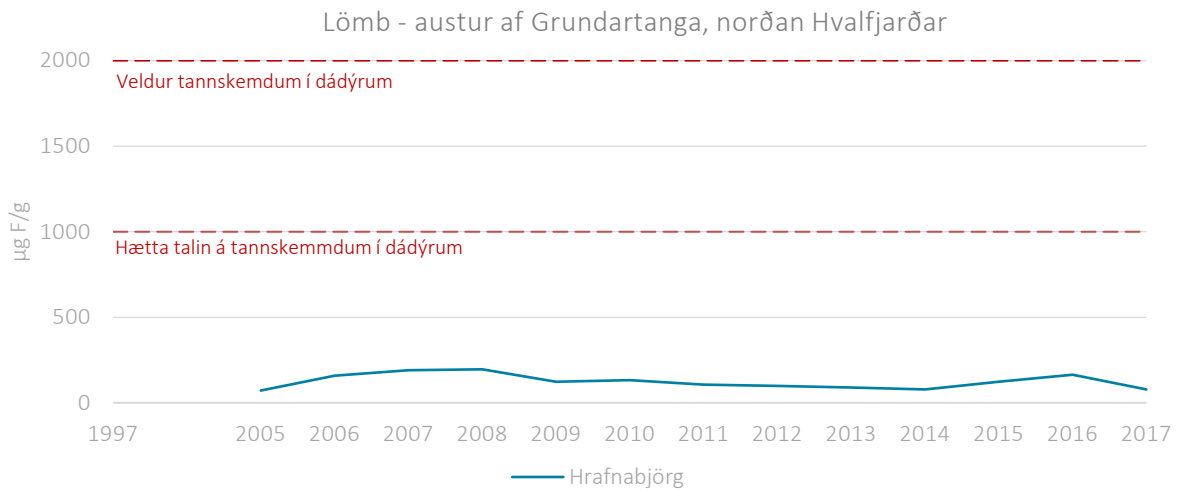
**TAFLA G.2** Yfirlit yfir flúorstyrk í beinösku kjálkabeina sláturfjár, ásamt lægsta og hæsta meðalstyrk á hverjum vöktunarbæ. Þau gildi sem eru hærrí en viðmiðunarmörk skv. niðurstöðum norskra rannsókna, þar sem hættu er talin á tannskemmdum í ungum dádýrum (>1000 µg/g flúor [11, 15]), eru í appelsínugulu lettri. Þau gildi sem eru yfir styrk 2000 µg F/g, sem talin eru valda tannskemmdum í dádýrum skv. sömu rannsókn, eru sýnd með rauðu lettri.

Bær	Lömb	Fullorðið fé	
	Flúor (µg F/g þurrefni)	Flúor (µg F/g þurrefni)	Aldur
<b>Norðan Hvalfjarðar</b>			
Eystri Leirárgarðar	76	499	6
	126	449	6
	122	477	6
		498	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	108 / (76-126)	481 / (449-499)	
Eystra Miðfell	251	1299	6
	200	1149	6
	270	1086	6
	177	1178	5
Meðalstyrkur / (Min-Max)	225 / (177-270)	1178 / (1086-1299)	
Gröf II	459	1861	5
	447	2151	8
	474	2105	8
	425	1973	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	451 / (425-474)	2023 / (1861-2151)	
Hóll	115	697	7
	82	640	8
	70	791	9
	82	630	8
Meðalstyrkur / (Min-Max)	87 / (70-115)	690 / (630-791)	
Hrafnabjörg	108	996	6
	80	1138	8
	62	1048	5
	67	1127	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	79 / (62-108)	1077 / (996-1138)	
Innri Hólmur	249	675	2
	497	2339	4
	316	1644	5
	283	588	1
Meðalstyrkur / (Min-Max)	336 / (249-497)	1312 / (588-2339)	
Skipanes	130	897	8
	100	711	7
	164	817	6
	113	686	5
Meðalstyrkur / (Min-Max)	127 / (100-164)	778 / (686-897)	
Skorholt	93	796	7
	55	870	6
	80	674	7
	121	690	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	87 / (55-121)	758 / (674-796)	
Vogatunga	171	1135	7
	154	1097	7
	106	1028	7
	125	1340	
Meðalstyrkur / (Min-Max)	139 / (106-171)	1150 / (1028-1340)	

Bær	Lömb	Fullorðið fé	
	Flúor (µg F/g þurrefni)	Flúor (µg F/g þurrefni)	Aldur
<b>Sunnan Hvalfjarðar</b>			
Grímsstaðir	325	886	7
	241	941	6
	352	873	6
	228	1143	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	287 / (228-352)	961 / (873-1143)	
Kíðafell	46	558	6
	78	739	6
	116	708	6
	145	631	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	96 / (46-145)	639 / (557-739)	
Meðalfell	112	709	6
	134	816	6
	253	872	6
	130		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	161 / (112-253)	799 / (709-872)	
<b>Viðmiðunarbærir</b>			
Bjarnarhöfn	37	512	6
	32	505	6
	38	643	7
	41	477	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	37 / (32-41)	534 / (477-643)	
Skjaldfönn	70	770	6
	32	539	8
	48	1038	8
	24	577	8
	43		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	43 / (24-70)	731 / (539-1038)	

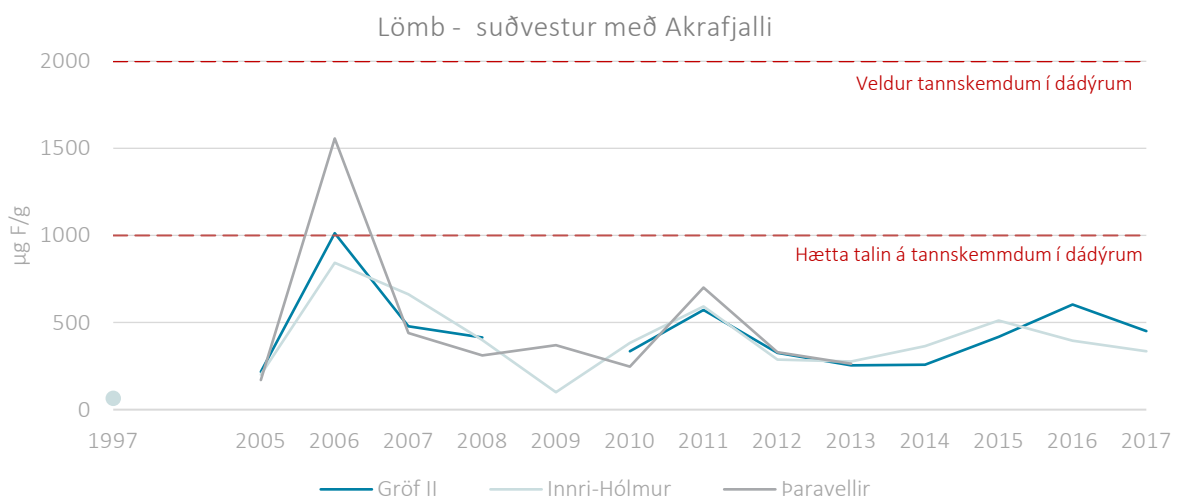
### Flúor í kjálkum lamba eftir svæðum

Miðað við ríkjandi vindáttir, verður vöktunarsvæðið austan við iðnaðarsvæðið á Grundartanga fyrir hvað minnstum áhrifum vegna flúorlosunar frá álverinu. Mynd G.1 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum af þessu svæði, en á síðustu árum hafa sýni verið tekin af lömbum frá einum bæ á þessu svæði. Ekki liggur fyrir bakgrunnsgildi hjá lömbum frá þessu svæði en marktæk lækkun hefur orðið á meðalstyrk flúors í kjálkabeini lamba árið 2017 miðað við árið 1999 sem og miðað við árið 2007 (mynd G.11).



**MYND G.1** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 - 2017 frá bæjum austur af iðnaðarsvæðinu.

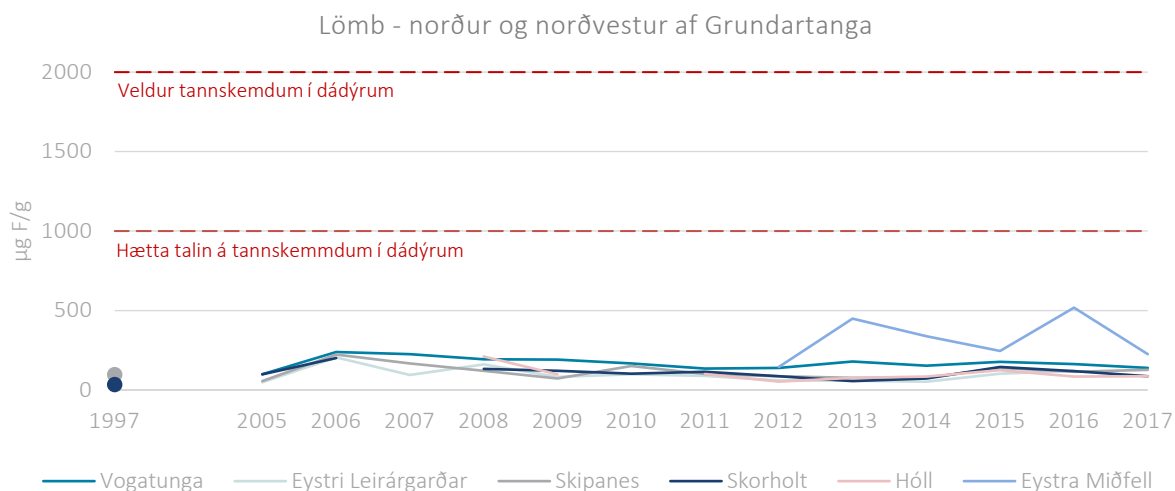
Mynd G.2 sýnir flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá vöktunarbæjum suðvestur með Akrafjalli. Miðað við ríkjandi vindáttir verður þetta vöktunarsvæði fyrir hvað mestum áhrifum vegna flúorlosunar frá álverinu. Eins og áður er marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði miðað við árið 1997, hins vegar er engin breyting á styrk flúors samanborið við árið 2007 (mynd G.12).



**MYND G.2** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 - 2017 frá bæjum suðvestur og vestur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997.

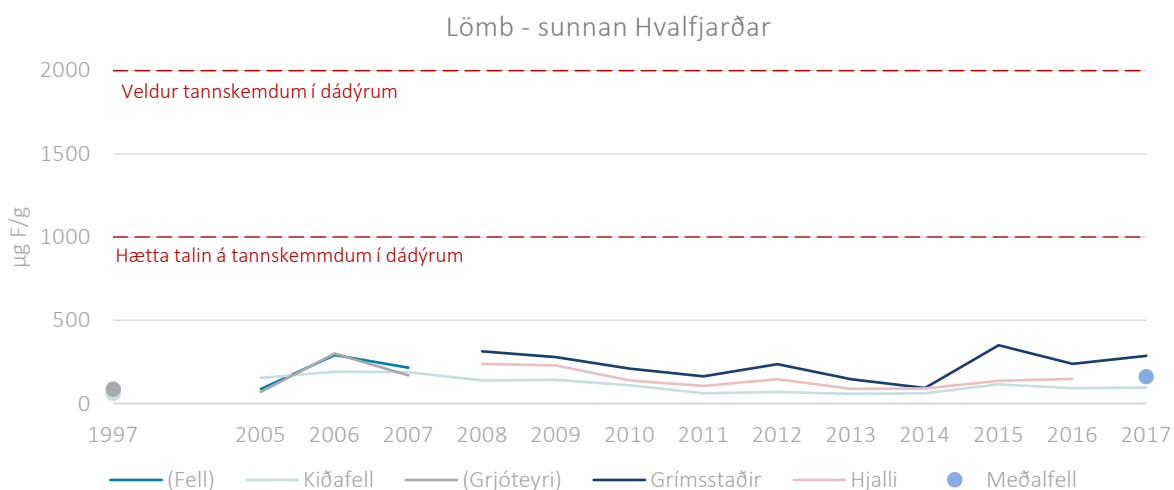


Flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu má sjá á mynd G.3. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði árið 2017 miðað við árið 1997 en lækkun miðað við árið 2007 (mynd G.13).



**MYND G.3** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 - 2017 frá bæjum norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997.

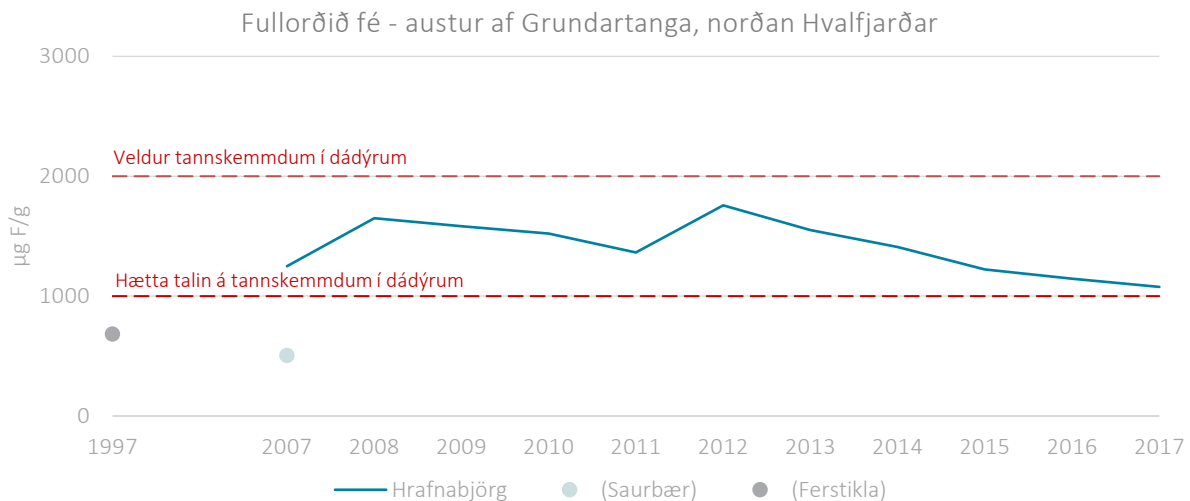
Á mynd G.4 má sjá flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá bæjum sem staðsettir eru sunnan Hvalfjarðar. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalársstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði árið 2017 miðað við árið 1997, en engin breyting miðað við árið 2007 (mynd G.14).



**MYND G.4** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 - 2017 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar og viðmiðunarsýni frá 1997.

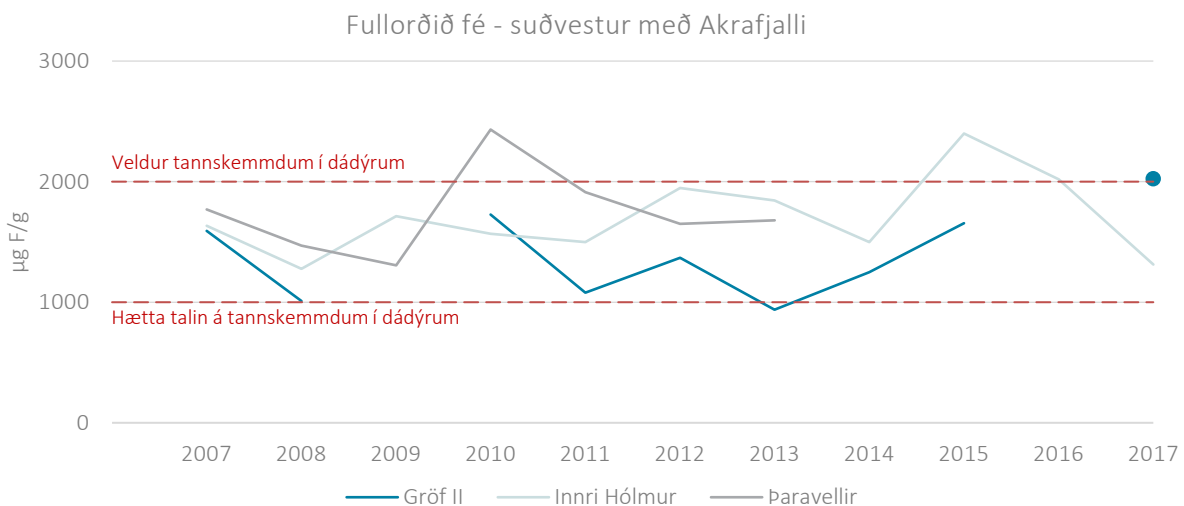
### Flúor í kjálkum fullorðins fjár eftir svæðum

Meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bænum Hrafnabjörgum, sem er eini vöktunarbærinn á svæðinu austur af iðnaðarsvæðinu, má sjá á mynd G.5. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessum bæ árið 2017 miðað við árið 2007 (mynd G.17).



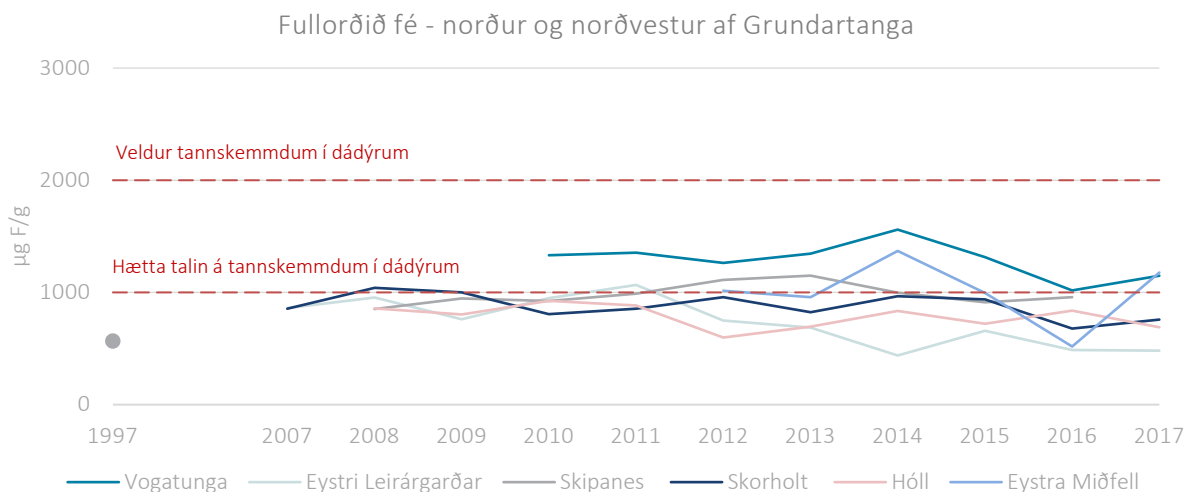
**MYND G.5** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 2007 - 2017 frá bæjum austur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997.

Á mynd G.6 má sjá meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá vöktunarbæjum sem staðsettir eru suðvestan við iðnaðarsvæðið. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæði árið 2017 miðað við árið 2007 (mynd G.18).



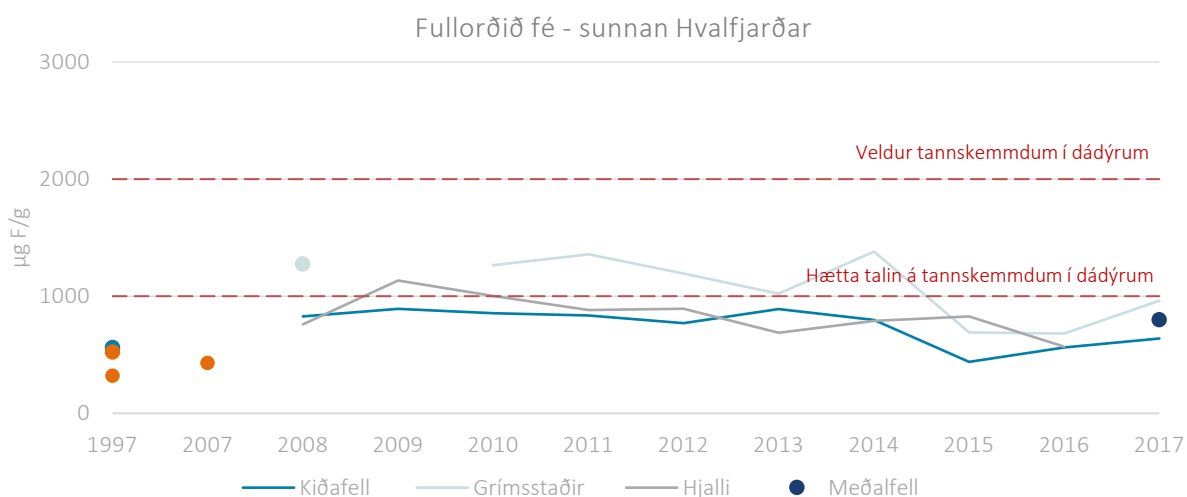
**MYND G.6** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 2007 - 2017 frá bæjum suðvestur og vestur af iðnaðarsvæðinu.

Mynd G.7 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæði árið 2017 miðað við árin 1997 og 2007 (mynd G.19).



**MYND G.7** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 2007 - 2017 frá bæjum norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu, og viðmiðunarsýni frá 1997.

Meðalflúorstyrk í kjálkabeinum fullorðins fjár frá svæði sunnan Hvalfjarðar má sjá á mynd G.8, en flúorlosun frá álverinu hefur einnig áhrif á það svæði. Árið 2017 er marktæk breyting til hækkunar á flúorstyrk í kjálkabeinum í fullorðnu fé samanborið við árin 1997 og 2007 (mynd G.20).



**MYND G.8** Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár árin 2007 - 2017 frá bæjum sunnan Hvalfjarðar og viðmiðunarsýni frá 1997.

## G.2 Skoðun tanna og liðamóta í lifandi grasbítum (sauðfé og hrossum)

Yfirlit dýralæknis yfir skoðun tanna og liðamóta framfóta í lifandi sauðfé og hrossum má sjá í töflum G.4 og G.3 hér að neðan.

**TAFLA G.3** Yfirlit um skoðun tanna og liðamóta framfóta í sauðfé. Við mat á tönnum í lifandi búfé er stuðst við matskerfi frá árinu 1974 [18], sjá töflu 9.2 í kafla 9.

Bær	Dags.	n	Aldur	Framtennur niðri hægra megin				Framtennur niðri vinstra megin				Meðaltal	Jaxlar		Liðir	
				ilr <sub>4</sub>	ilr <sub>3</sub>	ilr <sub>2</sub>	ilr <sub>1</sub>	ill <sub>1</sub>	ill <sub>2</sub>	ill <sub>3</sub>	ill <sub>4</sub>		mr	ml		
Grímsstaðir	16.1.2018	10	4,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,20	0
Innri Hólmur	18.1.2018	10	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,40	0,60	0
Hrafnabjörg	16.1.2018	10	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0
Eystra Miðfell	16.1.2018	10	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vogatunga	23.1.2018	10	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0
Kiðafell	16.1.2018	10	4,1	0	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,36	0,73	0

Skýring: n: fjöldi; ilr: framtönn niðri hægra megin; ill: framtönn niðri vinstra megin; mr: jaxlar hægra megin; ml: jaxlar vinstra megin.

**TAFLA G.4** Yfirlit um skoðun tanna og liðamóta framfóta í hrossum. Við mat á tönnum í lifandi búfé er stuðst við matskerfi frá árinu 1974 [18] sjá töflu 9.2 í kafla 9.

Bær	Dags.	n	Aldur	Framtennur uppi hægra megin			Framtennur uppi vinstra megin			Framtennur niðri hægra megin			Framtennur niðri vinstra megin			Meðaltal	Liðir
				iur <sub>3</sub>	iur <sub>2</sub>	iur <sub>1</sub>	iul <sub>1</sub>	iul <sub>2</sub>	iul <sub>3</sub>	ilr <sub>3</sub>	ilr <sub>2</sub>	ilr <sub>1</sub>	ill <sub>1</sub>	ill <sub>2</sub>	ill <sub>3</sub>		
Skipanes	6.2.2018	6	17	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0
Ytri-Hólmur	16.1.2018	6	12	0	0,33	0,67	0,67	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
Litla Fellsöxl	23.1.2018	7	15	0	0	0,43	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0
Miðdalur	16.1.2018	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalastaðakot	23.1.2018	6	11	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0
Morastaðir	8.2.2018	6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

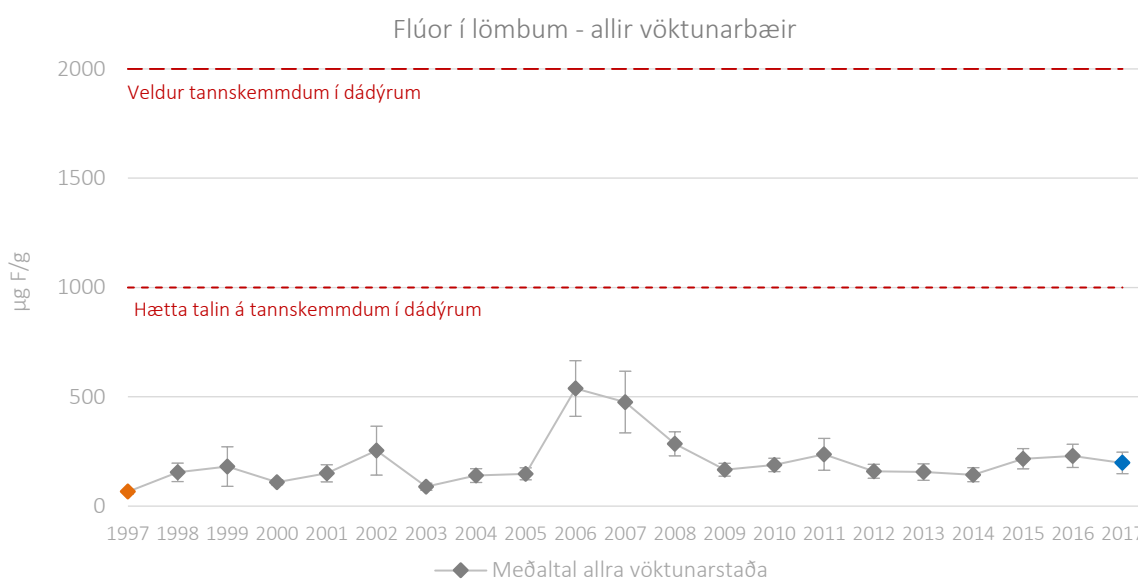
Skýring: n: fjöldi; iur: framtönn uppi hægra megin; iul: framtönn uppi vinstra megin; ilr: framtönn niðri hægra megin; ill: framtönn niðri vinstra megin.

### G.3 Tölfræðiniðurstöður grasbíta

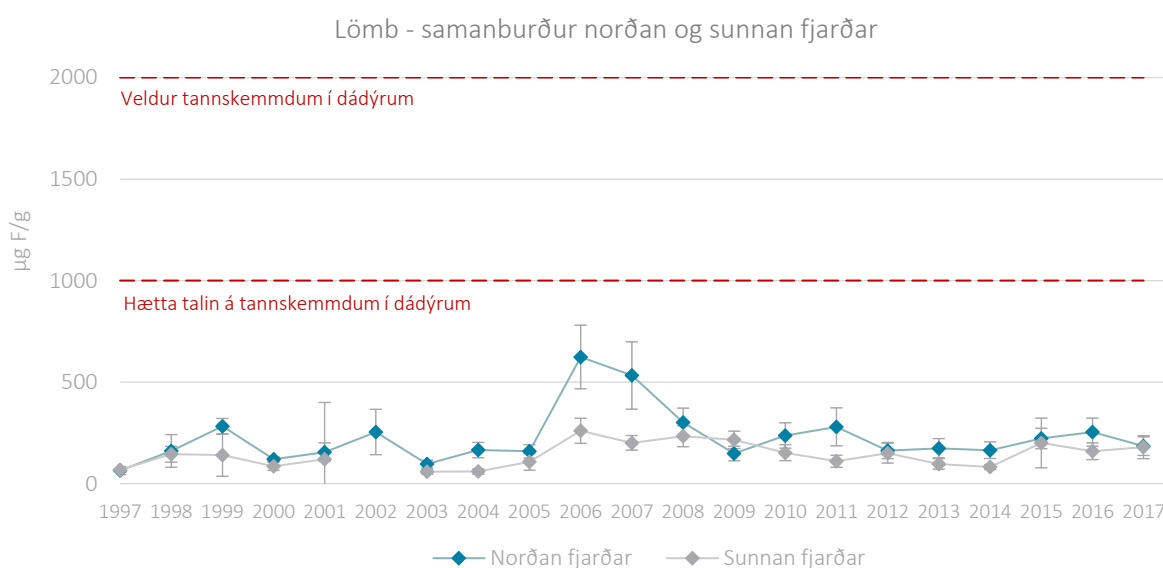
Mælingar á styrk flúors í beinösku sauðfjár hafa farið fram árlega frá árinu 1997. Mat hefur verið lagt á breytileika mælinganna frá 1997 – 2017 með tölfræðigreiningu á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna.

Niðurstöður tölfræðigreiningar á lömbum er að finna á myndum G.9 – G.14 og fyrir fullorðið fé á myndum G.15 –G.20.

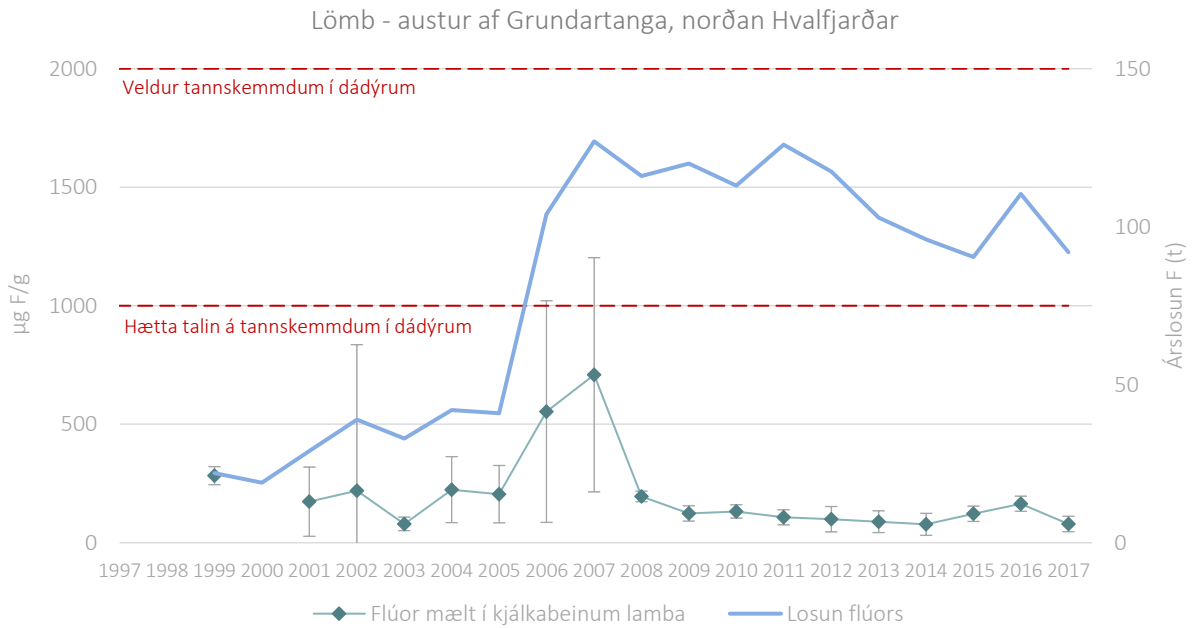
#### Lömb



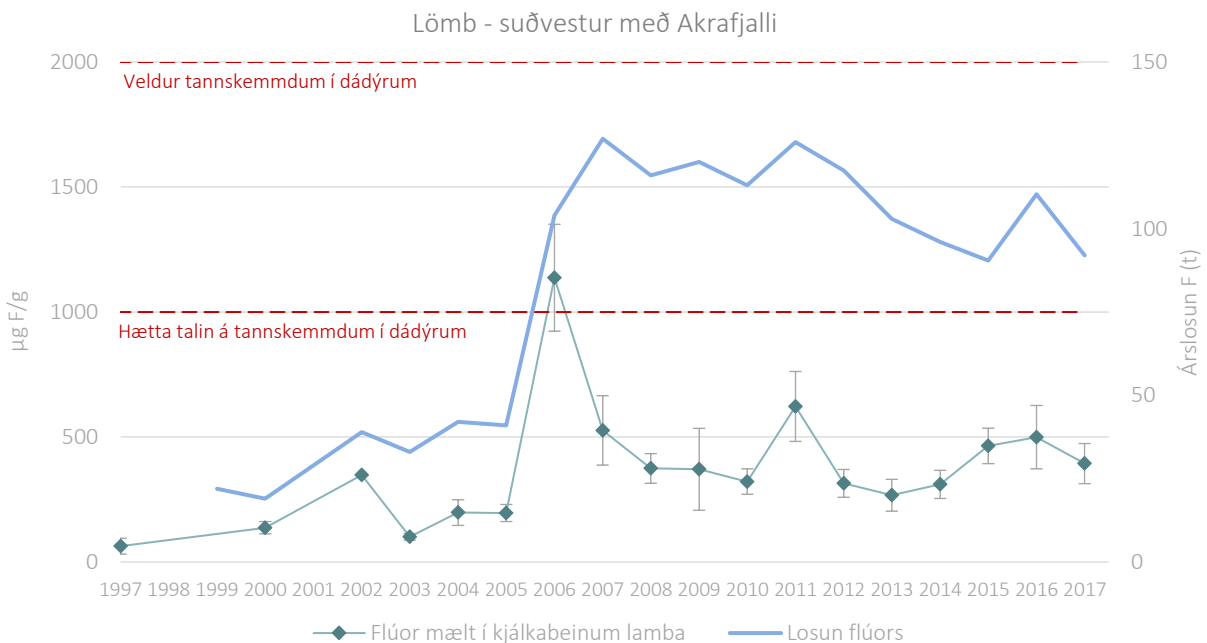
**MYND G.9** Meðalstyrkur flúors í lömbum allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2017.



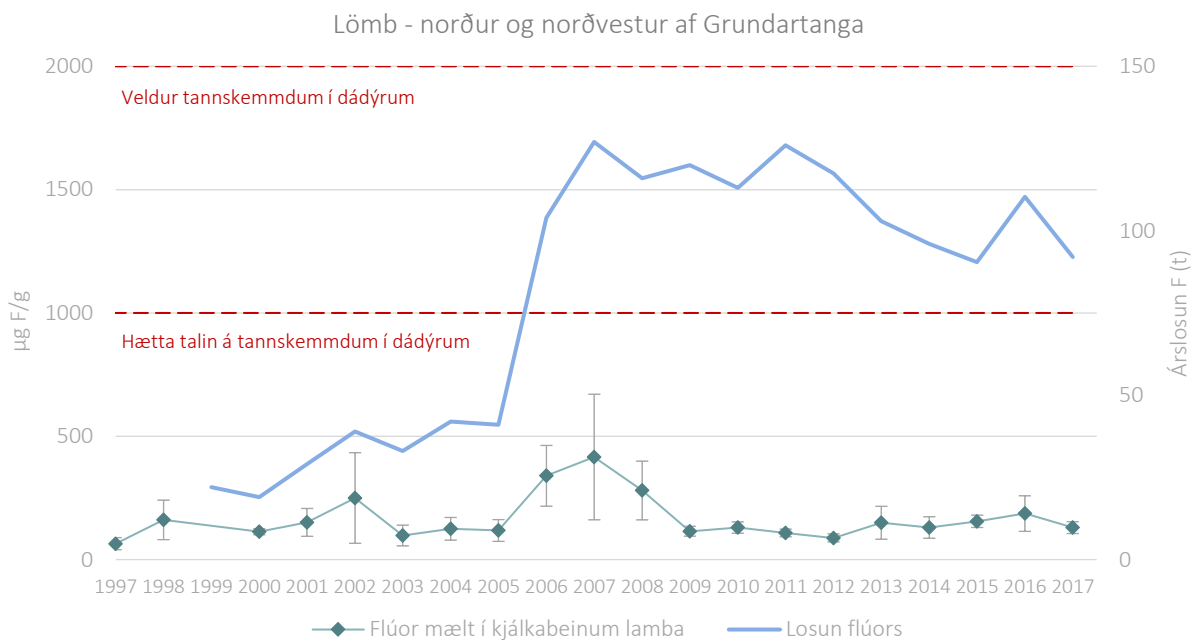
**MYND G.10** Samanburður á meðalstyrk flúors í beinösku lamba, norðan og sunnan Hvalfjarðar 1997-2017.



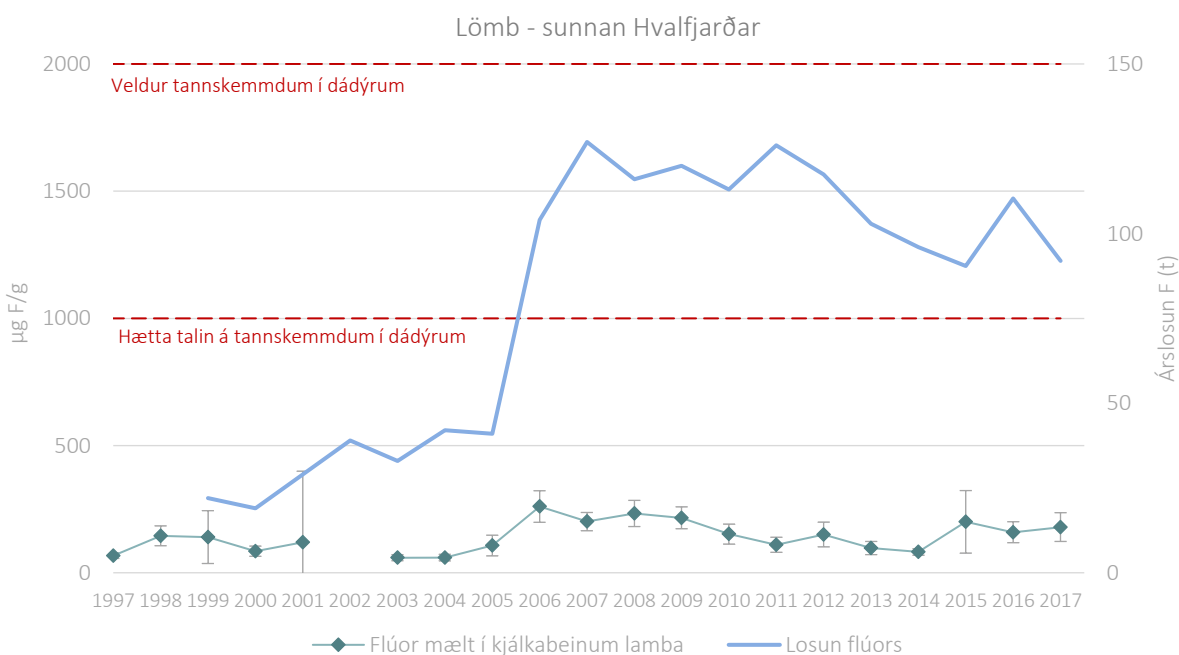
**MYND G.11** Meðalstyrkur flúors í lömbum austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors í tonnum frá álverinu 1999 – 2017.



**MYND G.12** Meðalstyrkur flúors í lömbum suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.

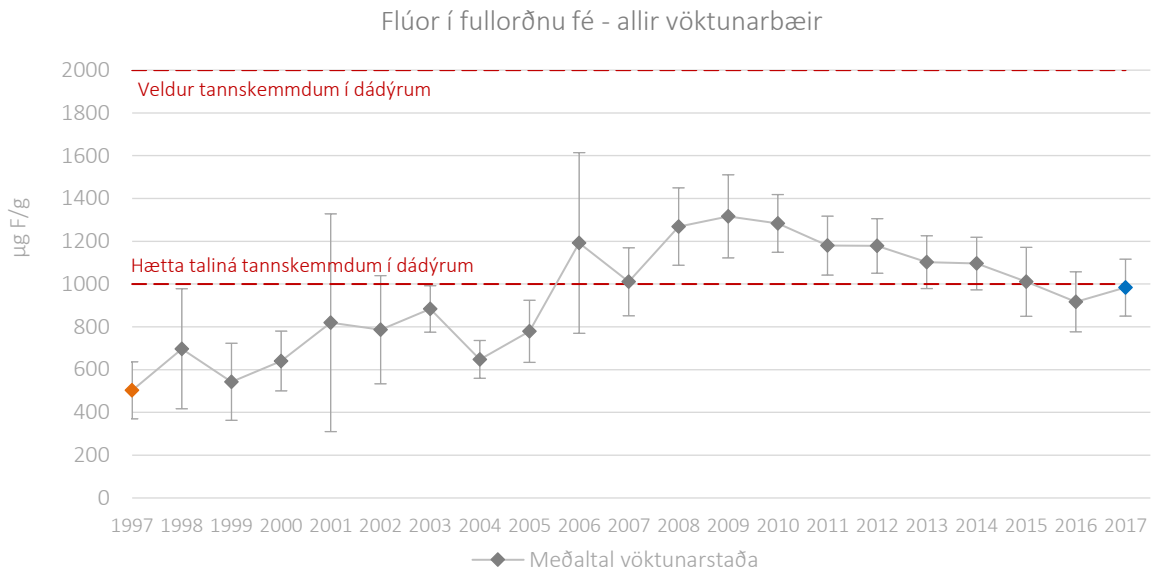


**MYND G.13** Meðalstyrkur flúors í lömbum norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.

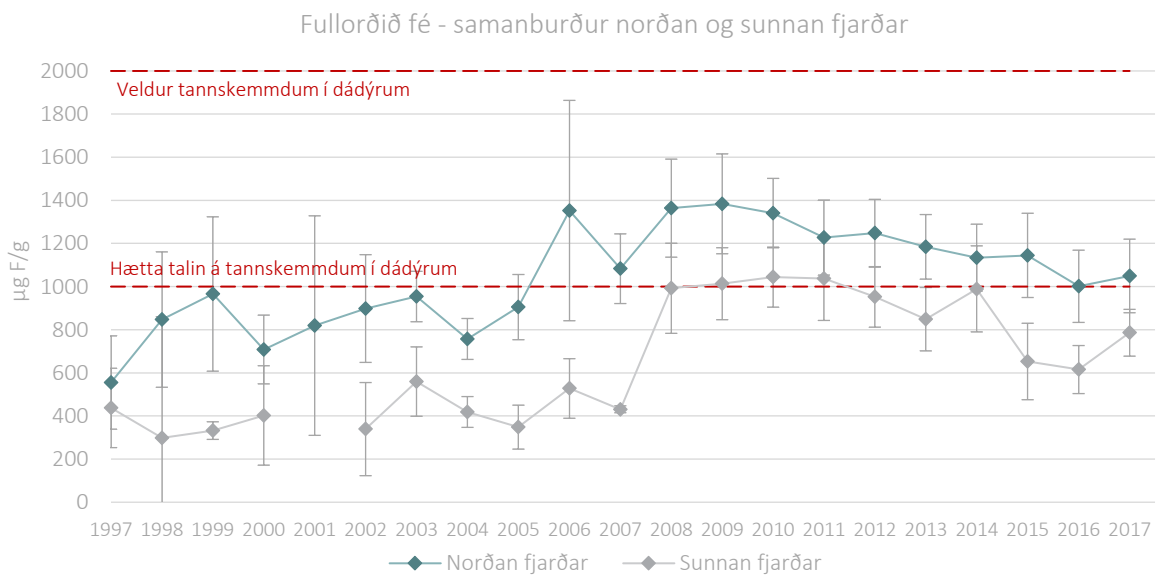


**MYND G.14** Meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.

## Fullorðið fé

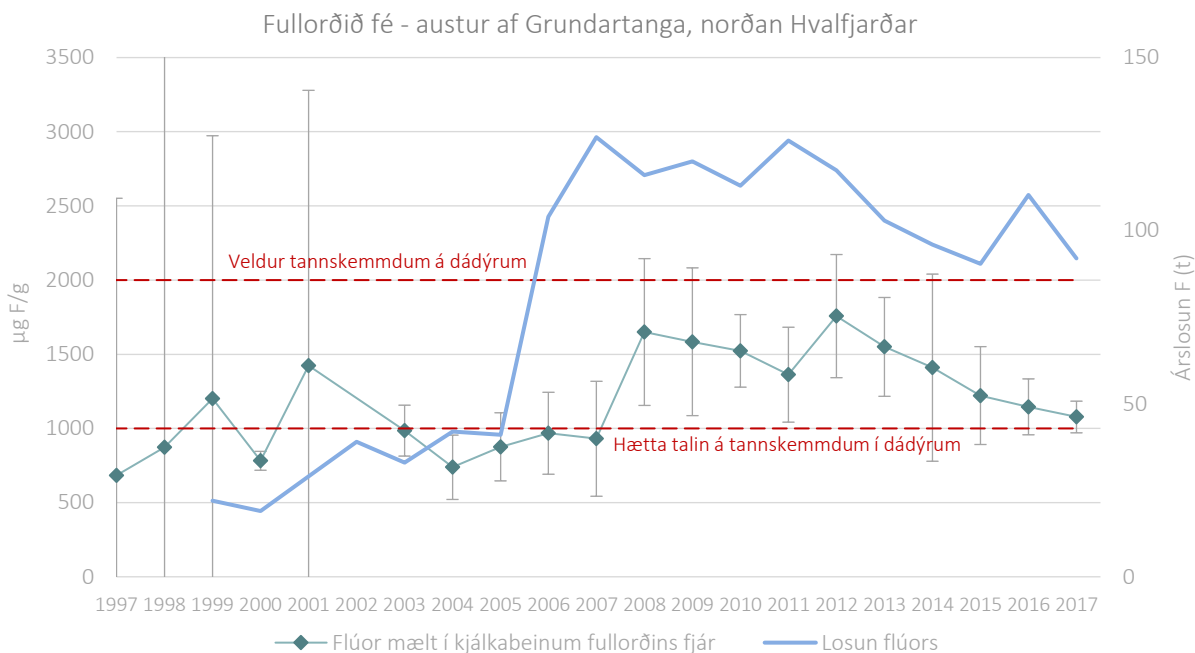


**MYND G.15** Ársmeðalstyrkur flúors í fullorðnu fé allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum frá 1997 – 2017.

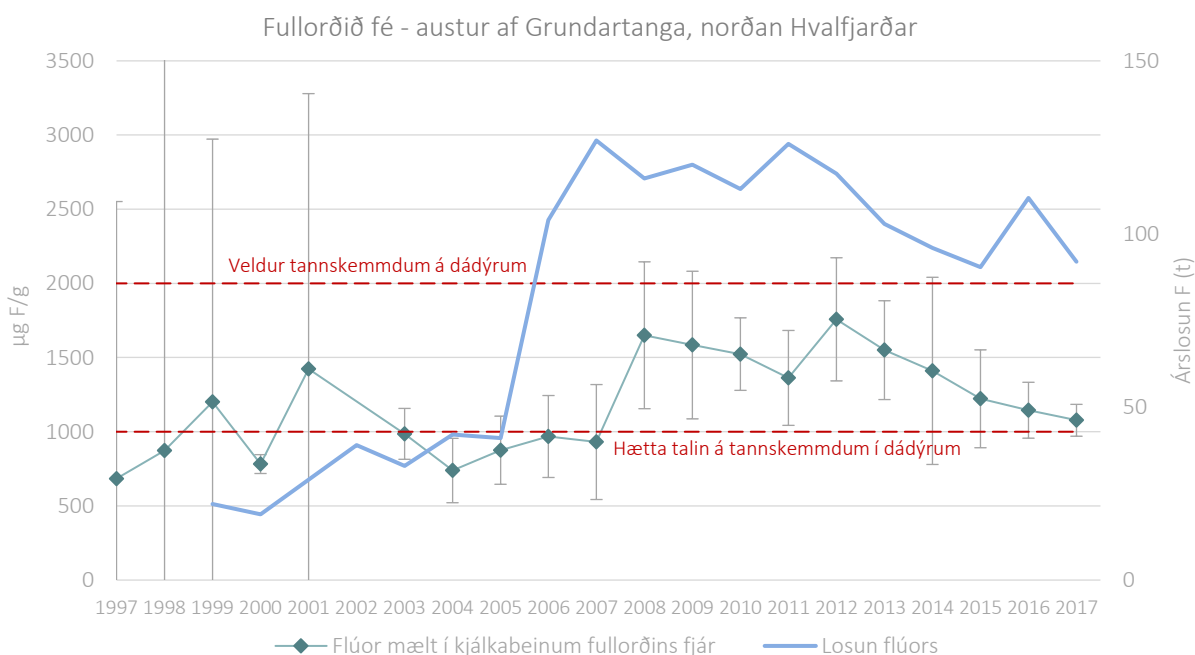


**MYND G.16** Samanburður á flúor í beinösku fullorðins fjár norðan og sunnan Hvalfjarðar 1997-2017.

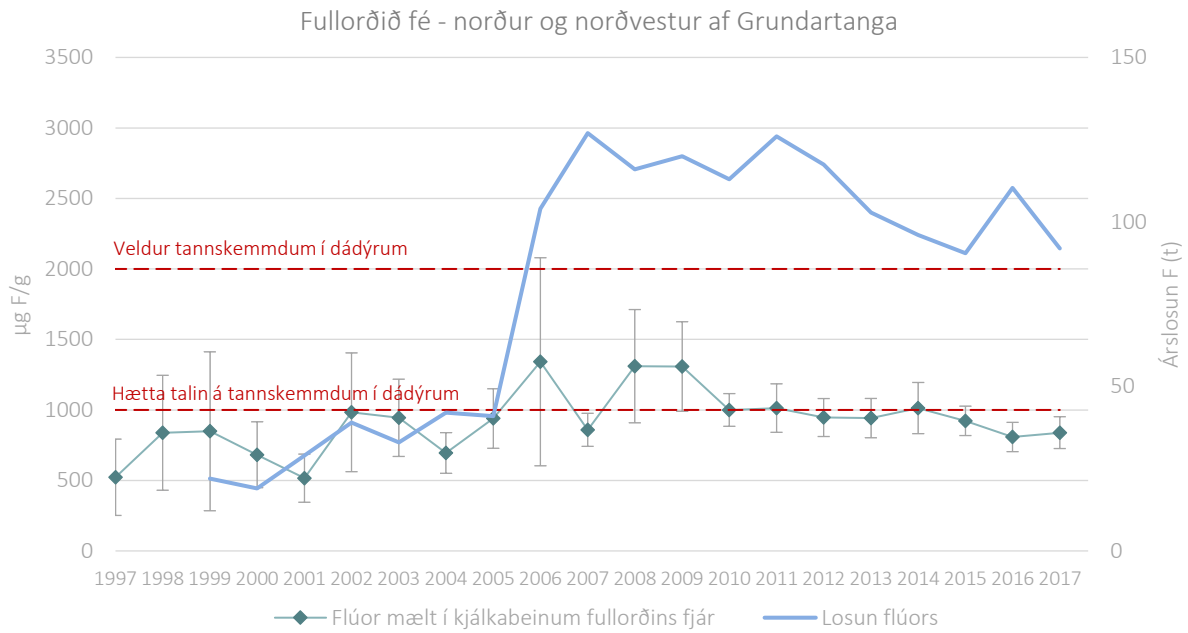




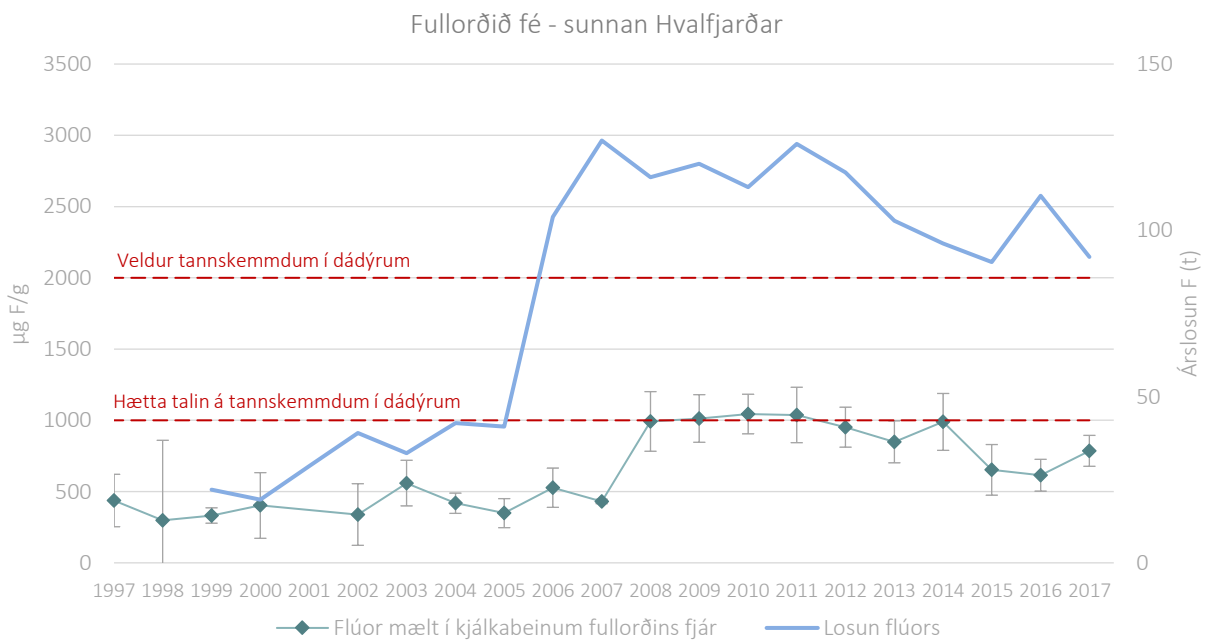
**MYND G.17** Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.



**MYND G.18** Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé suðvestur með Akrafjalli ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1999 – 2017.



**MYND G.19** Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.



**MYND G.20** Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu 1997 – 2017.