



Umhverfisvöktun

ÍÐNAÐARSVÆÐISINS Á GRUNDARTANGA

Niðurstöður ársins 2023



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

ÚTGÁFUDAGUR / VERKNÚMÉR

Maí 2024 / 108650

SKÝRSLUNÚMÉR (ISBN) / SÍÐUFJÖLDI

ISBN 978-9935-9675-7-2 / 106

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Magnús Freyr Ólafsson

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Eva Yngvadóttir

LYKILORÐ

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

STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
 Drög til yfirlstrar
 Lokið

DREIFING

- Opin
 Dreifing með leyfi verkkaupa
 Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Umhverfissvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga
Niðurstöður ársins 2023

VERKHEITI

Umhverfissvöktun í Hvalfirði 2023

VERKKAUPI

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

HÖFUNDAR

Eva Yngvadóttir, Snævarr Örn Georgsson og Páll Höskuldsson

ÚTDRÁTTUR

Árið 2023 fór fram vöktun á umhverfinu í kringum iðnaðarsvæðið á Grundartanga samkvæmt umhverfissvöktunaráætlun sem gildir til og með ársins 2028, með samþykki Umhverfisstofnunar. Tilgangur vöktunarinnar er að meta þau áhrif á umhverfið sem starfsemi á iðnaðarsvæðinu á Grundartanga veldur.

Þeir þættir sem vaktadír voru að þessu sinni eru: loftgæði (andrúmsloft og úrkoma), ferskvatn, sjór við flæðigryfjur, gróður (gras, lauf og barr), klapparreitir og grasbítar (sauðfé og hross).

Niðurstöður fyrir ferskvatn, gras og sjó leiða í ljós að öll viðmiðunarmörk voru uppfyllt, sem sett eru í reglugerðum. Loftgæðamælingar á flúor á Kriuvörðu mældust utan viðmiðunarmarka starfsleyfis. Aðrar mælingar á flúor voru innan starfsleyfismarka Norðuráls auk þess sem aðrar loftgæðamælingar í andrúmslofti uppfylltu öll viðmiðunarmörk í reglugerðum. Ekki eru skilgreind íslensk viðmiðunarmörk fyrir úrkomu, gróður (lauf og barr) og grasbíta.

Styrkur flúors í gróðri mældist í öllum tilvikum undir þolmörkum gróðurs.

Ekki var sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar vegna brennisteins eða flúors.

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum sauðfjár hefur hækkað samanborið við árið 1997 en ekki virðist vera greinilegt samband á milli tannheilsu sláturfjár og styrks flúors í kjálkabeinum. Ekki voru greinanleg áhrif flúors á tönnum eða í liðum lifandi sauðfjár og hrossa.

Þau fyrirtæki sem taka þátt í umhverfissvöktuninni eru Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartangi ehf. og Alur Álvinnsla ehf.

SAMANTEKT

Árið 2023 fór fram umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga samkvæmt umhverfisvöktunar-áætlun, sem gildir til ársins 2028. Tilgangur vöktunarinnar er að meta áhrif starfsemi á iðnaðarsvæðinu á umhverfið. Þetta árið voru gerðar mælingar á loftgæðum, ferskvatni, umhverfi flæðigrýfja í sjó, gróðri klapparreitum og grasbítum.

Þau fyrirtæki sem taka þátt í umhverfisvöktuninni eru Alur Álvinnsla ehf., Elkem Ísland ehf. og Norðurál Grundartangi ehf. Fyrirtækin eru öll staðsett á skipulögðu iðnaðarsvæði á Grundartanga, en þar fer einnig fram önnur starfsemi. Á árinu 2023 endurvann Alur um 4.000 af áli úr um 7.000 tonnum af álgjalli. Ársframléiðsla Elkem var 108.366 tonn af 75% kísilmálm og 15.072 tonn af kísilryki og Norðurál framleiddi um 310.000 tonn af áli.

Niðurstöður mælinga eru bornar saman við umhverfismörk í starfsleyfum og reglugerðum, þegar þau eru tiltæk. Einnig er gerður samanburður á milli ára og við bakgrunns-mælingar sem gerðar voru árið 1997, áður en álver Norðuráls tók til starfa, og í sumum tilfellum miðað við árið 2007, þegar öll ker álversins voru komin í rekstur.

Niðurstöður sýna að flúor í andrúmslofti var yfir starfsleyfismörkun á Kríuvörðu, en öll önnur viðmið sem sett eru í starfsleyfum og reglugerðum fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó og gras voru uppfyllt. Ekki eru skilgreind íslensk viðmiðunarmörk fyrir úrkomu, gróður (lauf og barr), klapparreiti og grasbíta. Styrkur flúors í gróðri mældist í öllum tilvikum undir þolmörkum gróðurs. Ekki var sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar vegna brennisteins eða flúors, auk þess sem meðalþekja allra hópa (mosa og blað- og runnfléttur) jókst að meðaltali lítillaga milli árána 2020 og 2023. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum sauðfjár hefur hækkað samanborið við árið 1997 en ekki virðist vera greinilegt samband á milli tannheilsu sláturfjár og styrks flúors í kjálkabeinum. Ekki voru greinanleg áhrif flúors á tönnum eða í liðum lifandi sauðfjár og hrossa.

Loftgæði

Styrkur loftkennds flúoríðs og heildarflúors mældist yfir skilgreindum umhverfismörkum í starfsleyfi Norðuráls en styrkur brennisteinstvíoxíðs, brennisteinsvetnis, nituroxíða, svifryks og bensó(a)pýrens mældist í öllum tilvikum undir skilgreindum umhverfismörkum í reglugerðum.

Ekki eru til skilgreind umhverfismörk fyrir styrk uppleystra efna og sýrustig í úrkomu. Mæld gildi voru mjög sveiflukennnd og var styrkur klóríðs og natríns nokkuð hár og úrkoma í súrara lagi. Styrkur annara efna var í samræmi við mælingar fyrri ára.

Ferskvatn

Styrkur flúors í Kalmansá var undir meðaltali síðustu 10 ára en aðeins yfir meðaltalinu í Urriðaá. Sýrustig og meðalstyrkur flúors og súlfats var í öllum vöktunarám innan þeirra marka sem skilgreind eru í neysluvatnsreglugerð. Styrkur flúors í dragánum hefur haldist óbreyttur undanfarin ár og var um fjórðungur af styrk flúors í Kalmansá og Urriðaá.

Sjór við flæðigryfjur

Mengunar gætir í óverulegu mæli utan flæðigryfjugarðanna og voru mæliniðurstöður ársins 2023 svipaðar eða lægri en mælst hafa á undanförunum árum. Sýni mældust undir þeim styrk sem talinn er geta haft áhrif á viðkvæmt lífríki og eru innan marka sem tilgreind eru í starfsleyfi Norðuráls. Önnur efni mældust í flestum tilvikum í svipuðum styrk og í viðmiðunarsýnum.

Gróður

Gras

Í öllum tilvikum mældist flúor í grasi undir töldum þolmörkum grasa og undir reglugerðarmörkum um magn flúors í fóðri. Flúor í grasi árið 2023 hækkaði að jafnaði lítillega frá því árið á undan. Breyting til hækkunar var á meðalstyrk flúors í grasi bæði norðan og sunnan fjarðar, miðað við árið 1997. Engin breyting var á styrk flúors bæði norðan og sunnan fjarðar miðað við árið 2007.

Lauf

Styrkur flúors í laufi sýndi sömu fylgni og flúor í grassýnum þ.e. lítillega hækkun að jafnaði frá því á árinu á undan. Öll svæði hækkuðu nema svæðið norðan Grundartanga sem lækkaði aðeins.

Styrkur flúors í laufi mældist á öllum vöktunarstöðum undir þolmörkum lauftrjáa. Breyting til hækkunar var á meðalstyrk flúors í laufi norðan Hvalfjarðar miðað við árið 1997 en engin breyting sunnan fjarðar. Engin breyting var, bæði sunnan og norðan fjarðar, miðað við árið 2007.

Barr

Meðalstyrkur flúors í eins árs og tveggja ára barri mældist undir þolmörkum barrtrjáa að undanskyldum meðalstyrk flúors í tveggja ára barri norðan Grundartanga sem fór yfir neðri mörk þessara þolmarka, 30 µg F/g. Engin breyting var á meðalstyrk flúors í eins árs eða tveggja ára barri bæði norðan og sunnan fjarðar miðað við árin 1997 og 2007.

Klappareitir

Ekki var sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar vegna brennisteins eða flúors. Meðalþekja allra hópa (mosa og blað- og runnfléttur) jókst að meðaltali lítillega milli áráanna 2020 og 2023. Breytileiki þekjubreytinga var nokkur en ekki var greinanlegur mikill munur eftir því hvort reitirnir væru innan eða utan þynningarsvæða.

Styrkur brennisteinstvíoxíðs jókst í báðum fléttutegundunum (snepaskóf og hraunbreyskju) á flestum sýnatökustöðum en var þó mun minni en fyrri ár ef árið 2020 er undanskilið. Styrkur flúors ýmist jókst eða minnkaði á einstökum sýnatökustöðum.

Grasbítar

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

Flúor í lömbum

Ekki var greinilegt samband á milli tannheilsu og styrks flúors í kjálkabeinum lamba. Flúor mældist í öllum tilvikum undir þeim mörkum þar sem talin er hættu á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum samkvæmt norskri rannsókn.

Árið 2023 var breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í kjálkum lamba norðan fjarðar miðað við árið 1997 en lækkun miðað við árið 2007. Sunnan fjarðar var meðalstyrkur flúors hærri miðað við árið 1997 en óbreyttur miðað við árið 2007.

Flúor í fullorðnu fé

Ekki var greinilegt samband milli tannheilsu og styrks flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár. Frá átta bæjum mældist meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár yfir þeim mörkum þar sem hættu er talin á að valdi tannskemmdum í dádýrum. Í þrem dýrum mældist flúor í þeim styrk sem talinn er valda tannskemmdum í dádýrum.

Meðalstyrkur flúors árið 2023 mældist innan þeirrar sveiflu sem mælst hefur frá árinu 2008. Árið 2023 var ekki marktæk breyting á meðalstyrk flúors í fullorðnu fé norðan Hvalfjarðar miðað við árið 2007 en marktæk hækkun miðað við árið 1997. Sunnan fjarðar var marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í fullorðnu fé miðað við árin 1997 og 2007.

Lifandi sauðfé og hross

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

Yfirlit yfir niðurstöður umhverfismörkunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga fyrir árið 2023, má sjá í töflunni hér fyrir aftan. Árið 2023 voru tekin um 450 sýni frá um 171 sýnatökustað. Rannsóknir vegna umhverfismörkunar voru framkvæmdar af Efnagreiningum Hafrannsóknastofnunar, Dýralækninum í Mosfellsbæ og öðrum óháðum aðilum. Greindir voru um 75 mælipættir í sýnunum. Ákvæði í íslenskum reglugerðum eða í starfsleyfum fyrirtækjanna eru til fyrir rúmlega 30 af þessum mælipáttum. Fyrir þá mælipætti sem íslensk umhverfismörk hafa ekki verið skilgreind voru niðurstöður bornar saman við bakgrunnsgildi og niðurstöður fyrri ára.

Skýringar		
Engin viðmiðunargildi til í íslenskum reglugerðum eða starfsleyfum	Ákvæði í íslenskum reglugerðum og starfsleyfum uppfyllt	Ákvæði í íslenskum reglugerðum eða starfsleyfum ekki uppfyllt

	Mælipættir	Ákvæði í íslenskum reglugerðum og starfsleyfum	
Loftegæði	Andrúmsloft	Loftkennt flúor í andrúmslofti	Starfsleyfi Norðuráls
		Loftkennt flúor + flúor í svifryki	Starfsleyfi Norðuráls
		Brennisteinstvíoxíð í lofti og ryki	Ársmeðalstyrkur - Gróðurverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Sólahringsmeðalstyrkur SO ₂ - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Klukkustundarmeðalstyrkur SO ₂ - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
		Brennisteinsvetni	Ársmeðalstyrkur H ₂ S - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 514/2010
			Klukkustundarmeðalstyrkur H ₂ S - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 514/2010
		Niturdíoxíð	Ársmeðalstyrkur NO ₂ - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
			Klukkustundarmeðalstyrkur NO ₂ - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016
	Nituroxíð	Ársmeðalstyrkur NO _x - Gróðurverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016	
	Svifryk (PM ₁₀)	Ársmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016	
		Klukkustundarmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016	
	Svifryk (PM _{2,5})	Ársmeðalstyrkur - Heilsuverndarmörk skv. rg. nr. 920/2016.	
	PAH ₁₆	Umhverfismörk fyrir Bensó(a)þýren skv. rg. nr. 410/2008	
	Úrkoma	Klóríð	Viðmiðunargildi ekki til
		Natrín	
		Kalsín	
		Súlfat	
		Flúor	
Sýrustig			
Ferskvatn	Leiðni	Viðmiðunargildi ekki til	
	Sýrustig	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001	
	Flúor		
	Klóríð		
	Súlfat		

	Mælipættir	Ákvæði í íslenskum reglugerðum og starfsleyfum
Sjór við flæðigryfjur	Ál	Starfsleyfi Norðurláls
	Flúor	
	Arsen	Reglugerð nr. 796/1999 m.s.br. um varnir gegn mengun vatns
	Blý	
	Kopar	
	Króm	
	Nikkel	
	Sink	
	Járn	Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001
	Sýanið	
	Vanadín	Viðmiðunargildi ekki til
	Fosfór	
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	
Klapparreitir	Þekja mosa	Viðmiðunargildi ekki til
	Þekja fléttna	
	Heildarþekja	
	Tegundafjöldi	
	Brennisteinn í fléttum	
	Flúor í fléttum	
Grasbítar	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

1	INNGANGUR	9
2	STAÐHÆTTIR	10
2.1	Þyningarsvæði	10
2.2	Starfsemi	10
2.3	Veðurfar	11
3	FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR	13
3.1	Vöktunarstaðir og mæliþættir	13
3.2	Tölfræði	14
4	LOFTGÆÐI	15
4.1	Niðurstöður	16
4.1.1	Flúor í andrúmslofti	16
4.1.2	Brennisteinstvíoxíð í andrúmslofti yfir árið	17
4.1.3	Brennisteinsvetni í andrúmslofti yfir árið	18
4.1.4	Nituroxíð í andrúmslofti	21
4.1.5	Svifryk í andrúmslofti	21
4.1.6	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) í andrúmslofti	23
4.1.7	Uppleyst efni og sýrustig í úrkomu	23
5	FERSKVATN	26
5.1	Niðurstöður	27
5.1.1	Leiðni ferskvatns	27
5.1.2	Sýrustig ferskvatns	27
5.1.3	Flúor í ferskvatni	28
5.1.4	Súlfat í ferskvatni	29
6	SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR	30
6.1	Niðurstöður	31
6.1.1	Málmar og steinefni í sjósýnum	31
6.1.2	Sýaníð og flúor í sjósýnum	31
7	GRÓÐUR	33
7.1	Niðurstöður	34
7.1.1	Flúor í grasi	34
7.1.2	Flúor í laufi	36
7.1.3	Flúor í barri	37
8	KLAPPARREITIR	39
8.1	Niðurstöður	40
8.1.1	Þekja tegunda	40
8.1.2	Brennisteinn og flúor í fléttum	43
9	GRASBÍTAR	46
9.1	Niðurstöður	48
9.1.1	Flúor í lömbum	49
9.1.2	Flúor í fullorðnu fé	50

9.1.3	Skoðun á kjálkum og tönnum í sláturfé _____	51
9.1.4	Skoðun á tönnum og liðum í lifandi sauðfé og hrossum _____	51
10	HEIMILDASKRÁ _____	52
VIÐAUKI A	ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR _____	54
VIÐAUKI B	LOFTGÆÐI _____	55
VIÐAUKI C	FERSKVATN _____	62
VIÐAUKI D	SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR _____	67
VIÐAUKI E	GRÓÐUR _____	69
VIÐAUKI F	KLAPPARREITIR _____	80
VIÐAUKI G	GRASBÍTAR _____	92

SKILGREININGAR

Orðskýringar:

Bakgrunnsgildi	Styrkur efna sem talinn er sýna náttúrulegt gildi.
BaP	Bensó(a)pýren, efnisþáttur í PAH ₁₆ .
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. ¹
pH	Sýrustig sem ákvarðast af magni vetnisjóna í vatnslausn.
Svifryk (PM ₁₀)	Svifryksagnir sem eru 10 µm eða minni í þvermál.
Svifryk (PM _{2,5})	Svifryksagnir sem eru 2,5 µm eða minni í þvermál.
Umhverfismörk	Umhverfismörk eru leyfilegt hámarksgildi mengunar í tilteknum viðtaka í því skyni að koma í veg fyrir eða draga úr skaðlegum áhrifum á heilsu manna og/eða umhverfið. Umhverfismörk eru 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	Hámarksstyrkur 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, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, 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, kadmíum, 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.

¹ 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

Kísilmálmverksmiðja Elkem Ísland ehf., álver Norðuráls Grundartanga ehf. og Alur álvinnsla ehf. starfa á skipulögðu iðnaðarsvæði á Grundartanga. Starfsemi þessara fyrirtækja er háð starfsleyfum sem gera kröfu um að umhverfið í grennd við iðnaðarsvæðið skuli vaktað með reglubundnum hætti. Markmiðið með umhverfisvöktuninni er að meta þau áhrif sem starfsemi fyrirtækjanna hefur á umhverfið.

Vöktun ársins 2023 fór fram samkvæmt umhverfisvöktunaráætlun sem gildir til ársins 2028 og er gerð skv. starfsleyfum og samþykkt er af Umhverfisstofnun [1].

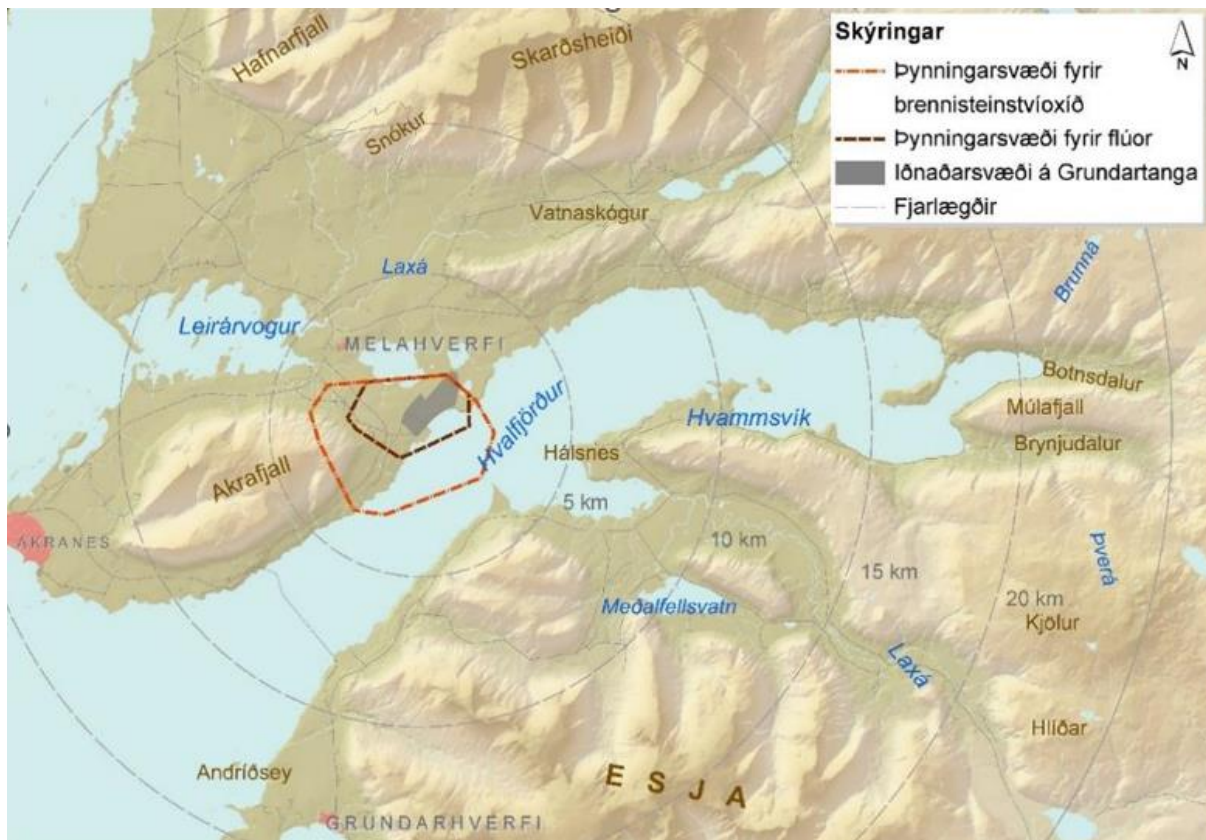
Þessi skýrsla inniheldur niðurstöður vöktunarmælinga í grennd við iðnaðarsvæðið sem voru framkvæmdar árið 2023. Niðurstöðurnar eru bornar saman við viðmiðunarmörk, þegar það á við, sem og niðurstöður fyrri ára. Auk þess er mat lagt á breytileika mælinga fyrir ferskvatn, gróður og sauðfé með tölfræðilegri nálgun. Öll frumgögn sem samantektin byggir á verða birt á heimasíðu Umhverfisstofnunar.

Skýrslunni er skipt í níu kafla. Kafli 1 inniheldur stuttan inngang sem lýsir tilgangi umhverfisvöktunarinnar. Í kafla 2 er lýsing á staðháttum og veðurfari við iðnaðarsvæðið. Yfirlit yfir umfang og mælipætti umhverfisvöktunarinnar má sjá í kafla 3. Í köflum 4 – 9 eru teknar saman mælingar og niðurstöður vöktunar fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó við flæðigryfjur, gróður, klapparreiti og grasbíta. Í viðaukum skýrslunnar kemur fram ítarefni og nánari upplýsingar sem tengjast mælingum og niðurstöðum. Í viðauka A er listi yfir áður útgefnar ársskýrslur umhverfisvöktunar. Í viðauka B er að finna ítarefni vegna vöktunar á andrúmslofti og úrkomu. Niðurstöður ferskvatnsmælinga auk tölfræðigagna er að finna í viðauka C. Í viðauka D er að finna ítarefni vegna vöktunar á sjó við flæðigryfjur. Viðauki E inniheldur upplýsingar um gróður auk tölfræðigagna og viðauki F inniheldur nánari upplýsingar um klapparreiti. Loks inniheldur viðauki G nánari upplýsingar og tölfræðigreiningu á mæliniðurstöðum grasbíta.

2 STAÐHÆTTIR

2.1 Þynningarsvæði

Við norðanverðan Hvalfjörð er staðsett skipulagt iðnaðarsvæði á Grundartanga, 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 sem gildir fyrir tímabilið 2008 – 2030 eru skilgreind tvö þynningarsvæði fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Annars vegar er svæði sem á við um flúor (brúnt svæði á mynd 2.1) og hins vegar er svæði sem á við um brennisteinstvíoxíð (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.

2.2 Starfsemi

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 kísilmálmböndu sem er mikilvæg fyrir rafbílavæðingu heimsins og framleiðslu á orkusparandi heimilistækjum. Árið 2023 framleiddi Elkem 108.366 tonn af 75% kísilmálm og 15.072 tonn af kísilyki. Reykhreinsivirkin voru í rekstri 99,96 % af samanlögðum rekstrartíma allra ofna. Elkem hefur starfsleyfi fyrir 190.000 tonna ársframleiðslu af kísilmálm og 45.000 tonna ársframleiðslu af kísilyki. Við framleiðslu kísilmálms er losun til umhverfis aðallega loftborin sem má að mestu leyti rekja til kísilmálmryks, brennisteinstvíoxíðs (SO₂) og koltvísýrings (CO₂).

Árið 2023 störfuðu ríflega 600 manns hjá Norðuráli á Grundartanga, í fjölbreyttum störfum, við framleiðslu á 310 þúsund tonnum af áli. Afurðin er hreint ál og álblöndur. Norðurál leggur áherslu á að starfsemi fyrirtækisins sé í sátt við umhverfið og stöðugt er unnið að lágmarkun umhverfisáhrifa. Stöðugleiki í rekstri og notkun endurnýjanlegra orkugjafa tryggir að kolefnisspor íslenska álsins er með því lægsta sem gerist í heiminum. Norðurál hlaut árið 2019 hina alþjóðlegu ASI vottun sem staðfestir að fyrirtækið stenst ítrustu kröfur um samfélagslega ábyrgð, heiðarlega viðskiptahætti, umhverfisvænt hráefni og framleiðslu. Árið 2022 hlaut Norðurál Umhverfisverðlaun atvinnulífsins, m.a. fyrir framleiðslu á áli með lágt kolefnisspor sem hefur verið rakið frá upphafi til enda framleiðsluferilsins í lífsferilsgreiningu. Árið 2023 hlaut Norðurál Fjörusteininn – umhverfisverðlaun Faxaflóahafna - sem eru veitt fyrirtækjum sem sýnt hafa fram á framsækni í umhverfismálum og verið til fyrirmyndar hvað varðar frágang á lóðum og snyrtilegt umhverfi. Álver Norðuráls á Grundartanga var gangsett árið 1998 og hefur heimild til að framleiða 350.000 tonn af áli á ári.

Alur Álvinnsla ehf. er starfandi ál endurvinnsla á lðnaðarsvæðinu á Grundartanga. Megin starfsemi fyrirtækisins er endurvinnsla álgjalls sem fellur til við frumframleiðslu áls. Árlega er framleitt um 4.000 tonn af áli sem fer aftur í framleiðsluferil álveranna úr um 7.000 tonnum af álgjalli.

2.3 Veðurfar

Líkt og fyrri ár fóru veðurmælingar fram í sjálfvirkum veðurmælingastöðvum á Kríuvörðu, Gröf II og Grundartangahöfn, sjá staðsetningu loftgæðamælistöðva á mynd 3.1. Mælistöðin Gröf II er staðsett um 3 km suðvestur af Grundartanga, skammt frá bænum Gröf II í um 40 m hæð y.s. Mælistöðin á Kríuvörðu er staðsett um 700 metra norðan við austurenda álversins í um 15 m hæð y.s., en stöðin á Grundartangahöfn er staðsett í um 25 m hæð y.s.

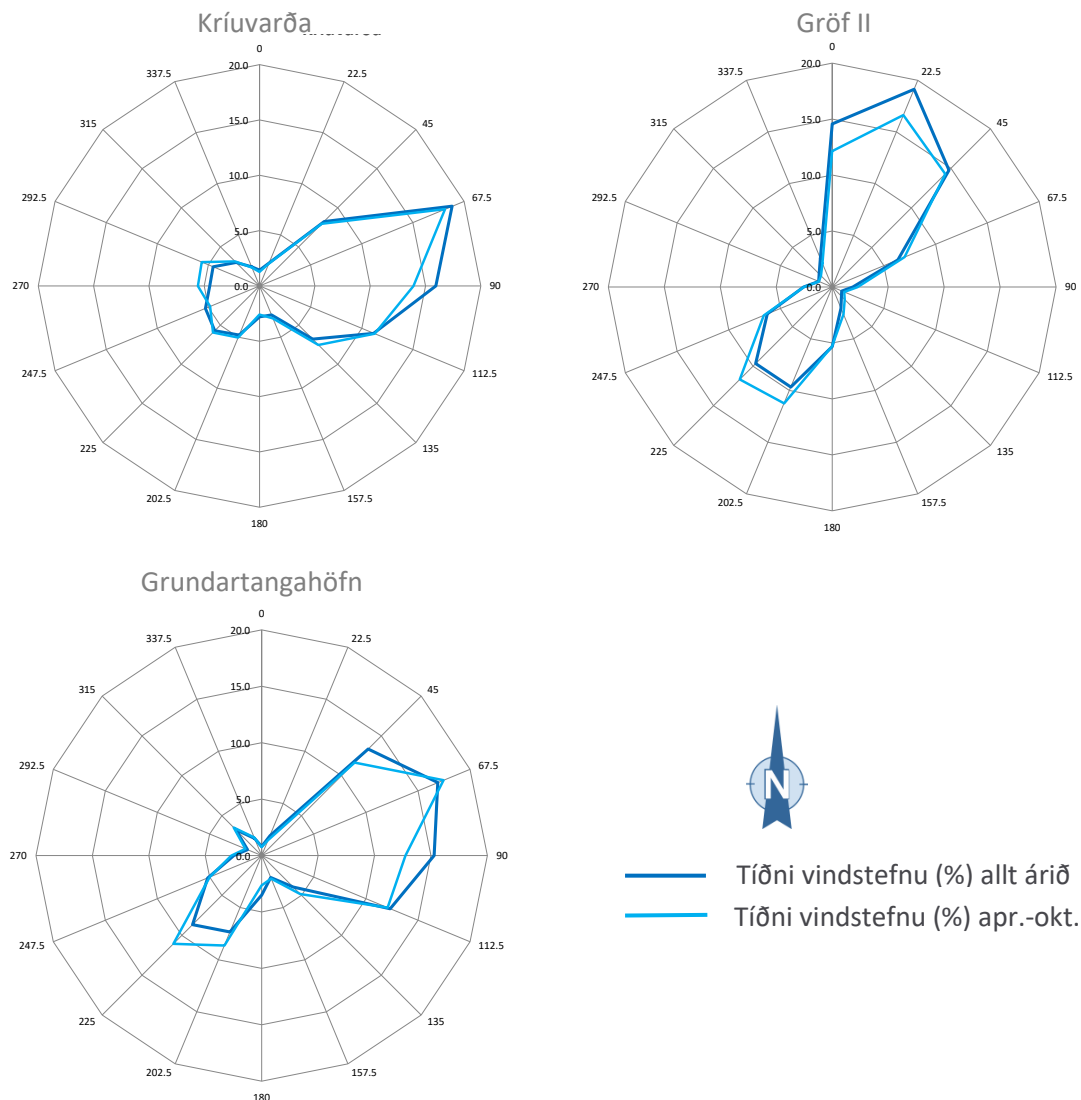
Veðurfar ársins 2023 var mjög breytilegt en ársmeðaltöl hita og vinds enduðu mikið til í meðallagi. Árið byrjaði með miklum kulda á suðvesturhorninu í janúar og vorið var óvenju úrkomusamt og var maí sá blautasti frá upphafi mælinga á ýmsum mælistöðum. Júní var einnig blautur og þungbúinn með úrkomusömum sunnanáttum en svo snérist vindurinn og í júlí voru norðanáttir ríkjandi með þurrara og sólríkara veðri. Á sumum mælistöðum var þetta þurrasti júlímánuður frá upphafi mælinga. Haustið var almennt þægilegt og var hægviðrasamt og ágætis veður fram á vetur.

Í töflu 2.1 kemur fram meðalhitastig ársins og á vöktunartímabilinu, frá apríl til október, og meðalvindhraði á öllum mælistöðvum [2]. Vindhraði var mestur á Kríuvörðu en kaldast var á Gröf II. Meðalhitastig ársins 2023 var svipað og árið áður.

TAFLA 2.1 Meðalhitastig og meðalvindhraði á veðurmælingastöðvum í Hvalfirði árið 2023 [2].

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

Vindrósir fyrir allt árið 2023 og fyrir tímabilið apríl til október á öllum veðurstöðvum eru sýndar á mynd 2.2. Vindrós á Gröf II fylgir stefnu fjallshlíðar Akrafjalls, sem augljóslega mótar vindrósina með afgerandi hætti. Þar snúast austanáttir til norðaustanátta og suðlægar áttir til suðvestlægrar átta vegna legu fjallsins. Á Kríuvörðu virðist álverið skýla fyrir suðvestanvindum. Vindrósir vöktunartímabilsins (apríl - október) og vindrósir alls ársins eru mjög svipaðar. Á Gröf II eru norðaustanáttir algengastar en austanáttir í Grundartangahöfn og á Kríuvörðu [2].



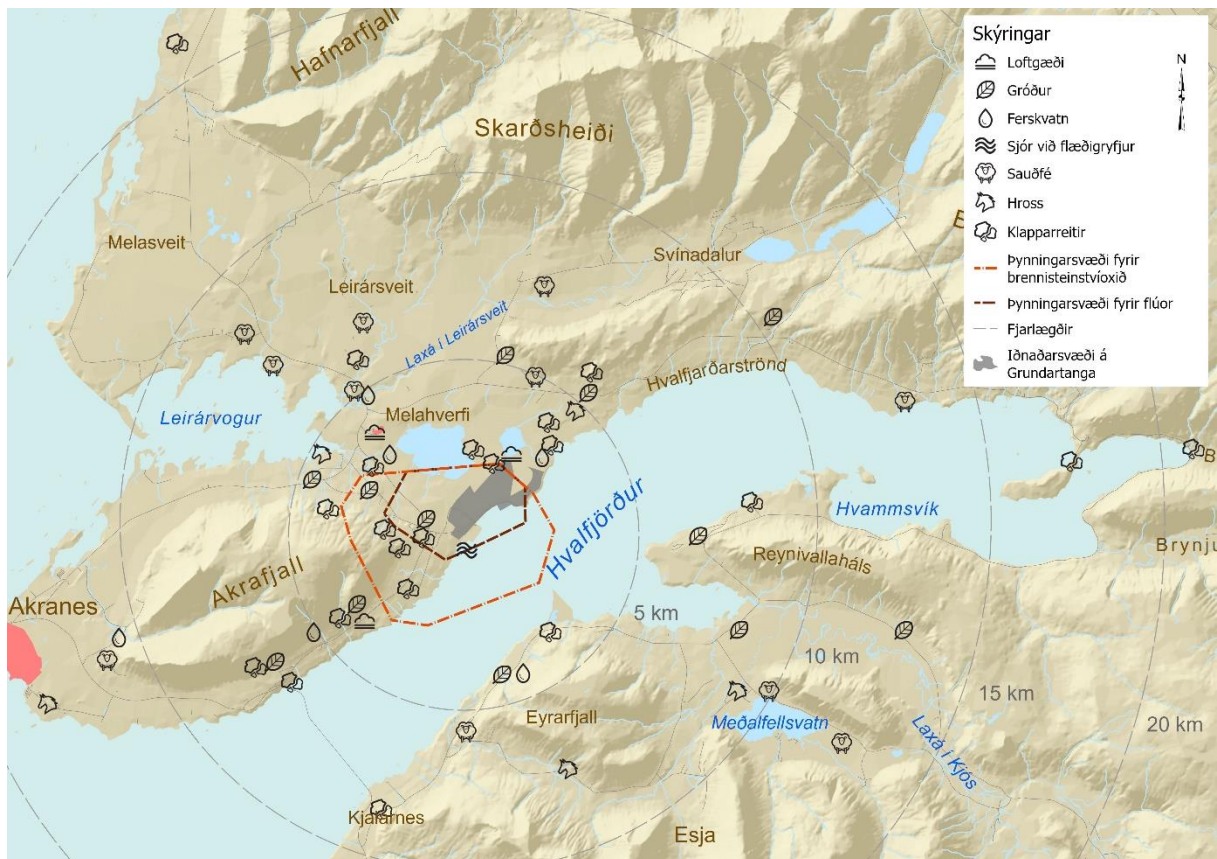
MYND 2.2 Vindrósir frá Grundartangahöfn, Kríuvörðu og Gröf II fyrir tímabilið apríl - október 2023 og allt árið 2023.

3 FRAMKVÆMD UMHVERFISVÖKTUNAR OG MÆLIÞÆTTIR

Umhverfisvöktun ársins 2023 var framkvæmd í samræmi við umhverfisvöktunaráætlun sem gildir til ársins 2028 og má finna á heimasíðu Umhverfisstofnunar [1]. Í töflu 3.1 er yfirlit yfir mæliþætti, vöktunarstaði, rannsóknaraðila og rannsóknartímabil.

3.1 Vöktunarstaðir og mæliþættir

Mynd 3.1 sýnir yfirlit yfir vöktunarstaði umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga, árið 2023, fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó við flæðigryfjur, gróður, klapparreiti og grasbíta. Árið 2023 voru tekin um 450 sýni frá um 171 sýnatökustað. Rannsóknir vegna umhverfisvöktunar voru framkvæmdar af Efnagreiningum Hafrannsóknastofnunar, Dýralækninum í Mosfellsbæ og öðrum óháðum aðilum. Greindir voru um 75 mæliþættir í sýnunum, tafla 3.1.



MYND 3.1 Yfirlit yfir vöktunarstaði ársins 2023 fyrir loftgæði, ferskvatn, sjó við flæðigryfjur, gróður, klapparreiti og grasbíta.

TAFLA 3.1 Yfirlit yfir umhverfisvöktun í Hvalfirði árið 2023.

	Mælipáttur	Staðsetning vöktunarstaða	Vöktunartímabil	Rannsóknaraðili
Loftgæði	<i>Andrúmsloft:</i> Flúor í lofti og ryki, brennisteinstvíoxíð í lofti og ryki, svifryk, PAH efni í svifryki, nituroxíð og brennisteinsvetni <i>Úrkoma:</i> klóríð, níturat, brennisteinssúlfat, flúor, sýrustig, natrín og kalsín	<i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Kríuvarða, Gröf II, Melahverfi	<i>Kríuvarða:</i> allt árið <i>Gröf II:</i> allt árið <i>Melahverfi:</i> allt árið	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun*
Ferskvatn	Sýrustig, leiðni, flúor, klór, brennisteinssúlfat, natrín og kalsín	<i>Bergvatnsár:</i> Berjadalsá, Fossá, Laxá, Kúludalsá <i>Uptök í yfirborðsvatni:</i> Kalmansá, Urriðaá	14. apríl - 22. sept. 2023	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun
Sjór við flæðigryfjur	<i>Málmur:</i> arsen, ál, blý, kopar, króm, nikkell, járn, sink og vanadínn Sýaníð, flúor og fosfór	Sjósýni tekin á 10 stöðum við flæðigryfjur auk tveggja viðmiðunarstaða	6.júní, 14. ágúst og 31. ágúst 2023	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun
Gróður	Flúor (í plöntuvef og af yfirborði) í grasi, laufi (<i>birki, reynir</i>) og barri (<i>greni, bergfura, stafafura</i>)	<i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Stekkjarás, Fannahlíð, Fellsaxlarkot, Ferstikla, Hólabrú, Gröf II við hús og veg, Hlíð, Kalastaðakot <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Félagsgarður, Fossbrekka, Háls í Kjós, Reynivellir <i>Viðmiðunarsýni:</i> Skorradalur	<i>Gras:</i> 12. júní, 5.júlí, 31.ágúst, 2023 <i>Lauf:</i> 12. júní, 31. ágúst, 2023 <i>Barr:</i> 13. nóvember 2023	<i>Sýnataka og efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun, Skógrækt ríkisins
Klapparreitir	Gróðurbreytingar fléttna og mosa, brennisteinn og flúor í fléttum	<i>Klapparreitir:</i> Rannsóknir fara fram þriðja hvert ár á sumartíma, 59 reitir <i>Viðmiðunarsýni:</i> Hreðavatn	15. – 18. ágúst 2023	<i>Efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun
Grasbítar	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, Vestri Reynir, Innri Hólmur <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Kiðafell, Meðalfell <i>Viðmiðunarsýni:</i> Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi og Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi <i>Lifandi sauðfé:</i> <i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Vogatunga, Eystra Miðfell, Hrafnabjörg <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Kiðafell, Eyjar <i>Lifandi hross:</i> <i>Norðan Hvalfjarðar:</i> Litla Fellsöxl, Kalastaðakot, Ytri Hólmur <i>Sunnan Hvalfjarðar:</i> Miðdalur, Meðalfell	<i>Sláturfé:</i> Haustslátrun 2023 <i>Lifandi sauðfé og hross:</i> febrúar 2024	<i>Efnagreiningar:</i> Hafrannsóknastofnun <i>Skoðun sauðfjár:</i> Dýralæknirinn Mosfellsbæ <i>Skoðun lifandi grasbíta:</i> Dýralæknirinn Mosfellsbæ

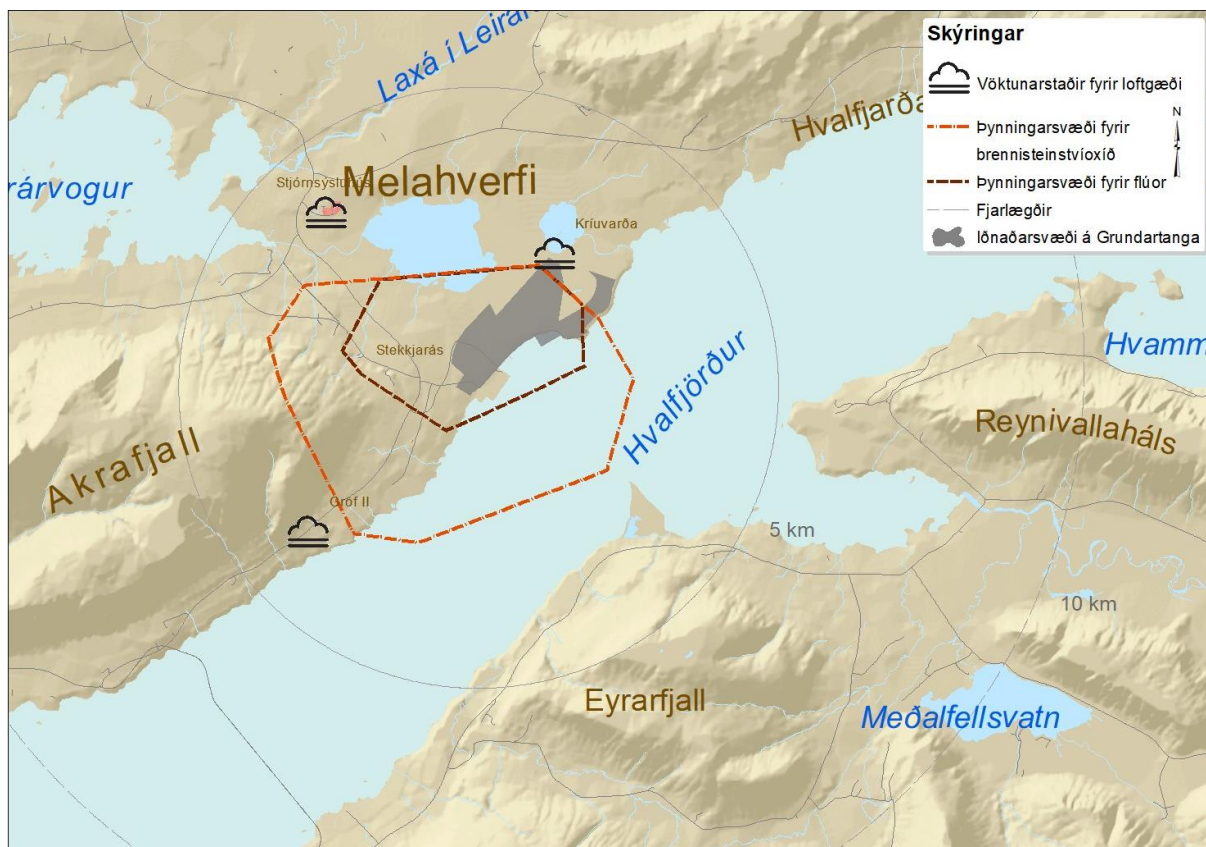
*Efnagreiningar Hafrannsóknastofnun

3.2 Tölfræði

Frá árinu 1999 hefur farið fram árleg umhverfisvöktun á ferskvatni, gróðri og grasbítum. Grunnrannsóknir voru gerðar á svæðinu á árunum 1997 – 1998. Mat er lagt á breytileika mælinganna á grundvelli tölfræðigreiningar á niðurstöðunum miðað við árið 1997, áður en álver Norðuráls tók til starfa, og í sumum tilfellum miðað við árið 2007, þegar öll ker álversins voru komin í rekstur. Notuð er tölfræðileg aðferðafræði til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna. Niðurstöður tölfræðigreininganna er að finna í viðaukum C, E og G.

4 LOFTGÆÐI

Þrjár loftgæðamælistöðvar voru í rekstri árið 2023, þ.e. á Kríuvörðu, Gröf II og í Melahverfi (mynd 4.1). Á þessum mælistöðvum fóru m.a. fram sjálfvirkar mælingar allt árið fyrir mismunandi mælipætti (tafla 4.1). Loftgæðamælistöðin á Hálsnesi er aðeins starfrækt þriðja hvert ár, samkvæmt vöktunaráætlun, seinast 2021 og næst 2024.



MYND 4.1 Staðsetning loftgæðamælistöðva. Ekki var mælt á Hálsnesi árið 2023 skv. vöktunaráætlun.

Sýnataka og mælingar voru unnar af Hafrannsóknastofnun [2]. Niðurstöður efnagreininga voru bornar saman við viðmiðunarmörk sem gilda utan þynningarsvæða.

TAFLA 4.1 Mælipættir á loftgæðamælistöðvum sem voru í rekstri í Hvalfirði árið 2023. Niðurstöður mælinga á SO_2 , H_2S , NO_2 og svifryki (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), eru birtar á www.loftgaedi.is.

Loftgæðamælistöð	Sjálfvirkar mælingar allt árið	Sýnum safnað á síur allt árið	Úrkoma
Kríuvörða	Svifryk (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), SO_2 , H_2S , NO , NO_x	HF og F, S og PAH_{16} efni í svifryki	NO_3 , Na, Ca, Cl, SO_4 , F, pH, leiðni
Gröf II		HF og F og S í svifryki	
Melahverfi	SO_2 , H_2S		

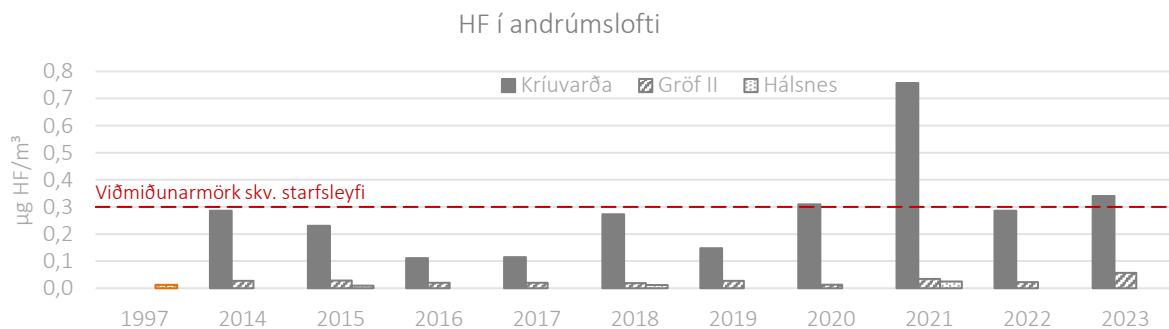
4.1 Niðurstöður

Yfirlit yfir niðurstöður mælinga á loftgæðum (andrúmsloft og úrkoma) ásamt skilgreindum umhverfismörkum má finna í köflum 4.1.1 – 4.1.7. Frekari niðurstöður mælinga á loftgæðum er að finna í viðauka B. Í töflum B.1 - B.3 er yfirlit yfir reglugerðir sem skilgreina viðeigandi viðmiðunarmörk fyrir hvern mælipátt auk hæstu og lægstu mældu gildi. Á gröfum og línuritum sem eiga við um loftgæði eru sýndar niðurstöður síðustu 10 ára, vísað er til fyrri ársskýrslna umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður árána 1998 til 2013, sem nálgast má hjá Umhverfisstofnun.

4.1.1 Flúor í andrúmslofti

Styrkur loftkennds flúors í andrúmslofti (HF) var mældur allt árið, en í þessum kafla er fjallað um flúormælingar frá apríl til september, þar sem umhverfismörk fyrir flúor, sem skilgreind eru í starfsleyfi Norðuráls, eiga við um það tímabil. Í viðauka B.a má sjá meðalstyrk flúors (HF) í hverjum mánuði yfir árið. Ekki eru til umhverfismörk fyrir flúor sem gilda yfir allt árið.

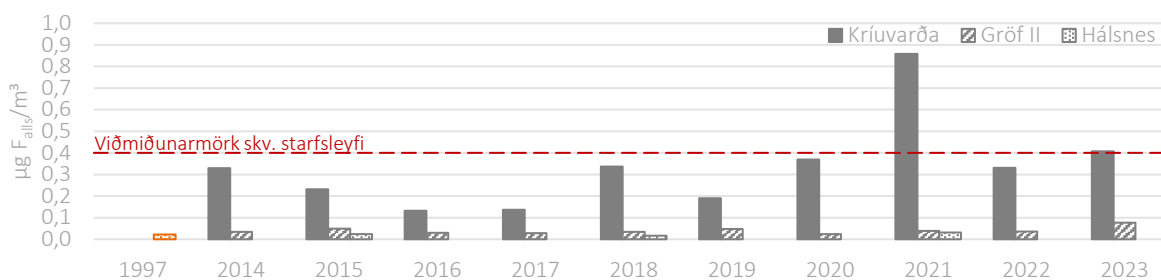
Líkt og fyrri ár var sýnum fyrir flúormælingar safnað á síur á Kríuvörðu og Gröf II. Styrkur flúors á Kríuvörðu mældist $0,34 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ sem er yfir viðmiðunarmörkum ($0,3 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ tímabilið apríl-sept.) sem skilgreind eru í starfsleyfi Norðuráls, sbr. mynd 4.2. Styrkurinn mældist hæstur í febrúar, maí, júní og september. Á Gröf II var meðalstyrkur HF $0,06 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$, sá hæsti sem mælst hefur en langt undir viðmiðunarmörkum (mynd 4.2).



MYND 4.2 Meðalstyrkur loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti yfir tímabilið apríl - september á Kríuvörðu, Gröf II og Hálsnesi.

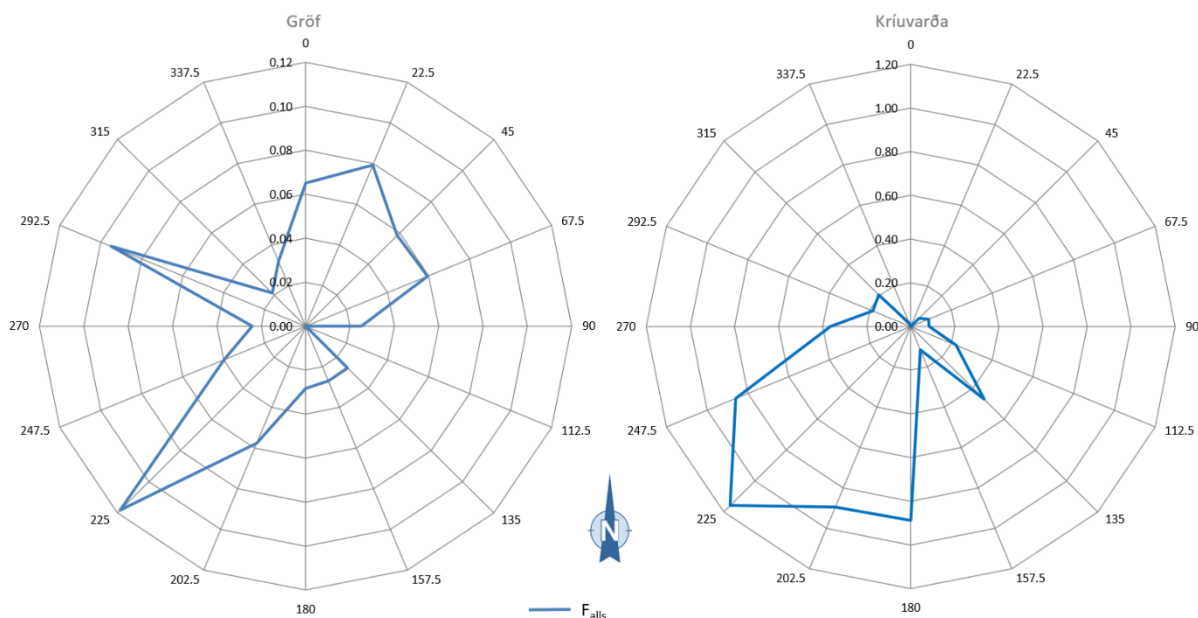
Svipaða sögu er að segja um styrk heildarflúors (F), þ.e. samanlagðan styrk loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti og flúors bundinn í ryki, yfir vöktunartímabilið. Meðalstyrkur heildarflúors á Kríuvörðu var $0,41 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ á tímabilinu 1. apríl - 30. september, sem er rétt yfir viðmiðunarmörkum í starfsleyfi Norðuráls ($0,4 \mu\text{g F}/\text{m}^3$). Á Gröf II var meðalstyrkur heildarflúors töluvert hærri en mælingar fyrri ára en langt innan viðmiðunarmarkna (mynd 4.3).

Heildar flúor í andrúmslofti



MYND 4.3 Meðalstyrkur heildarflúors (F) yfir tímabilið apríl - september á Kríuvörðu, Gröf II og Hálsnesi.

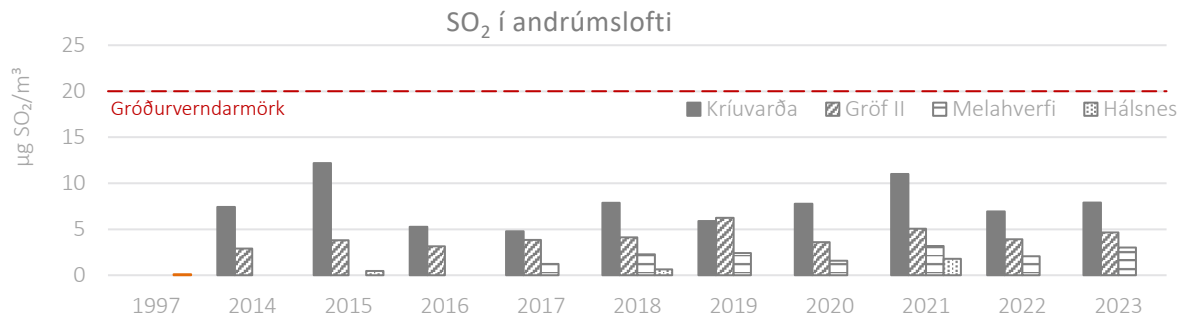
Vindáttir hafa mismunandi áhrif á flúormælingar á stöðvunum. Eins og áður mældist styrkur flúors hærri á Kríuvörðu en Gröf II og var áberandi hæstur þegar tíðar suðvestanáttir voru ríkjandi, sem er vegna nálægðar og afstöðu til iðnaðarsvæðisins. Hæst mældist heildarflúor 4,88 µg HF/m³, þann 8. júní á Kríuvörðu í suðvestan stinningsgolu. Á Gröf II mældist hærri styrkur flúors í norðanáttum. Sjá má dreifingu mæligilda eftir vindáttum allra mældidaga á mynd 4.4 [2].



MYND 4.4 Styrkur heildarflúors (F) eftir vindáttum árið 2023 á Gröf II og Kríuvörðu. Gröfin eru ekki í sama kvarða.

4.1.2 Brennisteinstvíoxíð í andrúmslofti yfir árið

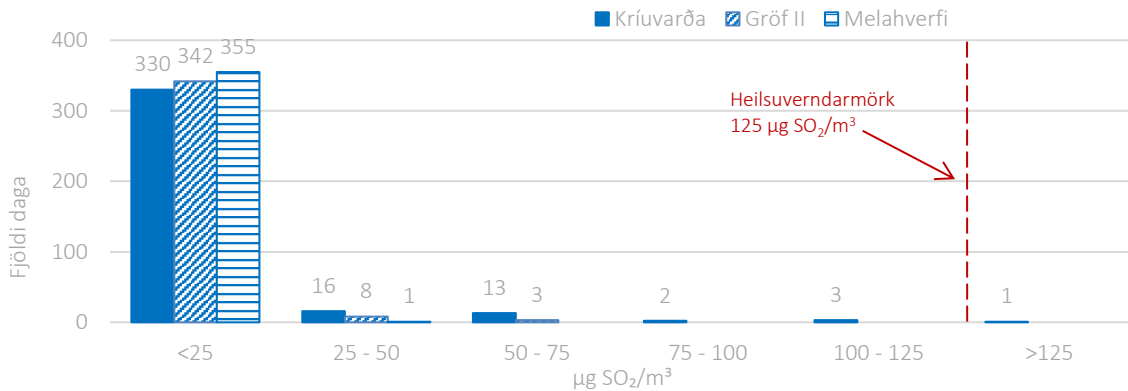
Brennisteinstvíoxíð (SO₂) var mælt með sjálfvirkum samfelldum mælingum yfir allt árið á mælistöðvunum á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi (mynd 4.5 og mynd B.3 í viðauka). Styrkur SO₂ hækkaði á öllum mælistöðvum miðað við árið 2022 en var þó í samræmi við fyrri mælingar. Styrkur SO₂ mældist hæstur á Kríuvörðu, líkt og undanfarin ár. Styrkurinn á öllum stöðvum var aðeins yfir meðallagi síðustu 10 ára en vel undir gróðurverndarmörkum (20 µg SO₂/m³) sem gilda utan þynningarsvæðis (mynd 4.5).



MYND 4.5 Meðalstyrkur SO₂ á Krúuvörðu, Gröf II, Melahverfi og Hálsnesi.

Árið 2023 mældist SO₂ aldrei yfir klukkustundarheilsuverndarmörkum (350 µg SO₂/m³) en árlega er leyfilegt að fara 24 sinnum yfir þau mörk. Hæstu gildi SO₂ mældust í suðsuðvestanátt á Krúuvörðu, norðanátt á Gröf II og í suðaustanátt í Melahverfi. Er það í samræmi við að meginuppsetta brennisteinstvíoxíðs tengist iðnaðarsvæðinu á Grundartanga [2].

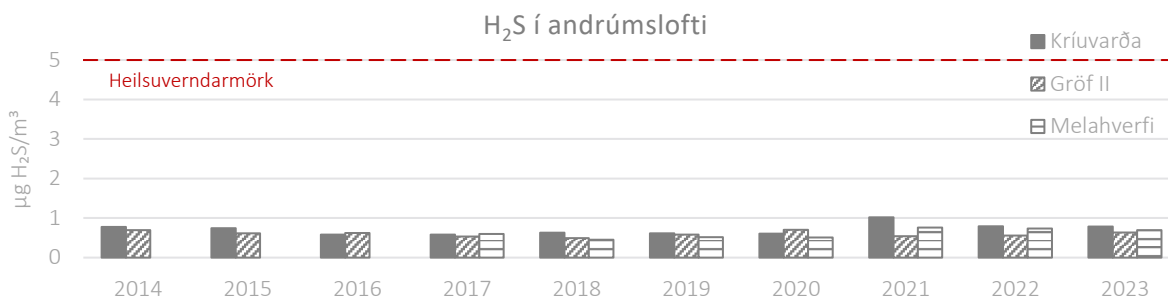
Á vöktunarstöðunum mældist sólarhringsmeðalstyrkur SO₂ einu sinni yfir heilsuverndarmörkum (125 µg SO₂/m³), en leyfilegt er að fara yfir þau mörk þrisvar sinnum á ári. Á mynd 4.6 má sjá tíðni mælinga fyrir mismunandi styrk SO₂ á Krúuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2023. Mælingar eru skráðar alla daga ársins en alltaf detta einhverjir dagar út, sem endurspeglast í heildarfjölda mælinga sem ekki eru jafn margar fjölda daga í árinu. Árið 2023 vantaði enga daga á Krúuvörðu, 9 daga í Melahverfi og 12 á Gröf II.



MYND 4.6 Fjöldi mælinga fyrir mismunandi sólarhringsmeðalstyrk SO₂ á Krúuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2023.

4.1.3 Brennisteinsvetni í andrúmslofti yfir árið

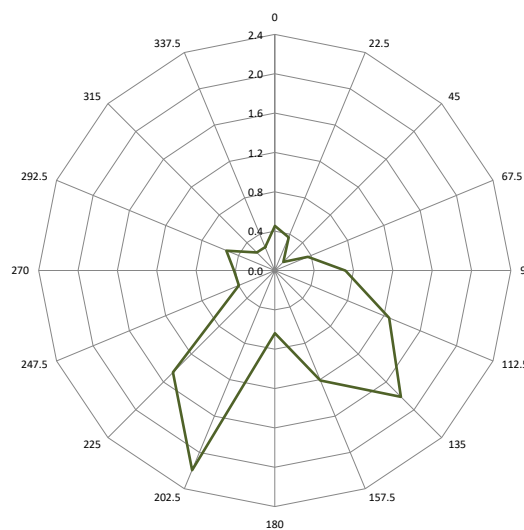
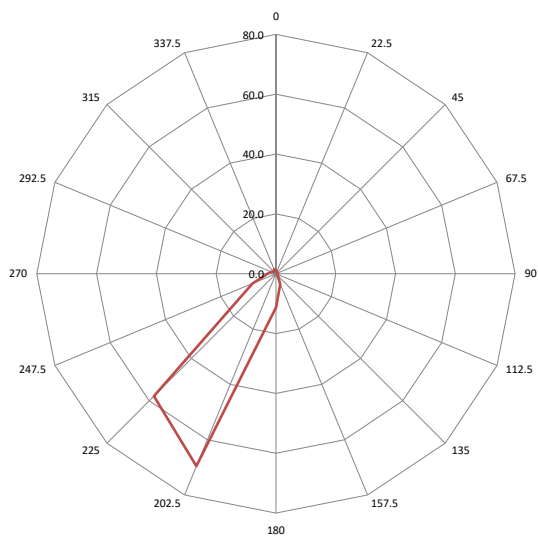
Sjálfvirkar mælingar voru gerðar á styrk brennisteinsvetnis (H₂S) í andrúmslofti á Krúuvörðu, Gröf II og Melahverfi allt árið 2023. Meðalstyrkur loftborins H₂S mældist einu sinni yfir sólarhringsheilsuverndarmörkum á Krúuvörðu (má fara yfir 3x á ári), en annars undir öllum skilgreindum umhverfismörkum á öllum mælistöðum (mynd 4.7), þ.e. heilsuverndarmörkum, sólarhringsheilsuverndarmörkum og tilkynningaskyldum aðvörunarmörkum um hæsta klukkustundarmeðalstyrk, sjá töflur B.1, B.2 og B.3 í viðauka B [2].



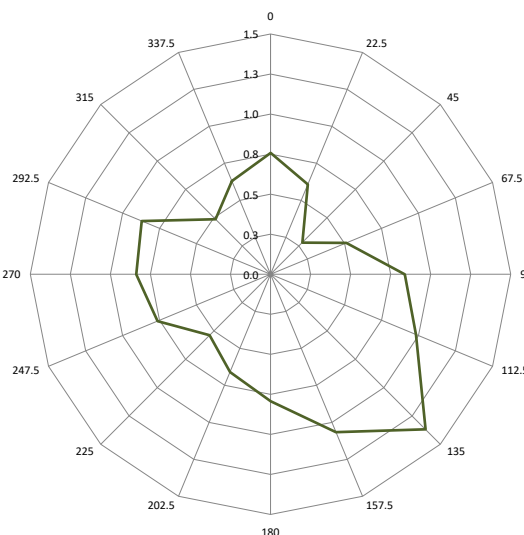
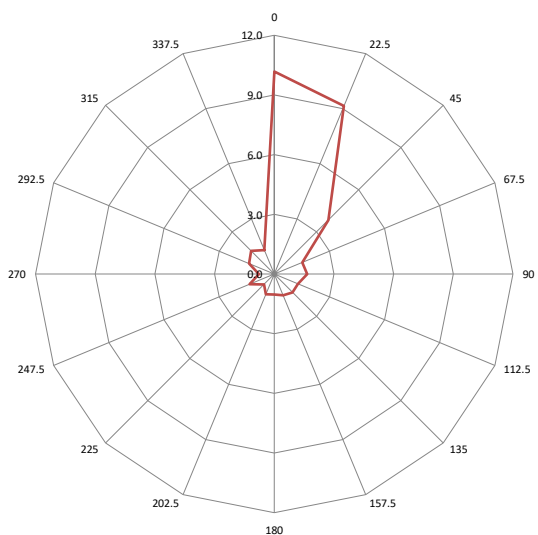
MYND 4.7 Meðalstyrkur H₂S á Krúuvörðu, Gröf II og Melahverfi.

Meginuppspretta SO₂ á Krúuvörðu og á Gröf II er iðnaðarsvæðið á Grundartanga, þar sem SO₂ berst að Krúuvörðu í suðvestanáttum en að Gröf II í norðanáttum (mynd 4.8). Uppspretta H₂S á Krúuvörðu og Gröf II er úr suðaustri frá jarðhitasvæðum höfuðborgarsvæðisins. Niðurstöðurnar eru svipaðar og fyrri ár á öllum þremur mælistöðum.

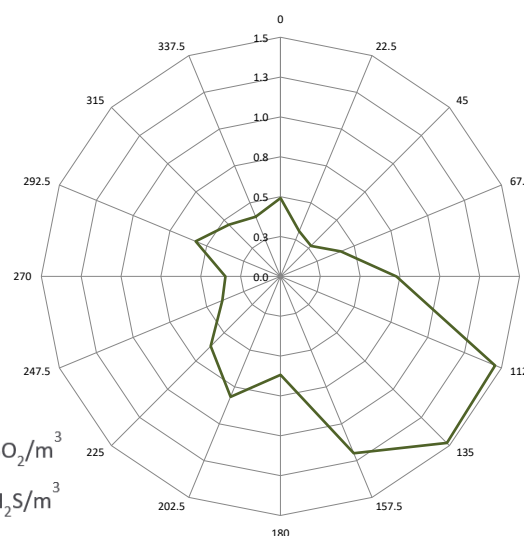
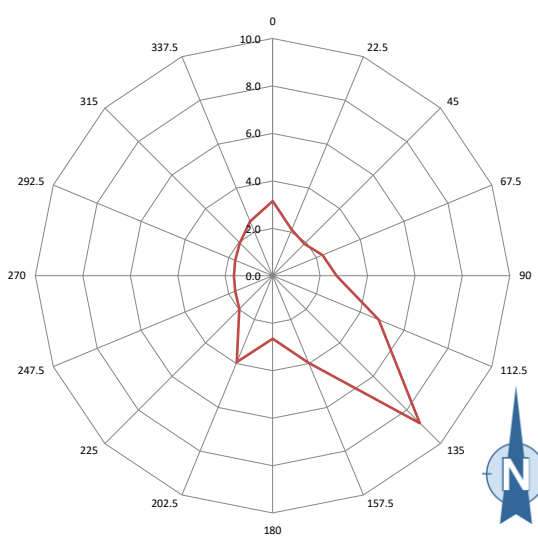
Kríuvarða



Gröf II



Melahverfi



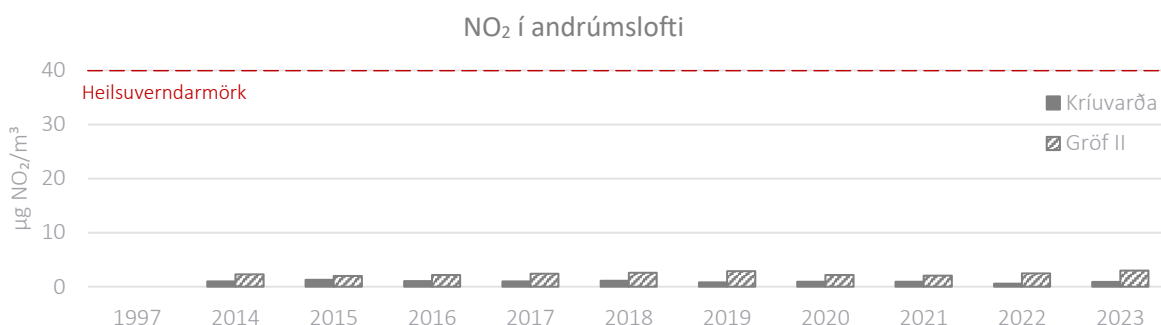
— $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
— $\mu\text{g H}_2\text{S}/\text{m}^3$

MYND 4.8 Styrkur SO_2 og H_2S í mældum vindáttum árið 2023 á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi. Gröfin eru ekki í sama kvarða.

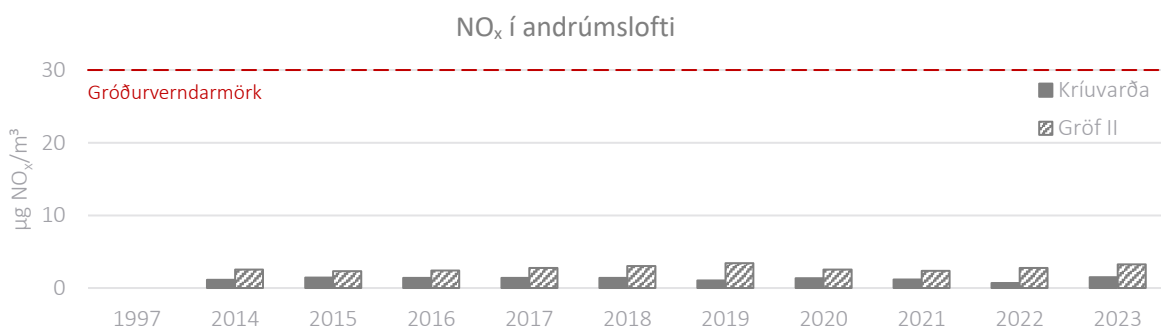
4.1.4 Nituroxíð í andrúmslofti

Sjálfvirkar mælingar voru gerðar á styrk nituroxíðs (NO_x) og niturmónoxíðs (NO) í andrúmslofti á Kríuvörðu og á Gröf II, allt árið 2023. Mismunur þessara efna er reiknaður sem niturtvíoxíð (NO_2). Niðurstöðurnar voru undir meðaltali á Kríuvörðu en nokkuð yfir meðallagi á Gröf II. Helstu uppsprettur nituroxíða eru líklegast bílaumferð og iðnaðarsvæðið. Gröf II er nærri umferð á Þjóðvegi 1 og því má búast við hærri styrk þar en á Kríuvörðu. Sólarhringsmeðalstyrkur NO_2 fór aldrei yfir heilsuverndarmörk og það sama á við um klukkustundarmeðalstyrk.

Á báðum mælistöðvum mældist meðalstyrkur NO_2 undir heilsuverndarmörkum fyrir NO_2 (mynd 4.9). og meðalstyrkur NO_x undir gróðurverndarmörkum fyrir NO_x (mynd 4.10).



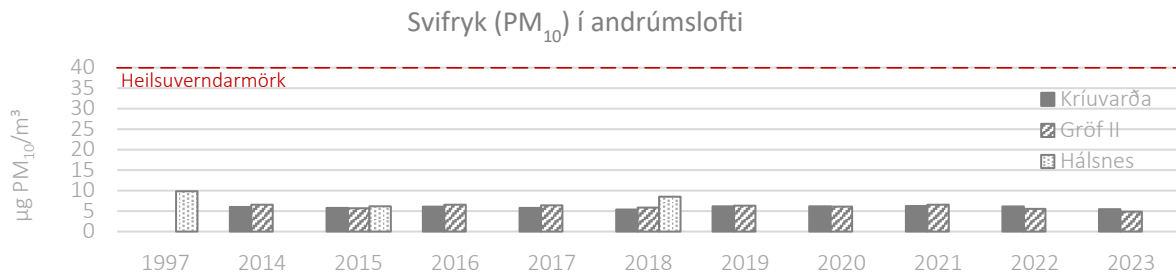
MYND 4.9 Meðalstyrkur NO_2 á Kríuvörðu og Gröf II.



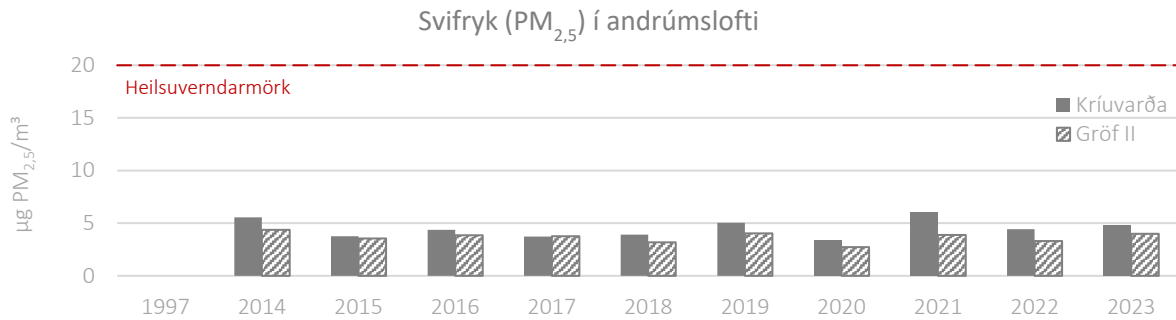
MYND 4.10 Meðalstyrkur NO_x á Kríuvörðu og Gröf II.

4.1.5 Svifryk í andrúmslofti

Sjálfvirkar mælingar á styrk svifryks (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$) fóru fram á Kríuvörðu og Gröf II árið 2023. Meðalstyrkur PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ mældist undir heilsuverndarmörkum. Styrkur svifryks mældist í hærra meðallagi bæði á Kríuvörðu og Gröf II (myndir 4.11 og 4.12). Undanfarin ár hefur meðalstyrkur $\text{PM}_{2,5}$ að meðaltali verið u.þ.b. 30% lægri en PM_{10} en sökum lágs styrk PM_{10} var munurinn um 15% árið 2023. Á vöktunarstöðvunum fór styrkur svifryks PM_{10} aldrei yfir sólarhringsheilsuverndarmörk á árinu, sjá töflur B.1 og B.2 í viðauka B.

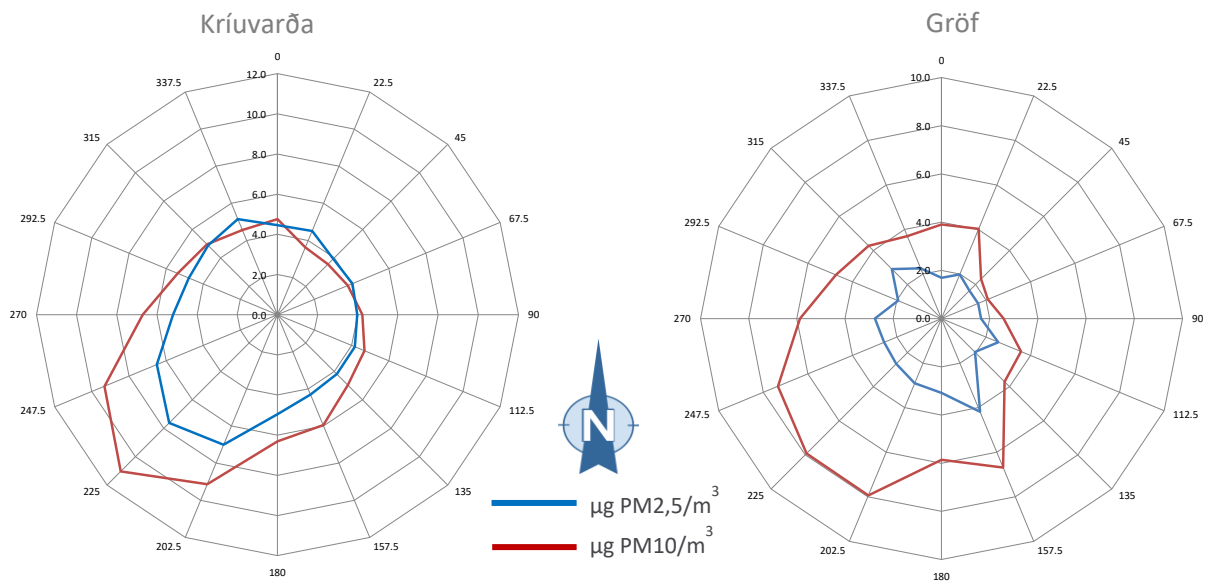


MYND 4.11 Meðalstyrkur svifryks (PM₁₀) í andrúmslofti á Kríuvörðu, Gröf II og Hálsnesi (ekki mælt eftir 2018).



MYND 4.12 Meðalstyrkur svifryks (PM_{2,5}) í andrúmslofti á Kríuvörðu og Gröf II.

Mynd 4.13 sýnir rykrósir frá Kríuvörðu og Gröf II fyrir árið 2023. Á báðum stöðvum mældist styrkur svifryks hæstur í suðvestan- og sunnanáttum. Uppsprettur PM_{2,5} og PM₁₀ eru ekki endilega þær sömu, þar sem uppspretta PM_{2,5} tengist brennsluferlum bifreiða eða iðnaði og getur komið langt að á meðan uppsprettur PM₁₀ eru frekar í nærumhverfinu t.d. úr vega- eða jarðvegsryki. Því eru líklegar uppsprettur svifryksins á Kríuvörðu og Gröf II, umferð í grennd við iðnaðarsvæðið og höfuðborgarsvæðið. Aðrar uppsprettur eru malarnámur við Stóru-Fellsöxl og Hólabrú austan Hvalfjarðarganga auk iðnaðarsvæðisins [2].

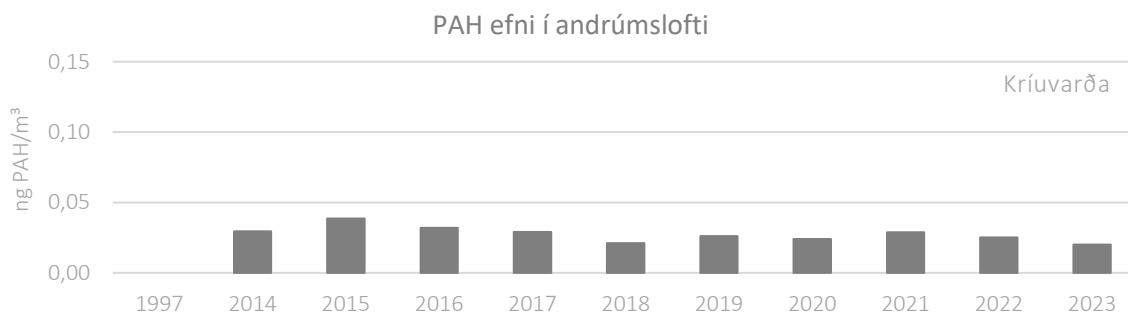


MYND 4.13 Styrkur svifryks eftir vindáttum á Kríuvörðu og Gröf II árið 2023. Athugið að vindrósinar eru ekki í sama kvarða.

4.1.6 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) í andrúmslofti

Mælingar voru gerðar á styrk fjölhringa arómatískra vetniskolefna (PAH₁₆-efna) í svifrykssýnum (PM₁₀) sem safnað var á síur á Kríuvörðu allt árið 2023. Ekki eru til skilgreind viðmiðunarmörk fyrir heildarstyrk PAH₁₆ efna í andrúmslofti. Styrkur PAH₁₆ efnanna var sá lægsti sem mælst hefur og hefur styrkurinn farið lækkandi síðustu ár (mynd 4.14).

Umhverfismörk hafa verið skilgreind fyrir bensó(a)þýren (1 ng BaP/m³), sem er eitt PAH₁₆ efnanna. BaP mældist langt undir þessum mörkum, eða á bilinu 0,0005 – 0,0099 ng/m³.

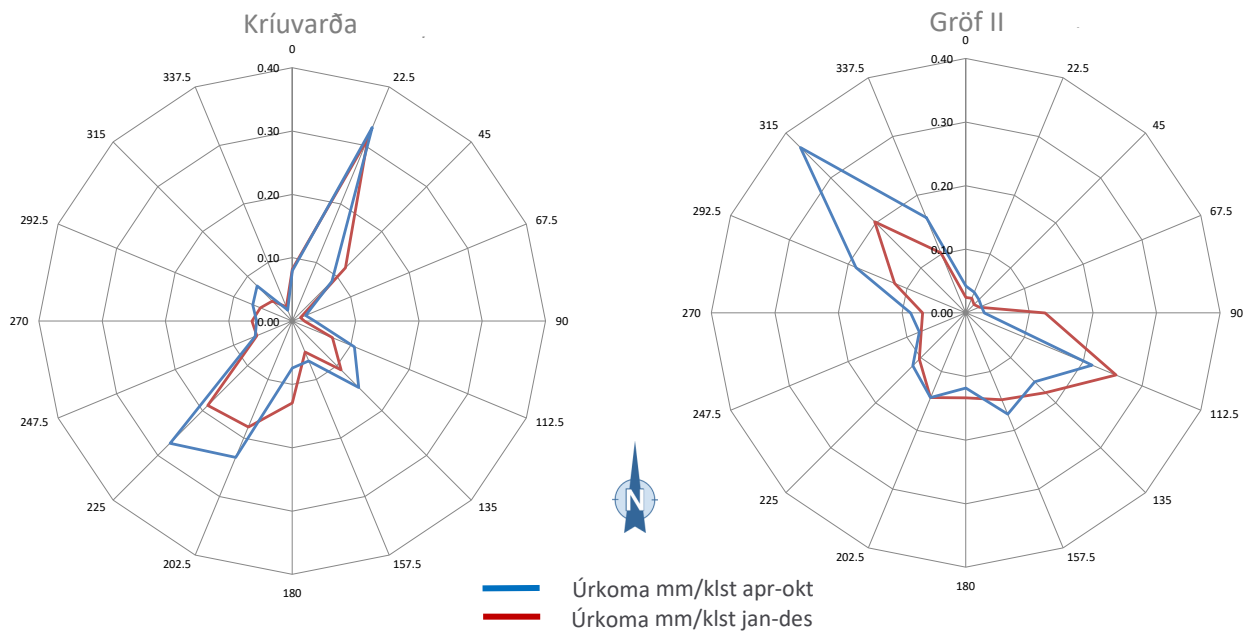


MYND 4.14 Styrkur PAH₁₆ efna í svifryki á Kríuvörðu.

4.1.7 Uppleyst efni og sýrustig í úrkomu

Magn brennisteins, flúors og sýrustig er mælt í úrkomusýnum sem safnað er yfir allt árið á Gröf II og Kríuvörðu. Gegnum árin hafa þessi mæligildi verið mjög sveiflukennd enda sýnatökubúnaðurinn mjög einfaldur og auðvelt fyrir flugur og frjókorn að blandast sýnunum. Í úrkomunni eru einnig mæld efnin natrín, klór, kalsín og nítrat [2] (sjá viðauka B.d). Niðurstöður eru reiknaðar sem áfall mengunarefna á hvern fermetra á mánuði á þeim stað sem sýnið er tekið, en pH er bein mæling í úrkomu. Niðurstöður geta endurspeglad að nokkru úrkomumagn þar sem áfallsgildi eru hærri í meiri úrkomu.

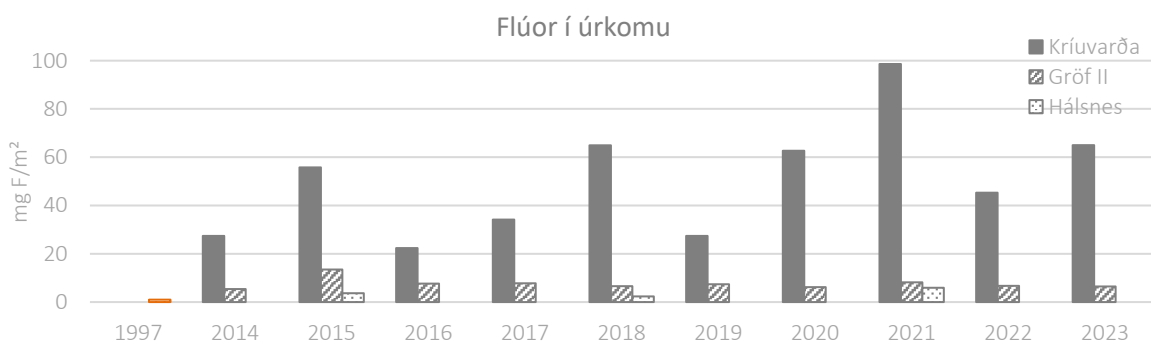
Á Gröf II rigndi mest í norðvestanátt en á Kríuvörðu í suðvestanátt og norðnorðaustanátt (mynd 4.15). Afstaða stöðvanna til verksmiðjusvæðisins er þannig að ef rignir í austlægum áttum má búast við meiri mengun á Gröf II, en ef rignir í suðvestanátt ætti mengun að skila sér frekar á Kríuvörðu.



MYND 4.15 Megin úrkomaáttir á Kríuvörðu og Gröf II, tímabilin apríl – október og allt árið 2023. Ekki er sami kvarði á myndunum.

Flúor

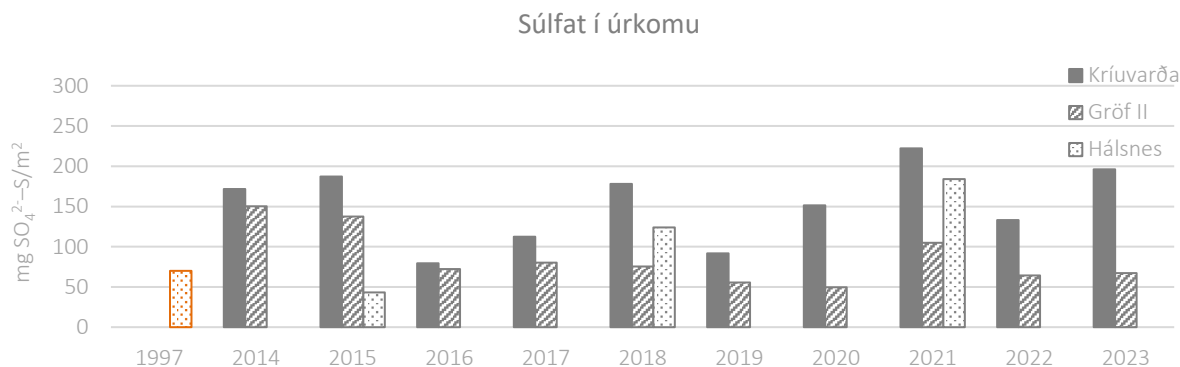
Meðaltal áfallsgilda flúors í úrkomu (apríl - október) var í hærra lagi en þó í samræmi við fyrri ár, en nokkur breytileiki hefur verið á milli ára (mynd 4.16). Ekki hafa verið skilgreind umhverfismörk fyrir flúormagn í úrkomu.



MYND 4.16 Áfallsgildi flúors í úrkomu á Kríuvörðu, Gröf II og Hálsnesi yfir vöktunartímabilið (apríl – október).

Súlfat

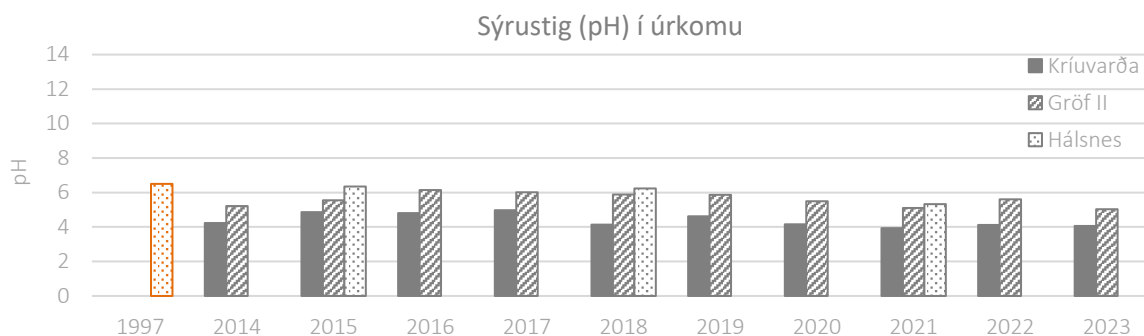
Meðaltal áfallsgilda súlfats í úrkomu á vöktunartímabilinu apríl – október hækkaði nokkuð á Kríuvörðu miðað við árið 2022 og var yfir meðallagi síðustu 10 ára, en stóð í stað á Gröf II og var undir meðaltali síðustu 10 ára (mynd 4.17). Ekki hafa verið skilgreind umhverfismörk fyrir súlfat í úrkomu.



MYND 4.17 Áfallsgildi súlfats í úrkomu á Krúuvörðu, Gröf II og Hálsnesi á vöktunartímabilinu (apríl – október).

Sýrustig

Á vöktunartímabilinu 2023 mældist sýrustig undir meðaltali síðustu 10 ára á bæði Krúuvörðu og Gröf II (mynd 4.18). Ekki hafa verið skilgreind umhverfismörk 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) [3].

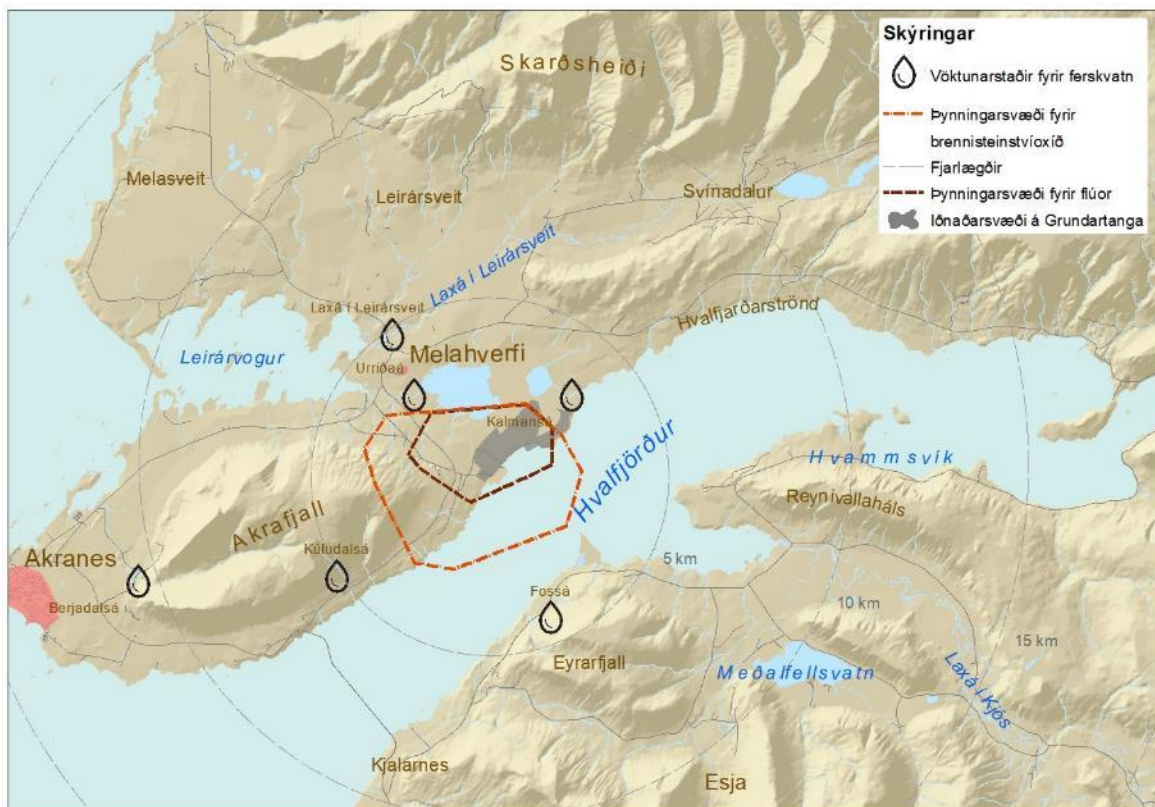


MYND 4.18 Meðalsýrustig í úrkomu á Krúuvörðu, Gröf II og Hálsnesi á vöktunartímabilinu (apríl – október).

5 FERSKVATN

Vöktun á sýrustigi og leiðni ásamt styrk flúors, klórs, sulfats, natríns og kalsíns fór fram í fimm ám. Norðan Hvalfjarðar eru það Laxá í Leirársveit (104-497-R), Urriðaá (104-138-R), Kalmansá (104-185-R), Berjadalsá ofan Akraness (104-179-R) og Kúludalsá (104-135-R). Þá voru einnig tekin sýni úr Fossá undir Eyrarfjalli, sunnan Hvalfjarðar (mynd 5.1). Númerin aftan við nöfnin á ánum er vatnshlotanúmer umræddra vatnshlota (Fossá hefur ekkert númer). Tímabil sýnatöku var frá 14. apríl til 22. september 2023. Sýnum var safnað einu sinni í 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. Sýnataka og mælingar voru unnar af Hafrannsóknastofnun [4]. 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.

Að þessu sinni hafði sjávarstaða ekki áhrif á mælingar í Urriðaá, Kalmansá eða Laxá, en sýnatökustaðir í þessum ám geta lent undir sjávarmáli á stórstraumsflóðum. Áhrifa slíkra flóða getur gætt í nokkra daga á eftir og koma þá greinilega fram í mælingum á natríni og klóríði.



MYND 5.1 Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði árið 2023.

Kalmansá og Urriðaá eru hreinar bergvatnsár en uppspretta þeirra er fyrst og fremst yfirborðsvatn, annars vegar úr Hólmavatni og hins vegar Eiðisvatni. Laxá, Berjadalsá, Kúludalsá og Fossá eru bergvatnsár/dragár sem sækja rennsli sitt mikið í fjallendi. Í viðauka C, má sjá niðurstöður tölfræðigreiningar á mælingum á efnainnihaldi þriggja vöktunaráa frá 1997 – 2023 sem notaðar eru til

að meta hvort marktækar breytingar á sýrustigi og efnastyrk flúors hafi átt sér stað í ánum yfir þetta tímabil.

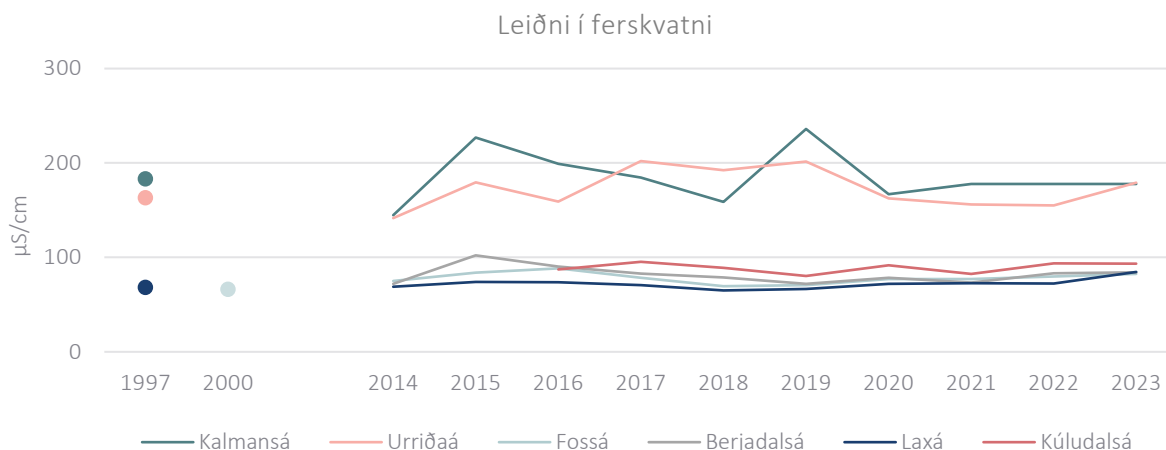
5.1 Niðurstöður

Frá upphafi hafa öll mæligildi verið vel undir mörkum sem tiltekin eru í neysluvatnsreglugerð. Frá 2006 hefur þó mátt sjá nokkuð hærri styrk í ánum sem koma úr vötnum norðan Grundartanga, Eiðisvatni og Hólmavatni. Í heild teljast gildi ársins 2023 í meðallagi.

Ítarlegar niðurstöður fyrir umhverfisvöktun á fersku vatni má sjá í viðauka C. Vísað er til fyrri ársskýrslna umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður árána 1998 til 2013, sem má nálgast hjá Umhverfisstofnun.

5.1.1 Leiðni ferskvatns

Leiðni í Urriðaá og Kalmansá árið 2023 mældist að meðaltali 179 $\mu\text{S}/\text{cm}$, minnst 137 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og mest 269 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Í dragánum mældist leiðni á bilinu 80 – 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ þar sem meðaltalið var 87 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Meðalleiðni allra ána var 117 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og er í samræmi við meðaltal síðustu ára, en breytileikinn hefur verið nokkur í gegnum árin (mynd 5.2). Efnainnihald vatns hefur áhrif á leiðni og því er eðlilegt að leiðni mælist hærri í Kalmansá og Urriðaá, sem eiga báðar upptök sín í yfirborðsvatni.



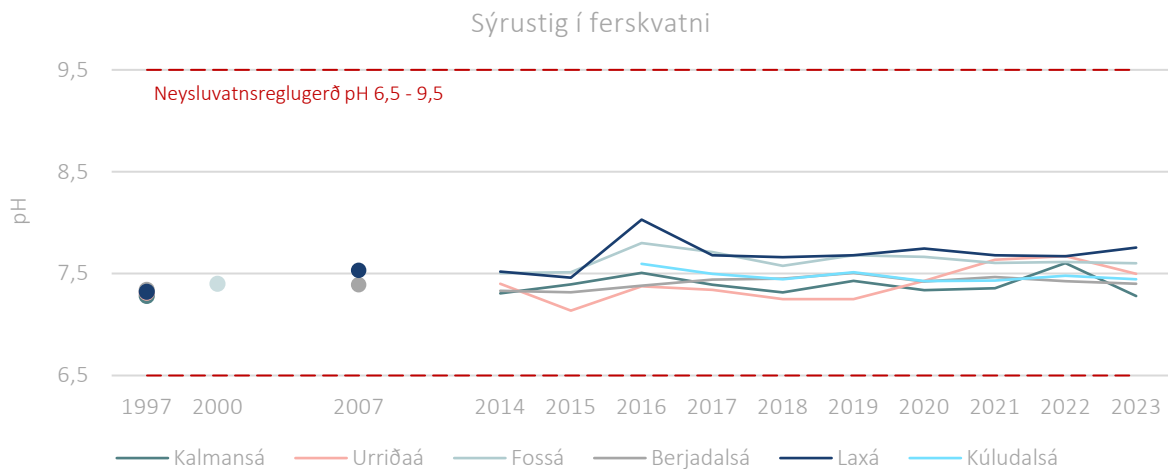
MYND 5.2 Meðalleiðni í vöktunarám síðustu 10 ár og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar (frá 2000 í Fossá).

5.1.2 Sýrustig ferskvatns

Árið 2023, líkt og öll síðastliðin 10 ár, voru allar mælingar á sýrustigi 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 7,39 og mældist á bilinu pH 6,99 – 8,57, er þetta í samræmi við meðaltal síðustu ára. Sýrustig dragáanna mældist að meðaltali pH 7,55 og var á bilinu pH 7,20 – 7,87. Heildarmeðaltal sýrustigs allra ána var svipað og undanfarin ár.

Sýni úr Fossá og Laxá voru tekin um mitt sumar og sumarlok en sýrustigið hefur tilhneigingu til að hækka þegar líður á sumarið.

Á mynd 5.3 má sjá meðaltal sýrustigs í vöktunarám. Hvorki var marktæk breyting á sýrustigi í Kalmansá, Urriðaá né Berjadalsá miðað við árið 1997, né miðað við árið 2007 (viðauki C). Ekki voru gerðar tölfræðigreiningar á Fossá, Laxá eða Kúludalsá sökum of fárra mælinga.

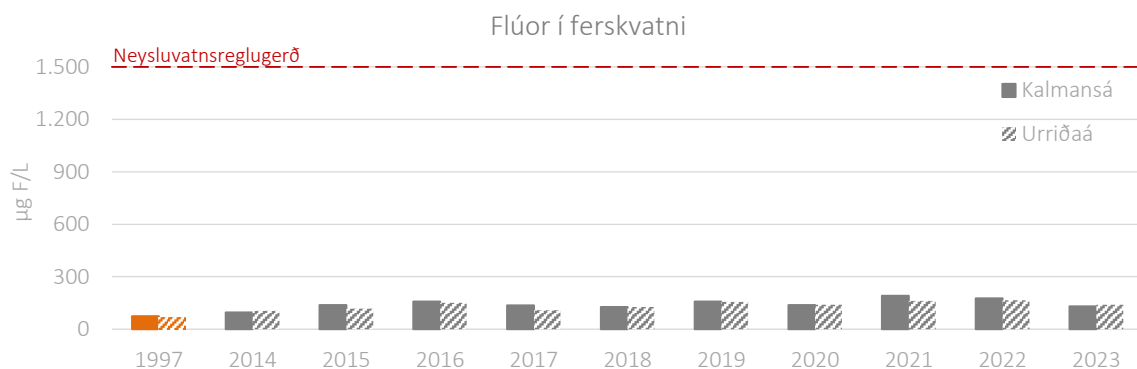


MYND 5.3 Meðaltal sýrustigs í vöktunarám síðustu 10 ár og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar (frá 2000 í Fossá).

5.1.3 Flúor í ferskvatni

Meðalstyrkur flúors í vöktunarám hefur alltaf mælst langt undir hámarksgildi flúors í neytluvatni samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 (1.500 µg F/L), sjá mynd 5.4. Rannsóknir sem gerðar voru í Columbia ánni í Norður-Ameríku sýna að ef styrkur flúors í ferskvatni er hærri en 200 µg F/L geti það haft skaðleg áhrif á uppgöngu fullorðinna laxfiska [5]. 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.

Árið 2023 var meðalstyrkur flúors var 141 µg F/L í Urriðaá og 130 µg F/L Kalmansá (mynd 5.4), sem er nokkuð minni en árið áður og í samræmi við meðaltal fyrri ára. Meðalstyrkur flúors í dragánum var um fjórðungur af styrk Kalmansár og Urriðaár, sem er í samræmi við niðurstöður flúormælinga undanfarinna ára. Í dragánum var meðalstyrkur flúors 35 µg F/L, sama og árið áður, og á bilinu 27-45 µg F/L.



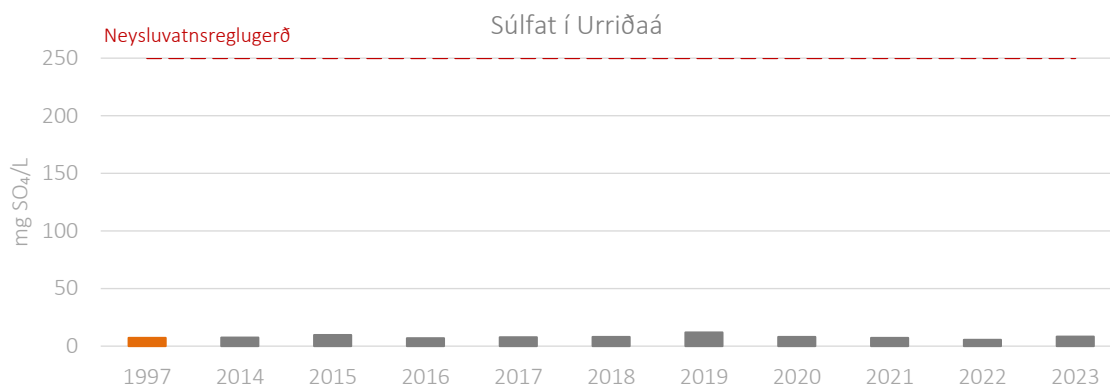
MYND 5.4 Meðalstyrkur flúors í Urriðaá og Kalmansá síðustu 10 ár og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

Vötnin Eiðisvatn og Hólmavatn eru uppsprettur Kalmansár og Urriðaár. Þessi vötn eru staðsett afar nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga sem hefur áhrif á flúormagn í ánum. Syðsti hluti Eiðisvatns liggur að hluta innan þynningarsvæðisins fyrir flúor. Vatnsmagn ána og vatnanna sem þær renna úr hefur einnig áhrif á styrk flúors 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.

Styrkur flúors var öllu lægri í Urriðaá og Kalmansá árið 2023 en árið áður en marktæk hækkun var á flúor í báðum ám miðað við árið 1997. Tölfræðiniðurstöður má sjá í viðauka C.

5.1.4 Súlfat í ferskvatni

Styrkur súlfats (SO_4) í vöktunaránum mældist í öllum tilfellum undir því hámarksgildi sem sett er fyrir styrk súlfats í neysluvatni (250 mg SO_4/L) samkvæmt reglugerð nr. 536/2001. Líkt og með flúor var styrkur súlfats í Kalmansá og Urriðaá hærri en mældur styrkur í dragánum og er það í samræmi við niðurstöður fyrri ára. Meðalstyrkur dragánna var 3,1 mg SO_4/L en 8,8 mg SO_4/L fyrir Kalmansá og Urriðaá (sjá mynd 5.5 fyrir Urriðaá).



MYND 5.5 Meðalstyrkur súlfats í Urriðaá síðustu 10 ár og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

6 SJÓR VIÐ FLÆÐIGRYFJUR

Iðjuverin hafa heimild til koma föstum ónýtanlegum úrgangi í flæðigryfjur sem staðsettar eru á hafnarsvæðinu í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Dæmi um úrgang í flæðigryfjur eru kerbrot, óendurvinnanlegar málmleifar og kola- og súralsryk. Sjór flæðir um gryfjurnar vegna sjávarfalla og því eru þær afmarkaðar með grjótgarði sem hindrar að föst efni berist til sjávar. Skeljasandi er blandað við kerbrotaúrganginn til að hlutleysa flúorsambönd og hvarfast við önnur efni og gerir þau síður skaðleg umhverfinu. Hafnarvernd sér um aðgengi til losunar í flæðigryfjurnar ásamt daglegu eftirliti.

Á árinu 2023 voru tekin sjósýni þrisvar sinnum yfir sumartímann á 10 stöðum utan við flæðigryfjurnar í kjölfar háflóðs. Á hverjum stað voru sýni tekin á eins metra dýpi í eins metra og fjögurra metra fjarlægð frá grjótgarðinum (mynd 6.1). Auk þess voru tvö sýni tekin til viðmiðunar, annað í miðju fjarðar og hitt við Kalastaði. Sýni þaðan eru talin innihalda náttúrulegan styrk efna í sjónum. Í sjósýnunum var mældur styrkur arsens (As), króms (Cr), kopars (Cu), nikkels (Ni), blýs (Pb), sinks (Zn), járns (Fe), áls (Al), fosfórs (P) og vanadíns (V) auk magn sýaníðs (CN) og flúors (F). Sýni voru tekin dagana 6. júní, 19. ágúst og 31. ágúst 2023. [6].



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

6.1 Niðurstöður

Mengunar gætir í óverulegu mæli utan flæðigryfjugarðanna og eru mæliniðurstöður ársins 2023 svipaðar eða lægri en mælst hafa á undanförunum árum. Sýni mældust undir þeim styrk sem talinn er geta haft áhrif á viðkvæmt lífríki og viðmiðunarmörkum í starfsleyfi Norðuráls.

6.1.1 Málmar og steinefni í sjósýnum

Þau efni sem mæld voru í sjósýnum fyrir utan flæðigryfjurnar; arsen, blý, króm, kopar, nikkell og sink, eru talin vera óæskileg í lífríki hafsins ef þau eru í miklu magni. Skilgreind hafa verið umhverfismörk fyrir þessi efni í yfirborðsferskvatni, árósarvatni og strandsjó í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (tafla 6.2). Magn áls og flúors er borið saman við viðmiðunarmörk í frárennslis í starfsleyfi Norðuráls. Hins vegar eru engin viðmiðunarmörk til staðar fyrir vanadín, járn, fosfór og sýaníð í sjó. Meðalstyrk efna í sjósýnum er að finna í töflu 6.1. Meðalstyrk ásamt hæsta og lægsta mælda styrk þessara efna er að finna í viðauka D.

Arsen, króm, kopar, blý, nikkell og sink mældust í flestum tilvikum í hærri eða svipuðum styrk og mældist í viðmiðunarsýnum, oft undir greiningarmörkum (tafla 6.1). Eins og áður mældist meðalstyrkur í öllum tilvikum innan umhverfismarkka II (lítil hætta á áhrifum á umhverfið) sem bendir til að hverfandi útskolun á þessum málum eigi sér stað úr flæðigryfjunni. Ál mældist í svipuðum styrk og viðmiðunarsýni og langt undir viðmiðunarmörkum í frárennslis í starfsleyfi Norðuráls (20 mg/l). Járn, fosfór og vanadín mældust í hærri eða í svipuðum styrk og viðmiðunarsýni.

6.1.2 Sýaníð og flúor í sjósýnum

Meðalstyrk sýaníðs og flúors í sjósýnum, má sjá í töflu 6.1. Styrkur sýaníðs, bæði fyrir frítt sýaníð og heildar sýaníð, mældist í flestum tilfellum undir greiningarmörkum (<0,01 mg/L). Ekki eru til nein umhverfismörk fyrir sýaníð í sjó. Flúor mældist í hærri eða svipuðum styrk og í viðmiðunarsýnum, hæst að meðaltali (1,40 mg F/L) í sýni í 1m fjarlægð austanmegin gryfjunnar sem er undir viðmiðunarmörkum flúors í frárennslis í starfsleyfi Norðuráls (50 mg/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 2023. Litir vísa til umhverfismarka. Umhverfismörk eru 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	Sýaníð** (Fritt) mg/L	Sýaníð** (Heild) mg/L
1 Austurendi - 1 m	1,73	0,16	<0,5	< 0,5	< 0,3	<2	25,0	1,32	27,0	<40	2,13	<0,010	<0,010
2 Austurendi - 4 m	1,59	0,18	0,77	< 0,5	< 0,3	<2	22,5	1,28	26,0	<40	2,22	<0,010	<0,010
3 Austanmegin - 1 m	1,46	0,29	0,58	0,51	< 0,3	<2	22,8	1,40	33,0	<40	2,13	<0,010	<0,010
4 Austanmegin - 4 m	1,83	0,27	<0,5	< 0,5	< 0,3	<2	25,8	1,26	39,0	<40	2,12	<0,010	<0,010
5 Miðja - 1 m	1,77	0,19	0,64	< 0,5	< 0,3	<2	24,0	1,46	26,0	<40	2,10	<0,010	<0,010
6 Miðja - 4 m	1,43	0,19	0,69	< 0,5	< 0,3	<2	24,5	1,34	26,0	<40	2,18	<0,010	<0,010
7 Vestanmegin - 1 m	1,72	0,37	<0,5	< 0,5	< 0,3	<2	22,5	1,23	28,0	<40	2,18	<0,010	<0,010
8 Vestanmegin - 4 m	1,71	0,22	<0,5	< 0,5	< 0,3	<2	22,5	1,24	34,0	<40	2,32	<0,010	<0,010
9 Vesturendi - 1 m	1,56	0,13	0,60	< 0,5	< 0,3	<2	22,3	1,22	30,0	<40	2,17	<0,010	<0,010
10 Vesturendi - 4 m	1,42	0,24	0,71	< 0,5	< 0,3	<2	22,1	1,24	29,0	<40	2,43	<0,010	<0,010
Kalastaðir	1,51	0,16	<0,5	< 0,5	< 0,3	<2	12,6	1,19	20,0	<60	2,10	<0,010	<0,010
Miðja fjarðar	1,59	0,2	0,52	< 0,5	< 0,3	<2	23,1	1,19	27,0	<40	2,18	<0,010	<0,010

*Viðmiðunarmörk í starfsleyfi Norðuráls um kælivatn sem leiða má til sjávar: ál <20 mg/l og flúor ≤ 50 mg/l

**Umhverfismörk ekki til.

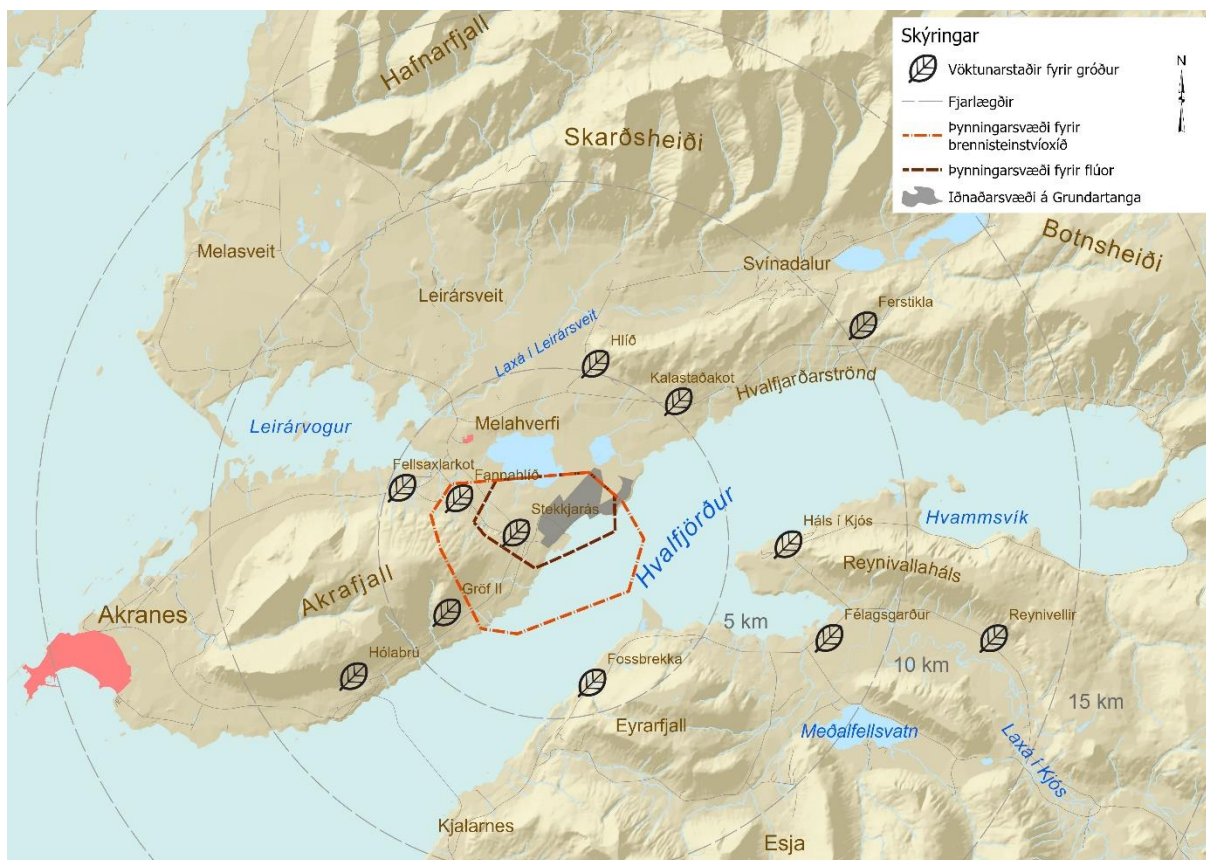
TAFLA 6.2 Umhverfismörk skv. rg. 796/1999 fyrir málma í yfirborðsferskvatni, árósarvatni og strandsjó. Litir eru notaðir til aðgreiningar umhverfismarka I-V.

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
Sínk (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/þynningarsvæði

7 GRÓÐUR

Sýni voru tekin af gróðri með sama hætti og undanfarin ár. Gerðar voru mælingar á styrk flúors í plöntuvef og af ryki á yfirborði gróðurs úr mismunandi gróðurtegundum; grasi, laufi (birki og reyni) og barri (greni og stafafuru). Framsett mæligildi í skýrslunni eiga við heildarmagn flúors, bæði í plöntuvef og af ryki á yfirborði gróðurs. Söfnun sýna miðast við vaxtartímabil gróðursins, auk þess sem reynt er að velja sýnatökudaga þegar þurrk hefur verið í veðri dagana á undan. Sýni af gróðri voru tekin á þrettán stöðum í Hvalfirði (mynd 7.1), auk þess sem sýni voru tekin í Skorradal til viðmiðunar. Tveir staðir liggja innan þynningarsvæða, Stekkjarás og Fannahlíð.



MYND 7.1 Vöktunarstaðir gróðurs í Hvalfirði árið 2023.

Sýnum af grasi og laufi var safnað 12. júní og 31. ágúst 2023 auk þess sem sýni af grasi voru tekin 5. júlí 2023. Frá maí fram í september er sá tími þegar vöxtur gróðurs er hvað hraðastur og þegar komið er að lokum vaxtartímabilsins. Barri var safnað þann 13. nóvember 2023. Söfnun og greining sýna var í höndum Hafrannsóknastofnunar [7]. Tölfræðigreining var gerð á styrk flúors í grasi, laufi og barri til að meta hvort marktækar breytingar á flúorstyrk hefðu átt sér stað milli ára (sjá viðauka E). Ólíkar tegundir gróðurs eru taldar þola flúor misvel og má sjá viðeigandi viðmiðunarmörk í töflu 7.1.

TAFLA 7.1 Talin þolmörk mismunandi gróðurtegunda gagnvart flúor í andrúmslofti (HF) og flúor í plöntuvef [8].

Styrkur flúors í lofti (µg HF/m ³)	Styrkur flúors í plöntuvef (µg F/g)	Talin áhrif
0 - 0,02	0 - 10	Engin – gildið telst vera bakgrunnsgildi.
0,02 - 0,2	10 - 30	Engin.
0,2 - 0,6	30 - 100	Hnignun viðkvæmra tegunda, einkum mosa, fléttna, barrtrjáa [9]. Styrkleiki flúors í andrúmslofti (HF) 0,3 µg F/m ³ yfir 5 – 6 mánaða tímabil getur leitt til uppsöfnunar á um 30 µg F/g í plöntuvef [8].
0,6 - 1,2	100 - 200	Hnignun miðlungsþolinna tegunda, t.d. flestra grasa.
> 1,2	> 200	Hnignun þolinna tegunda, t.d. lauftrjáa og krækilyngs [10, 11, 12, 9].

7.1 Niðurstöður

Staðbundið veðurfar getur haft áhrif á uppsöfnun flúors í gróðri. Næst uppsprettum getur úrkoma til dæmis lækkað styrk flúors í gróðri á meðan vindátt getur aukið styrkinn á þeim svæðum sem snúa undan meginvindátt frá uppsprettum. Hins vegar hefur hitastig minni áhrif á uppsöfnun flúors í gróðri [7]. Ítarlegar niðurstöður fyrir umhverfisvöktun gróðurs má sjá í viðauka E. Vísað er til fyrri ársskýrslna umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður árána 1998 til 2013, sem nálgast má á vef Umhverfisstofnunar.

7.1.1 Flúor í grasi

Í öllum tilvikum mældist styrkur flúors í grasi undir hámarksgildi flúors í fóðri (30 µg F/g), skv. reglugerð nr. 340/2001 og innan talinna þolmarka grasbíta gagnvart flúor í fóðri [9], sbr. töflu 7.2 og mynd E.1 í viðauka E.

Hæsti flúorstyrkur í grasi (24,6 µg F/g) mældist í ágúst við Stekkjarás (tafla 7.2 og mynd 7.2) [7]. Til samanburðar mældist flúor hæst 4,4 µg F/g í grassýnum við Skorradal. Styrkur flúors í grasi árið 2023 hækkaði lítillega að meðaltali frá árinu á undan en er þó ávallt vel innan allra þolmarka. Styrkur flúors var breytilegur á sýnatökustöðunum á milli sýnatökutímabila (tafla 7.2). Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka E.

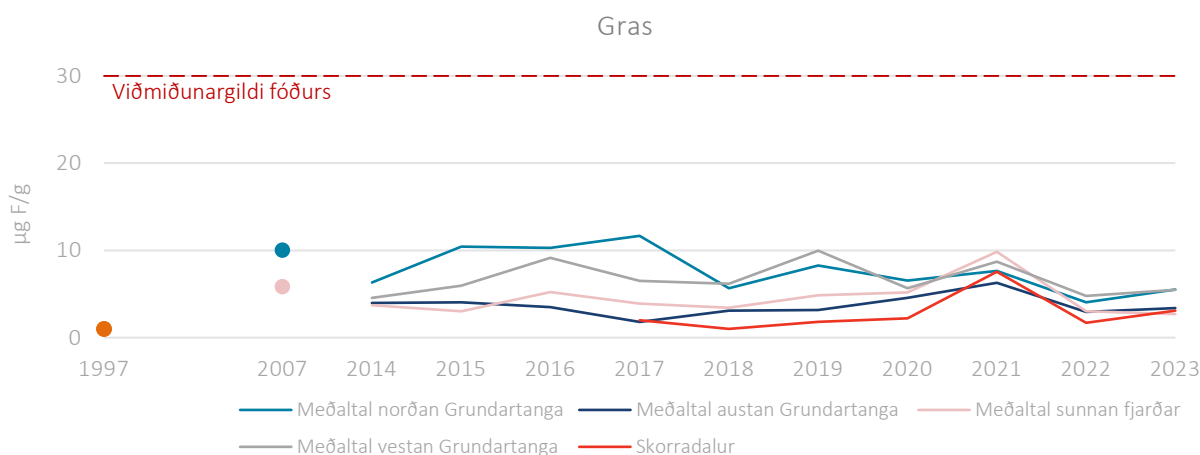
Hækkun var á meðalstyrk flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðum norðan og sunnan fjarðar árið 2023 miðað við árið 1997. Engin marktæk breyting var á styrk flúors, bæði sunnan og norðan fjarðar, miðað við árið 2007. Í gegnum árin hefur flúor nánast alltaf mælst hærrí í grasi norðan fjarðar en sunnan fjarðar, en ekki er alltaf um marktækan mun að ræða og á það við um árið 2023. Almennt er umtalsvert meiri breytileiki á mæligildum norðan fjarðar en sunnan.

TAFLA 7.2 Niðurstöður flúormælinga í grasi á öllum vöktunarstöðum árið 2023 ásamt þolmörkum, samantekt á tölfræðivinnslu og veðurfari við sýnatökur.

Heildarflúor í grasi								
	Vöktunarstaður	Júní ($\mu\text{g F/g}$ þurrefni)	Júlí ($\mu\text{g F/g}$ þurrefni)	Ágúst ($\mu\text{g F/g}$ þurrefni)	Breyting 2023 m.v. 1997	Breyting 2023 m.v. 2007		
Norðan fjarðar	Stekkjarsás	1,4	24,1	24,6	Hækkun	Engin breyting		
	Fannahlíð	1,7	9,6	4,9				
	Fellsaxlarkot	1,9	12,0	3,0				
	Kalastaðarkot	6,0	1,7	3,3				
	Ferstikla	4,4	1,3	3,4				
	Gröf II við hús	2,1	2,7	9,9				
	Hólabrú	1,5	9,4	7,2				
	Hlíð	3,1	1,8	5,6				
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	1,7	1,7	9,8				
	Fossbrekka	1,3	1,2	4,7				
	Háls í Kjós	2,1	1,4	2,1				
	Reynivellir	1,3	0,9	4,2				
Viðmiðunarstaður Skorradalur	1,8	-	4,4					
Talin þolmörk grasa							100-200 $\mu\text{g F/g}$ í plöntuvef	
Talin þolmörk grasbíta [9]							30 $\mu\text{g F/g}$ í plöntuvef	
Hámarksgildi flúors í fóðri fyrir sauðfé**							30 $\mu\text{g F/g}$ fyrir sauðfé	

** Samkvæmt reglugerð nr. 895/2009 um (46.) breytingu á reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri, er hámarksinnihald flúors fyrir grasbíta 50 $\mu\text{g/g}$ fóðurs með 12% rakainihaldi en 30 $\mu\text{g/g}$ fyrir mjólkandi dýr.

Veðurfar við sýnatökur				
	Júní	Júlí	Ágúst	Skýring
Dagsetning	12	5	31	Veðurfar sumarið 2023 var í meðallagi hlýtt nema í ágúst, sem var óvenju heitur. Úrkoma var nálægt meðallagi. Austan og norðaustanáttir voru algengari en í meðalári. Engin úrkoma var sýnatökudagana og frekar þurrviðrasamt dagana fyrir sýnatöku.
Heildarúrkoma 5 daga fyrir sýnatöku (mm)	0,2	-	15	
Lofthiti ($^{\circ}\text{C}$)	8,6	9,7	11,6	
Meðalvindhraði (m/s)	5	7	3	
Vindáttir	SV- áttir	N-NA áttir	A- áttir	



MYND 7.2 Meðalstyrkur flúors í grasi frá vöktunarstöðum miðað við staðsetningu við Grundartanga, ásamt bakgrunnsgildi frá 1997, mælingu ársins 2007 og frá Skorradal til viðmiðunar.

7.1.2 Flúor í laufi

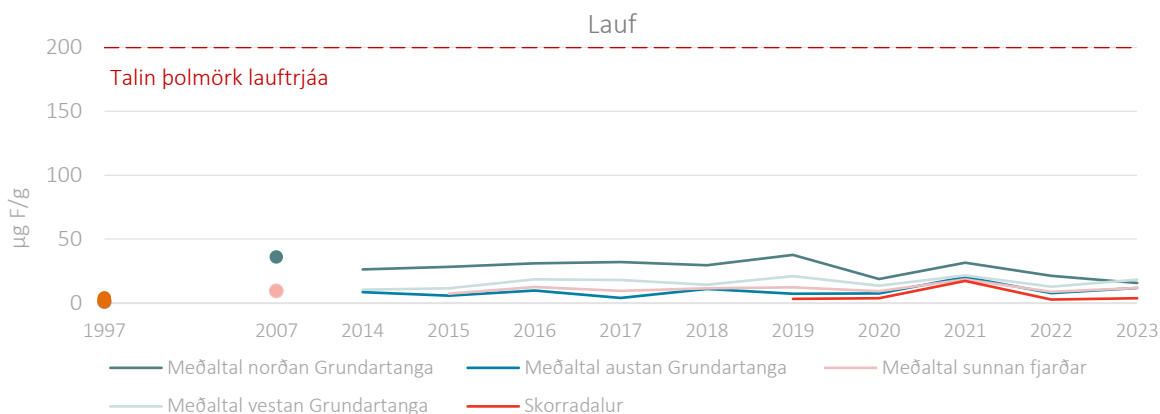
Í öllum tilvikum mældist styrkur flúors í laufi innan talinna þolmarka lauftrjáa (200 µg F/g), sjá töflu 7.3 og mynd E.2 í viðauka E. Hæsti styrkur flúors í laufi mældist í sýnum frá Stekkjarás í ágúst (89,3 µg F/g) og næsthæsti styrkurinn mældist að Gröf II (40,1 µg F/g) og er þetta hæsti styrkur sem mælt hefur á þessum stöðum. Til viðmiðunar mældist meðalstyrkur flúors í laufsýnum frá Skorradal í september 5,1 µg F/g.

Styrkur flúors í laufi lækkaði í sýnum sem tekin voru norðan Grundartanga vegna minni tíðni suðlægra átta en hækkaði lítilega á öðrum svæðum og í sýnum frá Skorradal miðað við árið 2022. Breytileiki var í styrk flúors í laufi innan vaxtartímabils (tafla 7.3).

Niðurstöður mælinga frá hverjum vöktunarstað má sjá í viðauka E. Tafla 7.3 sýnir mældan meðalstyrk árið 2023 og niðurstöður tölfræðigreiningar sem sýna að hækkun var á meðalstyrk flúors í laufi frá sýnatökustöðum norðan fjarðar árið 2023 miðað við árið 1997 en engin breyting sunnan fjarðar. Ekki er marktæk breyting á meðalstyrk flúors í laufi miðað við árið 2007 (mynd E.3 í viðauka E). Mynd 7.3 sýnir reiknað meðaltal af styrk flúors í laufi vestan, norðan og austan við Grundartanga og sunnan Hvalfjarðar. Almennt er meiri breytileiki á mæligildum norðan og vestan við Grundartanga miðað við austan Grundartanga og sunnan fjarðar.

TAFLA 7.3 Niðurstöður flúormælinga í laufi á öllum vöktunarstöðum árið 2022 ásamt þolmörkum og samantekt á tölfræðiúrvinnslu. Sjá töflu 7.2 fyrir veðurfar á sýnatökudögum.

Heildarflúor í laufi					
	Vöktunarstaður	Meðalstyrkur í júní (µg F/g þurrefni)	Meðalstyrkur í ágúst (µg F/g þurrefni)	Breyting 2023 m.v. 1997	Breyting 2023 m.v. 2007
Norðan fjarðar	<i>Stekkjars</i>	3,8	89,3	Hækkun	Engin breyting
	<i>Fannahlíð</i>	3,6	30,3		
	<i>Fellsaxlarkot</i>	6,6	22,5		
	<i>Kalastaðakot</i>	17,3	9,3		
	<i>Ferstikla</i>	8,4	6,2		
	<i>Gröf II við hús</i>	3,1	40,1		
	<i>Hólabrú</i>	2,8	27,8		
	<i>Hlíð</i>	17,8	14,6		
Sunnan fjarðar	<i>Félagsgarður</i>	4,2	20,6	Engin breyting	
	<i>Fossbrekka</i>	1,7	5,2		
	<i>Háls í Kjós</i>	3,7	7,1		
	<i>Reynivellir</i>	4,6	19,9		
<i>Viðmiðunarstaður Skorradalur</i>		2,7	5,1		
Talin þolmörk lauftrjáa		200 µg F/g í plöntuvef			



MYND 7.3 Meðalstyrkur flúors í laufi frá vöktunarstöðum miðað við staðsetningu við Grundartanga árið 2023, ásamt bakgrunnsgildi frá 1997, mælingu ársins 2007 og frá Skorradal til viðmiðunar.

7.1.3 Flúor í barri

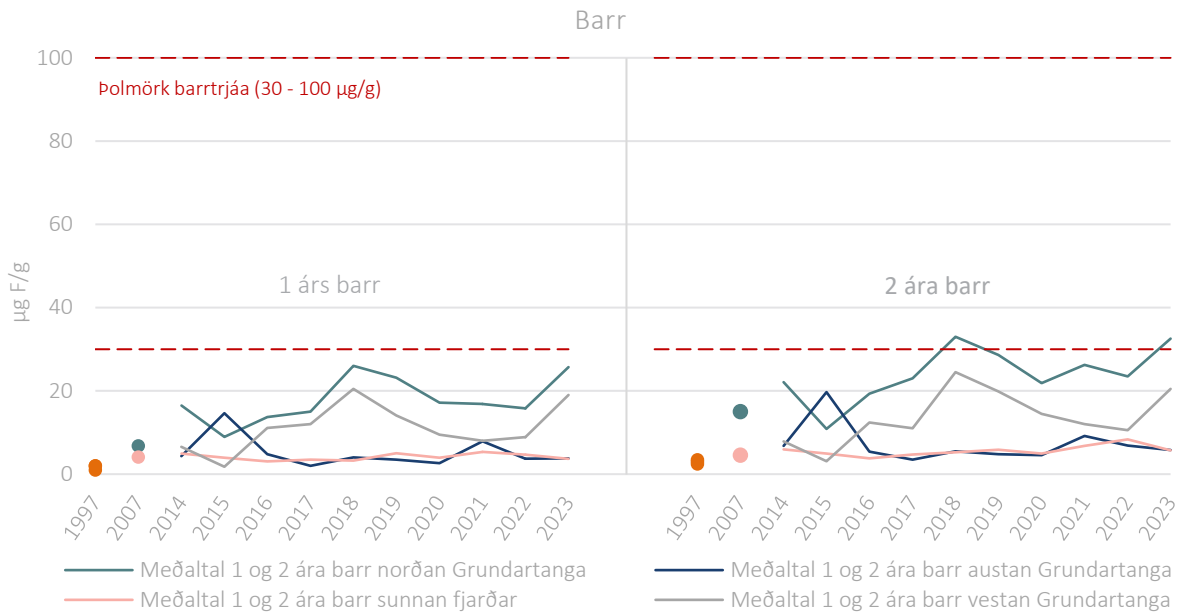
Meðalstyrkur flúors í eins árs barri mældist undir þolmörkum barrtrjáa, sem talin eru vera á bilinu 30-100 µg F/g (tafla 7.4). Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan Grundartanga fór yfir neðri mörk þessara þolmarka, 30 µg F/g. Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri mældist í öllum tilvikum hærri en flúor í eins árs barri nema á mælistaðnum Fossbrekku. Mynd 7.4 sýnir reiknað meðaltal af styrk flúors í eins og tveggja ára barri vestan, norðan og austan við Grundartanga og sunnan Hvalfjarðar á öllum vöktunarstöðum.

TAFLA 7.4 Niðurstöður flúormælinga í barri á öllum vöktunarstöðum árið 2023 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 2023 m.v. 1997	Breyting 2023 m.v. 2007
Norðan fjarðar	Stekkjars	26,2	40,7	Engin breyting	Engin breyting
	Fannahlíð	33,7	39,3		
	Fellsaxlarkot	17,7	25,8		
	Kalastaðakot*	4,1	5,9		
	Ferstikla*	3,0	5,3		
	Gröf II við hús*	17,8	21,2		
	Hlíð*	4,6	6,1		
	Hólabrú*	20,3	19,8		
Sunnan fjarðar	Félagsgarður	3,5	6,7	Engin breyting	Engin breyting
	Fossbrekka	3,5	3,0		
	Háls í Kjós*	3,4	6,0		
	Reynivellir	4,3	7,3		
	Viðmiðunarstaður Skorradalur	0,2	1,6		
Talin þolmörk barrtrjáa		30 - 100 µg F/g í plöntuvef			

* Mælingar hófust árið 2009 við Hlíð, árið 2010 við Gröf II við hús og árið 2011 við Ferstiklu og Háls í Kjós. Mælingar við Hólabrú hófust sumarið 2018 og árið 2022 við Kalastaðakot.

Veðurfar við sýnatökur		
	Nóvember	Skýring
Dagsetning	13	Dagana fyrir sýnatöku var meðalhitastig um 3°C. Að kvöldi 9. nóvember fór hitastig undir frostmark sem hélst fram til 10. nóvember. Austanáttir voru ríkjandi dagana fyrir sýnatöku. Úrkomulaust var á sýnatökudag sem og daginn áður.



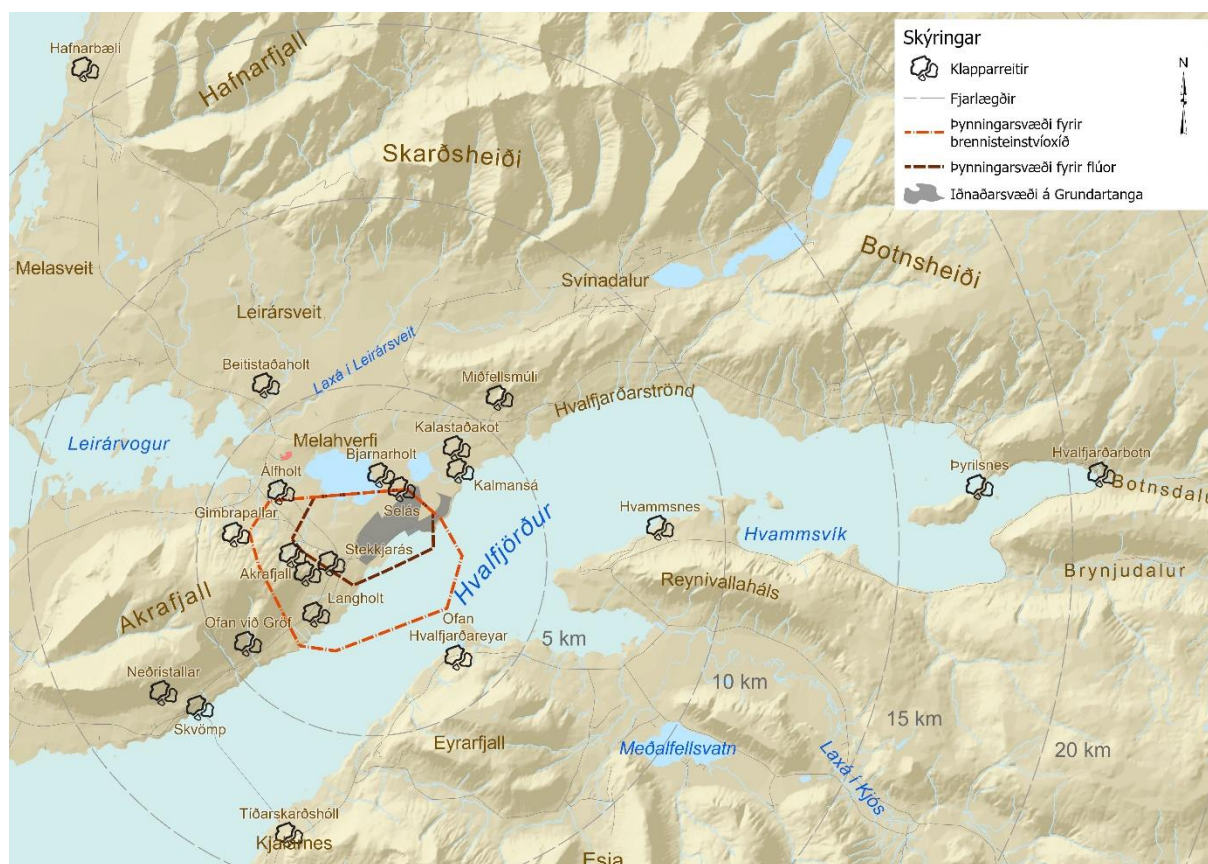
MYND 7.4 Meðalstyrkur flúors í eins og tveggja ára barri frá vöktunarstöðum vestan, norðan og austan við Grundartanga og sunnan fjarðar, ásamt bakgrunnsgildum frá 1997 og 2007 til viðmiðunar.

Engin marktæk breyting var á meðalstyrk flúors í eins eða tveggja ára barri bæði sunnan og norðan Hvalfjarðar árið 2023 miðað við árin 1997 og 2007 (mynd 7.4). Greinilegur munur var á flúorstyrk í barri norðan og sunnan fjarðar. Árið 2023 er þessi munur ekki marktækur en það er ekki alltaf raunin (myndir E.5 og E.6 í viðauka E).

8 KLAPPARREITIR

Frá árinu 1976 hafa klapparsamfélög mosa og fléttna verið vöktuð á föstum reitum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og fléttum þ.e. blaðfléttum (snepaskóf, *Parmelia saxatilis*), runnfléttum (klettastrý, *Ramalina subfarinacea*) og hrúðurfléttum (hraunbreysku, *Stereocaulon vesuvianum*) innan vöktunarreita auk þess sem háplöntur eru rannsakaðar að nokkru marki. Mosar og blað- og runnfléttur eru viðkvæm gagnvart flúor og brennisteini í lofti því þessar tegundir taka alla næringu og raka úr lofti, eru mjög hægvoxta og hafa langlífa líkamshluti þ.e. fella ekki ofanjarðarhluta plöntunnar og geta því ekki losað sig við óáskileg 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. Alls voru 59 reitir (40 x 50 cm) metnir og ljósmyndaðir árið 2023, þar sem ekki tókst að finna einn reit ofan Hvalfjarðareyrar. Tíu reitir eru innan þynningarsvæða og 49 reitir utan þynningarsvæða (sbr. mynd 8.1). Þetta eru sömu reitir og hafa verið vaktaðir síðan árið 2014.



MYND 8.1 Yfirlitskort yfir staðsetningu fastra klapparreita í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga árið 2023.

Vettvangsvinna fór fram 15. – 18. ágúst 2023 á vegum Náttúrufræðistofu Norðurlands Vestra [13]. Frá því að föstu reitirnir voru lagðir út 1975 og 1976 hafa þeir verið þekju- og tegundametnir fimm sinnum áður, árin 1997, 2006, 2011, 2014, 2017 og 2020 [13] og ljósmyndaðir reglulega.

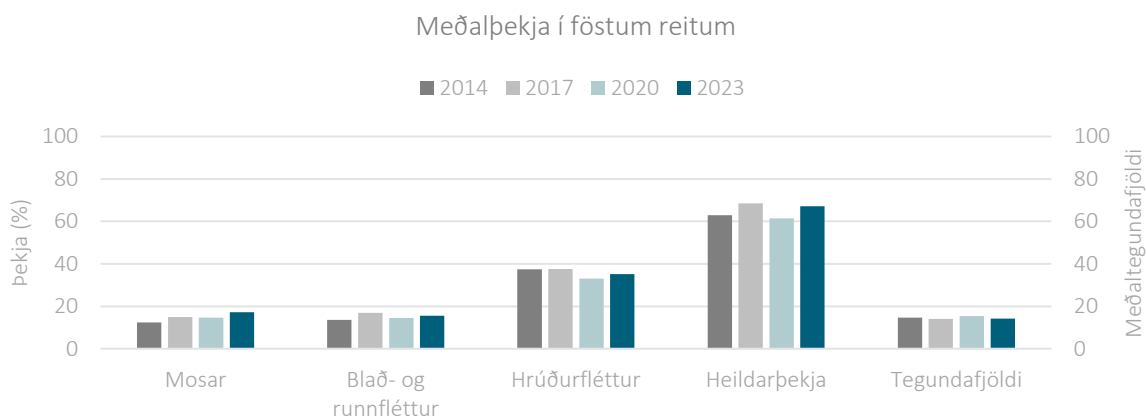
Styrkur flúors og brennisteins var mældur í sýnum af fléttunum, snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) frá fjórum svæðum í nágrenni iðnaðarsvæðisins: Í reitum á Stekkjarási í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga (innan þynningarsvæða fyrir flúor og brennisteins-tvíoxíð), í norðaustur hlíð Akrafjalls í um 2,5 km fjarlægð (innan þynningarsvæðis fyrir brennisteins-tvíoxíð) og utan þynningarsvæða á Miðfellsmúla ofan Kalastaðakots í um 5 km fjarlægð og ofan við Gröf (í um 4 km fjarlægð). Til samanburðar voru tekin sýni við Bifröst í Borgarfirði nærri Hreðavatni eins og áður hefur verið gert. Hafrannsóknastofnun sá um mælingar á flúor og brennisteini [13].

8.1 Niðurstöður

Ekki er hægt að sjá að þekjubreytingar séu aðrar eða meiri innan þynningarsvæðis en utan þess. Klettastrý hefur aukið þekju sína nokkuð síðan árið 2014. Snepaskóf hefur aukið þekju sína í reitum innan þynningarsvæðis eins og klettastrý. Fyrir utan þynningarsvæðin ýmist jókst þekja snepaskófar eða dróst saman. Magn brennisteins jókst bæði í hraunbreyskju og snepaskóf árið 2023 miðað við 2020. Yfir sama tímabil jókst magn flúors í snepaskóf innan þynningarsvæðis, en minnkaði eða jókst í reitum fyrir utan þynningarsvæðið. Minna magn flúors mældist í snepaskóf en hraunbreyskju eins og áður.

8.1.1 Þekja tegunda

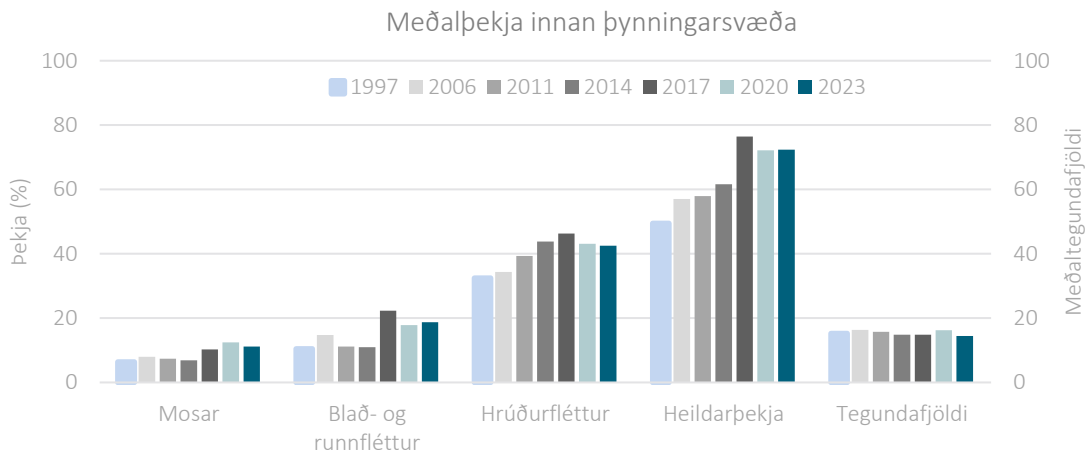
Breytingar á þekju mosa, blað- og runnfléttna voru metnar út frá ljósmyndum frá 59 klapparreitum sem metnir hafa verið á árunum 2014, 2017, 2020 og 2023. Að meðaltali hafði þekja fléttna og mosa aukist lítillega á milli áruna 2020 og 2023 (mynd 8.2). Runnfléttan klettastrý vex aðallega innan þynningarsvæðis fyrir flúor og brennistein. Við upphaf vöktunar árið 1976 til ársins 2014 hnignaði þessari fléttutegund á þessu svæði. Hins vegar frá 2014 til 2023 hefur þekja fléttunnar aukist jafnt og þétt. Blaðfléttan snepaskóf finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Líkt og klettastrý virðist snepaskóf hafa aukið þekju sína á síðari árum innan og utan þynningarsvæða (viðauki F).



MYND 8.2 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í öllum föstum reitum (59) sem metnir voru árin 2014, 2017, 2020 og 2023.

Gróðurbreytingar innan þýnningarsvæða iðnaðarsvæðisins við Grundartanga

Tíu reitir voru vaktaðir á svæðum sem eru innan þýnningarsvæða brennisteins og flúors (mynd 8.1). Ekki var hægt að sjá einhlítar gróðurbreytingar hvorki hjá mosum né blað- og runnfléttum næst iðnaðarsvæðinu. Að meðaltali jókst þekja mosa lítillega á milli árunna 2020 og 2023 en þekja blað- og runnfléttna minnkaði örllítið og sömuleiðis meðalheildarþekjan. Fjöldi tegunda jókst lítillega á milli ára (mynd 8.3). Í viðauka F má sjá nánara þekjumat fyrir hvert svæði fyrir sig. Tafla 8.1 inniheldur yfirlit yfir svæði klapparreita og samanburð á þekjumati milli árunna 2020 og 2023.



MYND 8.3 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi föstum reitum (10) innan þýnningarsvæða fyrir flúor og brennistein, 1997-2023.

TAFLA 8.1 Yfirlit yfir samanburð á mati þekju mosa og fléttna á svæðum sem staðsett eru innan þýnningarsvæða milli árunna 2020 og 2023.

Vöktunarsvæði	Mosar	Blað- og runnfléttur	Hrúðurfléttur	Heildarþekja	Tegundafjöldi
Stekkjarás (í 1 km fjarlægð)	þekja jókst	þekja svipuð	þekja minnkaði	þekja jókst	þekja minnkaði
Selás (í <2 km fjarlægð)	þekja minnkaði	þekja svipuð	þekja jókst	þekja minnkaði	þekja minnkaði
Langholt (í <3 km fjarlægð)	þekja jókst	þekja minnkaði	þekja jókst	þekja jókst	þekja minnkaði
Akrafjall (í 2,2-2,3 km fjarlægð)	þekja minnkaði	þekja jókst	þekja minnkaði	þekja minnkaði	þekja jókst

Litakóði

þekja jókst	þekja svipuð	þekja minnkaði
-------------	--------------	----------------

Gróðurbreytingar utan þynningarsvæða

Alls voru 49 reitir vaktaðir sem eru fyrir utan þynningarsvæði iðnaðarsvæðisins á Grundartanga (mynd 8.1). Þetta eru sömu reitir og voru mældir árið 2014. Í viðauka F má sjá nánara þekjumat fyrir hvern reit fyrir sig. Tafla 8.2 inniheldur yfirlit yfir samanburð á þekjumati milli ára 2020 og 2023.

TAFLA 8.2 Yfirlit yfir samanburð á þekjumati mosa og fléttna á svæðum utan þynningarsvæða milli ára 2020-2023.

Vöktunarsvæði	Mosar	Blað- og runnfléttur	Hrúðurfléttur	Heildarþekja	Tegundafjöldi
Gróðurbreytingar suðvestur af Grundartanga					
Skvöþ (í 7 km fjarlægð)					
Ofan við Gröf (í 5 km fjarlægð)					
Neðristallar (í 8 km fjarlægð)					
Gróðurbreytingar norðaustur af Grundartanga					
Kalmansá (í 3 km fjarlægð)		Ekki til staðar			
Kalastaðakot (í 4 km fjarlægð)					
Miðfellsmúli (í 5 km fjarlægð)					
Gróðurbreytingar innan 10 km radius 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
-------------	--------------	----------------

8.1.2 Brennisteinn og flúor í fléttum

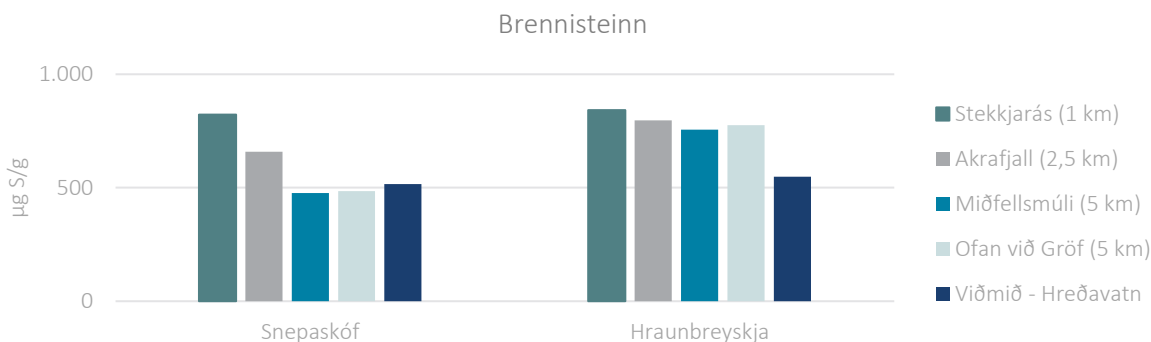
Styrkur brennisteins og flúors var mældur í hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) og snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) frá fjórum svæðum í nágrenni iðnaðarsvæðisins, líkt og í fyrri rannsóknum [13].

Þolmörk fléttna fyrir brennistein og flúor virðast misjöfn eftir tegundum og ekki vel þekkt hvar mörkin nákvæmlega liggja. Aldur fléttupalsins hefur vafalítið mikið um það að segja hve mikið af flúor og brennisteini nær að safnast fyrir í því [13].

Brennisteinn

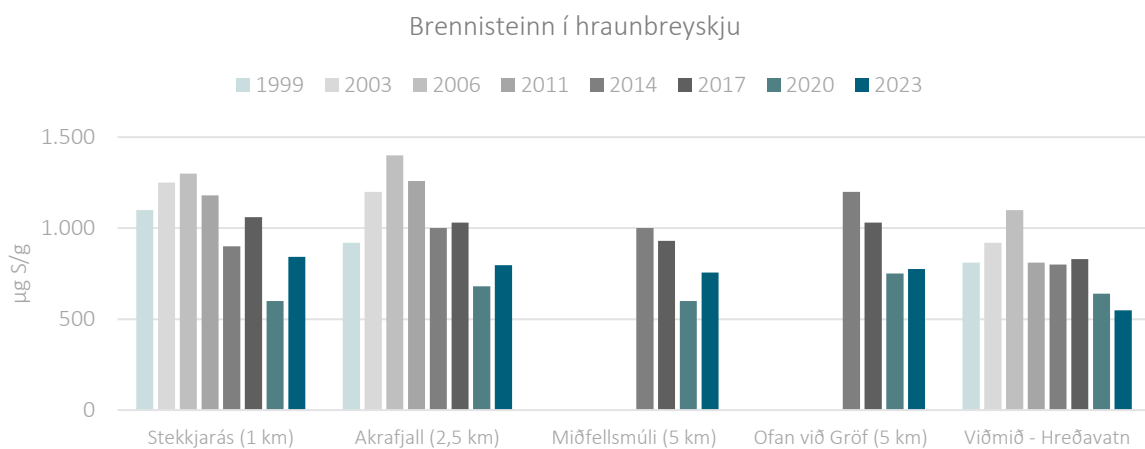
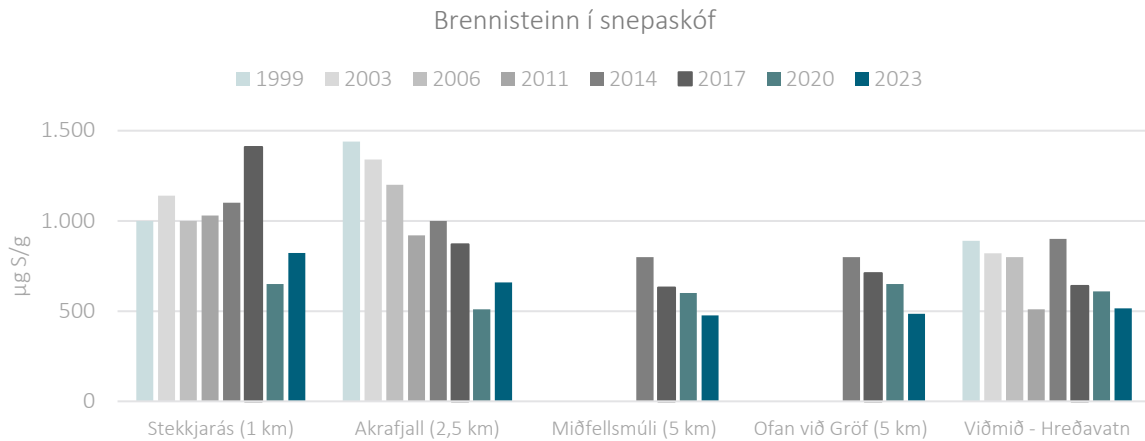
Mynd 8.4 sýnir styrk brennisteins í fléttum í reitum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga. Styrkur brennisteins í snepaskóf og hraunbreyskju mældist á bilinu 500-850 $\mu\text{g S/g}$. Í reitum við Miðfellsmúla og ofan við Gröf mældist brennisteinn í snepaskóf í svipuðum styrk og brennisteinn í viðmiðunarsýnum við Hreðavatn. Í öðrum reitum mældist brennisteinn hærri. Í hraunbreyskju mældist brennisteinn hærri í öllum reitum miðað við sýni frá Hreðavatni (mynd 8.4). Hæsti styrkur brennisteins mældist í sýnum af hraunbreyskju við Stekkjarás (842 $\mu\text{g S/g}$).

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 $\mu\text{g S/g}$ [14].



MYND 8.4 Styrkur brennisteins, árið 2023, í snepaskóf og hraunbreyskju á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu.

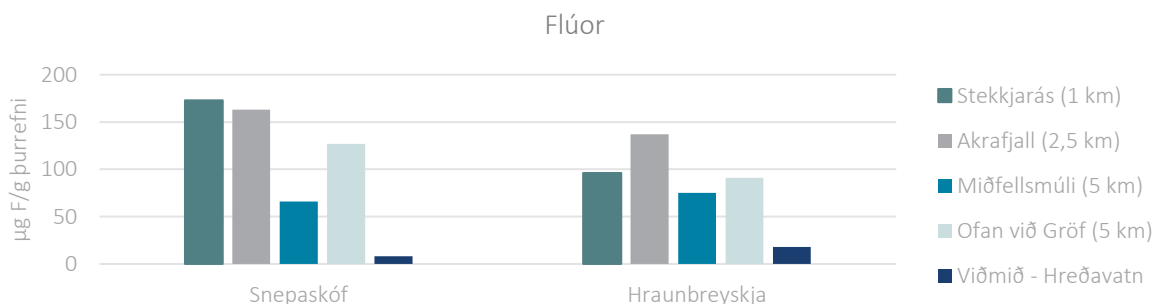
Styrkur brennisteins í snepaskóf í reitum við Miðfellsmúla og ofan við Gröf hefur farið lækkandi frá því að mælingar hófust þar 2014 (mynd 8.5). Í öðrum reitum hækkaði styrkur brennisteins miðað við árið 2020. Styrkur brennisteins í snepaskóf hefur farið lækkandi í viðmiðunarreitum frá árinu 2017 (mynd 8.5). Í hraunbreyskju mældist hærri styrkur brennisteins í öllum reitum árið 2023 miðað við árið 2020 (mynd 8.5). Styrkur brennisteins í hraunbreyskju hefur farið lækkandi í viðmiðunarreitum frá árinu 2017 eins og í snepaskóf (mynd 8.5).



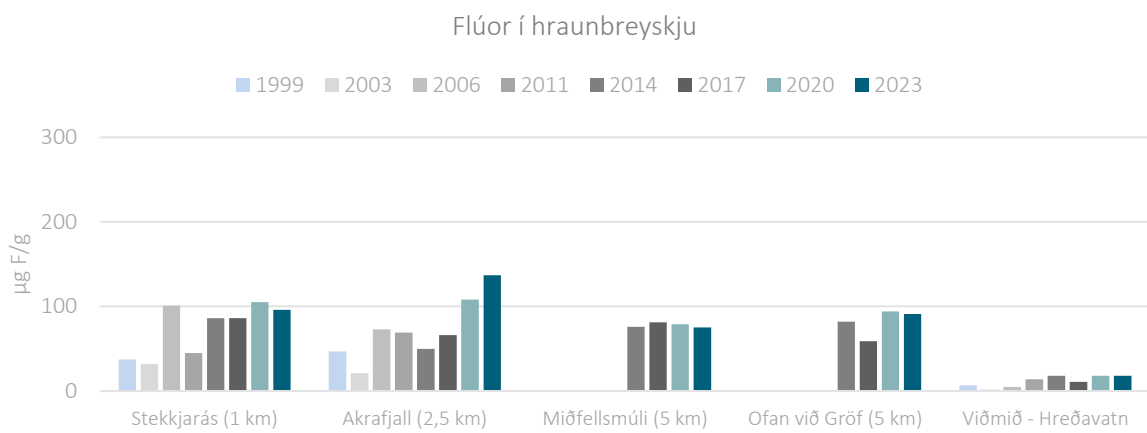
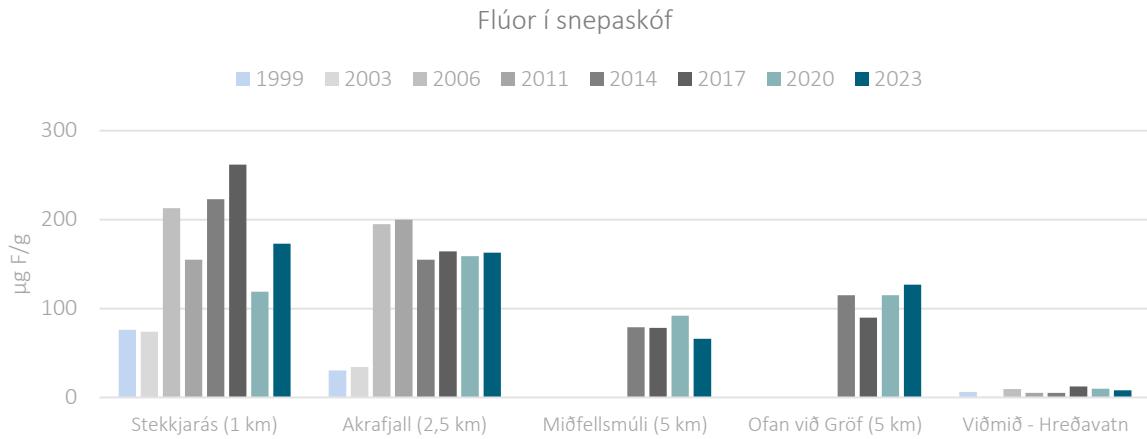
MYND 8.5 Styrkur brennisteins í snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og í hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*).

Flúor

Eins og í fyrri rannsóknum mældist hærri styrkur flúors í snepaskóf en hraunbreyskju og mun hærri í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnum frá Hreðavatni (mynd 8.6). Flúor mældist hæstur í sýnum af snepaskóf innan þyngingarsvæðis við Stekkjarás (173 µg F/g þurrefnis). Styrkur flúors ýmist jókst eða minnkaði miðað við árið 2020. Mesta breyting til hækkunar var í styrk flúors í snepaskóf við Stekkjarás og hraunbreyskju við Akrafjall (mynd 8.7). Styrkur flúors í öðrum sýnum breyttist lítillega (bæði lækkaði og hækkaði) á tímabilinu 2020 til 2023 .



MYND 8.6 Styrkur flúors, árið 2023, í snepaskóf og hraunbreyskju á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu.

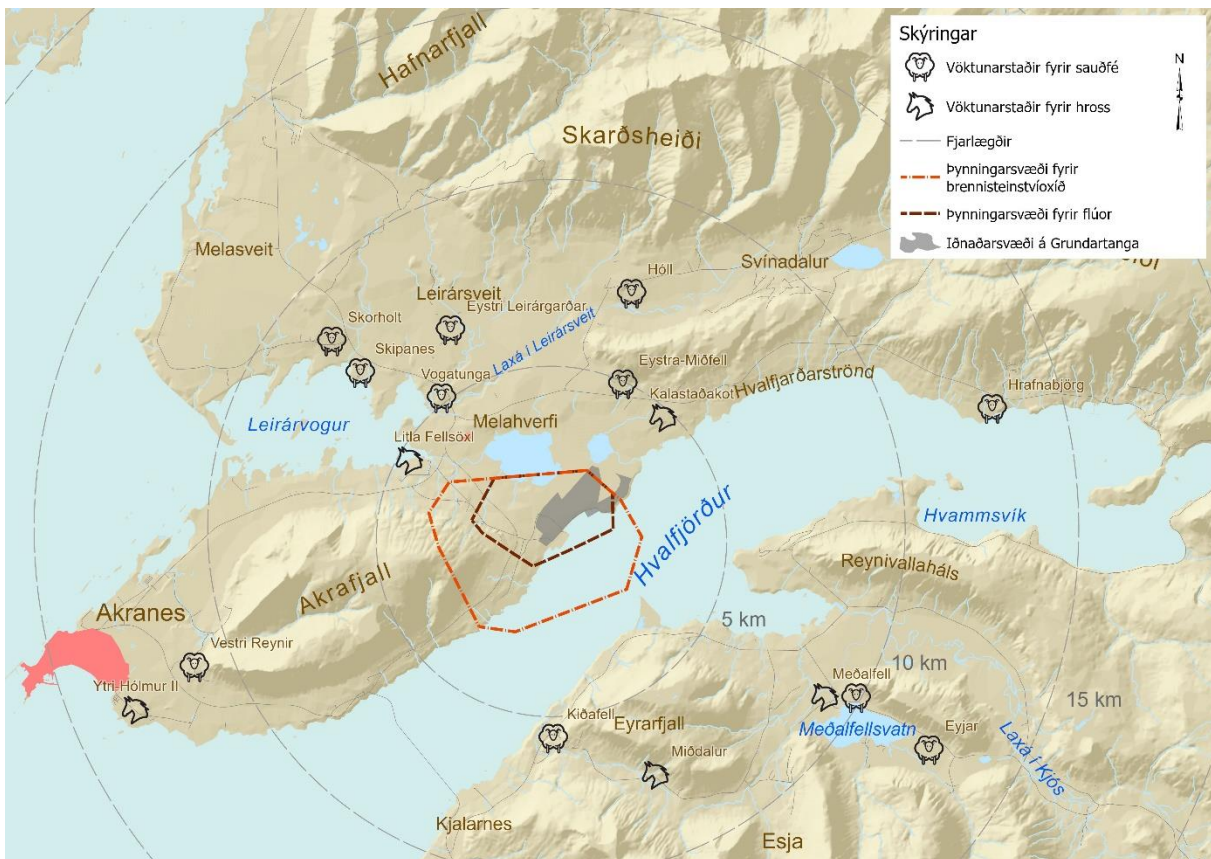


MYND 8.7 Styrkur flúors í snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og í hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) frá því að mælingar hófust.

9 GRASBÍTAR

Árleg vöktun fer fram á áhrifum flúors á sauðfé og hross frá bæjum í nágrenni við iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Vöktunarbæirnir eru staðsettir bæði norðan og sunnan Hvalfjarðar (mynd 9.1). Flúor var mældur í beinösku kjálka sláturfjár, annars vegar í lömbum og hins vegar í fullorðnu fé. Einnig voru kjálkarnir skoðaðir með tilliti til vísbendinga um skemmdir vegna flúóráhrifa [15]. Dýralæknir frá Dýralækninum í Mosfellsbæ sá um skoðun á kjálkum sauðfjár og Hafrannsóknastofnun sá um flúormælingar í beinösku kjálka. Dýralæknir skoðaði einnig ummerki um flúorskaða í tönnum lifandi sauðfjár og hrossa og mat ástand liðamáta í framfótum dýranna [16].

Grasbítar taka upp flúor með fóðri og vatni sem safnast fyrir í beinum þeirra með tíma, flúor mælist því yfirleitt hærrí í eldra fé. Frá hverjum vöktunarbæ er leitast við að greina fjögur kjálkabein af lömbum og fjögur af fullorðnu fé (6 vetra eða eldri) [1]. Upplýsingar um aldur dýranna koma fram á fjármerkjum viðkomandi bæja.



MYND 9.1 Vöktunarbæir fyrir sauðfé og hross árið 2023.

Sýni bárust frá 11 bæjum, af kjálkabeinum úr lömbum og fullorðnu fé, sem slátrað var haustið 2023 (mynd 9.1). Eins og áður var flúor mældur í viðmiðunarsýnum frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi, þar sem sauðfé var að hluta sett á fjörubeit, og frá Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi. Alls var flúor mældur í 108 sýnum af beinösku kjálkabeina (52 lömb og 56 fullorðin dýr). Öll kjálkabein voru einnig skoðuð og mæld m.t.t. áhrifa flúors [15]. Að þessu sinni bárust engin lömb frá Innra Hólmi auk þess sem búið er að fella allt fé á Grímsstöðum.

Flúor getur safnast upp í kjálkum og tönnum grasbíta, til dæmis vegna útblásturs flúors frá álverum, fjörubeitar eða vegna notkunar á flúorríkum jarðvegsáburði [15]. Uppsprettur flúors geta einnig verið af náttúrulegum uppruna og má nefna eldgos og jarðhitakerfi, auk skógarbruna, bruna á timbri og uppgufunar úr sjó [9]. Þolmörk sauðfjár gagnvart flúor eru óljós þar sem þau eru háð ýmsum þáttum svo sem aldri dýrsins, fóðri, nyt og burðartíma. Rannsóknir liggja ekki fyrir um áhrif flúors á tennur sauðfjár og því er, líkt og undanfarin ár, miðað við niðurstöður norskrar rannsóknar á ungum dádýrum. Í töflu 9.1 er sýndur sá styrkur flúors í kjálka dádýra sem talinn er geta skapað hættu á tannskemmdum [12, 17]. Einnig má nefna til viðmiðunar að styrkur flúors mældist í kringum 180-200 µg F/g í beinösku 4-5 mánaða gamla íslenskra sláturlamba, sem ekki hafa orðið fyrir neinni flúormengun sumarlengt [18]. Jafnframt 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 [18]. Samkvæmt breskri rannsókn er styrkur flúors í beinum jörturdýra á bilinu 1.000 – 1.500 µg F/g [19].

Talið er að ef styrkur flúors í grasi yfir vaxtartíma gróðurs fer yfir 30 µg F/g sé hættu á skaðlegri uppsöfnun flúors í kjálka sauðfjár [9].

TAFLA 9.1 Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum grasbíta, byggt á niðurstöðum norskra rannsókna á ungum dádýrum 1,5 ára [12, 17].

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

Dýralæknir mat ástand liða og ummerki um flúorskaða í tönnum lifandi fjár frá fimm bæjum norðan og sunnan Hvalfjarðar (samtals 50 dýr), þ.e. frá Hrafnabjörgum, Eystra Miðfelli, Vogatungu, Kiðafelli og Eyjum. Féð var á aldrinum 1-8 vetra.

Einnig skoðaði dýralæknir tennur og liði, m.t.t. flúorskaða, í samtals 30 hrossum frá fimm bæjum, norðan og sunnan Hvalfjarðar, þ.e. frá Litlu Fellsöxl, Kalastaðakoti, Ytri Hólmi, Miðdal og Meðalfelli. Leitast var við að skoða bæði ung og gömul hross. Aldur hrossanna var 1 til 29 vetra. Þá var leitast við 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 febrúar 2024.

Mat er lagt á áhrif flúors á tennur í lifandi grasbítum (hross og sauðfé) miðað við matskerfi sem sjá má í töflu 9.2

TAFLA 9.2 Matskerfi fyrir breytingar á tönnum í lifandi búfé [16].

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

9.1 Niðurstöður

Í viðauka G má sjá ítarlegar niðurstöður fyrir umhverfisvöktun á grasbitum. Vísað er til fyrri ársskýrslna umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður árána 1998 til 2013, sem nálgast má hjá Umhverfisstofnun.

Í töflu 9.3 má sjá meðalstyrk flúors frá vöktunarbæjum við Hvalfjörðinn og talin þolmörk dádýra. Þar má einnig sjá hvaða breytingar hafa orðið á styrk flúors árið 2023 miðað við árið 1997 (vöktun hófst) og árið 2007 (öll ker álversins komin í rekstur). Í viðauka G eru upplýsingar um meðalstyrk flúors í kjálkabeini fullorðins fjár og lamba frá öllum vöktunarbæjum ásamt ítarlegri niðurstöðum, tölfræðigreiningar og yfirliti um skoðun tanna og liðamóta í lifandi hrossum og sauðfé.

TAFLA 9.3 Niðurstöður vöktunar fyrir sauðfé og talin þolmörk grasbita á flúorstyrk í beinum auk niðurstaðna tölfræðiúrvinnslu.

Vöktunarbæir	Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (µg F/g þurrefni)	Breytingar 2023 m.v. 1997	Breytingar 2023 m.v. 2007
Lömb			
<i>Bæir norðan Hvalfjarðar</i>			
<i>Bær austur af iðnaðarsvæðinu (Hrafnabjörg)</i>	177		
<i>Bær vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu (Vestri Reynir)</i>	364		
<i>Bæir norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu (Vogatunga, Eystrí Leirárgarðar, Skipanes, Skorholt, Hóll, Eystra Miðfell)</i>	217		
<i>Allir bæir norðan Hvalfjarðar</i>	224	Hækkun	Lækkun
<i>Bæir sunnan Hvalfjarðar</i>			
<i>Kiðafell, Meðalfell</i>	289	Hækkun	Engin breyting
Fullorðið fé			
<i>Bæir norðan Hvalfjarðar</i>			
<i>Bær austur af iðnaðarsvæðinu</i>	1.031		
<i>Bæir vestur/suðvestur af iðnaðarsvæðinu (Vestri Reynir, Innri Hólmur)</i>	1.537		
<i>Bæir norður/norðvestur af iðnaðarsvæðinu</i>	1.082		
<i>Allir bæir norðan Hvalfjarðar</i>	1.135	Hækkun	Engin breyting
<i>Allir bæir sunnan Hvalfjarðar</i>	1.044	Engin breyting	Hækkun
Viðmið			
Talin hætta á tannskemmdum í dádýrum	1.000 - 2.000		
Veldur tannskemmdum í dádýrum	>2.000		

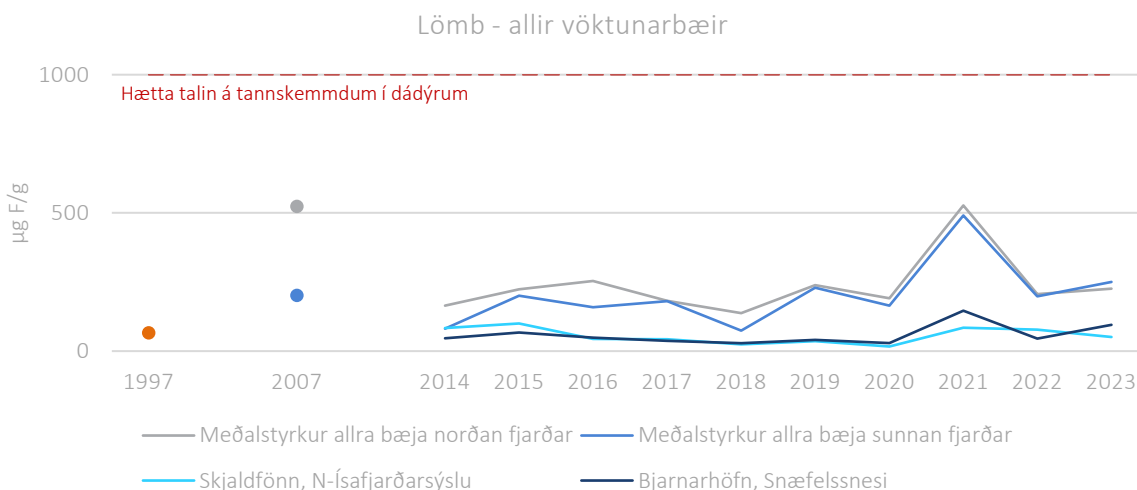
9.1.1 Flúor í lömbum

Hæsti meðalstyrkur flúors mældist í kjálkabeinum lamba frá Eystra Miðfelli (468 $\mu\text{g F/g}$, min: 350 $\mu\text{g F/g}$, max: 719 $\mu\text{g F/g}$). Lægsti meðalstyrkur flúors mældist í lömbum frá Eystri Leirárgörðum (113 $\mu\text{g F/g}$). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba mældist aldrei yfir þeim mörkum þar sem hætta er talin á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum (1.000 $\mu\text{g F/g}$, viðauki G).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá öllum vöktunarbæjum var 233 $\mu\text{g F/g}$, sem er svipað og árið á undan. Meðalstyrkur flúors mældist hærrí á bæjum sunnan Hvalfjarðar 289 $\mu\text{g F/g}$ en norðan fjarðarins 224 $\mu\text{g F/g}$ (mynd 9.2). Til viðmiðunar mældist flúor í kjálkabeinum lamba 51 $\mu\text{g F/g}$ frá Skjaldfönn og 95 $\mu\text{g F/g}$ frá Bjarnarhöfn. Eins og áður er marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk allra vöktunarsvæða samanborið við árið 1997, hins vegar var engin breyting á flúor samanborið við árið 2007.

Meðalstyrkur flúors, árið 2023, í lömbum frá svæðum austan, norðan, norðvestan og sunnan af iðnaðarsvæðinu var innan þeirra sveiflu sem mælingar hafa sýnt frá árinu 2007.

Meðalstyrkur flúors í lömbum norðan fjarðar árið 2023 var marktækt hærrí en mældist árið 1997, en lækkaði miðað við árið 2007. Sunnan fjarðar var meðalstyrkurinn hærrí árið 2023 miðað við árið 1997, óbreyttur miðað við 2007. Árið 2023 mældist styrkur flúors lægri í lömbum norðan fjarðar en sunnan fjarðar hins vegar er ekki hér um marktækan mun að ræða. Í gegnum árin hefur meðalstyrkur flúors í lömbum norðan fjarða yfirleitt verið hærrí eða svipaður og meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan fjarðar, en ekki hefur alltaf verið um marktækan mun að ræða (viðauki G.b)



MYND 9.2 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum norðan og sunnan fjarðar auk viðmiðunarsýna frá 1997 og 2007.

9.1.2 Flúor í fullorðnu fé

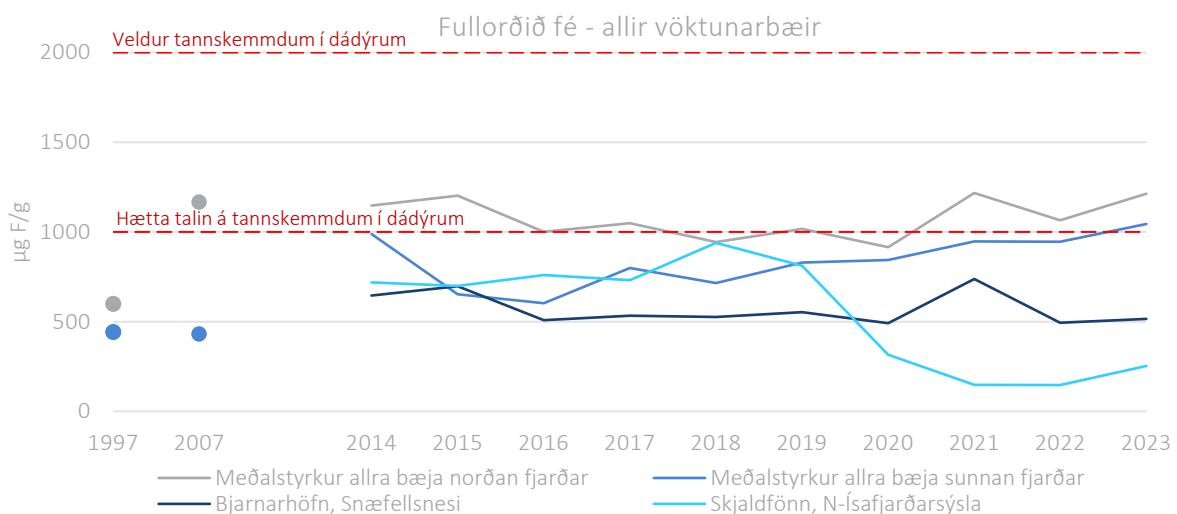
Flúor safnast fyrir í beinum kinda með tíma getur því verið erfitt að bera saman styrk flúors í fullorðnu fé á milli ára. Í þessari vöktun er markmiðið að mæla flúor í 6 vetra fé og eldra, en það hefur ekki tekist í öllum tilvikum í gegnum árin. Meðalaldur fullorðins fjár árið 2023 var um 6,3 vetra (yngst 2 vetra og elst 10 vetra).

Þrjú dýr mældust með flúor í þeim styrk sem talinn er valda tannskemmdum í dádýrum (2.000 µg F/g), tvö dýr frá Eystra Miðfelli (2.336 µg F/g og 2.006 µg F/g, 8 og 3 vetra gömul dýr) og eitt frá Innra Hólmi (2.091 µg F/g, 12 vetra gamalt dýr). Meðalstyrkur flúors mældist hæstur í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjunum Innra Hólmi (1.957 µg F/g, min: 1.823 µg F/g, max: 2.091 µg F/g) og Eystra Miðfelli (1.935 µg F/g, min: 1.636 µg F/g, max: 2.336 µg F/g). Þessi meðalstyrkur er yfir þeim viðmiðunarmörkum þar sem hætta er talin á tannskemmdum vegna flúors í dádýrum (1.000 µg F/g, viðauki F). Meðalstyrkur flúors var yfir 1.000 µg F/g í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öðrum sex bæjum Hrafnabjörgu, Vestri-Reyni, Skipanesi, Skorholti, Vogatungu og Meðalfelli. Lægst mældist flúor í fullorðnu fé frá Kiðafelli (623 µg F/g). Til viðmiðunar mældist meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé 252 µg F/g frá Skjaldfönn (6 vetra gömul dýr) og 516 µg F/g frá Bjarnarhöfn (4-7 vetra gömul dýr).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá öllum vöktunarbæjum var 1.120 µg F/g. Meðalstyrkurinn var 1.212 µg F/g frá bæjum norðan fjarðar og 1.044 µg F/g frá bæjum sunnan fjarðar (mynd 9.3). Meðalstyrkur flúors árið 2023 mældist innan þeirrar sveiflu sem mælst hefur frá árinu 2008.

Frá upphafi vöktunar hefur meðalstyrkur flúors verið hærri í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum norðan Hvalfjarðar en sunnan. Árið 2023 er ekki um marktækan mun að ræða en það hefur ekki verið tilfellið öll vöktunarárin (viðauki G.c).

Árið 2023 var ekki marktæk breyting á meðalstyrk flúors í fullorðnu fé norðan Hvalfjarðar miðað við árið 2007 en marktæk hækkun miðað við árið 1997. Sunnan fjarðar var marktæk breyting til hækkunar á meðalstyrk flúors í fullorðnu fé miðað við árin 1997 og 2007.



MYND 9.3 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum norðan og sunnan fjarðar auk viðmiðunarsýna frá 1997 og 2007.

9.1.3 Skoðun á kjálkum og tönnum í sláturfé

Dýralæknir skoðaði kjálka úr sláturfé m.t.t. 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 glerungs, 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.c [15].

TAFLA 9.4 Yfirlit yfir mat dýralæknis á tannheilsu sláturfjár.

Tannheilsa lamba*	Bæir norðan Hvalfjarðar Fjöldi dýra	Bæir sunnan Hvalfjarðar Fjöldi dýra	Viðmiðunarbæir Fjöldi dýra
Góð	38	6	8
Sæmileg	0	0	0
Slæm	0	0	0
Tannheilsa fullorðins fjár*	Bæir norðan Hvalfjarðar Fjöldi dýra /meðalstyrkur (µg F/g þurrefni)	Bæir sunnan Hvalfjarðar Fjöldi dýra /meðalstyrkur (µg F/g þurrefni)	Viðmiðunarbæir Fjöldi dýra /meðalstyrkur (µg F/g þurrefni)
Góð	10 / 1.020	1 / 646	3 / 454
Sæmileg	4 / 1.240	2 / 630	2 / 480
Slæm	25 / 1.164	5 / 1.290	4 / 316
Meðalaldur (ár)	6,4	6,3	5,7

* 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 en mikið var um slæma tannheilsu í fullorðnu fé (tafla 9.4). Hæsti styrkur flúors mældist í fullorðnu dýri frá Eystra Miðfelli (2.2336 µg F/g). Árið 2023 mældust þrjú fullorðin dýr yfir viðmiðunarmörkum, sem veldur tannskemmdum í dádýrum (2.000 µg F/g) en ekkert dýr árið 2022. Tuttugu og tvö dýr mældust yfir viðmiðunarmörkum, þar sem hætta er talin á tannskemmdum í dádýrum (1.000 µg F/g) miðað við tuttugu og þrjú árið 2022. Dýrin voru ýmist með góða, sæmilega eða slæma tannheilsu. Breytingar sáust á glerungi tanna hjá einu fullorðnu dýri sunnan fjarðar og einu dýri frá Bjarnarhöfn, en engar breytingar sáust í lömbum.

Tannheilsa versnar með aldri en samkvæmt niðurstöðum virðist ekki vera greinilegt samband milli slæmrar tannheilsu og magns flúors í kjálkabeinum [15].

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) gáfu til kynna að áhrif flúors séu ekki greinanleg. Ástand tanna var innan þeirra marka sem dýralæknir telur eðlilegt.

Í viðauka G.c má sjá yfirlit yfir niðurstöður skoðunar tanna og liðamóta framfóta í lifandi sauðfé og hrossum, sbr. matskerfi í töflu 9.2. Almennt var matið lágt á ástandi á tönnum og liðum bæði hjá sauðfé og hrossum. Tennur í einu hrossi fékk einkunnina 3 (nokkur áhrif, þar sem dæld/eyðing var sjáanleg í glerungi). Ekki var hægt að fullyrða að eyðingin væri að völdum flúors, þar sem tannsteinn getur t.d. valdið skaða á tönnum og tannholdi. Hæsta meðaltalsgildi fyrir mat á ástandi allra tanna var í hrossum frá Miðdal (0,29) og lægst í hrossum frá Ytra Hólmi (0,08). Nokkuð var um að nokkrar framtennur vantaði í sauðféð. Hæsta meðaltalsgildi fyrir framtennur var í fé frá Eystra Miðfelli (0,03). Ekki fundust breytingar á liðum hrossa eða sauðfjár við skoðun [16].

10 HEIMILDASKRÁ

- [1] „Umhverfisvöktunaráætlun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga 2018-2028. Önnur endurskoðun 28.03.2018,“ 2018. [Á neti]. Available: https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Eftirlitsskýrslur/alver/Voktunaraaetlun_2018_2021_2endursk_28032018.pdf.
- [2] Elín Jónsdóttir, „Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Mælingar í lofti og úrkomu. Janúar-desember 2023,“ Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður, 2024.
- [3] Veðurstofa Íslands, „Brennisteinsmengun - mælingar í tugi ára,“ án árs. [Á neti]. Available: <http://www.vedur.is/mengun/mengun/brennisteinn>. [Skoðað apríl 2024].
- [4] Egill Antonsson, „Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga - Ferskvatnsmælingar 2023,“ Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður, 2024.
- [5] Camargo, Julio A., „Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review,“ *Chemosphere*, b. 50, nr. 3, pp. 251-264, 2003.
- [6] Egill Antonsson, „Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Mælingar í sjó við flæðigryfjur 2023,“ 6EM23013, Efnagreiningar, Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður, 2024.
- [7] Egill Antonsson, „Gróðurskýrsla 2023. Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Norðurál á Grundartanga ehf.,“ Efnagreiningar, Hafrannsóknastofnun, 2024.
- [8] R. Liteplo, R. Gomes, P. Hower og H. Marcolm, „Fluorides. Environmental Health Criteria 227,“ Alþjóða heilbrigðismálastofnunin (WHO), 2002.
- [9] Weinstein L.H. og Davison A.W., „Fluorides in the Environment. Effects on Plants and Animals.,“ CABI Publishing, Wallingford, Bretlandi, 2004.
- [10] 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.

- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Starri Heiðmarsson; Cécile Chauvat og Valtýr Sigurðsson, „Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2020-2023. NI-24001,“ Náttúrufræðistofa Norðurlands Vestra, Sauðárkróki, 2024.
- [14] Starri Heiðmarsson og Rannveig Thoroddsen, „Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2014-2017,“ Náttúrufræðistofa Íslands, NÍ-18001, 2018.
- [15] Þórunn Lára Þórarinsdóttir, Dýralæknirinn Mosfellsbæ, „Flúormæling kjálkabeina og skoðun tanna í sauðfé fyrir árið 2023. Skýrsla vegna umhverfisvöktunar iðnaðarsvæðisins á Grundartanga,“ Dýralæknirinn Mosfellsbæ, Mosfellsbær, 2023.
- [16] Þórunn Lára Þórarinsdóttir, Dýralæknirinn Mosfellsbæ, „Skýrsla fyrir árið 2024, sem er liður í umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga 2018-2028. Lifandi búfé,“ Dýralæknirinn Mosfellsbæ, Mosfellsbær, 2024.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] C. Livesey og J. Payne, „Diagnosis and inverstigation of fluorosis in livestock and horses,“ *In Practice*, b. 33, nr. 9, pp. 454-461, 2011.
- [20] National Research Council, „Effects of Fluorides in Animals,“ National Academy of Science, National Academies Press, 1974.

VIÐAUKI A ELDRI ÁRSSKÝRSLUR UMHVERFISVÖKTUNAR

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

- 1) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2022. Maí 2023.
- 2) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2021. Júní 2022.
- 3) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2020. Apríl 2021.
- 4) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2019. Apríl 2020.
- 5) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2018. Maí 2019.
- 6) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2017. Apríl 2018.
- 7) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2016. Apríl 2017.
- 8) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2015. Apríl 2016.
- 9) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2014. Apríl 2015.
- 10) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2013. Apríl 2014.
- 11) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2012. Apríl 2013.
- 12) Umhverfisvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2011. Apríl 2012.
- 13) Umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010. Apríl 2011.
- 14) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2009. Apríl 2010.
- 15) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2008. Apríl 2009.
- 16) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2007. Maí 2008.
- 17) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Niðurstöður umhverfisvöktunar fyrir rekstrarárið 2006. Október 2007.
- 18) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2005. Nóvember 2006.
- 19) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2004. Lokaskýrsla. Apríl 2005.
- 20) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2003. Lokaskýrsla. Apríl 2004.
- 21) Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar 2002. Lokaskýrsla. Mars 2003.

VIÐAUKI B LOFTGÆÐI

TAFLA B.1 Niðurstöður veður- og loftgæðamælinga á Kríuvörðu árið 2023, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins, ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða.

Mælipáttur	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viðmiðunargildi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Skýring
F (síur, apríl - október)			
Meðalstyrkur HF	0,31		
Meðalstyrkur HF (apríl - sept.)	0,34	0,3	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	4,24		Mælt 8. Júní í SSV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	0,00		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,37		
Meðalstyrkur heildarflúors (apríl - sept.)	0,41	0,4	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	4,88		Mælt 8. Júní í SSV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,00		
F (síur, allt árið)			
Meðalstyrkur HF	0,25		
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	4,24		Mælt 8. Júní í SSV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	0,00		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,30		
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	4,24		Mælt 8. Júní í SSV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,00		
SO₂			
Meðalstyrkur ársins (loftkennt á síum)	5,84		
Meðalstyrkur ársins (sjálfvirkar mælingar)	7,9	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	135,1	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Má yfirstíga 3x árlega. Mælt 2.9 í SSV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	203,7	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Má yfirstíga 24x árlega. Mælt 2.9 í SV-átt.
H₂S			
Meðalstyrkur ársins	0,8	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	8,3	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010. Má yfirstíga 5x árlega. Mælt 21. júlí í ASA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
NO₂			
Meðalstyrkur ársins	0,9	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	6,9	75	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Má yfirstíga 7x árlega. Mælt 11.2 í SV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	28,4	200	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Mælt 11.2 í SV-átt.
NO_x			
Meðalstyrkur ársins	1,5	30	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	9,4		Mælt 11.2 í SV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Svifryk (PM₁₀)			
Meðalstyrkur ársins	5,5	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	24,1	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Má yfirstíga 35x árlega. Mælt 21.7 í SA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	1,6		
Svifryk (PM_{2,5})			
Meðalstyrkur ársins	4,8	20	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
PAH efni - Bensó(a)þýren			
Mældur styrkur apríl – október (síur)	$6 \cdot 10^{-7} - 9 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Umhverfismörk skv. rg. 410/2008.

TAFLA B.2 Niðurstöður veður- og loftgæðamælinga á Gröf II árið 2023, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða.

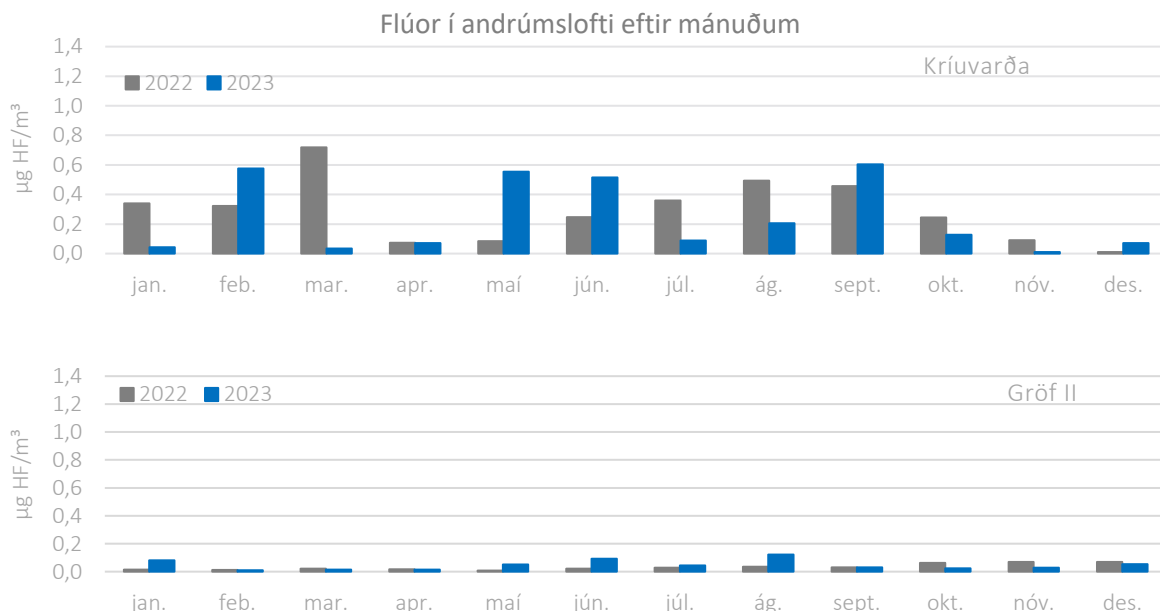
Mælipáttur	Styrkur (µg/m ³)	Viðmiðunargildi (µg/m ³)	Skýring
F (síur, apríl - október)			
Meðalstyrkur HF	0,05		
Meðalstyrkur HF (apríl - sept.)	0,06	0,3	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	0,48		Mælt 29.5-32.6 í SV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	0,0		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,07		
Meðalstyrkur heildarflúors (apríl - sept.)	0,06	0,4	Starfsleyfi Norðuráls Grundartanga.
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,53		Mælt 29.5-32.6 í SV-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,0		
F (síur, allt árið)			
Meðalstyrkur HF	0,05		
Hæsti mældi meðalstyrkur HF	0,48		Mælt 5. janúar í NNA-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur HF	0,0		
Meðalstyrkur heildarflúors	0,07		
Hæsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,85		Mælt 5. janúar í NNA-átt.
Lægsti mældi meðalstyrkur heildarflúors	0,0		
SO₂			
Meðalstyrkur ársins (loftkennt á síum)	4,25		
Meðalstyrkur ársins (sjálfvirkar mælingar)	4,6	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	74,3	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 3x árlega. Mælt 9. desember í NNA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	281,5	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 24x árlega. Mælt 31. desember í NNA-átt.
H₂S			
Meðalstyrkur ársins	0,6	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	7,4	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010. Leyfilegt að yfirstíga 5x árlega. Mælt 22. júlí í SSV-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
NO₂			
Meðalstyrkur ársins	3,0	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	31,7	75	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 7x árlega. Mælt 5. janúar í NNA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,2		
Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins	92,0	200	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Mælt 5. janúar í NNA-átt.
NO_x			
Meðalstyrkur ársins	3,3	30	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	37,6		Mælt 12. janúar í NNA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,2		
Svifryk (PM₁₀)			
Meðalstyrkur ársins	4,9	40	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.
Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	26,8	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 35x árlega. Mælt 21.7 í SA-átt.
Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins	0,0		
Svifryk (PM_{2,5})			
Meðalstyrkur ársins	4,0	20	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016.

TAFLA B.3 Niðurstöður loftgæðamælinga í Melahverfi árið 2023, meðalstyrkur og hæstu og lægstu sólarhrings- og klukkustundargildi ársins, ásamt skilgreindum umhverfismörkum sem gilda utan þynningarsvæða.

Mælipáttur	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viðmiðunargildi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Skýring
SO₂			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	3,0	20	Gróðurverndarmörk skv. rg. 920/2016.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	25,9	125	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 3x árlega. Mælt 1. september í SA-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		
<i>Hæsti klukkustundarmeðalstyrkur ársins</i>	79,4	350	Heilsuverndarmörk skv. rg. 920/2016. Leyfilegt að yfirstíga 24x árlega. Mælt 18. október í SA-átt.
H₂S			
<i>Meðalstyrkur ársins</i>	0,7	5	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010.
<i>Hæsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	5,6	50	Heilsuverndarmörk skv. rg. 514/2010. Leyfilegt að yfirstíga 5x árlega. Mælt 15. júní í ANA-átt.
<i>Lægsti sólarhringsmeðalstyrkur ársins</i>	0,0		

a. Flúor í andrúmslofti

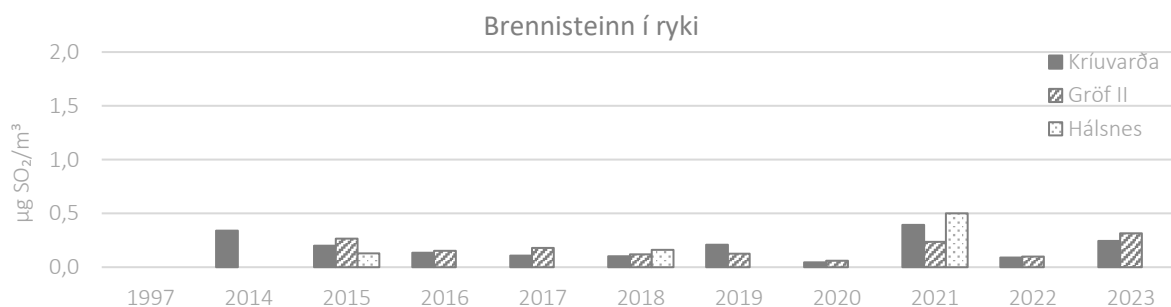
Á mynd B.1 er sýndur meðalstyrkur loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II árið 2023 og til samanburðar árið 2022. Styrkurinn sveiflast nokkuð milli mánaða en var heilt yfir aðeins meiri á Kríuvörðu árið 2023 en 2022.



MYND B.1 Meðalstyrkur loftkennds flúors (HF) í andrúmslofti á Kríuvörðu og Gröf II yfir árið 2023.

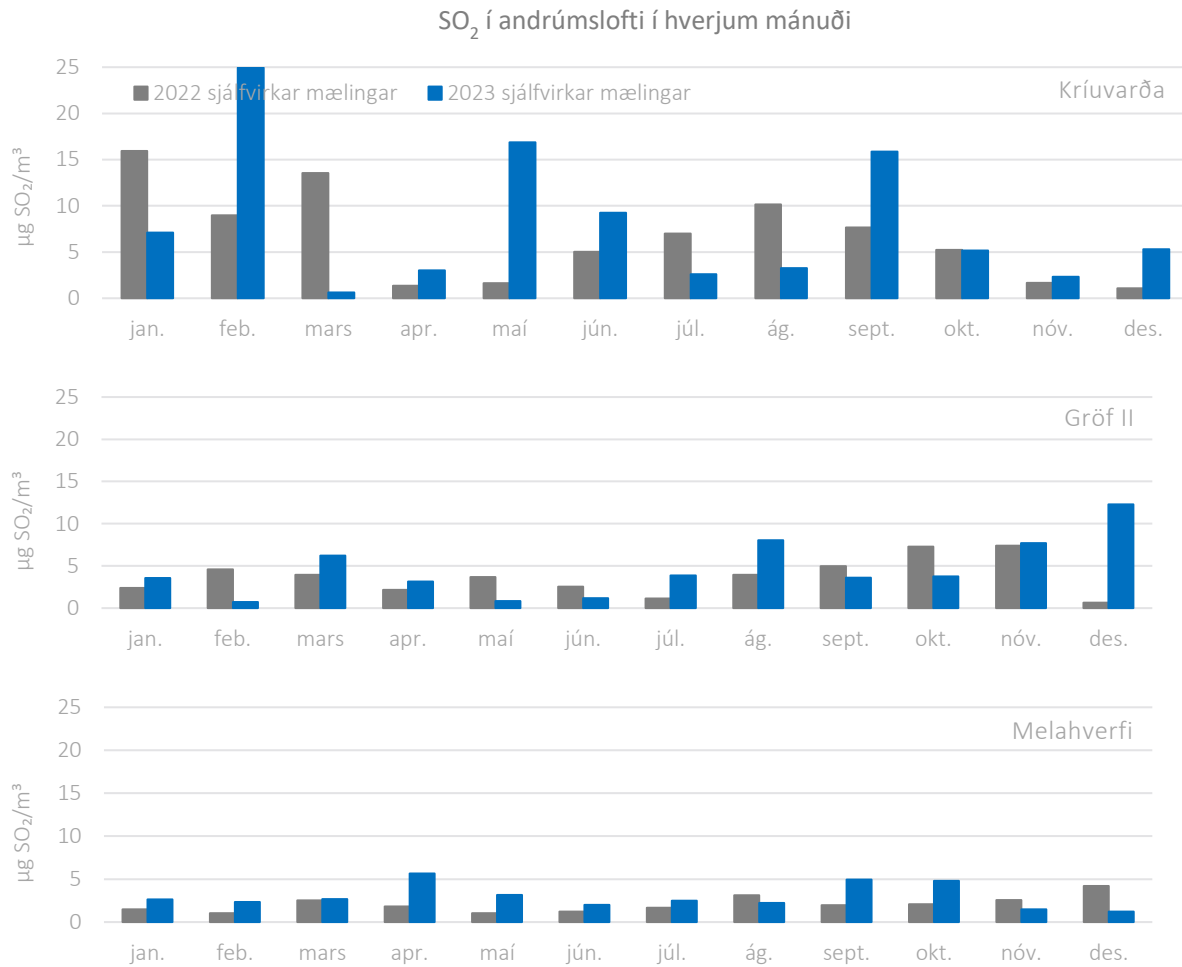
b. Brennisteinn í ryki og andrúmslofti

Mynd B.2 sýnir styrk brennisteins í ryksýnum sem safnað var á síur á vöktunarstöðunum. Brennisteinn í ryki á sér margar náttúrulegar uppsprettur, m.a. úr sjó og jarðvegi og er því ekki eiginlegur mælikvarði á mengun í Hvalfirði. Styrkurinn var þó í hærra lagi árið 2023 og sá mesti sem mælst hefur á Gröf II frá upphafi mælinga.



MYND B.2 Meðalstyrkur brennisteins í ryksýnum sem safnað var á síur á Kríuvörðu, Gröf II og Hálsnesi allt árið 2023.

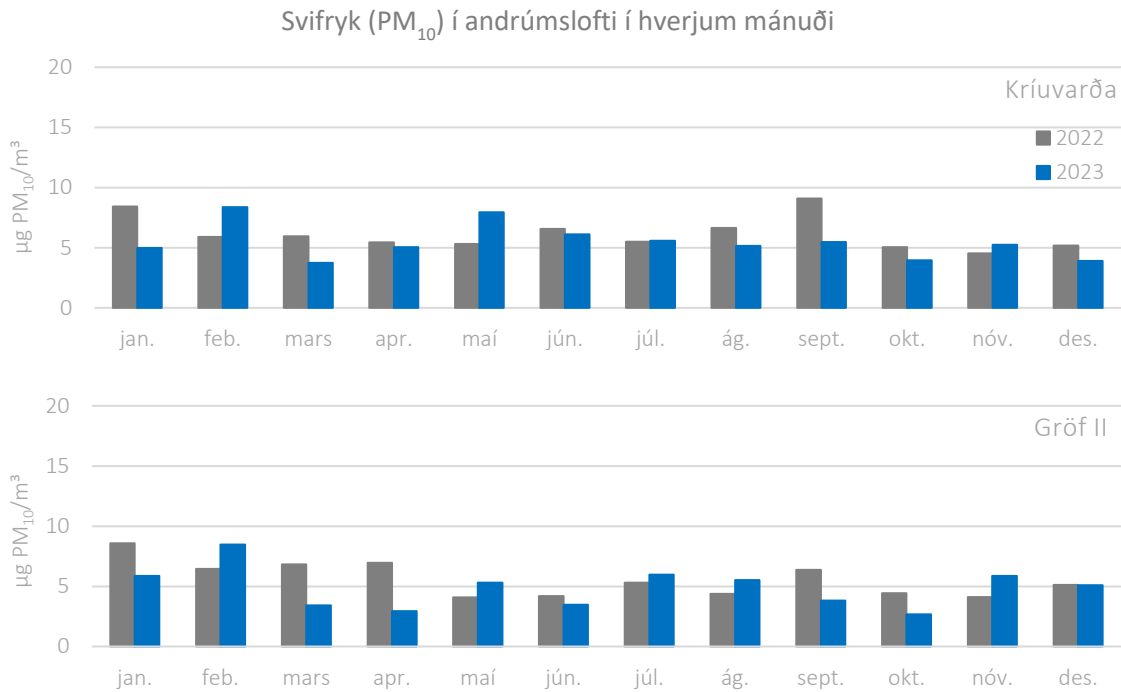
Mynd B.3 sýnir niðurstöður sjálfvirkra mælinga (flúrljómun) á meðalstyrk SO₂ í andrúmslofti í hverjum mánuði á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi árið 2023 og til samanburðar árið 2022. Árið 2023 mældist styrkur SO₂ aðeins hærra en árið 2022 á öllum stöðvum.



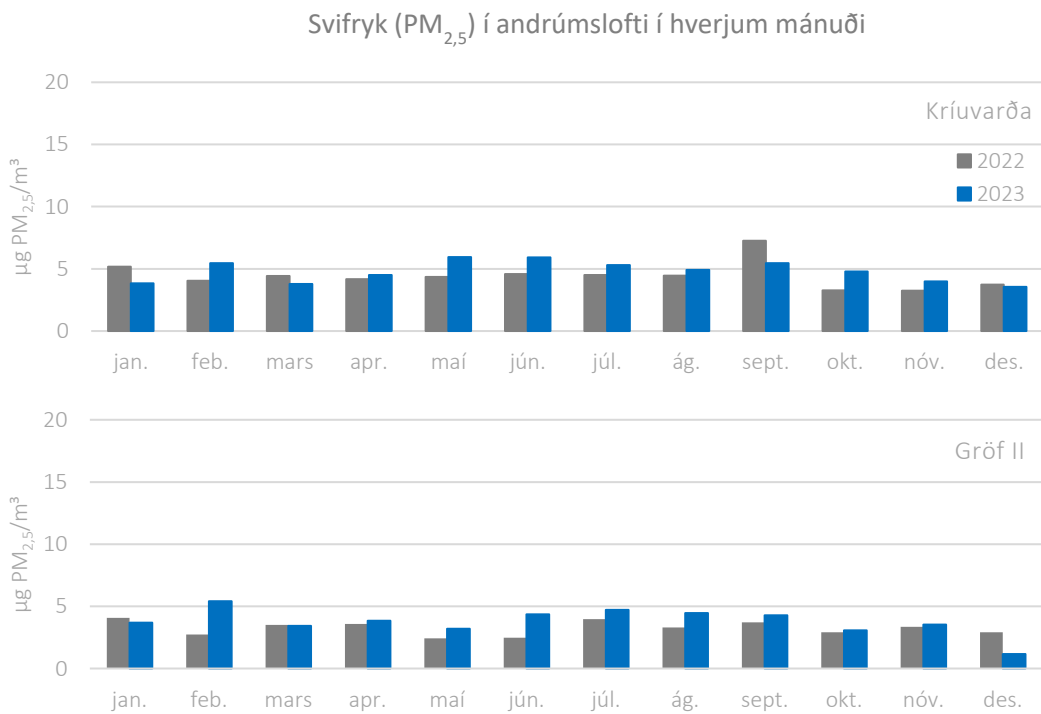
MYND B.3 Meðalstyrkur brennisteinstvíoxíðs í andrúmslofti í hverjum mánuði árin 2022 og 2023 á Kríuvörðu, Gröf II og Melahverfi.

c. Svifryk í andrúmslofti

Meðalstyrkur svifryks, PM₁₀ og PM_{2,5}, í hverjum mánuði á Kríuvörðu og Gröf II má sjá á myndum B.4 og B.5. Mælingar ársins 2023 fyrir PM₁₀ eru nokkuð lægri en árið áður, en hærri fyrir PM_{2,5}.



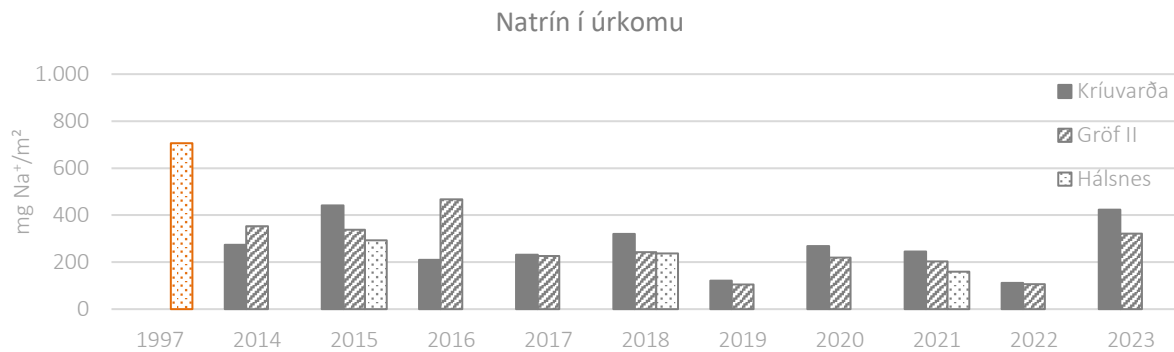
MYND B.4 Meðalstyrkur svifryks (PM₁₀) yfir árin 2023 og 2022 á Kríuvörðu og Gröf II.



MYND B.5 Meðalstyrkur svifryks (PM_{2,5}) yfir árin 2022 og 2021 á Kríuvörðu og Gröf II.

d. Uppleyst efni í úrkomu

Magn natríns, klórs, kalsíns og nítrats var mælt í úrkomu á Gröf II og Kríuvörðu. Sýni voru yfirleitt þokkalega tær. Niðurstöður eru reiknaðar sem áfall mengunarefna á hvern fermetra á mánuði á þeim stað sem sýnið er tekið. Meðalstyrkur natríns og klóríðs í úrkomu á Kríuvörðu 2014 – 2023 og á Gröf II 2014-2023 er birtur á myndum B.6 og B.7 ásamt mæliniðurstöðum frá Hálsnesi (þriðja hvert ár). Á báðum stöðum mældist styrkur natríns og klóríðs vel undir meðaltali síðasta áratugar.



MYND B.6 Meðalstyrkur natríns í úrkomu á Kríuvörðu og Gröf II.



MYND B.7 Meðalstyrkur klóríðs í úrkomu á Kríuvörðu og Gröf II.

VIÐAUKI C FERSKVATN

a. Niðurstöður mælinga

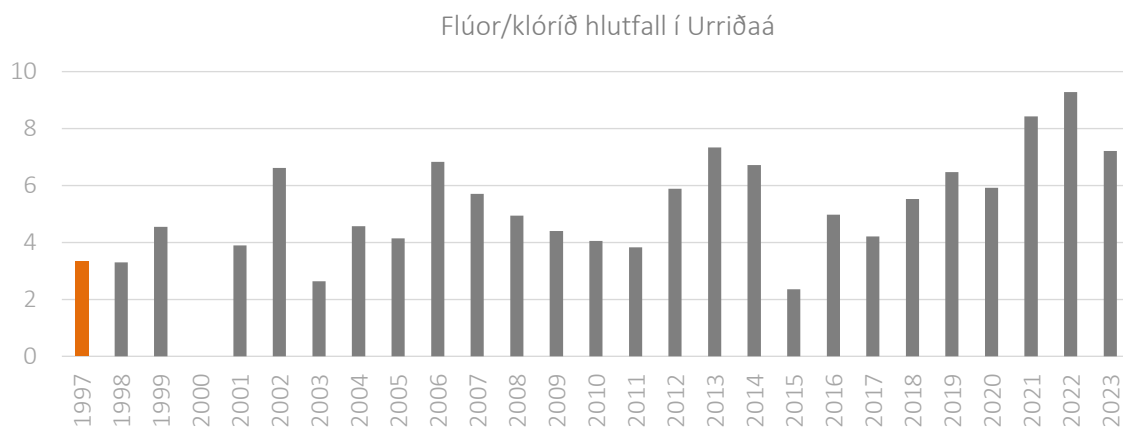
Tafla C.1 sýnir meðalstyrk allra mælinga árið 2023 í vöktunarám samanborið við hámarksgildi skv. reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn, þar sem við á. Í töflunni eru einnig birt hámarks- og lágmarksgildi allra mælipátta.

TAFLA C.1 Niðurstöður mælinga í vöktunarám árið 2023 (meðaltal, hámarks- og lágmarksgildi) ásamt skilgreindum hámarksgildum fyrir neysluvatn.

Mælistaður (fjöldi sýna)	Flúor (µg/L)	Klóríð (mg/L)	Súlfat (mg/L)	Sýrustig pH	Leiðni (µS/cm)
<i>Kalmansá (6)</i>	130 Min 99 Max 163	23,0 Min 14,6 Max 28,3	9,5 Min 7,2 Max 10,9	7,28 Min 7,16 Max 7,42	178 Min 137 Max 248
<i>Urriðaa (6)</i>	141 Min 109 Max 163	26,9 Min 9,3 Max 61,0	8,3 Min 7,3 Max 9,8	7,50 Min 6,99 Max 8,57	179 Min 148 Max 269
<i>Berjadalsá (3)</i>	28 Min 27 Max 31	10,8 Min 3,2 Max 16,2	3,1 Min 3,0 Max 3,3	7,40 Min 7,20 Max 7,51	84 Min 83 Max 85
<i>Fossá (2)</i>	33 Min 31 Max 35	7,9 Min 4,7 Max 11,1	2,2 Min 2,2 Max 2,2	7,60 Min 7,55 Max 7,65	82 Min 81 Max 84
<i>Laxá (2)</i>	40 Min 37 Max 43	8,3 Min 6,0 Max 10,7	2,7 Min 2,5 Max 2,8	7,76 Min 7,64 Max 7,87	85 Min 80 Max 89
<i>Kúludalsá (3)</i>	40 Min 37 Max 45	12,4 Min 3,3 Max 18,8	4,2 Min 4,1 Max 4,4	7,44 Min 7,26 Max 7,54	93 Min 91 Max 95
Hámarksgildi skv. rg. 536/2001	1.500	250	250	6,5 – 9,5	Á ekki við

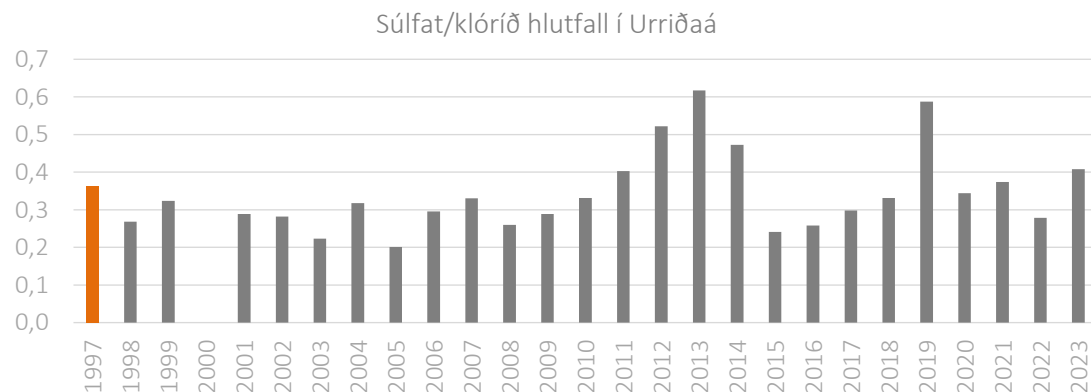
b. Áhrif sjávar á mælingar

Til að meta áhrif frá sjó er mældur styrkur klóríðs í vöktunaránum. Mældur styrkur klóríðs í ánum hefur ætíð verið innan þess hámarksgildis sem sett er fyrir styrk klóríðs í neysluvatni samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 (250 mg Cl/L). Til að meta áhrif sjávar er reiknað hlutfall flúor/klóríð í Urriðaá annars vegar og hlutfall sulfat/klóríð hins vegar, sjá myndir C.1 og C.2. Hlutfall flúor/klóríð var lægra en árið áður sem var það hæsta frá upphafi vöktunar. Eftir lágpunkt 2015 þegar styrkur klóríðs var óvenju hár hækkaði flúor/klóríð hlutfallið stöðugt til ársins 2019 en lækkaði aftur 2020. Árið 2021 var meðalstyrkur flúors í Urriðaá sá hæsti frá upphafi mælinga en meðalstyrkur klóríðs sá lægsti síðan 2014, þetta saman skilaði hæsta flúor/klóríð hlutfalli frá upphafi. Það endurtók sig svo árið 2022 sem skilaði enn herra hlutfalli. Árið 2023 var styrkur klóríðs sá hæsti frá 2017 en styrkur flóríðs var líka í herra lagi, flúor/klóríð hlutfallið var því nokkuð yfir meðaltali síðustu 10 ára.



MYND C.1 Meðaltal flúor/klóríð hlutfalls í Urriðaá og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

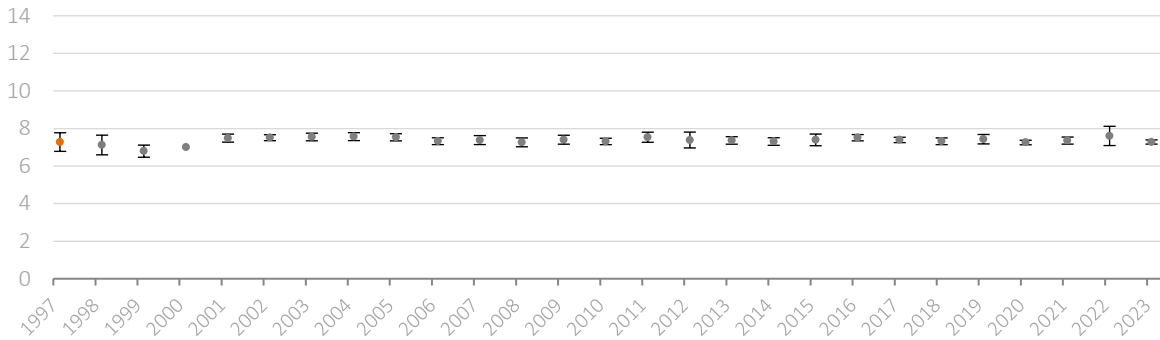
Til að meta áhrif sjávar er einnig reiknað hlutfall sulfats og klóríðs í Urriðaá. Á mynd C.2 má sjá að hlutfall sulfat/klóríð er aðeins yfir meðaltali síðustu 10 ára. Magn sulfats mældist rétt yfir meðaltali síðustu 10 ára. Styrk sulfats í ánni má meðal annars rekja til iðnaðarsvæðisins á Grundartanga.



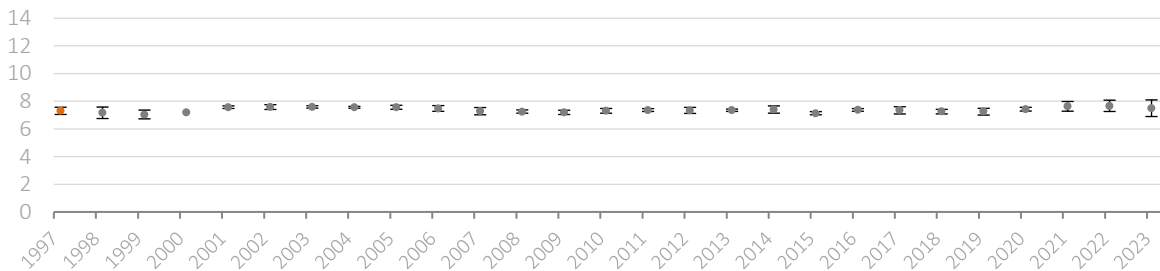
MYND C.2 Meðaltal sulfat/klóríð hlutfalls í Urriðaá og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

c. Tölfræðiniðurstöður ferskvatns

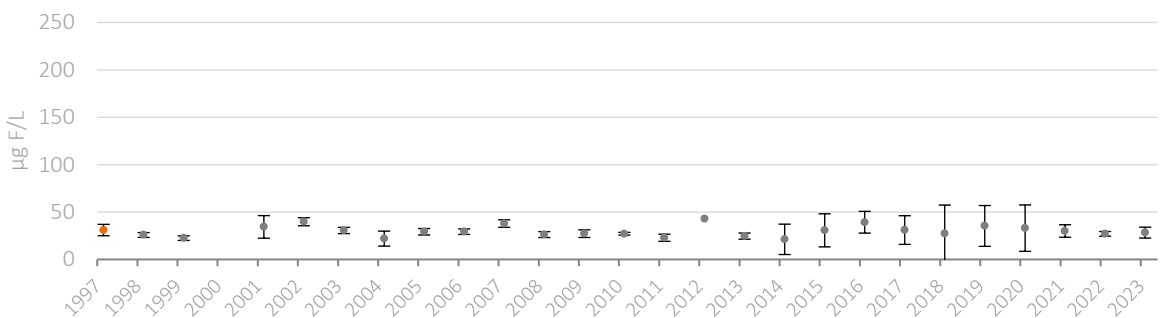
Árleg umhverfisvöktun hefur farið fram í ferskvatni frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna á tímabilinu frá 1997 – 2023 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðum Kalmansár, Urriðaár og Berjadalsár. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk. Myndir C.3 – C.5 sýna niðurstöður tölfræðigreininga á sýrustigi Kalmansár, Urriðaár og Berjadalsár frá árunum 1997 – 2023. Vert er að nefna að eftir því sem fleiri mælingar eru gerðar minnkar tölfræðióvissan og endurspeglar það að hluta til stærð öryggisbila.



MYND C.3 Meðaltal sýrustigs í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.

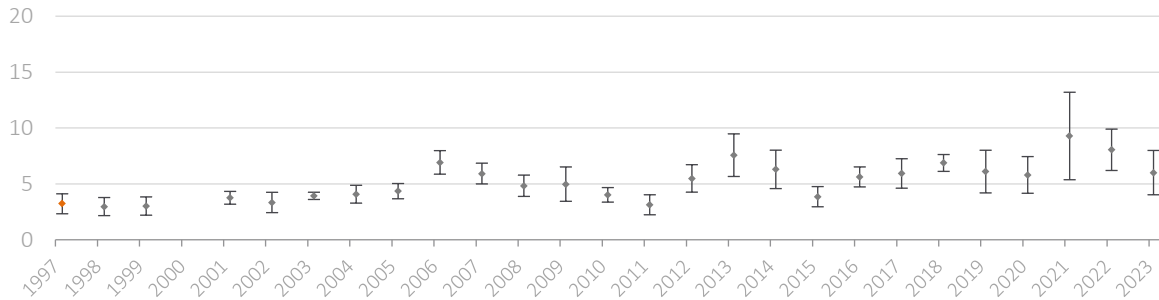


MYND C.4 Meðaltal sýrustigs í Urriðaá ásamt 95% öryggisbilum.

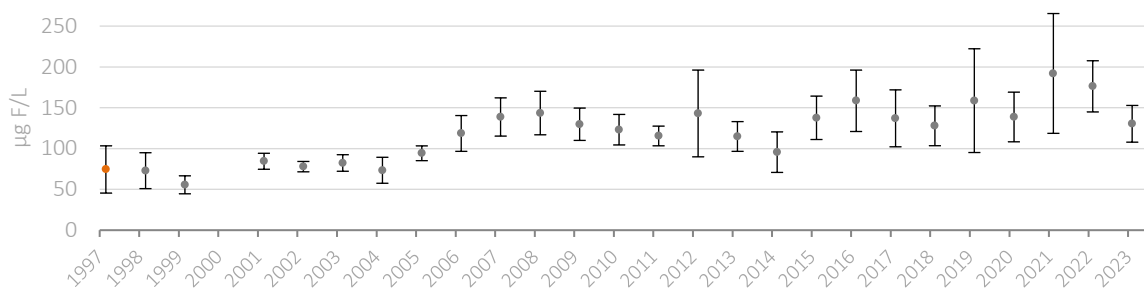


MYND C.5 Meðaltal sýrustigs í Berjadalsá ásamt 95% öryggisbilum.

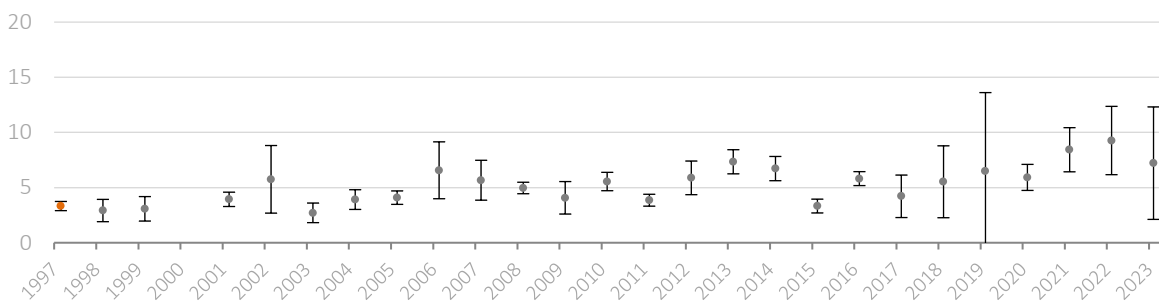
Á myndum C.6 – C.11 eru niðurstöður vegna tölfræðigreiningar á hlutfalli flúor/klóríð og mældum flúorstyrk í Kalmansá, Urriðaá og Berjadalsá.



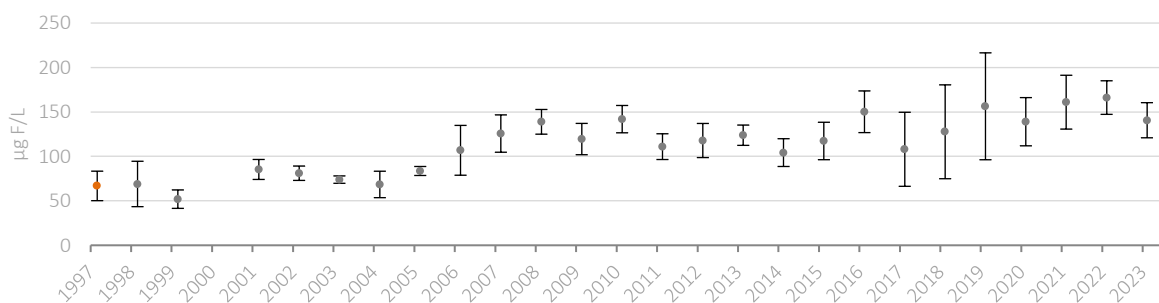
MYND C.6 Meðaltal flúor/klóríð hlutfalls í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



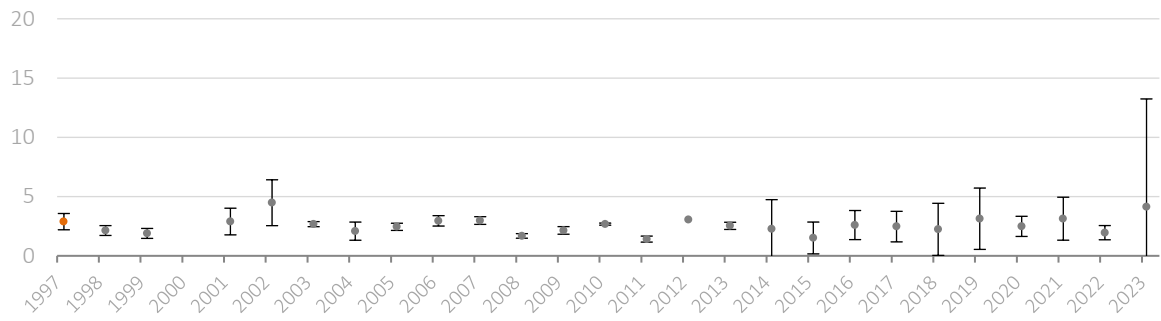
MYND C.7 Meðalstyrkur flúors í Kalmansá ásamt 95% öryggisbilum.



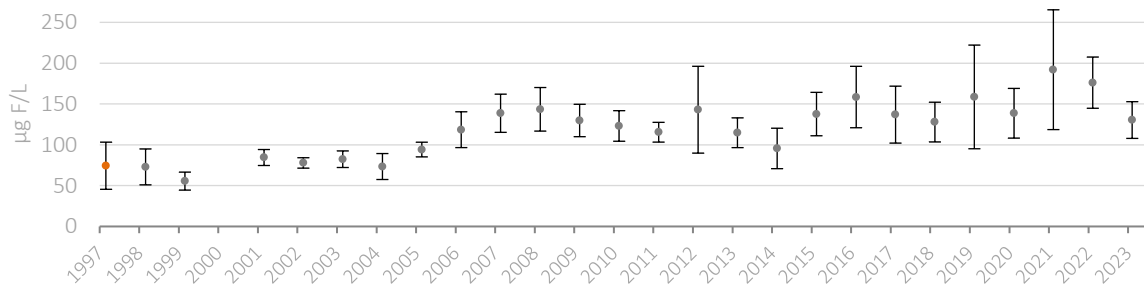
MYND C.8 Meðaltal flúor/klóríð hlutfalls í Urriðaá ásamt 95% öryggisbilum.



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



MYND C.10 Meðaltal flúor/klórið 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, hæsti og lægsti styrkur efna sem mæld voru í sjósýnum í júní og tvö sýni í ágúst árið 2023, auk meðaltal sömu efna frá viðmiðunarstöðum yfir tímabilið 2018-2023, þegar það á við. Umhverfismörk eru ekki til fyrir efni sem merkt eru með *.

Vöktunarstaður	Sýnið* (frítt) mg/L	Min Max	Sýnið* (heild) mg/L	Min Max	F mg/L	Min Max
1 Austurendi - 1 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,32	1,20
		<0,01		<0,01		1,50
2 Austurendi - 4 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,28	1,22
		<0,01		<0,01		1,48
3 Austanmegin - 1 m	<0,01	<0,0010	<0,01	0,0044	1,40	1,18
		<0,01		<0,01		1,54
4 Austanmegin - 4 m	<0,01	<0,0010	<0,01	0,0043	1,26	1,18
		<0,01		<0,01		1,34
5 Miðja - 1 m	<0,01	<0,0010	<0,01	0,0051	1,46	1,36
		<0,01		<0,01		1,53
6 Miðja - 4 m	<0,01	<0,0010	<0,01	0,0064	1,34	1,28
		<0,01		<0,01		1,38
7 Vestanmegin - 1 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,23	1,21
		<0,01		<0,01		1,26
8 Vestanmegin - 4 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,24	1,20
		<0,01		<0,01		1,27
9 Vesturendi - 1 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,22	1,16
		<0,01		0,019		1,26
10 Vesturendi - 4 m	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,010	1,24	1,16
		<0,01		0,01		1,31
Kalastaðir	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,19	1,10
		<0,01		<0,01		1,24
Miðja fjarðar	<0,01	<0,0010	<0,01	<0,0010	1,19	1,12
		<0,01		<0,01		1,24
Meðaltal 2018-2023 Kalastaðir	0,003		0,003		1,24	
Meðaltal 2018-2023 Miðja fjarðar	0,003		0,003		1,24	

TAFLA D.2 Meðalstyrkur, hæsti og lægsti styrkur efna sem mæld voru í sjósýnum í júní og tvö sýni í ágúst 2023, auk meðaltal sömu efna frá viðmiðunarstöðum yfir tímabilið 2018-2023, þegar það á við. Umhverfismörk eru ekki til fyrir efni sem merkt eru með *.

Vöktunarstaður	As µg/L	Min Max	Cr µg/L	Min Max	Cu µg/L	Min Max	Ni µg/L	Min Max	Pb µg/L	Min Max	Zn µg/L	Min Max	Al µg/L	Min Max	Fe* µg/L	Min Max	P* µg/L	Min Max	V* µg/L	Min Max
1 Austurendi - 1 m	1,73	1,52 2,12	0,16	0,10 0,21	<0,5	<0,5 0,96	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	25,0	16,0 30,9	27,0	17 40	<40	<40 0,3	2,13	1,9 2,2
2 Austurendi - 4 m	1,59	1,41 1,89	0,18	0,13 0,24	0,77	0,70 0,85	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 4,58	22,5	17,7 31,8	26,0	9 44	<40	<40 0,3	2,22	2,0 2,4
3 Austanmegin - 1 m	1,46	0,99 1,74	0,29	0,23 0,36	0,58	<0,5 0,79	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	22,8	19,9 27,7	33,0	18 47	<40	<40 0,3	2,13	1,9 2,3
4 Austanmegin - 4 m	1,83	1,53 2,22	0,27	<0,2 0,33	<0,5	<0,5 0,54	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,4	<2	<2 0,4	25,8	16,4 33,9	39,0	31 52	<40	<40 0,3	2,12	1,9 2,5
5 Miðja - 1 m	1,77	1,60 1,99	0,19	0,11 0,29	0,64	0,53 0,84	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	24,0	21,8 27,7	26,0	20 32	<40	<40 0,3	2,10	1,9 2,3
6 Miðja - 4 m	1,43	1,00 1,64	0,19	0,12 0,24	0,69	0,55 0,84	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	24,5	20,8 29,0	26,0	21 31	<40	<40 0,3	2,18	1,8 2,5
7 Vestanmegin - 1 m	1,72	1,31 1,60	0,37	0,20 0,68	<0,5	<0,5 0,5	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	22,5	18,6 27,7	28,0	18 42	<40	<40 0,3	2,18	1,7 2,6
8 Vestanmegin - 4 m	1,71	1,44 1,96	0,22	0,17 0,29	<0,5	<0,5 0,5	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	22,5	19,3 24,8	34,0	23 46	<40	<40 0,3	2,32	2,1 2,6
9 Vesturendi - 1 m	1,56	1,47 1,63	0,13	<0,1 0,17	0,60	<0,5 0,96	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	22,3	11,4 32,1	30,	15 45	<40	<40 0,3	2,17	1,7 2,5
10 Vesturendi - 4 m	1,42	1,18 1,71	0,24	0,23 0,26	0,71	0,65 0,8	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 2,06	22,1	11,0 28,6	29,0	14 44	<40	<40 0,3	2,43	2,1 2,6
Kalastaðir	1,51	1,12 2,3	0,16	0,13 0,18	<0,5	<0,5 0,5	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 0,3	12,6	5,0 20,8	20,0	13 32	<40	<40 0,3	2,10	1,8 2,3
Miðja fjarðar	1,59	1,46 1,78	0,20	<0,1 0,33	0,52	<0,5 0,68	<0,5	<0,5 0,5	<0,3	<0,3 0,3	<2	<2 4,35	23,1	19,4 25,3	27,0	17 34	<40	<40 0,3	2,18	1,9 2,4
Kalastaðir Meðaltal 2018-2023	1,64		0,70		0,6		0,7		0,3		2,00		54,0		95		43		2,36	
Miðja fjarðar Meðaltal 2018-2023	1,74		0,28		0,6		0,6		0,3		2,24		30,4		29,5		39		2,15	
Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum		Lítill hætta á áhrifum		Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki		Áhrifa að vænta		Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði												

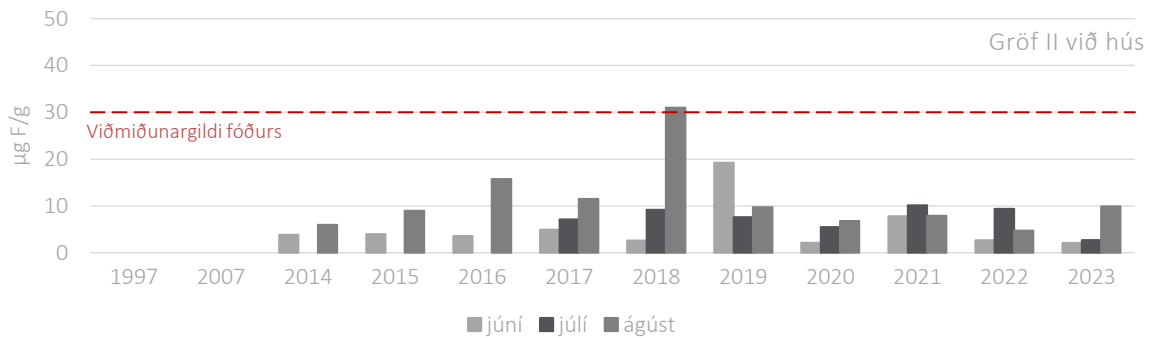
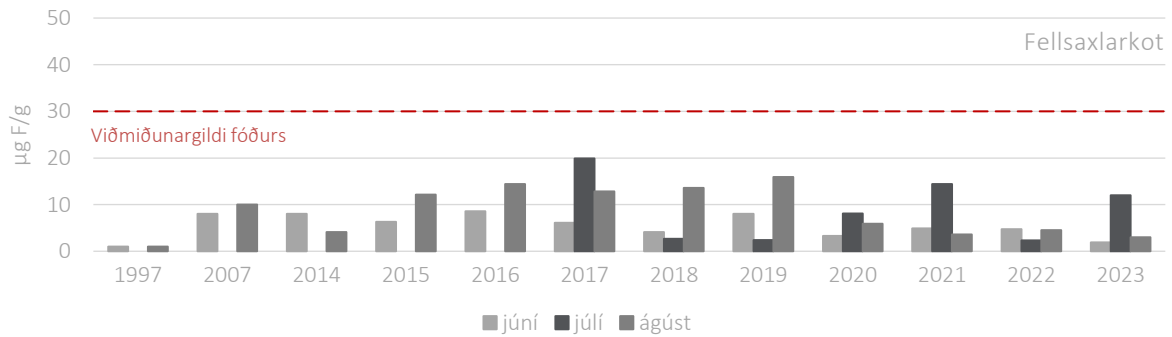
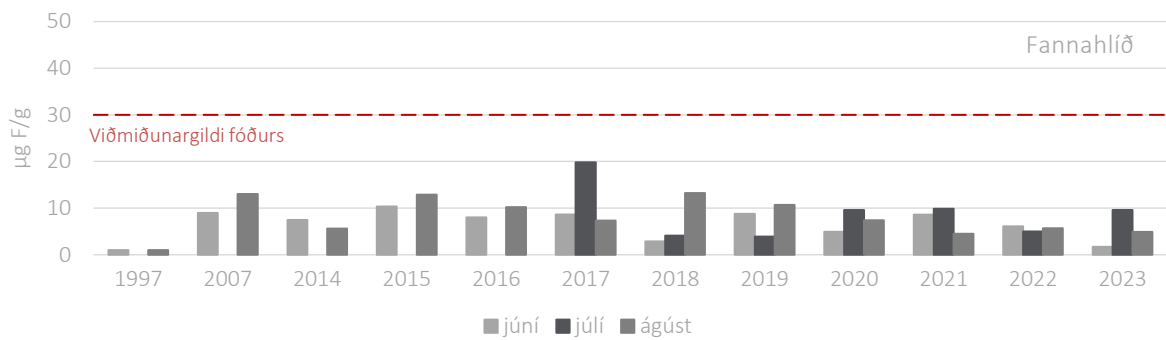
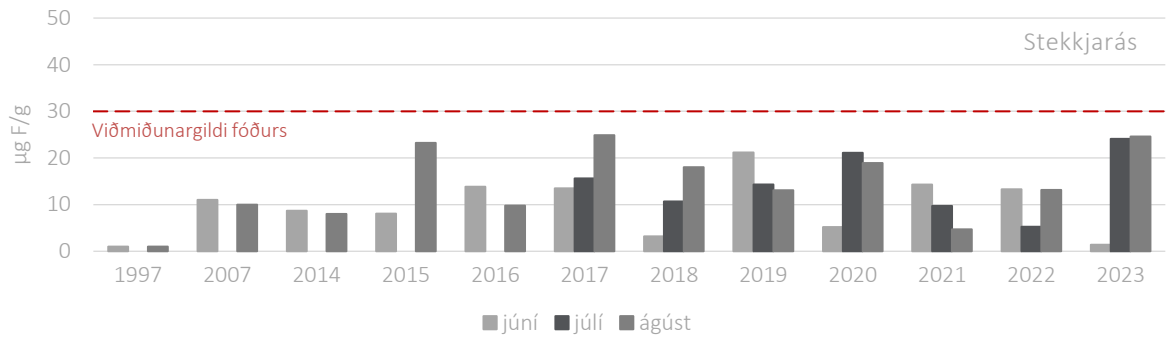
VIÐAUKI E GRÓÐUR

Niðurstöður frá umhverfisvöktun gróðurs norðan og sunnan Hvalfjarðar má sjá í köflum a og b. Niðurstöður tölfræðigreiningar fyrir umhverfisvöktun á gróðri frá árunum 1997 til 2023 má sjá í kafla c. Þegar sýnum er safnað í júní er vöxtur plantna hraðastur en í september er komið að lokum vaxtatímabilsins. Sýni voru einnig tekin af grasi í júlí. Sýnatökustaðir árið 2023 voru 14 og var sýnum safnað bæði sunnan og norðan megin Hvalfjarðar.

a. Flúor í grasi

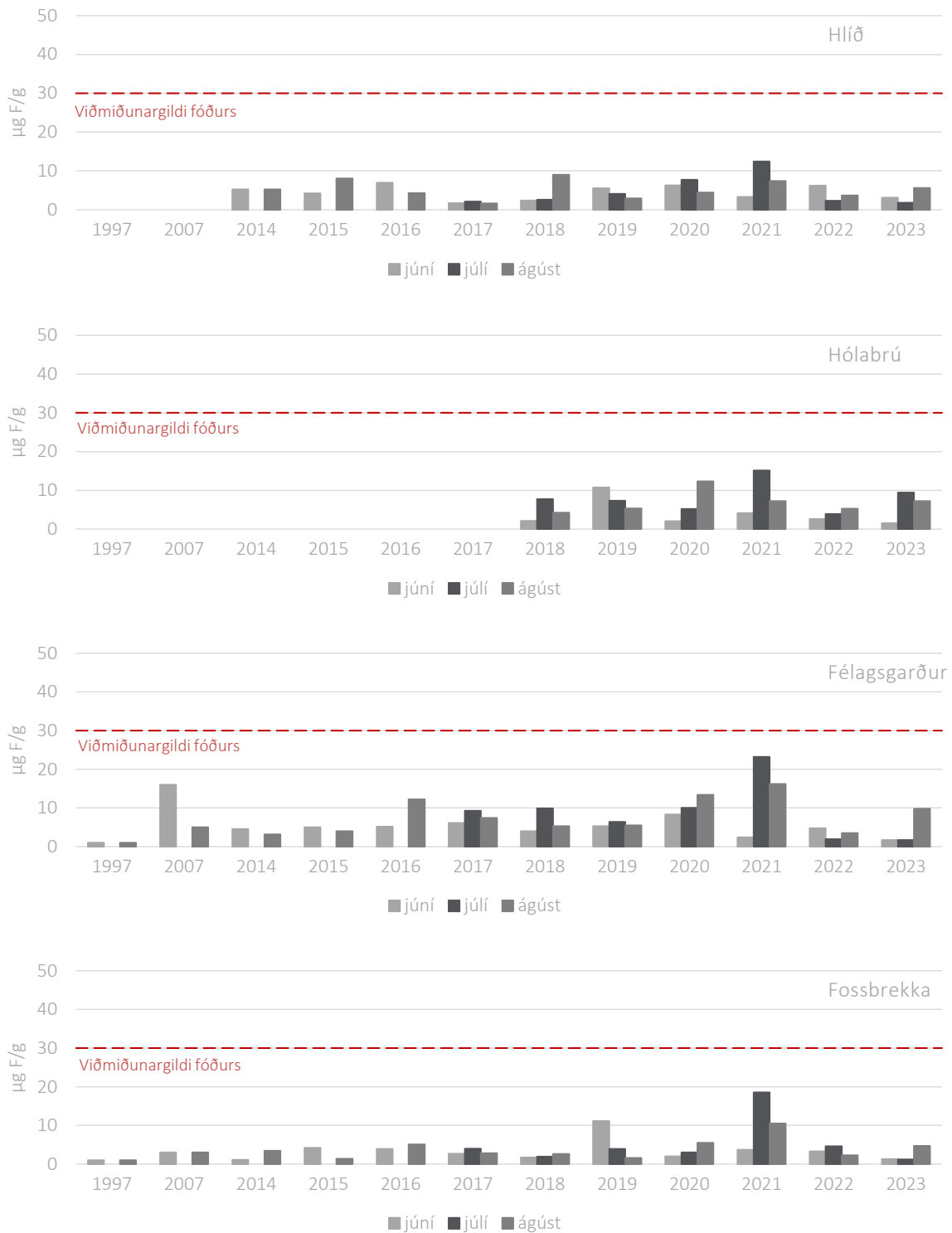
Styrk flúors í grasi frá tólf stöðum má sjá á mynd E.1, fyrir árin 2007 (öll ker álversins tekin í notkun) og yfir tímabilið 2014-2023 auk viðmiðunarsýna frá árinu 1997 þegar það á við. Við Hlíð hófust mælingar árið 2009 og við Gröf II við hús árið 2010. Á Ferstiklu og Hálsi í Kjós var fyrst mælt árið 2011, við Hólabrú árið 2018 og við Kalastaðarkot árið 2022. Til viðmiðunar eru tekin sýni í Skorradal. Talin þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fóðri eru 30 µg F/g [9] og talin þolmörk grasa gagnvart flúor í plöntuvef er 100 – 200 µg F/g [8]. Vísað er til fyrri ársskýrslna umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður árána 1998 til 2013, sem nálgast má á vef Umhverfisstofnunar.

Flúor í grasi



MYND E.1 Styrkur flúors í grasi og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar, þegar það á við.

Flúor í grasi (framhald)

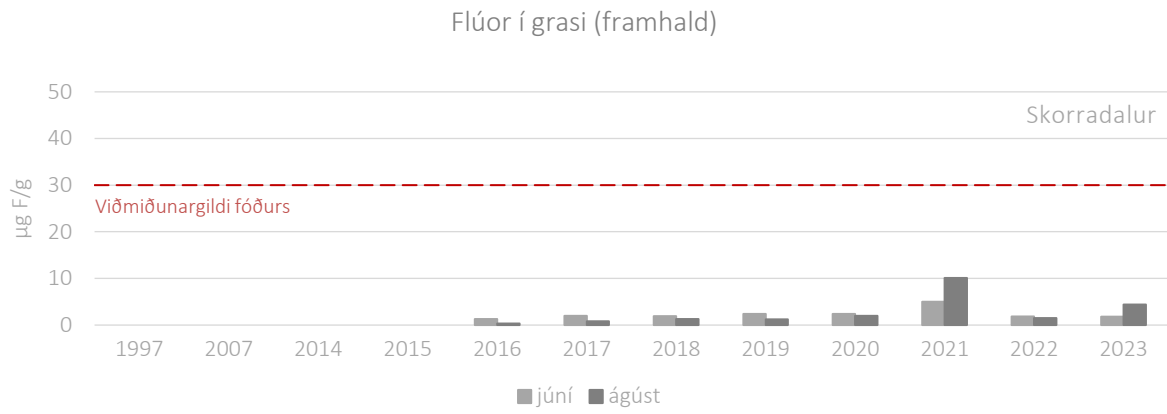


MYND E.1 (framhald) Styrkur flúors í grasi og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

Flúor í grasi (framhald)



MYND E.1 (framhald) Styrkur flúors í grasi og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar, þegar það á við.



MYND E.1 (framhald) Styrkur flúors í grasi og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

b. Flúor í laufi

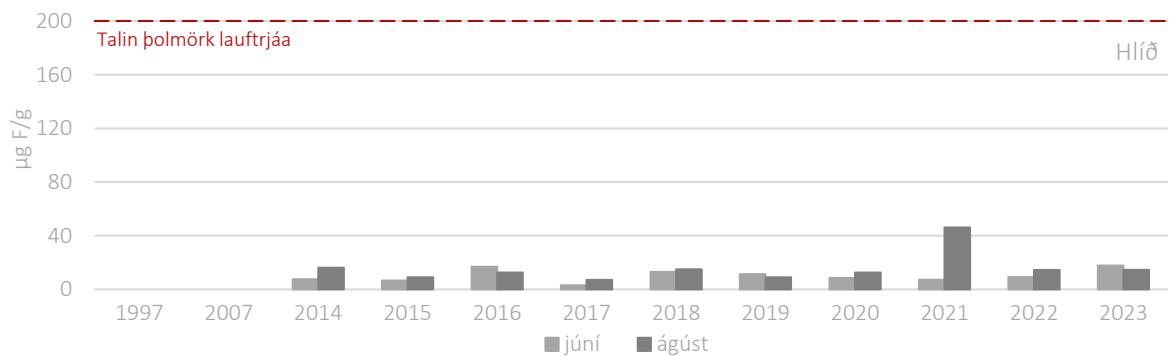
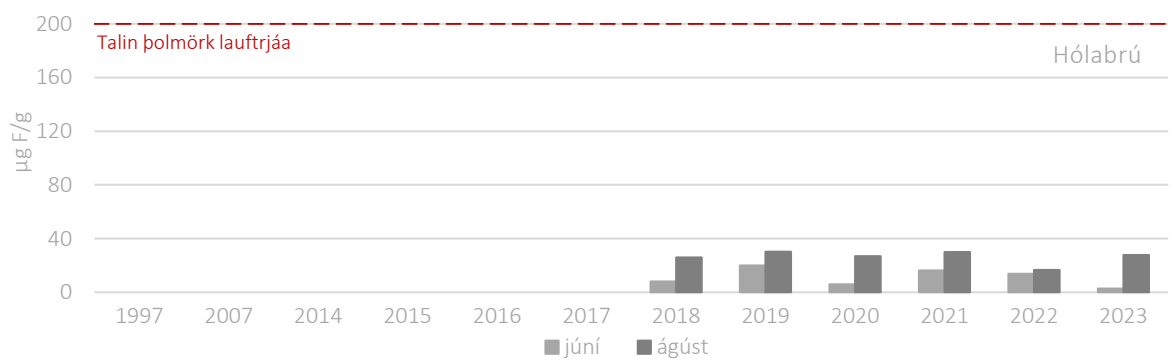
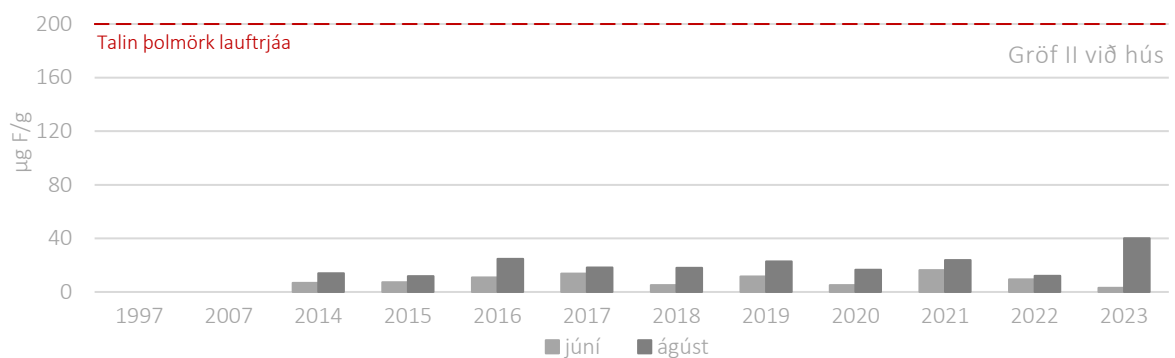
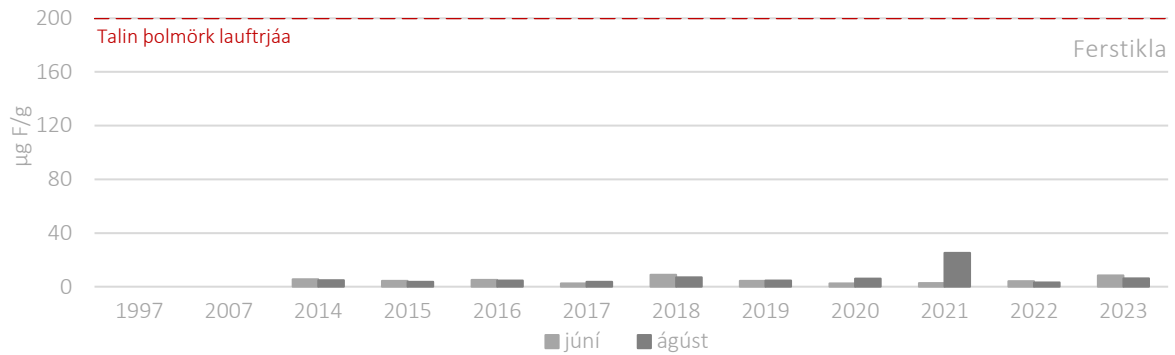
Meðalstyrk flúors í laufi frá þrettán vöktunarstöðum má sjá á mynd E.2 fyrir árin 2007 (öll ker álversins tekin í notkun) og yfir tímabilið 2014 - 2023 auk viðmiðunarsýna frá árinu 1997 þegar það á við. Að Gröf II við hús og við Hlíð hefur flúor í laufi verið mælt frá 2009. Á árinu 2011 hófust mælingar við Ferstiklu og Háls í Kjós, árið 2018 hófust mælingar við Hólabrú og við Kalastaðarkot árið 2022. Mælingar í Skorradal fóru áður fram árið 2013 og síðan árlega frá árinu 2016. Talin þolmörk lauftrjáa gagnvart flúor í plöntuvef eru 200 µg F/g [8]. Vísað er til fyrri ársskýrsla umhverfisvöktunar fyrir niðurstöður áruna 1998 til 2013, sem nálgast má hjá Umhverfisstofnun.

Flúor í laufi



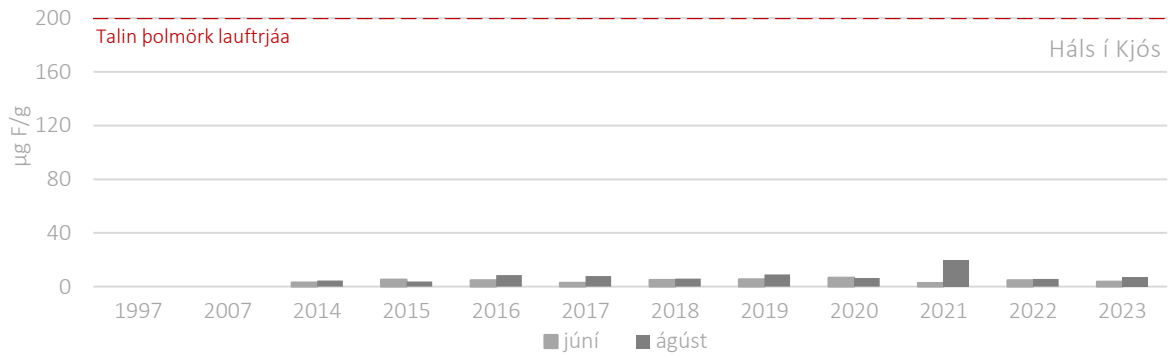
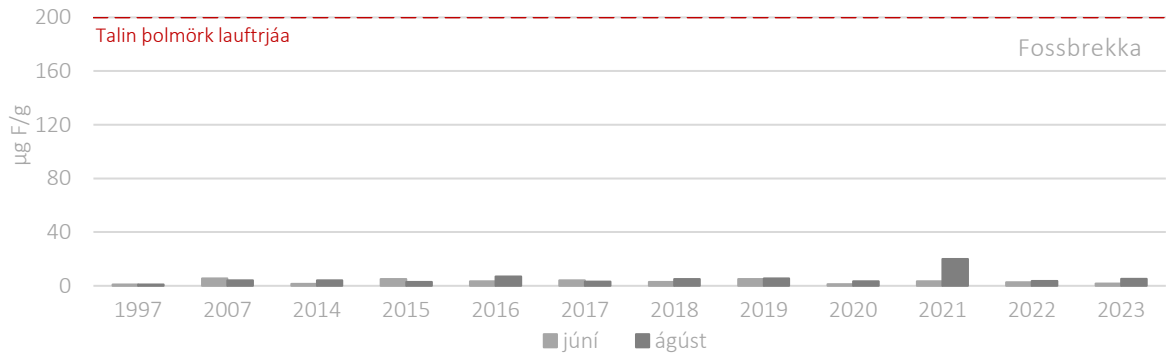
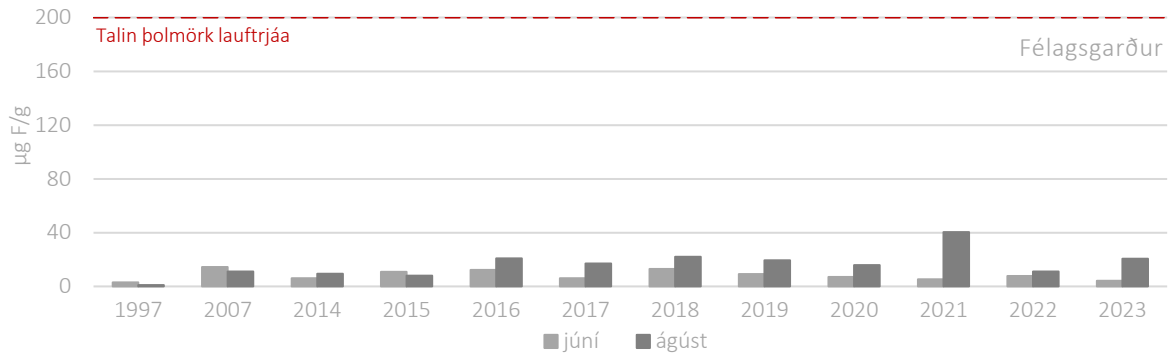
MYND E.2 Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

Flúor í laufi (framhald)



MYND E.2 (framhald) Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

Flúor í laufi (framhald)



Flúor í laufi (framhald)

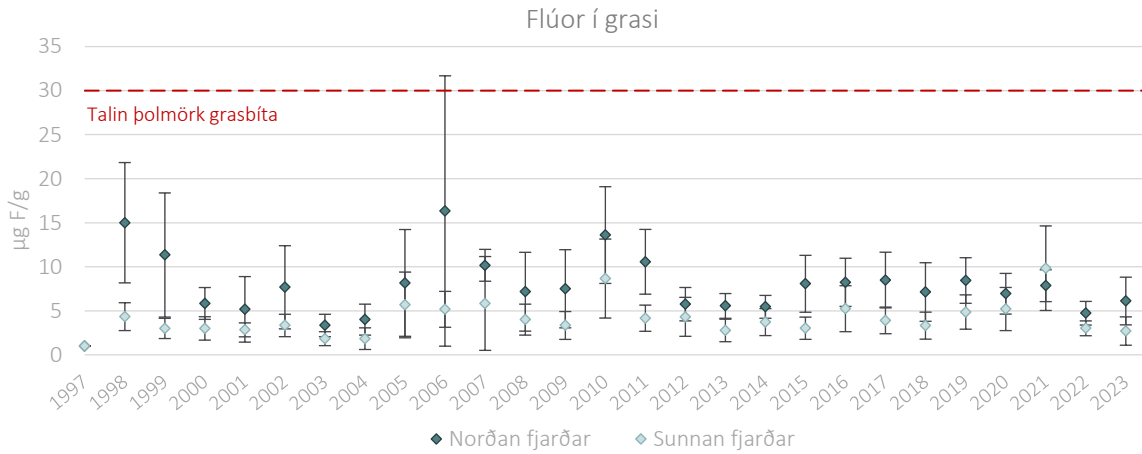


MYND E.2 (framhald) Meðalstyrkur flúors í laufi, vor og haust og bakgrunnsgildi frá 1997 til viðmiðunar.

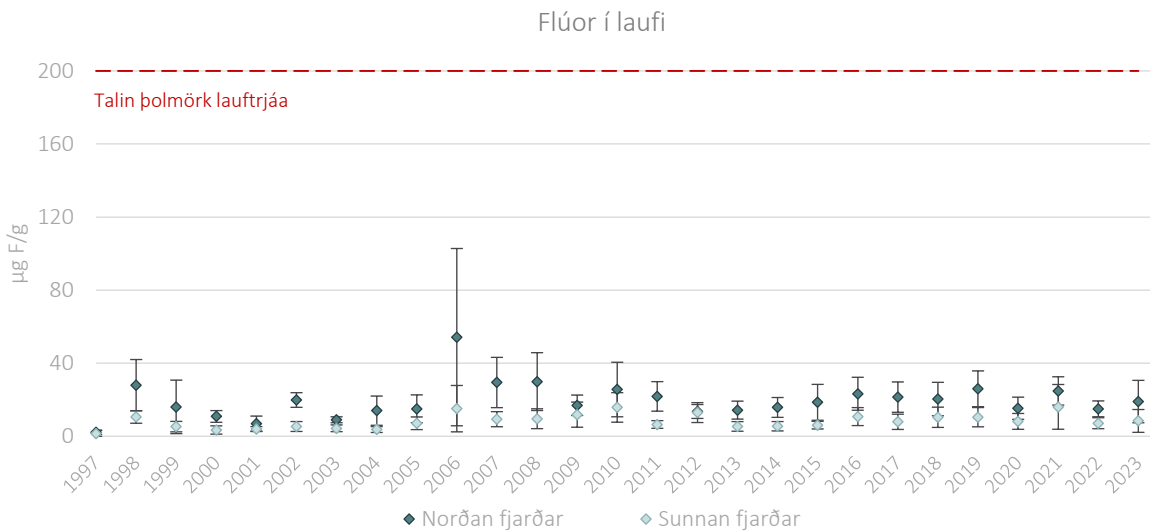
c. Tölfræðiniðurstöður gróðurs

Umhverfisvöktun fyrir gróður hefur farið fram árlega frá árinu 1997. Til að leggja mat á breytileika mælinganna frá 1997 – 2023 var gerð tölfræðigreining á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir mældan meðalstyrk. Gröf með niðurstöðum tölfræðiútreikninga á vöktunarmælingum fyrir gróður árin 1997 - 2023 eru birt á eftirfarandi myndum E.3 - E.6.

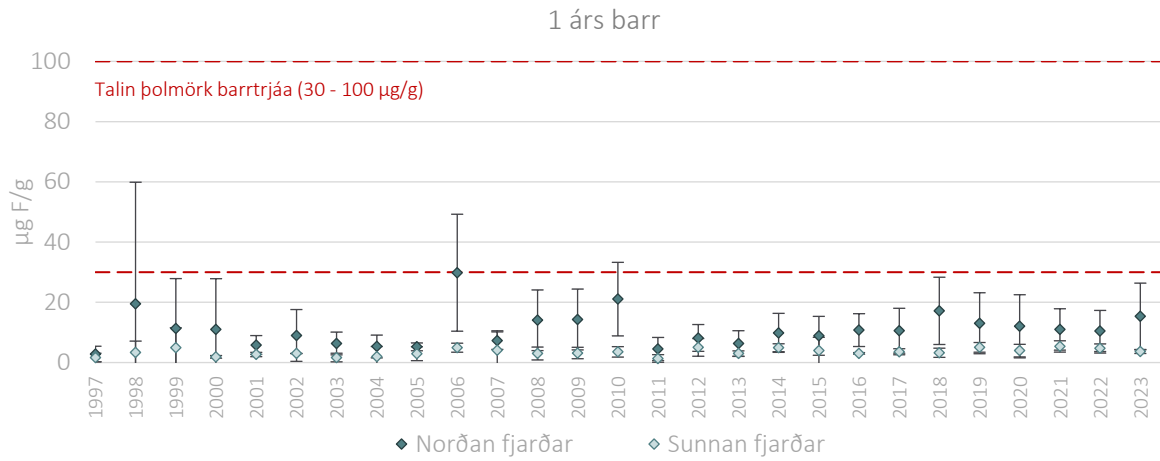
Mynd E.3 sýnir niðurstöður tölfraðigreiningar á meðalstyrk flúors í grasi norðan og sunnan fjarðar og mynd E.4 sýnir niðurstöður tölfraðigreiningar á meðalstyrk flúors í laufi norðan og sunnan fjarðar. Myndir E.5 og E.6 sýna niðurstöður tölfraðigreiningar á meðalstyrk flúors í eins og tveggja ára barri norðan og sunnan fjarðar.



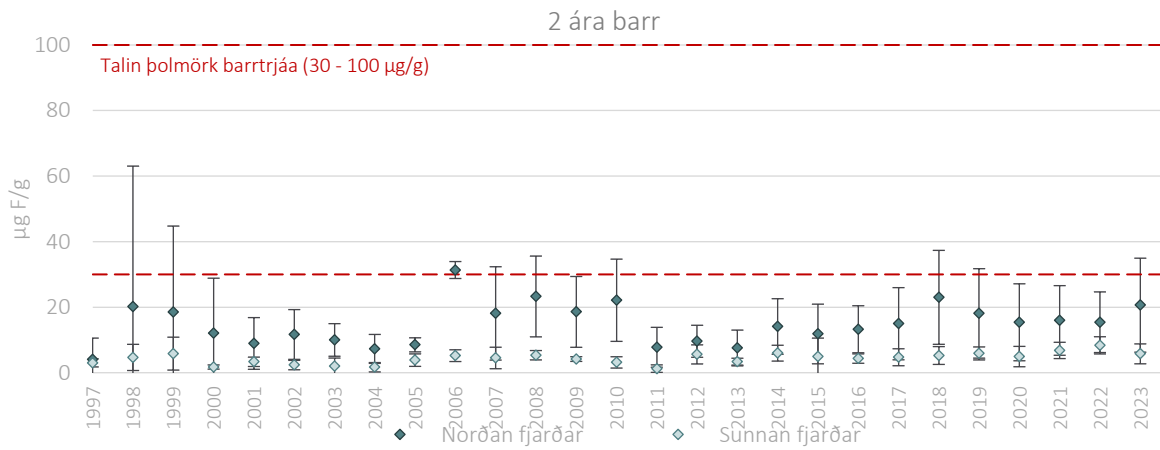
MYND E.3 Meðalstyrkur flúors í grasi norðan og sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum.



MYND E.4 Meðalstyrkur flúors í laufi norðan og sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum.



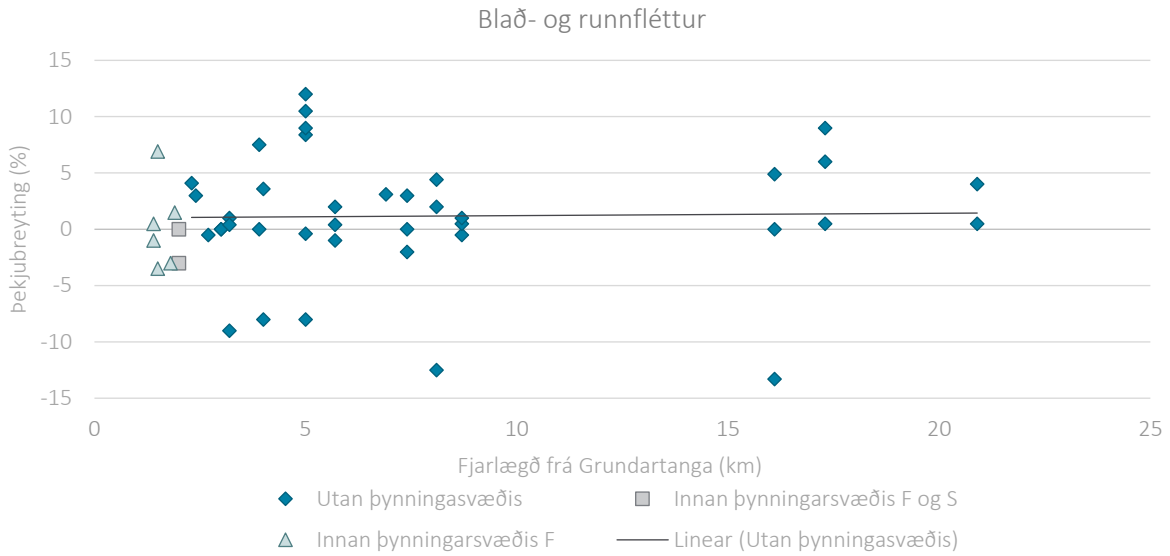
MYND E.5 Meðalstyrkur flúors í eins árs barri norðan og sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum.



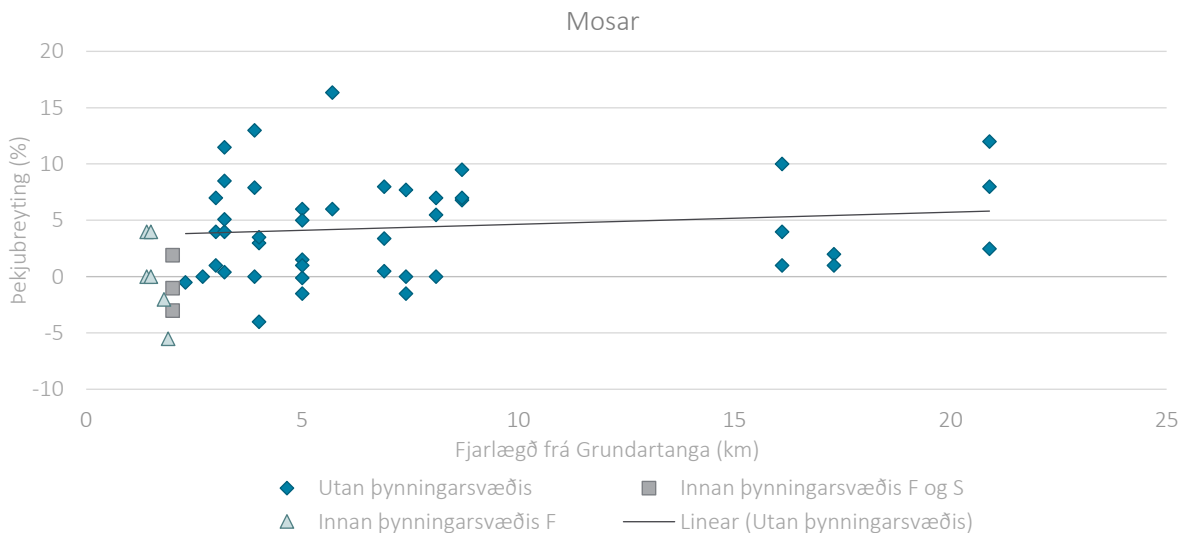
MYND E.6 Meðalstyrkur flúors í tveggja ára barri norðan og sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum.

VIÐAUKI F KLAPPARREITIR

Breytingar á þekju mosa og fléttan voru metnar út frá ljósmyndum af 59 klapparreitum (myndir F.1 og F.2). Ekki virðast vera mikil tengsl á milli nálægðar við iðnaðarsvæðið og þekjubreytinga hjá blað- og runnfléttum né mosum. Aðhvarfslínan er byggð á breytingum innan reita sem staðsettir eru utan þynningarsvæðisins en breytileikinn er allmikill innan þynningarsvæðisins hvað varðar blað- og runnfléttur.



MYND F.1 Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga blað- og runnfléttna 2020-2023.



MYND F.2 Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga mosa 2020-2023.

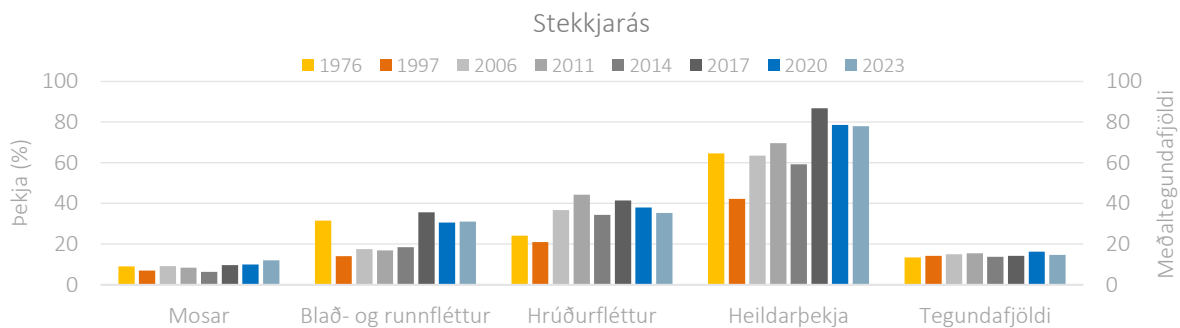
Myndir F.3 – F.6 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnfléttum, hrúðurfléttum auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, innan þynningarsvæða flúors og brennisteins, sem metnir voru árið 2023.

Myndir F.7 - F.22 sýna meðalþekjumat á mosa, blað- og runnfléttum, hrúðurfléttum auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum utan þynningarsvæða, sem metnir voru árið 2023.

a. Gróðurbreytingar innan þynningarsvæða iðnaðarsvæða

Stekkjarás

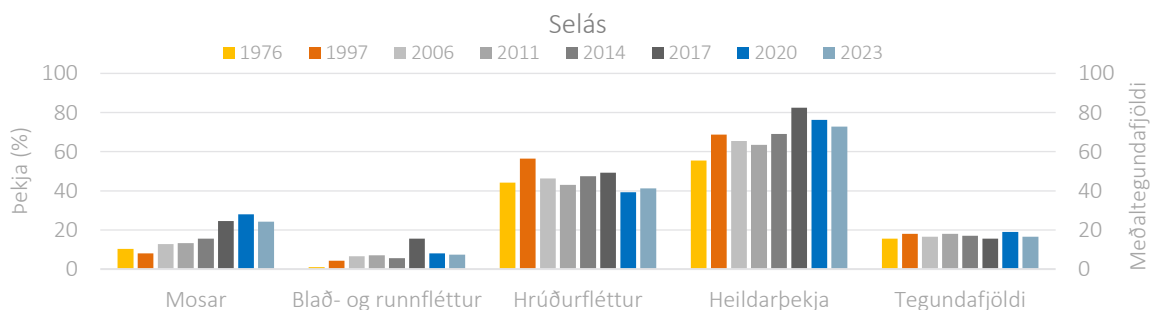
Stekkjarás er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í VSV. Þar eru sjö reitir, nr. 1–4 og 33–35 en árið 2023 voru reitir nr. 1, 2 og 4 ekki metnir. Heildarþekjan var svipuð og árið 2023 en hún hafði aukist mikið á milli árána 2014 og 2017.



MYND F.3 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 3 og 33-35 við Stekkjarás.

Selás

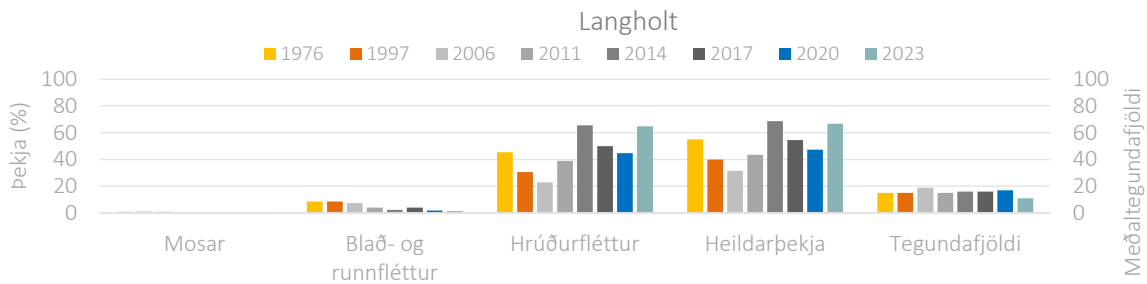
Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Reitirnir eru staðsettir innan þynningarsvæðis vegna flúors. Reitir 8 og 11 voru metnir árið 2023. Þekja mosa dróst saman en hún hafði aukist síðan 1997, blað- og runnfléttur stóðu í stað á meðan þekja hrúðurfléttna jókst lítillega miðað við árið 2020.



MYND F.4 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 8 og 11 við Selás.

Langholt

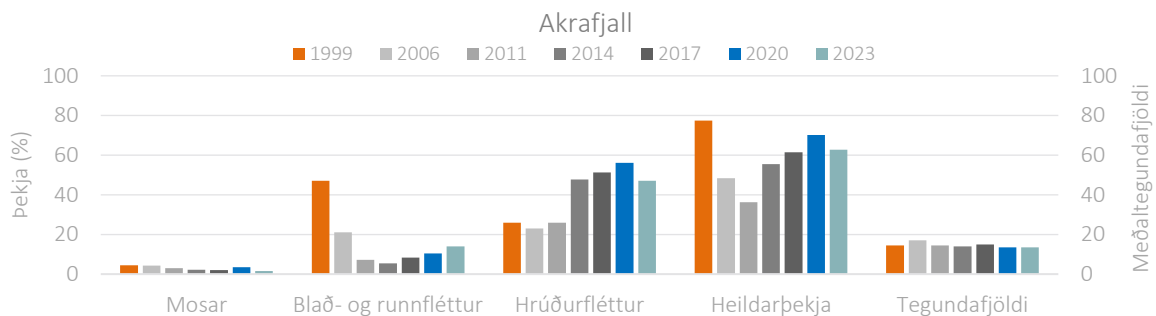
Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga, innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð. Árin 2017, 2020 og 2023 var reitur nr. 27 sá eini sem var metinn. Heildarþekja jókst mikið milli árána 2020 og 2023, aðallega vegna mikillar þekju hrúðurfléttna.



MYND F.5 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reit 27.

Akrafjall

Tíu reitir eru vaktaðir í norðanverðu Akrafjalli. 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. Árið 2020 voru einungis tveir reitir metnir þ.e. nr. 56 og 60 en árið 2023 voru allir reitirnir þrír metnir þ.e. nr. 56, 57 og 60. Þekja blað- og runnfléttna jókst nokkuð miðað við árið 2020 en þekja mosa og hrúðurfléttna dróst saman.

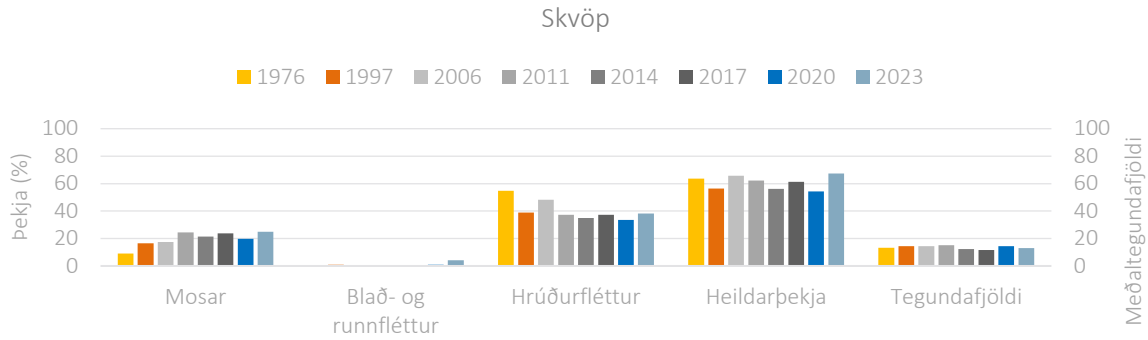


MYND F.6 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 56, 57 og 60.

b. Gróðurbreytingar vestsuðvestur af iðnaðarsvæðinu, utan þynningarsvæðis

Skvöp við Kúludalsá

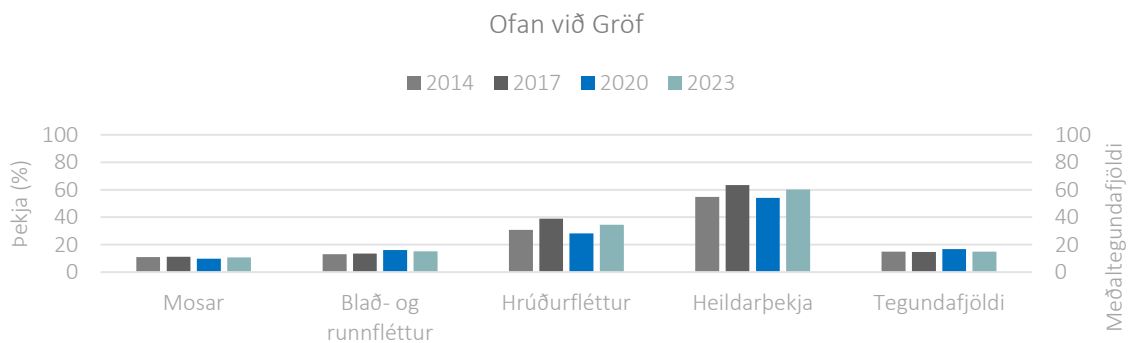
Hjá Skvöp við Kúludalsá, í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga eru staðsettir reitir 24–26, sem allir voru metnir árin 2014, 2017, 2020 og 2023. Örlítið fannst af blað- og runnfléttum í reit 26 og hefur þekja mosa og hrúðurfléttna aukist miðað við árið 2020.



MYND F.7 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 24-26.

Ofan við Gröf

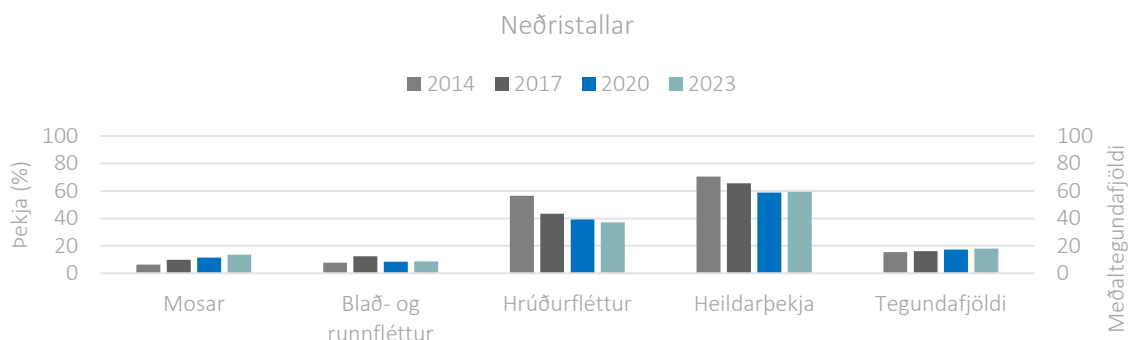
Ofan við Gröf eru þrír reitir, 72–74, sem allir voru metnir árin 2014, 2017, 2020 og 2023. Reitirnir eru framan í og ofan á klettabelti sem er u.þ.b. 100 metra fyrir ofan þjóðveginn. Þekja blað- og runnfléttna minnkaði frá árinu 2020 á meðan að þekja hróðurfléttna jókst auk þess sem þekja mosa jóst lítillega.



MYND F.8 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi 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. Miðað við árið 2020 jókst þekja mosa, þekja blað- og runnfléttna stóð í stað en þekja hróðurfléttna dróst saman.

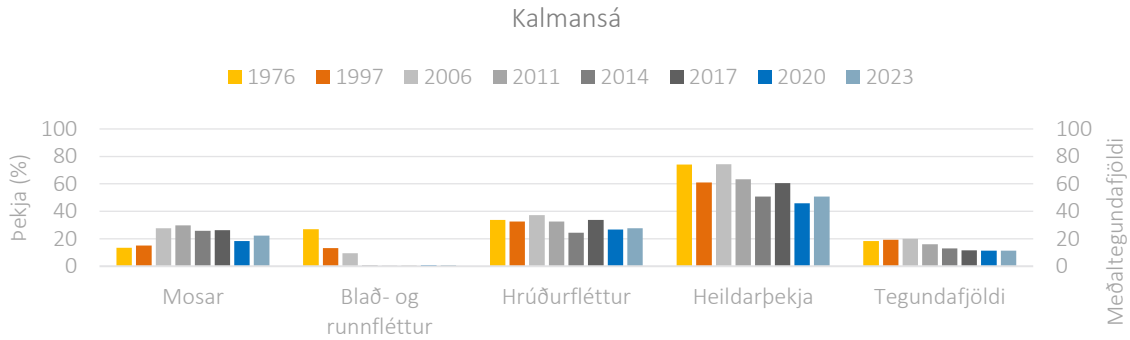


MYND F.9 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 75-77.

c. Gróðurbreytingar austnorðaustur af iðnaðarsvæðinu, utan þynningarsvæðis

Kalmansá

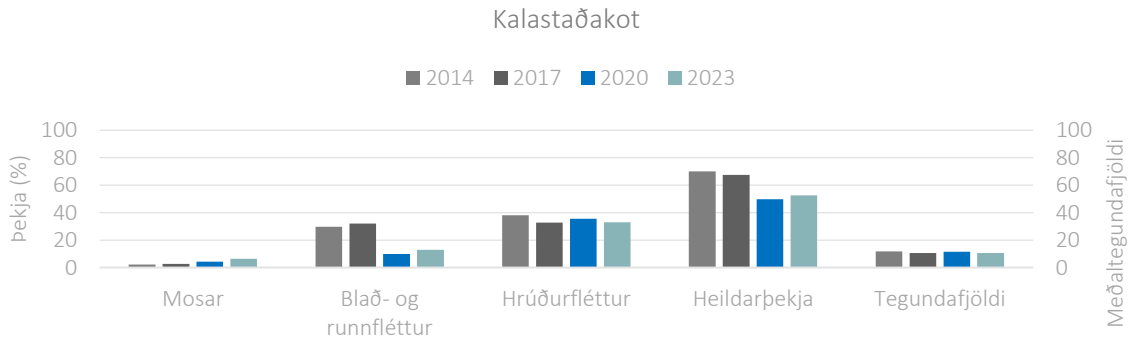
Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í austnorðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá á milli Kalastaðakots og Kataness. Lítið var um blað- og runnfléttur eins og árin áður. Þekja mosa jókst en þekja hrúðurfléttna var svipuð og árið 2020.



MYND F.10 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 36-38.

Kalastaðakot

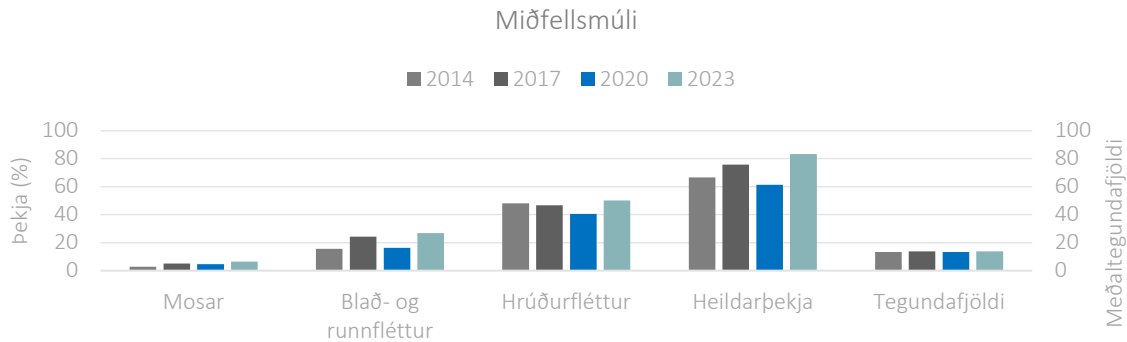
Á lágu holti í grennd við Kalastaðakot standa ávalar klappir upp úr landinu. Á þeim og á nálægum stórum steinum eru þrír reitir, 63–65. Þrátt fyrir leit mistókst að finna reit 65 sumarið 2020, sem hins vegar fannst árið 2023. Þekja mosa og blað- og runnfléttna jókst milli árana 2020 og 2023, en þekja hrúðurfléttna dróst saman.



MYND F.11 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 63, 64 og 65.

Miðfellsmúli

Á Miðfellsmúla ofan Kalastaðakots eru þrír reitir, 66–68. Reitirnir eru framan í klettabeltum. Þekja allra hópa jókst miðað við árið 2020.

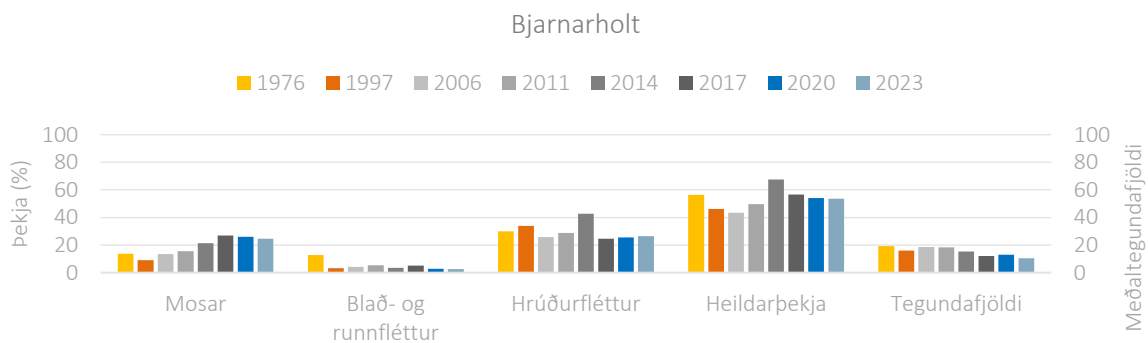


MYND F.12 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 66-68.

d. Gróðurbreytingar < 10 km frá iðnaðarsvæðinu, utan þynningarsvæðis

Bjarnarholt

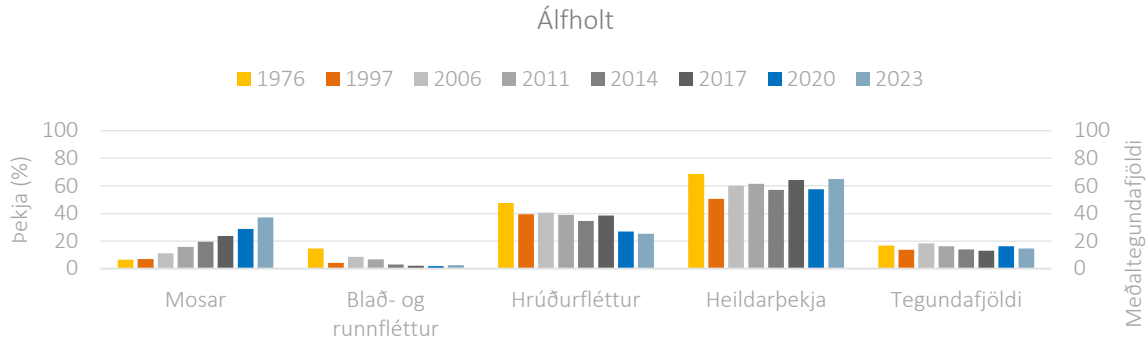
Fjórir reitir, 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti u.þ.b. 2 km norður af Grundartanga og eru þeir reitir utan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Heldur dró úr þekju mosa og blað- og runnfléttna árið 2023 miðað við árið 2020 en hins vegar jókst þekjan hjá hróðurfléttum lítillega.



MYND F.13 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 12-15.

Álfholt

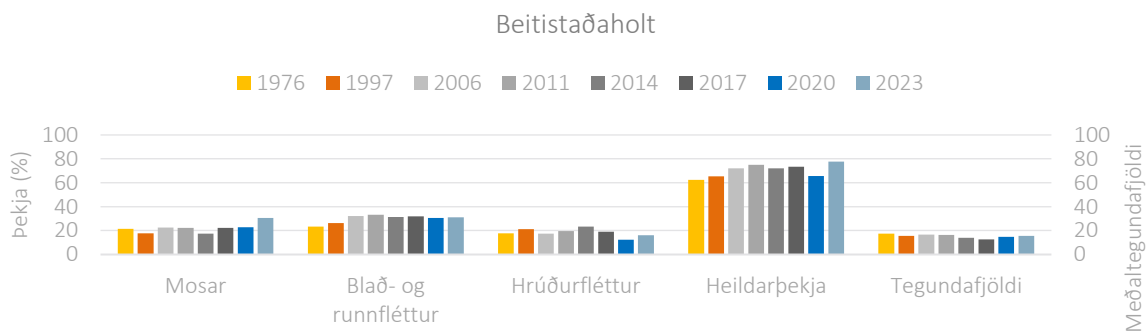
Þrír reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns. Einn þeirra, 31, snýr að Grundartanga á meðan hinir tveir snúa frá verksmiðjussvæðinu. Reitirnir við Álfholt eru rétt utan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Þekja mosa hefur aukist frá upphafi mælinga en þekja blað- og runnafléttna hefur dregist saman síðustu ár þó heldur sé hún á uppleið núna. Heildarþekjan jókst árið 2023 miðað við árið 2020, einkum vegna meiri þekju mosa.



MYND F.14 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 30-32.

Beitistaðaholt

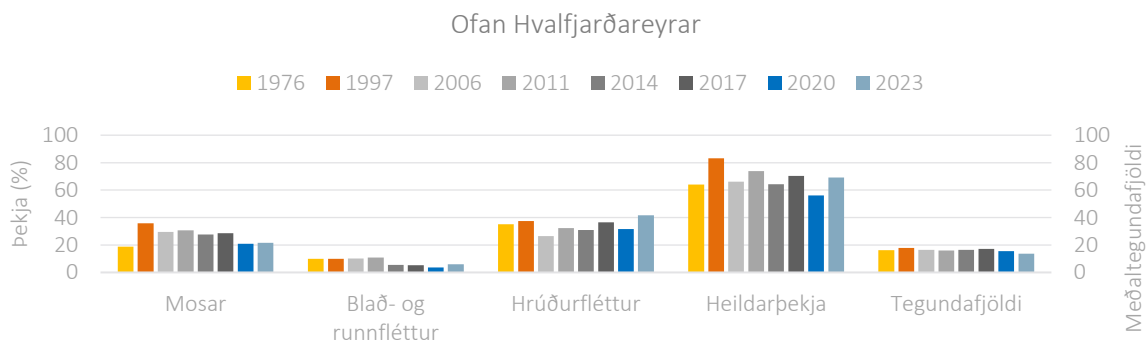
Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Heildarpekjan jókst miðað við 2020. Þekja mosa og hrúðurfléttna jókst en þekja blað og runnfléttna stóð í stað á milli árána 2020 og 2023.



MYND F.15 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 39-41.

Ofan Hvalfjarðareyrar

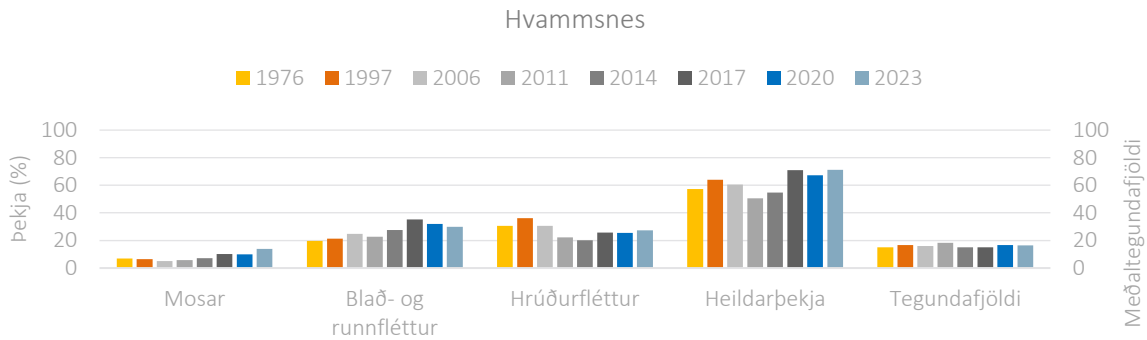
Ofan Hvalfjarðareyrar eru fjórir reitir, 19, 20, 51 og 52, í tæplega 4 km fjarlægð frá Grundartanga. Reitir 19, 20 og 52 fannst ekki þrátt fyrir nokkra leit sumarið 2023. Þekja allra hópa jókst á milli árána 2020 og 2023.



MYND F.16 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 19, 20 og 52.

Hvammsnes

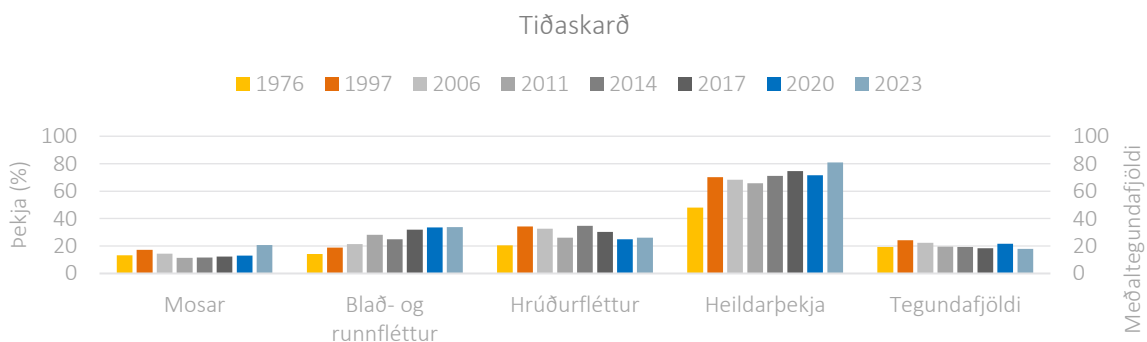
Þrír reitir, 48–50, eru utan við Hvammsnes. Þekja blað- og runnfléttna minnkaði, þekja mosa jókst og þekja hrúðurfléttna stóð í stað. Heildarþekjan jókst lítillega. Í reit 48 hélt þekja snepaskófar áfram að aukast eins og fyrrí ár.



MYND F.17 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 48-50.

Tíðaskarð

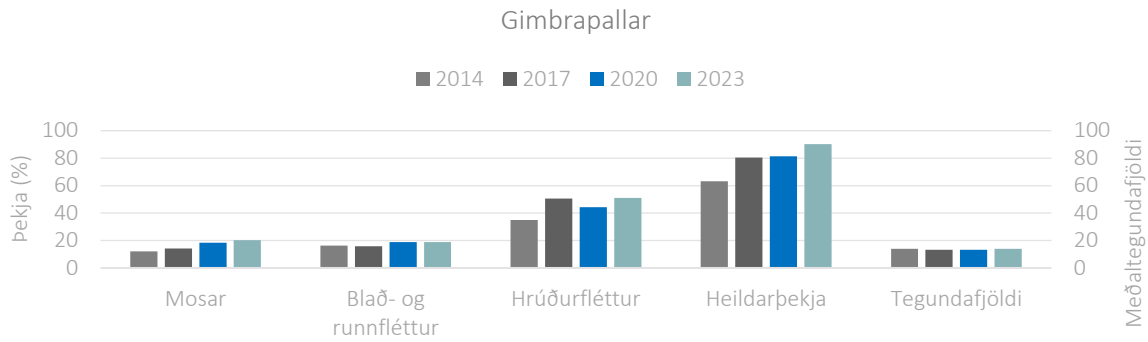
Þrír reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður af Grundartanga. Þekja fléttna jókst lítillega miðað við árið 2020. Þekja mosa hafði aldrei mælst meiri.



MYND F.18 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi 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. Árið 2023 jókst þekja hrúðurfléttna og mosa nokkuð á meðan þekja blað- og runnfléttna stóð í stað miðað við árið 2020.

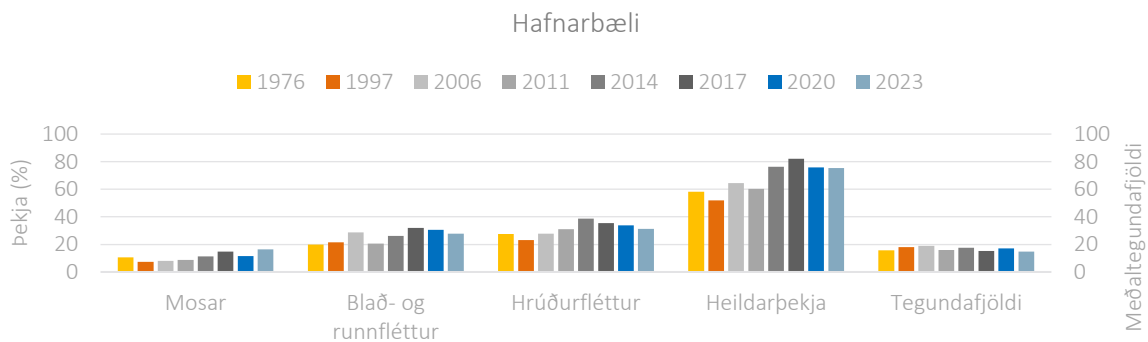


MYND F.19 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 69-71.

e. Gróðurbreytingar > 10 km frá iðnaðarsvæðinu

Hafnarbæli

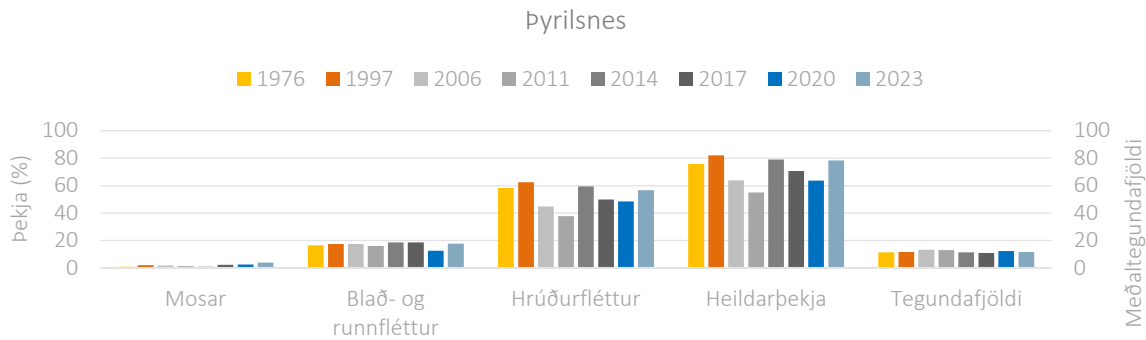
Þrír reitir, 42–44, eru staðsettir við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli u.þ.b. 16 km norð-norðvestur af Grundartanga. Árið 2023 hafði pekja mosa aukist á meðan pekja fléttna dróst saman miðað við árið 2020.



MYND F.20 Meðalpekja mosa og fléttna auk meðalheildarpekja og meðaltegundafjöldi í reitum 42-44.

Þyrilsnes

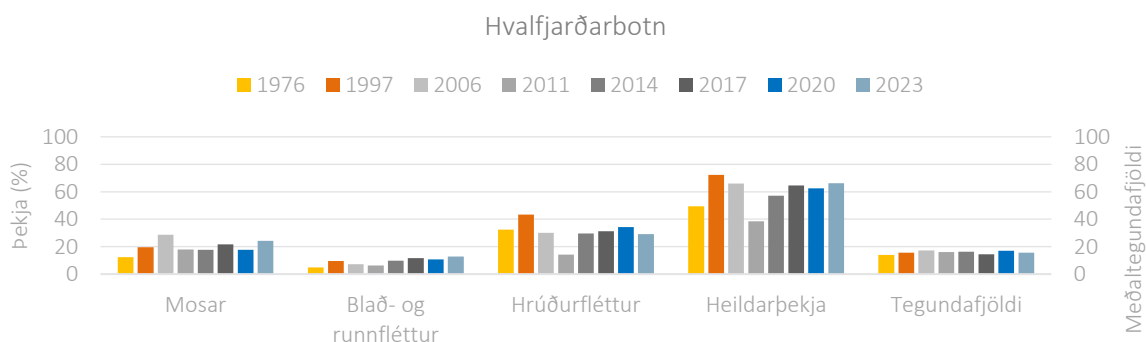
Þrír reitir, 45–47, eru á Þyrilsnesi í u.þ.b. 17 km fjarlægð frá Grundartanga. Pekja allra hópa jókst á milli árána 2020 og 2023.



MYND F.21 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 45-47.

Hvalfjarðarbotn

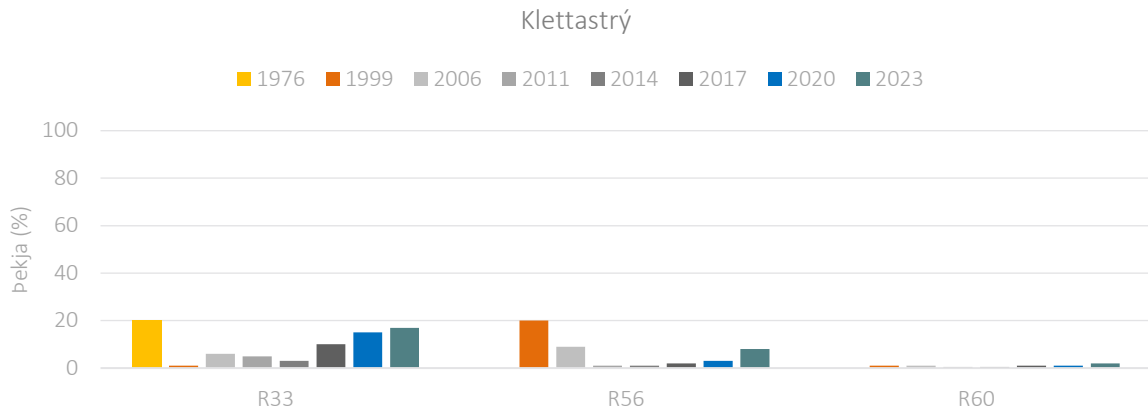
Þrír reitir, 21–23, eru í botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga, tveir þeirra eru staðsettir á flötum klöppum meðan sá þriðji er á lóðréttum, lágum klettavegg. Árið 2023 jókst þekja mosa og þekja blað- og runnfléttna nokkuð miðað við árið 2020 en þekja hrúðurfléttna minnkaði.



MYND F.22 Meðalþekja mosa og fléttna auk meðalheildarþekja og meðaltegundafjöldi í reitum 21-23.

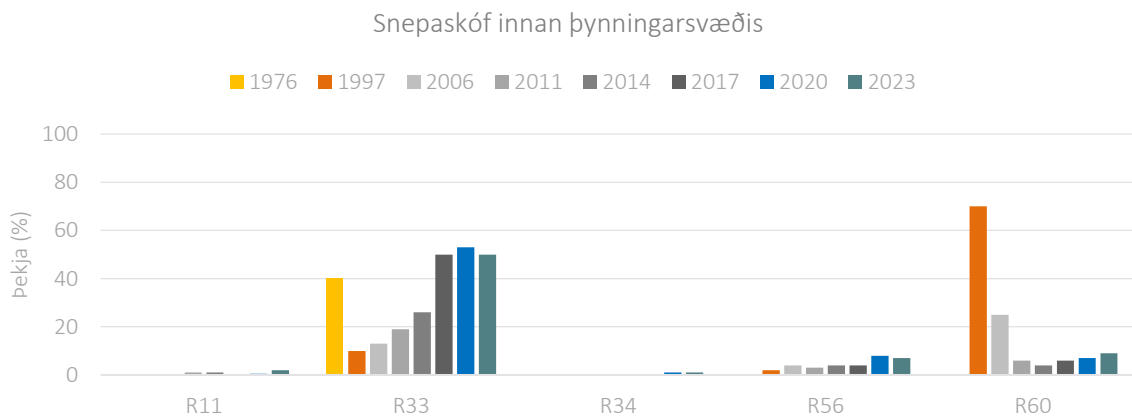
f. Þekjubreytingar einstakra tegunda

Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundin hafði mikla þekju í Stekkjarási, reitum 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 hefur aukið t.d. umtalsvert þekju sína í reit 33 frá árinu 2014. Klettastrý er greinilega í framför í reitum 33, 56 og 60 og hefur mestu þekju í reit 60 frá upphafi mælinga. Hins vegar er klettastrý horfið 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 F.23.

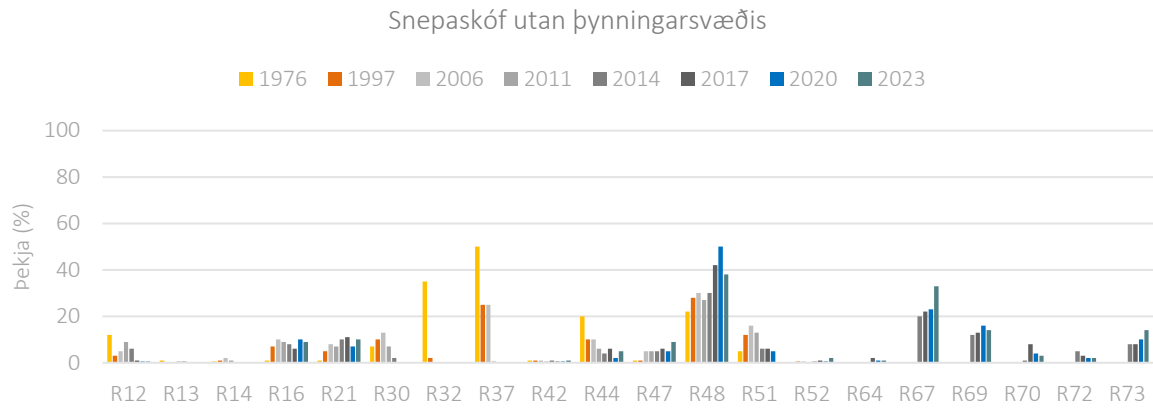


MYND F.23 Þekja klettastrýs (*Ramalina subfarinacea*) í þremur reitum, R33 (1 km) við Stekkjarás, R56 (2,2-2,3 km) og R60 (2,4 km) sem eru í Akrafjalli.

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Á mynd F.24 má sjá þekjubreytingar snepaskófar í reitum sem staðsettir eru innan þýnningarsvæðia iðnaðarsvæðisins hvað varðar brennisteinstvíoxíð og flúor. Til samanburðar eru þekjubreytingar tegundarinnar í reitum sem staðsettir eru utan þýnningarsvæðisins sýndar á mynd F.25. Í genum tíðina hefur snepaskóf aukið þekju sína í öllum þeim reitum er tegundin kemur fyrir í innan þýnningarsvæðisins. Þekja snepaskófar jókst eða stóð í stað í reitum 11, 34 og 60 milli árána 2020 og 2023, en dróst saman í reitum 33 og 56. Snepaskóf jók einnig þekju sína í nokkrum reitum fjær iðnaðarsvæðinu en í öðrum dró úr þekju tegundarinnar, sjá mynd F.25.



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



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

VIÐAUKI G GRASBÍTAR

Styrkur flúors var mældur í beinösku í samtals 108 hausum lamba og fullorðins fjár. Hausar og tennur voru einnig skoðuð auk þess sem haldin var skrá yfir tannslit, ástand glerungs, mislitun tanna, tannbrodda, tannmissi, fjölda lausra tanna, fjölda brotinna tanna, beinbólgu í kjálkum, beinrýrnun í kjálkum, tannholdsryrnun og tannstein. 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 [15].

a. Söfnun hausa og skoðun dýralæknis á kjálkum og tönnum

TAFLA G.1 Yfirlit yfir vöktunarbæi.

	Móttekin sýni	Fjöldi sýna		Ástand glerungs á framtönnum			
				Eðlilegur		Með breytingum	
		Lömb	Fullorðið fé	Lömb	Fullorðið fé	Lömb	Fullorðið fé
Norðan Hvalfjarðar	Eystra Miðfell	5	5	5	5	0	0
	Eystri Leirárgarðar	5	8	5	8	0	0
	Hóll	4	4	4	4	0	0
	Hrafnabjörg	8	4	8	4	0	0
	Innri Hólmur	-	2	-	2	-	0
	Skipanes	4	5	4	5	0	0
	Skorholt	4	5	4	5	0	0
	Vestri Reynir	4	3	4	3	0	0
	Vogatunga	4	3	4	3	0	0
Sunnan Hvalfjarðar	Kiðafell	2	4	2	3	0	1
	Meðalfell	4	4	4	4	0	0
Viðmiðunarsýni – sauðfé							
	Bjarnarhöfn (Snæfellsnes)	4	5	4	4	0	1
	Skjaldfönn (N-Ísafjarðar)	4	4	4	4	0	0
	Samtals	52	56				

TAFLA G.2 Yfirlit yfir flúorstyrk í beinösku kjálkabeina sláturfjár, ásamt lágsta og hæsta meðalstyrk á hverjum vöktunarbæ. Þau gildi sem eru skv. niðurstöðum norskra rannsókna hærrí en viðmiðunarmörk, þar sem hætta er talin á tannskemmdum í ungum dádýrum (>1.000 µg F/g þurrefni [12, 17]), eru í gulu letri. Rauð gildi eru yfir styrk 2.000 µg F/g þurrefni, eru talin valda tannskemmdum í dádýrum skv. sömu rannsókn.

Bær	Lömb	Fullorðin fé	
	Flúor (µg F/g þurrefni)	Flúor (µg F/g þurrefni)	Aldur
Norðan Hvalfjarðar			
Eystra Miðfell	376	1.702	5
	417	1.636	5
	350	2.336	8
	719	2.006	3
	477	1.996	9
	376		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	468 / (350-477)	1.935 / (1.636-2.336)	
Eystri Leirárgarðar	98	739	6
	125	579	6
	78	741	6
	145	825	6
	118	738	7
	98	742	7
	125	924	8
		553	4
Meðalstyrkur / (Min-Max)	113 / (78-145)	730 / (553-924)	
Hóll	210	799	5
	174	838	10
	199	835	10
	136	883	10
Meðalstyrkur / (Min-Max)	180 / (136-210)	839 / (799-883)	
Hrafnabjörg	147	958	4
	185	1.207	7
	160	991	9
	209	968	7
	196		
	196		
	132		
	188		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	177 / (132-209)	1.031 / (958 - 1.207)	
Innri Hólmur	Ekkert sýni	2.091	12
		1.823	2
Meðalstyrkur / (Min-Max)		1.957 / (1.823 – 2.091)	
Skipanes	96	961	7
	156	1.080	6
	138	781	7
	221	892	2
		1.371	7
Meðalstyrkur / (Min-Max)	153 / (96-221)	1.017 / (892 – 1.371)	
Skorholt	136	1.093	7
	132	859	6
	90	832	6
	164	1.169	6
		1.200	5
Meðalstyrkur / (Min-Max)	131 / (90-164)	1.031 / (832 – 1.200)	

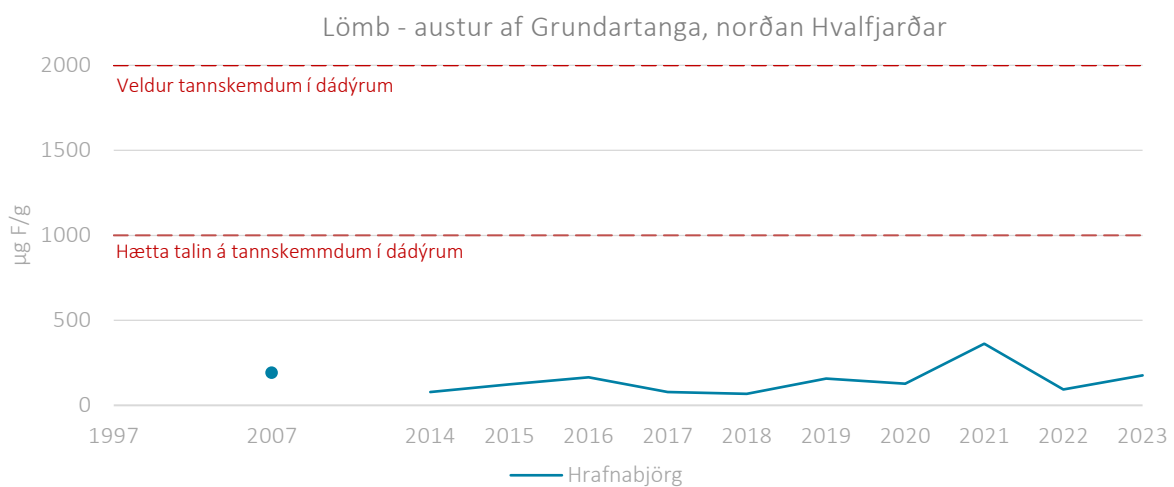
Bær	Lömb	Fullorðið fé	
	Flúor (µg F/g þurrefni)	Flúor (µg F/g þurrefni)	Aldur
Norðan Hvalfjarðar (framhald)			
Vestri Reynir	462	1.396	6
	414	1.124	2
	295	1.251	2
	283		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	364 / (283-462)	1.257 / (1.124-1.396)	
Vogatunga	184	1.107	9
	240	1.246	6
	216	994	7
	243		
Meðalstyrkur / (Min-Max)	221 / (184-243)	1.116 / (994-1.246)	
Sunnan fjarðar			
Kíðafell	126	609	8
	148	651	7
		646	4
		585	8
Meðalstyrkur / (Min-Max)	137 / (126-148)	623 / (585-651)	
Meðalfell	324	1.105	6
	268	1.730	6
	507	1.095	5
	358	1.933	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	364 / (268-507)	1.466 / (1.095-1.933)	
Viðmiðunarstaðir			
Bjarnarhöfn	98	416	5
	85	609	6
	106	540	4
	91	407	5
		608	7
Meðalstyrkur / (Min-Max)	95 / (85-106)	516 / (407-609)	
Skjaldfönn	54	351	6
	49	177	6
	55	213	6
	47	268	6
Meðalstyrkur / (Min-Max)	51 / (47-55)	252 / (177-351)	

b. Flúor í lömbum og fullorðnu fé eftir svæðum

Flúor í kjálkum lamba eftir svæðum

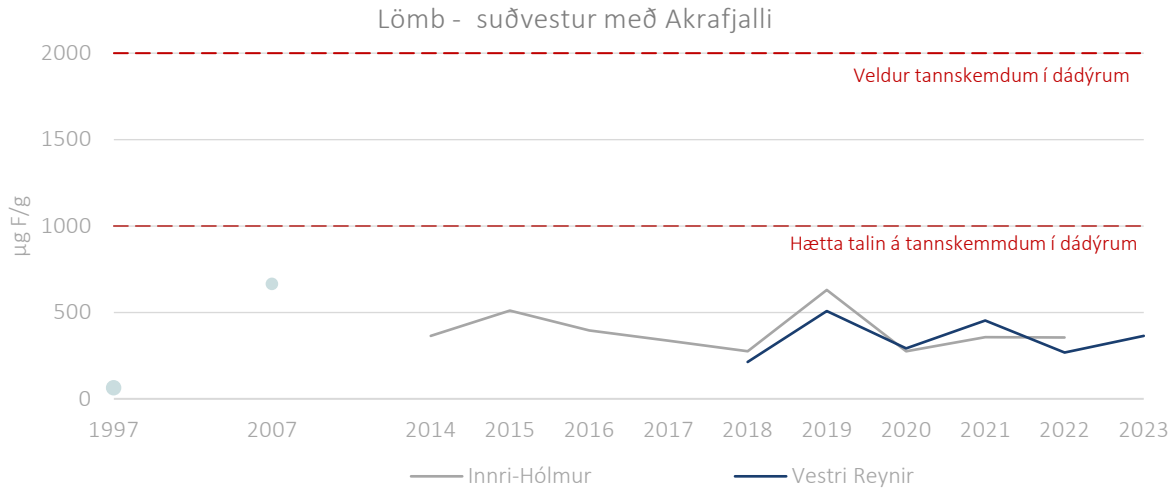
Hér fyrir neðan má sjá meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba árin 2007 (öll ker álversins í notkun) og yfir tímabilið 2014-2023 auk viðmiðunarsýna frá árinu 1997 þegar það á við.

Miðað við ríkjandi vindáttir verður vöktunarsvæðið austan við iðnaðarsvæðið á Grundartanga fyrir hvað minnstum áhrifum vegna losun flúors frá álverinu. Á síðustu árum hafa sýni verið tekin af lömbum frá einum bæ á þessu svæði, sbr. mynd G.1. Ekki liggur fyrir bakgrunnsgildi hjá lömbum frá þessu svæði en það er marktæk breyting til lækkunar á meðalstyrk flúors í kjálkabeini lamba árið 2023 miðað við árin 1999 og 2007. (mynd G.11).



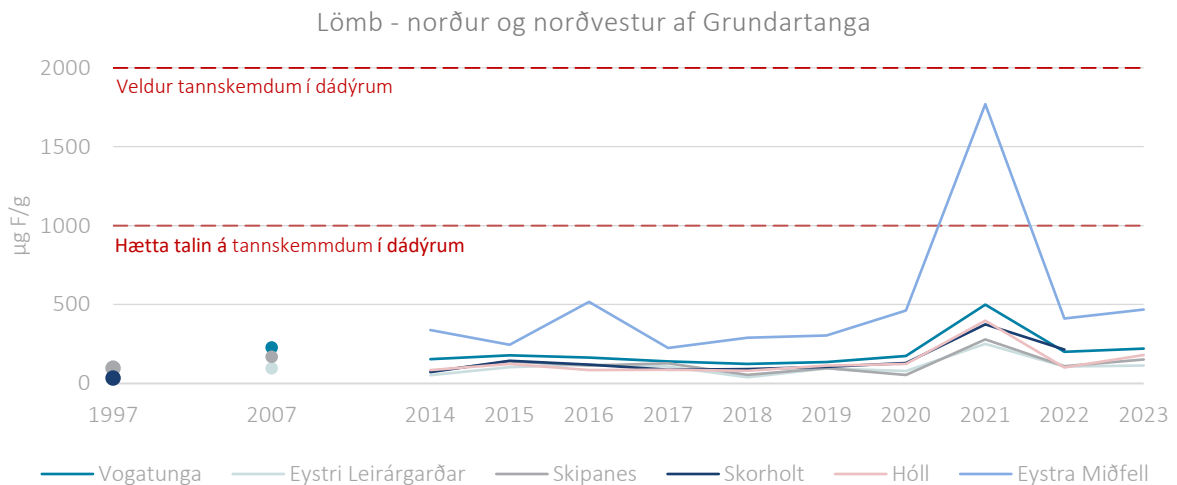
MYND G.1 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum austur af iðnaðarsvæðinu.

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. Ekkert sýni kom frá Innri Hólmi þetta árið. Marktæk breyting til hækkunar er á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði árið 2023 miðað við árið 1997 en engin marktæk breyting miðað við árið 2007 (mynd G.12).



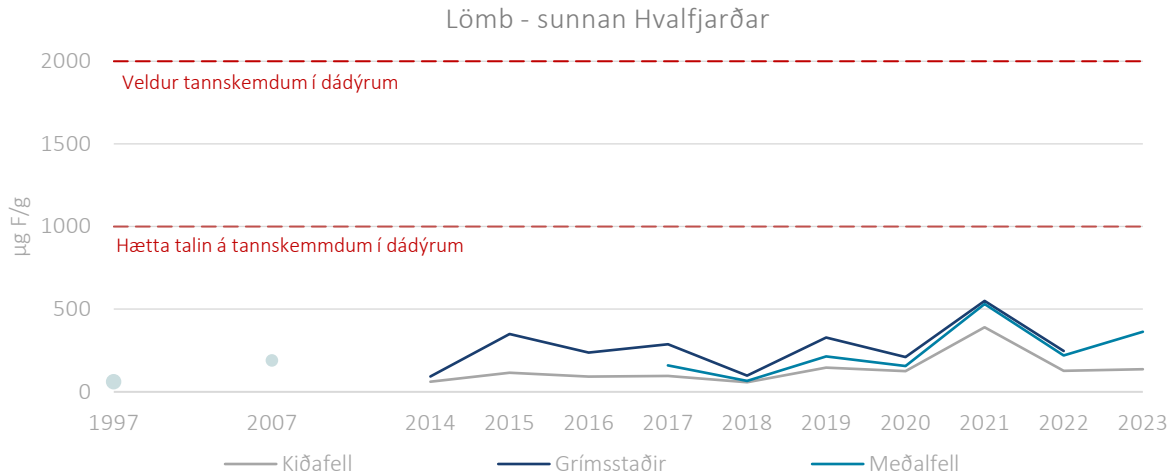
MYND G.2 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum suðvestur og vestur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997.

Á mynd G.3 má sjá flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu. Marktæk breyting til hækkunar var á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði árið 2023 miðað við árið 1997, engin breyting miðað við árið 2007 (mynd G.13).



MYND G.3 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997.

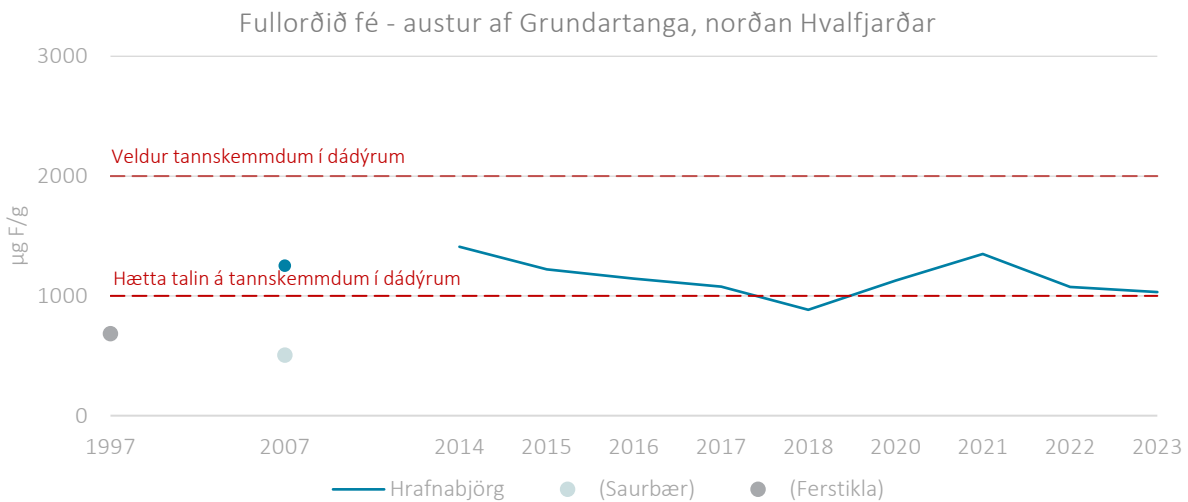
Mynd G.4 sýnir flúorstyrk í kjálkabeinum lamba frá bæjum sem staðsettir eru sunnan Hvalfjarðar. Búið er að fella allt fé frá Grímsstöðum og því eru engin sýni þaðan. Marktæk breyting til hækkunar var á meðalársstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá þessu svæði árið 2023 miðað við árið 1997 en engin breyting miðað við árið 2007 (mynd G.14).



MYND G.4 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá bæjum sunnan Hvalfjarðar og viðmiðunarsýni frá 1997.

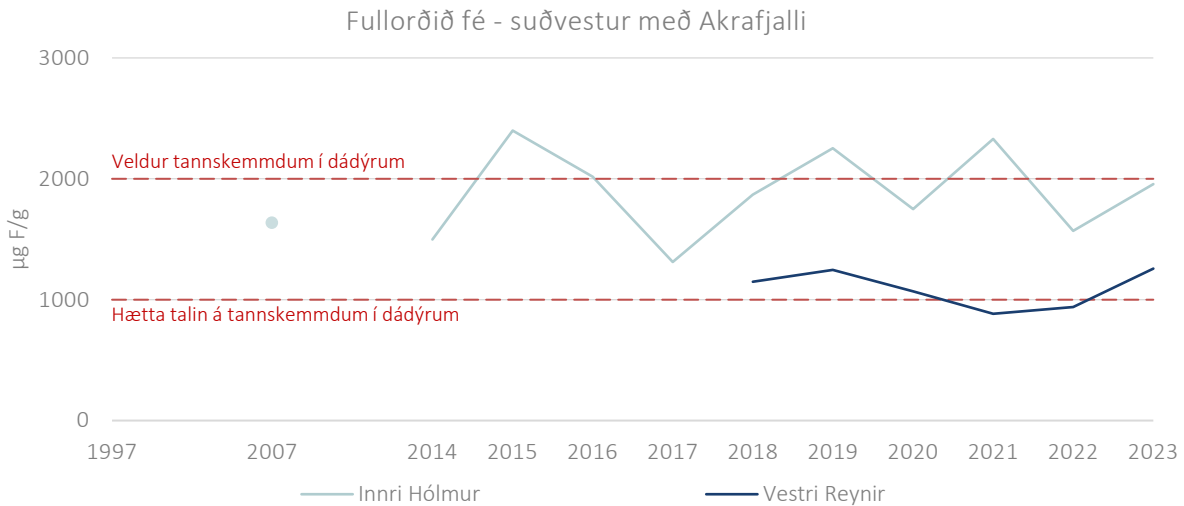
Flúor í kjálkum fullorðins fjár eftir svæðum

Vöktun fer fram á einum bæ, Hrafnabjörgum, sem staðsettur er á vöktunarsvæði austur af iðnaðarsvæðinu (mynd G.5). Árið 2023 var engin breyting á meðalstyrk flúors í fullorðnu fé frá Hrafnabjörgum miðað við árið 1997 og 2007 (mynd G.17).



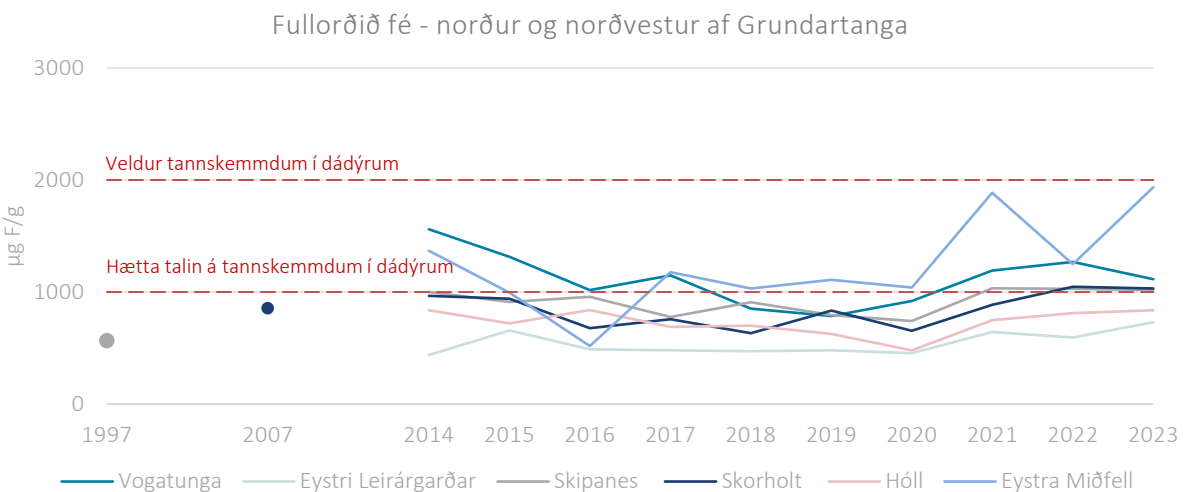
MYND G.5 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum austur af iðnaðarsvæðinu og viðmiðunarsýni frá 1997. Engin sýni bárust árið 2019.

Mynd G.6 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá vöktunarbæjum sem staðsettir eru suðvestan við iðnaðarsvæðið. Ekki var marktæk breyting á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæði árið 2023 miðað við árin 1997 og 2007 (mynd G.18).



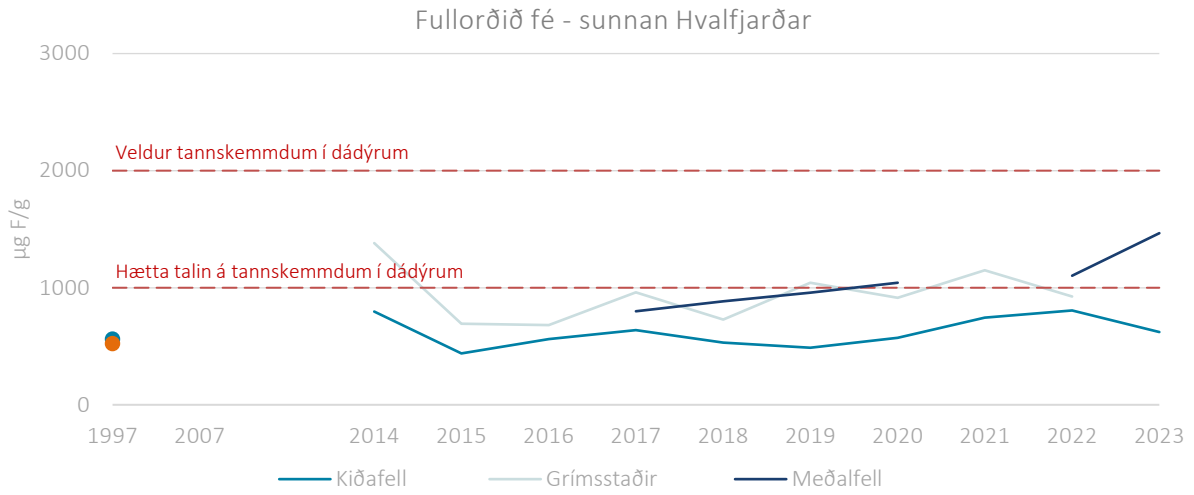
MYND G.6 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum suðvestur og vestur af iðnaðarsvæðinu.

Mynd G.7 sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum á svæðinu norður og norðvestur af iðnaðarsvæðinu. Hækkun var á meðalstyrk flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá þessu svæði árið 2023 miðað við árið 1997 en engin breyting miðað við árið 2007 (mynd G.19).



MYND G.7 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár 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 2023 var flúorstyrkurinn hærri í kjálkabeinum í fullorðnu fé samanborið við árið 1997 en styrkurinn var óbreyttur miðað við árið 2007 (mynd G.20).



MYND G.8 Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár frá bæjum sunnan Hvalfjarðar og viðmiðunarsýni frá 1997.

c. 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.3 og G.4 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 [20], sjá töflu 9.2 í kafla 9.

Bær	Dags.	n	Aldur	Framtennur niðri hægra megin				Framtennur niðri vinstra megin				Meðaltal	Jaxlar		Liðir	
				ilr ₄	ilr ₃	ilr ₂	ilr ₁	ill ₁	ill ₂	ill ₃	ill ₄		mr	ml		
Eyjar	08.02.2024	10	4,5	0	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
Hrafnabjörg	08.02.2024	10	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
Eystra Miðfell	08.02.2024	10	3,8	0	0	0	0,11	0,14	0	0	0	0	0,03	0	0	0
Vogatunga	08.02.2024	10	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kiðafell	08.02.2024	10	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1

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 [20] 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 ₃	iur ₂	iur ₁	iul ₁	iul ₂	iul ₃	ilr ₃	ilr ₂	ilr ₁	ill ₁	ill ₂	ill ₃		
Ytri-Hólmur	10.02.2024	6	11	0	0,17	0,33	0,33	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0
Litla Fellsöxl	08.02.2024	6	20	0	0,17	0,83	0,83	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
Miðdalur	14.02.2024	6	14	0	0,67	0,83	1,00	0,67	0	0	0,17	0,17	0	0	0	0,29	0
Meðalfell	10.02.2024	6	15	0	0,17	0,67	0,67	0,17	0	0	0	0,17	0,17	0	0	0,17	0
Kalastaðakot	10.02.2024	6	11	0	0,33	0,50	1,00	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0,22	0

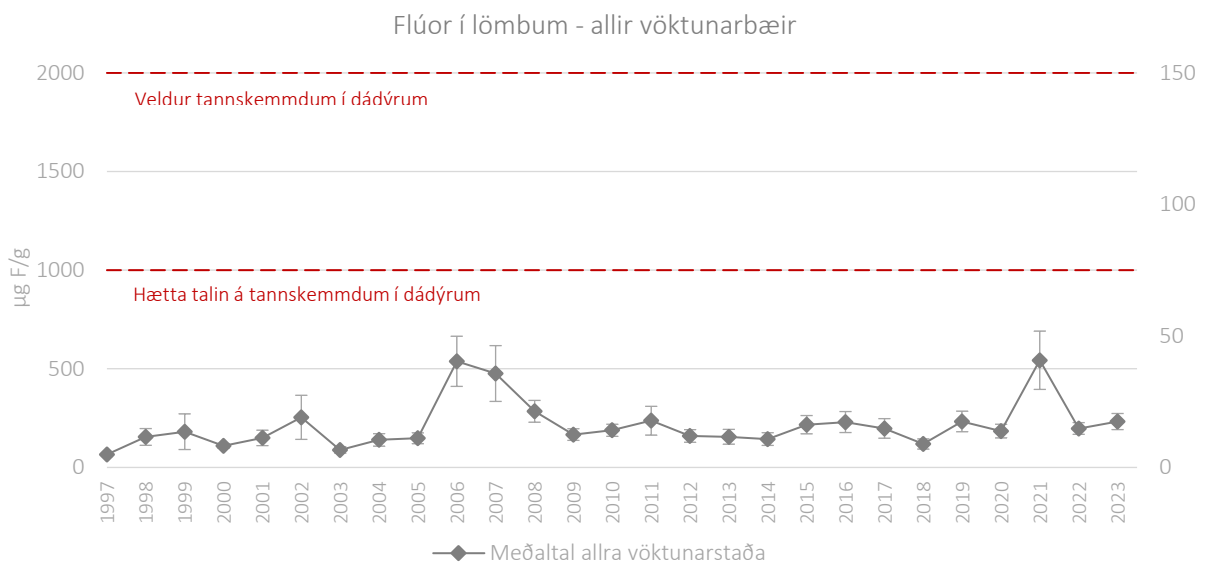
Skýring: n: fjöldi; iur: framtönn uppi hægra megin; iul: framtönn uppi vinstra megin; ilr: framtönn niðri hægra megin; ill: framtönn niðri vinstra megin.

d. Tölfræðiniðurstöður grasbíta

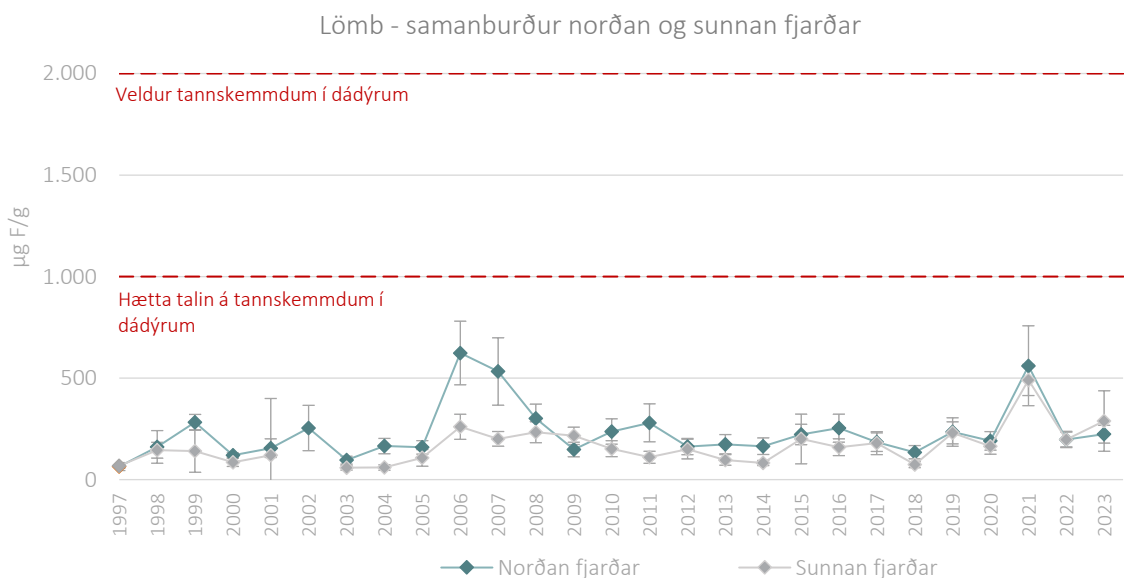
Mælingar á styrk flúors í beinösku sauðfjár hafa farið fram árlega frá árinu 1997. Mat hefur verið lagt á breytileika mælinganna frá 1997 – 2023 með tölfræðigreiningu á mæliniðurstöðunum. Notuð var t-dreifing til að reikna 95% öryggisbil fyrir meðaltöl mælinganna.

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

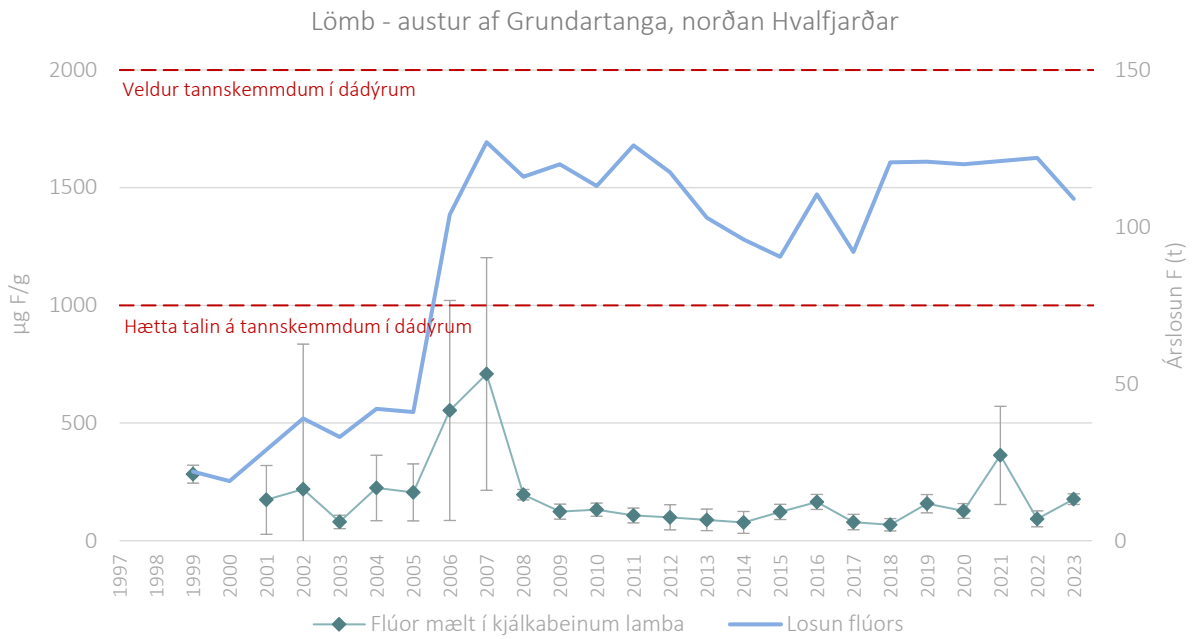
Lömb



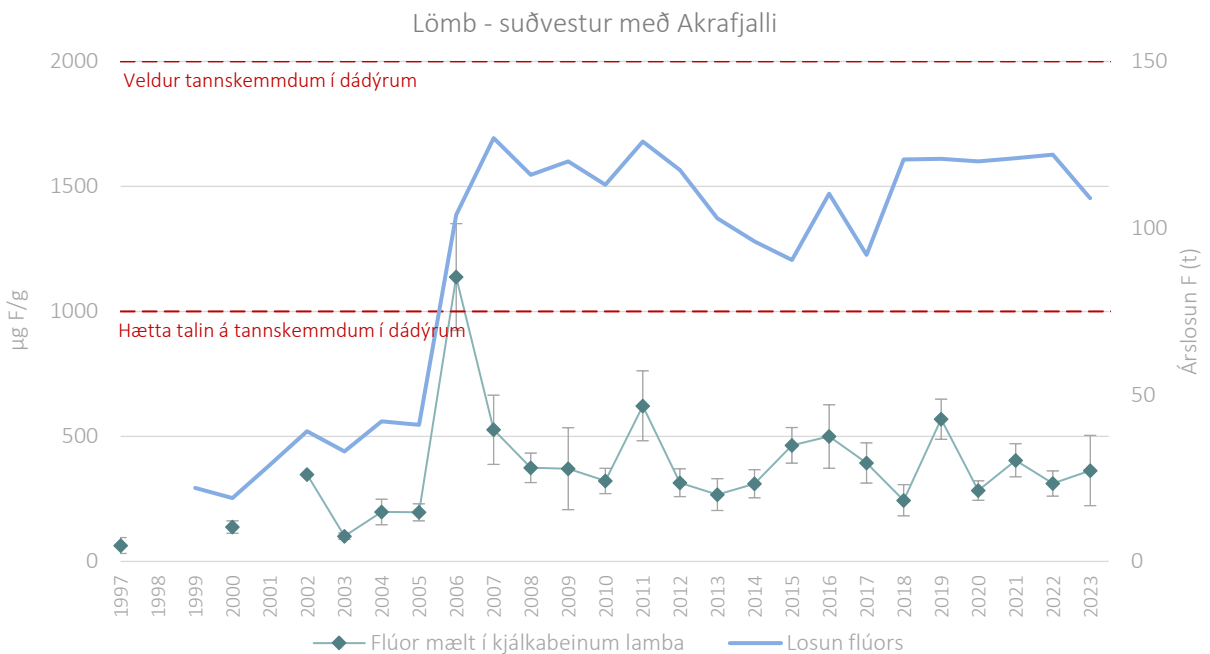
MYND G.9 Meðalstyrkur flúors í lömbum allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum.



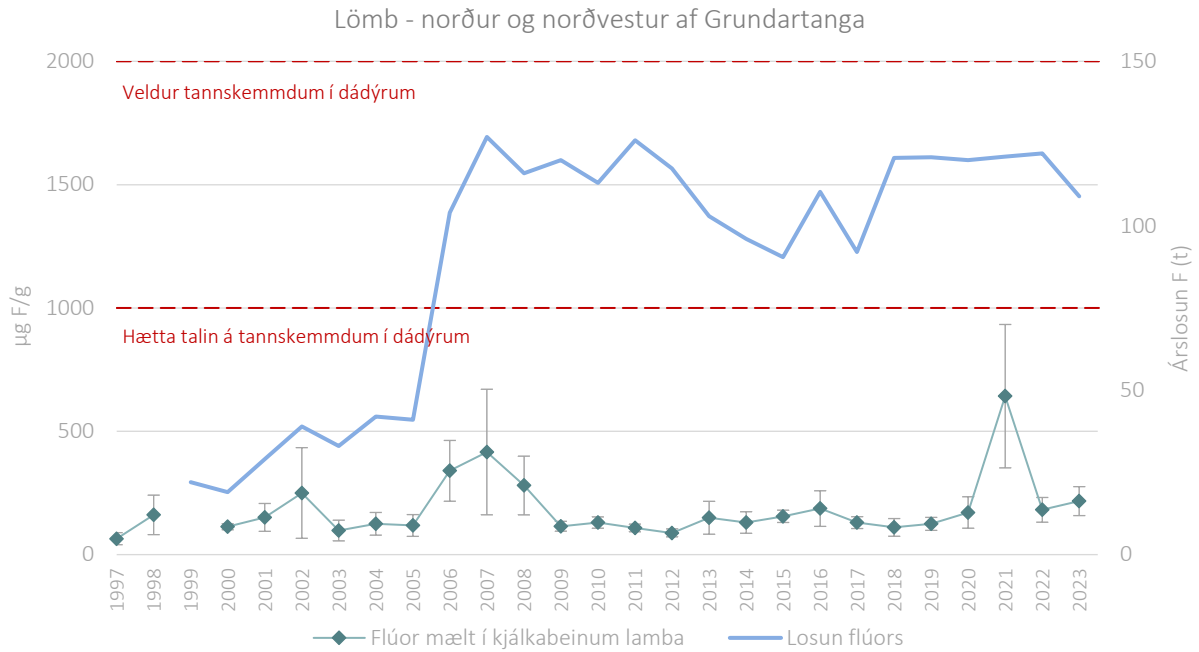
MYND G.10 Samanburður á meðalstyrk flúors í beinösku lamba, norðan og sunnan Hvalfjarðar, ásamt 95% öryggisbilum.



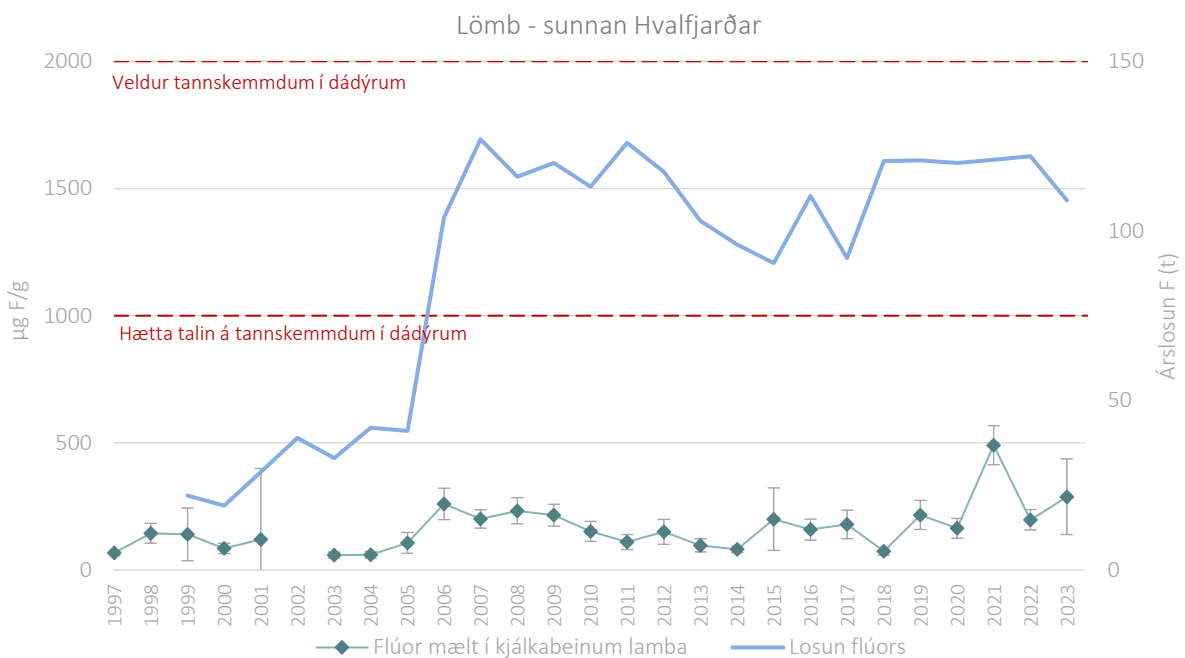
MYND G.11 Meðalstyrkur flúors í lömbum austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors í tonnum frá álverinu.



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

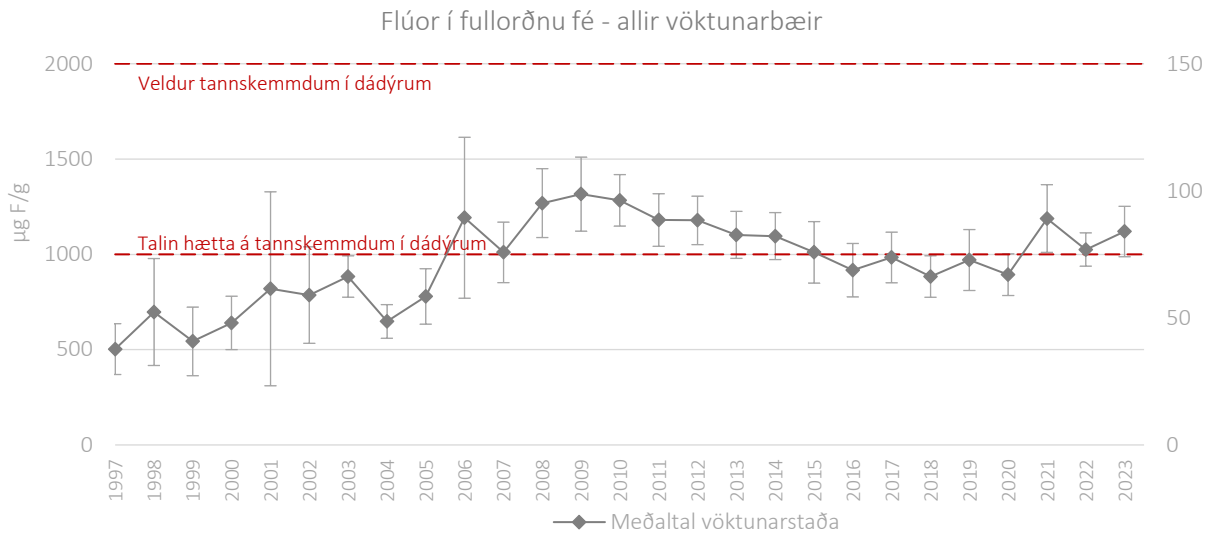


MYND G.13 Meðalstyrkur flúors í lömbum norður og norðvestur af Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu.

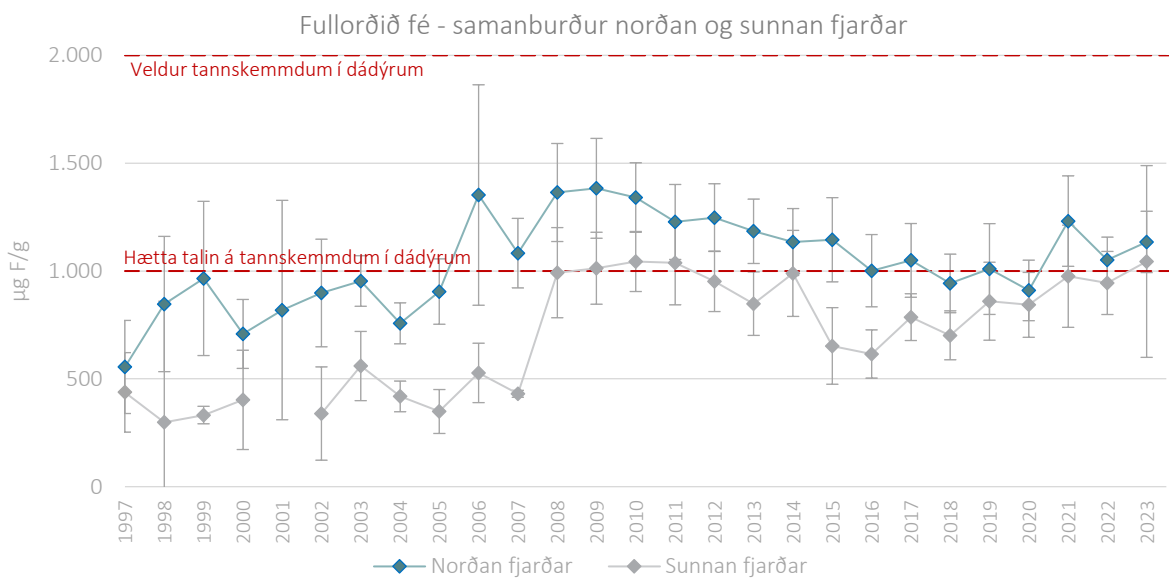


MYND G.14 Meðalstyrkur flúors í lömbum sunnan Hvalfjarðar ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu.

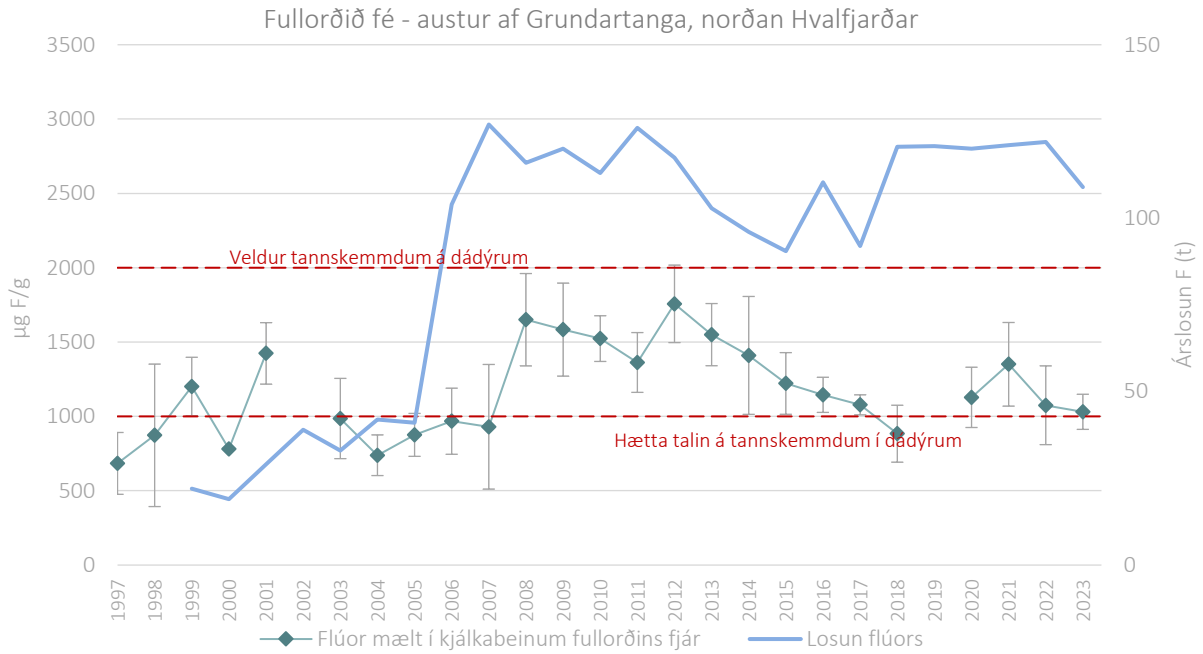
Fullorðið fé



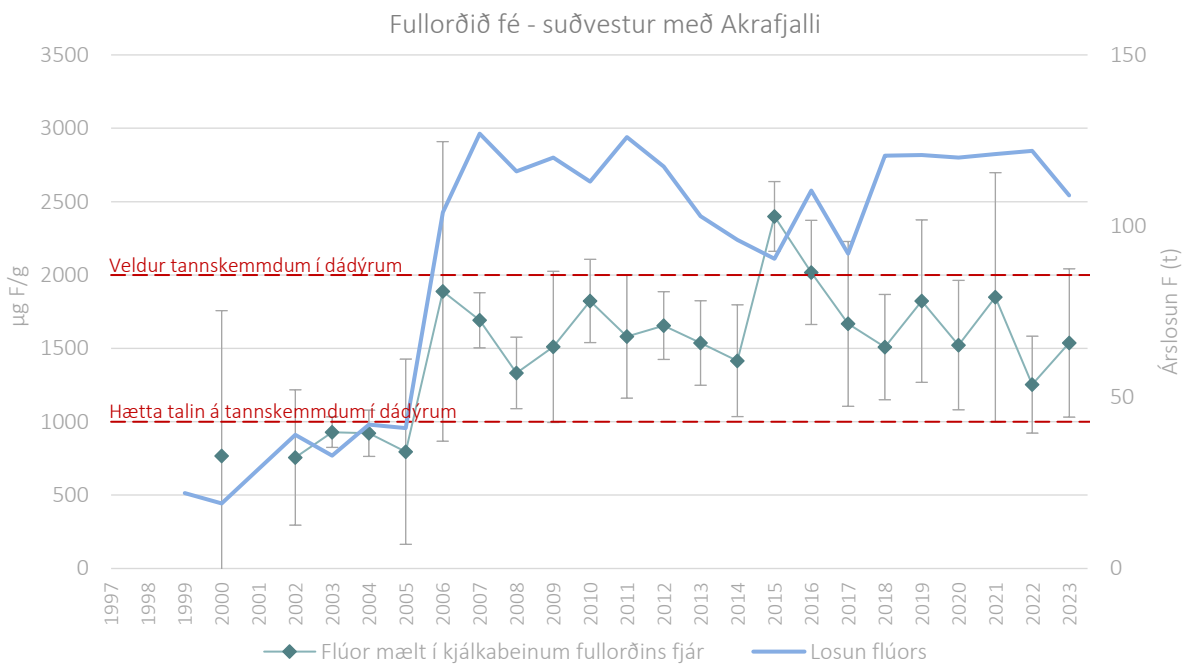
MYND G.15 Ársmeðalstyrkur flúors í fullorðnu fé allra vöktunarbæja ásamt 95% öryggisbilum.



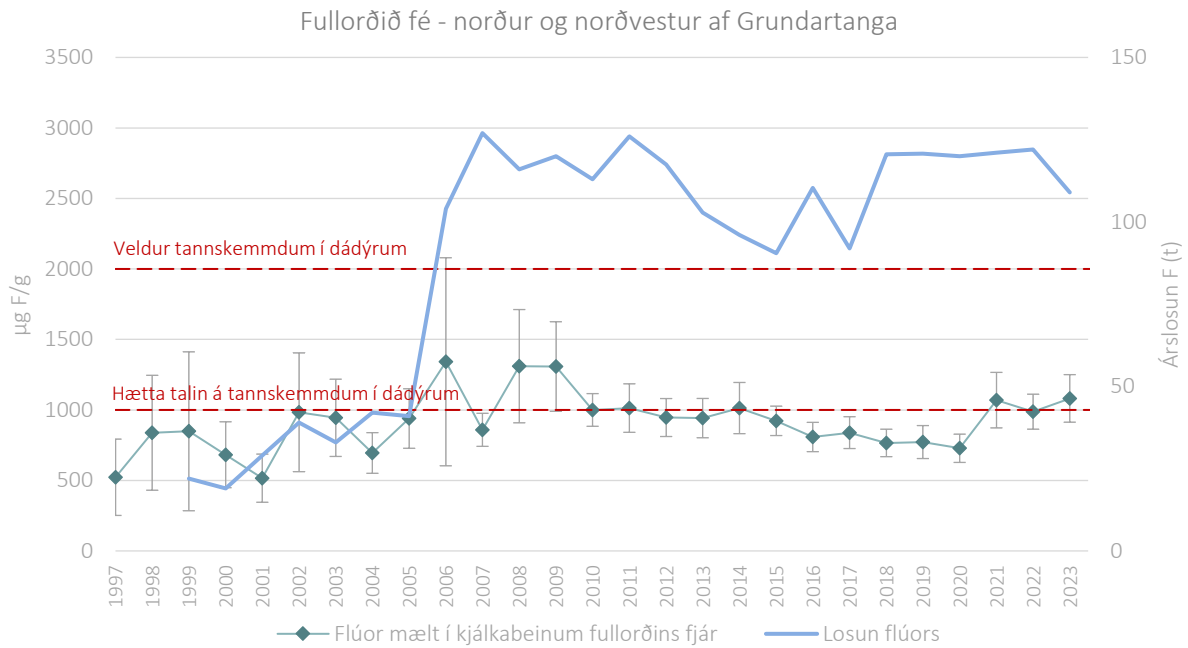
MYND G.16 Samanburður á flúor í beinösku fullorðins fjár norðan og sunnan Hvalfjarðar.



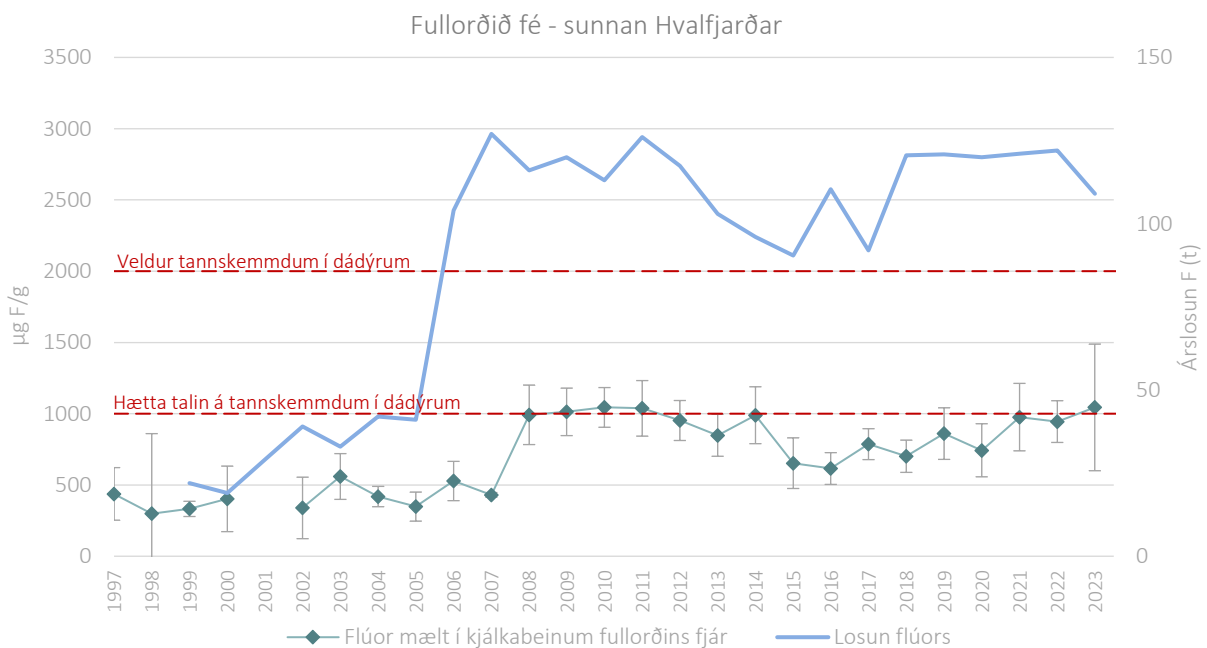
MYND G.17 Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé austan Grundartanga ásamt 95% öryggisbilum og heildarlosun flúors frá álverinu. Engin sýni bárust frá Hrafnabjörgum árið 2019.



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



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



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