

# 2022

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál  
alcoa.is





## **Alcoa Fjarðaál**

### **Umhverfisvöktun 2022**

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands  
og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál

 <b>NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS</b>		 <b>HAFFRANNSÓKNASTOFNUN</b> Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna	
<b>Skýrsla nr:</b> NA-230241	<b>Dags (mánuður, ár):</b> Apríl, 2023	<b>Dreifing:</b> Opin	
<b>Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):</b>		<b>Síðufjöldi:</b> 75	
Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2022		<b>Fjöldi viðauka:</b> 16	
<b>Höfundar, í stafrófsröð:</b> Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir.			
<b>Unnið fyrir:</b> Alcoa Fjarðaál			
<b>Samvinnuaðilar:</b> Haffrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna			
<b>Útdráttur:</b> Frá því að álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004–2006. Umhverfissvöktunin árið 2022 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfænaðar. <p><b>Gagnasöfnun:</b> Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningarsvæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölrhinga arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu.</p> Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi var safnað sex sinnum og rabarbara var safnað þrisvar sinnum yfir sumarið. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, kartöflum, laufblöðum reynitrijaá, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Flúor var mælt í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. Sjónrænt mat var lagt á ástand sjaldgæfra tegunda, gróðurs í görðum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors. Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basarým, brennisteinn og leiðni mælt í sýnum. Einnig var styrkur fjölrhinga arómatískra vetniskolefna mældur í októbersýnum. Dýralæknir skoðaði lifandi búfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði og styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði var mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum. <p><b>Helstu niðurstöður:</b> Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2022 var í meginráttum í meðallagi miðað við undanfarin ár. Þó er vert að gefa gaum að tilteknum þáttum. Svifryk mældist í hærra lagi en lækkaði þó verulega frá síðasta ári þegar svifryk mældist það hæsta frá upphafi. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og tiltölulega stöðug frá árinu 2011, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Mæligildi flúors voru í meðallagi miðað við árin á undan, mælt á síur og í svifryki og í úrkomu, en lækkaði þó nokkuð frá 2021. Mæligildi flúors hafa farið töluvert hækkandi frá 2011 þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi í lofti eru innan settra marka. Rykkennd PAH efni mældust lág árið 2022 og hafa verið nokkuð stöðug frá árinu 2012, fyrir utan svolitla hækkun á árinu 2019. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár. Styrkur flúors í gróðri 2022 mældist í öllum tilfellum hærrí innan þynningarsvæðis en utan. Ársmeðaltal flúors í grasi, mosa, bláberjalyngi, reynivíð, rabarbaralaufum og kartöflugrösum var lægra bæði innan og utan þynningarsvæðis samanborið við 2021. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum í öllum sýnum. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri var helst að finna innan þynningarsvæðis. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2022 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr. Lifandi búfænaður var almennt heilbrigður en breytingar á glerungi tanna voru skráðar í sömu tveimur kindum og árið 2021. Styrkur flúors í kjálkum fullorðins fjár og lömbum var hærrí en í kjálkabeinum í viðmiðunarsýnum. Tannheilsa var metin góð hjá öllum lömbum en einhverjar kindur voru metnar með slæma tannheilsu en ekki hægt að tengja það flúormagni í beinösku.</p> <p><b>Lykilorð:</b> Alcoa Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitré, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun, þungmálmar</p>			
<b>Yfirfarið:</b> Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál		<b>ISBN / ISSN nr:</b> 2547-7447 (rafræn útgáfa) 978-9935-9716-2-3 (rafræn útgáfa)	

## Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur .....	11
2.1.1	Loftgæðamælingar í Reyðarfirði .....	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir .....	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir.....	12
2.3	Niðurstöður .....	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins .....	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM <sub>10</sub> Hi-vol).....	15
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti.....	17
2.3.4	Flúor í lofti .....	19
2.3.5	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH) .....	23
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu .....	24
3	Efnamælingar í gróðri .....	28
3.1	Inngangur .....	28
3.1.1	Flúor og gróður.....	28
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé.....	29
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar .....	30
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna .....	30
3.2.2	Töluleg úrvinnsla .....	31
3.2.3	Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.....	31
3.3	Niðurstöður .....	32
3.3.1	Gras .....	32
3.3.2	Mosi.....	36
3.3.3	Fléttur.....	38
3.3.4	Bláberjalyng.....	40
3.3.5	Reyniviður .....	42
3.3.6	Barrnálar.....	44
3.3.7	Rabarbari.....	45
3.3.8	Kartöflur og grænmeti.....	48
3.3.9	Bláber og krækiber .....	49
3.3.10	Hey og fóðurkál .....	51
4	Sjónræn skoðun á gróðri .....	52
4.1	Sjaldgæfar tegundir .....	53
4.2	Garðaplöntur og tré.....	55
4.3	Gróður í rannsóknarreitum .....	56
5	Trjávöxtur .....	57
5.1	Inngangur .....	57
5.2	Niðurstöður .....	58
6	Yfirborðsvatn .....	60
6.1	Inngangur .....	60
6.2	Niðurstöður .....	60
6.2.1	Flúor .....	60
6.2.2	Sýrustig (pH).....	62
6.2.3	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni).....	63
6.2.4	Brennisteinn .....	64
6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity) .....	64
6.2.6	Leiðni .....	65
7	Búfénaður .....	65
7.1	Inngangur .....	65
7.2	Niðurstöður .....	66
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði .....	66
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis .....	66
8	Samantekt og lokaorð.....	71
9	Heimildir .....	73



## Myndaskrá

1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	11
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2022, allar mælingar (10 mín).....	14
3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín). .....	14
4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín). .....	15
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín). .....	15
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2022.....	16
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2022. ....	17
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2022. ....	17
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2022. ....	18
10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), sem fall af vindátt 2022, allar stöðvar nema stöð 4 sem var óvirk.....	19
11. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO <sub>2</sub> (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2022, allar stöðvar nema stöð 4 en hún var óvirk.....	19
12. mynd. Flúor gaskennður í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2022 (mælingar á síur). .....	20
13. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2022 (mælingar á síur). .....	21
14. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2022 (mælingar á síur). .....	21
15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2022. ....	22
16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2022. ....	22
17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2022. ....	23
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2022. ....	24
19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2022. ....	24
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2022. ....	25
21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2022. ....	26
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2022. ....	26
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2022. ....	27
24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2022. ....	27
25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2022. ....	28
28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og 2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2022. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 (n=30), 2005 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2022 (n=35). ....	34
29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2022 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). ....	35
30. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2022, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýna í hverri ferð er sýnd í sviga.....	35
31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2022 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). ....	36
32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). ....	37
33. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	37
Mosar eru frábrugðnir æðplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærra en hjá æðplöntum sem skýrir hærra styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003). 34. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	38
35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). ....	39
36. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	39

37. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	40
38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	41
39. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptingu). .....	41
40. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	42
41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	43
42. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 bakgrunnsgildi og 2007–2021 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016, 2020, 2021 og 2022.....	43
43. mynd. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnnállum (CN) í október 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	44
44. mynd. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnnállum frá fyrra ári (CP, 2021), safnað í október 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	44
45. mynd. Ársmeðaltal flúors í barnnállum (ásamt staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004–2009 en 9 sýnum árin 2010–2022. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.....	45
46. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	46
47. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufurð árin 2007–2013 sex sýnatökufurðar og árin 2014–2022 voru farnar þrjár sýnatökufurðir. ....	46
48. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrósum sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).....	48
49. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflugrósum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007 til 2022.....	49
50. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2022. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	50
51. mynd. Ársmeðaltal flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2022 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$ .....	50
52. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli m.v. 0% rakainnihald sem tekin voru í ágúst 2022 og janúar 2023. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	51
53. mynd. Ársmeðaltal flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af heyi í Reyðarfirði. ....	52
54. mynd. Giljafækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2022 í Reyðarfirði.....	54
55. mynd. Þyrnirós af neðri vaxtarstað (t.v.) og af efri vaxtarstað (t.h.) í júlí 2022 í Reyðarfirði. ....	54
56. mynd. Aronsvöndur í blóma (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum blaðendum í júlí 2022 í Reyðarfirði.....	55
57. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2022. ....	55
58. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í 14 stöðvum, engar skemmdir í 13 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í tveimur stöðvum sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	56
59. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	58
60. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) ásamt staðalskekkju meðaltalanna í trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2022. ....	59
61. mynd. Vöxtur stafafuru (grænt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu (TG) árið 2022 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.....	59
62. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021). .....	60

63. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum og í Grænavatni árið 2006 og 2015 – 2022...	61
64. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 og 2015 – 2022.....	62
65. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum og í Grænavatni árin 2006 og 2015 – 2022.....	63
66. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 og 2015 – 2022. ....	63
67. mynd. Staðsetning bæja þar sem tannheilsa og flúormagn í kjálkabeinum kindna var mælt. ....	67
68. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023). ....	68
69. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2022 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012, 2014, 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023).....	69
70. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2022) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023). ....	70
71. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2022). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2022), n=63 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023). ....	70

## Töfluskra

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2022 aftur til ársins 2006. ....	13
2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2022. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum. ....	47
3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2022. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum. ....	48
4. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015 – 2022. ....	64
5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022. ....	64
6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022. ....	65
7. tafla. Meðalársleiðni ( $\mu\text{S/cm}$ ) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022. ....	65



## Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2022.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2022.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2022.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2022.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2022.
- Viðauki 6. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í grasi fyrir árið 2022.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í mosa, fléttum og bláberjalaufum fyrir árið 2022.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í laufum reyniviðar, bláberjum, krækiberjum, kartöflum og salati árið 2022.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í barnálum árið 2022.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í rabarbara auk niðurstaða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2022.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í heysýnum og flóðurkáli árið 2022.
- Viðauki 12. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði vegna vöktunar árið 2022.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2022 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 14. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2022.
- Viðauki 15. Sjónræn skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2022. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2022.

# 1 Inngangur

Samkvæmt starfsleyfi Alcoa Fjarðaáls fer reglubundin umhverfisvöktun fram í grennd við álverið í samræmi við vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun (Umhverfisstofnun, 2010; Alcoa Fjarðaál, 2013). Álver Alcoa Fjarðaáls við Reyðarfjörð var gangsett í apríl 2007 og var komið í fulla framleiðslu ári síðar. Grunnrannsóknir fóru fram á svæðinu á árunum 2004–2006, áður en starfsemi álversins hófst og hefur vöktun verið haldið áfram ár hvert síðan þá.

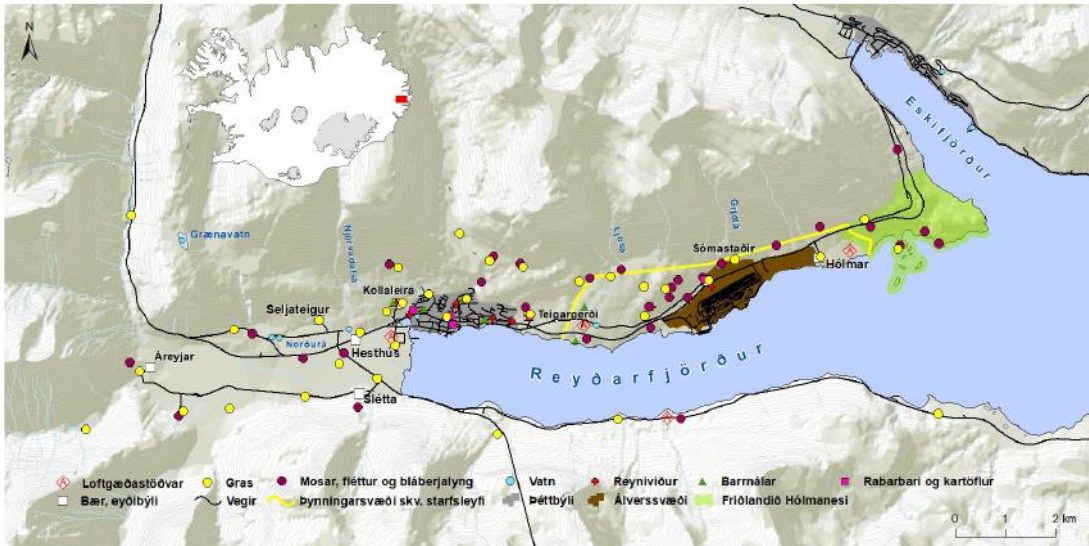
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2022 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

- Loftgæða- og veðurmælingar
- Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
- Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
- Mælingar á vexti furutrjáa
- Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatns
- Sjónræn skoðun á búfenaði auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár

Árið 2022 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni og kjálkum af sláturfé en Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna, önnuðust efnagreiningar á gróðri, vatni og kjálkum sauðfjár auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á fjölhringa aromatískum vetniskolefnum (PAH) í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2022 má sjá á 1. mynd. Ekki eru sýndar staðsetningar bæja utan Reyðarfjarðar þar sem sýnum af sláturfé var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Hér eru birtar niðurstöður úr öllum verkþáttum í umhverfisvöktuninni árið 2022. Samanburður er gerður á niðurstöðum ársins 2022 við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Í fyrsta kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls og hverjir koma að henni. Í köflum tvö til sjö eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum og veðurfari, gróðri, yfirborðsvatni og búfenaði. Að lokum eru helstu niðurstöður dregnar saman. Starfsmenn Hafrannsóknastofnunar skrifuðu kafla tvö og sex en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli sjö byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgja 16 viðaukar sem eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfisvöktunina.



1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

## 2 Loftgæði

### 2.1 Inngangur

#### 2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2022. Mælingar þessar eru hluti af umhverfisrannsóknum vegna iðjuvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Hafrannsóknastofnun, fyrir Alcoa Fjarðaál hf.

#### 2.1.2 Mælistöðvar og mæliþættir

Mælt var á fjórum mælistöðvum, eins og hefur verið gert frá október 2006, þegar stöðvum fjölgaði úr þremur í fjórar. Mælistöðvarnar (1–4) eru sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum milli Hellulækjar og Ljósár á mörkum Teigagerðis og Sómastaða, stöð 3 er á Hólmum um 0,6 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins (1. mynd).

Mæliþættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð og brennisteinstvíoxíð og PAH sambönd. Brennisteinstvíoxíð-mælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er safnað á síur, 1 og 5 daga í senn. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, brennisteinn, og flúoríð í einu úrkomusýni (vikusýni) í hverjum mánuði frá hverri stöð. Vind- og veðurgögnum (10 mín. meðaltöl) er safnað á öllum stöðvum, þ.e. vindátt, vindhraða, hitastigi, rakastigi og úrkomumagni.

Nokkrir hnökrar voru í rekstri búnaðar árið 2022. SO<sub>2</sub> mælir á stöð 4 bilaði árið 2021 og var óvirkur allt árið 2022. Bilun var á SO<sub>2</sub> mælitæki á stöð 2 í ágúst og vantar því gögn frá því tímabili. Úrkomumælir bilaði í mars og var óvirkur þar til um miðjan nóvember.

Vindmælir á stöð 4 virðist hafa fest öðru hverju í ákveðinni vindátt, en það var lagað í lok september og þau gögn fjarlægð.

## 2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Wojciech Sasinowski, 2023). Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 920/2016, 10. gr., um mat á styrk brennisteinsdíoxíðs og svifryks (PM<sub>10</sub>).

### Skilgreiningar

**Svifryk PM<sub>10</sub>** Svifryk í lofti í  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en 10  $\mu\text{m}$  í þvermál.

Flúor í náttúrulegu ástandi er yfirleitt á formi flúoríðs, getur verið sem gastegundin vetnisflúoríð, HF eða sem rykkennd sölt eða steindir, s.s. CaF<sub>2</sub>. Í skýrslunni er flúor mældur og gefinn upp sem flúorhlutinn eingöngu, nema þar sem starfsleyfi krefst samanburðar og umreiknings til gaskennds vetnisflúoríðs (HF).

<b>Flúor rykkendur</b>	Flúor sem mælist sem rykkendur eða bundinn ryki.
<b>Flúor gaskenndur</b>	Flúor sem mælist gaskenndur og óbundinn ryki.
<b>Flúor alls</b>	Summa rykkennds og gaskennds flúors.
<b>Vetnisflúoríð</b>	HF, gaskennt vetnisflúoríð. (Notað sem viðmið í starfsleyfi, þar sem umreikna skal mælt gaskennt flúoríð F sem vetnisflúoríð HF).
<b>SO<sub>2</sub></b>	Brennisteinstvíoxíð.
<b>PAH</b>	Fjölhringa vetniskolefni (polycyclic hydrocarbons).
<b>Umhverfismörk</b>	Leyfileg hámarksgildi mengunar sett í því skyni að draga úr eða koma í veg fyrir skaðleg áhrif á heilsu manna og dýra. Umhverfismörk geta átt við umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (s.s. heilsuverndarmörk, gróðurverndarmörk) og tiltekin tímabil (s.s. sólarhring, árstíð eða ár).

### Rafræn gögn

Nýtt var gagnasafn af vefsíðu Vista og 10 mínútna grunnmælingar frá sjálfvirkum mælibúnaði, eins og þær liggja fyrir á vefsíðunni, voru notaðar sem grunnur fyrir frekari úrvinnslu. Farið er yfir gögnin og vinsað burtu það sem ekki tilheyrir eðlilegri mælingu, svo sem toppar vegna kvarðana, frávik vegna bilana eða prófunar á tækjabúnaði. Neikvæð gildi sem koma fram vegna óvissuflokts í mælingu eru látin standa, enda eðlilegur hluti mælingar. Ef þörf krefur eru gerðar lítilsháttar leiðréttingar á núllstöðu mælinga SO<sub>2</sub> og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtímagreiningarmarka tækjanna en eru greinanlegar yfir lengri tímabil og geta

skipt máli þegar meðalmæligildi eru lág. Gerðar voru lítils háttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO<sub>2</sub> árið 2022.

## 2.3 Niðurstöður

Samantekt yfir allar niðurstöður eftir mánuðum er að finna í viðaukum 1–5.

### 2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

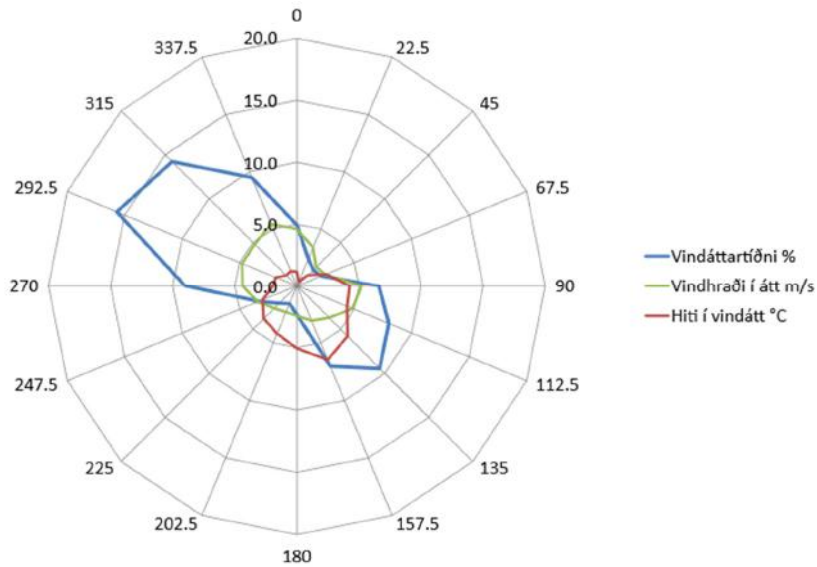
Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2022 mældist 3,9°C og meðalvindhraði 4,2 m/s. Hitastigsmeðaltalið mældist það lægsta frá upphafi mælinga árið 2006 en meðalvindhraði mældist í meðallagi miðað við undanfarin ár (1. tafla). Árið var nokkuð úrkomusamt og var ársúrkoma aðeins yfir meðallagi. Mesta úrkomu gerði í nóvember en þá mældist úrkoma að meðaltali 219 mm. Desember var svo úrkomuminnstur en þá mældist úrkoma að meðaltali 5 mm.

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2022 aftur til ársins 2006.

Veðurgögn meðaltöl						
	Meðalhitir og Meðalvindhraði			Meðalhitir og Meðalvindhraði		
	Ár	Meðalhiti °C	Meðalvindhraði m/s	Ár	Meðalhiti °C	Meðalvindhraði m/s
	2022	3,9	4,2	2013	4,3	4,2
	2021	4,4	3,9	2012	4,2	4,4
	2020	4,1	4,5	2011	4,5	4,6
	2019	4,1	4,2	2010	4,1	4,0
Reyðarfjörður allar stöðvar	2018	4,7	4,0	2009	4,6	4,1
	2017	4,7	4,1	2008	4,3	4,2
	2016	4,8	4,0	2007	4,4	5,2
	2015	4,0	4,6	2006	4,7	4,3
	2014	5,3	4,0			

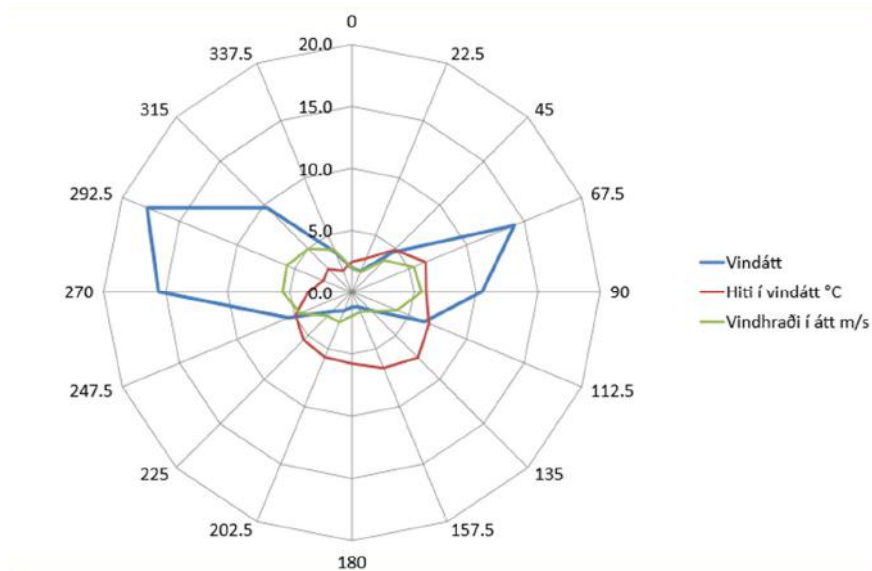
Veðurfar ársins 2022 var mjög breytilegt en ársmeðaltöl hita og vinds enduðu mikið til í meðallagi. Nokkuð úrkomusamt var á höfuðborgarsvæðinu og á Norðausturlandi. Illviðrasamt var fyrstu mánuði ársins. Vorið var nokkuð hlýtt og hægviðrasamt. Sumarið var tiltölulega kalt og voru hlýir dagar fáir, en september var hlýr og hægviðrasamur. Nóvember var úrkomusamur á Austurlandi og var sá hlýjasti frá upphafi mælinga. Desember var svo sá kaldasti á landsvísu síðan 1973.

Vindrós í Reyðarfirði er einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi um 75% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2–5 hér undir.



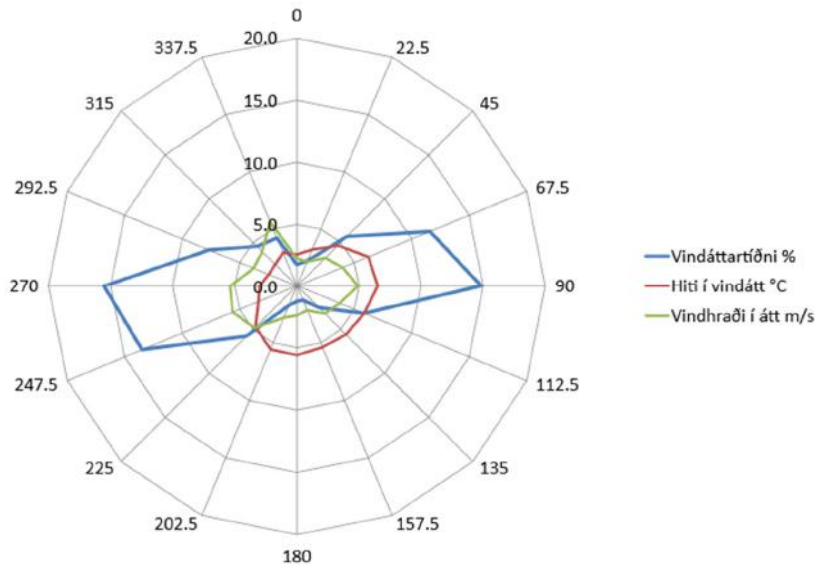
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2022, allar mælingar (10 mín).

Sjá má að meginrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlagn sem útlagn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes en hlýjast á stöð 2 á melnum milli Hellulækjar og Ljósár. Úrkoma mælist mest á stöð 4 sunnan megin fjarðar og þar er lygnast en hvasst er við stöð 2.

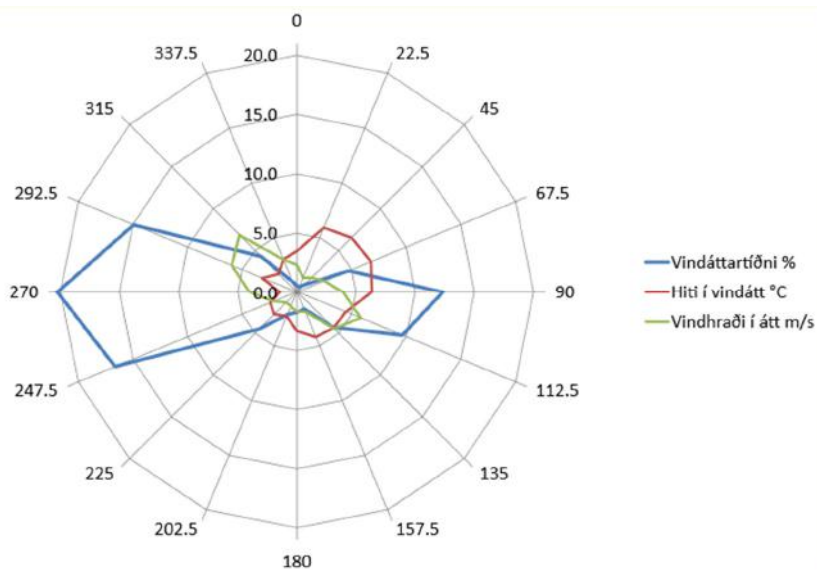


3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín).





4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín).



5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2022 (10 mín).

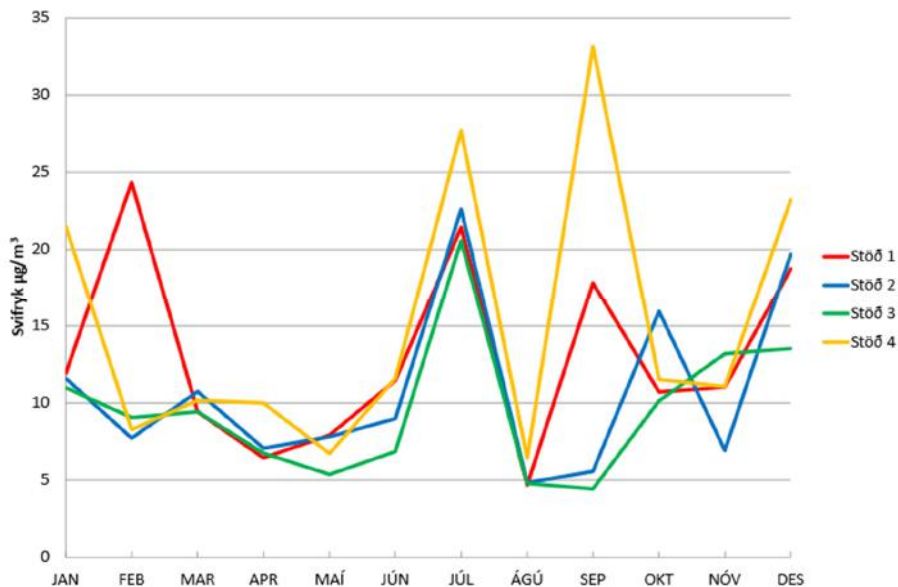
### 2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM<sub>10</sub> Hi-vol)

Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2022 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2022 eru sýnd á 6. og 7. mynd.

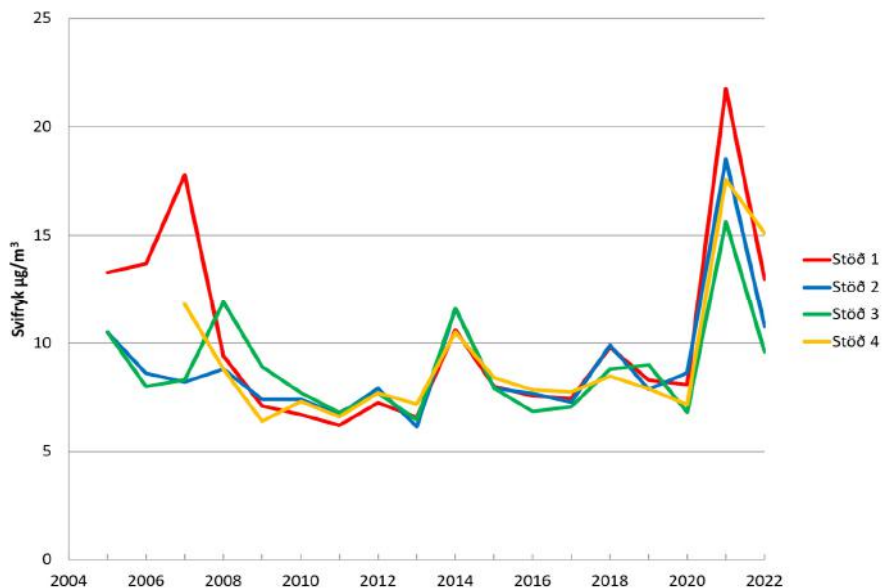
Heildarmeðaltal svifryks mældist 12,1 µg/m<sup>3</sup> og er það nokkuð lægra en mældist árið 2021 en þó í hærra lagi. Nokkrir dagar mældust yfir heilsuverndarmörkum (50 µg/m<sup>3</sup>dag) á árinu en hæst mældist svifryk 143,3 µg/m<sup>3</sup> þ. 25.9 á stöð 4 í allhvössum norðvestan vindi. Einnig mældist svifryk yfir mörkum á öllum stöðvum þ. 7.7, ásamt þ. 13.2 á stöð 1. Ekki komu fram hágildi á SO<sub>2</sub> þessa daga og því ljóst að þetta rykhágildi tengist ekki álverinu, heldur fremur ryki ættuðu af hálendi landsins.

Svifryksmengun var nokkuð misjöfn yfir árið en júlí og desember voru að meðaltali hæstir, enda þurrir mánuðir. Nokkur munur kom fram á meðaltali á stöðvunum en hæst mældist það á stöð 4, 15,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , og lægst á stöð 3, 9,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Þess ber að gæta að nokkur rykgildi vantar inn á milli vegna ófærðar og bilunar á tækjum, og þá sérstaklega á stöð 3 og 4, sem gætu haft áhrif á meðaltöl svifryks (6. mynd).

Þrjár meginástæður hafa verið fyrir hærra svifryki í Reyðarfirði: þurrviðri, framkvæmdir s.s. við vegagerð og byggingar og svo öskufall frá eldgosum. Þá kann svifryk af hálendinu að leggja til svifryks í Reyðarfirði. Fyrstu árin sem mælt var (2005-2008) mældist svifryk allhátt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosu í Holuhrauni. Árið 2021 mældist svifryk það hæsta frá upphafi en vorið og sumarið einkenndust af miklum hlýindum, sól og hægviðri (7. mynd).



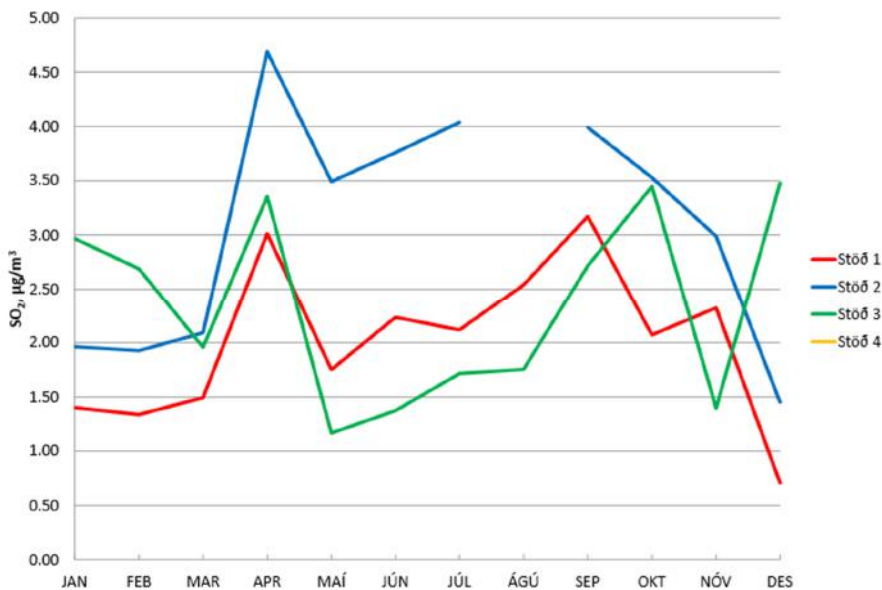
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2022.



7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2022.

### 2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á SO<sub>2</sub> í lofti má sjá á 8. mynd hér undir.



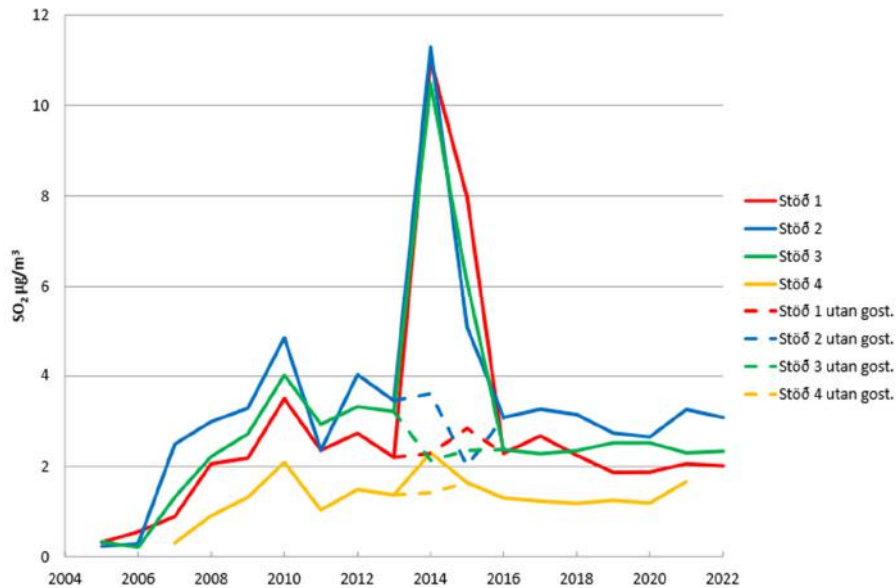
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2022.

Mánaðarmeðaltöl brennisteinstvíoxíðs fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginsveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum og hæst mælist á stöð 2 að jafnaði og lægst á stöð 4 sunnan fjarðar (stöð 4 var þó óvirk árið 2022). Mælingar á stöð 3 geta fylgt nokkuð öðru sniði en á hinum þremur, þar sem hún er austan megin álversins og þar mælist oft hærra að vetri til þegar útlögn er algengari en innlögn. Gögn vantar frá stöð 2 í ágúst vegna bilunar í búnaði.

Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2022 reyndust áþekkt og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef gostímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í

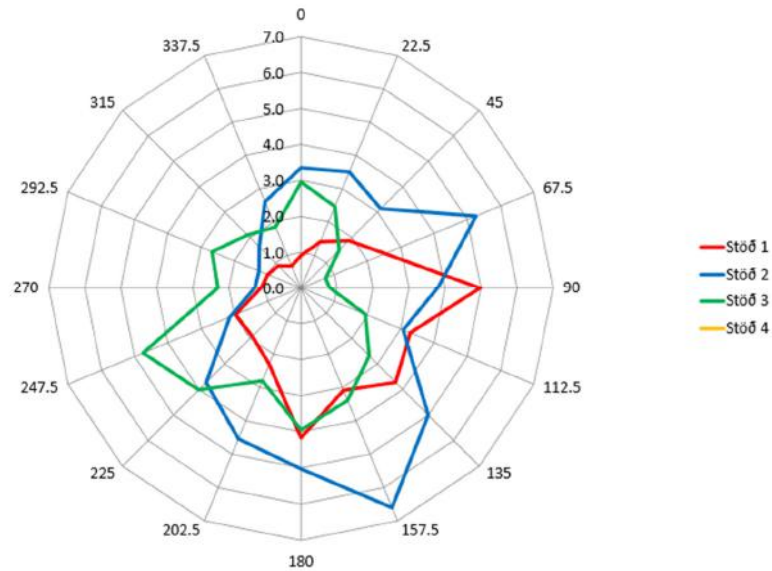
Holuhrauni gætti) er undanskilið. Meðaltölin hafa þó lækkað lítillega frá 2021 á stöð 1 og 2, en hækkað á stöð 3. Á 9. mynd má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist  $39,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 2 í breytilegu vestlægu kuli þ. 22.4. Hæsta dagsgildi á stöð 3 ( $28,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mældist einnig þ. 22.4 og á stöð 1 ( $27,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) þ. 8.9. Yfirleitt má rekja þessi hágildi til hægviðris og vindáttar sem stendur á stöð yfir daginn. Hæsta klukkustundargildi á stöð 1 mældist  $119,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  þ. 7.6 kl. 09 í suðaustan kuli. Á stöð 2 mældist klukkustundargildi hæst  $120,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kl.11 þ. 22.4 í suðvestlægum andvara. Á stöð 3 mældist hæsta klukkustundargildi  $82,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kl. 09 þ. 22.4 í suðvestan andvara. Öll gildin eru undir heilsuverndarmörkum ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

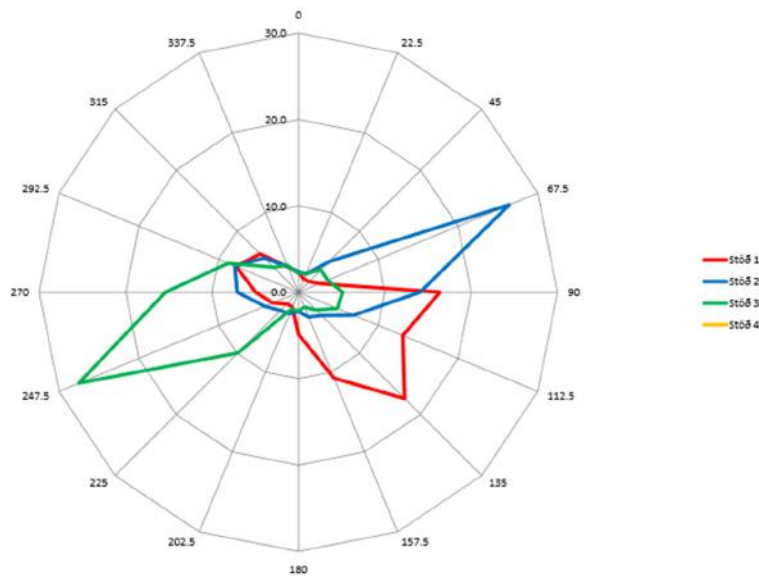


9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2022.

Á 10. mynd má sjá meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt. Álverið er stór uppspretta SO<sub>2</sub> og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í suðvestanátt á stöð 3 og í austlægum áttum á stöð 1 og 2. Stöð 4 var óvirk þetta árið en almennt mælist megnið af SO<sub>2</sub> á stöðinni oft í vestanátt og stafar af mögulegri hringhreyfingu lofts innan fjarðar þegar loft leitar inn með norðurhlið fjarðarins og út með honum sunnanverðum til vesturs. Á 11. mynd má sjá hlutfallslegan magnuppruna sem mælist á stöðvunum. Langmestur hluti SO<sub>2</sub> sem mælist á stöð 1 og 2 er upprunninn í austurátt, en í vesturátt á stöð 3, sem svarar til afstöðu álversins til þessara stöðva.



10. mynd. Brennisteinstvíoxíð  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ), sem fall af vindátt 2022, allar stöðvar nema stöð 4 sem var óvirk á árinu..



11. mynd. Brennisteinstvíoxíð  $SO_2$  (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2022, allar stöðvar nema stöð 4 sem var óvirk á árinu.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2022 má sjá í viðauka 1.

### 2.3.4 Flúor í lofti

Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

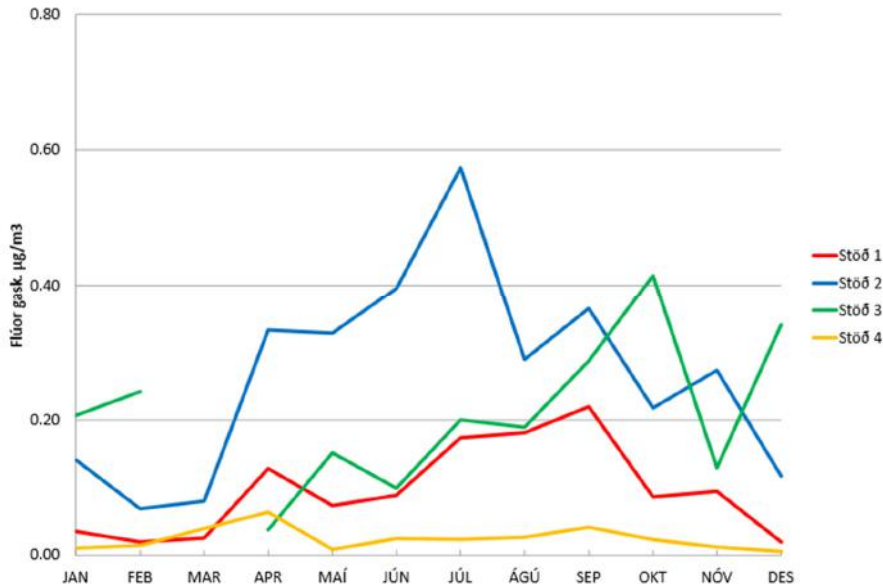
- i) flúor gaskenndur og flúor í ryki í lofti er safnað með sýnatöku á 37 mm síur og eru tekin 1 dags (24 klst. samfelld) og 5 daga sýni (12 mín. á hverri klst.) til skiptis, alls um 110 sýni frá hverri stöð árlega.

- ii) flúor í ryki í lofti er mældur í stórum svifrykssíum (200 x 250 mm) og er safnað á hverja síu í 24 klst. á sex daga fresti; í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 12 sýni frá hverri stöð eða 48 mælingar alls árlega.

i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

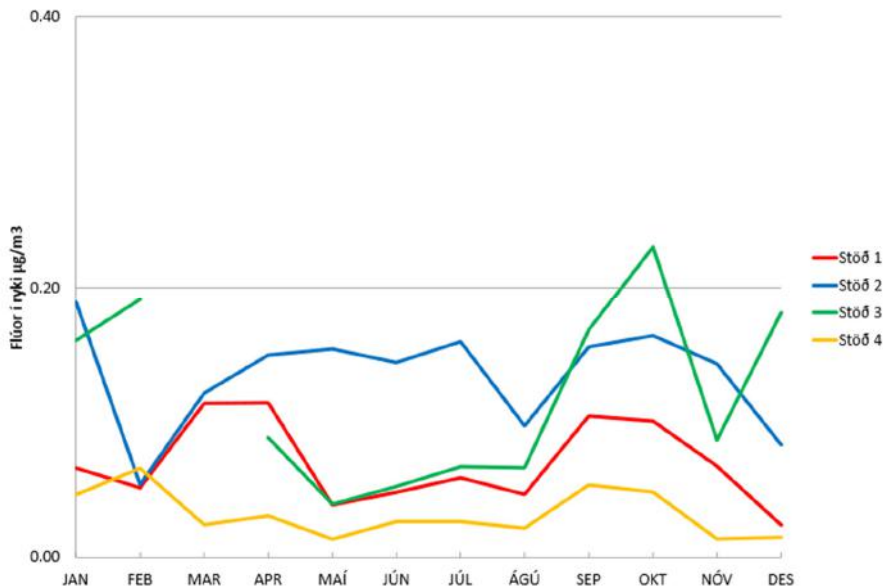
Meðaltal flúors alls í lofti mældist  $0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og þar af var gaskenndur flúor  $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niðurstöður voru svipaðar og undanfarin fimm ár. Sjá má niðurstöður fyrir mánaðar-meðaltöl ársins á 12. mynd. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímenn þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist á stöð 2 eða  $2,22 \mu\text{g F}/\text{m}^3$  þ. 23.4 í austlægum andvara. Hæsta dagsgildi fyrir flúor alls mældist  $2,78 \mu\text{g F}/\text{m}^3$  á stöð 2 einnig þ. 23.4 í austan andvara.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskennan flúor reiknað sem vetnisflúoríð HF eru  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  meðaltal á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir þau mörk. Meðalgildið á stöð 2 var hæst eða  $0,41 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$  og er nokkuð yfir mörkunum, en sú stöð er innan þynningarsvæðis. Hæsta meðalgildið á þessu tímabili utan þynningarsvæðis var  $0,19 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$  á stöð 3 og er undir mörkunum.



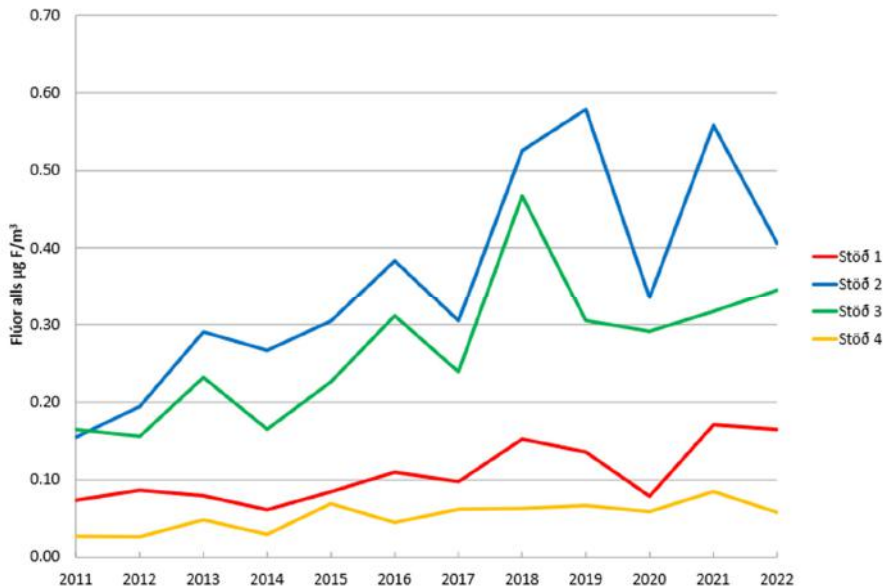
12. mynd. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2022 (mælingar á síur).





13. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2022 (mælingar á síur).

Flúor í ryki mældist nokkuð jafn yfir árið með nokkrum breytileika milli stöðva. Hæst mældist flúor í ryki á stöð 2 og lægst á stöð 4.



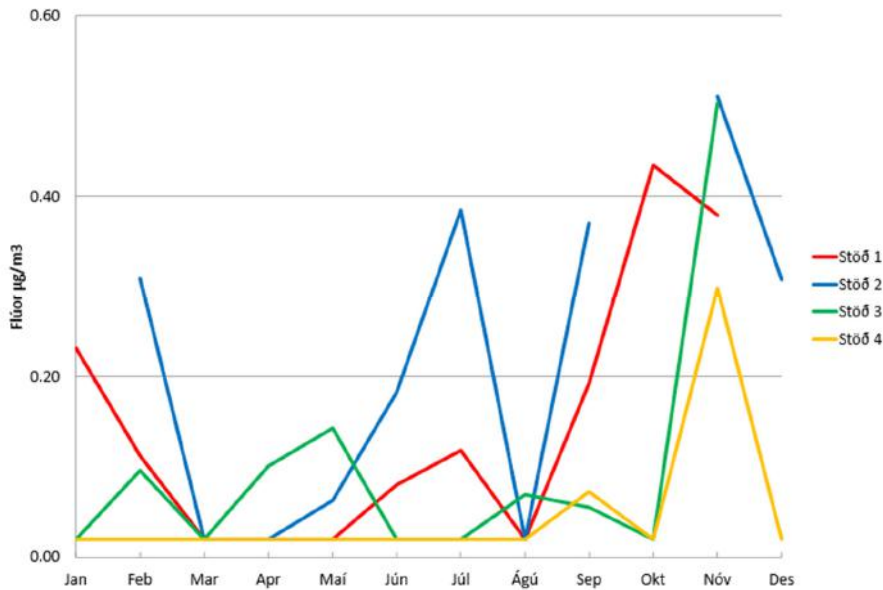
14. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2022 (mælingar á síur).

Flúor í heild mældist í hærra lagi árið 2022 en hefur þó lækkað síðan 2021 á stöð 1, 2 og 4, mismikið eftir stöðvum. Flúor hækkaði á stöð 3. Veruleg aukning í flúorstyrk hefur mælst á undanfögnu 11 ára tímabili eða um tvöföldun til þreföldun eftir mælistað.

#### ii) Flúor í svifryki

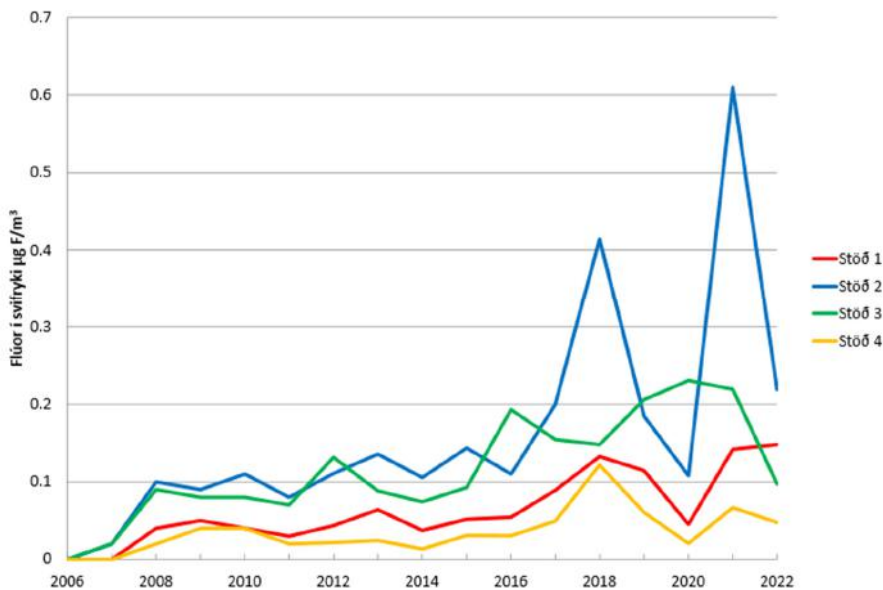
Heildarmeðaltal flúors í svifryki ársins var  $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niðurstöður þessara mælinga má sjá á 15. mynd. Flúor í ryki í lofti er mældur í svifrykssíum, en svifryki er safnað á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt

flúoríð í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.



15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2022.

Flúor í svifryki mældist að jafnaði hærrí seinni hluta ársins. Nokkur gildi vantar vegna bilunar í búnaði. Nokkur lækkun varð á ársmeðaltali flúors í svifryki á öllum stöðvum, nema á stöð 1 þar sem það hækkaði lítillega, sjá 16. mynd. Þrátt fyrir þessa lækkun eru meðaltöl þó í herra lagi og hafa þau farið hækkanði undanfarin 11 ár, rétt eins og meðaltöl flúors sem safnað er á 37 mm síur.



16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2022.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2022 má sjá í viðauka 2.

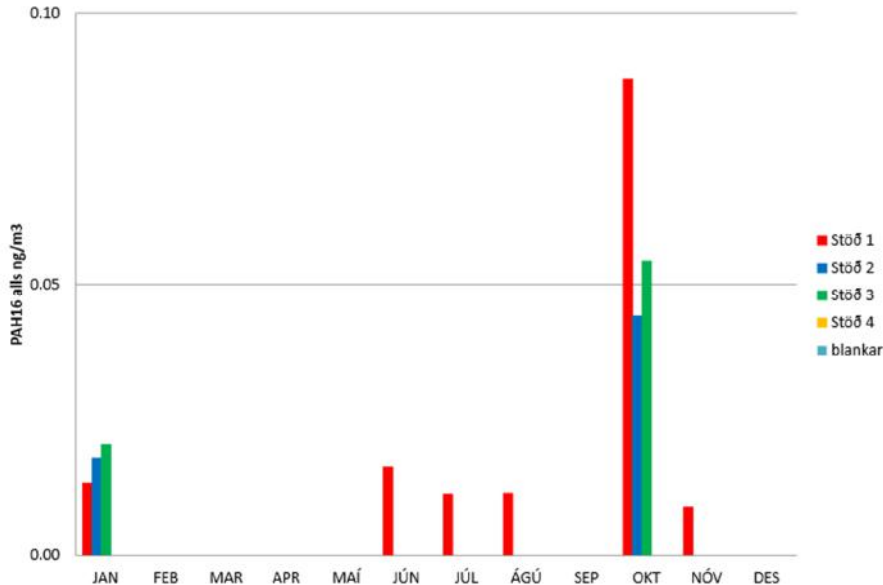
### 2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

Fjölhringa vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, allt að 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall (OSPAR/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009–2011 og 2013–2022. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

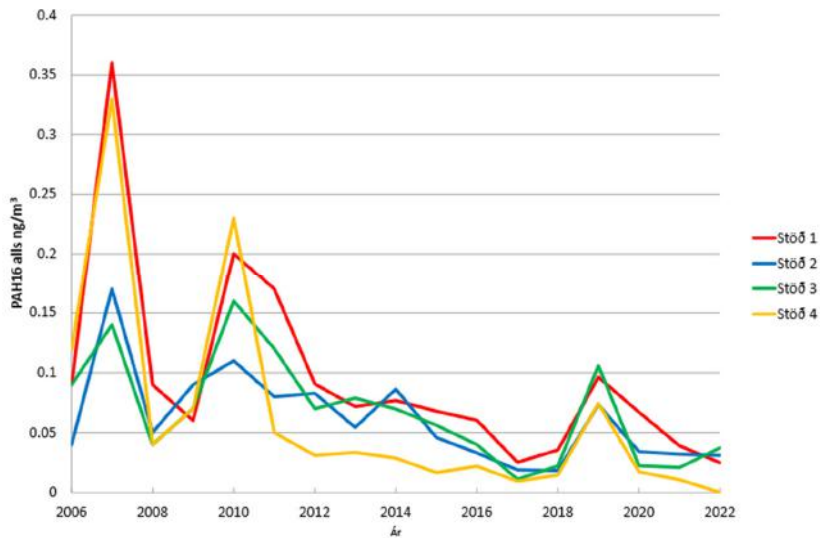
Niðurstaða ársins er í lægra lagi ef miðað er við niðurstöður frá og með árinu 2012. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um 0,029 ng/m<sup>3</sup> umfram magngreiningarmörk á árinu 2022 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmarka PAH16 árið 2022 er alltaf innan við 0,1 ng/m<sup>3</sup> og er svolítið breytileg (<0,1-0,04 ng/m<sup>3</sup>) eftir tímabilum (17. og 18. mynd).

Mæligildi eru nokkuð breytileg. Oft eru mæligildi heldur lægri yfir sumartímann, vegna hærra hlutfalls í gasfasa að sumri og einnig vegna sundrunar PAH-efna fyrir áhrif sólarljóss að sumri. Hæst mældust PAH-efni í október.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m<sup>3</sup> skv reglugerð nr. 410, 2008. Mæld BaP gildi árið 2022 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 5 síum af 48 og reiknast hæst í október á stöð 3 eða 0,006 ng/m<sup>3</sup>. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældust hæstu gildin á stöð 1 í október eða <0,030 ng/m<sup>3</sup> af heildarsummu þessara tilteknu sex efna. Nánast alltaf mældist summa þeirra <0,020 ng/m<sup>3</sup>.



17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2022.

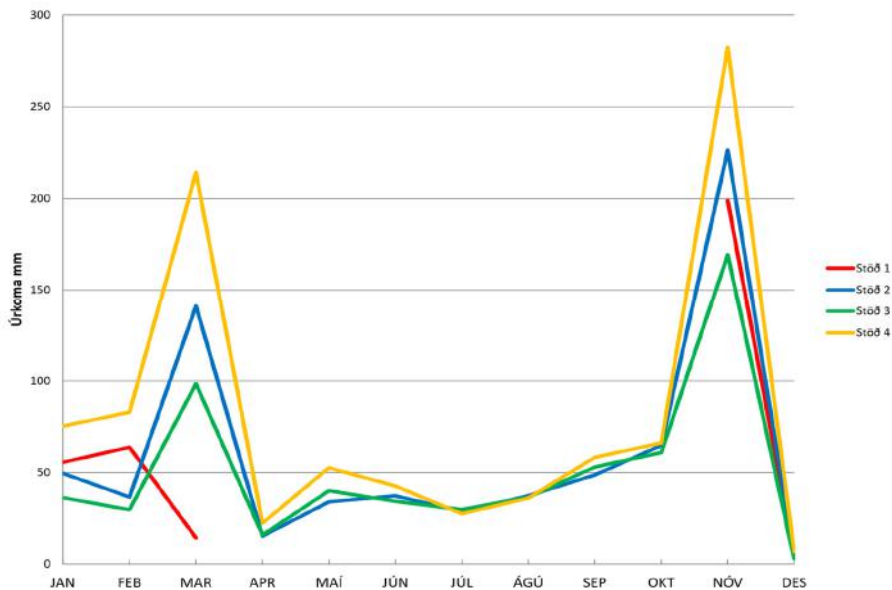


18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2022.

Niðurstöður mælinga á PAH16 í svifrykssíum má sjá í viðauka 3.

### 2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Úrkoma er mæld og henni er jafnframt safnað í Reyðarfirði á öllum stöðvum. Úrkoma hefur verið nokkuð misjöfn eftir árum. Úrkomumagn getur haft mikil áhrif á styrk mengunarefna, í mikilli úrkomu getur styrkur mælst lægri, en áfall mengunarefna á jörð engu að síður getur verið töluvert. Og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Mæld úrkoma var í meðallagi árið 2022, eða um 685 mm/ár að meðaltali á stöðvunum. Mesta úrkomu gerði í mars og nóvember en minnsta úrkomu mældist í desember. Sjá má úrkomu eftir mánuðum á 19. mynd. Stöð 1 var óvirk meiri hluta árs en komst aftur í gagnið í nóvember. Mest úrkoma mældist á stöð 4.

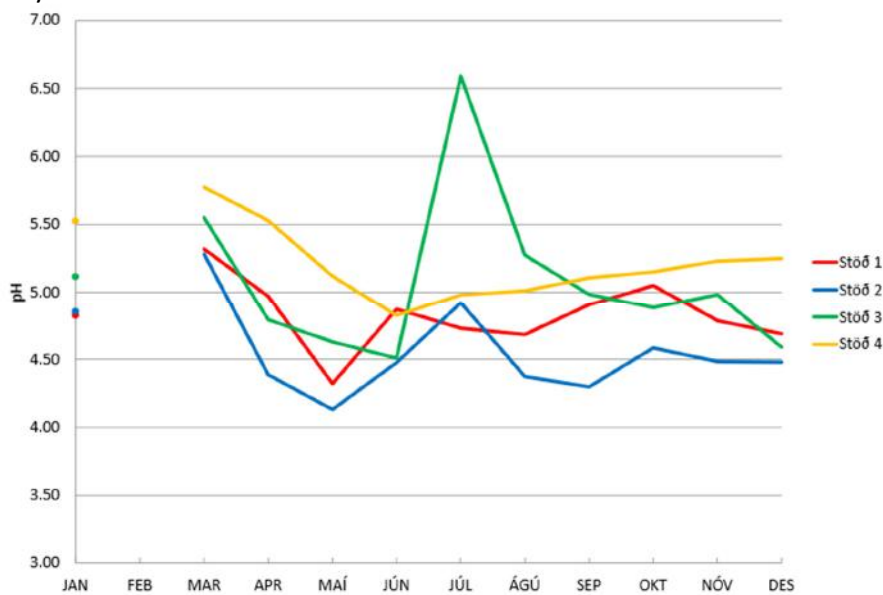


19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2022.

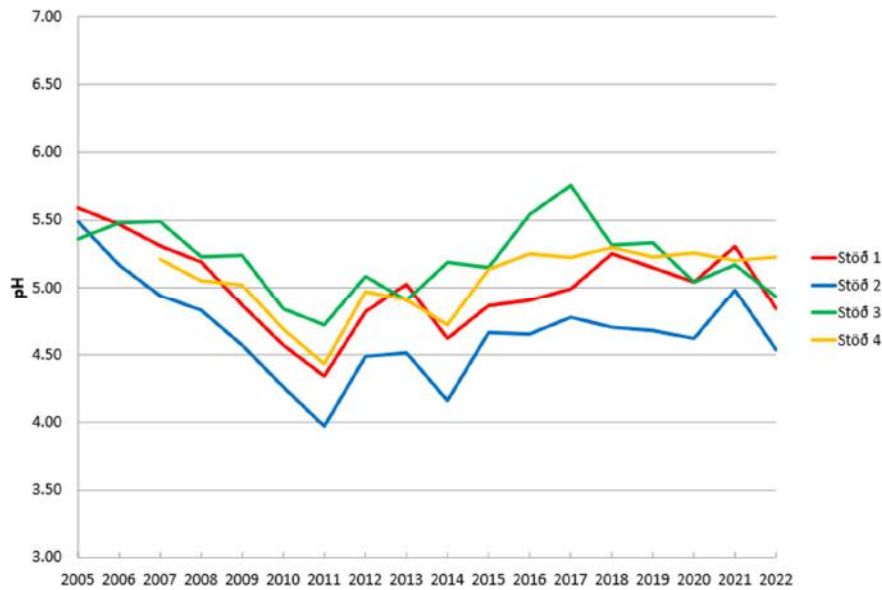
### pH stig í úrkomu

Niðurstöður ársins 2022 fyrir pH í úrkomu má sjá á 20. mynd. Myndin sýnir mánaðar-meðaltöl pH stigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað að jafnaði í hverri viku frá öllum stöðvum. Útlit er nokkuð einkennandi með herra pH stig mælt á stöð 3 yfir sumartímann, þegar innlögn er áberandi. Í heild var úrkoma ársins í meðallagi og mældist pH stig að mestu nokkuð jafnt yfir árið. Engin sýni náðust í febrúar vegna ófærðar.

pH stig í úrkomu mældist lægra en árið áður á stöð 1, 2 og 3, en stóð í stað á stöð 4 (20. mynd). Hæst mældist pH stig að meðaltali á stöð 4, 5,23, og lægst á stöð 2, 4,57. Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu helst á stöð 2 og mælist úrkoman þar yfirleitt súrari með lægra pH stig. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við pH stigi á bilinu 5,5 – 6,5. Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012.



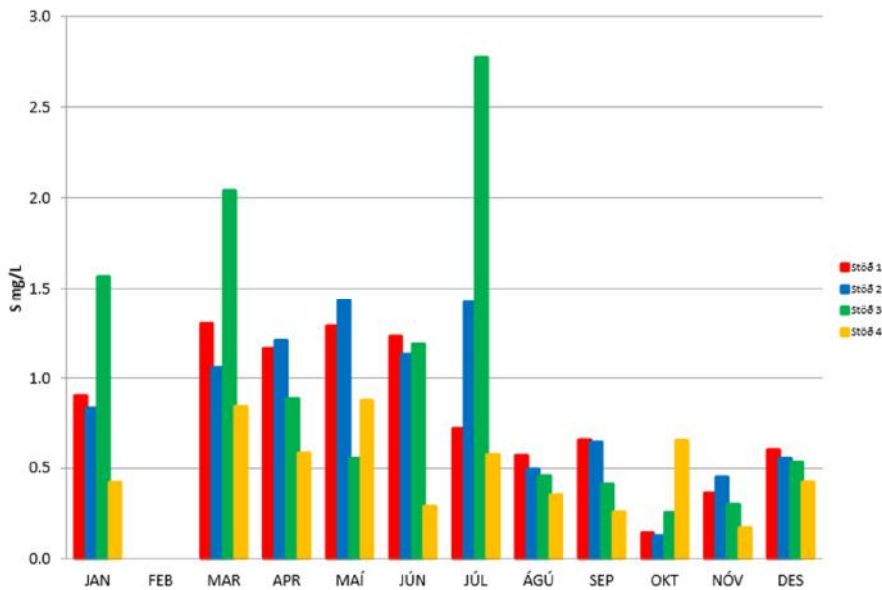
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2022.



21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2022.

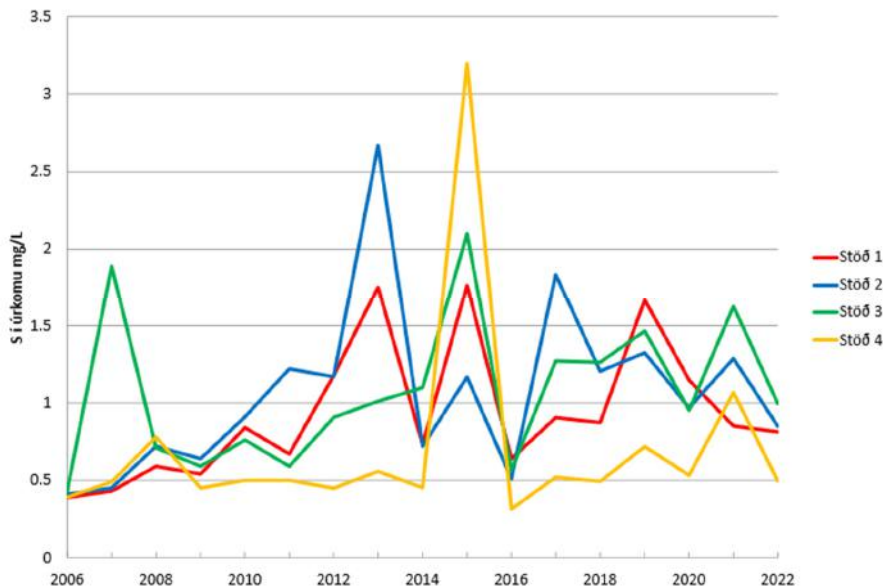
### Brennisteinn í úrkomu

Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrens konar, úr sjó, af mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru nokkur árin 2010, 2014 og mikil árið 2015. Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu árið 2022 mældist 0,79 mg S/L en það er nokkuð lægra en meðaltöl undanfarinna ára og töluvert lægra en árið 2021, þegar meðaltali var 1,21 mg S/L (22. mynd).



22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2022.

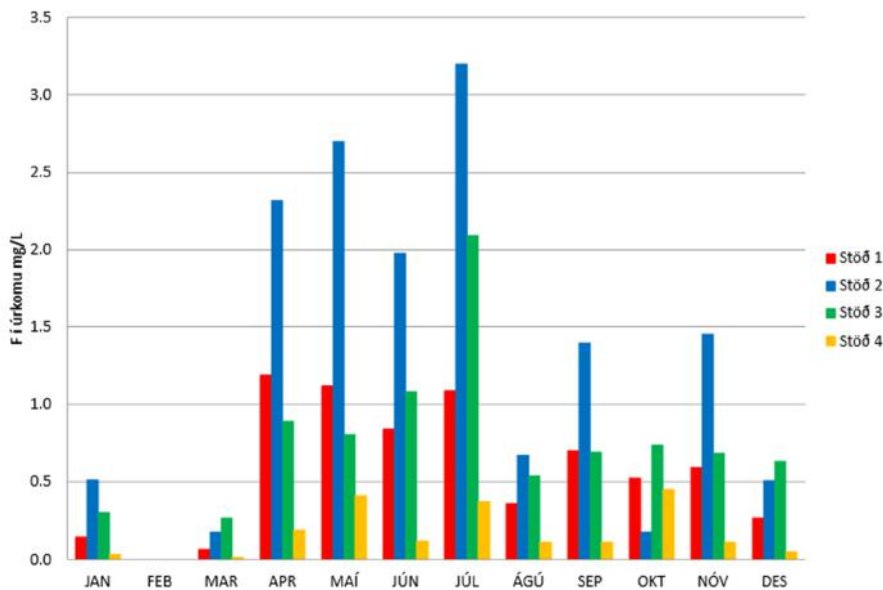




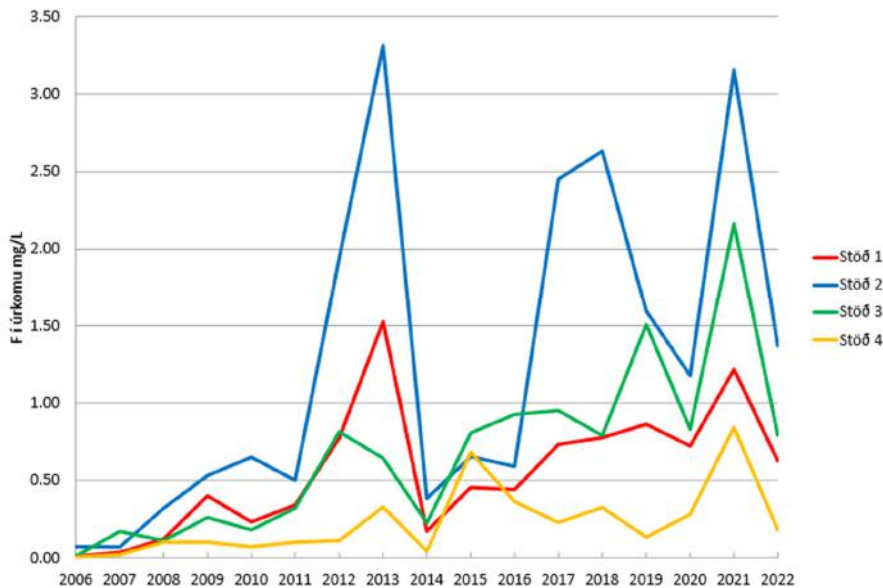
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2022.

#### Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu voru í hærra lagi árið 2022, en ársmeðaltalið var 0,74 mg F/L. Niðurstaða ársins er þó mun lægri en árið 2021 þegar meðaltalið var 1,84 mg F/L. Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarnin ár og stundum mikill munur milli stöðva (24. og 25. mynd). Áður hefur meðaltalið farið hæst árið 2013 eða 1,45 mg F/L. Stundum hafa gildi yfir sumarmánuðina hækkað meðaltalið nokkuð, þegar úrkoma hefur verið lítil og að þessu sinni náðust sýni alla mánuði til mælinga nema í febrúar vegna ófærðar.



24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2022.



25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2022.

Niðurstöður efnagreininga í úrkomu má sjá í viðauka 4.

### 3 Efnamælingar í gróðri

#### 3.1 Inngangur

##### 3.1.1 Flúor og gróður

Flúor er almennt talinn vera eitt skaðlegasta efnið fyrir gróður og búfénað sem berst frá álverum (Weinstein, 1983). Það berst út í umhverfið á gasformi sem vetnisflúoríð ( $\text{HF}_{(g)}$ ) og bundið rykögnum (flúor rykkendur í lofti) (Weinstein & Davison, 2003). Dreifing og þynning gaskennds flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni. Hvas vindur getur aukið þynningu flúors hratt á meðan sólríkir og lygnir dagar geta valdið því að plöntur verða fyrir staðbundnum mengunaráhrifum í skamman tíma (Weinstein & Davison, 2004). Ríkjandi vindátt hefur áhrif á dreifingu gaskennds flúors og mælist flúor í gróðri meiri á svæðum undan ríkjandi vindátt en á móti henni (Koblar o.fl., 2011). Dreifing gaskennds flúors er misjöfn eftir því hvort um flatlendi, dali eða firði er að ræða. Vegna hreyfingar lofts við daglegar hitabreytingar í dölum og fjörðum getur gaskenndur flúor borist lengra en ef um flatlendi er að ræða (Ongstad o.fl., 1994).

Plöntur verða fyrir breytilegu magni flúors í tíma og rúmi. Flúor, gas- og rykkendur, sest á yfirborð gróðurs í umhverfinu. Það veldur alla jafna ekki eituráhrifum í plöntum fyrr en það berst til innri vefja plöntunnar. Flúor berst inn í vefi plantna í gegnum loftaugu á laufblöðum sem stjórna loftskiptum. Inni í plöntunni leysist flúorinn í vatni og ferðast með því að jöðrum laufblaðanna og safnast þar fyrir. Þetta veldur breytileika í styrk flúors innan hvers laufblaðs og skýrir sýnileg einkenni flúorskemmda í gróðri (Weinstein & Davison, 2004).

Uptaka flúors er háð því hversu stór loftaugu plantna eru og hversu mikið þau eru opin og er það breytilegt eftir tegundum. Loftaugu opnast og lokast við breytingar á dagsbirtu, hita- og rakastigi. Veðurfari getur því haft mikil áhrif á hversu mikið magn flúors berst inn

í plöntur. Ólíkar tegundir geta vaxið á sama stað og ein tegund getur sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni (Weinstein & Davison, 2004).

Plöntutegundir eru mis viðkvæmar fyrir flúor. Til dæmis er það þekkt erlendis að ýmsar furutegundir eru viðkvæmar. Breytilegt getur verið eftir svæðum hversu viðkvæmar einstaka tegundir eru. Ekki er nógu vel þekkt hvaða tegundir eru viðkvæmar við íslenskar aðstæður, en almennt má áætla að um 5% þeirra tegunda er vaxa á afmörkuðu svæði séu viðkvæmar fyrir flúor (Weinstein & Davison, 2004).

Rannsóknir sem gerðar voru í tengslum við norsk álver hafa sýnt að samspil mengunar og umhverfis- og erfðabátta getur haft áhrif á þol sömu tegundar. Þannig minnkaði t.d. frostþol plantna á menguðum svæðum vegna breytinga í vaxtaferli sem leiddi til gróðurskemmda á birki og reyni við uppsöfnun  $\geq 100 \mu\text{g/g}$  af flúor í laufblöðum (Vike, 1999).

Flúor flyst ekki milli plöntuhluta að neinu marki og er upptaka flúors úr jarðvegi lítil. Nokkrar tegundir eru þó þekktar fyrir að geta tekið upp mikið magn flúors úr jarðvegi, jafnvel þó styrkur sé lágur. Sú best þekhta er líklegast te en algengar tegundir tes innihalda frá 70–350  $\mu\text{g F/g}$  þurrvigt. Íslenskur rabarbari virðist líka taka upp flúor úr jarðvegi og safnast hann fyrir í blöðum (Davison & Weinstein, 2006; Vike, 2005).

Styrkur flúors í blöðum virðist aukast eftir því sem líður á vaxtartíma plöntunnar. Þegar haustar visna lafin og falla til jarðar og flyst hann þá í jarðveginn þar sem hann binst áli og kalsíum (Weinstein & Davison, 2004).

Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómengdu umhverfi er minni en 5  $\mu\text{g/g}$  þurrvigt fyrir flestar tegundir. Einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að 20  $\mu\text{g/g}$  flúor í þurrvigt (Weinstein & Davison, 2004; Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005).

Þó að styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár þá innihalda ávextir, fræ og rætur lægri gildi flúors en í laufblöðum (Weinstein & Davison, 2004). Niðurstöður rannsókna í Reyðarfirði undanfarin ár styðja það þar sem styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hefur mælst hár miðað við bakgrunnsgildi, en styrkur flúors í berjum og stilkum rabarbara er alla jafna minni en 5  $\mu\text{g/g}$  (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2017, 2016; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014, 2013, 2012; Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2011; Davison o.fl., 2010, 2009).

Styrkur flúors í grasi getur breyst nokkuð hratt samhliða breytingum á veðurfari og magni flúors í lofti. Eins og áður hefur komið fram sest flúor á yfirborð gróðurs á formi gass og ryks. Erlendar rannsóknir benda til þess að rigning geti skolað burt allt að 60% af mældum styrk flúors í gróðri (Vike & Håbjorg, 1995). Þar af leiðandi getur styrkur flúors í gróðri mælst lægri eftir rigningu. Þannig má segja að styrkur flúors í grasi geti endurspeglað bæði veðurfar og magn loftborins flúors dagana á undan sýnatöku. Því er mikilvægt að skoða meðaltöl fyrir styrk flúors, en einblína ekki á einstakar mælingar í tíma og rúmi (Weinstein & Davison, 2004; Franzaring o.fl., 2007; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2019).

### **3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé**

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef hann fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki samála um hver séu æskileg viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir einstakar dýrategundir. Þó er vitað að hættan á flúoreitrun er breytileg eftir aldri, tegund dýra og ástandi þeirra (Sigurður Sigurðarson, án árs; Weinstein & Davison, 2004, Vikøren, 2021).

Á Íslandi er í gildi reglugerð sem segir til um hámarksgildi flúors í heilfóðri (þ.e. fullnægjandi dagskammti) fyrir búfænað miðað við 12% rakainnihald (reglugerð nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015). Fyrir jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er hámarksgildið 50 µg/g en 30 µg/g ef dýrin eru mjólkandi. Ekki er minnst sérstaklega á hross í þessari reglugerð og falla þau undir flokk dýra sem eru talin þola 150 µg/g. Í þessari skýrslu eru niðurstöður mælinga á styrk flúors í gróðri settar fram miðað við 0% rakainnihald. Til að niðurstöðurnar séu samanburðarhæfar við reglugerðina þarf því að umreikna viðmið hennar. Umreiknuð hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfænað miðað við 0% rakainnihald eru: 56,8 µg/g fyrir jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en 34,1 µg/g ef dýrin eru mjólkandi og 170,5 µg/g fyrir hross.

Í reglugerðinni sem í gildi er á Íslandi er ekki minnst á nein tímamörk. Í Bandaríkjunum eru hins vegar viðmið fyrir grasbíta breytileg eftir tímalengd. Staðlar í Bandaríkjunum miða við eftirfarandi styrk flúors í fóðri til að vernda alla grasbíta fyrir flúoreitrun (Weinstein & Davison, 2004). Þessir staðlar eru gefnir upp fyrir 0% rakainnihald í fóðri og eru eftirfarandi:

- Meðaltal flúors fyrir 12 mánaða tímabil má ekki fara yfir 40 µg/g
- Meðaltal flúors fyrir 2 mánaða tímabil má ekki fara yfir 60 µg/g
- Meðaltal flúors fyrir 1 mánaða tímabil má ekki fara yfir 80 µg/g

## 3.2 Aðferðir og sýnatökudagar

### 3.2.1 Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna

Gerð var grein fyrir sýnatökuaðferðum og meðferð sýna í skýrslu Náttúrustofu Austurlands frá 2005 þar sem fjallað var um grunnvöktun í Reyðarfirði (Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005) svo aðferðum verður aðeins lýst lauslega hér. Gróðursýnum var safnað í merкта bréfpoka og þau þurrkuð í blástursofni við 80°C í 24 tíma (rabarbari í 48 tíma) innan sólarhrings frá söfnun. Rabarbari, kartöflur og grænmeti var skolað fyrir efnagreiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi úr öllum sex sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal sex mælinga með staðalskekkju. Niðurstöður efnagreininga á rabarbara úr öllum þremur sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal þriggja mælinga með staðalskekkju. Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatökufé. Allar niðurstöður flúormælinga í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautvigti voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautvigti.

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að betrubæta vöktunina í samræmi við niðurstöður fyrri ára og koma til móts við ábendingar og athugasemdir Umhverfisstofnunar, Matvælastofnunar og hestaeigenda. Breytingarnar fólust í því að sumir sýnatökustaðir voru felldir út og öðrum bætt við, einkum í botni Reyðarfjarðar. Í heildina fjölgaði sýnatökustöðum um fjóra á þessum árum. Þá bættist einn sýnatökustaður til viðbótar við árið 2017 og er grasi því nú safnað á 35 sýnatökustöðum í Reyðarfirði. Breytingum á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 var lýst í skýrslum fyrir umhverfisvöktun þeirra ára (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015).

Við kortlagningu á styrk flúors í gróðri á einstökum sýnatökustöðum var gildum skipt í fjóra flokka til að gera betur grein fyrir mögulegum áhrifum á grasbíta:

- <20 µg/g flúor.
- 20–40 µg/g flúor.
- 41–60 µg/g flúor.
- >60 µg/g flúor.

### 3.2.2 Töluleg úrvinnsla

Parað *t*-próf (e. *paired t-test*) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli árána 2022 og 2021 annars vegar og 2022 og meðalgildi árána 2008–2021 hins vegar. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með kvaðratrót eða logra væri þess þörf. Í þeim tilvikum sem ekki tókst að uppfylla skilyrði um normaldreifingu með umbreytingu var *Wilcoxon Rank* próf notað.

Forritið Microsoft Excel, var notað til að halda utan um töluleg gögn en forritið R útgáfa 3.5.1. (R Core Team, 2022) var notað til að reikna út árs- og mánaðarmeðaltöl flúors þar sem það átti við og teikna gröf. Notaður var forrita þakinn tidyverse (Wickham o.fl., 2019) við útreikninga og að teikna gröf.

### 3.2.3 Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.

**Grasi** var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst sumarið 2022 (26. mynd). Alls var 216 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 6.–7. og 20.–21. júní, 5.–6. og 19.–20. júlí og 2.–3. og 16.–17. ágúst 2022. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Mosa** (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 2., 3. og 4. ágúst 2022 (32., 35. og 38. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 26 þar sem þar voru litlar sem engar fléttur að finna og á sýnatökustað 27 var allt á kafi í lúpínu. Þá er orðið að mestu ófært á sýnatökustað 25 vegna þétts gróðurs og var því ákveðið að taka sýni í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinum megin við ána.

Sýnum af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á níu sýnatökustöðum 29. ágúst 2022 (41. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barrnállum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 18. október 2022. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2022, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2021, táknað CP). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Stilkum og laufum rabarbara** var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst. Í júní á sex sýnatökustöðum en júlí og ágúst á fimm sýnatökustöðum. Í júlí 2016 hafði allur rabarbarinn við V8 verið fjarlægður svo að frá og með þeirri sýnatöku voru rabarbarasýni V8 tekin í nærliggjandi garði. Sá rabarbari var síðan fjarlægður eftir fyrstu sýnatöku sumarsins 2022. Árið 2020 var enginn rabarbari á sýnatökustað V1. Alls var 32 sýnum safnað dagana 21. júní, 20. júlí og 17. ágúst 2022 (46. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Þungmálmarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og kvikasilfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbarablöðum og -stilkum.

**Kartöflugrösom og kartöflum** var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 29. ágúst 2022, alls sex sýnum (48. mynd). Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors.

**Bláberjum og krækiberjum** var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 29. ágúst 2022 (50. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Heysýnum** var safnað 13. september 2022 og 18. janúar 2023. Alls var 14 sýnum safnað frá 13 túnum í Reyðarfirði (52. mynd). Áhersla var lögð á að safna sýnum af sem flestum túnum á svæðinu. Jafnframt var leitast við að safna heysýnum af sömu túnum og síðastliðin ár. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum. Auk heys var tveimur sýnum af **fóðurkáli** safnað 13. september 2022 á tveimur sýnatökustöðum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

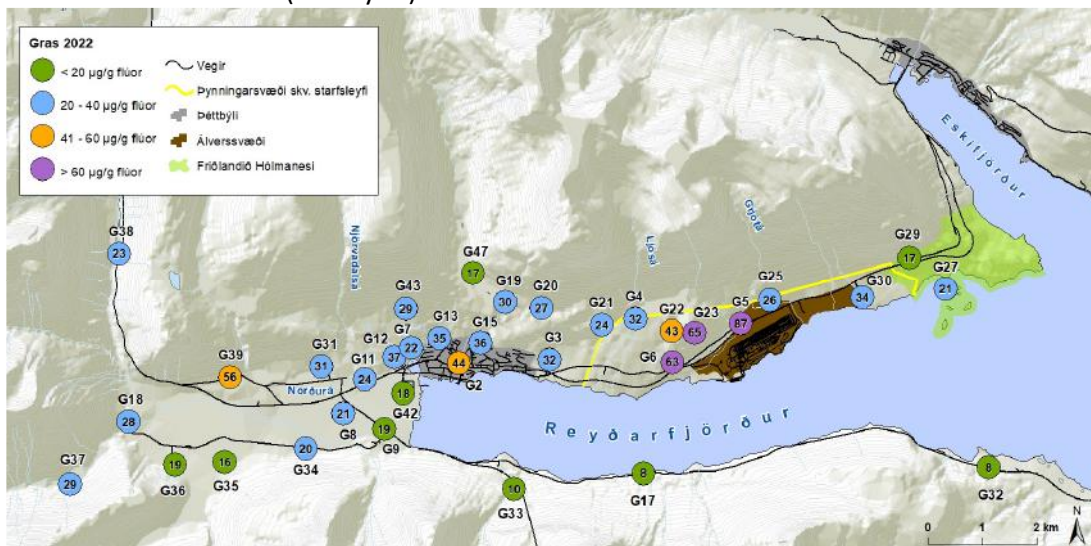
**Vetrarhey.** Auk þess að safna sýnum beint úr heyrúllum eða heyböggum hafa sýni einnig verið tekin af heyi sem sett er út fyrir hross yfir vetrarmánuðina til að kanna hvort flúor safnist upp í því á meðan það stendur úti. Þremur heysýnum úr rúllum sem settar voru út fyrir hross var safnað 18. janúar 2023. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateig og á Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

### 3.3 Niðurstöður

#### 3.3.1 Gras

##### 3.3.1.1 Flúor

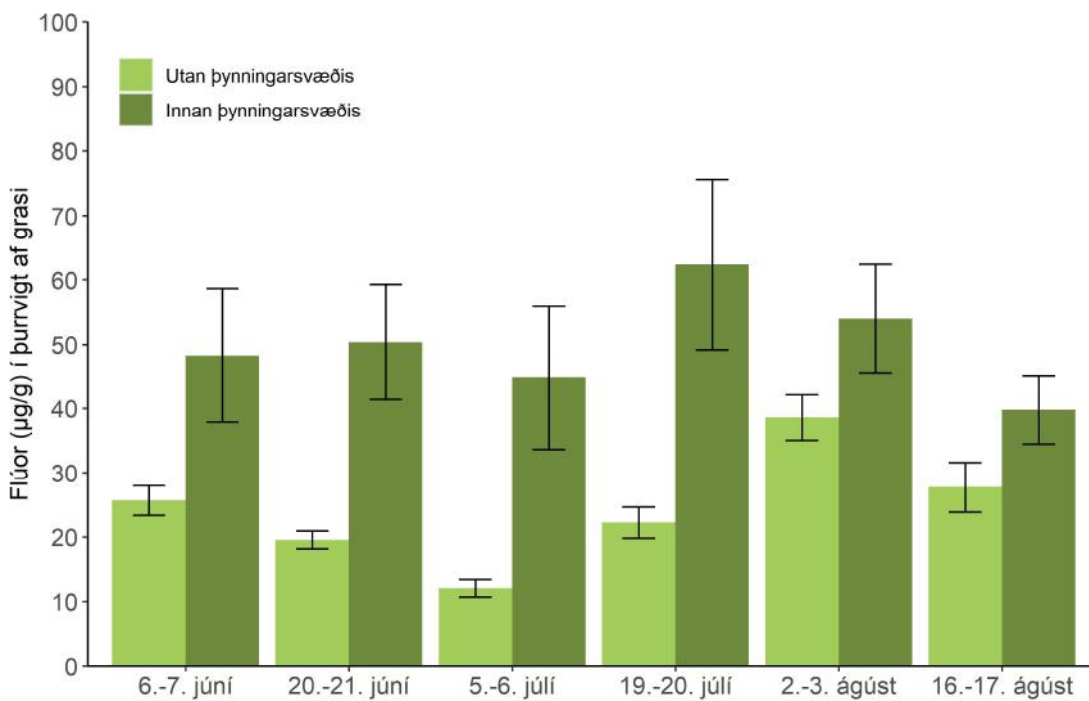
Meðalstyrkur flúors í grassýnum sumarið 2022 utan þyningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 8–56 µg/g og 26–87 µg/g innan þyningarsvæðis í sex sýnatökufurðum (26. mynd). Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2022 var 87 µg/g á sýnatökustað G5, við Sómastaði rétt ofan við álverið. Hæstu gildi flúors í einstaka sýnatökum mældust alltaf innan þyningarsvæðis, á sýnatökustöðum G5, G6 og G23 norðvestan við álverið (26. mynd).



26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökufurðum frá júní til ágúst 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

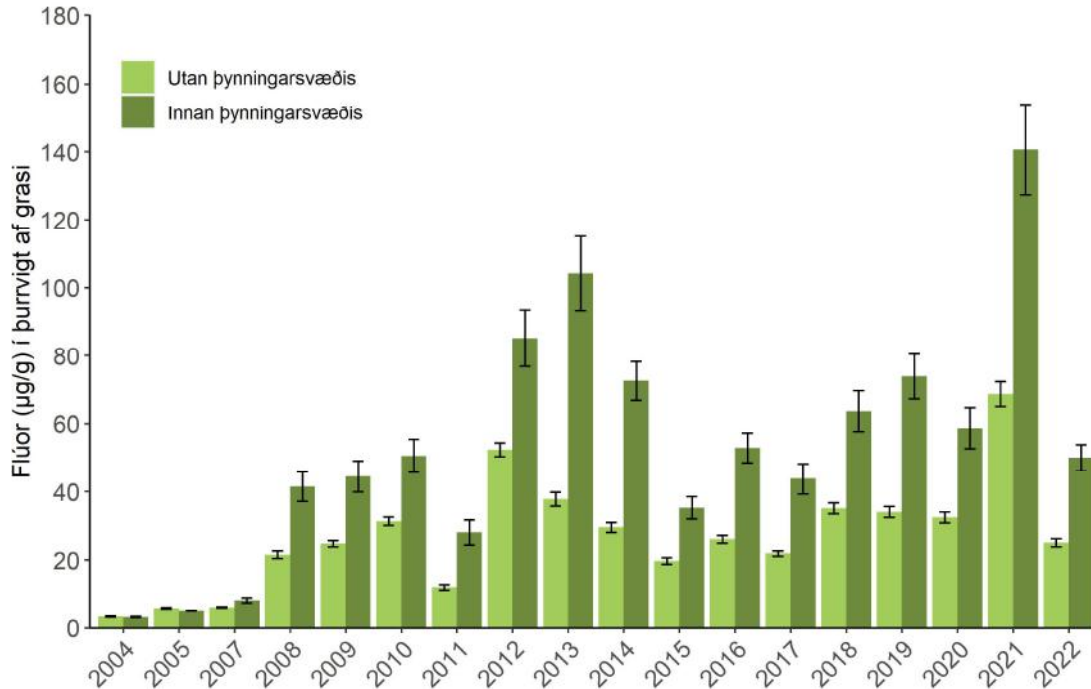
Meðalstyrkur flúors í grasi utan þyningarsvæðis var 25 µg/g og var lægri samanborið við gildi ársins 2021 (69 µg/g;  $p < 0,001$ ) og lægri en meðaltalsgildi áráanna 2008–2021 (33 µg/g;  $p < 0,001$ ). Meðalstyrkur innan þyningarsvæðis mældist hærri en utan þess í öllum sýnatökuförðum sumarsins 2022 (27. mynd) og var 50 µg/g sem var einnig marktækt lægri styrkur en árið 2021 (141 µg/g;  $p = 0,016$ ). Meðaltalsgildi innan þyningarsvæðis árin 2008–2021 var 65,3 µg/g og var munurinn ekki marktækur samanborið við árið 2022 ( $p = 0,0781$ ). Flúor í grasi hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunnilda við meðaltöl áráanna 2008–2021;  $p < 0,001$ ) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (28. mynd).

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunnildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2021 en þó var einum sýnatökustað utan þyningarsvæðis bætt við sumarið 2017.



27. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuförðum frá júní til ágúst 2022. Fjöldi sýnatökustaða: innan þyningarsvæðis ( $n=7$ ) og utan þyningarsvæðis ( $n=28$ ).





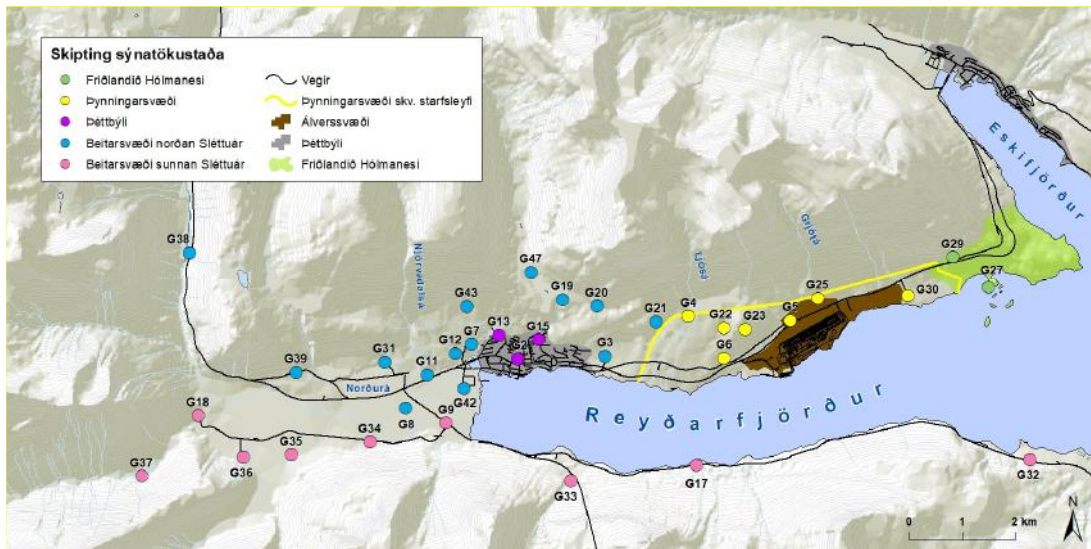
28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og 2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2022. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 (n=30), 2005 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2022 (n=35).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2022 utan þyningarsvæðis (25 µg/g) var undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðum fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald). Ef horft er á einstaka sýnatökustaði var meðalstyrkur flúors í grasi fyrir sumarið 2022 undir hámarksgildum flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr (26. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi var yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á fimm stöðum utan þyningarsvæðis. Það var á sýnatökustöðum G15, G2, G13, G12 og G39 sem allir eru vestan við álverið, en sýnatökustaðir G15, G2 og G13 eru staðsettir inn í bænum á Reyðarfirði.

Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (29. mynd):

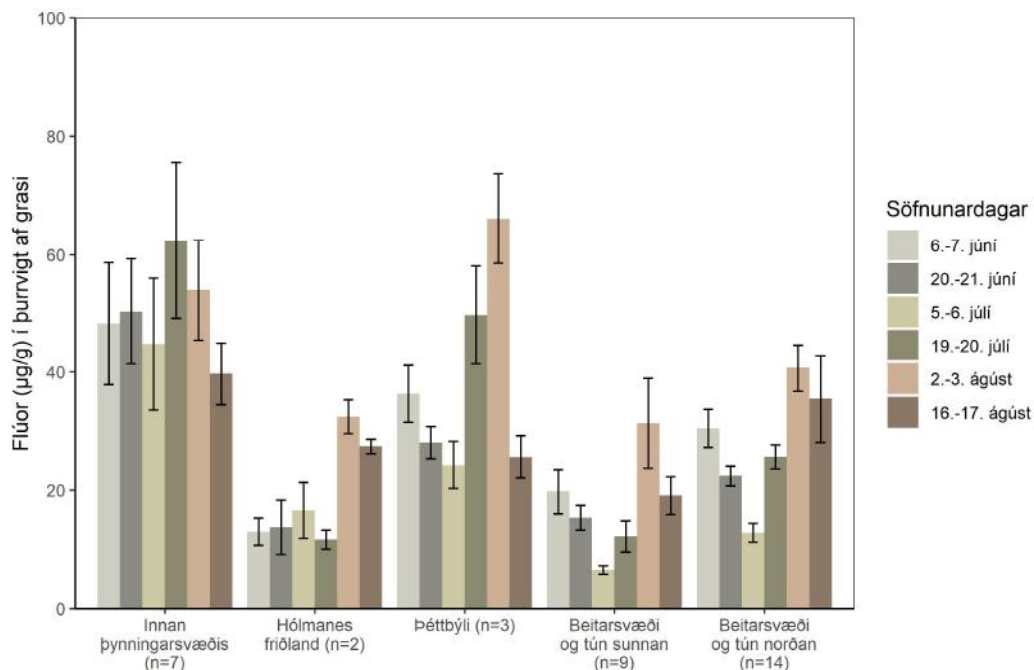
1. Innan þyningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals þrjár sýnatökustaðir.
4. Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 14 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 9 sýnatökustaðir.





29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2022 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningarsvæðis eða í þéttbýlinu á Reyðarfirði (30. mynd). Lægstu gildin mældust alltaf á Hólmanesi og á beiðarsvæðum og túnum sunnan fjarðar (30. mynd). Á beiðarsvæðum og túnum sunnan fjarðar mældist meðaltalstyrkur flúors 17  $\mu\text{g/g}$  yfir sumarið. Á beiðarsvæðum og túnum norðan fjarðar mældist styrkurinn að meðaltali 28  $\mu\text{g/g}$  yfir sumarið (30. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi á beiðarsvæðum og túnum bæði norðan og sunnan fjarðar sumarið 2022 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (mörkin eru 56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og fyrir mjólkandi jórturdýr líka (mörkin eru 34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald).



30. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2022, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýna í hverri ferð er sýnd í sviga.

Dreifingarmynstur styrks flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin mældust næst álverinu, innan þynningarsvæðis. Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu.

Niðurstöður mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 6.

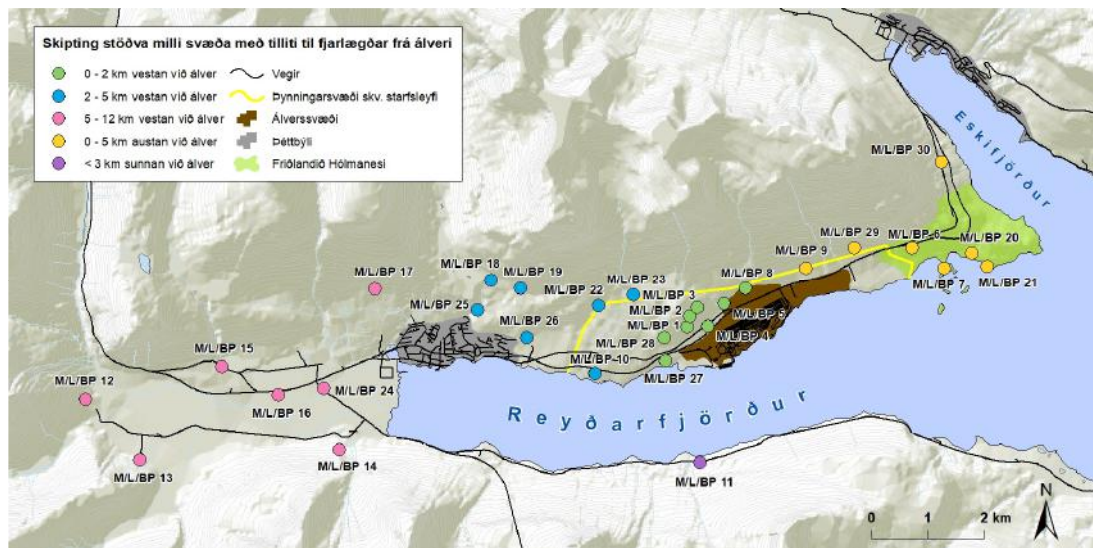
### 3.3.2 Mosi

#### 3.3.2.1 Flúor

Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (31. mynd).

- Í 0–2 km fjarlægð vestur af álveri, samtals átta sýnatökustaðir.
- Í 2–5 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 5–12 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 0–5 km fjarlægð austur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í < 3 km fjarlægð suður af álveri, samtals einn sýnatökustaður.

Þegar fjallað er um dreifingarmynstur flúors í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu.

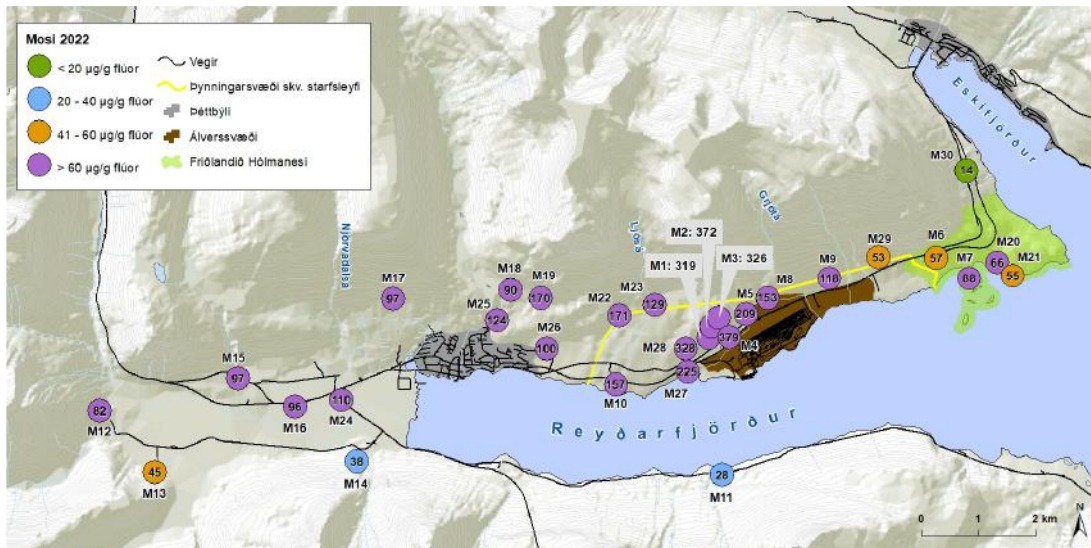


31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2022 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

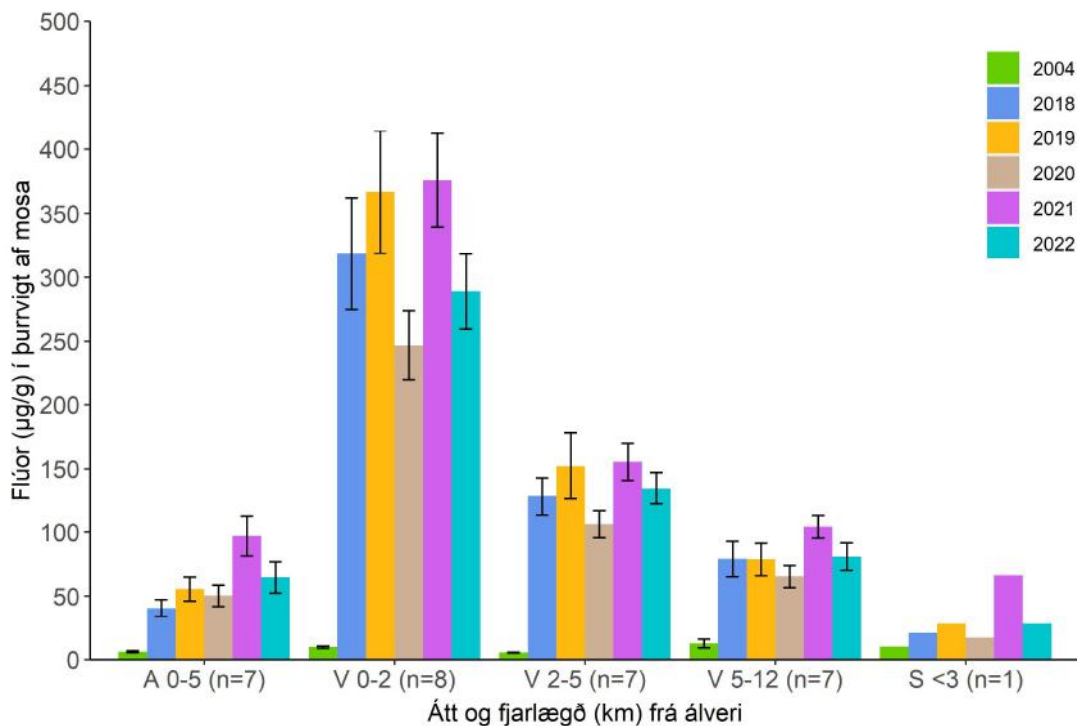
#### 3.3.2.1 Flúor

Styrkur flúors í mosa árið 2022 mældist frá 14–379  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrrí ár. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 289  $\mu\text{g/g}$  en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 135  $\mu\text{g/g}$  og í 5–12 km fjarlægð 81  $\mu\text{g/g}$  (32. mynd). Lægri

gildi mældust sunnan og austan álversins en vestan þess eða 28  $\mu\text{g/g}$  sunnan við það og að meðaltali 65  $\mu\text{g/g}$  austan við það (32. og 33. mynd).



32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

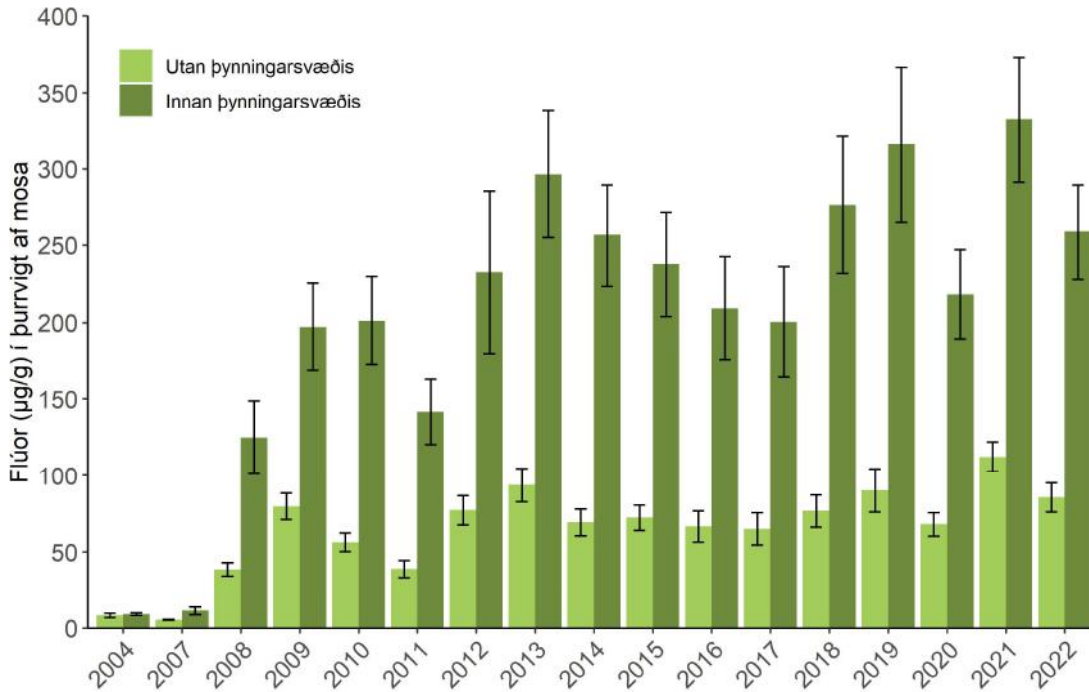


33. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þýnningarsvæðis árið 2022 var 86  $\mu\text{g/g}$  sem eru lægri gildi en árið 2021 (112  $\mu\text{g/g}$ ;  $p < 0,001$ ) (34. mynd) og svipuð meðaltalsgildi árána 2008 til 2021 (71  $\mu\text{g/g}$ ;  $p = 0,33$ ) og ekki marktækur munur á þeim gildum. Ársmeðaltal innan þýnningarsvæðis mældist 259  $\mu\text{g/g}$  og var styrkurinn marktækt lægri samanborið við árið 2021 (332  $\mu\text{g/g}$ ;  $p = 0,02$ ) en svipaður og meðaltalsgildi árána 2008–2021 (231  $\mu\text{g/g}$ ;

$p=0,769$ ). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008-2021;  $p<0,001$ ) (34. mynd).

Mosar eru frábrugðnir æðplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærra en hjá æðplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



34. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

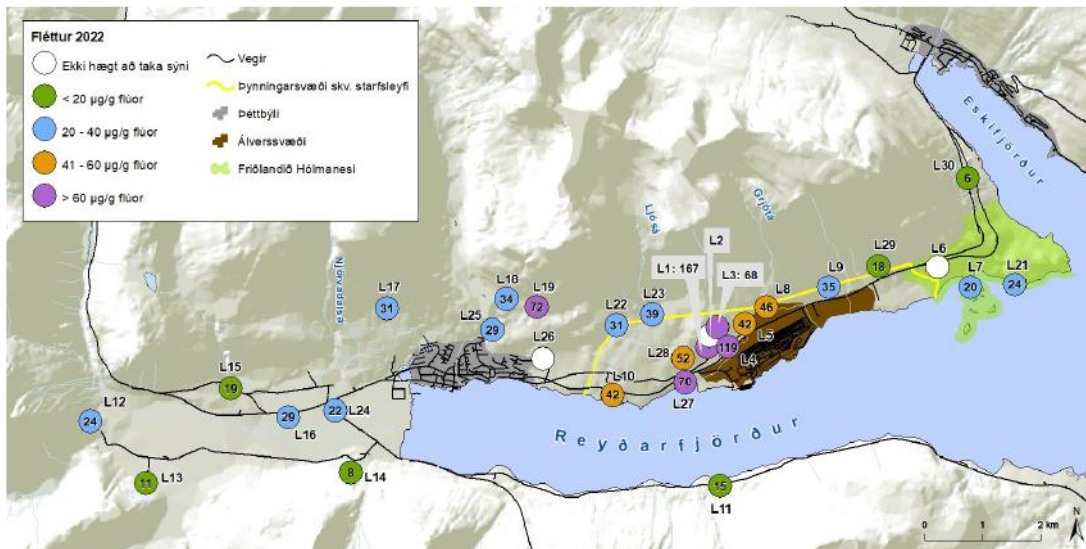
Niðurstöður mælinga á flúor í mosa fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 7.

### 3.3.3 Fléttur

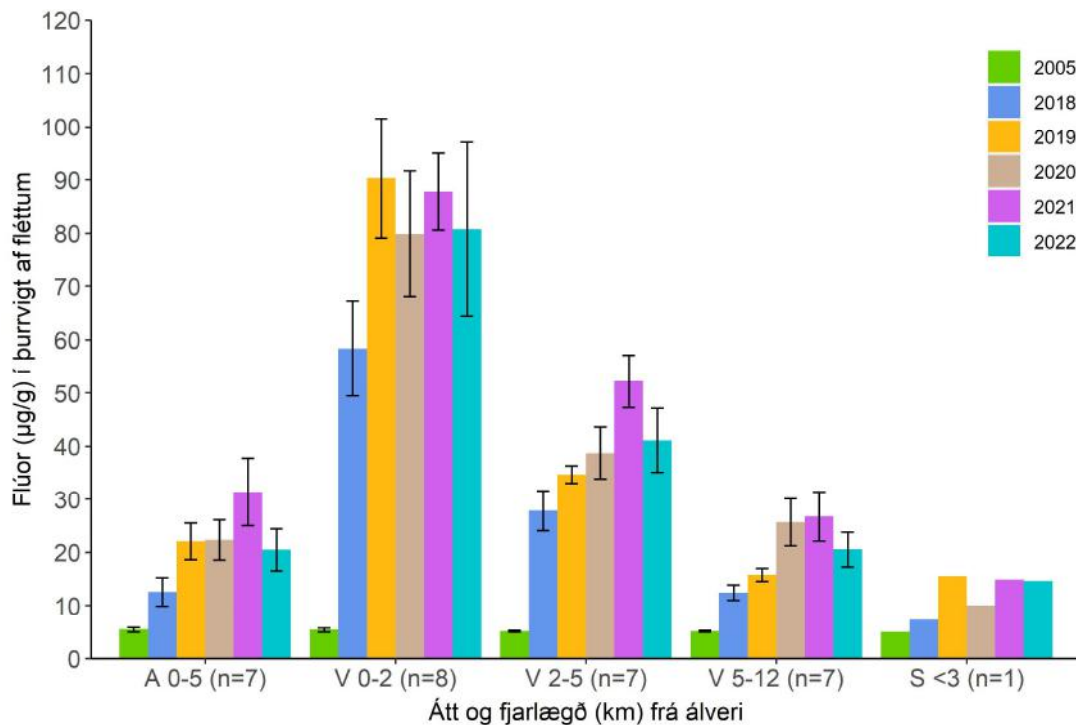
#### 3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 6–167  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 81  $\mu\text{g/g}$  en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 41  $\mu\text{g/g}$  og í 5–12 km fjarlægð 21  $\mu\text{g/g}$  (35. og 36. mynd).





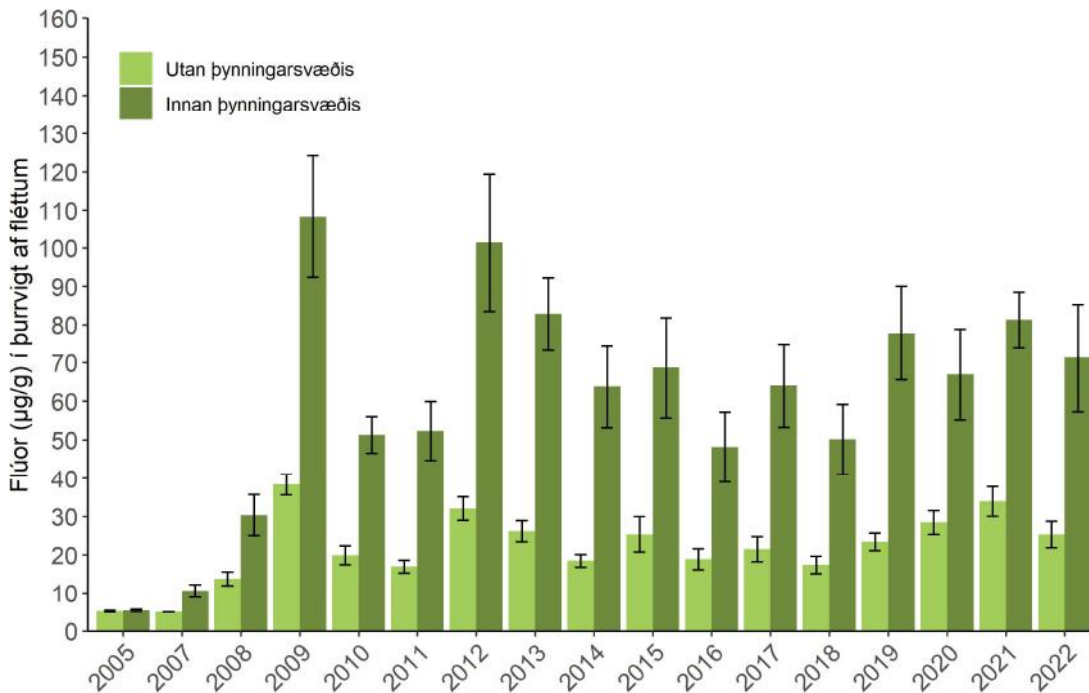
35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).



36. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist 25 µg/g og var styrkurinn marktækt lægri en styrkurinn árið 2021 (34 µg/g;  $p=0,005$ ) og var hann svipaður og meðaltalsgildi áráanna 2008 til 2021 (24 µg/g;  $p=0,940$ ). Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 71 µg/g sem var lægra en árið 2021 (81 µg/g) en ekki var marktækur munur á gildunum milli ára ( $p=0,25$ ). Gildi ársins 2022 var svipað og meðaltalsgildi síðustu þrettán ár (67 µg/g) (2008–2021;  $p=0,742$ ). Styrkur flúors í fléttum

hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2021;  $p=0,007$ ) en er nokkuð breytilegur milli ára, sérstaklega innan þýnningarsvæðis (37. mynd).



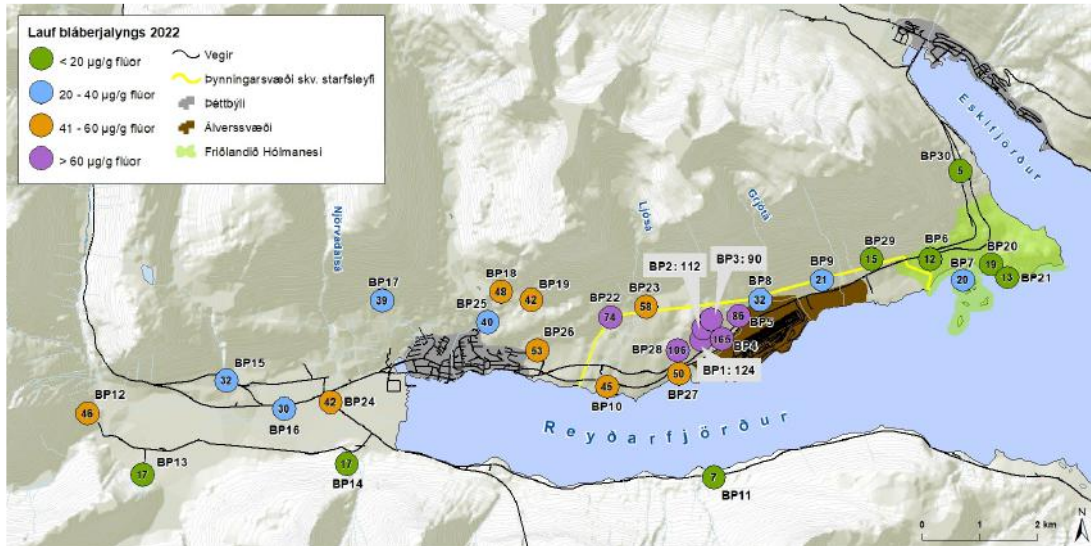
37. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga á flúor í fléttum fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 7.

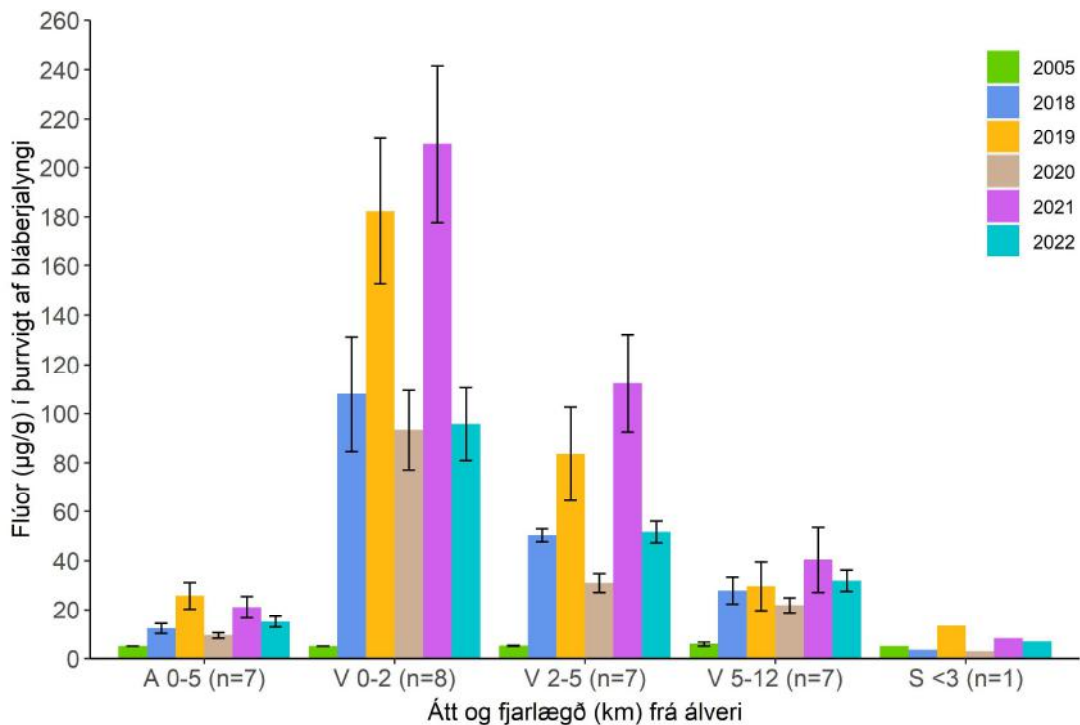
### 3.3.4 Bláberjalyng

#### 3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 5–165  $\mu\text{g/g}$ . Dreifingarmynstur styrks flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróðursýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og féll styrkurinn með vaxandi fjarlægð frá því, en mismikið eftir áttum. Meðalstyrkur mældist hæstur rétt vestan við álverið (96  $\mu\text{g/g}$ ) en að meðaltali lægstur austur af álverinu (15  $\mu\text{g/g}$ ) og sunnan fjarðar (7  $\mu\text{g/g}$ ) (38. og 39. mynd).



38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalýngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

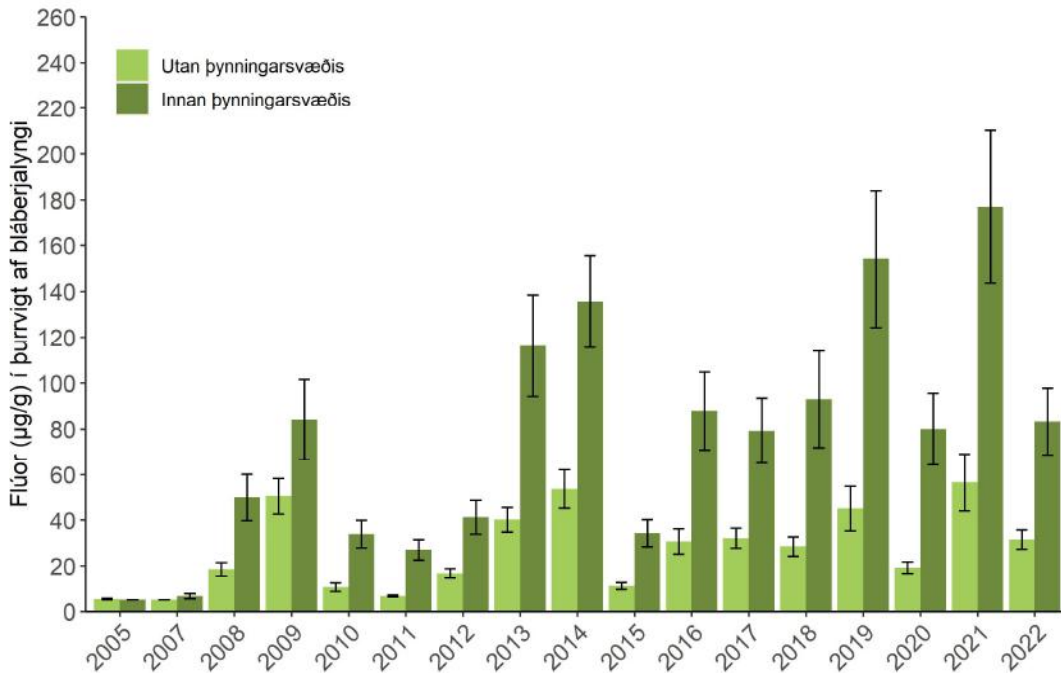


39. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2018 til 2022 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna (31. mynd sýnir svæðisskiptingu).

Ársméðaltal flúors í laufum bláberjalýngs árið 2022 utan þynningarsvæðis var 31 µg/g sem eru lægri gildi en árið 2021 (57 µg/g;  $p=0,024$ ) og svipuð meðaltalsgildi árunna 2008 til 2021 (30 µg/g;  $p=0,37$ ) og ekki marktækur munur á þeim gildum. Mikill breytileiki er milli ára (40. mynd). Innan þynningarsvæðis mældist styrkurinn að meðaltali 83 µg/g. Styrkurinn var lægri en árið 2021 (177 µg/g;  $p=0,002$ ) en svipaður meðalgildum árunna 2008–2021 (85 µg/g;  $p=0,4922$ ) og ekki marktækur munur á þeim gildum. Styrkur flúors í laufum bláberjalýngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá



bakgrunnsgildum (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008-2021;  $p < 0,001$ ) (40. mynd).



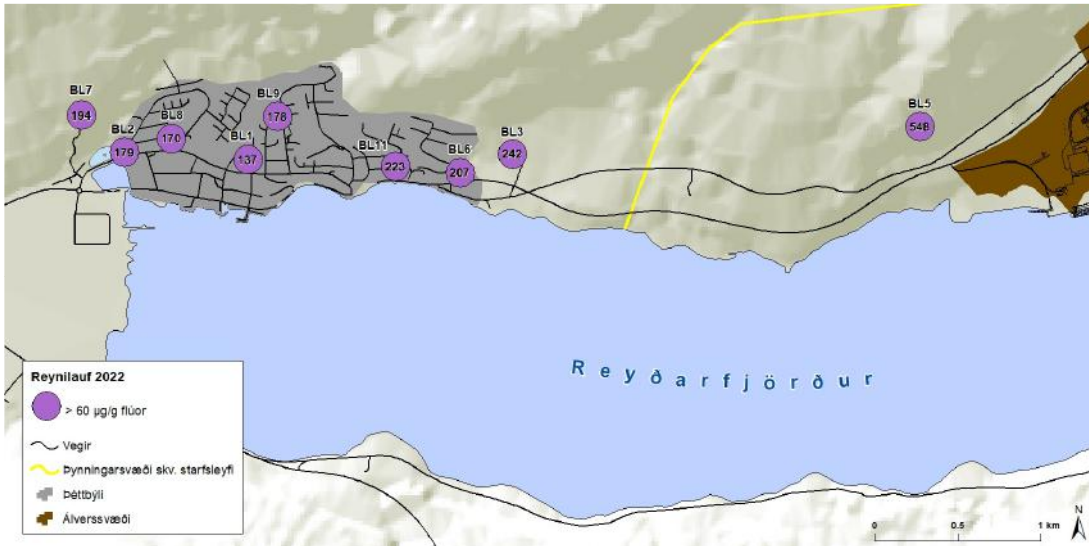
40. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga á flúor í laufum bláberjalyngs árið 2022 er að finna í viðauka 7.

### 3.3.5 Reyniviður

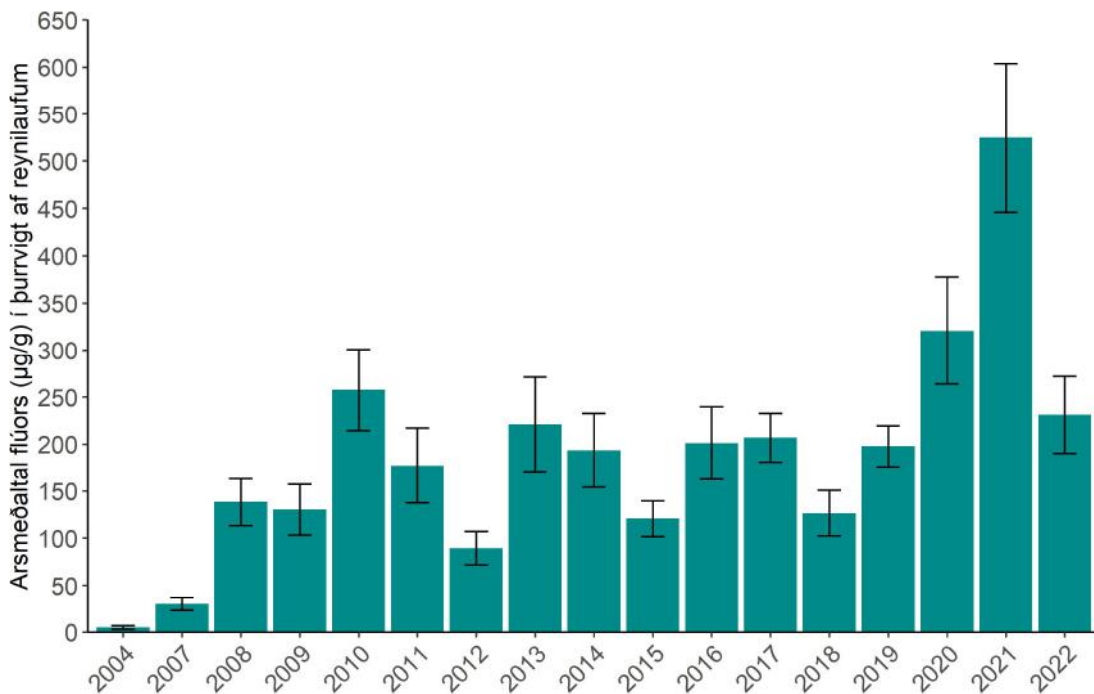
#### 3.3.5.1 Flúor

Styrkur flúors í reynivið mældist frá 137–548  $\mu\text{g/g}$  og var hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL1 en það sýni var tekið inn í þéttbýlinu (41. mynd).



41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var 231 µg/g og var marktækt lægri en árið 2021 (525 µg/g;  $p=0,001$ ). Styrkurinn var svipaður og meðaltalstyrkur flúors árin 2008 til 2021 (208 µg/g;  $p=0,55$ ) og ekki marktækur munur þar á. Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2021 ;  $p<0,001$ ) en hann er nokkuð breytilegur milli ára líkt og í bláberjalyngi (42. mynd).



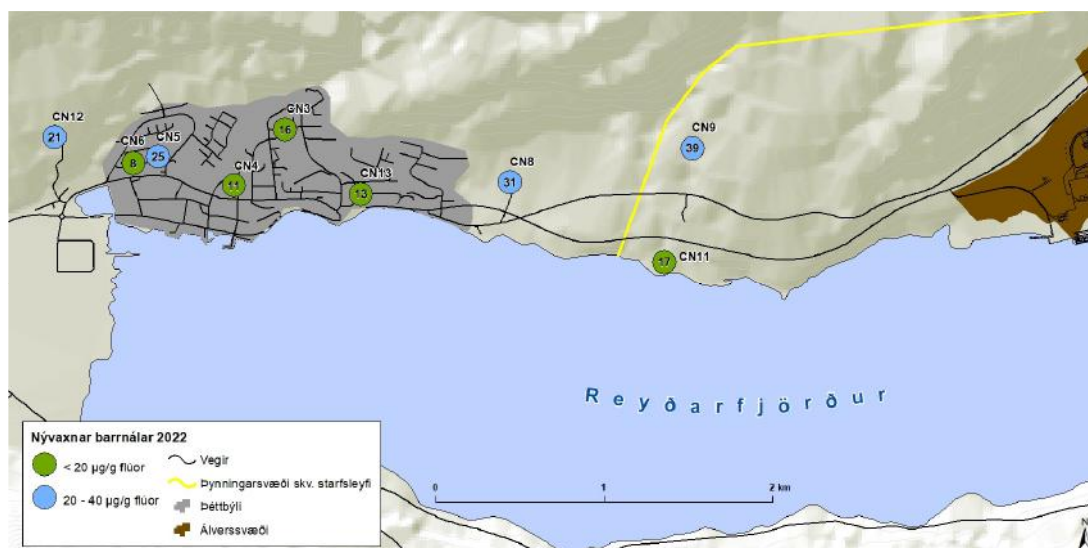
42. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrija (ásamt staðalskekku) árin 2004 bakgrunnsgildi og 2007–2021 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016, 2020, 2021 og 2022.

Niðurstöður mælinga á flúor í laufum reynitrjáa fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 8.

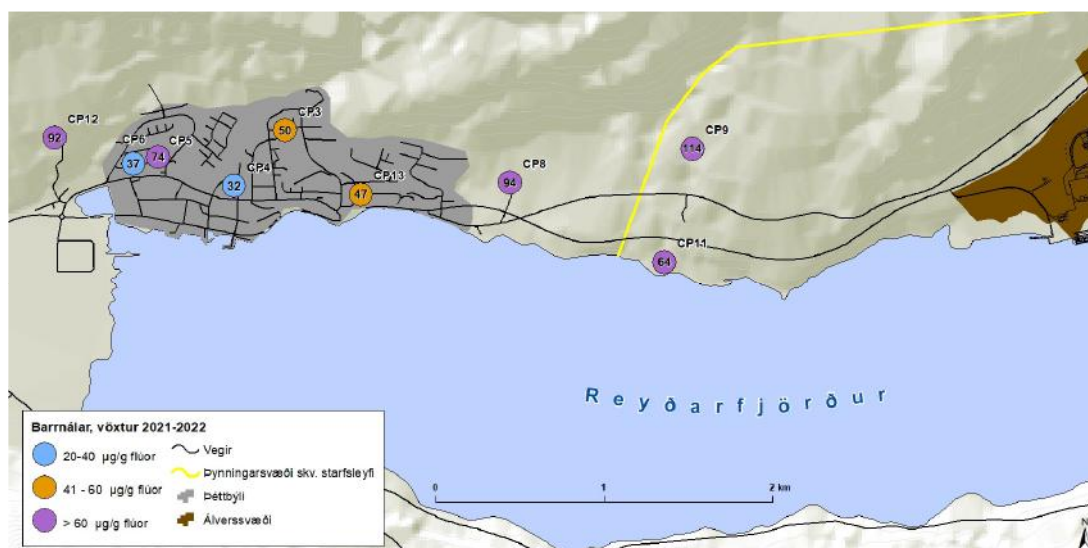
### 3.3.6 Barrnalar

#### 3.3.6.1 Flúor

Styrkur flúors í nýjum barrnálum mældist frá 8–39  $\mu\text{g/g}$  og í barrnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 32–114  $\mu\text{g/g}$  (43. og 44. mynd). Hæstu gildin bæði í nýjum nálum og nálum fyrra árs mældust á sýnatökustaðnum CP9/CN9, á skógræktarsvæði innan þynningarsvæðis. Lægstu gildin í nýjum barrnálum mældust á sýnatökustað CN6 (8  $\mu\text{g/g}$ ) og í nálum fyrra árs á sýnatökustað CP4 (32  $\mu\text{g/g}$ ) en báðir sýnatökustaðir eru innan þéttbýlisins (43. og 44. mynd).



43. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnálum (CN) í október 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

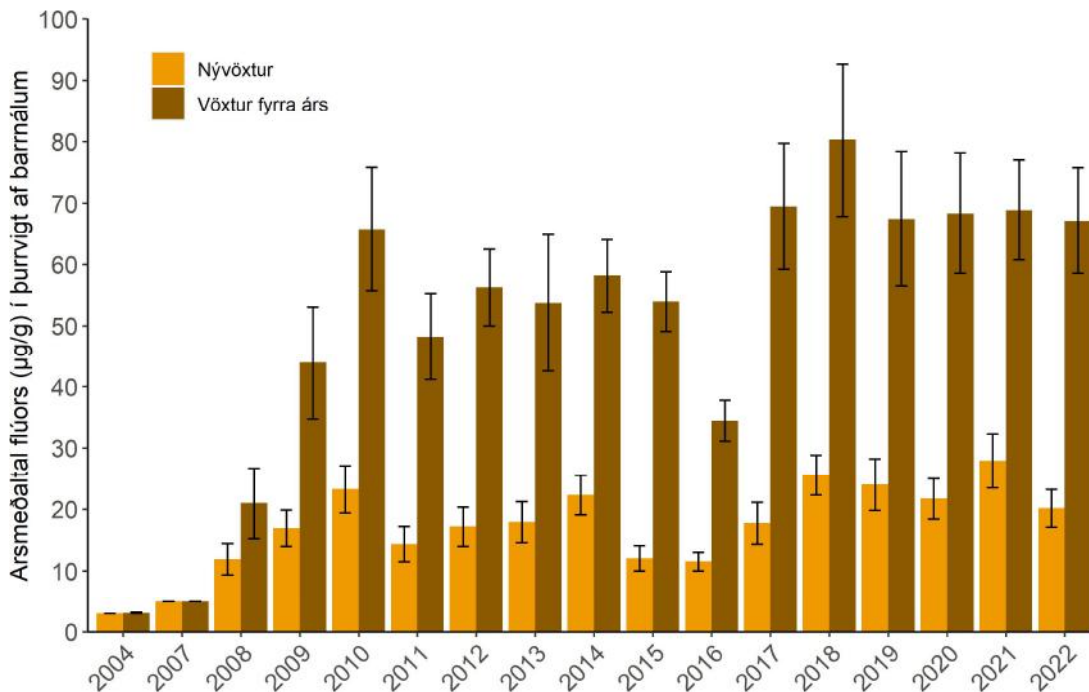


44. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnálum frá fyrra ári (CP, 2021), safnað í október 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Ársmeðaltal flúors í barrnálum árið 2022 var 20  $\mu\text{g/g}$  í nýjum nálum og 67  $\mu\text{g/g}$  í barrnálum fyrra árs. Meðalstyrkurur í nývöxnum nálum árið 2022 var marktækt lægri en árið

2021 (28  $\mu\text{g/g}$ ;  $p=0,019$ ) en svipaður og meðalstyrkur árána 2008 til 2021 (19  $\mu\text{g/g}$ ;  $p=0,652$ ). Styrkur flúors í nývöxnum barnálum var marktækt hærri en bakgrunnsgildin (3  $\mu\text{g/g}$ ;  $p=0,003$ ).

Styrkur flúors í nálum fyrra árs sem safnað var árið 2022 (67  $\mu\text{g/g}$ ) var sambærilegur og árið 2021 (69  $\mu\text{g/g}$ ;  $p=1$ ). Gildin árið 2022 voru nokkuð hærri en meðalstyrkur síðustu þrettán árin (56  $\mu\text{g/g}$ ) en munurinn var ekki marktækur ( $p=0,05$ ). Styrkurinn hefur hækkað mikið frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2021;  $p=0,003$ ) (45. mynd).



45. mynd. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekku) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004–2009 en 9 sýnum árin 2010–2022. Ártalið á lárétta ásnum visar í söfnunarár.

Sígræn tré fella ekki lafin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nálar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nálar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nálar (Doley, 2010).

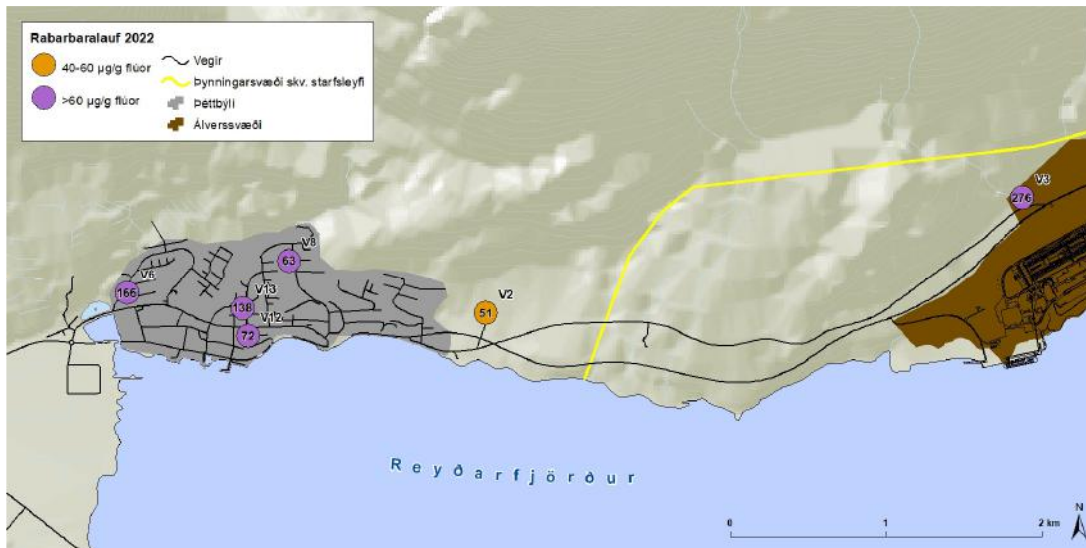
Niðurstöður mælinga á flúor í barnálum fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 9.

### 3.3.7 Rabarbari

#### 3.3.7.1 Flúor

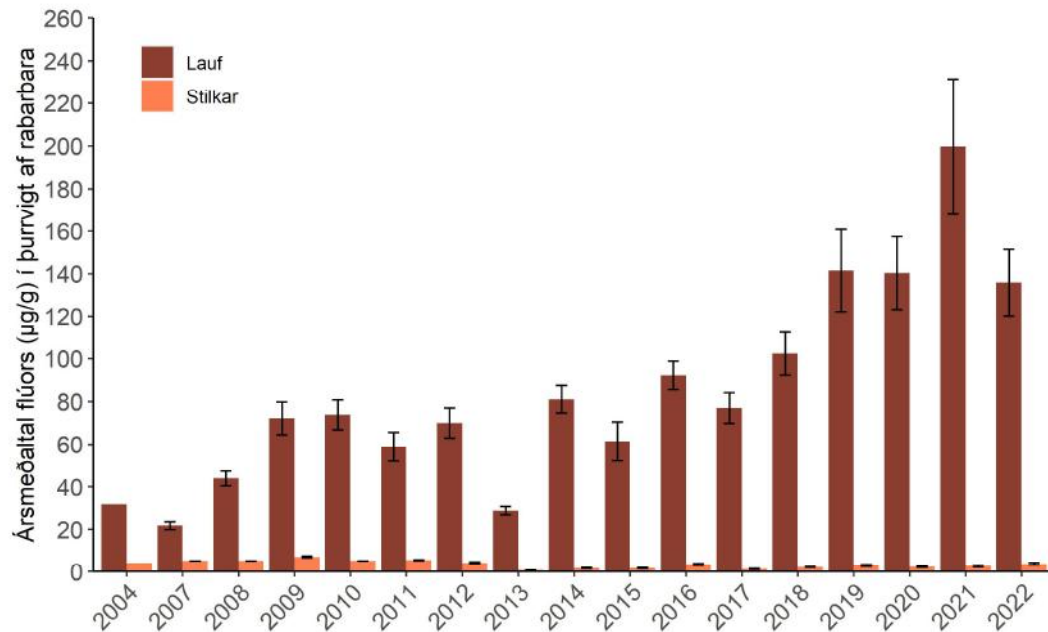
Meðalstyrkur flúors í laufblöðum rabarbara í þremur sýnatökufurðum mældist 68, 120 og 233  $\mu\text{g/g}$ . Hæsta einstaka gildi mældist í ágúst á sýnatökustað V3 (390  $\mu\text{g/g}$ ) sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, líkt og fyrri ár. Lægsta einstaka gildið (30  $\mu\text{g/g}$ ) mældist í júní á sýnatökustað V2 við Teigagerði. Flúor í stilkum mældist frá 0,6–17,1  $\mu\text{g/g}$  sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í

stilkunum (46. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



46. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökuförðum frá júní til ágúst sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Ársméðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 136 µg/g sem voru lægri gildi en árið 2021 (200 µg/g) (47. mynd). Styrkurinn var þó hærrí árið 2022 samanborið við meðaltal árunna 2008–2021 (89 µg/g) og árin fyrir álver (25 µg/g). Ársméðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2022 var 4 µg/g og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt (47. mynd).



47. mynd. Ársméðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2022 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökuförð árin 2007–2013 sex sýnatökuförðar og árin 2014–2022 voru farnar þrjár sýnatökuförðir.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbarasýnum árið 2022 má sjá í viðauka 10.

### 3.3.7.2 Þungmálmur

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara lækkaði eða var svipaður í nær öllum tilvikum milli árana 2021 og 2022 (2. tafla). Styrkur þungmálma getur verið nokkuð breytilegur á milli ára og mæliaðferðir, sem verða sífellt nákvæmari, hafa áhrif á samanburð (2. tafla). Styrkur þungmálma í rabarbara var ekki skoðaður lengra aftur í tímann en til ársins 2013 til samanburðar milli ára vegna þess að þá voru gildin fyrst gefin upp fyrir blautvigt fyrir hvert sýni og eldri gildi því ekki samanburðarhæf.

Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum. Styrkurinn var svipaður í flestum tilvikum milli árana 2021 og 2022 (3. tafla). Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum.

Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum (nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og 1048/2016) skilgreinir hámarksgildi blýs (Pb) og kadmíums (Cd) í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rótargrænmeti er 0,1 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældust yfir viðmiðum fyrir blý eða kadmíum árið 2022. Hámarksgildi fyrir kadmíum í blaðgrænmeti er 0,2  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt og fyrir blý í blaðgrænmeti er hámarksgildið 0,3  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarablöðum mældist yfir viðmiðum fyrir blý árið 2022 og ekkert sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2022. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$
<b>2013</b>	<0,020	0,087	0,036	0,998	<0,005	0,750	<0,020	20,18
<b>2014</b>	<0,090	0,033	0,032	0,854	<0,010	0,627	<0,040	20,06
<b>2015</b>	< 0,070	0,058	0,033	0,907	< 0,009	0,738	< 0,030	11,46
<b>2016</b>	0,009	0,065	0,081	0,813	0,002	0,599	0,010	12,82
<b>2017</b>	0,002	0,053	0,051	0,827	0,001	0,486	0,009	12,23
<b>2018</b>	<0,004	0,043	0,047	0,695	<0,004	0,466	0,009	10,29
<b>2019</b>	0,016	0,069	0,093	0,780	0,004	0,817	0,065	13,21
<b>2020</b>	0,012	0,058	0,081	0,977	0,010	0,612	0,019	13,25
<b>2021</b>	0,021	0,084	0,066	1,160	<LOD	0,947	0,139	21,74
<b>2022</b>	0,022	0,092	0,046	0,612	0,003	0,934	0,025	21,75



3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2022. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.

	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
2013	<0,020	0,012	0,011	0,254	0,010	0,135	0,029	3,89
2014	<0,090	0,013	0,011	0,294	<0,010	0,176	<0,040	4,16
2015	<0,070	0,012	<0,020	0,216	<0,009	0,205	<0,030	2,33
2016	0,0005	0,011	0,013	0,188	<0,0001	0,135	0,004	2,53
2017	0,0005	0,009	0,005	0,161	<0,00009	0,082	0,004	2,04
2018	<LOD	0,010	0,010	0,139	<LOD	0,070	0,004	2,04
2019	<LOD	0,016	<0,019	0,220	<0,001	0,093	<0,010	3,85
2020	<LOD	0,011	0,005	0,201	<LOD	0,110	0,005	2,85
2021	<LOD	0,011	0,008	0,250	<LOD	0,127	0,125	3,98
2022	0,003	0,013	0,008	0,228	<LOD	0,129	0,011	4,53

Niðurstöður mælinga á þungmálum í rabarbarasýnum fyrir árið 2022 má sjá í viðauka 10.

### 3.3.8 Kartöflur og grænmeti

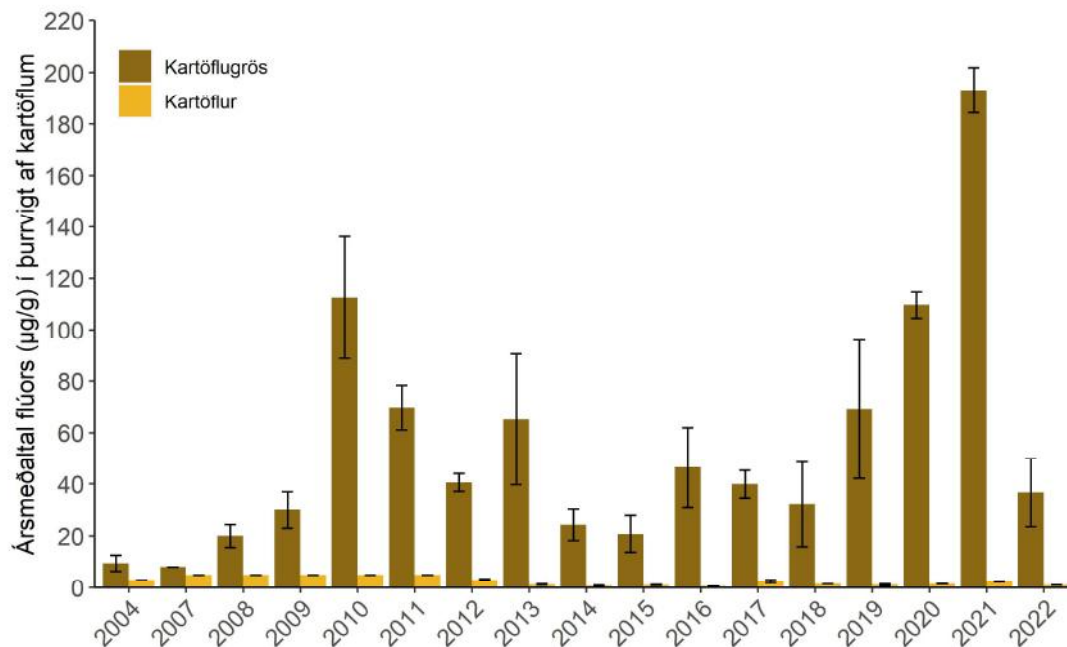
#### 3.3.8.1 Flúor

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist  $16 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V1,  $61 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V2 og  $33 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V7 (að meðaltali  $37 \mu\text{g/g}$ ) (48. mynd). Meðalstyrkur flúors í kartöflugrösum var lægri árið 2022 en 2021 ( $193 \mu\text{g/g}$ ) (49. mynd) og meðalstyrkur frá árunum 2008–2021 ( $62 \mu\text{g/g}$ ). Styrkur flúors í kartöflugrösum er nokkuð breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára. Styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur ( $1 \mu\text{g/g}$  í öllum sýnum) (49. mynd). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hér í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



48. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).





49. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007 til 2022.

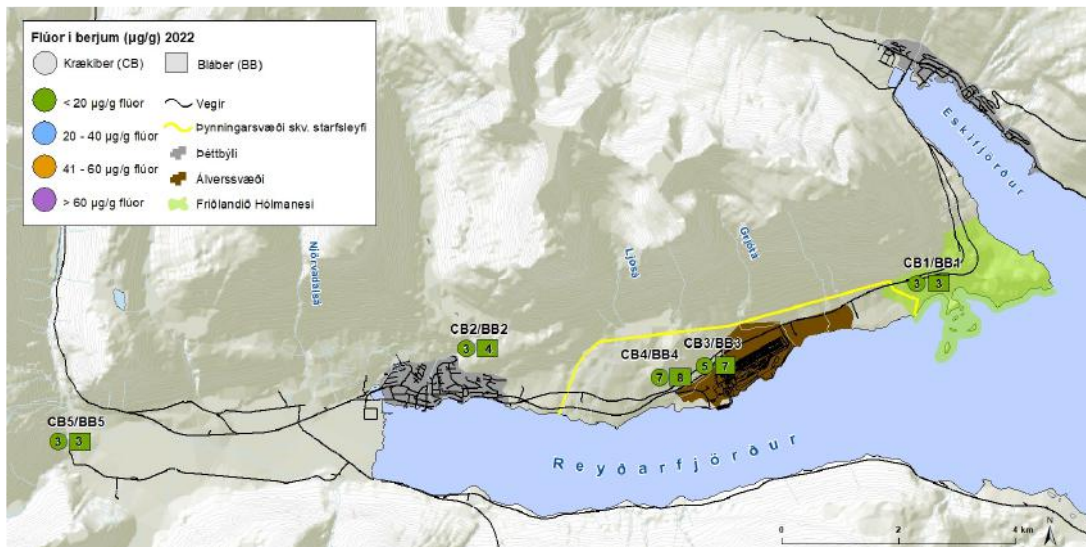
Niðurstöður mælinga á flúor í kartöflum fyrir árið 2022 má sjá í viðauka 8.

### 3.3.9 Bláber og krækiber

#### 3.3.9.1 Flúor

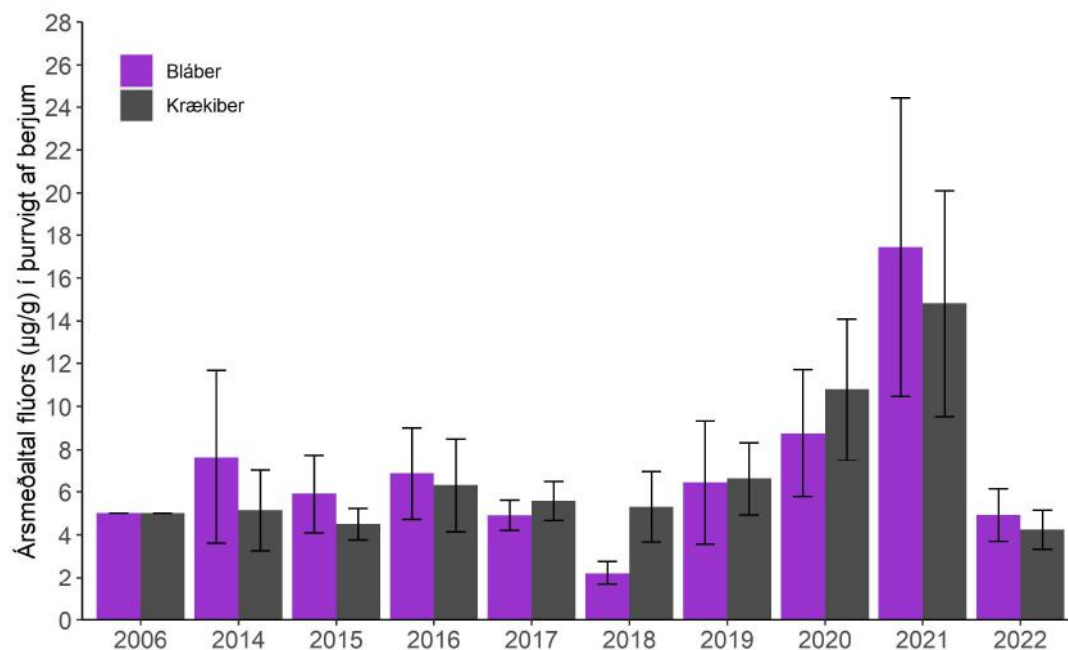
Styrkur flúors í krækiberjum og bláberjum mældist frá 3–8 µg/g. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustað BB/CB4 (50. og 51. mynd).

Meðalstyrkur flúors í berjum var lægri árið 2022 en árið 2021 (51. mynd).



50. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2022. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnum á BB4 sem er innan þýningarsvæðis og nálægt álverinu, undan ríkjandi vindátt. Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist alla jafna töluvert hærri en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Sem fyrr er þetta í samræmi við erlendar athuganir sem og athuganir í Reyðarfirði undanfarin ár sem hafa sýnt að jafnvel þó að styrkur flúors í andrúmslofti og blöðum plantna sé hár þá hafa ávextir, fræ og rætur lág gildi (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016, 2017, 2018; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014; Weinstein & Davison, 2004).



51. mynd. Ársmeðaltal flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2022 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.

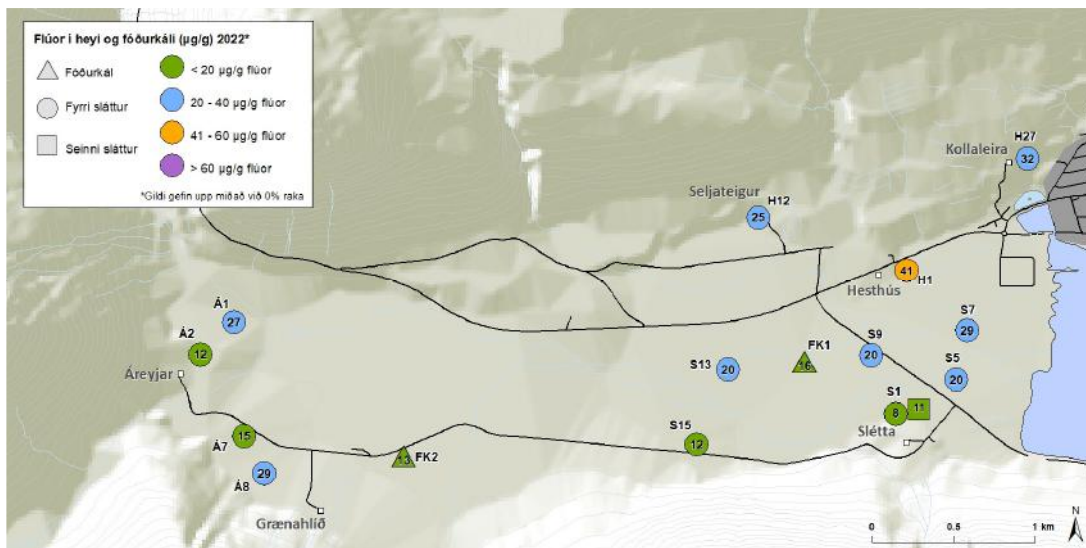
Niðurstöður mælinga á flúor í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 8.

### 3.3.10 Hey og fóðurkál

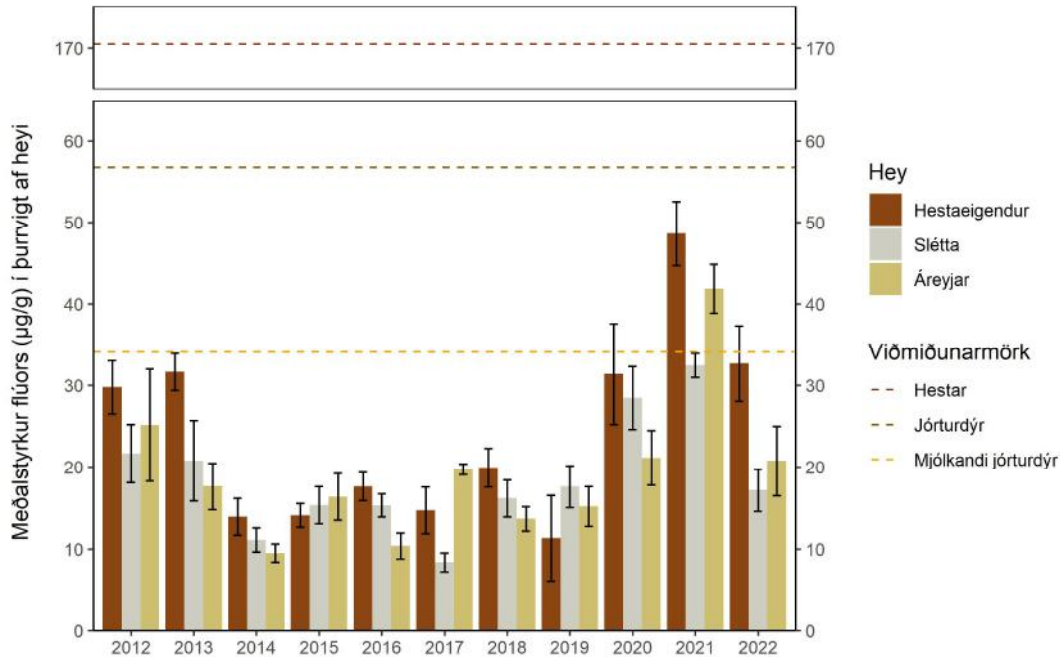
#### 3.3.10.1 Flúor

Styrkur flúors í heysýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 8 – 41  $\mu\text{g/g}$  miðað við 0% rakainnihald (52. mynd). Flúor í heyi frá bæjunum Sléttu og Áreyjum sem er heyjað fyrir sauðfé var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) sem og viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) (52. og 53. mynd). Hey sem ætlað er hestum var í öllum tilvikum undir þeim viðmiðum sem gefin eru fyrir þá (170,5  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald).

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti fyrir hross var 39  $\mu\text{g/g}$  við Sléttu, 13  $\mu\text{g/g}$  við Áreyrar og 39  $\mu\text{g/g}$  í beitarhólfi rétt hjá Njörvadalsá. Voru gildin í öllum tilfellum undir viðmiðunum fyrir hross (170,5  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald). Nánari umfjöllun um viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé miðað við ólíkt rakainnihald má sjá í kafla 3.1.2.



52. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli m.v. 0% rakainnihald sem tekin voru í ágúst 2022 og janúar 2023. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).



53. mynd. Ársmeðaltal flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af heyi í Reyðarfirði.

Flúor var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli árið 2022 (FK1 og FK2, 52. mynd). Styrkur flúors var  $16 \mu\text{g/g}$  í sýni FK1 og  $13 \mu\text{g/g}$  í sýni FK2 og er það undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr ( $56,8 \mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi jórturdýr ( $34,1 \mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald).

Niðurstöður mælinga á flúor í heysýnum og sýnum af fóðurkáli fyrir árið 2022 er að finna í viðauka 11.

## 4 Sjónræn skoðun á gróðri

Eins og fram hefur komið berst flúor inn í laufblöð um loftaugu á yfirborði laufblaða. Inni í laufblaðinu leysist flúor upp í vatni og berst með því til jaðra blaðsins þar sem hann safnast fyrir og ferðast ekki frekar um laufblað plöntunnar (Weinstein & Davison, 2004).

Ef styrkur flúors verður hár veldur það skemmdum á frumuhimnu plöntunnar og hún fer að leka. Vefurinn deyr og breytir um lit, verður ljósbrúnn, brúnn eða svartur (e. necrosis). Þetta gerist vanalega í útjaðri laufblaðsins eða á milli æða. Einnig getur myndast röð dökkra strika í laufblaðinu þegar styrkur flúors er hár yfir vaxtartímann. Svo getur farið að dauði vefurinn þorni og detti af laufblaðinu sem veldur því að lögun blaðsins verður einkennileg, einkum fremst. Almennt eru ung blöð í þroska mun viðkvæmari fyrir flúor en fullþroskuð blöð. Þannig getur sama plantan sýnt ólík einkenni, háð því á hvaða þroskastigi blöðin eru þegar þau verða fyrir flúormengun (Weinstein & Davison, 2004).

Önnur áhrif eru þau að uppsöfnun flúors fremst í laufblaðinu dregur úr vexti frumna þar. Miðhluti laufsins heldur hins vegar áfram að vaxa og veldur því að blöðin verða kúpt þegar þau stækka (Weinstein & Davison, 2004).

Flúor getur valdið fölnun eða gulnun (e. chlorosis) í laufblöðum. Slík einkenni eru oftast talin vera vegna ónógrar birtu eða vegna skorts á járni eða magnesíum í jarðvegi. Ástæður þess að flúor veldur gulnun er binding þess við magnesíum í plöntunni sem veldur magnesíumskorti í plöntunni (Weinstein & Davison, 2004).

Dreifingarmynstur skemmda í gróðri ákvarðast einkum af ríkjandi vindátt og að hluta til af landslagi. Í rannsóknum sem gerðar voru í Noregi á skemmdum á plöntuvef af völdum flúormengunar kom í ljós að skemmdir takmörkuðust við svæði innan tveggja kílómetra frá uppruna mengunar. Tengsl voru á milli skemmda í laufblaði og styrk flúors. Það var hins vegar breytilegt eftir stöðum í Noregi hversu mikinn styrk flúors sömu tegundir þoldu áður en bera fór á skemmdum. Veðurfar og lega svæðis hafði þar mikið að segja (Vike, 1999).

Hafa ber í huga að mörg önnur atriði í umhverfinu geta valdið streitu í plöntum sem eru líkar flúorskemmdum t.d. salt, frost og vatnsskortur (Weinstein & Davison, 2004).

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum sjónrænnar skoðunar á plöntum í Reyðarfirði m.t.t. flúorskemmda sumarið 2022.

#### 4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 28. júlí 2022. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

- Aronsvöndur (*Erysimum hieracifolium*) í friðlandinu í Hólmanesi
- Stóriburkni (*Dryopteris filix-mas*) í friðlandinu í Hólmanesi
- Þyrnirós (*Rosa pimpinellifolia*) á nokkrum stöðum við Kollaleiru
- Giljaflækja (*Vicia sepium*) vex í gili í þéttbýlinu á Reyðarfirði
- Fuglaertur (*Lathyrus pratensis*) vaxa einnig í þéttbýlinu á Reyðarfirði

Tvær þessara tegunda eru tilgreindar á valista æðplantna; giljaflækja og þyrnirós sem taldar eru í nokkurri hættu og er þyrnirós friðuð (Náttúrufræðistofnun, 2018).

Plönturnar voru ljósmyndaðar og kannað hvort þær sýndu mögulega einkenni flúor-skemmda eða hvort vaxtarstöðum þeirra væri á einhvern hátt ógnað.

Ólíkt fyrri árum var vaxtarstað giljaflækju og fuglaertna ekki ógnað af ágengu tegundunum kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*) því búið var að slá vaxtarstað ágengu tegundanna við athugun. Greinilega er verið að reyna að halda útbreiðslu þeirra í skefjum. Báðar tegundir voru í blóma og engar flúorlíkar skemmdir á plöntunum (54. mynd). Útbreiðsla tegundanna hefur aukist verulega síðustu ár en meira bar á fuglaertum en giljaflækju í brekkunni.





54. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2022 í Reyðarfirði.

Engar flúorlíkar skemmdir fundust á plöntum þyrnirósar og þær voru heilbrigðar (55. mynd). Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn. Efri vaxtarstaðurinn var staðsettur innan beitarrhólfss hrossa sumarið 2017 en hrossin voru ekki á svæðinu í athugun sumarsins 2022 og búið var að fylla upp í skurði sem voru innan hólfssins. Við neðri vaxtarstaðinn voru aspir farnar að ógna vaxtarstað þyrnirósarinnar. Á báðum svæðunum voru plöntur í blóma eða búnar að blómstra.



55. mynd. Þyrnirós af neðri vaxtarstað (t.v.) og af efri vaxtarstað (t.h.) í júlí 2022 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar voru flestar plöntur í blóma. Lauf nokkurra plantna með gula eða dökka enda en það gæti verið sölnun frekar en flúorskemmdir (56. mynd).



Stóriburkni var frekar lítill og væskilslegur í ár og nokkrir blaðendar skorpnaðir, en erfitt var að segja til um hvort það voru flúorlíkar skemmdir (56. mynd).



56. mynd. Aronsvöndur í blóma (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum blaðendum í júlí 2022 í Reyðarfirði.

## 4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 28. júlí 2022. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Öll tré kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af víði (*Salix* spp.) og alaskaösp (*Populus trichocarpus*) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorlíkar skemmdir á 25% laufblaða á víði (*Salix* sp) og 5% nýrra laufblaða aspa (57. mynd). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna og nýjum blöðum.



57. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2022.



Fyrir ofan álverið á milli gamla og nýja vegarins vex birki (*Betula pubescens*) í þyrpingu. Það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Trén voru almennt heilbrigð en greina mátti flúorlík einkenni á nýjum laufum á nýjum sprotum.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Ilmreynirinn var frekar óheilbrigður með flúorlíkum skemmdum í endum laufa. Dökkir blettir þöktu um 50% laufa en stafa ekki vegna flúorskemmda. Á minni trjánum voru laufin öll í ljósari kantinum, stærri trén skárri en þó ekki laus við skemmdir. Birkitré voru að mestu heilbrigð að sjá en flúorlíkar skemmdir sástu þó á nýjum laufum á nýjum sprotum.

Við Framnes sástu flúorlíkar skemmdir á sigurskúf, víði og bergfuru. Sigurskúfur hefur breitt mikið úr sér síðustu ár og þekur stóran hluta svæðisins.

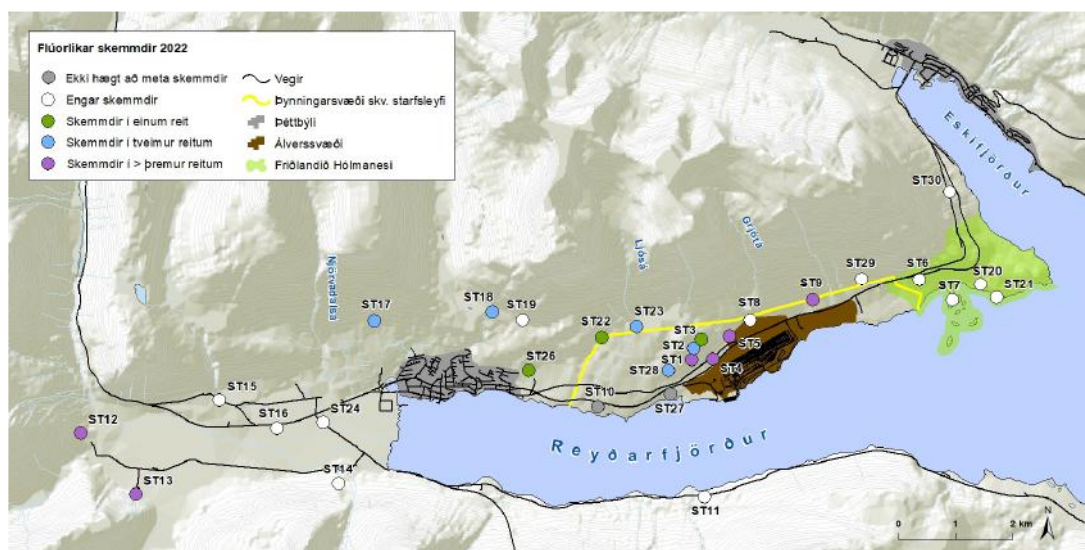
Við Teigagerði voru reynitré, viðja, greni og rífs heilbriggt að sjá. Á ösp og lerki mátti greina skemmdir sem voru skráðar sem flúorlíkar. Lerki var með gular nalar á um 50% nála og greina mátti flúorlíkar skemmdir á 5-10% blaða á nýjum laufblöðum aspar.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var gróður almennt heilbrigður og án athugasemda fyrir utan smá gulnun á nýjum laufum birkis og viðju og gulbrúnum nálum lerkis sem voru ekki flúorlíkar skemmdir.

Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að mestu hraustlegur og án athugasemda en þó mátti sjá einhverja óværu, einkum á birki. Flúorskemmdir sástu á íris (*Iris* sp.), furutrjám (aðallega á nálum frá fyrra ári), skjaldburkna, ösp og víði.

### 4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 2., 3., 4. og 8. ágúst 2022 (58. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



58. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sástu í 14 stöðvum, engar skemmdir í 13 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í tveimur stöðvum sumarið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á 14 stöðvum, engar skemmdir voru á 13 stöðvum og á tveimur stöðvum var ekki hægt að meta skemmdir vegna útbreiðslu lúpínu (58. mynd). Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2022 sáust aðallega á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*), fjallavíði (*Salix arctica*) og stinnastör (*Carex bigelowii*). Undanfarin ár hafa fundist skemmdir á mosa á stöð 4 sem er innan þynningarsvæðis. Árið 2022 fannst svartur og dauður mosi á þeirri stöð.

Þegar skemmdir sem líkjast skemmdum af völdum flúors eru skoðaðar á gróðri verður að hafa í huga að erfitt getur verið að greina þær frá skemmdum af völdum annarra þátta og t.d. geta jafnvel einkenni sölnunar minnt á flúorskemmdir og mögulegt er að sumar þeirra séu ekki beinar flúorskemmdir heldur sölnun en flúor getur einnig haft óbein áhrif á gróður. Þá verður að taka tillit til tíma athugunar og veðurfars þess sumars. Árið 2022 var gróður skoðaður í byrjun ágúst. Í maí og júní var úrkoma yfir meðallagi og fremur kalt í veðri. Mjög hlýir dagar voru fáir sumarið 2022 (Veðurstofa Íslands, 2022).

Líkt og fyrri ár sáust ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2022 voru ummerki traðks og beitar talsvert áberandi og á ýmsum runnum og smárunnum sáust brotnar og dauðar greinar inn á milli heilbrigðra greina. Ásigkomulag gróðurs utan rannsóknareita hefur ekki verið skráð kerfisbundið. Samt sem áður er vert að benda á að víða um Reyðarfjörð hefur bláberjalyng verið áberandi rautt og blöðin oft lítil undanfarin ár. Árið 2022 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.

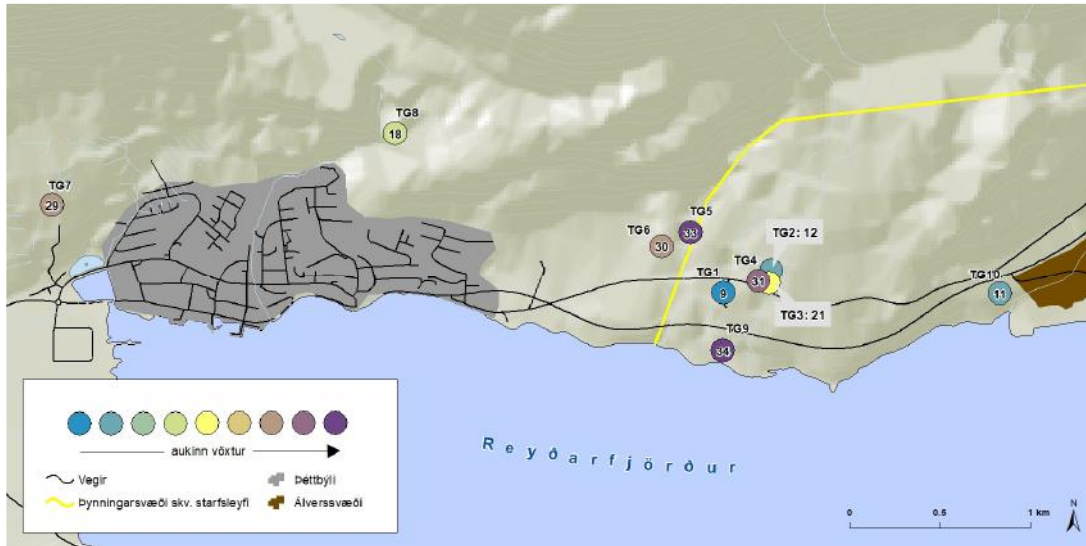
Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2022 er að finna í viðauka 12.

## 5 Trjávöxtur

### 5.1 Inngangur

Furutegundir (*Pinus* spp.) eru taldar viðkvæmar fyrir flúor. Þolmörk viðkvæms gróðurs gagnvart loftbornum flúor eru talin vera um  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  yfir 5–6 mánaða tímabil og koma skemmdir fram í nálum plöntunnar og í minni vexti (Weinstein & Davison, 2004; Liteplo o.fl., 2002; Ongstad o.fl., 1994).

Í Reyðarfirði hefur furutrjám verið plantað víða. Mest er af stafafuru (*Pinus contorta*) en einnig er bergfura (*P. uncinata*) á Framnesi og víðar. Staðsetningu trjámælireita má sjá á 59. mynd.



59. mynd. Trjámælingar í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu stafafurur voru mældar í trjáræktarreit 1–9 en átta bergfurur í trjáræktarreit 10 eða samtals 98 tré. Öll tré voru staðsett með GPS tæki og merkt með númeri og borða til að hægt væri að finna þau aftur. Mælingar voru endurteknaðar árið 2009 og á hverju ári frá 2011. Hægt er að bera saman vöxt furu fyrir og eftir að rekstur álvers hófst því þegar fyrstu mælingar voru gerðar árið 2005 var mældur vöxtur aftur til ársins 2003.

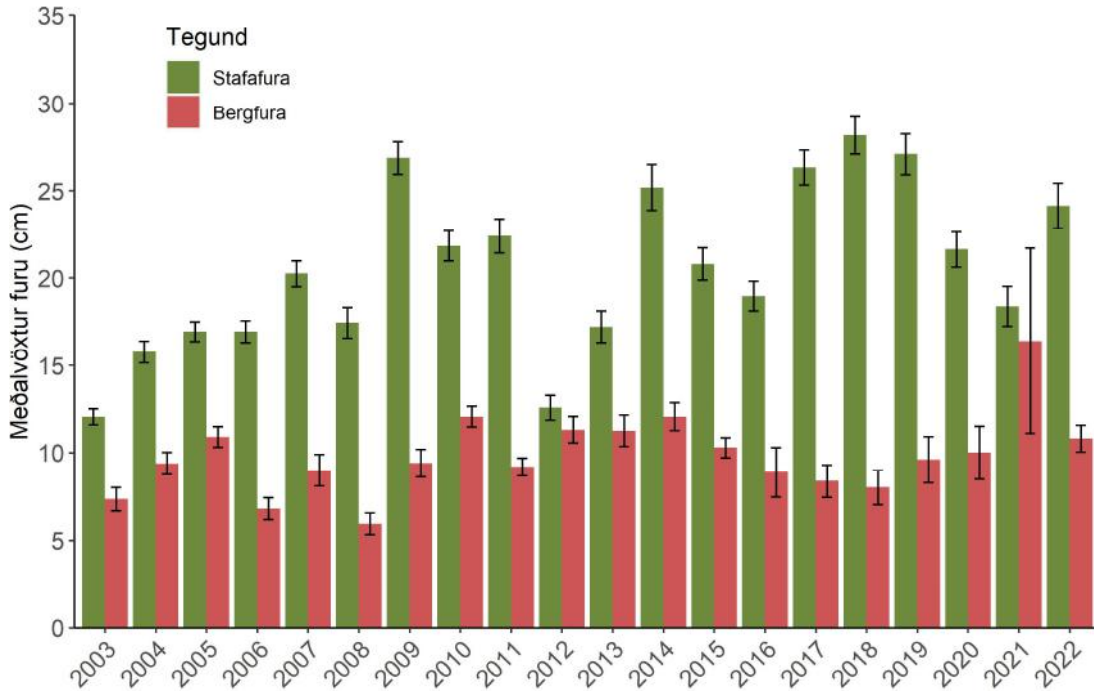
Árið 2022 voru mælingar framkvæmdar 13. og 18. október. Trjámælistika var notuð við mælingarnar líkt og undanfarin ár. Mælistikan var borin að stofni trjána og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mælt. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2022 þannig reiknaður út. Í reit 10 var hluti trjána kominn undir framkvæmdir og þrjú tré höfðu verið felld og því var vöxtur aðeins mældur á fimm bergfurum þar.

## 5.2 Niðurstöður

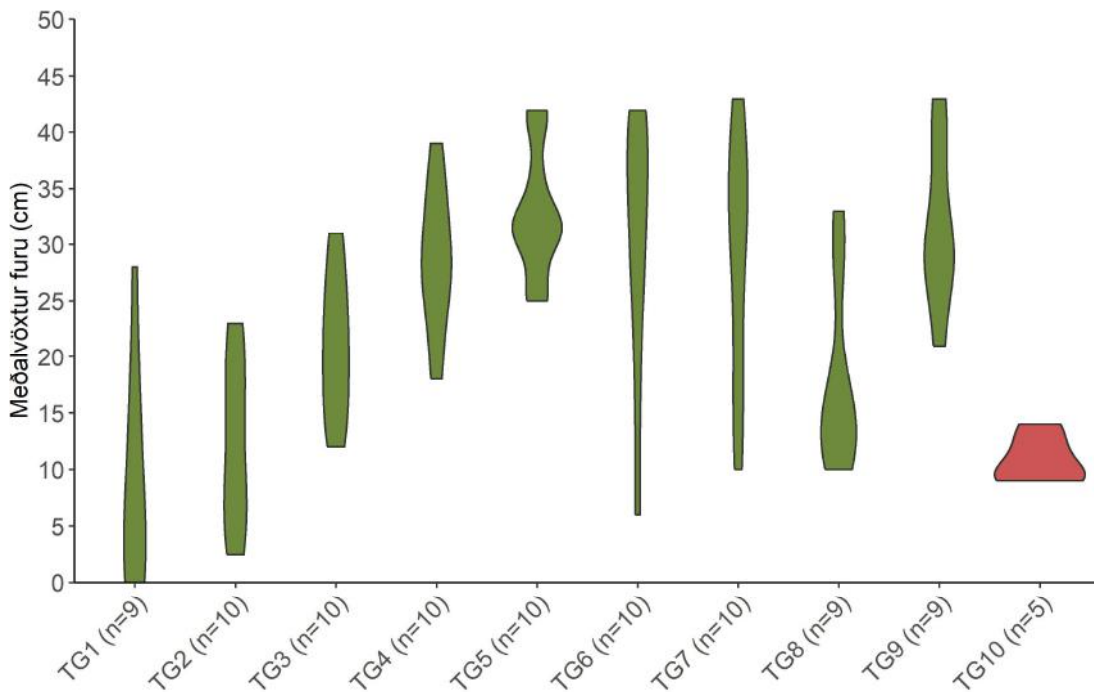
Meðalársvöxtur vaxtarsprotta stafafuru á svæðum 1–9 árið 2022 var 24 cm (60. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 9–34 cm (61. mynd). Meðalársvöxtur bergfuru er oftast heldur minni en vöxtur stafafuru (60. mynd) og var 11 cm árið 2022 (staðsetning 10 á 61. mynd).

Meðalvöxtur stafafuru árið 2022 var hærri á öllum svæðum nema 1 samanborið við árið á undan (viðauki 13). Mestur var munurinn á meðalvexti milli ára á svæði 4 (15 cm hærri en árið áður) en minnstur var munurinn á staðsetningu 3, (1 cm hærri en árið áður).

Meðalvöxtur stafafuru er nokkuð breytilegur á milli ára og á milli svæða (60. og 61. mynd). Árið 2022 var vöxtur stafafuru mestur á staðsetningu 9 (34 cm) (59. mynd).



60. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjásmælingum og bergfuru (rautt) ásamt staðalskekkju meðaltalanna í trjásmælingum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2022.



61. mynd. Vöxtur stafafuru (grænt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu (TG) árið 2022 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2022 má finna í viðauka 13.

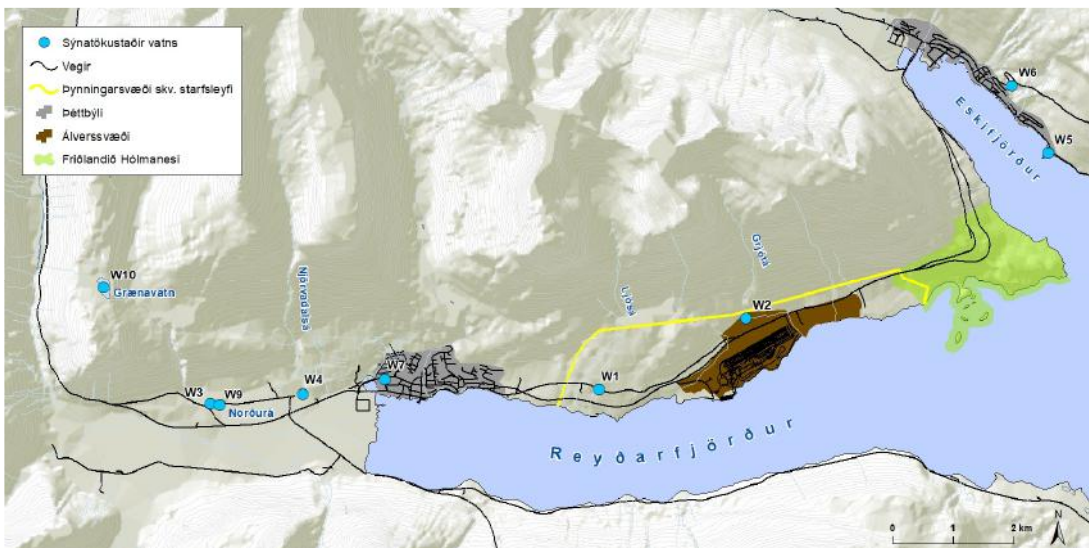
## 6 Yfirborðsvatn

### 6.1 Inngangur

Sýnum var safnað á níu sýnatökustöðum árið 2022; fjögur sýni voru tekin úr ám (W1–W4), fjögur sýni af neysluvatni (W5, W6, W7 og W9) og eitt sýni úr stöðuvatni (Grænavatn, W10) (62. mynd). Sýnum var safnað fjórum sinnum yfir árið af árvatni og neysluvatni (W1–W9), þann 24. janúar, 26. apríl, 14. júlí og 26. október en tvisvar úr Grænavatni (W10), 14. júlí og 26. október.

Í öllum sýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, basarýmd (alkalinity), flúorstyrkur og styrkur brennisteins hjá Hafrannsóknarstofnun. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra kolvatnsefna (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH-16) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.

Niðurstöður eru settar fram sem ársmeðaltöl fyrir hvern sýnatökustað og einnig eru tekin saman ársmeðaltöl fyrir árvatn og neysluvatn. Heildarniðurstöður má finna í viðaukum. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður sjö undangenginna ára auk þess sem niðurstöður ársins 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi.



62. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2022 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

### 6.2 Niðurstöður

#### 6.2.1 Flúor

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er hámarksgildi fyrir flúorinnihald neysluvatns 1,5 mg/L.

Ársmeðaltal flúors í vatni frá öllum sýnatökustöðum árið 2022 var 0,06 mg/L. Styrkur flúors í Grænavatni (W10) mælist talsvert hærrí en í öðru yfirborðsvatni á svæðinu, eða að meðaltali 0,26 mg/L árið 2022. Spilar þar inni að í október mældist flúor 0,45 mg/L. Flúorstyrkur í Grænavatni hefur einkennst af miklum sveiflum milli ára en ef 63. mynd er

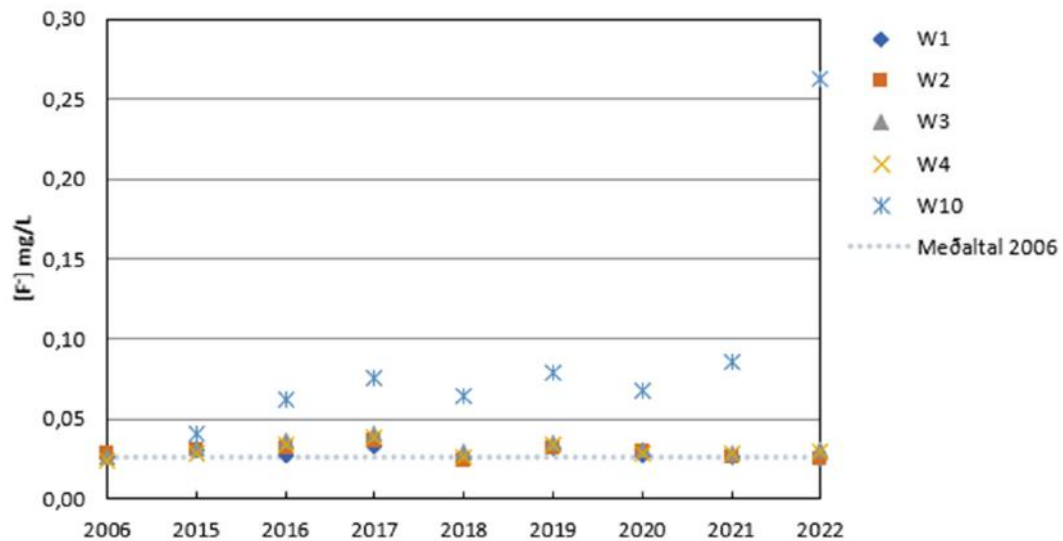
skoðuð virðist styrkurinn hafa verið að aukast með tíma þar til 2022 þegar hann rýkur upp.

Ársmeðaltal fyrir árvatn (W1-W4) var 0,03 mg/L og ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5, W6, W7 og W9) var 0,04 mg/L sem er sambærilegt við undanfarin ár. Í fyrra jókst flúorstyrkur í W7 og heldur sú aukning sér árið 2022.

Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,003 mg/L og magngreiningarmörk (LOQ) eru 0,01 mg/L svo ekki er hægt að tala um marktækar breytingar í meðalstyrk flúors milli ára.

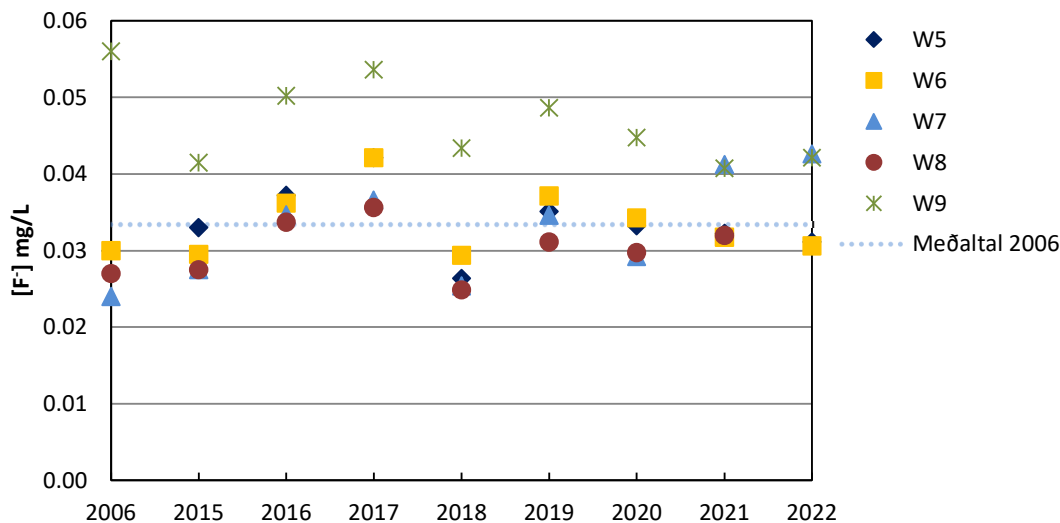
Flúorstyrkur allra sýna var vel innan marka fyrir hámarksgildi í neysluvatni skv. reglugerð.

Styrk flúors í vatni árið 2006 og á tímabilinu 2015 til 2022 má sjá á 63. mynd (árvatn og Grænavatn) og 64. mynd (neysluvatn). Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalstyrkur flúors á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýndur sem blá punktalína.



63. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum(W1 – W3) og í Grænavatni (W10) árið 2006 og 2015 – 2022.





64. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 og 2015 – 2022.

### 6.2.2 Sýrustig (pH)

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa sýrustig á bilinu 6,5 – 9,5.

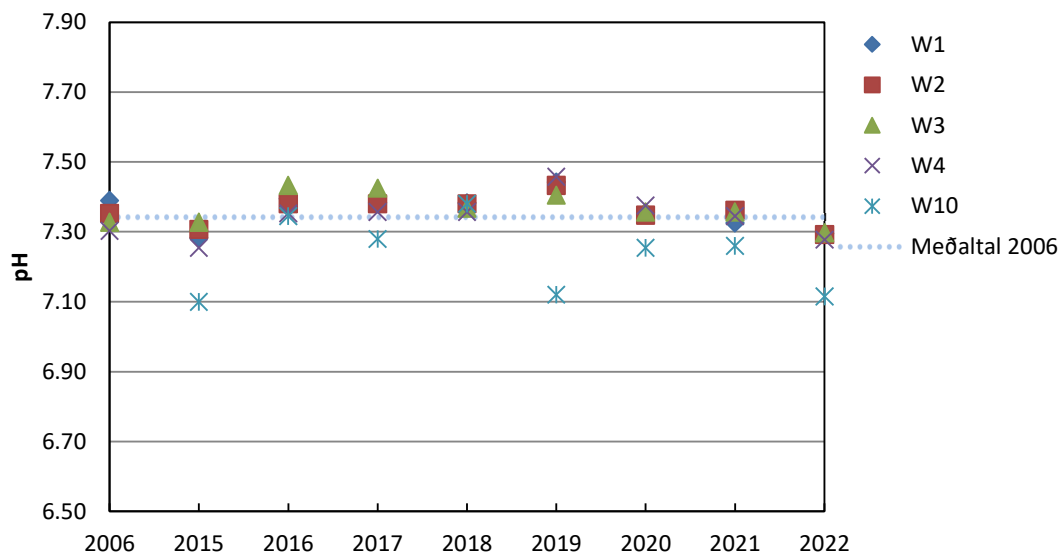
Ársmeðaltal sýrustigs vatns frá öllum sýnatökustöðum árið 2022 var 7,37 sem er örlítill lækkun frá árinu 2021 þegar ársmeðaltalið var 7,46. Í neysluvatni (W5 – W9) var ársmeðaltal sýrustigs 7,52. Hæst mældist sýrustigið 7,78 í W9 í apríl og lægst 7,27 í W5 í janúar. Á síðasta ári var ársmeðaltal sýrustigs í neysluvatni örlítill hærra, eða 7,59. Í skýrslunni fyrir árið 2021 var vakin athygli á því að meðalsýrustig í W7 hafði hækkað umtalsvert það ár, og heldur sú hækkun sér á árinu 2022. Öll sýni úr W7 frá árinu 2022 mældust á bilinu 7,61 – 7,74.

Í árvatni (W1 – W4) var ársmeðaltal sýrustigs 7,29 sem er lækkun frá árinu 2021 þegar ársmeðaltalið var 7,35. Í Grænavatni var ársmeðaltal sýrustigs 7,12.

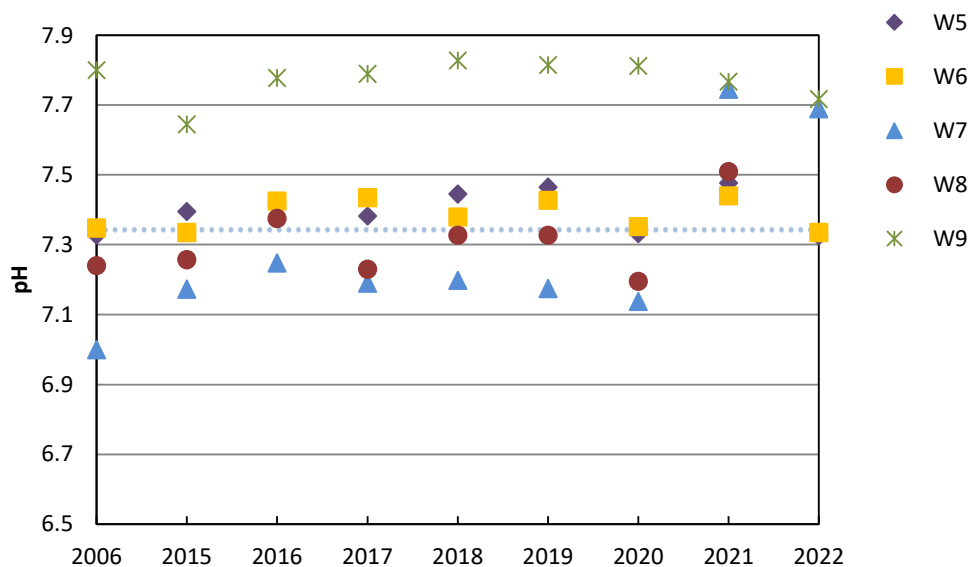
Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerðar.

Á 65. mynd og á 66. mynd má sjá meðaltöl sýrustigs í ám og í neysluvatni árin 2006 og 2015 – 2022.

Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalsýrustig á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýnt sem blá punktalína.



65. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum (W1 – W4) og í Grænavatni (W10) árin 2006 og 2015 – 2022.



66. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 og 2015 – 2022.

### 6.2.3 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er fjallað um fjölhringa arómatísk kolvatnsefni (PAH). Þar er uppgengið hámarksgildið 0,10 µg/L, þar sem viðmiðunargildið er summa af styrk efnasambandanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. Einnig er tiltekið hámarksgildið 0,010 µg/L fyrir benso(a)pyren. PAH-16 var greint í októbersýnum á öllum sýnatökustöðum.

Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en) samanlögð greiningarmörk þeirra (4. tafla). Þetta

er sambærilegt við niðurstöður frá og með árinu 2011. Benso(a)pyren mældist undir greiningarmörkum, 0,004 µg/L, í öllum sýnum.

Í sýni úr W2 greindist PAH efnasambandið pyren í mælanlegum styrk, eða 0,0321 µg/L. Ekki er sérstaklega fjallað um pyren í reglugerð um neysluvatn.

4. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015 – 2022.

	W1 µg/L	W2 µg/L	W3 µg/L	W4 µg/L	W5 µg/L	W6 µg/L	W7 µg/L	W8 µg/L	W9 µg/L	W10 µg/L	Meðaltal µg/L
2006	0,100	0,260	0,250	0,530	0,090	0,130	0,110	0,240	0,690		0,267
2015	< 0,004	< 0,0039	< 0,0036	< 0,0039	< 0,0038	< 0,0036	< 0,0039	< 0,0037	< 0,0038	< 0,004	< 0,008
2016	< 0,0040	< 0,0047	< 0,0048	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0044	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0042
2017	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
2018	< 0,00831	< 0,008	< 0,008	< 0,00806	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
2019	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,014	< 0,019	< 0,016	< 0,023	< 0,015
2020	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016
2021	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016	< 0,016	< 0,016
2022	< 0,016	< 0,0173	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016	< 0,016	< 0,016

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum má finna í viðauka 14.

#### 6.2.4 Brennisteinn

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum n. 145/2008 og nr. 570/2018) eru gefin hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO<sub>4</sub>/L), sem jafngildir 83,3 mg S/L og því lýst að vatnið má ekki vera tærandi. Brennisteinn var ekki magngreindur í vatni árið fyrir upphaf starfsemi álversins og því eru bakgrunnsgildi ekki tekin fram.

Styrkur brennisteins í árvatni og neysluvatni breytist ekki með afgerandi hætti milli ára 2021 og 2022 frekar en undanfarin ár, sjá í 5. töflu.

Mæligildi fyrir einstök sýni eru öll vel undir þeim mörkum sem gefin eru upp í reglugerð og mælist brennisteinn hæst 0,58 mg/L í W4 í janúar. Greiningarmörk (LOD) brennisteins í vatni eru 0,01 mg/L og magngreiningarmörk (LOQ) 0,02 mg/L.

5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022.

[S] mg/L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Árvatn	0,45	0,41	0,41	0,38	0,38	0,39	0,37	0,42
Neysluvatn	0,49	0,46	0,47	0,46	0,42	0,40	0,45	0,46
Grænavatn	0,50	0,49	0,69	0,54	0,58	0,50	0,59	0,56

#### 6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Ársmeðaltöl basarýmdar frá árinu 2015 má sjá í 6. töflu. Basarýmd neysluvatns helst svipuð á milli ára og er að meðaltali 21,5 mg CaCO<sub>3</sub>/L árið 2022. Dreifing er lítil milli einstakra sýna og á milli staða, en hæst mælist basarýmdin 23,2 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W5 í janúar og lægst 20,2 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W5 í júlí.

Meiri sveiflur eru í mæligildum fyrir árvatn. Basarýmd árvatns mælist lægst 10,6 mg CaCO<sub>3</sub>/L í júlí og hæst 17,4 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W3 í október. Ársmeðaltal árvatnssýna er 14,2 mg CaCO<sub>3</sub>/L sem er svipað og árið 2021.

Ársmeðaltal basarýmdar í Grænavatni er 10,6 mg CaCO<sub>3</sub>/L sem er talsverð lækkun. Októbersýni ársins mældist 8,7 mg CaCO<sub>3</sub>/L sem lækkar meðaltal sýnanna tveggja. Júlísýnið mældist 12,6 CaCO<sub>3</sub>/L.

6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg CaCO<sub>3</sub>/L) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022.

mg CaCO <sub>3</sub> /L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Árvatn</b>	13,5	15,5	15,1	13,9	14,2	15,7	14,5	14,2
<b>Neysluvatn</b>	18,5	18,7	20,6	19,8	19,8	19,3	22,1	21,5
<b>Grænavatn</b>	12,0	17,5	15,9	12,4	16,1	12,0	13,0	10,6

### 6.2.6 Leiðni

Leiðni hækkar á milli ára bæði í árvatni og neysluvatni (sjá 7. tafla). Í árvatni mælist leiðni lægst í júlí á öllum sýnatökustöðum. Mest er breytingin í W1, en þá fer leiðni úr 59,8 µS/cm í janúar niður í 34,5 µS/cm í júlí. Talsvert minni sveiflur sjást milli sýnatökumánaða í neysluvatni, mest í W5 þar sem leiðni mælist hæst 65,7 µS/cm í apríl en 54,3 µS/cm í október.

Leiðni vatns er háð ýmsum breytum, m.a. veðurfari og árstíðum og flokkast allar sveiflur milli ára og innan árs til náttúrulegs breytileika. Leiðni í Grænavatni lækkar milli ára, en hún er almennt sveiflukennnd.

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er leyfileg hámarksleiðni 2500 µS/cm við 20°C auk þess sem vatnið má ekki vera tærandi.

7. tafla. Meðalársleiðni (µS/cm) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2022.

µS/cm	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Árvatn</b>	43,2	43,9	50,1	41,2	42,4	49,2	42,8	48,6
<b>Neysluvatn</b>	55,1	54,7	59,1	54,8	51,4	56,0	57,1	60,1
<b>Grænavatn</b>	36,5	34,8	44,1	36,3	45,7	36,8	40,8	37,7

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2022 má finna í viðauka 14.

## 7 Búfenaður

### 7.1 Inngangur

Vegna hás styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfenað í Reyðarfirði. Rannsóknirnar felast í mælingu á styrk flúors í neðri kjálka sauðfjár og sjónrænni skoðun neðri kjálka og tanna til að leita sýnilegra vísbendinga um skemmdir í tönnum og beinum af völdum flúors. Auk þess er framkvæmd sjónræn skoðun á lifandi búfenaði í sama tilgangi. Styrkur flúors í

kjálkum sauðfjár hafði einnig verið mældur árið 2006 svo grunnildi þeirrar vöktunar eru til staðar.

Neðri kjálkar eru taldir góðir til að fylgjast með styrk flúors í beinum dýra þar sem þeir eru meðal þeirra beina líkamans þar sem styrkur flúors mælist hæstur. Einnig eru neðri kjálkar ákjósanlegir til að ákvarða sjónrænt aldur dýra út frá tönnum, sem og mögulegar tannskemmdir (dental fluorosis) og uppsöfnun flúors í beinum, en slíkt getur valdið óeðlilegri beinmyndun og krónískum sjúkdóm (osteofluorosis) sem í verstu tilfellum veldur vanlíðan og vanþrifnaði hjá skepnum. Skemmdir á tönnum koma einkum fram ef dýr eru útsett fyrir flúor á meðan þau eru ung (<1,5 ára) og tennur eru að myndast, en afmyndun beina getur komið fram hvenær sem er á ævinni, þó yngri dýr séu viðkvæmari. Styrkur flúors í beinum eykst eftir því sem dýr eldast (Vikøren, 2021).

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúors á lifandi búfánaði og kjálkum byggði á mælikvarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne, 2011). Kvarðinn er sex þrepa, þar sem 0 merkir engar breytingar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfánaði og rannsóknna á kjálkum úr sláturfé árið 2022. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 15 (Eyrún Arnardóttir, 2023) og 16 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023).

## **7.2 Niðurstöður**

### **7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði**

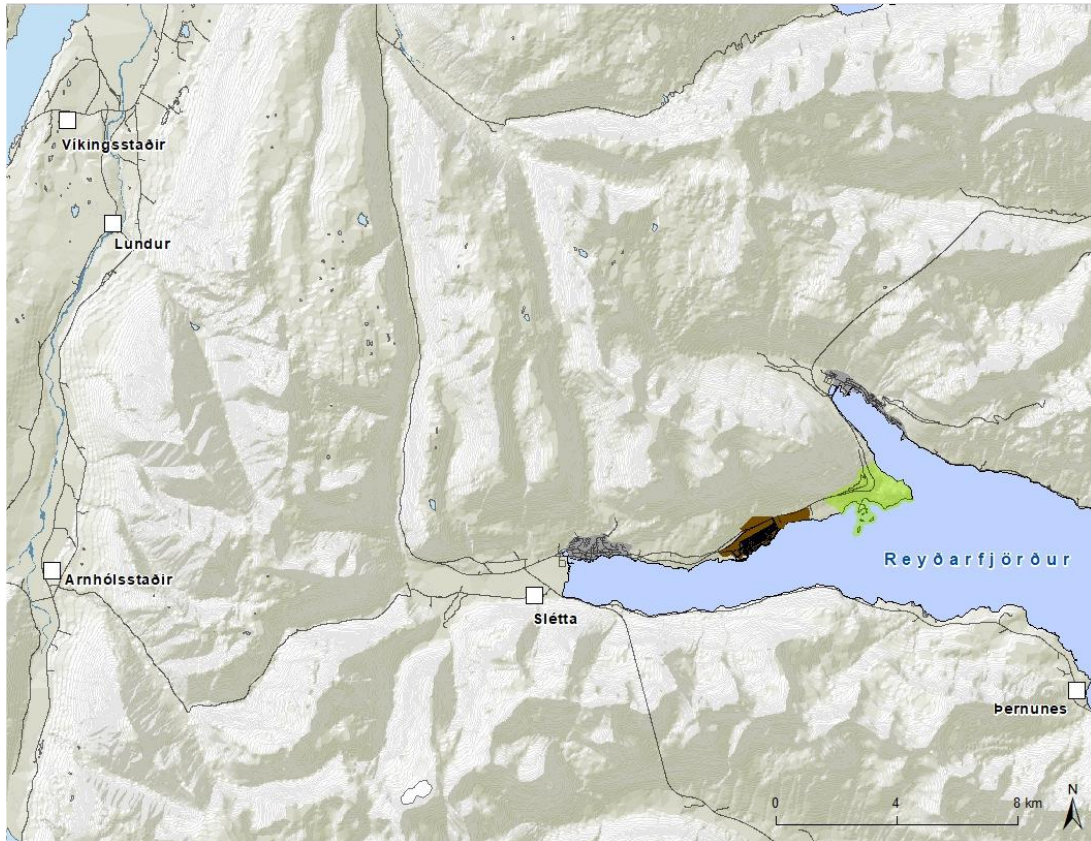
Dýralæknir skoðaði sauðfé á Sléttu í Reyðarfirði þann 29. nóvember 2022. Í heildina voru átján kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum en fækkun hafði orðið á kindum úr árgöngum 2016–2019 og einungis ein kind eftir úr 2019 árganginum. Fram til skoðunar 2021–2022 höfðu verið teknar inn 3 kindur á ári en vegna aukins magns flúors í firðinum sumarið 2021 var í kjölfarið tekin ákvörðun um að auka fjölda kinda sem að teknar voru inn í skoðunina og var 5–6 kindum bætt inn í stað 3. Gert er ráð fyrir að halda þessum fjölda við næstu skoðanir (Eyrún Arnardóttir, 2023).

Kindurnar virtust heilbrigðar, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum (Eyrún Arnardóttir, 2023). Almennt voru tennur metnar heilbrigðar en breytingar fundust í tveimur gripum. Þetta eru sömu tveir gripir og greindust með glerungsskemmdir við síðustu skoðun. Eins og kom fram við síðustu skoðun var annar gripurinn metinn með mildar breytingar og glerungurinn heilt yfir lélegur, en slit tanna virtist þó eðlilegt. Ekki er hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða. Flúortengdar breytingar á tönnum verða við mikla inntöku flúors á þeim tíma sem glerungur á tönnum er að myndast, þ.e. áður en tennur vaxa í gegnum tannholdið. Dýralæknir telur erfitt að meta það hvort kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þeirra tannskemmda sem greindust en bendir á að áhugavert sé að mæla flúorstyrk í beinum þeirra þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2023).

### **7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis**

Hausum af sauðfé var safnað haustið 2022 frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Arnhólstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum og Lundi austan megin við Lagarfljót og gengur það sauðfé á Fagradal

og norðanmegin í Reyðarfirði (67. mynd). Gagnasöfnun var unnin í samvinnu við bændur og sláturhús. Óskað var eftir fimm hausum af lömbum og fimm af fullorðnu fé (æskilegur aldur 4–5 vetra) frá hverjum bæ. Þar sem fé frá Skriðdal gengur ekki allt í Reyðarfirði voru bændur beðnir um að velja handahófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð. Alls voru 43 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Sýni af fullorðnu fé fékkst af öllum bæjum (alls 21 sýni) og sýni af lömbum fékkst frá öllum bæjum (22 sýni). Til samanburðar voru 20 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (12 lömb og 8 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023).



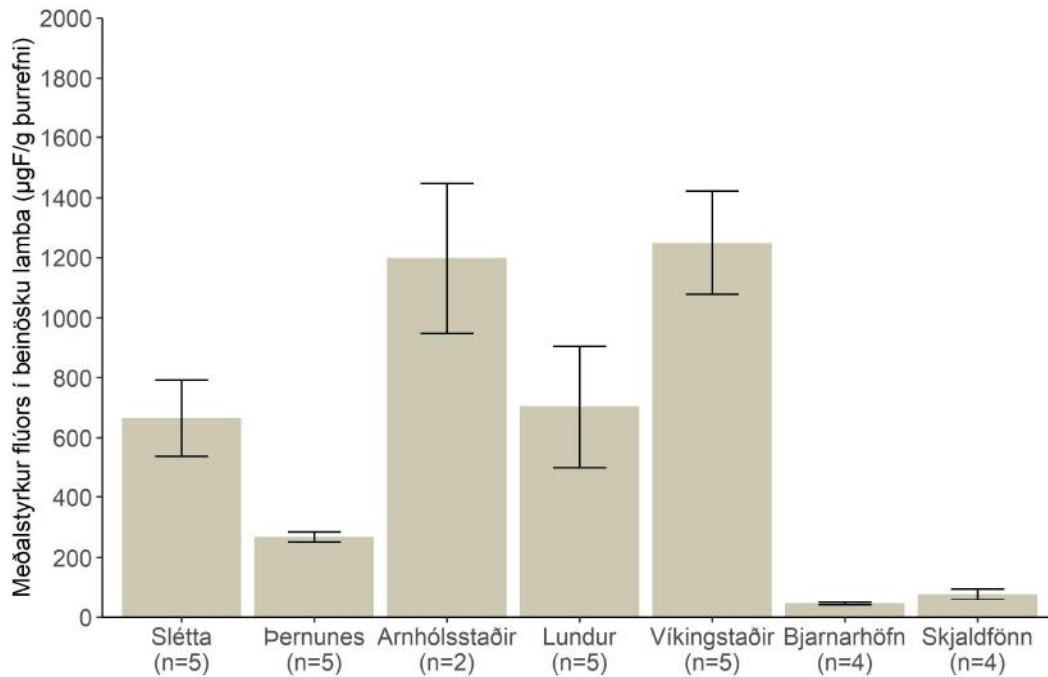
67. mynd. Staðsetning þeirra fimm bæja sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði. Flúormagn var mælt og tannheilsa var metin í fé frá þessum bæjum árið 2022. Staðsetning viðmiðunarbæja er ekki sýnd á korti (Landmælingar Íslands, 2013 og 2021).

Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (68. og 70. mynd). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en flúormagn í beinum eykst með aldri. Eðlilegt þykir að flúormagn í beinum hjá fullorðnum jörturdýrum sé á bilinu 1.000 – 1.500 µg/g (Livesey & Payne, 2011).

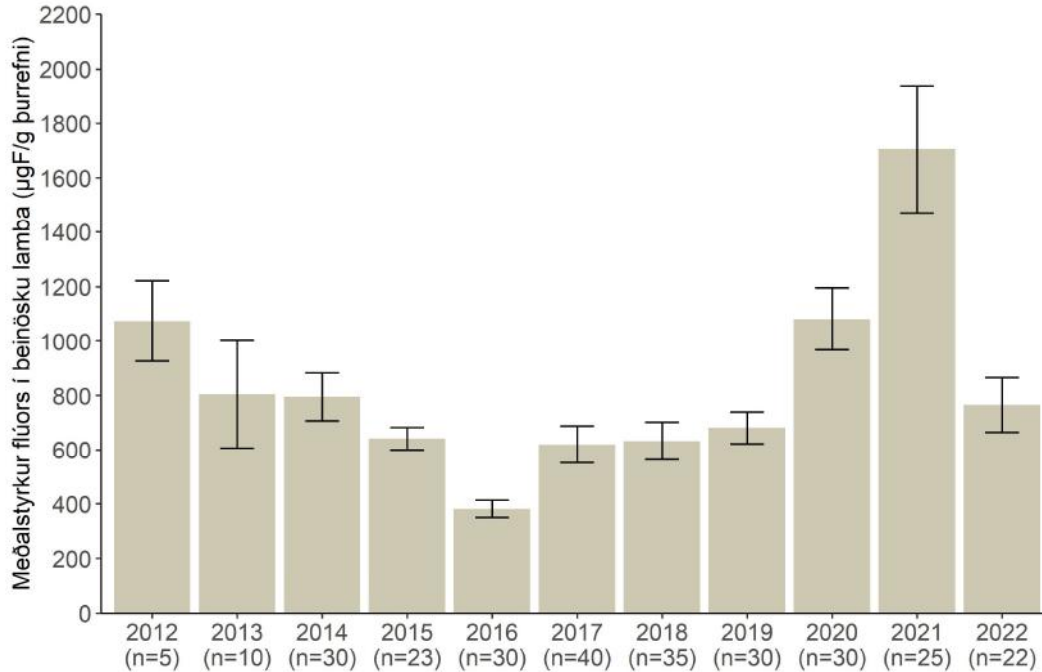
Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Víkingsstöðum (1.251 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (268 µg/g) (68. mynd). Í beinösku lamba frá Lundi var að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (309–1.424 µg/g) en minnsta breytileikann var að finna á Þernunesi (228–316 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023).



Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði árið 2022 var 764  $\mu\text{g/g}$ , sem er lægri en styrkur sem mældist árið 2021. Styrkurinn var þó hærri en meðalársstyrkur í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands (56  $\mu\text{g/g}$ ) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023).



68. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023).



69. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2022 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012, 2014, 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

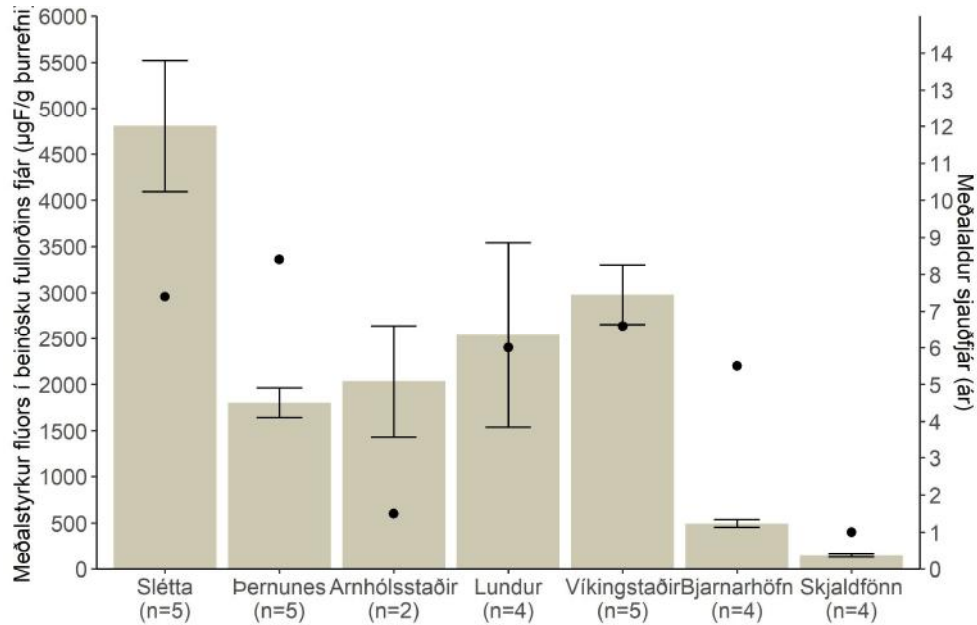
Styrkur flúors í kindum sem gengu í Reyðarfirði mældist að meðaltali frá 1.803 µg/g til 4.806 µg/g og var meðalaldur 1,5 – 8,4 ár. Meðaltal flúors í beinösku var hæstur í kindum frá bænum Sléttu en lægstur á Þernunesi (70. mynd). Á Sléttu mældist jafnframt hæsta einstaka mælgildið úr kind eða 7.625 µg/g sem var 7 ára.

Meðalstyrkur flúors í beinum alls fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði var 2.960 µg/g sem er lægra en mældist árið 2021 (3.240 µg/g) (71. mynd) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023). Meðaltal flúors í beinösku fullorðinna kinda er rúmlega níu sinnum hærra en meðaltal þess í sýnum frá viðmiðunarbæjum. Það ber þó að hafa í huga að helmingur allra kinda í viðmiðunarhópnum er aðeins árs gamall (þ.e. allt eldra fé frá Skjaldfönn var aðeins veturgamalt) (71. mynd).

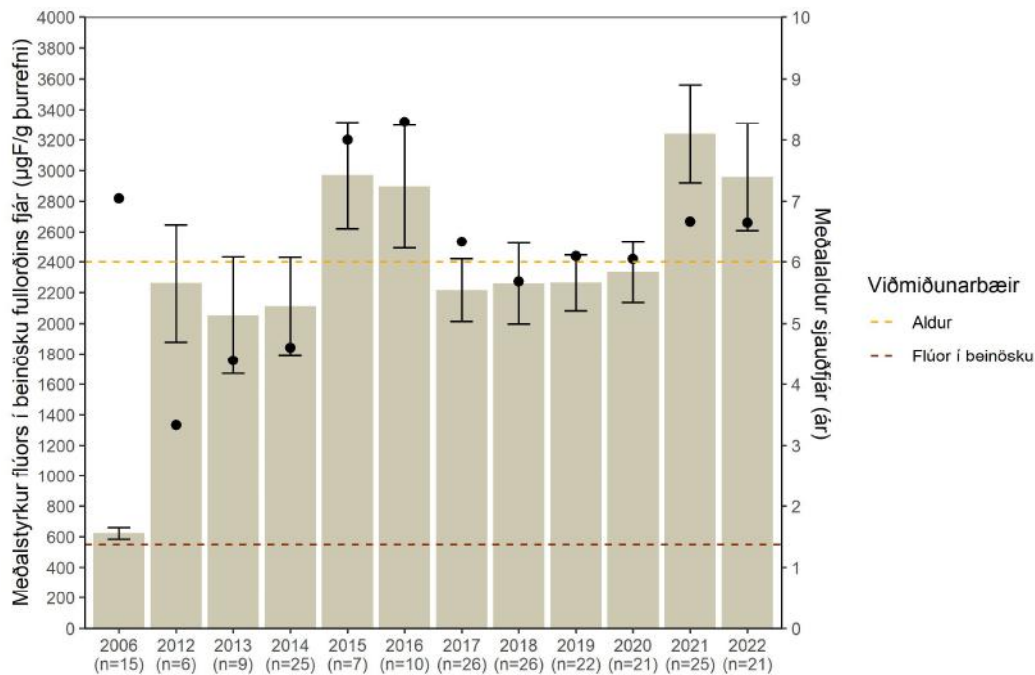
Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719 µg/g í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, 596 µg/g í sauðfé frá Þernunesi og 550 µg/g frá Kollaleiru. Aðeins var mældur flúor í beinösku fimm kinda frá hverjum bæ, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Flúorgildi í sauðfé í Reyðarfirði áður en álver tók til starfa mældust undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) í öllum sýnum. Sýnin eru fá en niðurstöðurnar benda til þess að styrkur flúors í beinösku sauðfjár hafi hækkað frá því álverið tók til starfa (71. mynd).

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði var metin góð í 11 tilfellum (55%), sæmlega í 3 tilfellum (15%) en slæm í 7 tilfellum (35%). Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2023) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Dýralæknir metur sjö kindur með slæma tannheilsu á bæjunum í grennd við Fjarðaál, ein af þeim er kindin frá Sléttu sem mælist með hæsta flúormagnið í beinum. Frá Sléttu mældust kindurnar líka með hæsta meðaltal

flúors í beinösku, meðalaldur þeirra var 7,4 ár. Því virðist vera samhengi milli slæmrar tannheilsu og styrks flúors í beinvef (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2023).



70. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2022) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023).



71. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2022). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2022), n=63 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2023).

71.

## 8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2022 var í meginráttum í meðallagi miðað við undanfarin ár. Þó er vert að gefa gaum að tilteknum þáttum. Svifryk mældist í hærra lagi en lækkaði þó verulega frá síðasta ári þegar svifryk mældist það hæsta frá upphafi. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og tiltölulega stöðug frá árinu 2011, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Mæligildi flúors voru í meðallagi miðað við árin á undan, mælt á síur og í svifryki og í úrkomu, en lækkaði þó nokkuð frá 2021. Mæligildi flúors hafa farið töluvert hækkandi frá 2011 þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi í lofti eru innan settra marka. Rykkennd PAH efni mældust lág árið 2022 og hafa verið nokkuð stöðug frá árinu 2012, fyrir utan svolitla hækkun á árinu 2019.

Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa. Gildi ársins 2022 voru í öllum tilvikum hærra innan þynningarsvæðis en utan. Flúor í gróðri var í öllum tilvikum lægri miðað við gildi ársins 2021 og svipaður meðaltali árána 2008–2021 bæði utan og innan þynningarsvæðis.

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2022 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr. Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr á beitarsvæðum og túnum.

Trjávöxtur hefur verið breytilegur milli ára, en ekki er hægt að greina augljósan mun innan og utan þynningarsvæðis. Ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors á gróðri sáust að mestu innan þynningarsvæðis. Almennu voru garðaplöntur og tré heilbrigð að sjá og einkenni sem líktust flúor skemmdum aðallega næst álverinu.

Litlar breytingar urðu á efnastyrk í yfirborðs- og neysluvatni á Reyðarfirði og Eskifirði árið 2022 miðað við undangengin ár. Öll mæligildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Ef ársmeðaltöl eru skoðuð verður hverfandi breytinga vart í flúorstyrk og basarýmd í bæði árvatni og neysluvatni. Leiðni og styrkur brennisteins eykst lítilliga á meðan sýrustig lækkar. Í skýrslu ársins 2021 var bent á að sýrustig í W7 hefði hækkað milli ára og heldur sú hækkun sér árið 2022. Leiðni hefur einnig aukist sem og styrkur flúors í vatninu. Einungis tvö sýni eru tekin úr Grænavatni árlega og hefur útslag sveiflna í efnastyrk þar verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Í skýrslu ársins 2021 var bent á að flúorstyrkur þar virtist vera að aukast með tíma, og árið 2022 er ársmeðaltal flúors 0,26 mg/L sem er rúmlega þreföldun frá árinu áður. Vegur þar hátt að októbersýnið mælist 0,50 mg/L. Í sama sýni eru sýrustig og basarýmd lág. Styrkir PAH efnasambandanna fjögurra sem reglugerð um neysluvatn nær til er undir greiningarmörkum í öllum sýnum, en sú staða hefur haldist óbreytt frá 2011. Benso(a)pyren mældist einnig undir greiningarmörkum í öllum sýnum.

Flúor í beinösku kjálka í sauðfé, bæði lömbum og fullorðnu fé, sem gengur í Reyðarfirði mælist hærra en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Hæsti meðalstyrkur flúors í beinösku í fullorðnu fé mældist á Sléttu en í lömbum frá bænum Víkingsstöðum árið 2022. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Sjónrænt mat kjálkana gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu, en erfitt var að draga ályktanir um tannheilsu eldra fjár. Sjónræn skoðun lifandi sauðfjár í Reyðarfirði

leiddi í ljós að almennt voru tennur metnar heilbrigðar en breytingar fundust í tveimur gripum. Þetta eru sömu tveir gripir og greindust með glerungsskemmdir við síðustu skoðun. Mögulegt er að þessar breytingar séu vegna flúormengunar en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

## 9 Heimildir

- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunarætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- Davison, A.W. & Weinstein, L.H. (2006). *Investigation of the sources of elevated fluoride in vegetation in the Reyðarfjörður area*. Í: *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of NA activities in 2006*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2009). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2008 by Náttúrustofa Austurlands*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2010). *External Environmental Monitoring. Alcoa-Fjarðaál Smelter in Reyðarfjörður. Results of on-going monitoring from 2006 to 2009 and comparison with the baseline survey from 2004 and 2005*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Doley, D. (2010). Rapid quantitative assessment of visible injury to vegetation and visual amenity effects of fluoride. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 181–198.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2017). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2016*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir and Kristín Ágústsdóttir (2019). *External Environmental Monitoring Alcoa-Fjarðaál Smelter Reyðarfjörður. Summary of analytical results of fluoride in vegetation, air, jaw bones and marine environment from 2004 – 2018*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Hermann Þórðarson og Kristinn Gíslason (2013). *Alcoa Fjarðaál, umhverfisvöktun árið 2012*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Davison, A.W. (2012). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2020). *Eftirlitsskýrsla – níunda skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2018. Skoðun framkvæmd á Sléttu, í hesthúsahverfi á Reyðarfirði og lðavöllum*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2021). *Eftirlitsskýrsla – tíunda skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2020. Skoðun framkvæmd á Sléttu, í hesthúsahverfi á Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2022). *Eftirlitsskýrsla – Ellefta skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2021. Skoðun framkvæmd á Sléttu í Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2023). *Eftirlitsskýrsla – Tólfra skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2022. Skoðun framkvæmd á Sléttu í Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Franzaring, J., Klumpp, A. & Fangmeier, A. (2007). Active biomonitoring of airborne fluoride near an HF producing factory using standardised grass cultures. *Atmospheric Environment*, 41, 4828–4840.
- Guðrún Á. Jónsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755–759.



- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Davison, A.W. (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfissvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Landmælingar Íslands (2013). Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands. Skoðað í mars 2017 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>
- Landmælingar Íslands (2021). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v - 24122013 útgáfa. Sótt í febrúar 2021 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Liteplo, R., Gomes, R., Hower, P. & Malcolm, H. (2002). *Fluorides*. *Environmental Health Criteria*, 227. World Health Organization.
- Livesey, C. & Payne, J. (2011). Diagnosis and investigation of fluorosis in livestock and horses. *In Practice*, 33, 454–461.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2018). *Válisti æðplantna*. <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-aedplantna> Skoðað í september 2018.
- Øngstad, L., Stoll, C.I. & Aasland, T. (1994). *The Norwegian aluminium industry and the local environment. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway- Summary report*. Oslo: Hydro Media.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2012). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2014). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2015). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkel og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti nr. 410/2008.
- Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings nr. 920/2016.
- Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015.
- Reglugerð um hámarksigildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og nr. 1048/2016.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018. Sótt af <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/536-2001>. (Skoðað 15.03.2021)
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sigurður Sigurðarson (á.á.). *Áhrif eldgosa á dýr*. Skoðað í febrúar 2011 á [http://www.mast.is/Uploads/document/yd\\_eydublod/ahrif\\_eldgosa\\_a\\_dyr.pdf](http://www.mast.is/Uploads/document/yd_eydublod/ahrif_eldgosa_a_dyr.pdf)
- Umhverfisstofnun (2010). *Starfsleyfi fyrir álver Alcoa Fjarðaáls sf., Hrauni 1 í Reyðarfirði. kt. 5203034210*. Skoðað í apríl 2014 á [http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-igildi/alver/Alcoa\\_Fjardaal\\_2026.pdf](http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-igildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf)
- Veðurstofa Íslands (2022). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2022*. Sjá: <https://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/2022>
- Veðurstofa Íslands (2023). *Tíðarfar ársins 2022*. Sjá: <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2022>
- Vike, E. & Håbjørg, A. (1995). Variation in fluoride content and leaf injury on plants associated with three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 163, 25–34.
- Vike, E. (1999). Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 236, 75–90.
- Vike, E. (2005). Uptake, Deposition and Wash Off of Fluoride and Aluminium in Plant Foliage in the Vicinity of an Aluminium Smelter in Norway. *Water, Air, & Soil Pollution*, 160 (1–4), 145–159.
- Vikøren, T. (2021). *ESPIAL Fauna – Current state for fluoride exposure of animals in the vicinity of aluminium smelters. VI report 55/2021*. Norwegian Veterinary Institute.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125, 3–11.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2004). *Fluorides in the Environment*. Wallingford, UK: CABI publishing.

- Weinstein, L.H. (1983). Effects of Fluorides on Plants and Plant Communities: An Overview. Í: Shupe, J.L., Peterson, H.B. & Leone, N.C. (ritstj.), *Fluorides: Effects on Vegetation, Animals, and Humans* (bls. 61–82). Salt Lake City, Utah: Paragon Press.
- Wickham H (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4,
- Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, McGowan L, François R, et al. Welcome to the tidyverse. *J Open Source Softw* (2019) Nov 21;4(43):1686.
- Wojciech Sasinowski (2023). Kvörðun og eftirlit loftmælingastöðva, skýrsla vor 2022 og skýrsla haust 2022. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2016). *Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2017). *Skýrsla fyrir árið 2016, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2018). *Skýrsla fyrir árið 2017, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2019). *Skýrsla fyrir árið 2018, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2020). *Skýrsla fyrir árið 2019, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2021). *Skýrsla fyrir árið 2020, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2022). *Skýrsla fyrir árið 2021, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2023). *Skýrsla fyrir árið 2022, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

## NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstað • Sími 477-1774 • Netfang: [na@na.is](mailto:na@na.is)  
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstöðum • Veffang: [www.na.is](http://www.na.is)

