

Umhverfisvöktun 2024



 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		 HAFRANNSÓKNASTOFNUN Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna
Skýrsla nr: NA-250275	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2025	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2024		Síðufjöldi: 79 Fjöldi viðauka: 16
Höfundar, í stafrófsröð: Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir og Margrét Gísladóttir		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna		
Útdráttur: Síðan álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004–2006. Umhverfisvöktunin árið 2024 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, gróðurs, yfirborðsvatns og búfénaðar. Gagnasöfnun: Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningar-svæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjöl-hringa arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu. 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 reynitrjáa, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Flúor, köfnunarefni og brennisteinn 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, basarýmd, brennisteinn og leiðni mælt í sýnum. Einnig var styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna mældur í sýnum teknum í október. Dýralæknir skoðaði lifandi sauðfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði og styrkur flúors í kjálkum var mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum. Helstu niðurstöður: Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði hefur frá 2021 mælst hærra en fyrri ár, árið 2023 mældust hæstu gildi frá upphafi mælinga á öllum stöðvum en gildi ársins 2024 voru aðeins lægri og svipuð gildum ársins 2021. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og tiltölulega stöðug frá árinu 2011, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Mæligildi flúors í lofti voru í lægra lagi miðað við undanfarin ár og hafa ekki verið lægri síðan 2017. Flúor í svifryki hækkaði hins vegar frá fyrra ári á öllum stöðvum og var það hæsta sem mælst hefur á tveimur af fjórum stöðvum. Styrkur flúors hefur farið töluvert hækkanði frá 2011 þó meðaltal sé nokkuð breytilegt frá ári til árs. Engu að síður er styrkur flúors í lofti innan settra marka í reglugerð. Rykkennd PAH efni mældust í meðallagi árið 2024 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 2024 mældist í öllum tilfellum hærra innan þynningarsvæðis en utan. Ársmeðaltal flúors í öllum gróðri var almennt lægra en árið 2023 en sambærilegt við árið 2022, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunar-mörkum í öllum sýnum. Styrkur köfnunarefnis og brennisteins í gróðri var sambærilegur við fyrri ár. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri í rannsóknareitum voru mest áberandi rétt vestur af álverinu en minna var um skemmdir sunnan og austan við það. Garðaplöntur og tré voru almennt heilbrigð en flúorlíkar skemmdir var að finna á sumum tegundum. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2024 var undir viðmiðunarmörkum fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr bæði sunnan og norðan fjarðar. Meðalstyrkur flúors var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross. Sauðfé var almennt heilbrigt en vægar breytingar á glerungi tanna voru skráðar hjá sex gripum, auk þess um breytingar höfðu verið skráðar hjá tveimur gripum til viðbótar í síðustu skoðun sem ekki fundust í þessari skoðun. Það er það fjölgun milli ára þar sem fimm gripir voru skráðir með breytingar árið 2023 og tveir árið 2022. Mögulegt er að þessar breytingar séu vegna flúormengunar en ekki er hægt að fullyrða að svo sé. Styrkur flúors í kjálkum fullorðins fjár og lömbum 2024 var hærra en í kjálkabeinum í viðmiðunarsýnum, nokkuð lægri en árið 2023 og svipaður og árið 2022. Tannheilsa var metin góð hjá öllum lömbum en einhverjar kindur voru metnar með slæma tannheilsu en ekki var hægt að tengja það flúormagni í beinösku. Lykilorð: Alcoa Fjarðaál, álver, bláber, bláberjalyng, brennisteinn, brennisteinstvíoxíð, búfé, fléttur, flúoríð, flúor, gras, gróðurannsóknir, kartöflur, krækiber, köfnunarefni, loftgæði, mengun, mosi, PAH-efni, rabarbari, Reyðarfjörður, reynitré, sjaldgæfar tegundir, sýrustig, trjávöxtur, vatn, þungmálmar		
Yfirfarið: Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál		ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa) ISBN 978-9935-543-25-7 (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 ₁₀ Hi-vol)	15
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti.....	17
2.3.4	Flúor í lofti	19
2.3.5	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)	22
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu	23
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	30
3.2.3	Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.....	30
3.3	Niðurstöður	31
3.3.1	Gras	31
3.3.2	Mosi.....	36
3.3.3	Fléttur.....	39
3.3.4	Bláberjalyng.....	42
3.3.5	Reynilauf	45
3.3.6	Barrnálar.....	46
3.3.7	Rabarbari.....	48
3.3.8	Kartöflur og grænmeti.....	51
3.3.9	Bláber og krækiber	53
3.3.10	Hey og fóðurkál	54
4	Sjónræn skoðun á gróðri	56
4.1	Sjaldgæfar tegundir	57
4.2	Garðaplöntur og tré.....	59
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	61
5	Trjávöxtur	62
5.1	Inngangur	62
5.2	Niðurstöður	63
6	Yfirborðsvatn	64
6.1	Inngangur	64
6.2	Niðurstöður	64
6.2.1	Flúor	64
6.2.2	Sýrustig (pH).....	65
6.2.3	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)	67
6.2.4	Brennisteinn	67
6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity)	68
6.2.6	Leiðni	68
7	Búfénaður	68
7.1	Inngangur	68
7.2	Niðurstöður	69
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði	69
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis	70
8	Samantekt og lokaorð.....	74
9	Heimildir	76

Myndaskrá

1. mynd. Staðsetningar allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	11
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2024, allar mælingar (10 mín).	14
3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).	14
4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).	15
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).	15
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2024.	16
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2006–2024.	16
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2024.	17
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2006–2024.	18
10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2024, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.	18
11. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2024, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.	19
12. mynd. Gaskenndur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2024 (mælingar á síur).	20
13. mynd. Rykkendur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2024 (mælingar á síur).	20
14. mynd. Heildar flúor í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2024 (mælingar á síur).	21
15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2024.	21
16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2024.	22
17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2024.	23
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2024.	23
19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2024.	24
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2024.	25
21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2024.	25
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2024.	26
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2024.	26
24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2024.	27
25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2024.	27
26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í grasi í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	32
27. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=7) og utan (n=28).	32
28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2024. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 og 2007–2012 (n=30), 2013 (n=41), 2014–2016 (n=34) og 2017–2024 (n=35), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra.	33
29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass upp í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	34
30. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2024, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna.	34
31. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi), árin 2007–2010 og á þriggja ára fresti frá og með árinu 2015. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2010 og fyrr (n=30), 2015 (n=34) og frá og með 2018 (n=35), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra.	35
32. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2024, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna.	36
33. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2024 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	37
34. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í mosa í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	37

35. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í mosa (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	38
36. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).	38
37. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í mosa (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).	39
38. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í mosa (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	39
39. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í fléttum í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	40
40. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í fléttum (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar).	40
41. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (39. mynd sýnir sýni ársins 2024).	41
42. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (39. mynd sýnir sýni ársins 2024).	41
43. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í fléttum (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar).	42
44. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í bláberjalyngi í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	42
45. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	43
46. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).	43
47. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).	44
48. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	44
49. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).	45
50. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum reynitrjáa (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004, 2015 og 2017 (n=10), önnur ár (n=9).	45
51. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í laufum reynivíðar (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 og 2015 (n=10), önnur ár (n=9).	46
52. mynd. Sýnatökustaðir barrnála (hringir) í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnállum (CN) og barrnállum frá fyrra ári (CP) í október 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).	47

53. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í barrnálum (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 ($n=10$) og 2010–2024 ($n=9$). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	47
54. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í barrnálum (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 ($n=10$) og 2010–2024 ($n=9$). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	48
55. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði (hringir) og meðalstyrkur flúors í laufum og stilkum í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).	48
56. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í rabarbara árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufurð, en sex árin 2007–2013 og þrjár árin 2014–2023. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 ($n=5$), 2005 og 2007–2016 ($n=8$), 2017–2019 og 2024 ($n=7$), 2020–2023 ($n=6$).	49
57. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í rabarbara (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í sýnum úr einni sýnatökufurð árið 2004, sex árin 2007 og 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009 og frá og með 2015. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 ($n=5$), 2007–2010 og 2015 ($n=8$), 2018 og 2024 ($n=7$), 2021 ($n=6$).	50
58. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og kartöflugrasa (V1 og V2), auk salats (V1) og grænkáls (V7) í Reyðarfirði og styrkur flúors í sýnum sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).	51
59. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kartöflum og kartöflugrösom (með staðalskekkju) á tveimur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007–2024.	52
60. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í kartöflum og kartöflugrösom (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga.	52
61. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2024. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	53
62. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum árin 2006 og 2014–2024 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$	53
63. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum, þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði.	54
64. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fódurkáli sem tekin voru í september 2024, m.v. 0% rakainnihald. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2020a–b).	55
65. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í heyi (með staðalskekkju) árin 2012–2024 í Reyðarfirði og viðmiðunarmörk flúors í heilfóðri fyrir búfénað. Fjöldi sýnatökustaða: 2012–2013 og 2016 ($n=17$), 2014 og 2021 ($n=22$), 2015 og 2019 ($n=14$), 2017–2018 ($n=15$), 2020 ($n=20$), 2022 ($n=11$), 2023–2024 ($n=21$).	55
66. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í heyi (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2015 ($n=14$), 2018 ($n=15$), 2021 ($n=22$), 2024 ($n=21$).	56
67. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í ágúst 2024 í Reyðarfirði. Myndir: GÓ.	58
68. mynd. Þyrnirós á efri vaxtarstað tegundarinnar í Reyðarfirði sí ágúst 2024. Mynd: GÓ.	58
69. mynd. Aronsvöndur með nokkuð skordýraétin lauf (t.v.) og stóriburkni með skorpna blaðenda (t.h.) í ágúst 2024 í Reyðarfirði. Myndir: GÓ.	59
70. mynd. Birki án flúorlíkra skemmda og með marga rekla (uppi t.v.), skemmdir á laufum reynis sem erfitt er að meta m.t.t. flúoreinkenna (uppi t.h.) og flúorlíkar skemmdir á laufum víðis (niðri t.v.) og nálum furu (niðri t.h.) í Reyðarfirði í ágúst 2024. Myndir: GÓ.	60
71. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í 15 stöðvum, engar skemmdir í 12 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í þremur stöðvum sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	61
72. mynd. Trjásmælingar í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu frá október 2023 til október 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).	62

73. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) með staðalskekkju meðaltalanna í trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2024.....	63
74. mynd. Vöxtur stafafuru á hverri staðsetningu (TG) árið 2024 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.....	63
75. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).....	64
76. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum(W1 – W4) og í Grænavatni (W10) árið 2006 (meðaltal) og 2015–2024.....	65
77. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 (meðaltal) og 2015–2024.....	65
78. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum (W1–W4) og í Grænavatni (W10) árin 2006 (meðaltal) og 2015–2024.....	66
79. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 (meðaltal) og 2015–2024.....	66
80. mynd. Staðsetning fjögurra bæja sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði. Flúormagn var mælt og tannheilsa metin í fé frá þessum bæjum árið 2024. Staðsetning viðmiðunarbæja er ekki sýnd á korti (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).	70
81. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) árið 2024. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2025).....	71
82. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) (slátrun 2024). Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2025).	72
83. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2024 og ársmeðalstyrkur flúors í grasi sömu ár. Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Lína sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá viðmiðunar bæjunum tveimur (slátrun 2015–2024), n=90. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2025).	72
84. mynd. Ársmeðaltal flúorstyrks (µg/g) í grasi og í kjálkabeinum lamba sem gekk í Reyðarfirði, sýnt með ártölum 2012–2024. Aðhvarflína (með staðalskekkju) línulegs líkans sýnir samband milli meðalstyrks flúors í beinösku og grasi.	73
85. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2024). Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunar bæjunum tveimur (slátrun 2015–2024), n=80. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2025).....	74
86. mynd. Styrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði, skipt eftir aldri (slátrun 2012–2024). Aðhvarflína (með staðalskekkju) blandaðs Gamma líkans sýnir samband milli styrks flúors og aldurs.	74

Töfluskrá

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2024 aftur til ársins 2006.	13
2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013–2024. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: 2014–2016 ($n=8$), 2017–2019 og 2024 ($n=7$), 2020–2023 ($n=6$).	50
3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013–2024. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: 2014–2016 ($n=8$), 2017–2019 og 2024 ($n=7$), 2020–2023 ($n=6$).	51
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 2015–2024.	67
5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2024. ..	67
6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015–2024.	68
7. tafla. Meðalársleiðni ($\mu\text{S/cm}$) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2024.	68
8. tafla. Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum sauðfjár eftir aldri dýra og áhrif á tannheilsu, byggt á norskum rannsóknum (tafla endurgerð upp úr Vikøren, 2021).	69

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2024.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2024.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2024.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2024.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2024.
- Viðauki 6. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í grasi fyrir árið 2024.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í mosa, fléttum og bláberjalaufum fyrir árið 2024.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í laufum reyniviðar, bláberjum, krækiberjum, kartöflum, salati og fóðurkáli árið 2024.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í barrnálum árið 2024.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis, brennisteins og þungmálma í rabarbara árið 2024.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í heysýnum árið 2024.
- Viðauki 12. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði vegna vöktunar ytra umhverfis álvers Alcoa Fjarðaáls árið 2024.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2024 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 14. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2024.
- Viðauki 15. Sjónræn skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2024. 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 2024.

1 Inngangur

Samkvæmt starfsleyfi Alcoa Fjarðaáls fer reglubundin umhverfisvöktun fram í grennd við álverið í samræmi við vöktunaráætlun sem samþykkt er af 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.

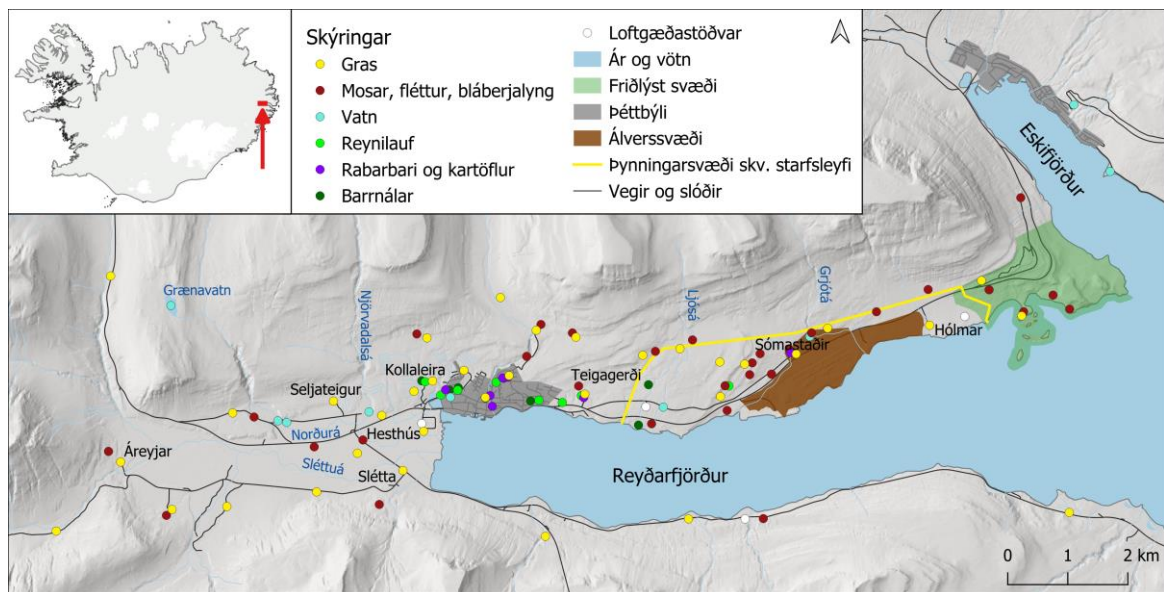
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2024 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 sauðfé auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár

Árið 2024 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 2024 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 2024. Samanburður er gerður á niðurstöðum ársins 2024 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 búfénaði. 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. Staðsetningar allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2024. Mælingar þessar eru hluti af umhverfissrannsóknnum vegna iðjuvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Hafrannsóknastofnun, fyrir Alcoa Fjarðaál hf.

2.1.2 Mælistöðvar og mælipættir

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 Hólum um 0,6 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins (1. mynd).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð, brennisteinstvíoxíð og PAH sambönd. Brennisteinstvíoxíð-mælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er safnað á síur, einn og fimm daga í senn. Svifryki er safnað á sex 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.

Rekstur búnaðar gekk mjög brösuglega á árinu. SO₂ mælitæki hefur verið óvirkt á stöð 4 síðan 2021, en á árinu vantaði einnig SO₂ gögn frá tímabilinu 27. febrúar til 2. maí á öllum stöðvum ásamt tímabilinu 20. júní til 22. september á stöð 3 vegna bilana. Á

tímabilinu 27. mars til 1. maí vantar einnig öll veðurgögn á stöðvum 1–3, og á tímabilinu 27. febrúar til 19. mars á stöð 4.

Flúorsöfnunartæki biluðu á öllum stöðvum í upphafi árs en voru aftur komin í gagnið þann 22. mars. Þrátt fyrir að vera aftur farin að safna flúor á síur bárust engin rauntíma gögn um rúmmál lofts sem fór í gegnum hverja síu restina af árinu. Aðeins voru upplýsingar til um hversu mikið loft fór í gegnum hvern síuskammt, 10 síur í senn, og var því deilt jafnt niður á þær 10 síur í útreikningum. Aftur var svo bilun í söfnunartæki á stöð 2 í lok október og féll þá einn og hálfur síuskammtur niður.

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_{10}).

Skilgreiningar

Svifryk PM_{10} Svifryk í lofti í $\mu g/m^3$, agnir sem eru minni en $10 \mu m$ 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_2 . Í skýrslunni er flúor mældur og gefinn upp sem flúorhlutinn eingöngu, nema þar sem starfsleyfi krefst samanburðar og umreiknings til gaskennds vetnisflúoríðs (HF).

Flúor rykkendur	Flúor sem mælist sem rykkendur eða bundinn ryki.
Flúor gaskenndur	Flúor sem mælist gaskenndur og óbundinn ryki.
Flúor alls	Summa rykkennds og gaskennds flúors.
Vetnisflúoríð	HF, gaskennt vetnisflúoríð. (Notað sem viðmið í starfsleyfi, þar sem umreikna skal mælt gaskennt flúoríð F sem vetnisflúoríð HF.)
SO₂	Brennisteinstvíoxíð.
PAH	Fjölhringa vetniskolefni (polyaromatic hydrocarbons).
Umhverfismörk	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 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 óvissuflökts í mælingu eru látin standa, enda eðlilegur hluti mælingar. Ef þörf krefur eru gerðar lítilsháttar leiðréttingar á núllstöðu mælinga SO₂ og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtíma-greiningarmarka tækjanna en eru greinanlegar yfir lengri tímabil og geta skipt máli þegar meðalmæligildi eru lág. Gerðar voru lítills háttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO₂ árið 2024.

2.3 Niðurstöður

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

2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

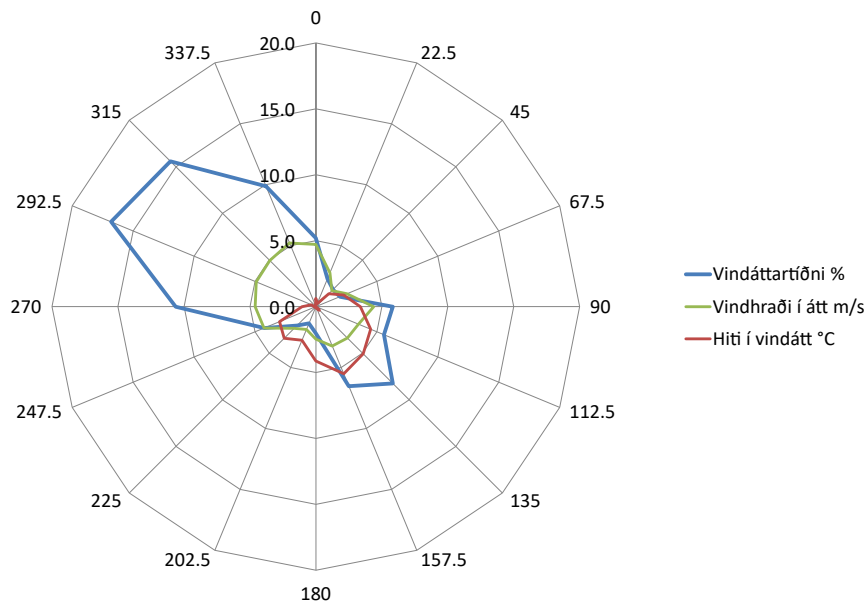
Meðalhiti á stöðvum á Reyðarfirði árið 2024 mældist 3,4°C og meðalvindhraði 4,2 m/s (1. tafla). Hitastigsmeðaltalið mældist það lægsta frá upphafi mælinga árið 2006 en meðalvindhraði mældist í meðallagi miðað við undanfarin ár. Úrkoma var í minna lagi á árinu en mesta úrkomu gerði í ágúst þegar úrkoma mældist að meðaltali 91 mm. Júlí var svo úrkomuminnstur en þá mældist úrkoma að meðaltali 18 mm.

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2024 aftur til ársins 2006.

Tafla 1		Veðurgögn meðaltöl				
	Ár	Meðalhiti	Meðalvindhraði	Ár	Meðalhiti	Meðalvindhraði
		°C	m/s		°C	m/s
Reyðarfjörður allar stöðvar	2024	3,4	4,2			
	2023	3,6	4,1	2014	5,3	4,0
	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
	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

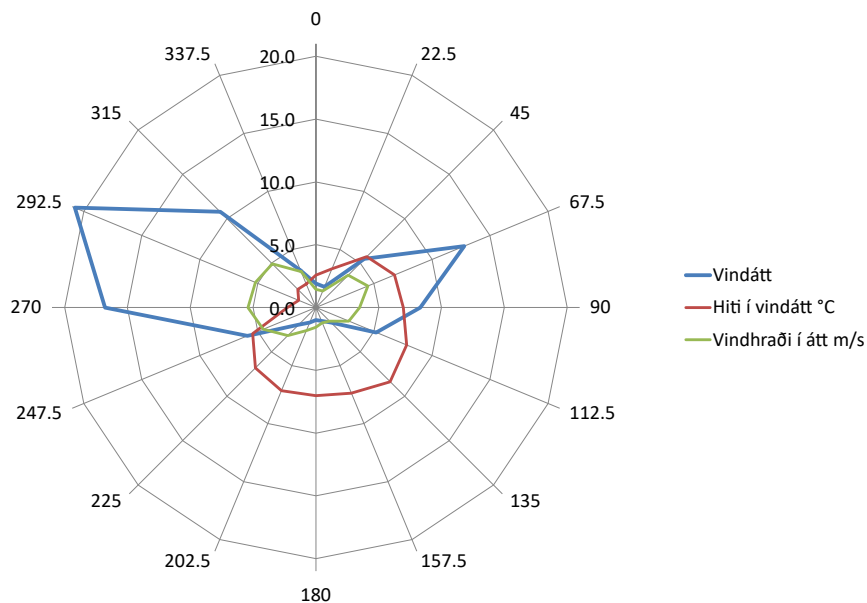
Árið 2024 var óvenjukalt ef miðað er við hitafar þessarar aldar. Á landsvísu var hitinn 0,8 stigum undir meðallagi áranna 1991 til 2020, og sá lægsti síðan 1998. Að tiltölu var kaldast inn til landsins á Norðurlandi, en hlýrra við suðurströndina. Sumarið var blautt á landinu öllu, en aðrir mánuðir ársins voru tiltölulega þurrir. Árið í heild var þurrara en í meðallagi á austan-, sunnan- og suðvestanverðu landinu, en blautara en í meðallagi á Norður- og Vesturlandi, þar sem vætutíð sumarsins var einna mest. Loftþrýstingur var óvenjulega lágur frá júní og út ágúst og einkenndist sumarið af lægðagangi og óhagstæðri tíð. Á öðrum árstímum var tiltölulega hægviðrasamt og loftþrýstingur og vindhraði voru í kringum meðallag þegar litið er á árið í heild (Veðurstofa Íslands, 2025).

Vindrósir í Reyðarfirði eru einkennandi fyrir innlagn og útlagn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi um 85% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2–5 hér undir.

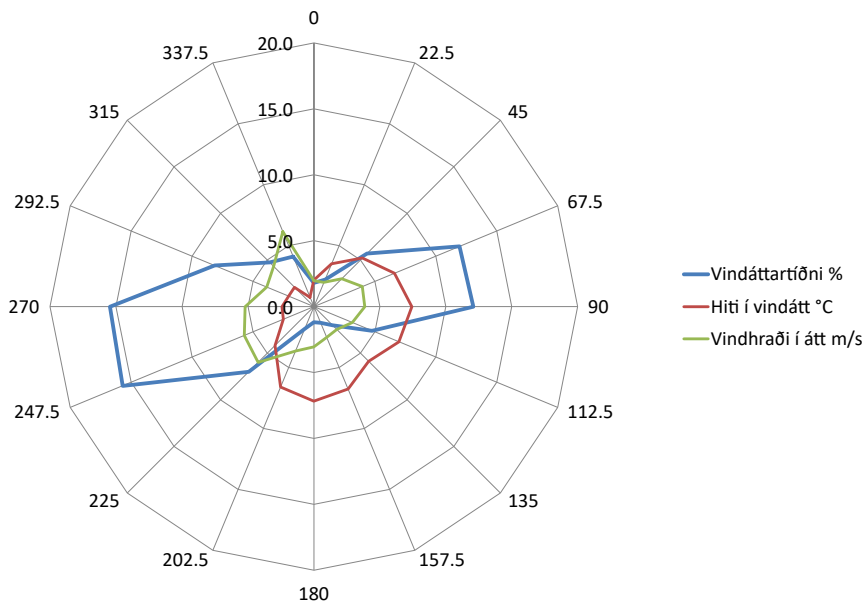


2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2024, allar mælingar (10 mín).

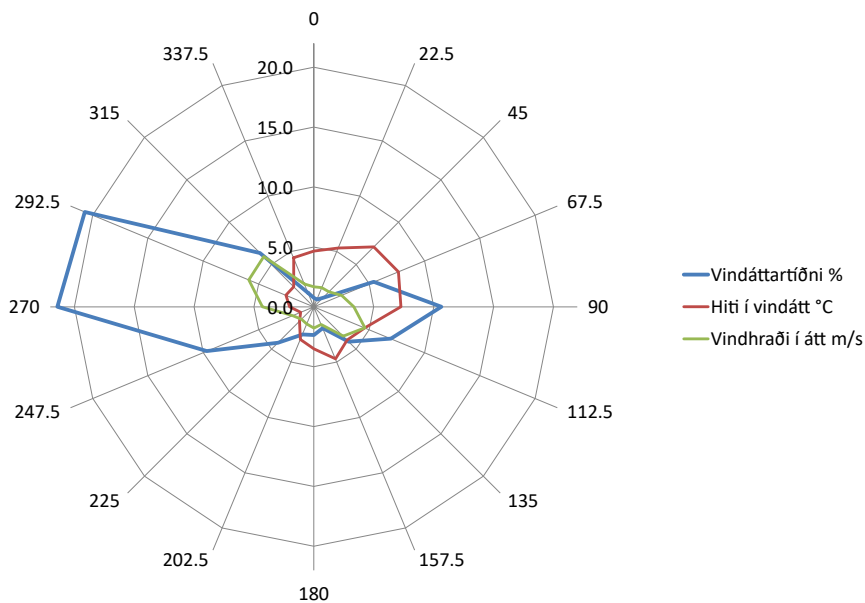
Sjá má að meginrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes en hlýjast á stöð 3 í landi Hólma. Úrkoma mælist mest á stöð 4 sunnan megin fjarðar og þar er lýgnast en hvasast er við stöð 3.



3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).



4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).

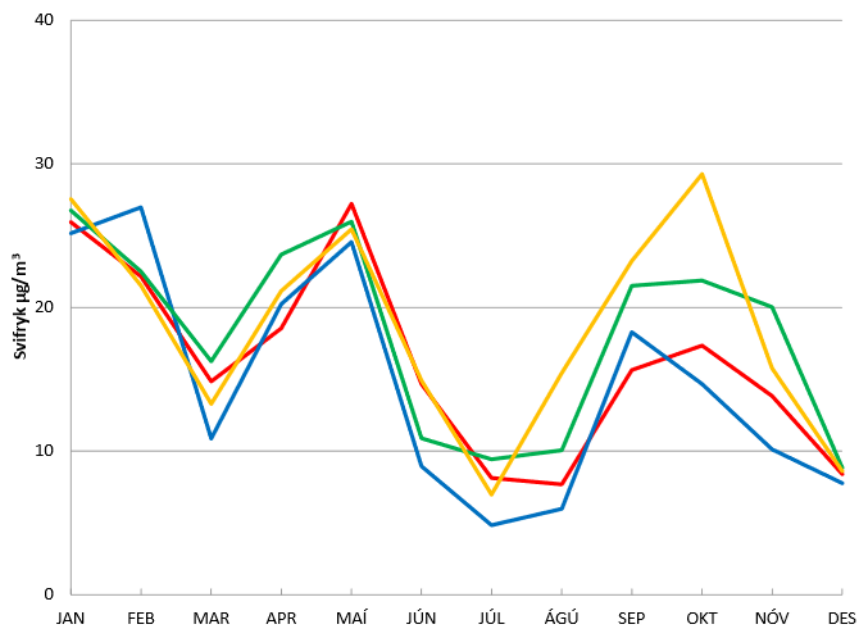


5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2024 (10 mín).

2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM_{10} Hi-vol)

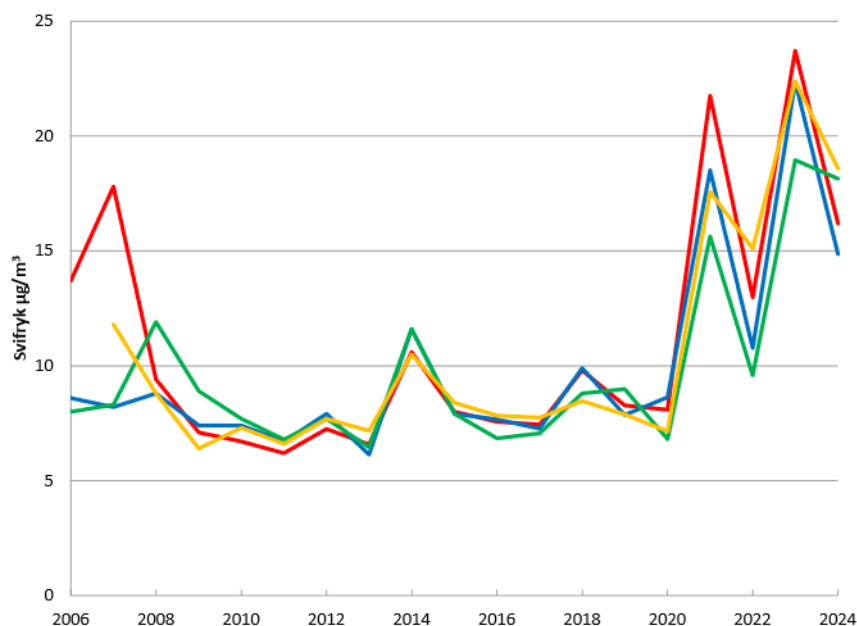
Heildarmeðaltal svifryks mældist $16,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og er það lækkun frá 2023. Þrátt fyrir lækkun á milli ára er meðaltal svifryks nokkuð hátt, en svifryk hefur mælst mun hærra en áður undanfarin 4 ár. Nokkrir dagar mældust yfir heilsuverndarmörkum ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{-dag}$) á árinu. Hæst mældist svifryk $80,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ þann 1. febrúar á stöð 1 í norðvestlægri golu, en sá dagur mældist einnig hæstur á hinum stöðvunum. Ásamt því mældist svifryk yfir mörkum á öllum stöðvum þann 25. október. Svifryk mældist yfir mörkum á einni eða fleiri stöðvum fjóra daga til viðbótar. Ekki komu fram hágildi á SO_2 þessa daga og má því áætla að þessi rykhágildi tengist ekki álverinu, heldur fremur ryki ættuðu af hálendi landsins.

Svifryksmengun var nokkuð misjöfn yfir árið en að meðaltali var janúar hæstur og júlí lægstur (6. mynd). Nokkur munur kom fram á ársmeðaltali á stöðvunum en hæst mældist það á stöð 4, 18,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og lægst á stöð 2, 14,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2024.

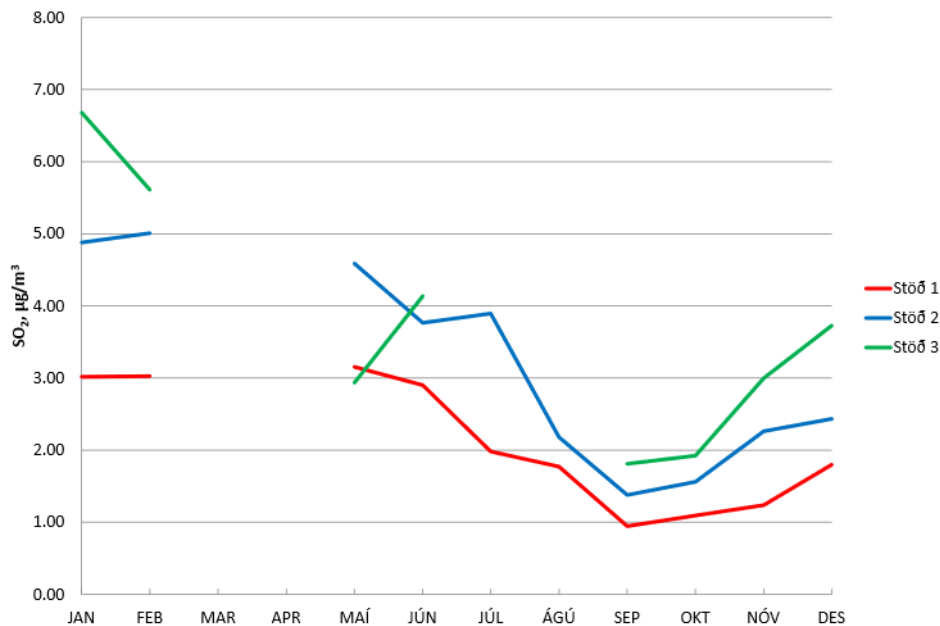
Þrjár meginástæður hafa verið fyrir herra svifryki í Reyðarfirði: þurrviðri, framkvæmdir s.s. við vegagerð og byggingar og svo öskufall frá eldgosum. Þá kann svifryk af hálendinu að leggja til svifryks í Reyðarfirði. Fyrstu árin sem mælt var (2005–2008) mældist svifryk allhótt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosi í Holuhrauni. Árið 2021 og svo aftur árið 2023 mældist svifryk það hæsta frá upphafi en bæði árin voru hægviðrasöm og þurr (7. mynd).



7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2006–2024.

2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á SO₂ í lofti má sjá á 8. mynd hér undir.



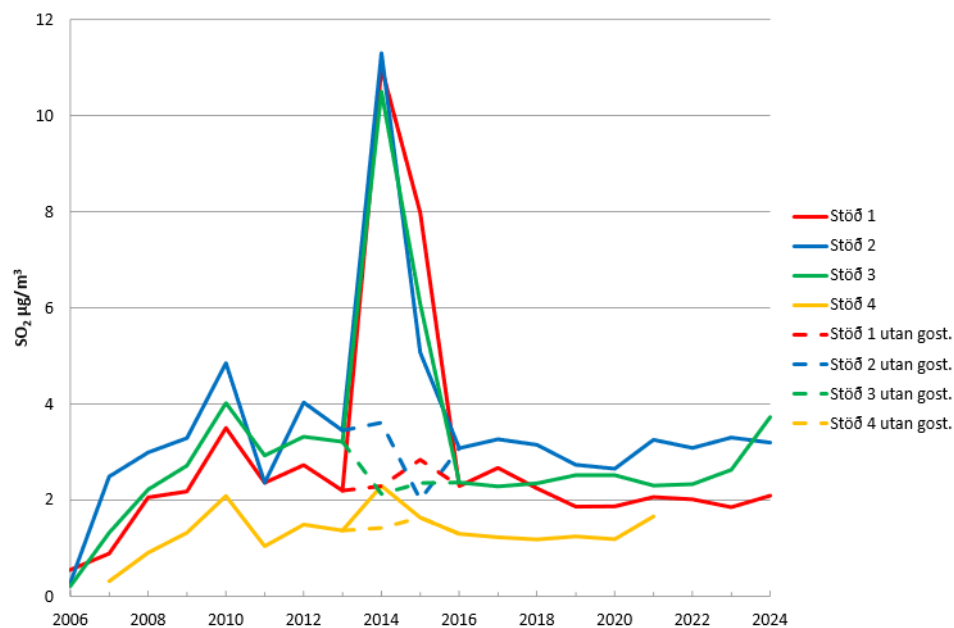
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2024.

Mælitæki voru biluð á öllum stöðvum á tímabilinu 27. febrúar til 2. maí og vantar mæligögn af þeim sökum. Ásamt því bilaði mælitæki á stöð 3 á tímabilinu 20. júní til 22. september. Vegna þessara bilana gætu niðurstöður verið skakkar að einhverju leiti og þá sérlega á stöð 3 þar sem aðeins eru til mæligögn fyrir rúmt hálft árið.

Mánaðarmeðaltöl brennisteinstvíoxíðs fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginsveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum en ólík fyrri árum mældist stöð 3 hæst. Stöð 4 hefur verið óvirk síðan 2021 en sú stöð hefur alltaf mælst lægst. 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.

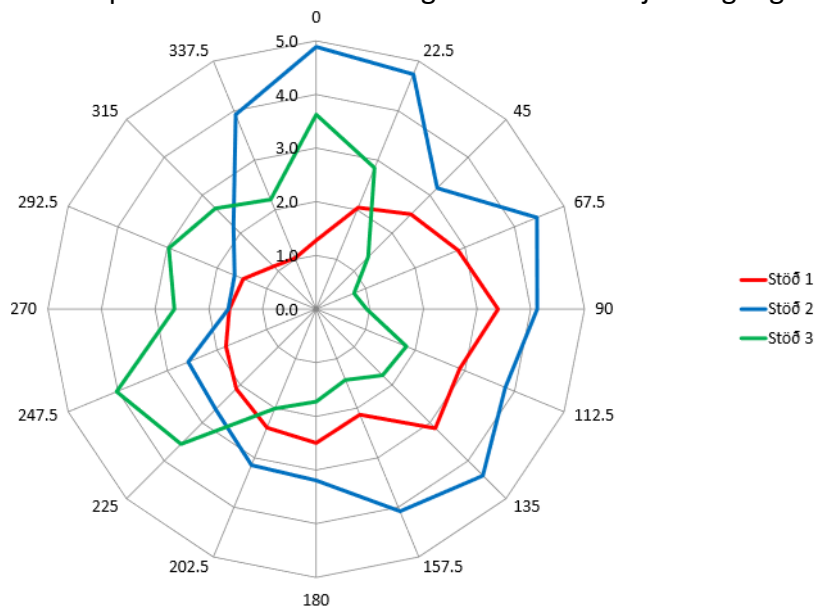
Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2024 reyndust áþekkt og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef gostímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Meðaltölin hækkuðu nokkuð á milli ára á stöð 1 og 3 en lækkaði lítillega á stöð 2. Á 9. mynd má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2006. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk (50 µg/m³) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist 40,3 µg/m³ á stöð 3 í austan andvara þann 30. maí. Hæsta dagsgildi á stöð 1 (26,2 µg/m³) mældist þann 2. júní í vestan stinningsgolu og á stöð 2 (36,0 µg/m³) þann 30. maí í vestan kuli. Hæsta klukkustundargildi mældist á sama tíma á öllum stöðvum, þann 30. maí kl. 13. Á stöð 1 mældist hæsta stundargildið 151,6 µg/m³ í suðaustan golu, á stöð 2 mældist það 171,7 µg/m³ í austan kuli og á stöð 3 mældist það 242,1 µg/m³ í austan kuli. Öll gildin eru undir heilsuverndarmörkum (350 µg/m³).

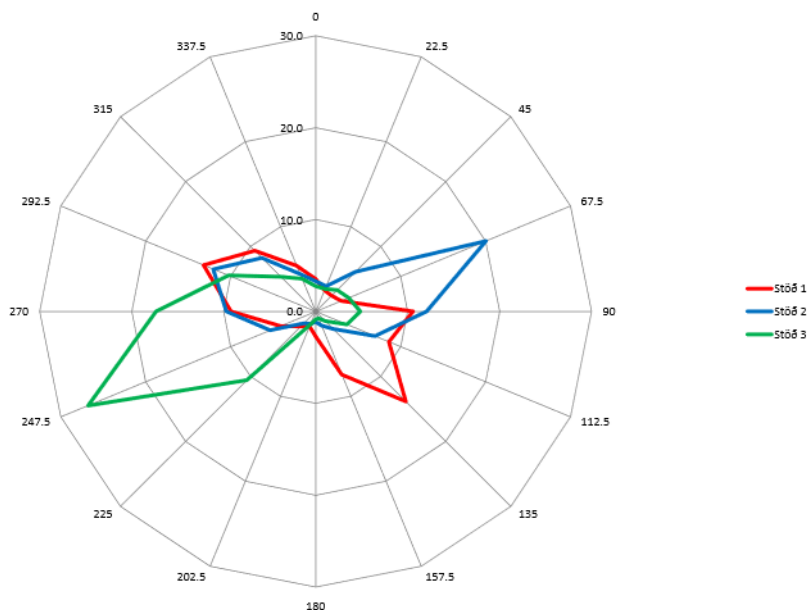


9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2006–2024.

Á 10. mynd má sjá meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á stöð 1–3 sem fall af vindátt. Álverið er stór uppspretta SO_2 og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í austlægum áttum á stöð 1 og 2 og í suðvestanátt á stöð 3. Þá eru líka ljóst að meðaltöl eru allhá í norðan- og sunnanáttum sem geta verið hægviðri, en eru hins vegar ekki algengar áttir. Á 11. mynd má sjá hlutfallslegan magnuppruna sem mælist á stöðvunum. Langmestur hluti SO_2 sem mælist á stöð 2 er upprunninn í austurátt, en í vesturátt á stöð 3, sem svarar til afstöðu álversins til þessara stöðva. Á stöð 1 er SO_2 að jafnaði upprunið að mestu úr austanátt en að þessu sinni eru austan og vestan áttirnar jafn algengar.



10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sem fall af vindátt 2024, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.



11. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO_2 (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2024, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2024 má sjá í viðauka 1.

2.3.4 Flúor í lofti

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

- Gaskenndum flúor 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.
- 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.

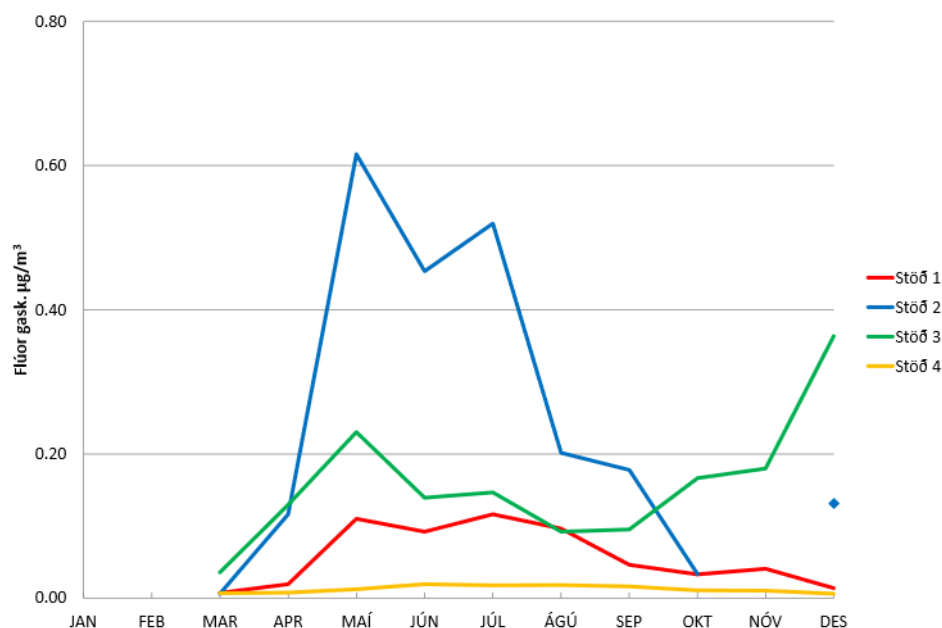
i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Flúorsöfnunartæki biluðu á öllum stöðvum í upphafi árs en voru aftur komin í gagnið þann 22. mars. Þrátt fyrir að vera aftur farin að safna flúor á síur bárust engin rauntíma gögn um rúmmál lofts sem fór í gegnum hverja síu restina af árinu. Aðeins voru upplýsingar til um hversu mikið loft fór í gegnum hvern síuskammt, 10 síur í senn, og var því deilt jafnt niður á þær 10 síur í útreikningum. Af þeim sökum getur verið skekkja í niðurstöðum. Aftur var svo bilun í söfnunartæki á stöð 2 í lok október og féll þá einn og hálfur síuskammtur niður.

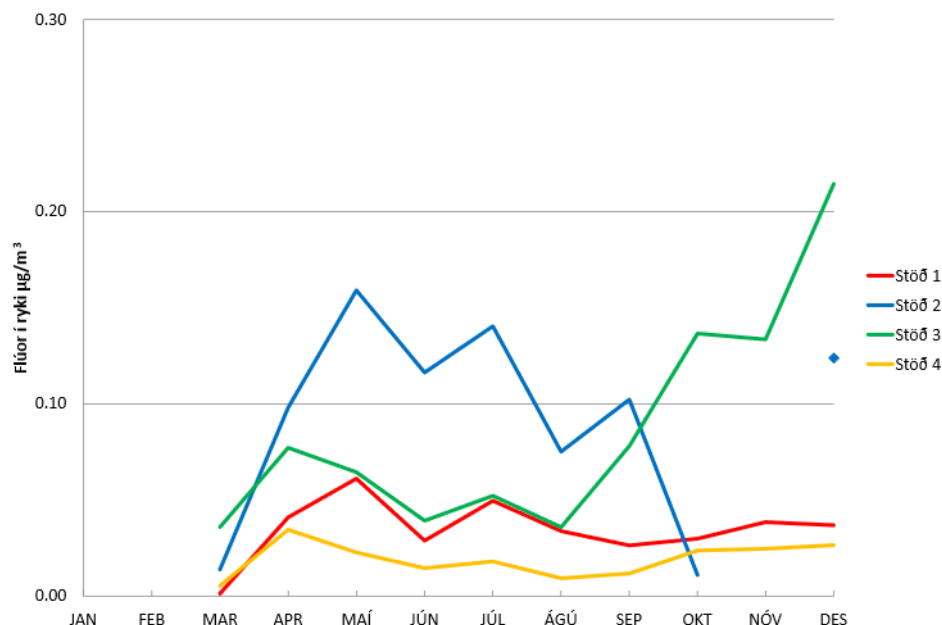
Meðaltal alls flúors í lofti mældist $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og þar af var gaskenndur flúor $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Niðurstöður voru í lægra lagi miðað við undanfarin ár, en þær hafa ekki verið lægri síðan 2017. Sjá má niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl gaskennds flúors í lofti á 12. mynd. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt er hann hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímann þegar innlagn er algeng í Reyðarfirði. Eins má sjá hækkun á stöð 3 yfir vetrarmánuðina en þá er útlagn algengari. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist $1,85 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ á stöð 2 þann 16. maí í vestan golu. Hæsta dagsgildi fyrir heildar flúor mældist $2,56 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ þann 8. desember á stöð 3 í vestan kalda.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskenndan flúor reiknað sem vetnisflúoríð (HF) eru $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meðaltal á tímabilinu apríl til september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir þau mörk. Meðalgildið á stöð 2 var hæst eða $0,37 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ og er rétt yfir mörkunum, en sú stöð er innan þynningarsvæðis. Hæsta meðalgildið á þessu tímabili utan þynningarsvæðis var $0,15 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ á stöð 3 sem er undir mörkunum.

Nokkur breytileiki er í flúor í ryki líkt og í gaskenndum flúor en hæstur mældist hann í desember stöð 3 og í maí á stöð 2 (13. mynd).



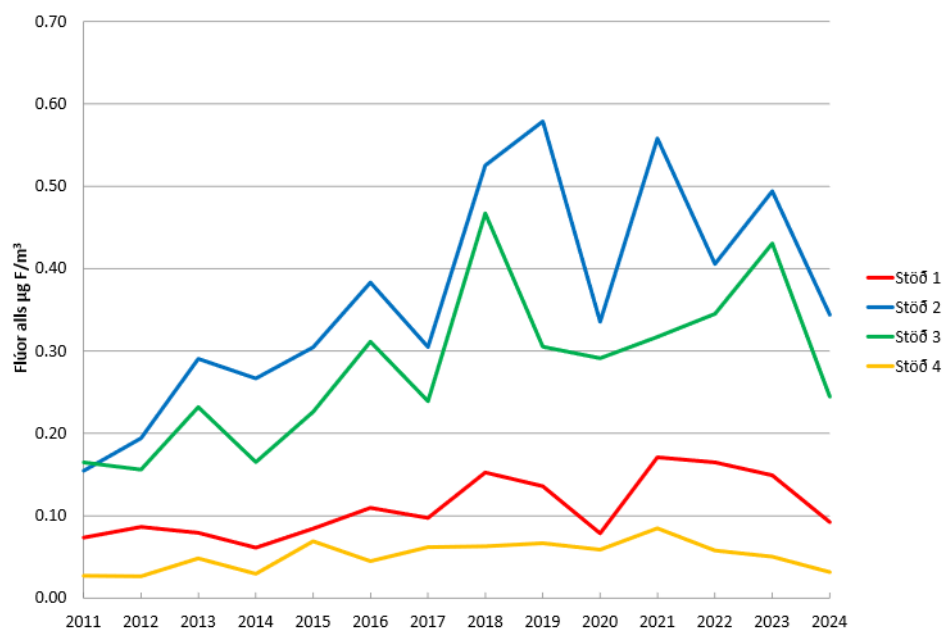
12. mynd. Gaskenndur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2024 (mælingar á síur).



13. mynd. Rykkendur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2024 (mælingar á síur).

Heildar flúor mældist í lægra lagi árið 2024 og lækkaði á milli ára á öllum stöðvum, þar af mest á stöð 2 og 3 þar sem flúor mælist að jafnaði hæstur enda eru þær stöðvar næst

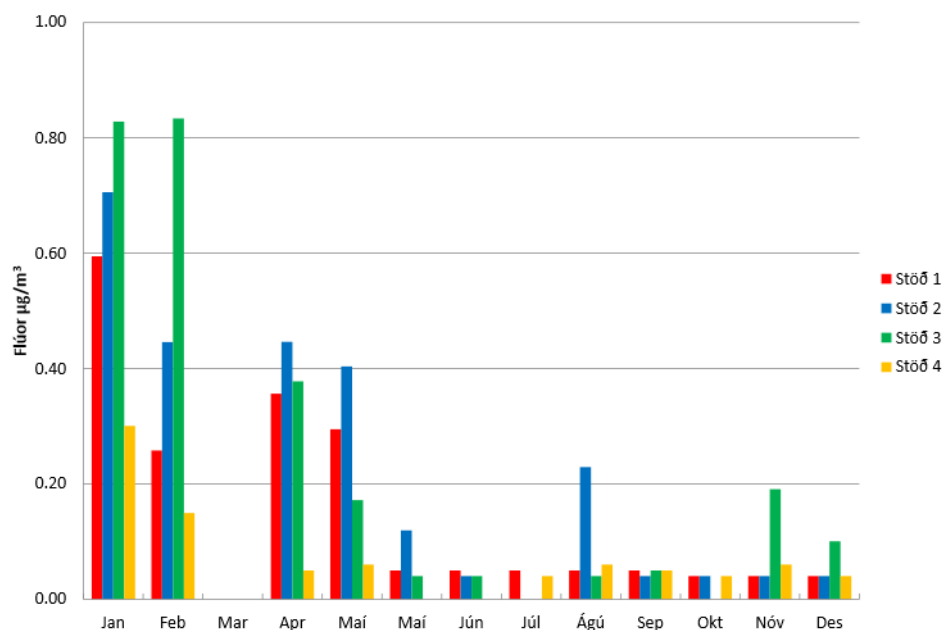
álverinu (14. mynd). Veruleg aukning í flúorstyrk hefur mælst síðan 2011 eða um tvöföldun til þreföldun eftir mælistað, en flúor hefur ekki mælst jafn lágur síðan 2017.



14. mynd. Heildar flúor í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2024 (mælingar á síur).

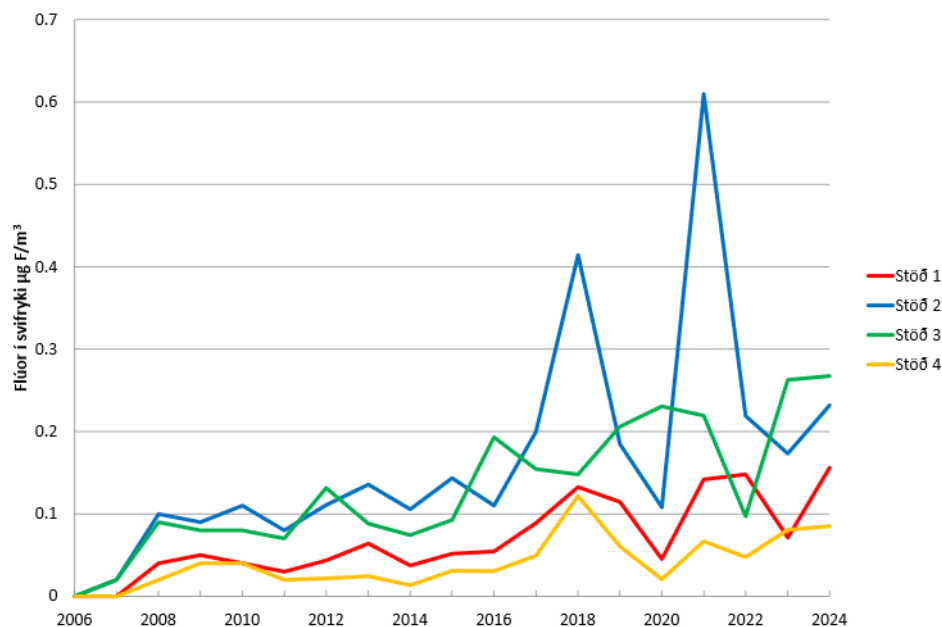
ii) Flúor í svifryki

Heildarmeðaltal ársins fyrir flúor í svifryki var $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 mældur flúor í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða einn dag í hverjum mánuði frá hverri stöð. Vegna bilunar í búnaði var ekki hægt að nota síur frá mars en á móti var flúor mældur í tveimur síum frá hverri stöð í maí, ein í upphafi mánaðar og ein í lokin.



15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2024.

Flúor í svifryki mældist að jafnaði mun hærri á fyrri hluta árs, en á þeim seinni mældust aðeins þrjár síur yfir greiningarmörkum. Nokkur gildi vantar vegna bilunar í búnaði. Ársmeðaltal hækkaði á öllum stöðvum á milli ára og var það hæsta sem mælt hefur á stöð 1 og 3 (16. mynd). Þrátt fyrir mikinn breytileika á milli ára hafa meðaltöl flúors í svifryki farið hækkanði á undanförunum árum rétt eins og meðaltöl flúors sem safnað er á 37 mm síur.



16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2024.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2024 má sjá í viðauka 2.

2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

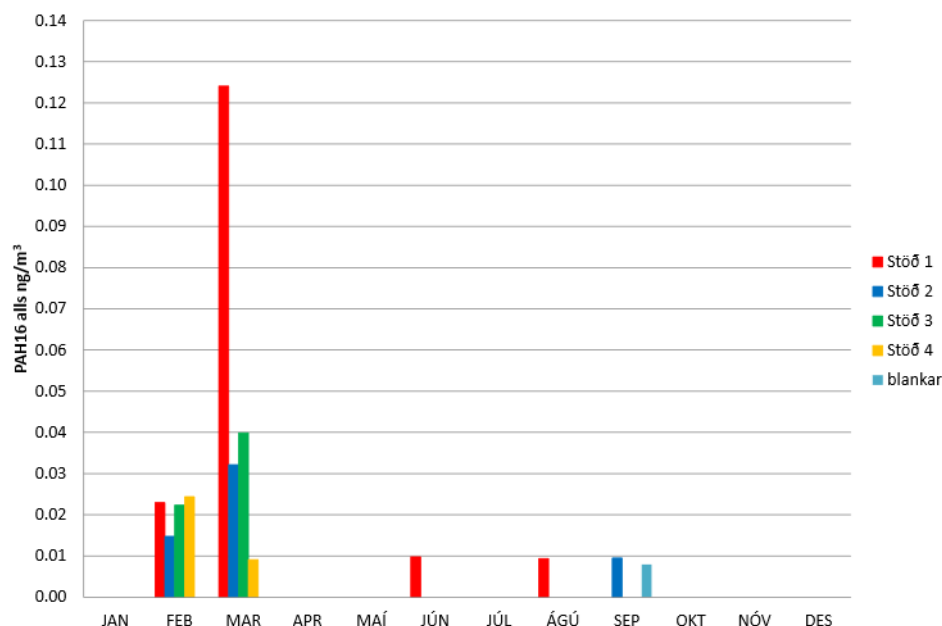
Fjölhringa vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssýnum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, allt að 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall (OSPAR/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009–2011 og 2013–2024. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Niðurstaða ársins er í meðallagi ef miðað er við niðurstöður frá og með árinu 2012. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um $0,029 \text{ ng/m}^3$ umfram magngreiningarmörk á árinu 2024 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmark PAH16 árið 2024 er alltaf innan við $0,1 \text{ ng/m}^3$ ef sýnatökurúmmál er eðlilegt og er svolítið breytileg ($<0,1$ – $0,05 \text{ ng/m}^3$) eftir tímabilum (17. og 18. mynd).

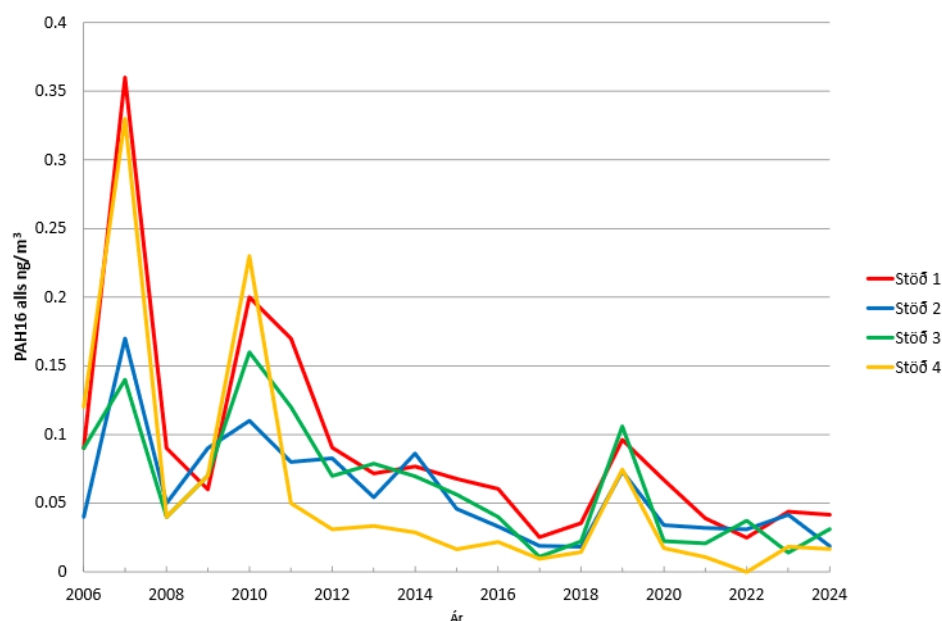
Mæligildi eru nokkuð breytileg. Oft eru mæligildi heldur lægri yfir sumartímann, vegna hærra hlutfalls í gasfasa að sumri og einnig vegna sundrunar PAH-efna fyrir áhrif sólarljóss að sumri. Hæst mældust PAH-efni í mars á stöð 1, $<0,124 \text{ ng/m}^3$.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m^3 skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi árið 2024 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í tveimur síum af 48 og var hæst í mars á stöð 1 eða $0,008 \text{ ng/m}^3$. Önnur PAH efni sem tilgreind eru í reglugerðinni eru benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten,

indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen. Heildarsumma þessara sex efna mældist hæst í mars á stöð 1, $<0,073 \text{ ng/m}^3$. Summa þeirra mældist yfirleitt undir $0,020 \text{ ng/m}^3$, en aðeins 10 síur mældust hærri.



17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2024.



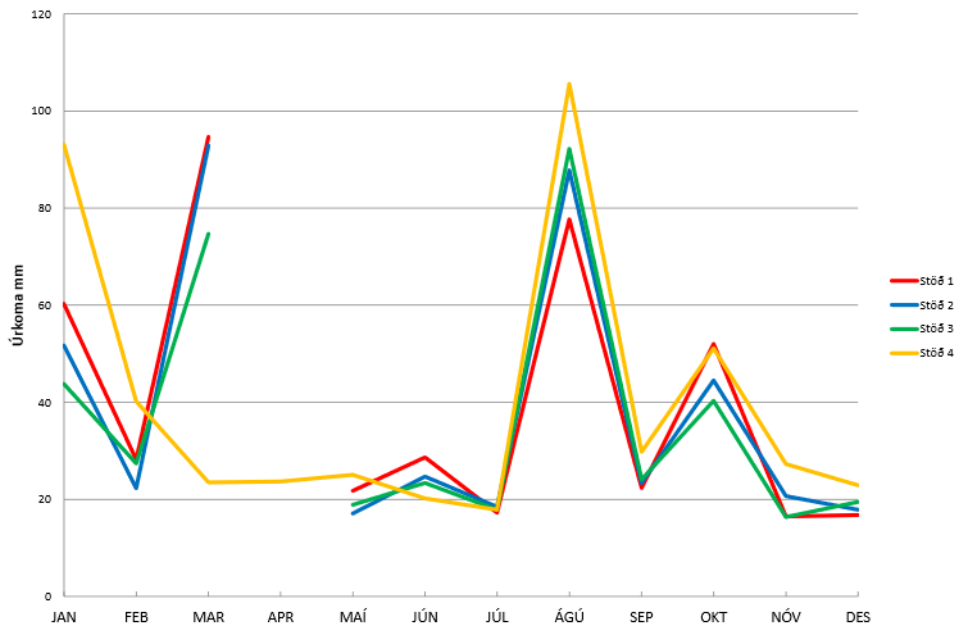
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2024.

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 getur engu að síður verið töluvert. Og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir

styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Mæld úrkoma var í minna lagi árið 2024, eða um 434 mm/ár að meðaltali á stöðvunum. Þess ber þó að geta að mælitæki biluðu á stöð 1–3 á tímabilinu 27. mars til 1. maí og á stöð 4 á tímabilinu 27. febrúar til 19. mars og vantar af þeim sökum úrkomumælingar fyrir þau tímabil. Mesta úrkomu gerði í mars og ágúst en minnsta úrkomu mældist í júlí. Mest rigndi að jafnaði á stöð 4. Sjá má úrkomu eftir mánuðum á 19. mynd.

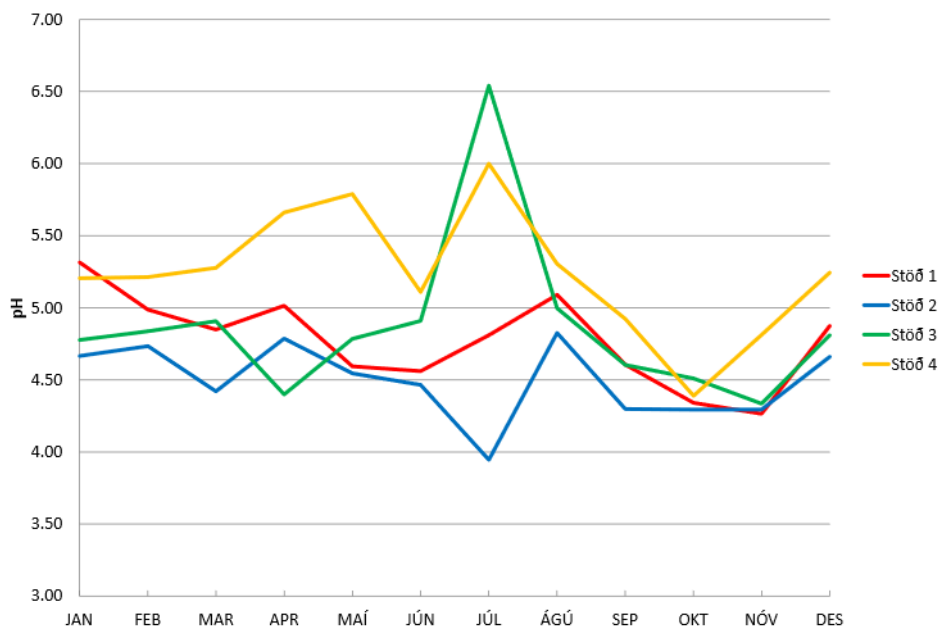


19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2024.

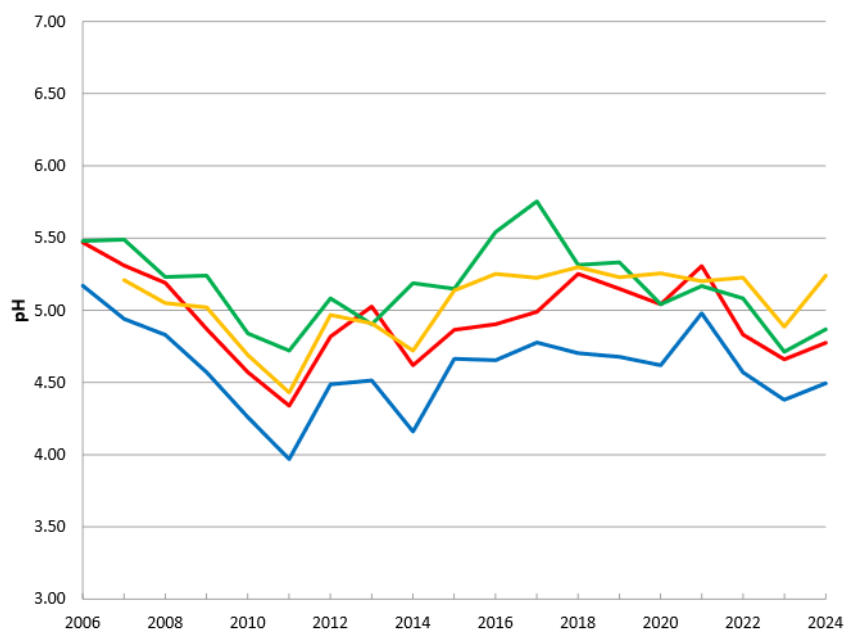
Sýrustig (pH) í úrkomu

Niðurstöður ársins 2024 fyrir sýrustig (pH) í úrkomu má sjá á 20. mynd. Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl sýrustigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað að jafnaði í hverri viku frá öllum stöðvum. Útlit er nokkuð einkennandi með hærra sýrustig mælt á stöð 3 yfir sumartímann, þegar innlögn er áberandi. Nokkuð vantaði upp á að sýni næðust í öllum mánuðum vegna þurrviðris og ófærðar en í heild náðust ekki vikusýni í 24–29 skipti eftir stöð á árinu af þeim sökum.

Sýrustig í úrkomu mældist hærra en árið áður á öllum stöðvum (21. mynd). Hæst mældist sýrustig að meðaltali á stöð 4, pH 5,24, og lægst á stöð 2, pH 4,49. Helst rignir í austan-áttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu helst á stöð 2 og mælist úrkomu þar yfirleitt með lægra sýrustig. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við pH gildi á bilinu 5,5–6,5. Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012.



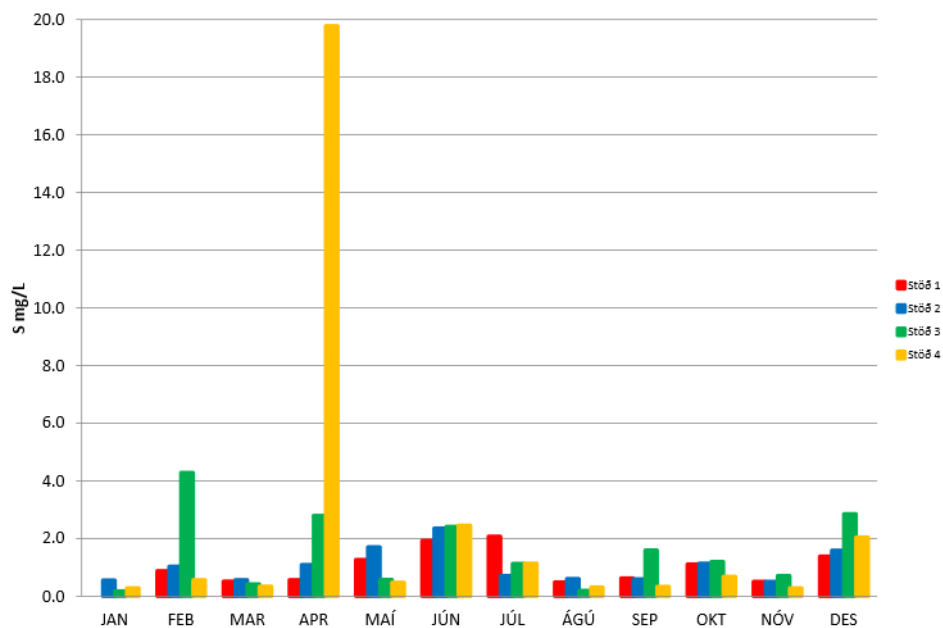
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2024.



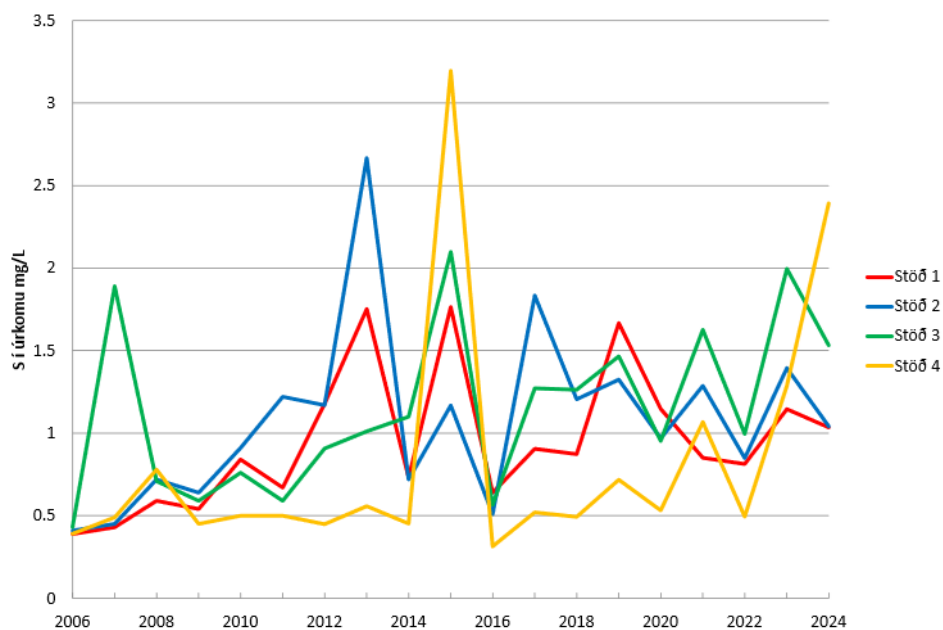
21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2024.

Brennisteinn í úrkomu

Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu hefur verið mjög breytilegur á milli ára og mældist í hærra meðallagi árið 2024. Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu mældist 1,51 mg S/L, og lækkaði á öllum stöðvum á milli ára nema á stöð 4. Þar mældist eitt óvenju hátt gildi í apríl, 19,77 mg S/L, sem hækkaði meðaltalið verulega (22. mynd). Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrenns konar, úr sjó, af mannavöldum og frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru mjög mikil árið 2015 (23. mynd).



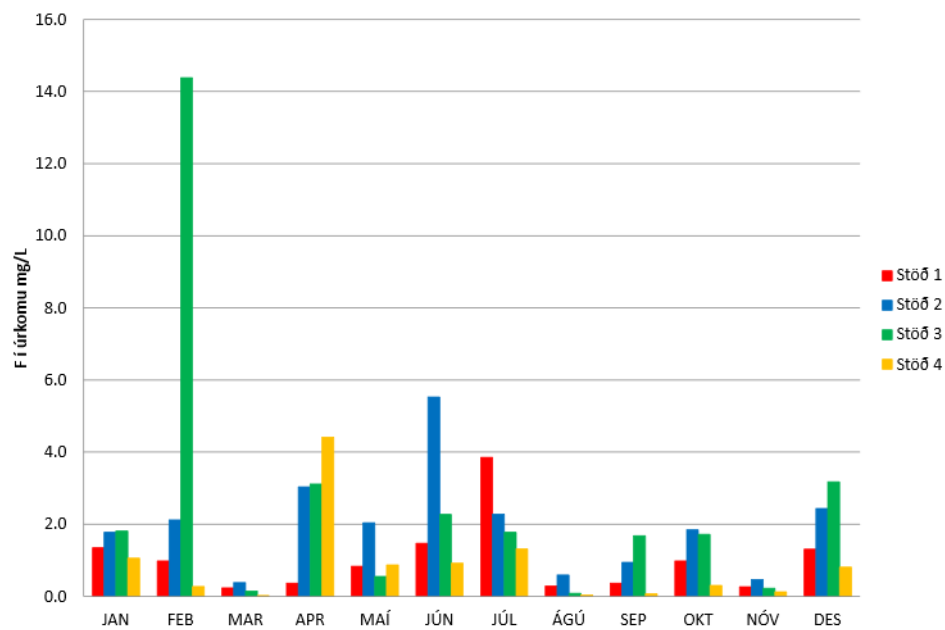
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2024.



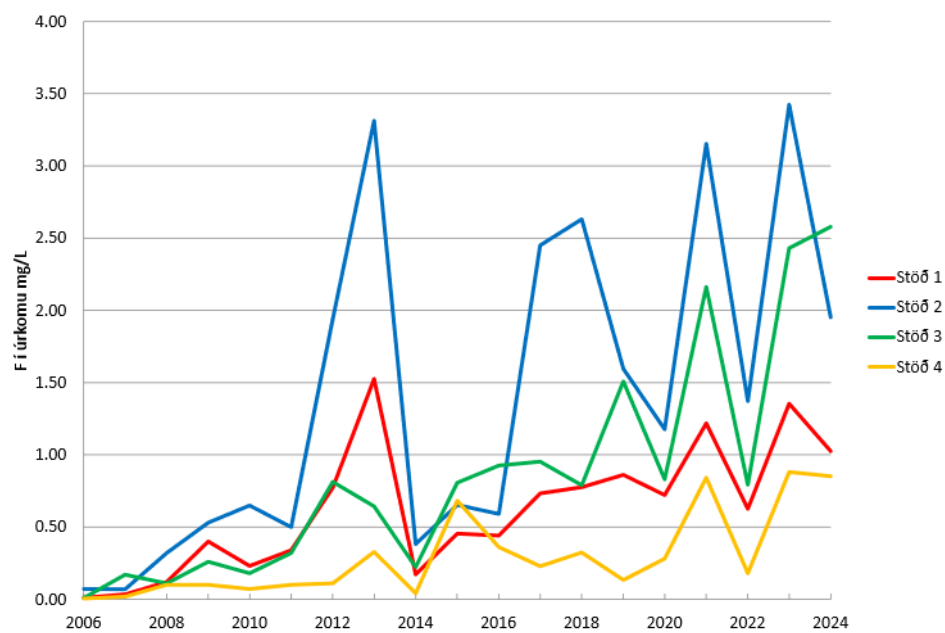
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2024.

Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu árið 2024 voru nokkuð há, en ársmeðaltalið var 1,60 mg F/L. Meðalstyrkur flúors í úrkomu lækkaði á öllum stöðvum á milli ára nema á stöð 3. Þar mældist eitt óvenju hátt gildi í febrúar, 14,39 mg F/L, sem hækkaði meðaltalið verulega (24. mynd). Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarin ár og stundum er mikill munur milli stöðva, en heilt yfir hefur meðalstyrkur flúors í úrkomu farið hækkandi undanfarin 10 ár (25. mynd).



24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2024.



25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2024.

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). Flúor, gas- og rykkendur, sest á yfirborð gróðurs í umhverfinu. Dreifing og þynning gaskennds flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni og hvass 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 þannig 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 einnig 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). Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómenguðu umhverfi er minni en $5 \mu\text{g/g}$ þurrvigt fyrir flestar tegundir en 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).

Í bók Weinstein og Davison (2004) er upptöku flúors og áhrifum hans á plöntur lýst. Þar kemur fram að flúor veldur alla jafna ekki eituráhrifum í plöntum fyrr en hann berst til innri vefja plöntunnar, sem hann gerir 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, sem veldur breytileika í styrk flúors innan hvers laufblaðs og skýrir sýnileg einkenni flúorskemmda í gróðri. Upptaka flúors er því 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 og veðurfar getur því haft mikil áhrif á hversu mikið magn flúors berst inn í plöntur. Ólíkar tegundir geta þannig vaxið á sama stað og ein tegund getur sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni. Þá virðist styrkur flúors í blöðum 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. Upptaka flúors úr jarðvegi er hins vegar almennt lítil, en nokkrar tegundir eru þó þekktar fyrir að geta tekið mikið magn flúors upp úr jarðvegi jafnvel þó styrkurinn sé lágur. Af þeim er te líklega sú best þekkt, en algengar tegundir tes innihalda frá $70\text{--}350 \mu\text{g F/g}$ þurrvigt (Weinstein & Davison, 2004). Íslenskur rabarbari virðist líka taka upp flúor úr jarðvegi og safnast hann fyrir í blöðum (Davison & Weinstein, 2006; Vike, 2005).

Í bók Weinstein og Davison (2004) kemur einnig fram að plöntutegundir séu misnæmar fyrir flúori og til dæmis sé þekkt erlendis að ýmsar furutegundir séu sérstaklega viðkvæmar. Þá getur viðkvæmni einstakra tegunda einnig verið breytileg eftir svæðum, en ekki er nógu vel þekkt hvaða tegundir séu viðkvæmar við íslenskar aðstæður. Almennt má þó áætla að um 5% þeirra tegunda sem vaxa á tilteknu svæði séu viðkvæmar fyrir flúor. Þess má einnig geta að rannsóknir sem gerðar voru í tengslum við norsk álver hafa sýnt að samspil mengunar og umhverfis- og erfðapátta getur haft áhrif á þol sömu tegundar (Vike, 1999). 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. Áhrif flúormengunar á gróður geta því verið margslungin og breytileg bæði milli og innan tegunda, í bæði tíma og rúmi. Hins vegar virðist nokkuð algilt að flúor flytjist ekki milli plöntuhluta að neinu marki og þó styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár þá er hann almennt mun lægri í ávöxtum, fræjum og rótum (Weinstein & Davison, 2004). Niðurstöður rannsókna í Reyðarfirði undanfarin ár hafa sýnt að þó styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hafi mælst hár miðað við bakgrunnsgildi er styrkur flúors í berjum og stilkum rabarbara alla jafna minni en $5 \mu\text{g/g}$ (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024).

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., 2024).

3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef hann fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki sam-mála 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. full-nægjandi dagskammti) fyrir búfénað miðað við 12% rakainnihald (reglugerð nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015). Fyrir jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er hámarks-gildið $50 \mu\text{g/g}$ en $30 \mu\text{g/g}$ ef dýrin eru mjólkandi. Ekki er minnst sérstaklega á hross í þessari reglugerð og falla þau undir flokk dýra sem eru talin þola $150 \mu\text{g/g}$. Í þessari skýrslu eru niðurstöður mælinga á styrk flúors í gróðri settar fram miðað við 0% raka-innihald. Til að niðurstöðurnar séu samanburðarhæfar við reglugerðina þarf því að um-reikna viðmið hennar. Umreiknuð hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfénað miðað við 0% rakainnihald eru: $56,8 \mu\text{g/g}$ fyrir jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en $34,1 \mu\text{g/g}$ ef dýrin eru mjólkandi og $170,5 \mu\text{g/g}$ 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 $40 \mu\text{g/g}$
- Meðaltal flúors fyrir 2 mánaða tímabil má ekki fara yfir $60 \mu\text{g/g}$
- Meðaltal flúors fyrir 1 mánaða tímabil má ekki fara yfir $80 \mu\text{g/g}$

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 merkta 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 sýnatökuaðferð. Allar niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautvigt voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautvigt.

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að betrumbæta 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

Öll gagnaúrvinnsla fór fram í R útgáfu 4.4.2. (R Core Team, 2024). Pakinn *tidyverse* (Wickham o.fl., 2019) var notaður við útreikninga og teiknun grafa. *Parað t-próf* (e. *paired t-test*) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli áranna 2024 og 2023 annars vegar og 2024 og meðalgildi áranna 2008–2023 hins vegar. Í þeim tilvikum sem gögnin uppfylltu ekki skilyrði um normaldreifingu var *Wilcoxon Rank* próf notað.

3.2.3 Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega á 35 sýnatökustöðum frá júní til ágúst sumarið 2024. Alls var 210 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 11.–12. og 25.–26. júní, 8., 10. og 23.–24. júlí og 6.–7. og 20.–21. ágúst 2024. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins 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 7., 9., 13. og 14. ágúst 2024. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýnum á samtals sjö sýnatökustöðum (L1, L4, L17, L20, L22, L26 og L28). 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 aucuparia*) var safnað á níu sýnatökustöðum 26. ágúst 2024. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barrnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 30. október 2024. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2024, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2023, táknað CP). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

Stilkum og laufum rabarbara var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á sjö sýnatökustöðum. Alls var 42 sýnum safnað dagana 26. júní, 24. júlí og 21. ágúst 2024. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum. Þungmálarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkel (Ni) og kvikasilfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbarablöðum og -stilkum.

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á tveimur sýnatökustöðum þann 26. ágúst 2024, alls fjórum sýnum. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 26. ágúst 2024. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

Heysýnum var safnað 13. september 2024. Alls var 21 sýni safnað frá 18 túnum í Reyðarfirði. 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 26. ágúst 2024 á tveimur sýnatökustöðum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins 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 28. janúar 2025. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateig og á Áreyjum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

3.3 Niðurstöður

3.3.1 Gras

3.3.1.1 Flúor

Meðalstyrkur flúors í grassýnum sumarið 2024 utan þynningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 7–65 µg/g og 25–114 µg/g innan þynningarsvæðis í sex sýnatökuferðum (26. mynd). Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2024 var á sýnatökustað G6, á skógræktarsvæðinu rétt ofan við álverið (26. mynd). Meðalstyrkurinn mældist hærri innan þynningarsvæðis en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins 2024 (27. mynd).

[illegible]

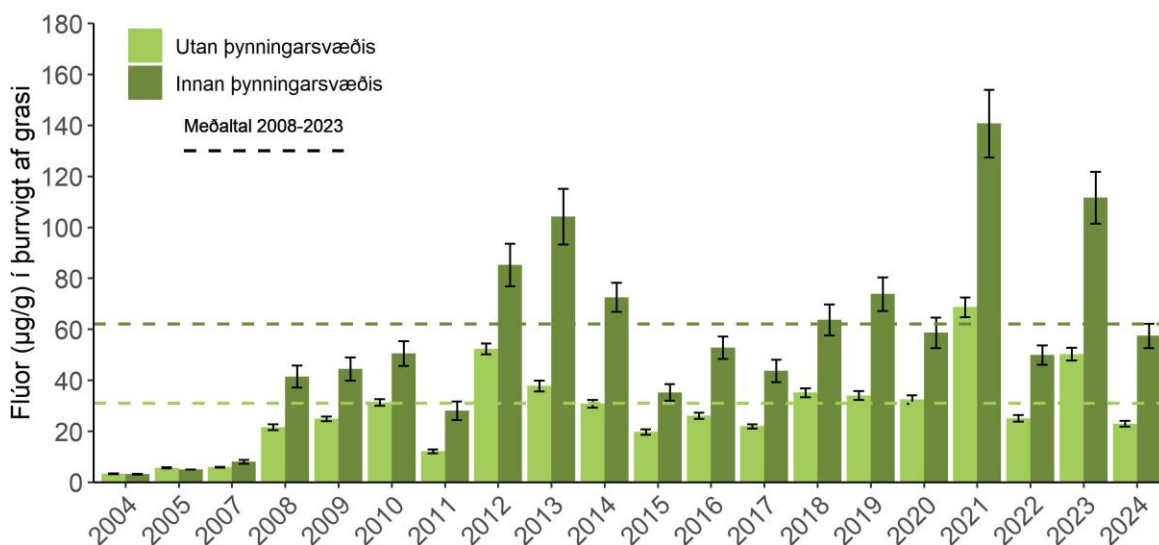
Fluor (µg/g) í þurrvigt af grasi

Tíðabil	Utan þynningarsvæðis (µg/g)	Innan þynningarsvæðis (µg/g)
11.-12. júní	~20	~53
25.-26. júní	~19	~49
8. og 10. júlí	~38	~76
23.-24. júlí	~28	~73
6.-7. ágúst	~17	~48
20.-21. ágúst	~15	~46

Meðalstyrkur flúors í grasi utan þynningarsvæðis var marktækt lægri árið 2024 en árið 2023 ($p<0,001$) og einnig lægri en meðalgildi áranna 2008–2023 ($p<0,001$). Innan þynningarsvæðis var meðalstyrkur flúors árið 2024 einnig lægri en árið 2023 ($p=0,01$), en ekki marktækt frábrugðinn meðalgildum áranna 2008–2023 ($p=0,22$). Flúor í grasi hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunnilda við meðaltöl áranna 2008–2024; $p<0,001$) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (28. mynd) og við samanburð nýjustu gilda við gildi ársins á undan hafa þau mælst marktækt hærri og lægri

til skiptis síðan árið 2020, með aðeins tveimur undantekningum, utan þynningarsvæðis 2020 og innan þess 2022 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; 2021).

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunngildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2023 en þó var einum sýnatökustað utan þynningarsvæðis bætt við sumarið 2017.

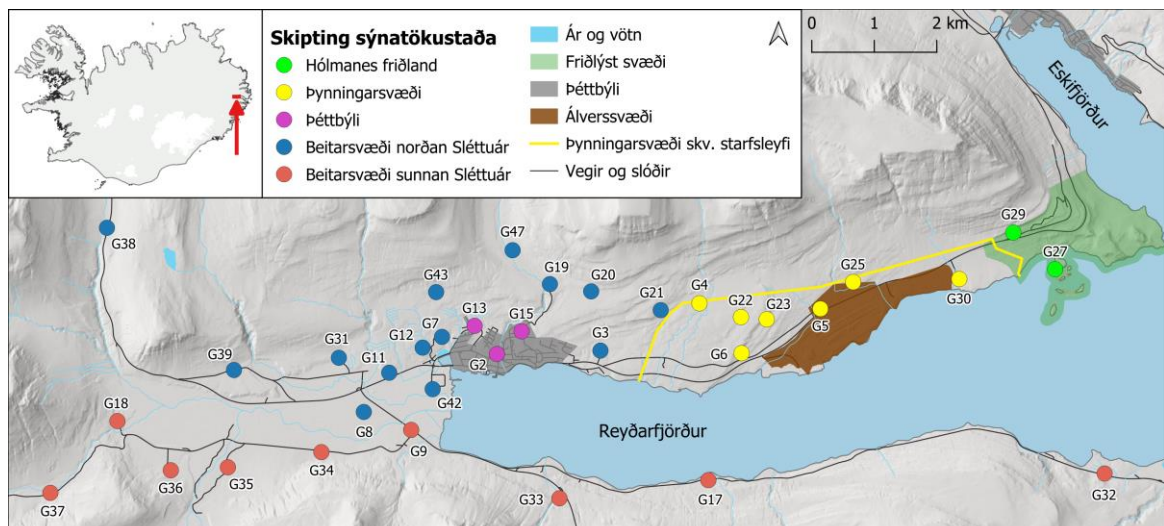


28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2024. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 og 2007–2012 (n=30), 2013 (n=41), 2014–2016 (n=34) og 2017–2024 (n=35), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra.

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

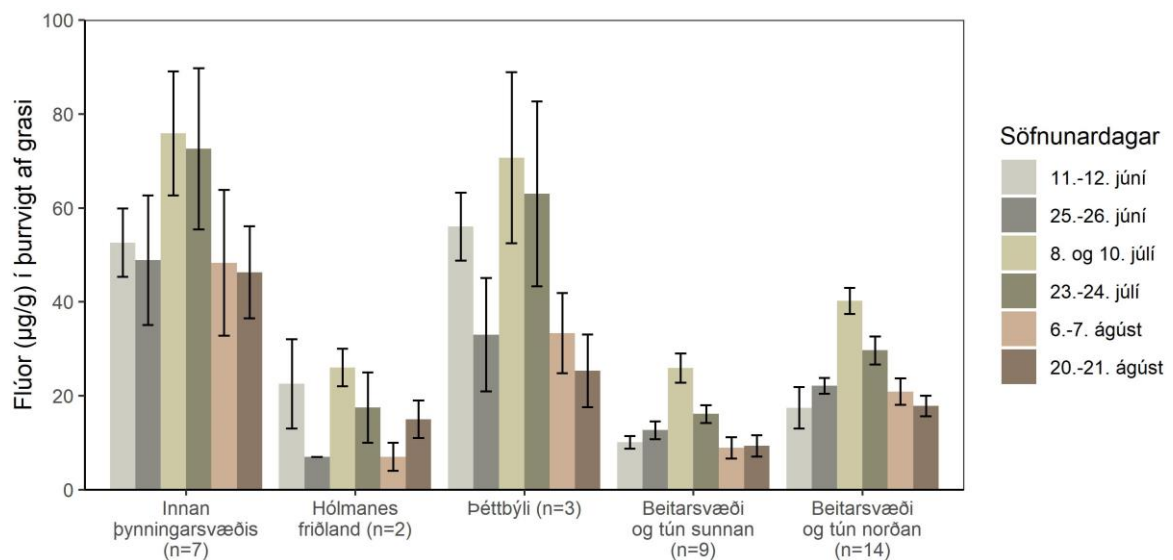
1. Innan þynningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals þrír sýnatökustaðir.
4. Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 14 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði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

Dreifingarmynstur styrks flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin yfir sumarið mældust næst álverinu, innan þynningarsvæðis (57 µg/g) og næsthæst innan þéttbýlisins í Reyðarfirði (47 µg/g; 30. mynd). Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið, á Hólmanesi (16 µg/g) og á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar (14 µg/g; 30. mynd) sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu. Á beitarsvæðum og túnum norðan fjarðar mældist styrkurinn að meðaltali 25 µg/g yfir sumarið (30. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sunnan og norðan fjarðar sumarið 2024 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (mörkin eru 56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) og fyrir mjólkandi jórturdýr (mörkin eru 34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald).



29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass upp í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

Sauðfé sem gengur norðan megin í Reyðarfirði er frá bæjum í Skriðdal og er alla jafna ekki á beit í Reyðarfirði árið um kring. Það fær auk þess hey sem heyjað er utan Reyðarfjarðar. Sauðfé frá bænum Sléttu í Reyðarfirði gengur sunnan megin í Reyðarfirði og inn í dölunum í botni fjarðarins þar sem styrkur flúors í grasi var alla jafna $<20 \mu\text{g/g}$. Auk þess var meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu að meðaltali $18 \mu\text{g/g}$ sem er undir viðmiðum sem sett eru fyrir jórturdýr og mjólkandi jórturdýr (nánar má sjá umfjöllun um flúor í heyi og fóðurkáli í kafla 3.3.10). Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross.



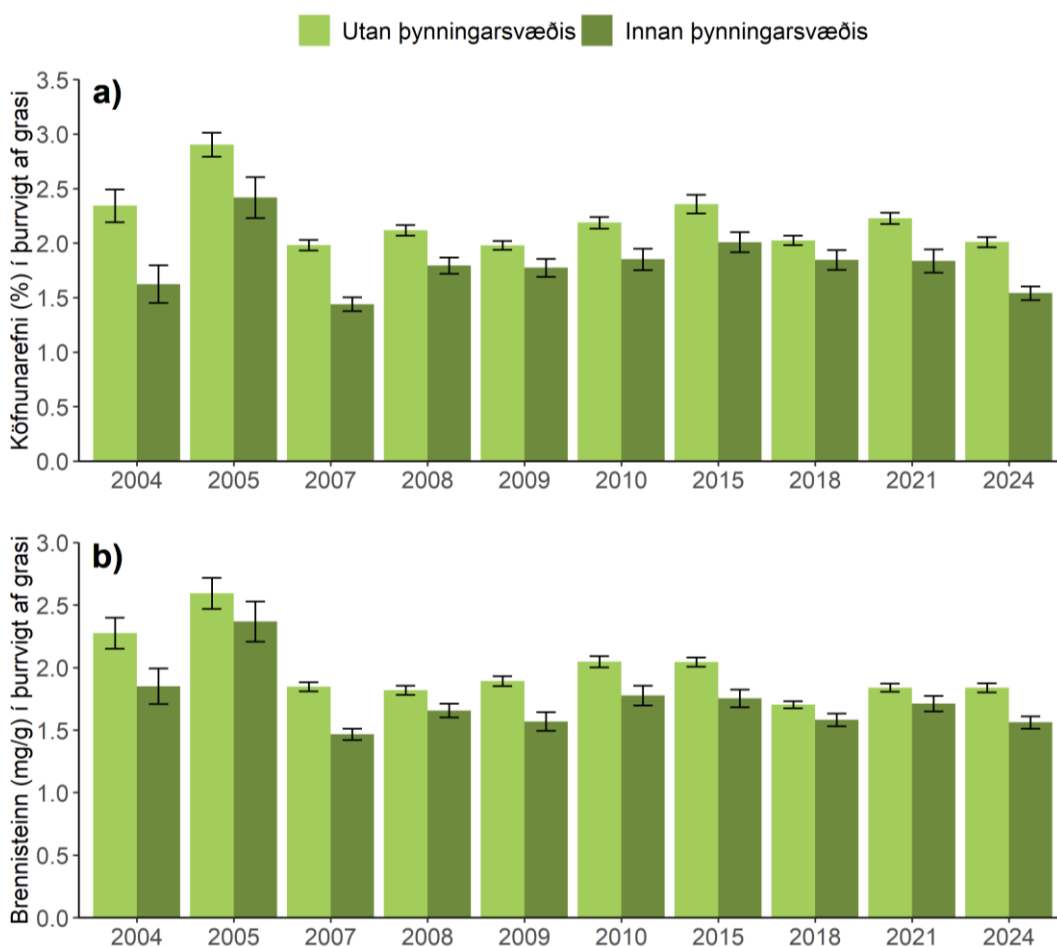
30. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2024, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna.

3.3.1.2 Köfnunarefni og brennisteinn

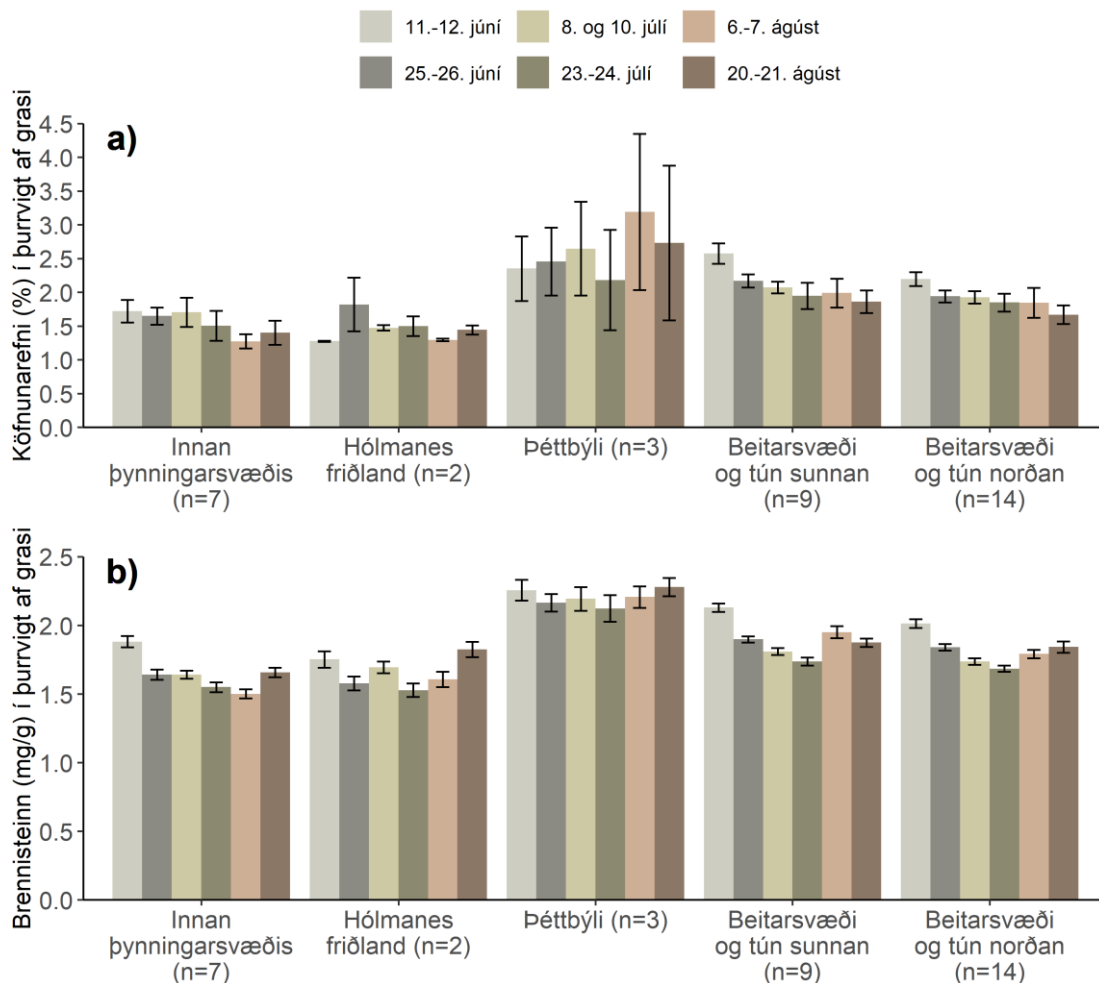
Meðalstyrkur köfnunarefnis í grasi úr sex söfnunarferðum árið 2024 var 1,5% þurrefnis innan þynningarsvæðis og 2,0% utan þynningarsvæðis. Styrkurinn hefur haldist nokkuð svipaður frá því álverið tók til starfa árið 2007 (31. mynd a). Meðalstyrkur brennisteins í grasi úr sex söfnunarferðum árið 2024 mældist 1,6 mg/g innan þynningarsvæðis og 1,8 utan þynningarsvæðis (31. mynd b). Við mælingu brennisteins mældist viðmiðunargildi of lágt fyrir 11 sýni úr seinni sýnatökunni í ágúst (1,56 mg/g, lægri mörk: 1,58 mg/g). Án þessara sýna hefði meðalstyrkur brennisteins verið 1,5 mg/g innan þynningarsvæðis en óbreyttur (1,8 mg/g) utan þess. Styrkurinn hefur haldist nokkuð svipaður frá því álverið tók til starfa árið 2007.

Hæstu gildi köfnunarefnis og brennisteins mældust árið 2005 og er það rakið til framkvæmdatíma við uppbyggingu álversins (31. mynd). Hærri gildi þessara efna utan þynningarsvæðis er að öllum líkindum vegna sýnatöku á túnnum og gördum þar sem áhrifa frá áburði gætir (32. mynd). Munur á meðalstyrk brennisteins úr seinni sýnatökunni í ágúst með og án þeirra sýna sem viðmiðunargildi mældist of lágt fyrir var <0,1 mg/g á öllum svæðum.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í grasi fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 6.



31. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi), árin 2007–2010 og á þriggja ára fresti frá og með árinu 2015. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2010 og fyrr (n=30), 2015 (n=34) og frá og með 2018 (n=35), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra.



32. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2024, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna.

3.3.2 Mosi

3.3.2.1 Flúor

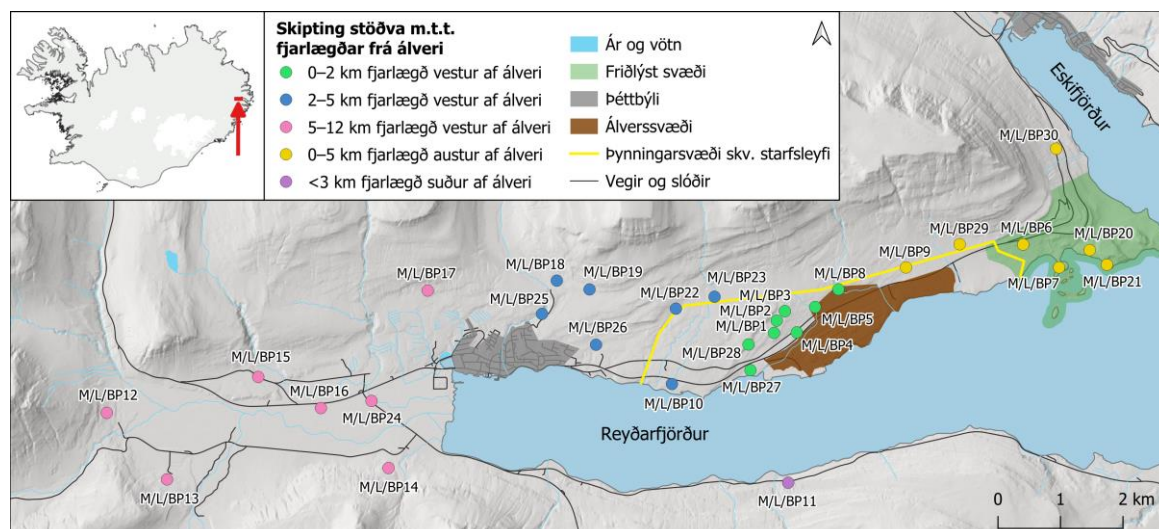
Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (33. mynd).

- 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.

Styrkur flúors í mosa árið 2024 mældist frá 8–303 µg/g og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 219 µg/g en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældist flúor í sýnum í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 95 µg/g og í 5–12 km fjarlægð 50 µg/g (34).

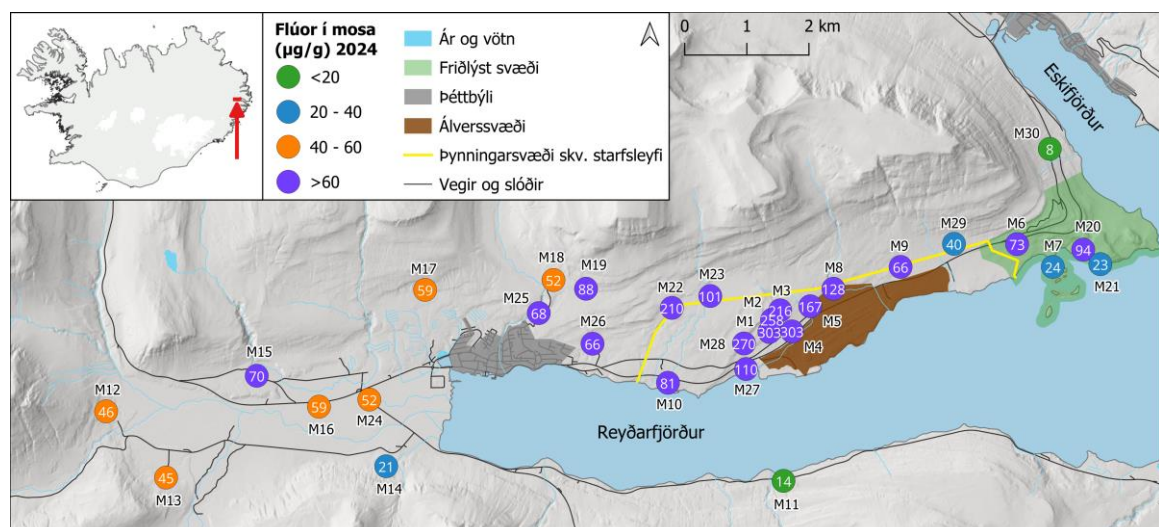
mynd). Lægri gildi mældust sunnan og austan álversins en vestan þess eða 14 $\mu\text{g/g}$ sunnan og að meðaltali 47 $\mu\text{g/g}$ austan við álverið (34. og 35. mynd).



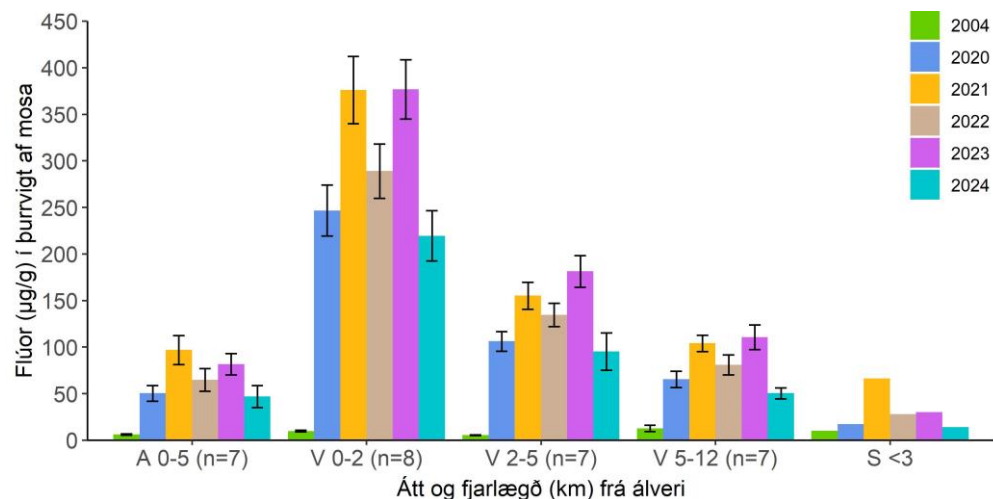
33. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2024 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

Ársmeðalgildi flúors í mosa utan þýnningarsvæðis árið 2024 voru lægri en árið 2023 ($p < 0,001$) og einnig samanborið við meðaltalsgildi áranna 2008–2023 ($p = 0,01$; 36. mynd). Líkt og utan þýnningarsvæðis voru ársmeðalgildi innan þess árið 2024 marktækt lægri en árið 2023 ($p = 0,002$) og samanborið við meðaltalsgildi áranna 2008–2023 ($p = 0,006$). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (samanburður grunngilda við meðalgildi áranna 2008–2024; $p < 0,001$) (36. mynd). Styrkurinn er talsvert breytilegur milli ára og við samanburð nýjustu gilda við gildi ársins á undan hafa þau mælst marktækt hærri og lægri til skiptis síðan árið 2020, bæði innan og utan þýnningarsvæðis (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; 2021).

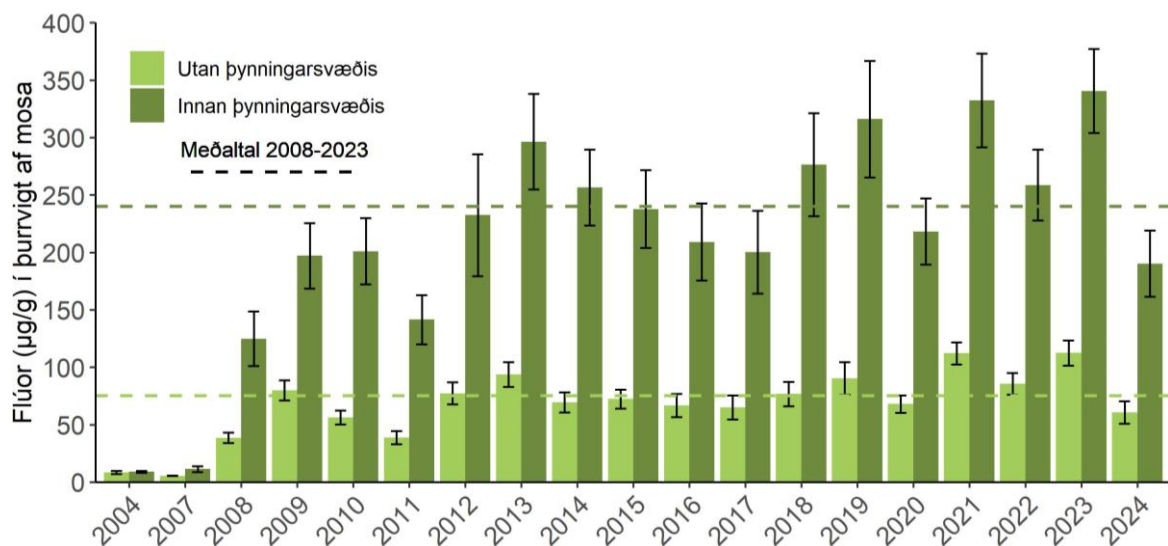
Mosar eru frábrugðnir æðplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þýngd þeirra er mun hærri en hjá æðplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þýngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



34. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í mosa í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).



35. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í mosa (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).



36. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ($n=10$) og utan ($n=20$).

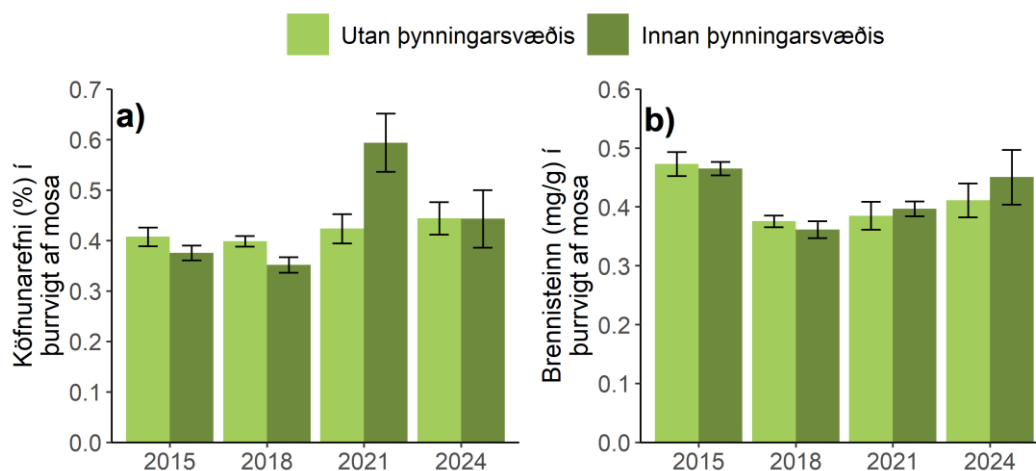
3.3.2.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í mosa var 0,44% bæði innan og utan þynningarsvæðis 2024 (37. mynd a). Styrkurinn hefur oftast mælst í kringum 0,4%, bæði innan og utan þynningarsvæðis, frá því mælingar hófust árið 2015, fyrir utan árið 2021 þegar hann mældist marktækt hærri í sýnum innan þynningarsvæðis (0,59%) en utan (0,42%, tveggja hópa t-próf; $p=0,02$). Styrkur brennisteins í mosa var að meðaltali 0,45 mg/g innan þynningarsvæðis og 0,41 mg/g utan þess. Við mælingu brennisteins mældist viðmiðunargildi of lágt fyrir sýni M12 til M22 (1,52 mg/g, lægri mörk: 1,58 mg/g). Án þessara sýna hefði meðalstyrkur brennisteins verið 0,45 mg/g bæði innan og utan þynningarsvæðis. Styrkurinn var svipaður og mælst hefur í fyrri mælingum (37. mynd b).

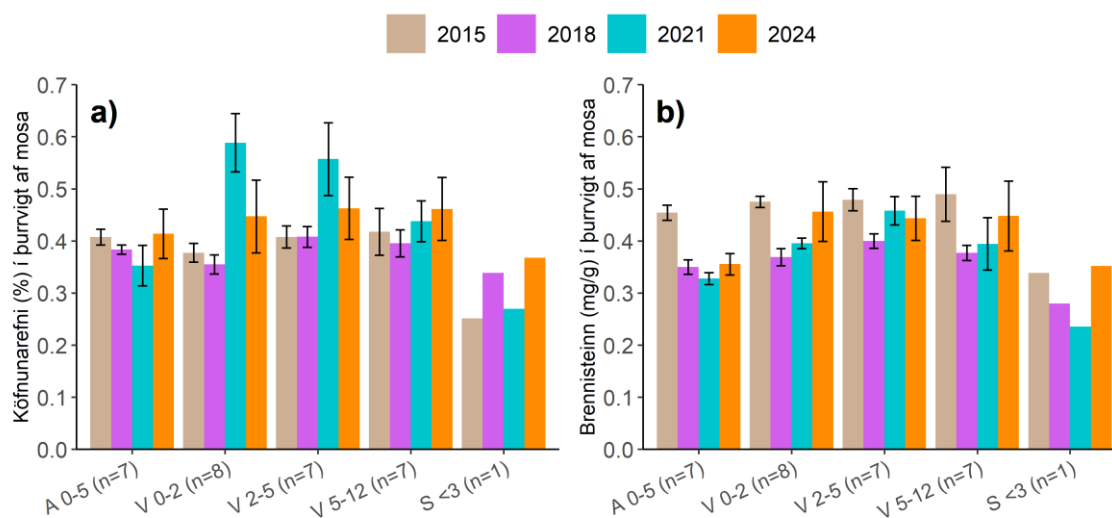
Styrkur köfnunarefnis í mosa árið 2024 mældist svipaður milli svæða innan Reyðarfjarðar og hefur frá upphafi mælinga árið 2015 oftast nær verið í kringum 0,4% (38. mynd a). Styrkur brennisteins í mosa mældist einnig svipaður milli svæða (38. mynd b). Án sýna

M12 til M22 hefði aðeins eitt sýni í 5–12 km vestur af álveri (M24) verið með í úrvinnslu gagna, sem mældist 0,67 mg/g, en með öðrum sýnum á því svæði (M12–M17) var meðalstyrkurinn 0,45 mg/g (38. mynd b).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í mosa fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 7.



37. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í mosa (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).



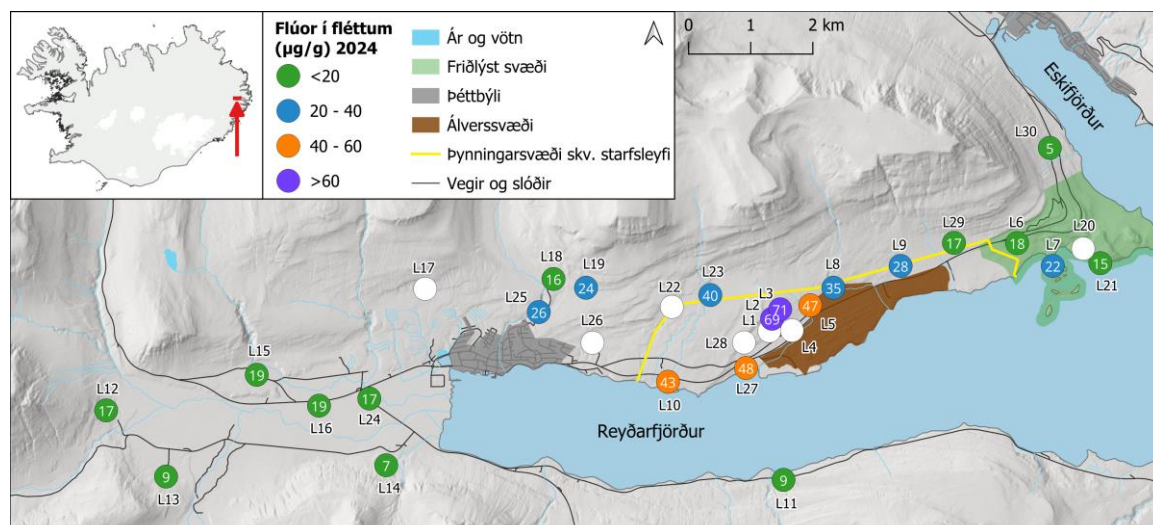
38. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í mosa (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

3.3.3 Fléttur

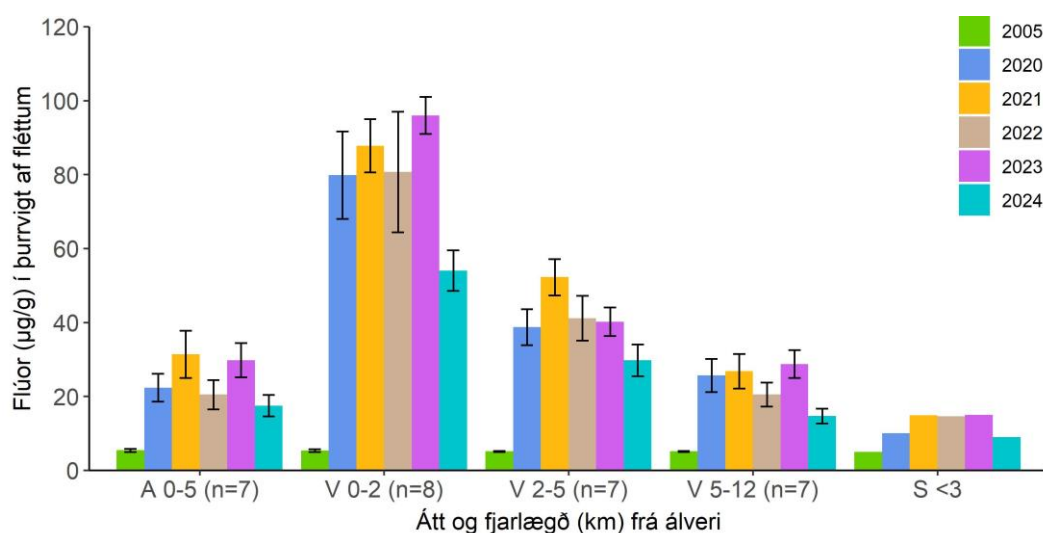
3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 5–71 $\mu\text{g/g}$ 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 54 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn

féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 30 $\mu\text{g/g}$ og í 5–12 km fjarlægð 15 $\mu\text{g/g}$ (39. og 40. mynd).

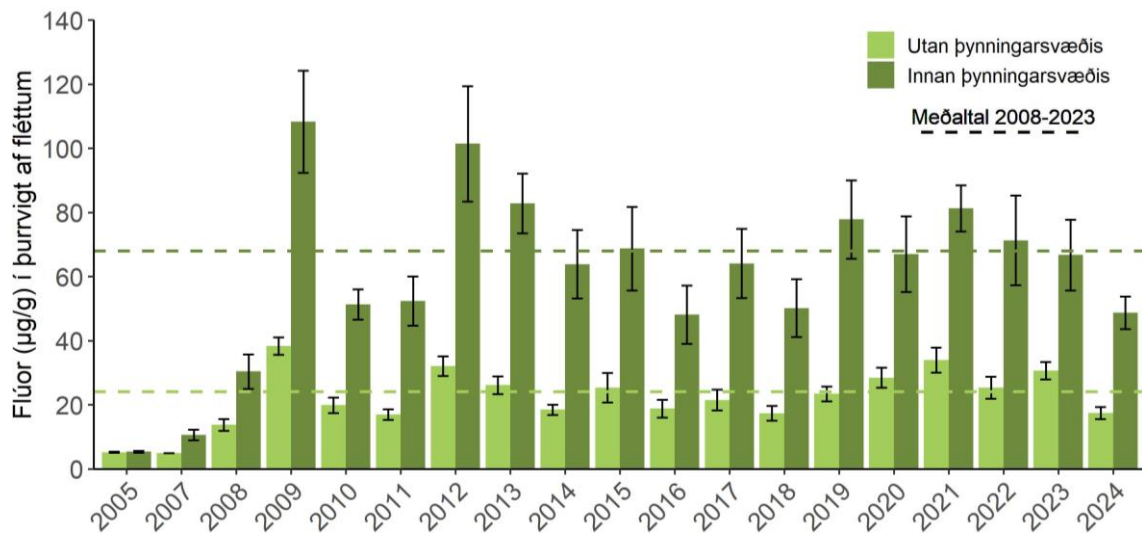


39. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í fléttum í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).



40. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í fléttum (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A–austur, V–vestur og S–suður og fjarlægð frá reyk-háfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar).

Ársmeðalgildi flúors í fléttum utan þynningarsvæðis árið 2024 voru lægri en árið 2023 ($p < 0,001$) og líka marktækt lægri en meðaltalsgildi árána 2008–2023 á þeim 16 sýnatökustöðum sem mældir voru 2024 ($p < 0,001$). Innan þynningarsvæðis var ekki hægt að safna sýnum nema á fjórum stöðum árið 2023 og því var tölfræðisamanburður ekki gerður milli síðustu tveggja ára. Gildi ársins 2024 voru ekki marktækt frábrugðin meðaltalsgildum árin 2008–2023 á þeim sjö sýnatökustöðum sem mældir voru 2024 ($p = 0,08$). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2024; $p < 0,001$). Styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (41. mynd) en síðan 2020 hefur marktækur munur aðeins mælst utan þynningarsvæðis milli árána 2021 og 2022 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; 2021).

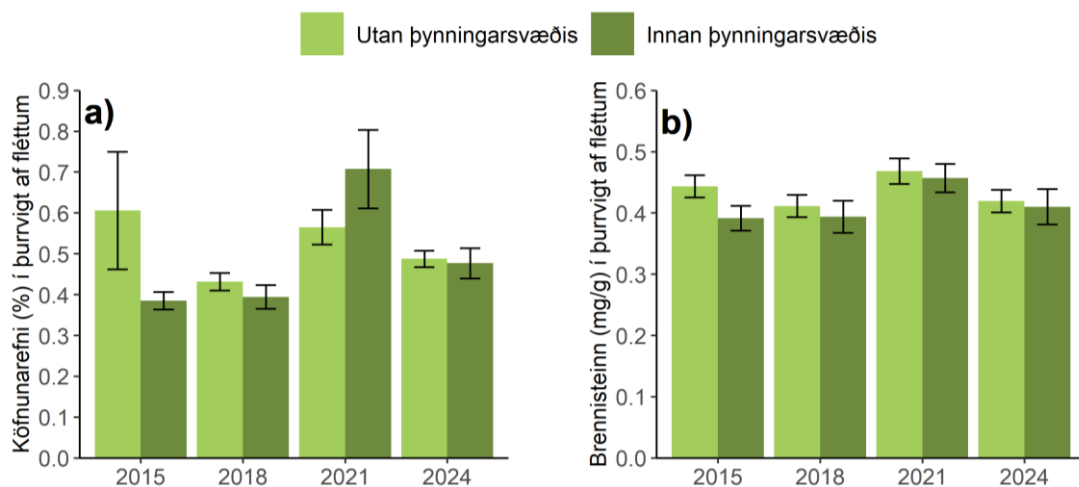


41. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ($n=10$) og utan ($n=20$), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (39. mynd sýnir sýni ársins 2024).

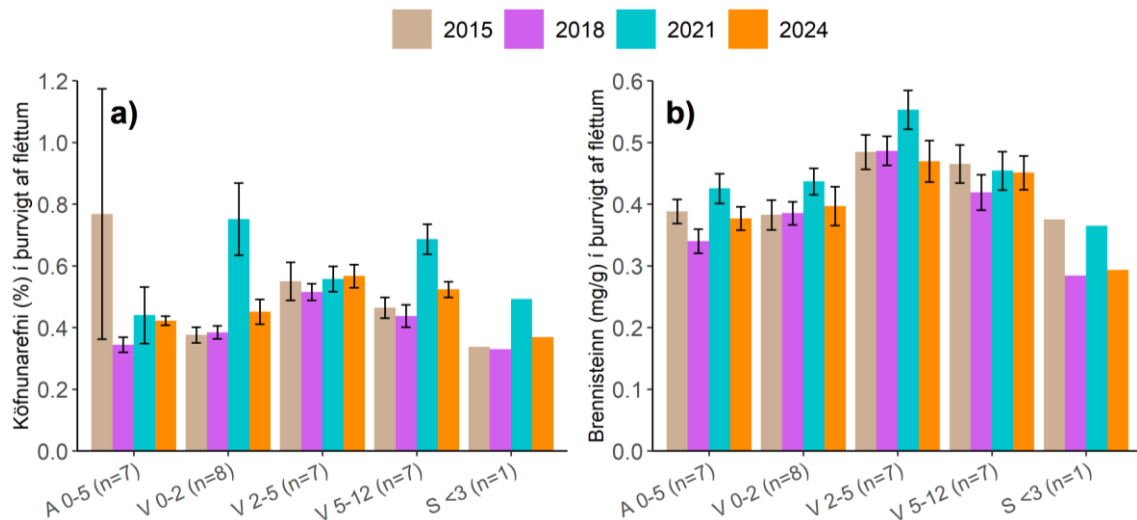
3.3.3.1 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í fléttum var 0,48% innan þynningarsvæðis og 0,49% utan. Styrkurinn virtist nokkuð lægri en hann mældist árið 2021, bæði innan og utan þynningarsvæðis, svipaður því sem mældist 2018 (42. mynd a). Styrkur brennisteins í fléttum var að meðaltali 0,41 mg/g innan þynningarsvæðis og 0,42 utan þess sem eru örlítið lægri gildi en mældust árið 2021, en svipuð og mældust árið 2018 (42. mynd b). Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í fléttum í fyrsta sinn árið 2015.

Ef horft er til áttar og fjarlægðar frá álveri mátti sjá að styrkur köfnunarefnis var víðast hvar svipaður árið 2024, frá u.þ.b. 0,45% til u.þ.b. 0,55% (43. mynd a). Svo hefur gjarnan verið raunin, með nokkrum undantekningum þegar meðalstyrkurinn hefur mælst hærri á einhverjum svæðum, allt að tæplega 0,8% (43. mynd a). Styrkur brennisteins í fléttum var einnig svipaður milli svæða árið 2024 (43. mynd b).



42. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ($n=10$) og utan ($n=20$), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (39. mynd sýnir sýni ársins 2024).



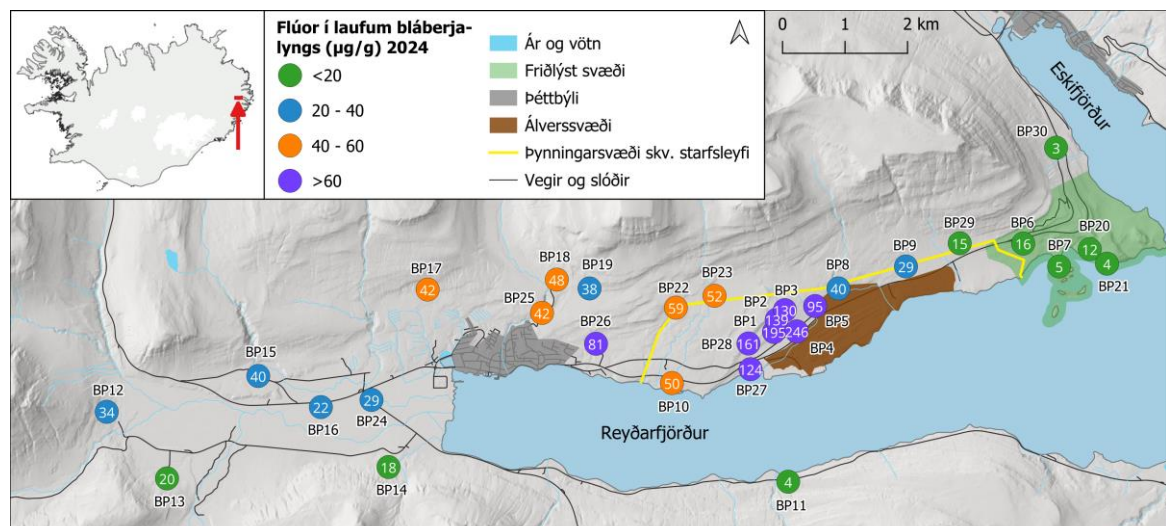
43. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í fléttum (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í fléttum fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 7.

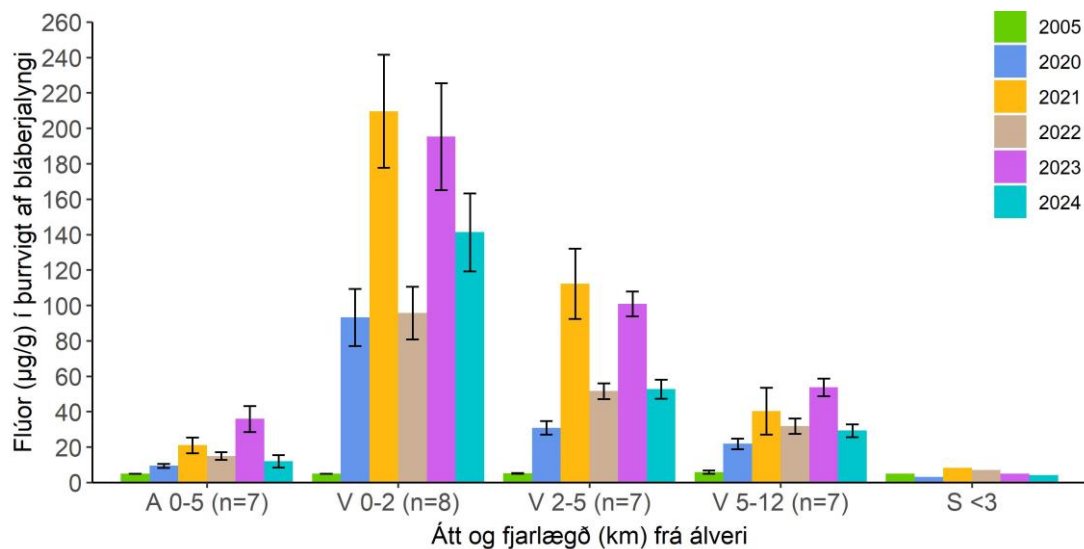
3.3.4 Bláberjalyng

3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 3–246 $\mu\text{g/g}$. Dreifingarmynstur styrksins 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 (141 $\mu\text{g/g}$) en að meðaltali lægstur austur af álverinu (12 $\mu\text{g/g}$) og sunnan fjarðar (4 $\mu\text{g/g}$) (44. og 45. mynd).

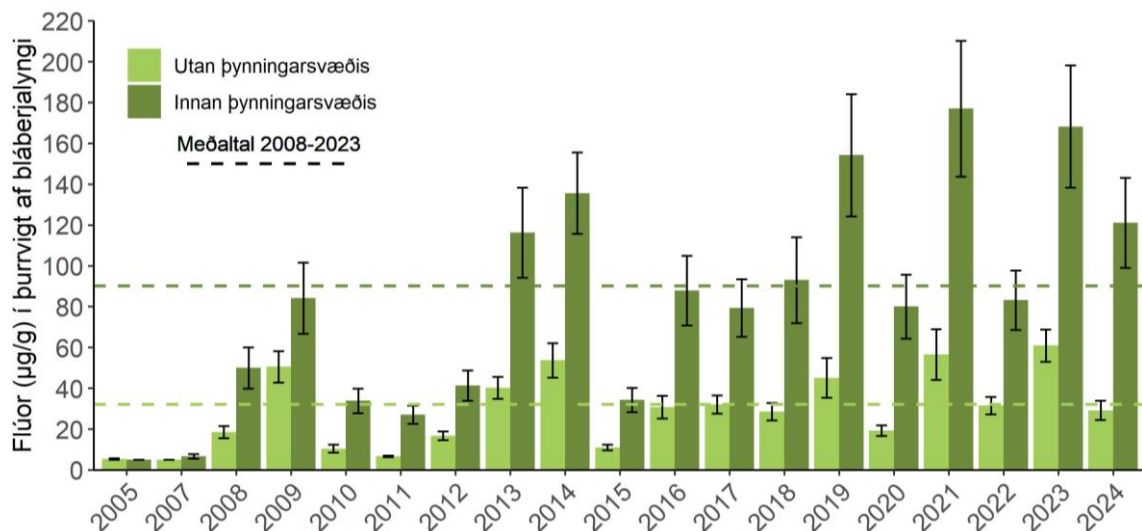


44. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í bláberjalyngi í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).



45. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2020–2024. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykhláfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðalgildi flúors í laufum bláberjalyngs utan þynningarsvæðis árið 2024 voru lægri en árið 2023 ($p < 0,001$) en svipuð meðalgildum árána 2008–2023 ($p = 0,17$). Mikill breytileiki er milli ára (46. mynd) og við samanburð nýjstu gilda við gildi ársins á undan hafa þau mælst marktækt hærri og lægri til skiptist síðan árið 2019, bæði innan og utan þynningarsvæðis (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; 2021; Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2020). Innan þynningarsvæðis var styrkurinn árið 2024 lægri en árið 2023 ($p = 0,01$) en hærri en meðalgildi árána 2008–2023 ($p = 0,02$). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2024; $p < 0,001$) (46. mynd).

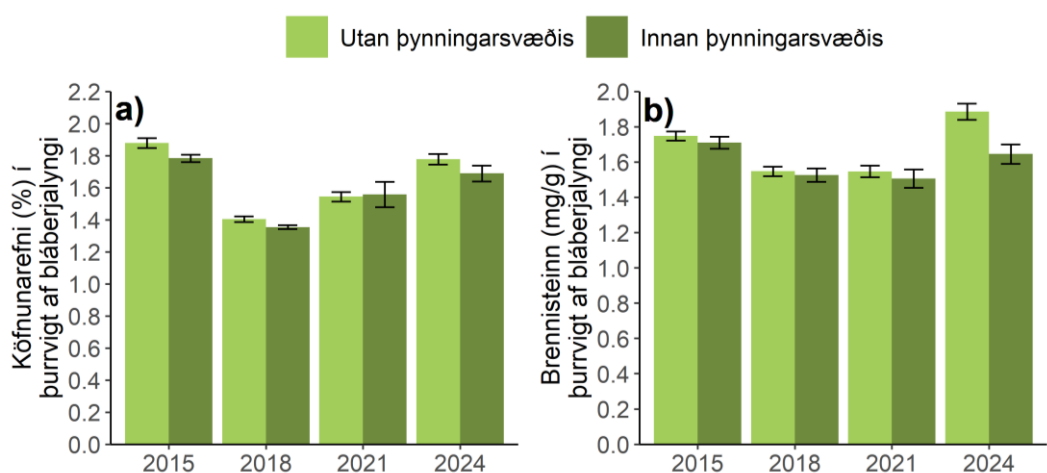


46. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ($n = 10$) og utan ($n = 20$).

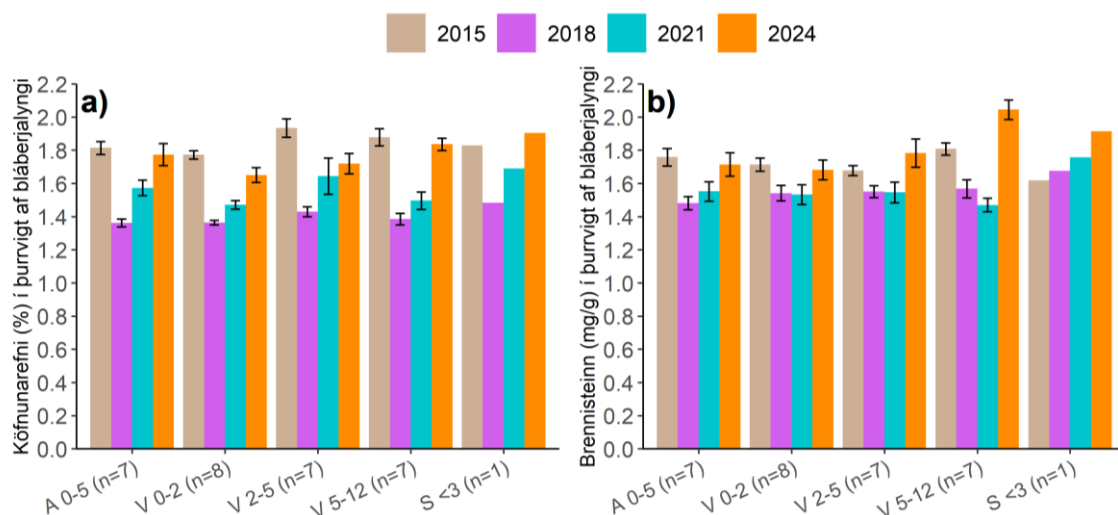
3.3.4.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs var að meðaltali 1,69% innan og 1,78% utan þynningarsvæðis. Styrkurinn virtist örlítið hærri en hann mældist árin 2021 og 2018, en svipaður því sem mældist 2015 (47. mynd a). Styrkur brennisteins í bláberjalyngi var að meðaltali 1,65 mg/g innan þynningarsvæðis og 1,89 utan þess sem eru örlítið hærri gildi en mældust árin 2018 og 2021, svipuð þeim sem mældust árið 2015 (47. mynd b). Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í bláberjalyngi í fyrsta sinn árið 2015.

Mjög lítinn breytileika var að sjá í dreifingu köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs eftir áttum og fjarlægð frá álveri árið 2024 þó einhvern mun hafi mátt sjá á styrk milli ára og voru gildi ársins helst svipuð þeim sem mældust árið 2015 (48. mynd a). Meiri mun var að sjá á styrk brennisteins milli svæða árið 2024, sem var hæstur lengst í vestur frá álverinu (48. mynd b). Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í laufum bláberjalyngs árið 2024 er að finna í viðauka 7.



47. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20).

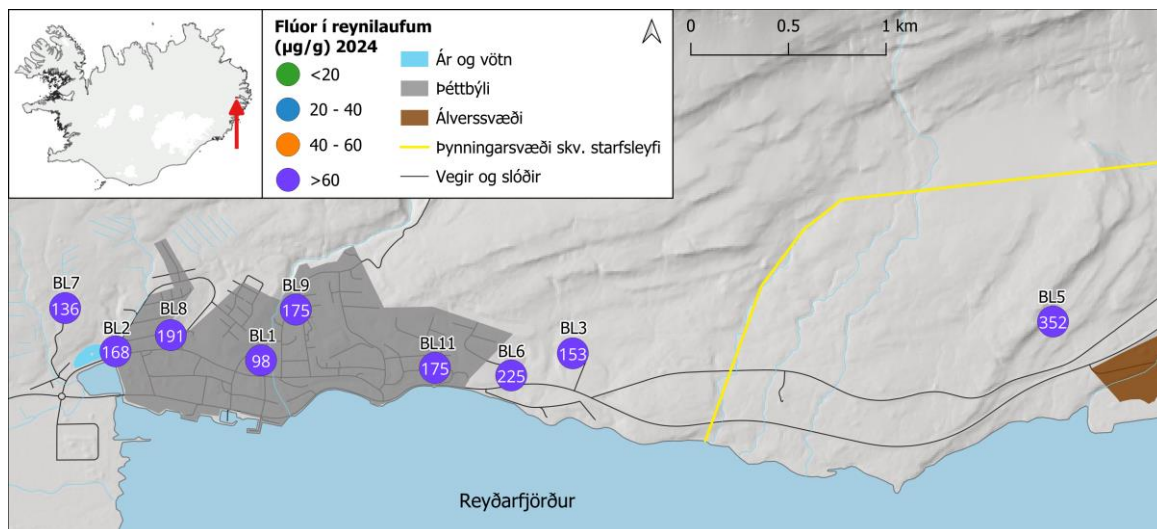


48. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir árum og svæðum. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð (km) frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga (33. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

3.3.5 Reynilauf

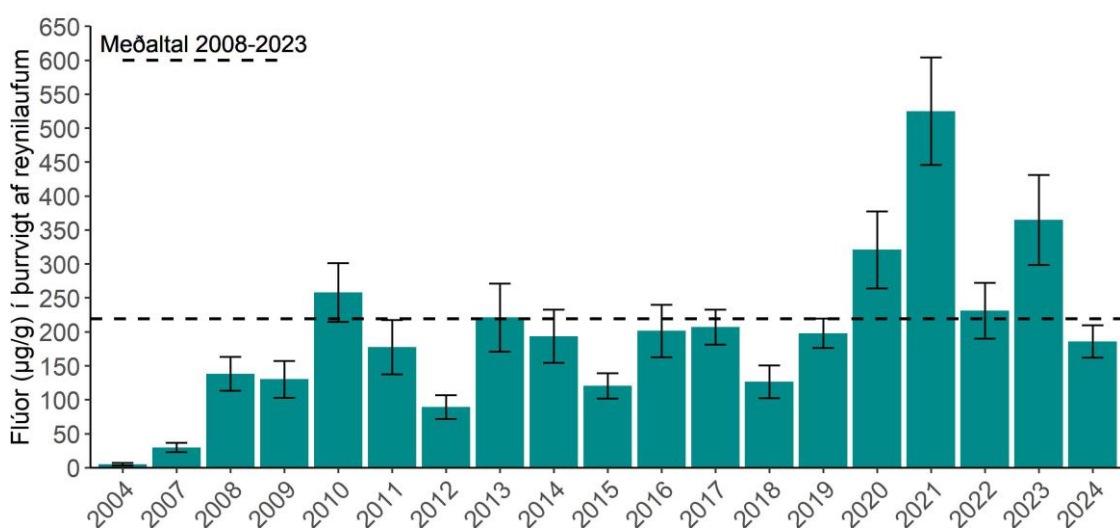
3.3.5.1 Flúor

Styrkur flúors í reynilaufum mældist frá 98–352 $\mu\text{g/g}$ 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 í þéttbýlinu í Reyðarfirði (49. mynd).



49. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).

Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var 186 $\mu\text{g/g}$ árið 2024 og voru gildin marktækt lægri en árið 2023 ($p=0,004$), en ekki marktækt frábrugðin meðalgildum árána 2008–2023 ($p=0,10$). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2024; $p=0,004$) en hann er nokkuð breytilegur milli ára (50. mynd) og við samanburð nýjustu gilda við gildi ársins á undan hefur mælst marktækur munur síðan árið 2018 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; 2021; Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2020; 2019).

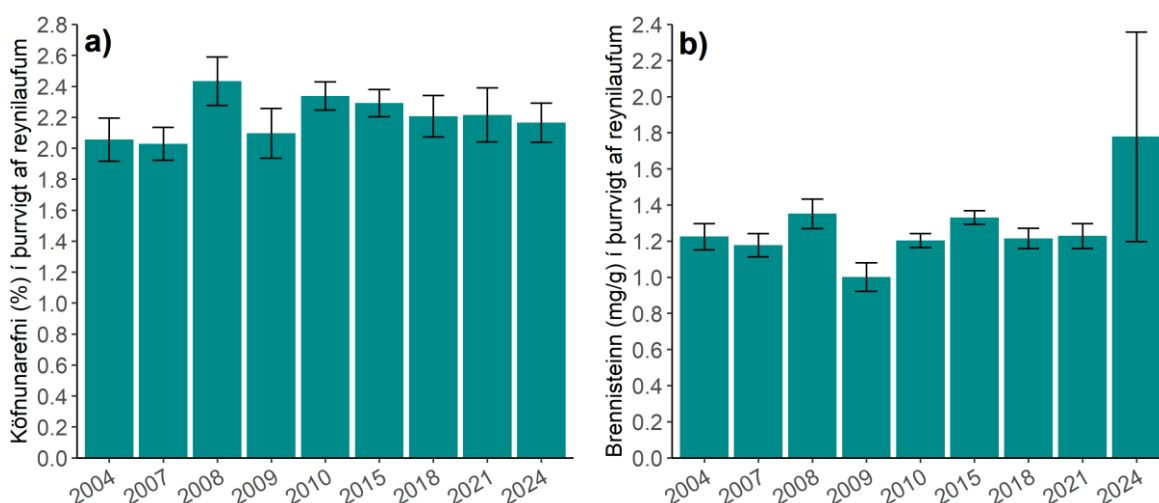


50. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í laufum reynitrjáa (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunngildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004, 2015 og 2017 ($n=10$), önnur ár ($n=9$).

3.3.5.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í lafum reyniviðar var að meðaltali 2,2% árið 2024 sem er sami styrkur og mældist árið 2021 og hafa gildin haldist svipuð frá upphafi mælinga (51. mynd a). Styrkur brennisteins í lafum reyniviðar var að meðaltali 1,8 mg/g árið 2024 sem er hærri styrkur en hefur áður mælst (51. mynd b). Styrkurinn var einnig meira breytilegur milli sýnatökustaða en áður og var spönnin frá 0,4 til 5,3 mg/g. Hæstu gildin mældust á sýnatökustöðum BL5, BL7 og BL9, sem bendir ekki til þess að hærri styrkur brennisteins þar árið 2024 en fyrri ár sé tengdur starfsemi álversins (49. mynd).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í lafum reynitrijaá fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 8.



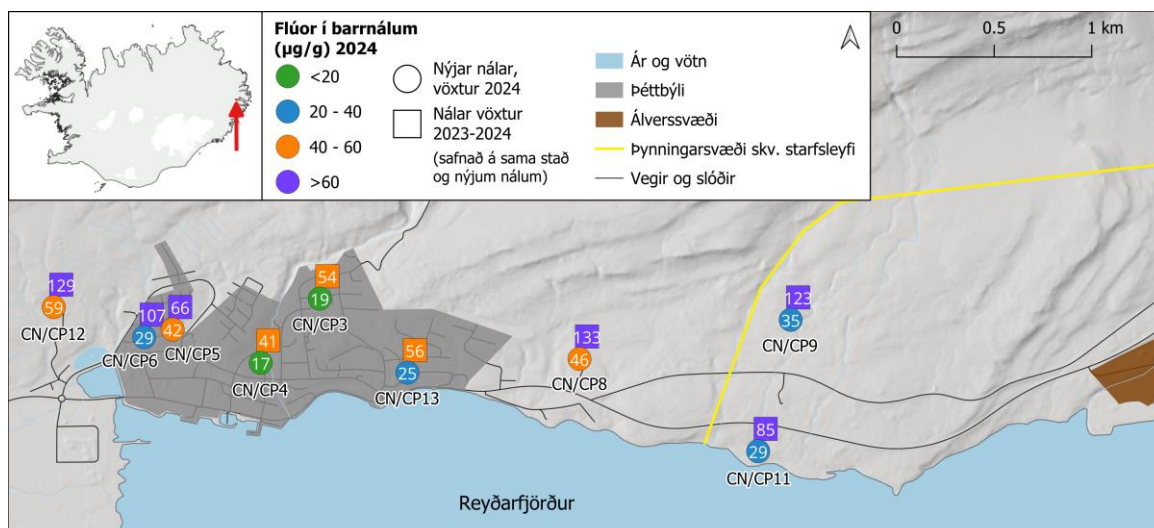
51. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í lafum reyniviðar (með staðal-skekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 og 2015 ($n=10$), önnur ár ($n=9$).

3.3.6 Barrnalar

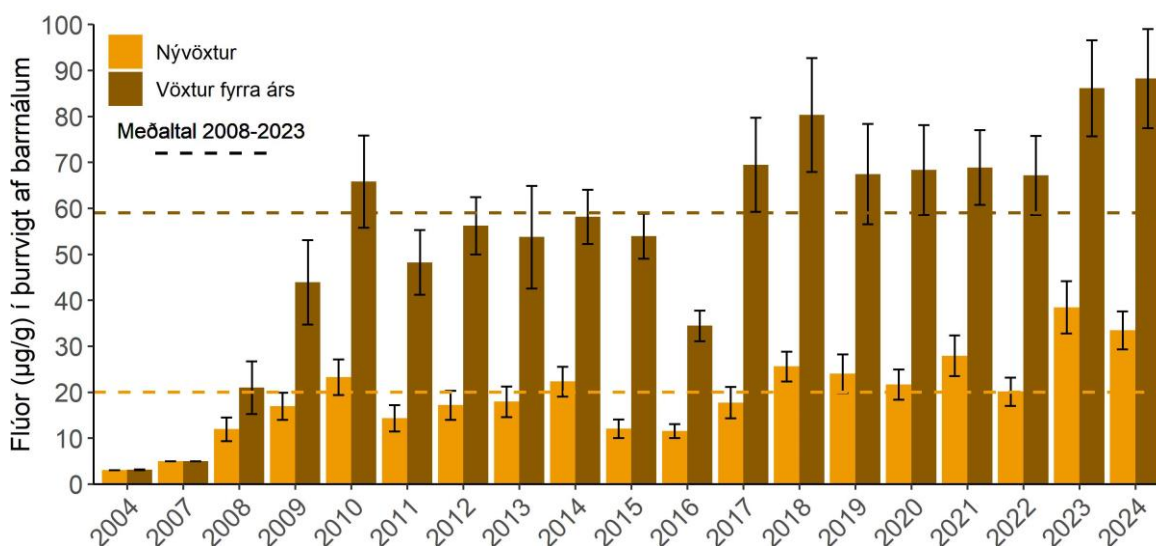
3.3.6.1 Flúor

Styrkur flúors í nýjum barrnálm mældist frá 17–59 $\mu\text{g/g}$ og í barrnálm fyrra árs mældist styrkurinn frá 41–133 $\mu\text{g/g}$ (52. og 53. mynd). Hæsta gildið í nýjum nálm mældist á sýnatökustaðnum CN12, við Kollaleiru. Það er í fyrsta skiptið sem hæsta gildið í ný-vöxnum nálm mælist á sýnatökustaðnum fjærst álverinu, en frá 2009 hafði hæsta gildið alltaf mælist á CN8 eða CN9. Hæstu gildin í nálm fyrra árs mældust á sýnatökustað CP8, á Teigagerði. Lægstu gildin í nýjum nálm og nálm fyrra árs mældust á sýnatökustað CN/CP4 sem er innan þéttbýlis (52. mynd).

Ársmeðaltal flúors í nýjum barrnálm árið 2024 var 33 $\mu\text{g/g}$ og 88 $\mu\text{g/g}$ í barrnálm fyrra árs. Styrkur flúors í nývöxnum nálm árið 2024 var ekki marktækt frábrugðinn styrknum í þeim árið 2023 ($p=0,41$) og styrkurinn í nálm fyrra árs ekki heldur ($p=0,81$). Gildi ársins 2024 voru hærri en meðalgildi árána 2008–2023 fyrir bæði nýjar nálar ($p=0,008$) og nálar fyrra árs ($p=0,004$). Styrkur flúors í barrnálm hefur hækkað mikið frá því áður en álverið tók til starfa og voru meðalgildi árána 2008–2024 marktækt hærri en bakgrunns-gildi fyrir nýjar nálar ($p=0,004$) og nálar fyrra árs ($p=0,004$; 53. mynd).



52. mynd. Sýnatökustaðir barnnála (hringir) í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnnálum (CN) og barnnálum frá fyrra ári (CP) í október 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).



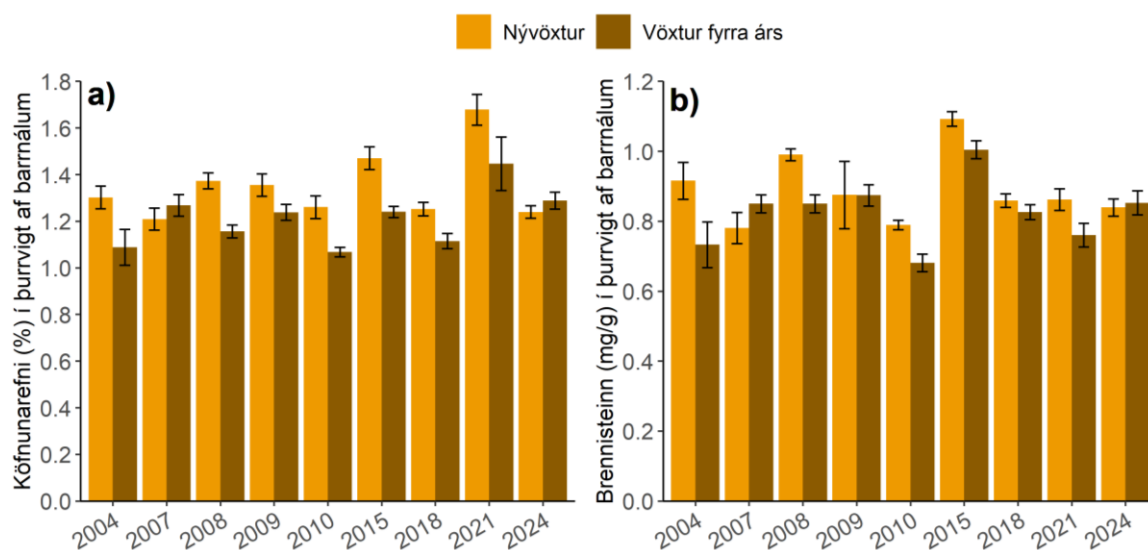
53. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í barnnálum (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 ($n=10$) og 2010–2024 ($n=9$). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

Sígræn tré fella ekki laufin 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).

3.3.6.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í nývöxnu barri árið 2024 var 1,2% og 1,3% í barnnálum fyrra árs. Styrkurinn virtist í báðum tilfellum lægri samanborið við árið 2021 en svipaður á árið 2018 (54. mynd a). Styrkur brennisteins árið 2024 mældist að meðaltali 0,84 mg/g í nývöxnu barri 0,85 mg/g í barnnálum fyrra árs sem er svipaður styrkur og mældist árin 2021 og 2018 (54. mynd b).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í barnálum fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 9.

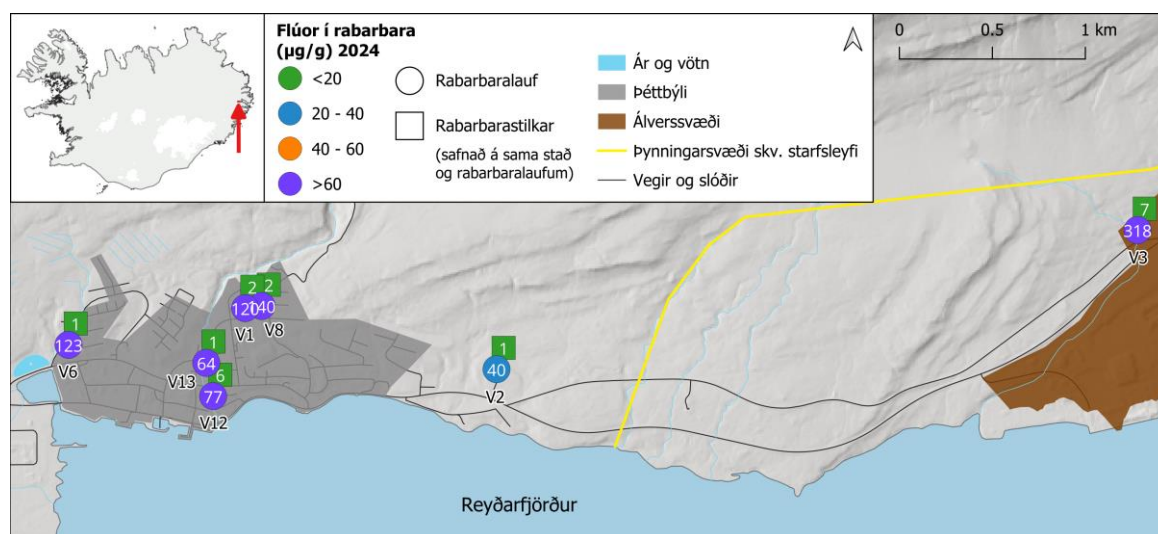


54. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í barnálum (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 (n=10) og 2010–2024 (n=9). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

3.3.7 Rabarbari

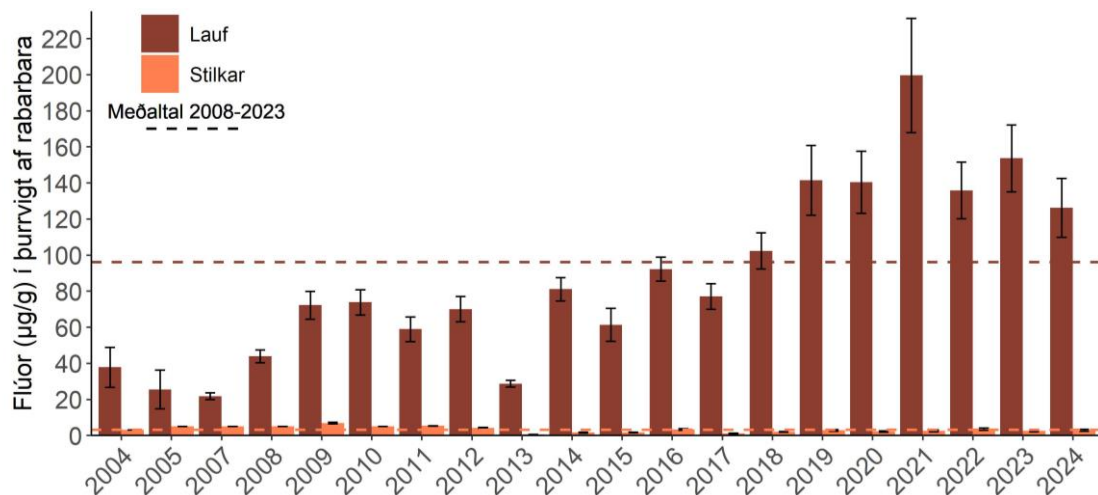
3.3.7.1 Flúor

Meðalstyrkur flúors í laufblöðum rabarbara í þremur sýnatökuferðum mældist 57, 135 og 187 $\mu\text{g/g}$. Hæsta einstaka gildi mældist í ágúst á sýnatökustað V3 (545 $\mu\text{g/g}$) sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, líkt og fyrri ár. Lægsta einstaka gildið (19 $\mu\text{g/g}$) mældist í júní á sýnatökustað V2 við Teigagerði. Flúor í stilkum mældist frá 0,2–16 $\mu\text{g/g}$ sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (55. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



55. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði (hringir) og meðalstyrkur flúors í laufum og stilkum í þremur sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 126 $\mu\text{g/g}$ og voru gildin ekki marktækt frábrugðin gildum ársins 2023 ($p=0,09$), né heldur meðalgildum áráanna 2008–2023 á þeim sjö sýnatökustöðum sem voru mældir 2024 ($p=0,16$). Flúor í laufum rabarbara hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunnigilda við meðaltöl áráanna 2008–2024; $p=0,02$) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (56. mynd). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2024 var 5 $\mu\text{g/g}$ og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt (56. mynd).



56. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í rabarbara árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2024 í Reyðarfirði. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökuferð, en sex árin 2007–2013 og þrjár árin 2014–2023. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 ($n=5$), 2005 og 2007–2016 ($n=8$), 2017–2019 og 2024 ($n=7$), 2020–2023 ($n=6$).

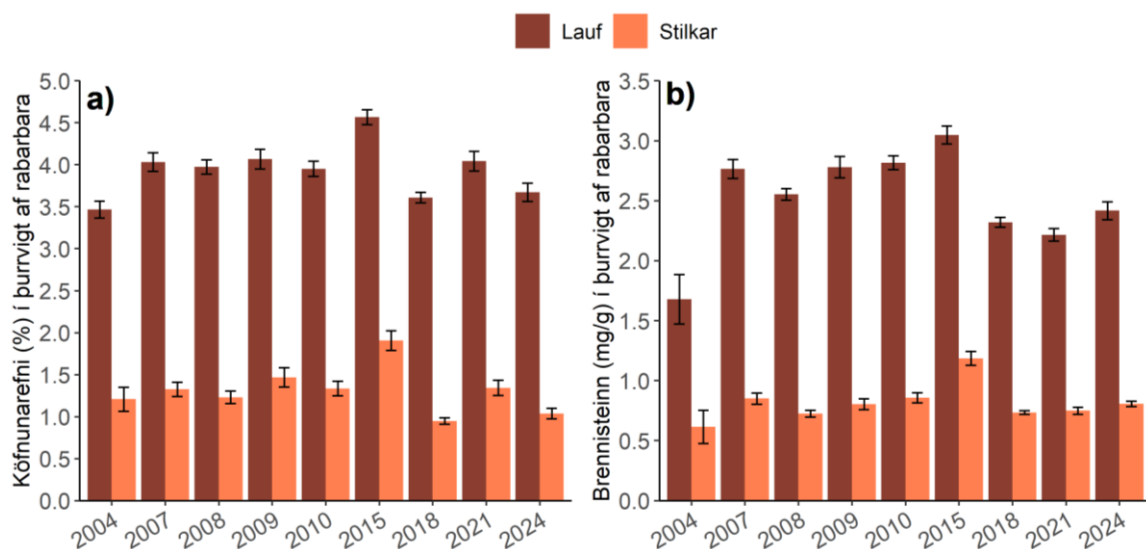
3.3.7.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Ársmeðaltal köfnunarefnis í rabarbara stilkum árið 2024 var 1,0% og 3,7% í laufum, sem eru svipuð gildi og hafa oftast mælst þau ár sem köfnunarefni í rabarbara hefur verið kannað (57. mynd a). Styrkur brennisteins árið 2021 mældist að meðaltali 0,7 mg/g í stilkum rabarbara og 2,2 mg/g í laufum rabarbara og er það sami eða svipaður styrkur og mældist árin 2021 og 2018 (57. mynd b).

3.3.7.1 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara var svipaður milli áráanna 2024 og 2023 (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 áráanna 2024 og 2023 (3. tafla). Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum.



57. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í rabarbara (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í sýnum úr einni sýnatökuferð árið 2004, sex árin 2007 og 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009 og frá og með 2015. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 (n=5), 2007–2010 og 2015 (n=8), 2018 og 2024 (n=7), 2021 (n=6).

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 2024. 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 2024 og ekkert sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis, brennisteins og þungmálma í rabarbarasýnum árið 2024 má sjá í viðauka 10.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013–2024. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: 2014–2016 (n=8), 2017–2019 og 2024 (n=7), 2020–2023 (n=6).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
2013	<0,020	0,087	0,036	0,998	<0,005	0,750	<0,020	20,18
2014	<0,090	0,033	0,032	0,854	<0,010	0,627	<0,040	20,06
2015	<0,070	0,058	0,033	0,907	<0,009	0,738	<0,030	11,46
2016	0,009	0,065	0,081	0,813	0,002	0,599	0,010	12,82
2017	0,002	0,053	0,051	0,827	0,001	0,486	0,009	12,23
2018	<0,004	0,043	0,047	0,695	<0,004	0,466	0,009	10,29
2019	0,016	0,069	0,093	0,780	0,004	0,817	0,065	13,21
2020	0,012	0,058	0,081	0,977	0,010	0,612	0,019	13,25
2021	0,021	0,084	0,066	1,160	<LOD	0,947	0,139	21,74
2022	0,022	0,092	0,046	0,612	0,003	0,934	0,025	21,75
2023	<LOD	0,066	0,062	1,065	0,003	0,745	0,026	16,12
2024	<LOD	0,065	0,041	0,799	0,006	0,679	0,022	13,93

3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013–2024. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: 2014–2016 ($n=8$), 2017–2019 og 2024 ($n=7$), 2020–2023 ($n=6$).

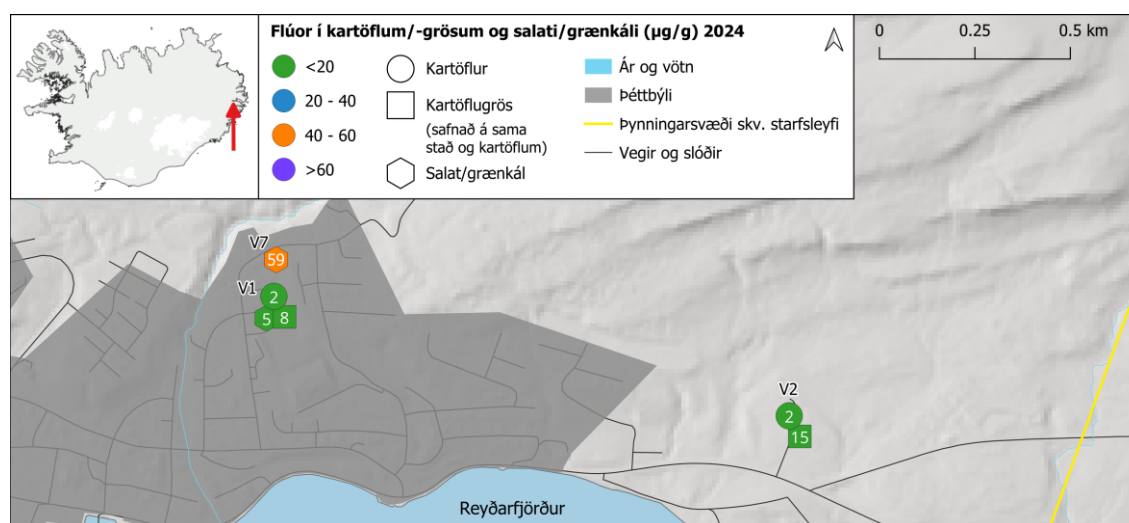
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
2013	<0,020	0,012	0,011	0,254	0,010	0,135	0,029	3,89
2014	<0,090	0,013	0,011	0,294	<0,010	0,176	<0,040	4,16
2015	<0,070	0,012	<0,020	0,216	<0,009	0,205	<0,030	2,33
2016	0,0005	0,011	0,013	0,188	<0,0001	0,135	0,004	2,53
2017	0,0006	0,009	0,005	0,161	<0,00009	0,082	0,004	2,04
2018	<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	<LOD	0,013	0,008	0,228	<LOD	0,129	0,011	4,53
2023	<LOD	0,011	0,013	0,280	<LOD	0,162	0,011	3,53
2024	<LOD	0,013	0,010	0,237	0,003	0,131	0,014	3,19

3.3.8 Kartöflur og grænmeti

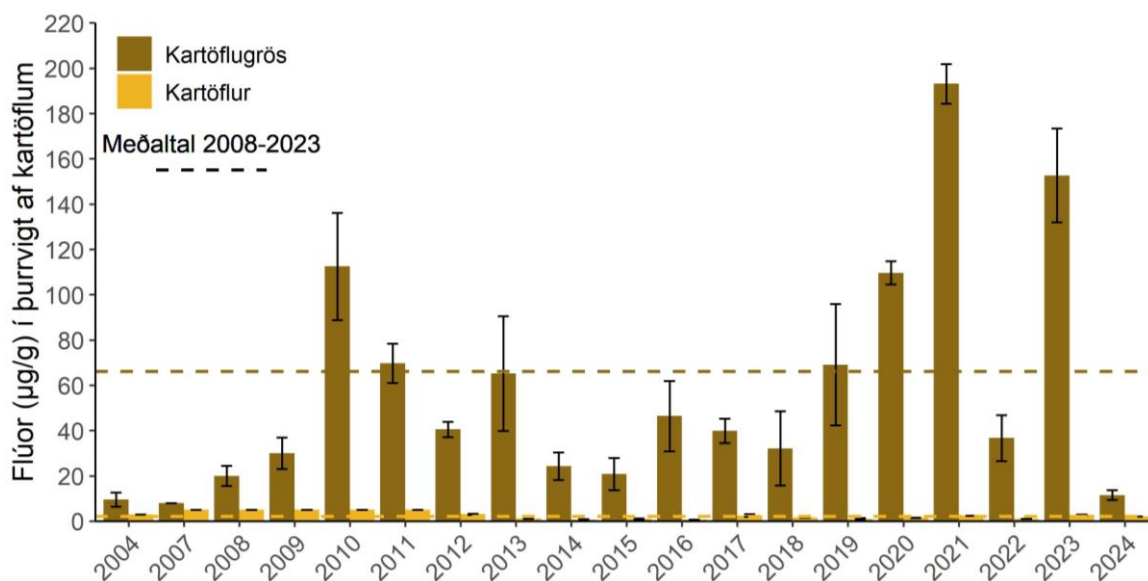
3.3.8.1 Flúor

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist $8 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V1 í þéttbýlinu og $15 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V2 við Teigagerði (58. mynd). Meðalstyrkur flúors í kartöflugrösum var mun hærri árið 2023 ($139 \mu\text{g/g}$ að meðaltali á sýnatökustöðum V1, V2 og V7), en nokkuð svipaður árið 2022 ($37 \mu\text{g/g}$) (59. mynd). Meðalstyrkurinn 2024 var talvert lægri en meðalstyrkur áranna 2008–2022 ($62 \mu\text{g/g}$). Styrkur flúors í kartöflugrösum er breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára. Styrkur flúors í þeim tveimur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur ($2 \mu\text{g/g}$) (59. mynd). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors geti mælst hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.

Í grænlaufsali var styrkur flúors $5 \mu\text{g/g}$ og í grænkáli $59 \mu\text{g/g}$ (58. mynd). Styrkur flúors í salati og grænkáli er breytilegur á milli ára. Í bakgrunnsúttekt árið 2004 var styrkur þess $<3 \mu\text{g/g}$ en greiningarmörk þá voru hærri.



58. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og kartöflugrasa (V1 og V2), auk salats (V1) og grænkáls (V7) í Reyðarfirði og styrkur flúors í sýnum sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).

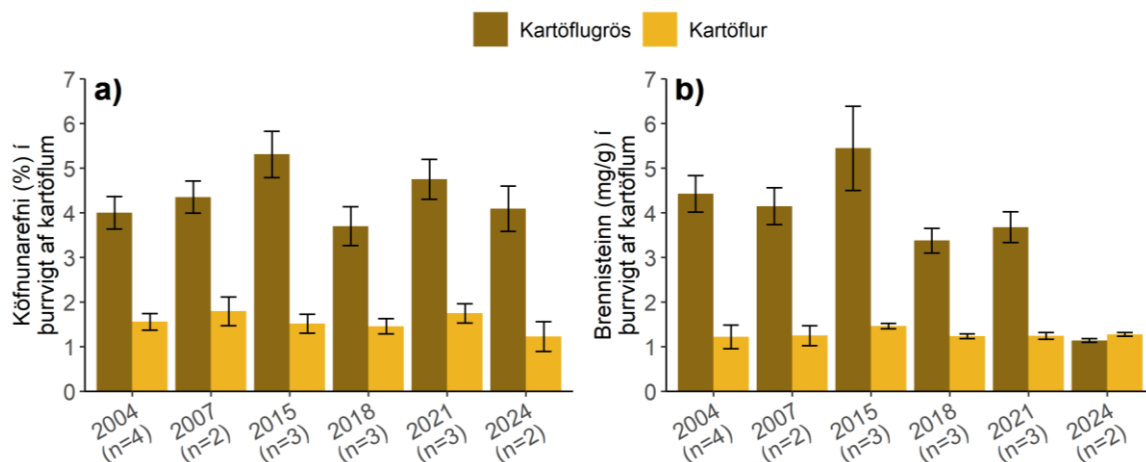


59. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kartöflum og kartöflugrösum (með staðalskekkju) á tveimur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007–2024.

3.3.8.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í kartöflugrösum mældist 4,9% á sýnatökustað V1 í þéttbýlinu og 3,3% á sýnatökustað V2 við Teigagerði. Í kartöflum mældist styrkurinn 1,8% á V1 og 0,7% á V2. Í báðum tilvikum virtist ársmeðaltal köfnunarefnis vera örlítið lægra árið 2024 en árið 2021, svipað og árið 2018 (60. mynd a), en þau byggja aðeins á tveimur til þremur sýnum. Styrkur köfnunarefnis í kartöflum annars vegar og kartöflugrösum hins vegar er í samræmi við dreifingu á styrk flúors innan kartöfluplöntunnar, þ.e. styrkurinn mælist mun lægri í kartöflunum en í laufblöðum plöntunnar (59. mynd).

Ársmeðaltal brennisteins í kartöflugrösum árið 2024 var 1,1 mg/g sem var talsvert lægri styrkur en hefur áður mælst, en í kartöflum var meðalstyrkurinn 1,3 mg/g sem svipar til fyrri mælinga (60. mynd b). Styrkur brennisteins í kartöflum annars vegar og kartöflugrösum hins vegar hefur alltaf nema árið 2024 mælst mun lægri í kartöflum en í laufum plöntunnar, en hafa skal í huga að afar fá gildi eru á bakvið meðaltölin á 60. mynd.



60. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í kartöflum og kartöflugrös (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga.

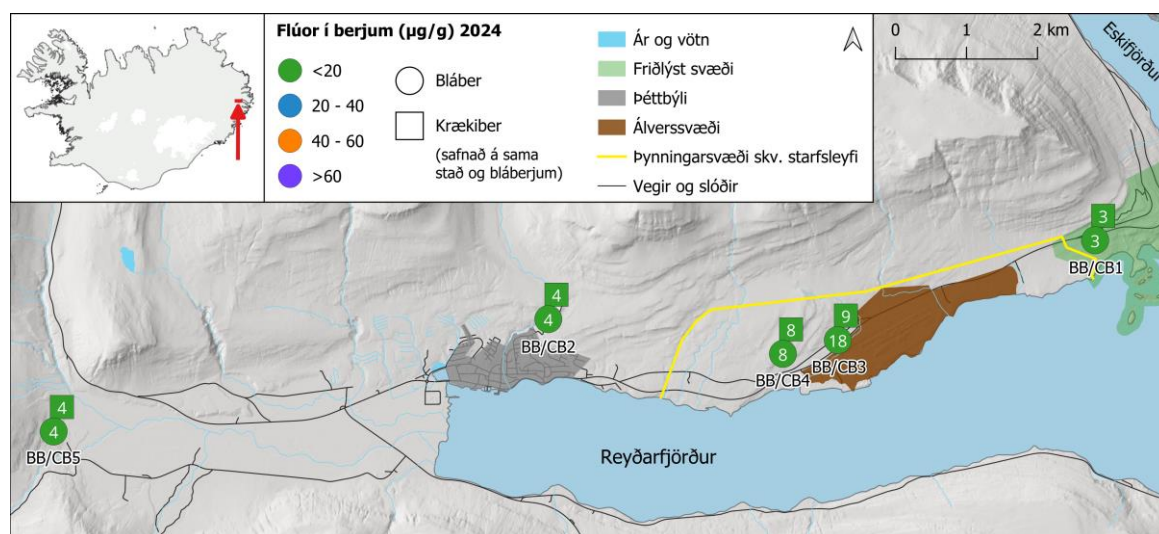
Styrkur köfnunarefnis mældist 3,0% í grænlaufsalati og 2,7% í grænkáli og styrkur brennisteins mældist 1,57 mg/g í salati og 1,11 mg/g í grænkáli.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í kartöflum og grænmeti fyrir árið 2024 má sjá í viðauka 8.

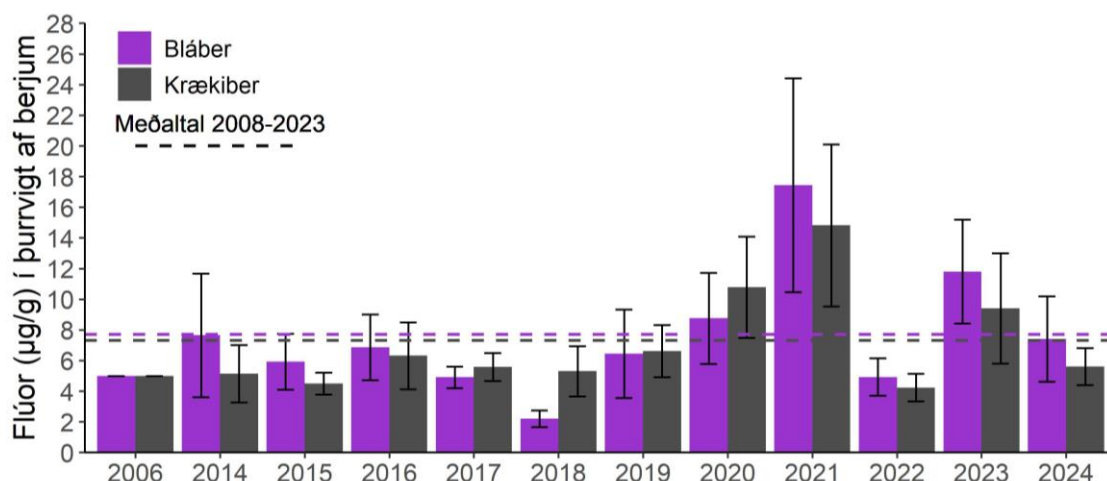
3.3.9 Bláber og krækiber

3.3.9.1 Flúor

Styrkur flúors í krækiberjum og bláberjum mældist frá 3–18 $\mu\text{g/g}$. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustöðum BB/CB3 (61. mynd). Meðalstyrkur flúors í bláberjum var 7 $\mu\text{g/g}$ og 6 $\mu\text{g/g}$ í krækiberjum og voru gildin í báðum tilvikum lægri árið 2024 en árið 2023 (62. mynd).



61. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2024. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).



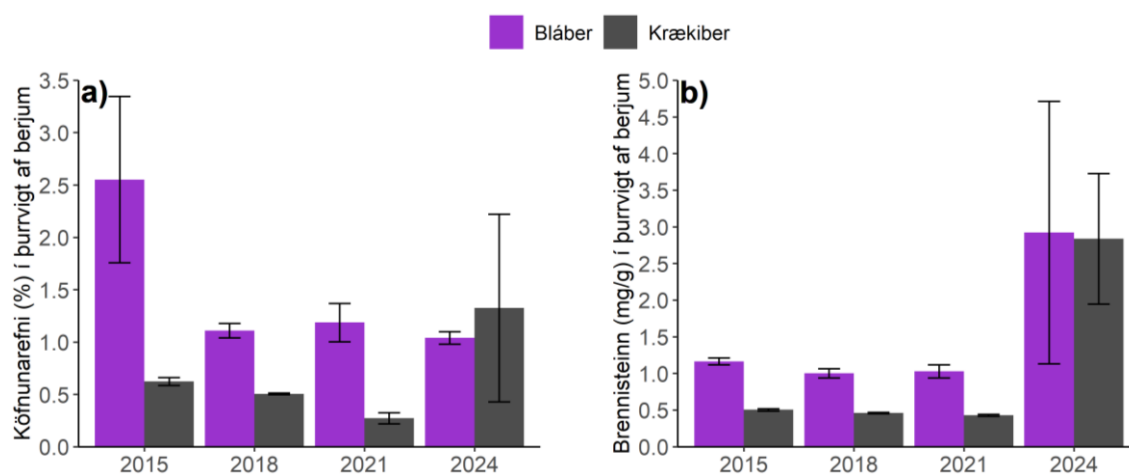
62. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum árin 2006 og 2014–2024 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 $\mu\text{g/g}$.

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 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; Weinstein & Davison, 2004).

3.3.9.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í bláberjum árið 2024 var 1,0% og í krækiberjum var hann 1,3% (63. mynd a). Meðalstyrkur köfnunarefnis hefur frá upphafi mælinga verið lægri í krækiberjum en í bláberjum, en hærri meðalstyrk í þeim árið 2024 mátti rekja til sýnis CB2, rétt ofan við þéttbýlið (61. mynd), þar sem styrkurinn mældist 4,9%. Án þess sýnis hefði meðalstyrkur köfnunarefnis í krækiberjum verið 0,4%, svipaður og hann hefur mælst fyrri ár (63. mynd a). Meðalstyrkur brennisteins var 2,9 mg/g í bláberjum og 2,8 mg/g í krækiberjum árið 2024 (63. mynd b). Styrkurinn var hærri en í fyrri mælingum, en í bláberjum mátti rekja það til sýnatökustaðar BB5, sem er inn af Áreyjum, þar sem styrkurinn mældist 10 mg/g á meðan hann var undir 1,3 mg/g á öðrum stöðum og í krækiberjum mældist styrkurinn u.þ.b. 5 mg/g á sýnatökustöðum CB1 og CB2, en á bilinu 1,1–1,7 mg/g á öðrum stöðum. Ástæður þessara háu gilda eru því óljósar en staðsetning sýnatökustaðanna bendir ekki til þess að hækkunina megi rekja til álversins. Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í bláberjum og krækiberjum í fyrsta sinn árið 2015.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 8.



63. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum, þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði.

3.3.10 Hey og fóðurkál

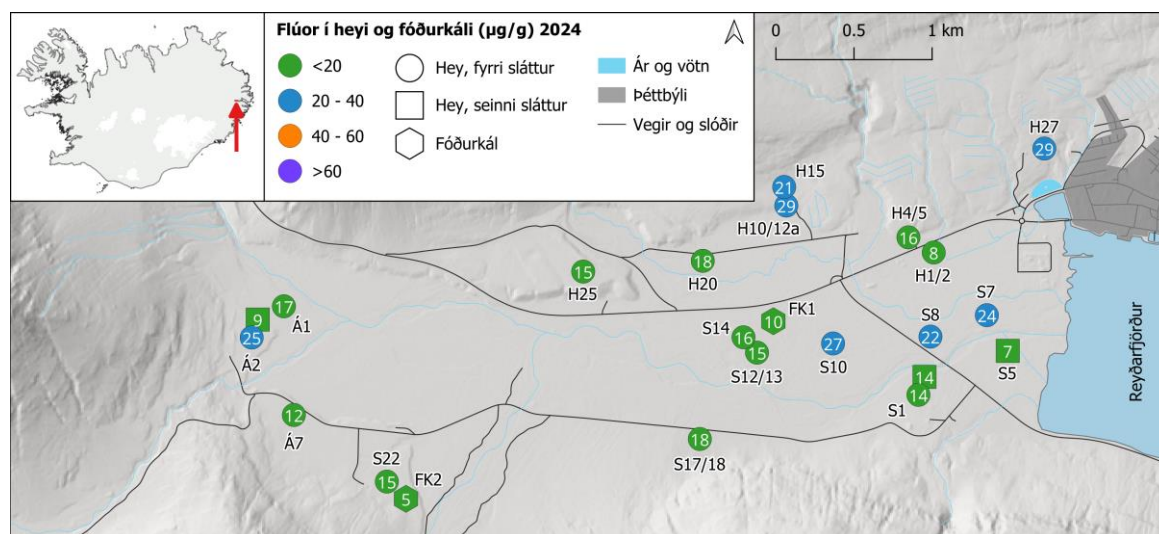
3.3.10.1 Flúor

Styrkur flúors í heysýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 7–29 µg/g miðað við 0% rakainnihald (64. mynd). Meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu var 17 µg/g og Áreyjum 16 µg/g, sem er undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) sem og viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald) en það hey er ætlað sauðféi. Hey sem ætlað er hestum var að meðaltali 19

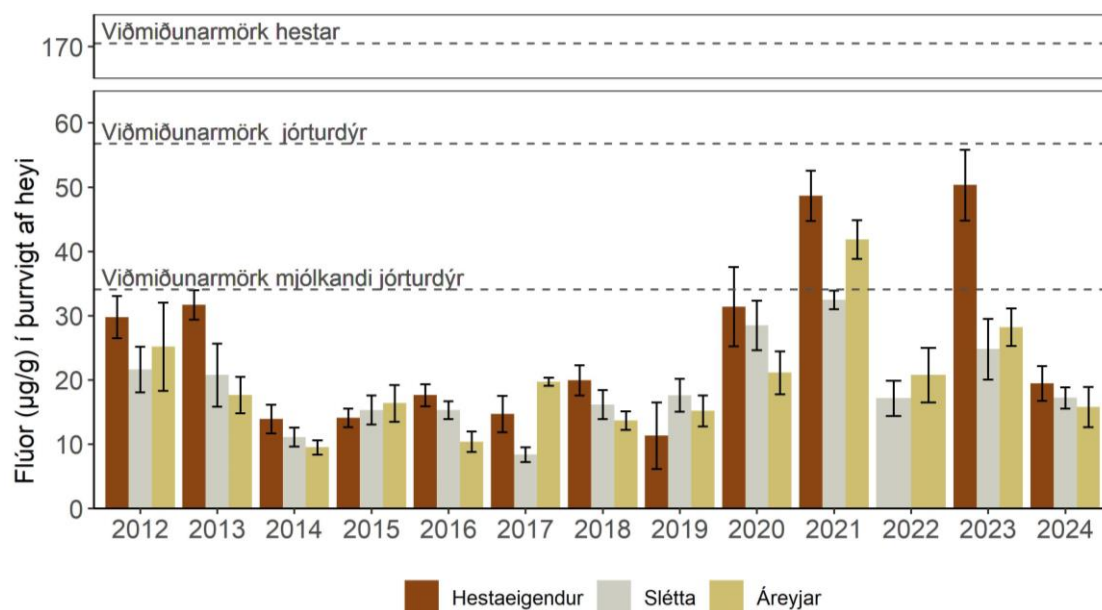
$\mu\text{g/g}$ og undir þeim viðmiðum sem gefin eru fyrir þá ($170,5 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) (65. mynd).

Styrkur flúors í vetrarhevi var $14 \mu\text{g/g}$ við Sléttu, $3 \mu\text{g/g}$ við Áreyrar og $32 \mu\text{g/g}$ í beitarhólfi við 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.

Flúor var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli árið 2024 (FK1 og FK2, 64. mynd). Styrkur flúors var $10 \mu\text{g/g}$ í sýni FK1 og $5 \mu\text{g/g}$ í sýni FK2 og er það undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr ($56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi jörturdýr ($34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald).



64. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli sem tekin voru í september 2024, m.v. 0% rakainnihald. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2020a–b).



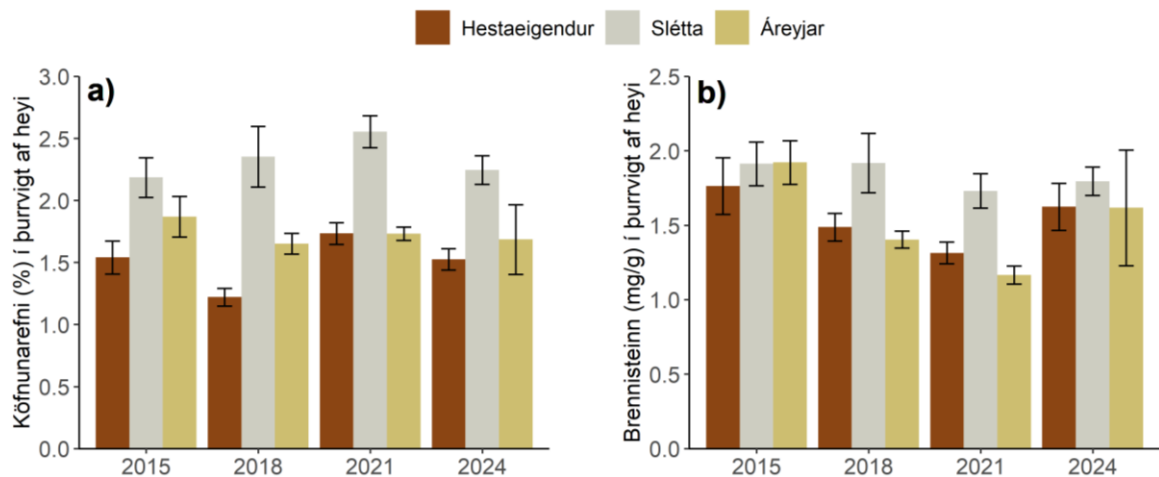
65. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í hevi (með staðalskekkju) árin 2012–2024 í Reyðarfirði og viðmiðunarmörk flúors í heilfóðri fyrir búfénað. Fjöldi sýnatökustaða: 2012–2013 og 2016 ($n=17$), 2014 og 2021 ($n=22$), 2015 og 2019 ($n=14$), 2017–2018 ($n=15$), 2020 ($n=20$), 2022 ($n=11$), 2023–2024 ($n=21$).

3.3.10.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í heyi í Reyðarfirði árið 2024 var 1,5% í heyi sem heyjað var af hestaeigendum, 2,2% í heyi frá Sléttu og 1,7% í heyi frá Áreyjum og eru það svipuð gildi og mælt hafa í fyrri mælingum (66. mynd a). Meðalstyrkur brennisteins í heyi í Reyðarfirði árið 2024 var 1,6 mg/g sem heyjað var af hestaeigendum, 1,8 mg/g í heyi frá Sléttu og 1,6 mg/g í heyi frá Áreyjum og eru það einnig nokkuð svipuð gildi og mælt hafa í fyrri mælingum (66. mynd b).

Styrkur köfnunarefnis í vetrarheyi var 1,7% við Sléttu, 1,1% við Áreyrar og 1,3% í beitarhólfi við Njörvadalsá. Styrkur brennisteins í vetrarheyi var 1,6 mg/g við Sléttu, 1,1 mg/g við Áreyrar og 1,4 mg/g í beitarhólfi við Njörvadalsá. Styrkur köfnunarefnis í fóðurkáli var 3,3% í sýni FK1 og 3,0% í sýni FK2 og styrkur brennisteins var 0,46 mg/g í sýni FK1 og 0,47 mg/g í sýni FK2 (64. mynd sýnir staðsetningu þeirra).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í heysýnum og sýnum af fóðurkáli fyrir árið 2024 er að finna í viðauka 11.



66. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (a) og brennisteins (b) í heyi (með staðalskekkju) þau ár sem efnin hafa verið mæld í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2015 ($n=14$), 2018 ($n=15$), 2021 ($n=22$), 2024 ($n=21$).

4 Sjónræn skoðun á gróðri

Eftirfarandi efnisgrein er unnin upp úr bók Weinstein og Davison (2004) um umhverfis-áhrif flúors (*Fluorides in the Environment*). 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. 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. 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. Þá getur flúor valdið fölnun eða gulnun (e. chlorosis) í laufblöðum. Slík einkenni eru oftast talin vera vegna ónógrar birtu eða vegna skorts á jární eða magnesíum í jarðvegi og ástæður þess að flúor veldur gulnun er binding þess við magnesíum í plöntunni sem veldur magnesíumskorti í plöntunni.

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 (Vike, 1999). Tengsl voru á milli skemmda í laufblaði og styrk flúors en hins vegar var breytilegt eftir stöðum í Noregi hversu mikinn styrk flúors sömu tegundir þoldu áður en bera fór á skemmdum og hafði veðurfar og lega svæðis þar mikið að segja. Þá ber að hafa 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 2024.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 14. ágúst 2024. Plönturnar voru ljósmyndaðar og kannað hvort þær sýndu mögulega einkenni flúorskemmda eða hvort vaxtarstöðum þeirra væri á einhvern hátt ógnað. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

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

Tvær þessara tegunda, giljaflækja og þyrnirós, eru tilgreindar á válista æðplantna og eru taldar í nokkurri hættu (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2018). Báðar tegundir eru friðaðar (Auglýsing um friðun æðplantna, mosa og fléttna, 2021).

Giljaflækja og fuglaerta voru í blóma eða komnar í fræmyndun og engar flúorlíkar skemmdir á plöntunum (67. mynd). Vaxtarstað tegundanna tveggja hefur í allnokkur ár verið ógnað af útbreiðslu skógarkerfils, sem er ágeng tegund (Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins, 2010). Hins vegar virðast stórgerðar tegundir slæðinga hafa verið slegnar reglulega síðustu ár og útbreiðsla giljaflækju og fuglaerta hefur aukist verulega.

Engar flúorlíkar skemmdir fundust á plöntum þyrnirósar og þær voru heilbrigðar að sjá (68. mynd). Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn, þar sem plöntur eru almennt minni en á neðri vaxtarstaðnum. Við neðri vaxtarstaðinn voru aspir farnar að ógna vaxtarstað þyrnirósar. Á báðum svæðunum voru plöntur að mestu komnar úr blóma.



67. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í ágúst 2024 í Reyðarfirði. Myndir: GÓ.



68. mynd. Þyrnirós á efri vaxtarstað tegundarinnar í Reyðarfirði sí ágúst 2024. Mynd: GÓ.

Á vaxtarstað aronsvandar voru flestar plöntur komnar úr blóma og farnar að mynda fræ. Nokkuð var um ummerki skordýrabeitar á laufblöðum en flúorlíkar skemmdir var ekki að sjá (69. mynd). Stóriburkni var frekar lítill og væskilslegur líkt og sl. tvö ár a.m.k. og nokkrir blaðendur voru skorpnrir, en erfitt var að segja til um hvort um flúorlíkar skemmdir væri að ræða (69. mynd).



69. mynd. Aronsvöndur með nokkuð skordýraétin lauf (t.v.) og stóriburkni með skorpna blaðenda (t.h.) í ágúst 2024 í Reyðarfirði. Myndir: GÓ.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 14. ágúst 2024. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors á sjö stöðum og eftirfarandi er samantekt athugunar á hverjum stað.

1. **Sómastaðir:** 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 1–5% laufblaða víðis og aspa. Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna og á nýjum blöðum.
2. **Ofan álvers:** Rétt vestan við Sómastaði, 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 mjög heilbrigð að sjá og báru marga rekla, enda var árið 2024 afar gott fræár á Austurlandi og víðar. Engar flúorlíkar skemmdir voru sjáanlegar (70. mynd).
3. **Trjárækt:** Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Tré voru almennt gróskumikil og heilbrigð. Engar flúorlíkar skemmdir voru sjáanlegar á birki. Á reynitrjám voru smáblöð krumpuð og dauðir endar en erfitt var að segja til um hvort um flúorlíkar skemmdir væri að ræða (70. mynd).
4. **Framnes:** Við Framnes sáust flúorlíkar skemmdir á blöðum sigurskúfs (1%) og víðis (>10%; 70. mynd). Sigurskúfur hefur breitt mikið úr sér síðustu ár og þekur stóran hluta svæðisins. Búið var að fjarlægja alla bergfuru af svæðinu.
5. **Teigagerði:** Við Teigagerði voru reynir, víðir, greni og rifs almennt heilbrigð. Greina mátti flúorlík einkenni á 1–2% blaða reynis, víðis og aspar og þá helst á efstu greinunum og á nýjum blöðum. Á greni mátti sjá flúorlík einkenni á 2–5% nála.

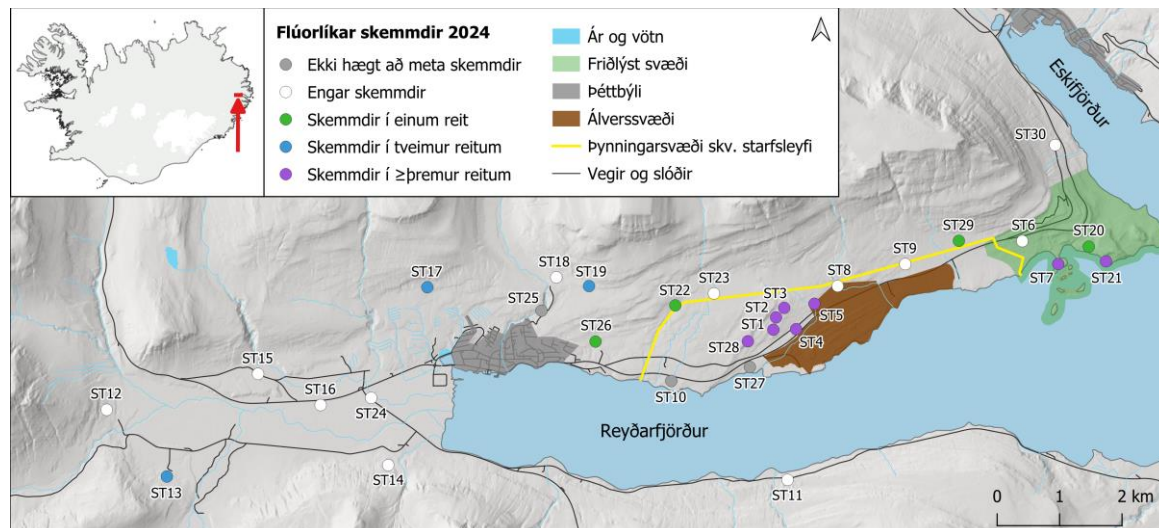
6. **Kirkjugarður:** Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var gróður almennt heilbrigður og án athugasemda.
7. **Þéttbýli:** Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var almennt gróskumikill en þó mátti sjá einhverja óværu, einkum á birki og ösp. Flúorlíkar skemmdir sáust sums staðar á nýjum blöðum víðis og aspar, en almennt virtist meira um þær á nálum lerkis og furu, sem sums staðar hafði skemmdir á flestum eldri nálum (70. mynd). Áberandi skemmdir á furunálum fyrra árs eru í samræmi við mælingar á flúor í nýjum nálum árið 2023, sem höfðu aldrei verið hærri (sjá kafla 3.3.6).



70. mynd. Birki án flúorlíkra skemmda og með marga rekla (uppi t.v.), skemmdir á laufum reynis sem erfitt er að meta m.t.t. flúoreinkenna (uppi t.h.) og flúorlíkar skemmdir á laufum víðis (niðri t.v.) og nálum furu (niðri t.h.) í Reyðarfirði í ágúst 2024. Myndir: GÓ.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 7., 9., 13. og 14. ágúst 2024 (71. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



71. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sást í 15 stöðvum, engar skemmdir í 12 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í þremur stöðvum sumarið 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á 15 stöðvum, engar skemmdir voru á 12 stöðvum og á þremur stöðvum var ekki hægt að meta skemmdir vegna útbreiðslu lúpínu (71. mynd). Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2024 sást aðallega á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*), stinnastör (*Carex bigelowii*), og fjalldrapa (*Betula nana*). Undanfarin ár hafa fundist skemmdir á mosa á stöð 4 sem er innan þynningarsvæðis en þeirra varð ekki vart árið 2024.

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 2024 var gróður skoðaður í ágúst. Meðalhiti í júní var undir meðallagi á Austurlandi og úrkoma talsverð, júlí var þurrari og sólríkari, en ágúst var aftur kaldur og úrkomusamur (Veðurstofa Íslands, 2025). Árið áður fundust flúorlík einkenni á 18 stöðvum og þar af fundust skemmdir í ≥3 reitum á 13 stöðvum (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024), á meðan svo var á átta stöðvum í ár (71. mynd). Meira áberandi flúorlík einkenni árið 2023 en árið 2024 er í samræmi við mælingar á flúor í gróðri (sjá kafla 3.3) og einnig við samanburð veðurfars þessara sumra, en árið 2023 var júní óvenju hlýr og júlí og ágúst úrkomulitlir á Austurlandi (Veðurstofa Íslands, 2024). Áhrifum veðurfars á styrk flúors í gróðri er lýst í kafla 3.1.1.

Líkt og fyrri ár sást ýmskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2024 voru ummerki traðks og beitar talsvert áberandi og á ýmsum runnum og smárunnum sást 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 2024 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.

Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2024 er að finna í viðauka 12.

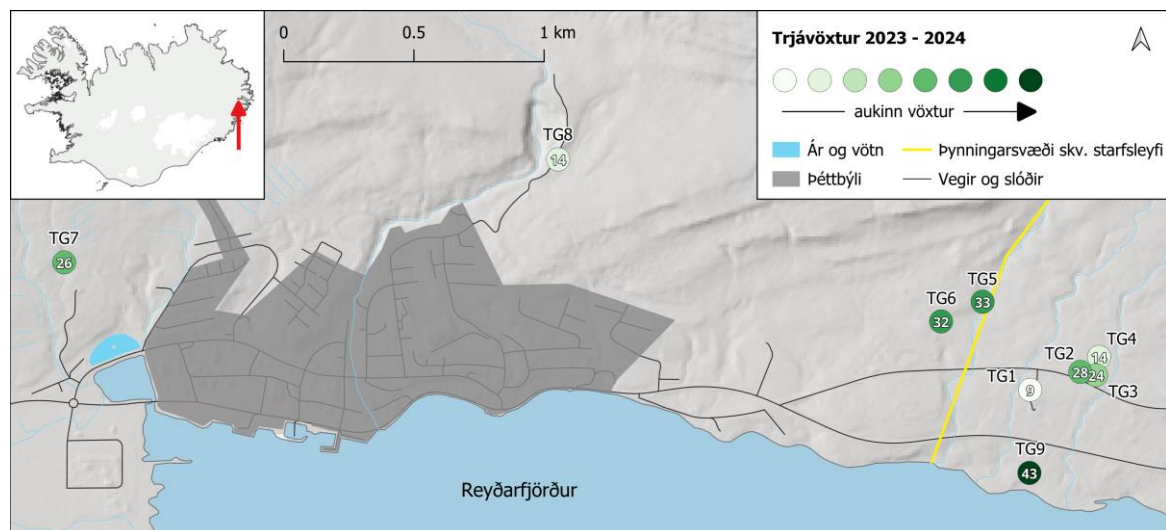
5 Trjávöxtur

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 72. mynd. Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprótar 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 endurteknar 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. Þó skal haft í huga að trén voru minni þá en í dag og mögulegur ársvöxtur því minni.

Árið 2024 voru mælingar framkvæmdar 29. og 30. október. Trjámælistika var notuð við mælingarnar líkt og undanfarin ár. Mælistikan var borin að stofni trjánna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mælt. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2024 þannig reiknaður út. Í reit 10 voru öll tré komin undir framkvæmdir og því var vöxtur ekki mældur þar.



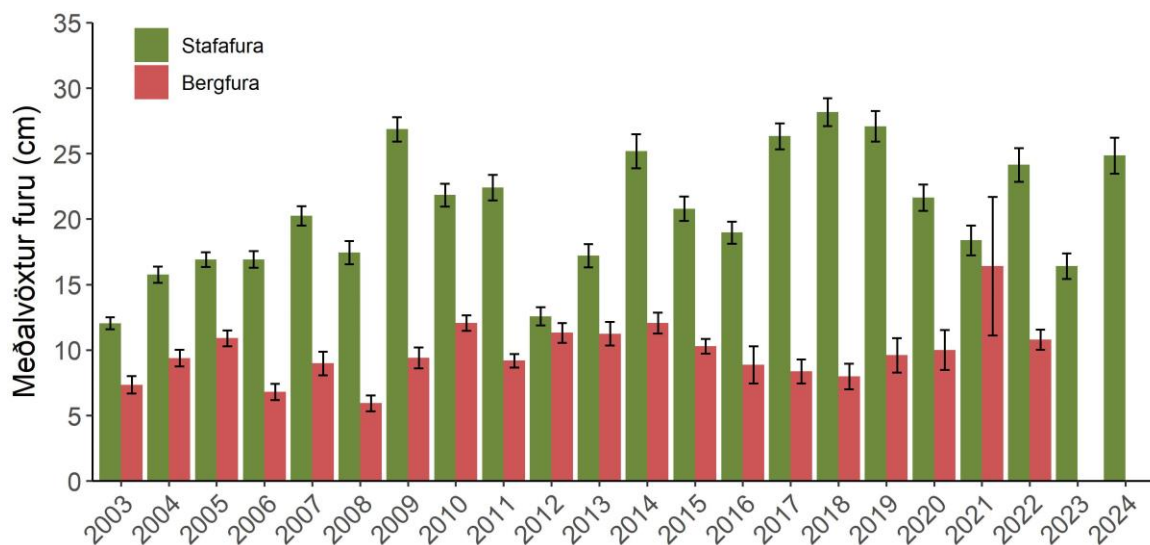
72. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu frá október 2023 til október 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020).

5.2 Niðurstöður

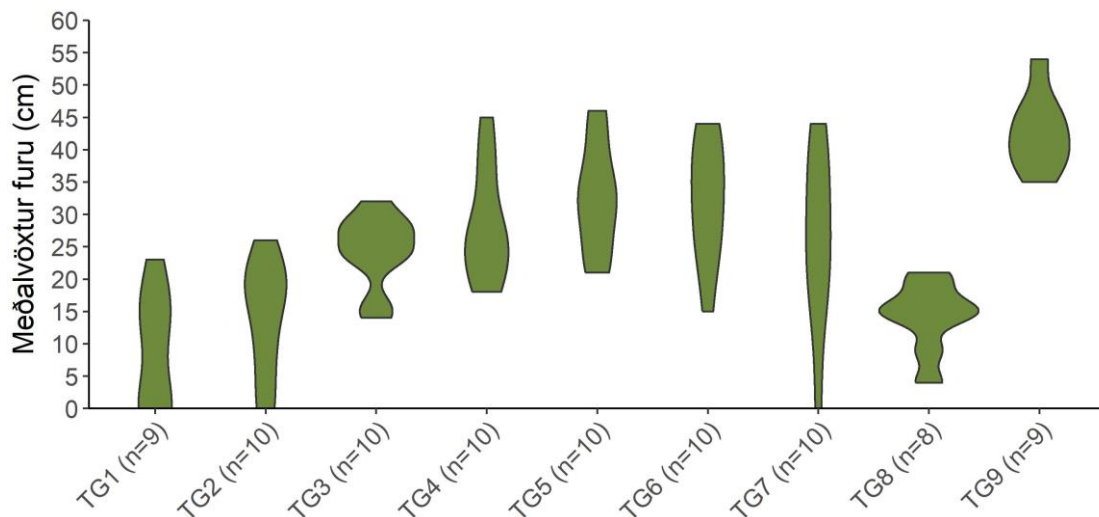
Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á svæðum 1–9 árið 2024 var 25 cm (73. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli svæða eða frá 9–43 cm (72. mynd) og var mestur á svæði 9, líkt og hann hefur oftast verið, eða öll ár frá 2009 fyrir utan árin 2015 og 2020. Auk þess að vera breytilegur milli svæða var ársvöxtur stafafuru einnig nokkuð breytilegur innan svæða (74. mynd).

Vöxtur stafafuru árið 2024 var meiri á öllum svæðum samanborið við árið á undan og var meðalársvöxturinn 9 cm meiri árið 2024 en 2023, en hins vegar svipaður og árið 2022 (73. mynd). Munur milli ársins í ár og í fyrra var mestur á svæðum 6 og 9, eða 15 cm meiri vöxtur en árið áður.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2024 má finna í viðauka 13.



73. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjásmælingreitum og bergfuru (rautt) með staðalskekkju meðaltalanna í trjásmælingreitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2024.



74. mynd. Vöxtur stafafuru á hverri staðsetningu (TG) árið 2024 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.

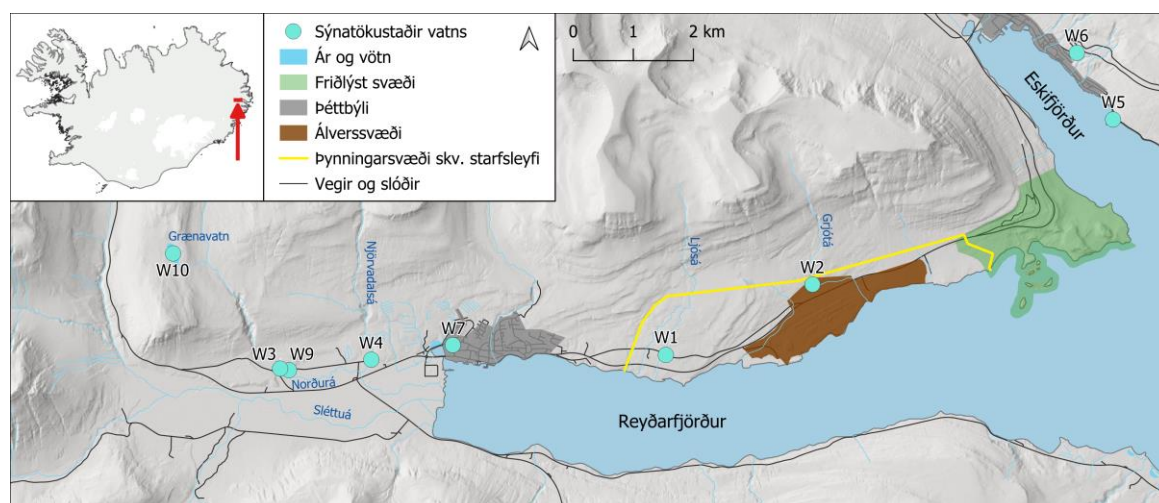
6 Yfirborðsvatn

6.1 Inngangur

Teknar eru saman niðurstöður mælinga á vatnssýnum frá Reyðarfirði og Eskifirði árið 2024. Sýnum var safnað á níu sýnatökustöðum árið 2024; úr fjórum ám (W1–W4), fjórum neysluvatnsstöðum (W5, W6, W7 og W9) og einu stöðuvatni (Grænavatn, W10) (75. mynd). Sýnatökustaður W8 (gamla dæluhúsið við Njörvadalsá) datt út í janúar 2021 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2022). Sýnum var safnað fjórum sinnum yfir árið af árvatni og neysluvatni (W1–W9), þann 30. janúar, 22. apríl, 30. júlí og 28. október, en tvisvar úr Grænavatni (W10), 30. júlí og 28. október.

Í öllum sýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, basarýmd (e. alkalinity), flúorstyrkur og styrkur brennisteins hjá Hafrannsóknarstofnun. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra kolvatnsefna (e. 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 annars vegar og neysluvatn hins vegar. Heildarniðurstöður má finna í viðaukum. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður níu undan- genginna ára auk þess sem niðurstöður ársins 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi.



75. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2024 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

6.2 Niðurstöður

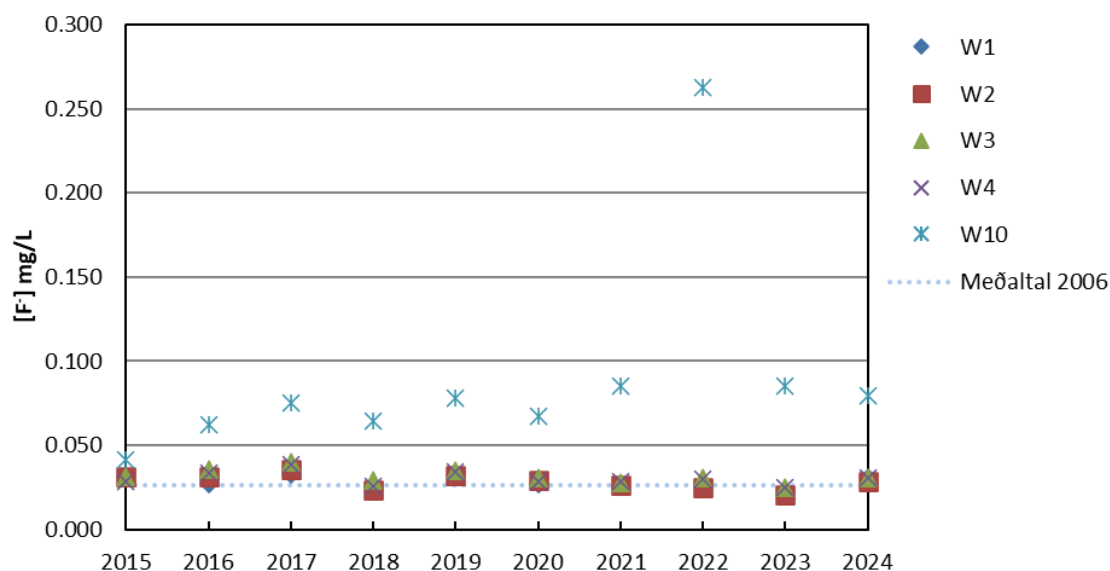
6.2.1 Flúor

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 2024 var 0,04 mg/L.

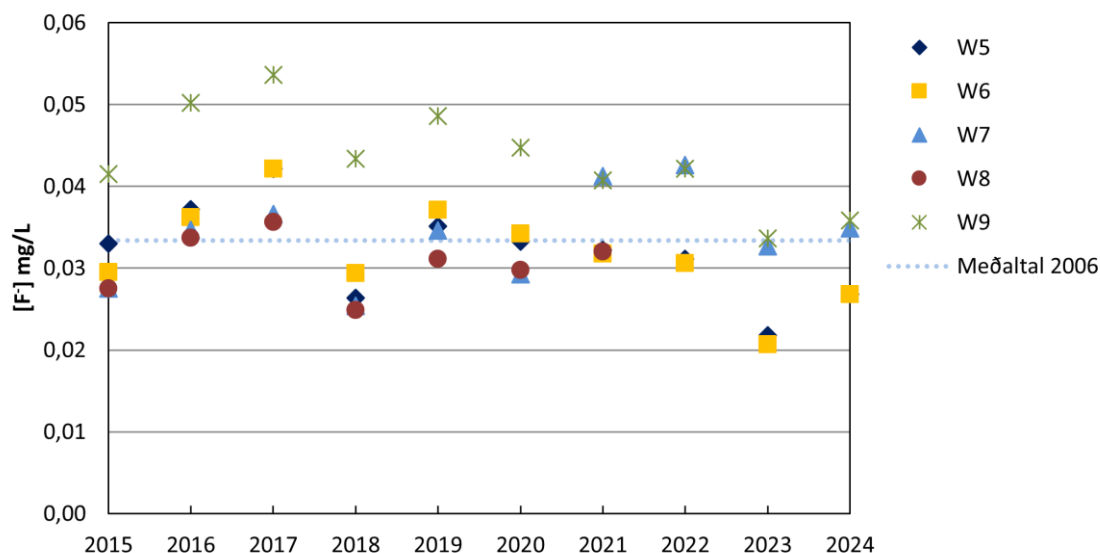
Ársmeðaltal fyrir árvatn (W1–W4) og neysluvatn (W5–W9) var 0,03 mg/L sem er sam- bærilegt við undanfarin ár. Meðalstyrk flúors í vatni á tímabilinu 2015 til 2024 má sjá á 76. mynd (árvatn og Grænavatn) og 77. mynd (neysluvatn). Mælingar frá 2006 eru

notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalstyrkur flúors á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýndur sem blá punktalína. Flúorstyrkur í Grænavatni var mjög hár árið 2022 en hefur lækkað aftur og mælist sambærilegur og áður. Hugsanlega gæti þessi hækkun árið 2022 skrifast á mengun við sýnatöku eða við mælingar (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2023).

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



76. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1 – W4) og í Grænavatni (W10) árið 2006 (meðaltal) og 2015–2024.



77. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 (meðaltal) og 2015–2024.

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.

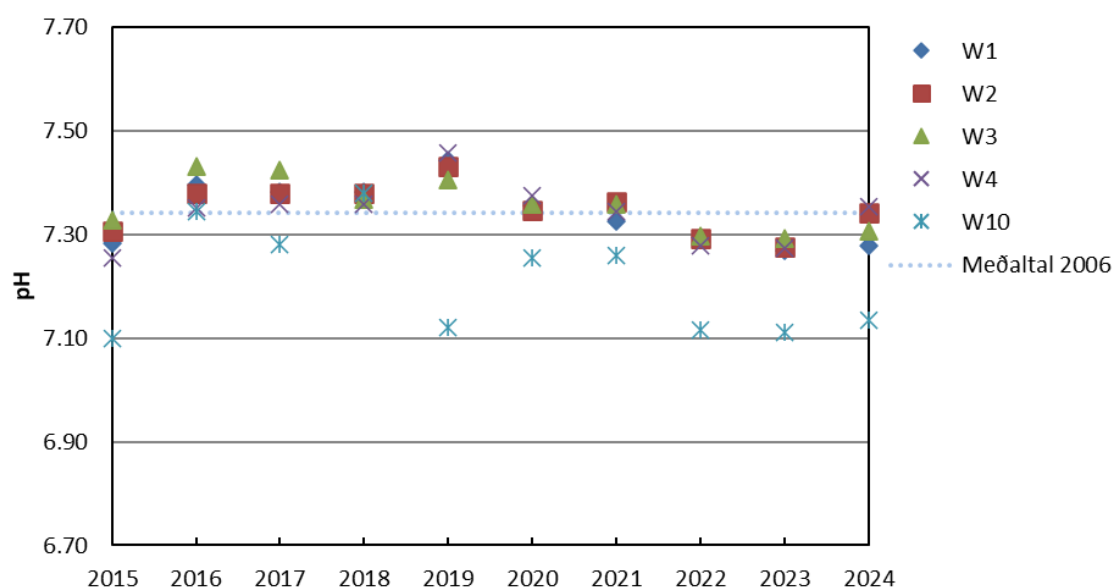
Ársmeðaltal sýrustigs vatns frá öllum sýnatökustöðum árið 2024 var 7,37. Í neysluvatni (W5–W9) var ársmeðaltal sýrustigs 7,49. Hæst mældist sýrustigið 7,72 í W7 í janúar og

lægst 7,25 í W6 í janúar. Í skýrslunni fyrir árið 2021 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2022) var vakin athygli á því að meðalsýrustig í W7 hafði hækkað umtalsvert það ár, og hefur sú hækkun haldið sér. Meðalsýrustig í W9 hefur farið lækkandi frá árinu 2020.

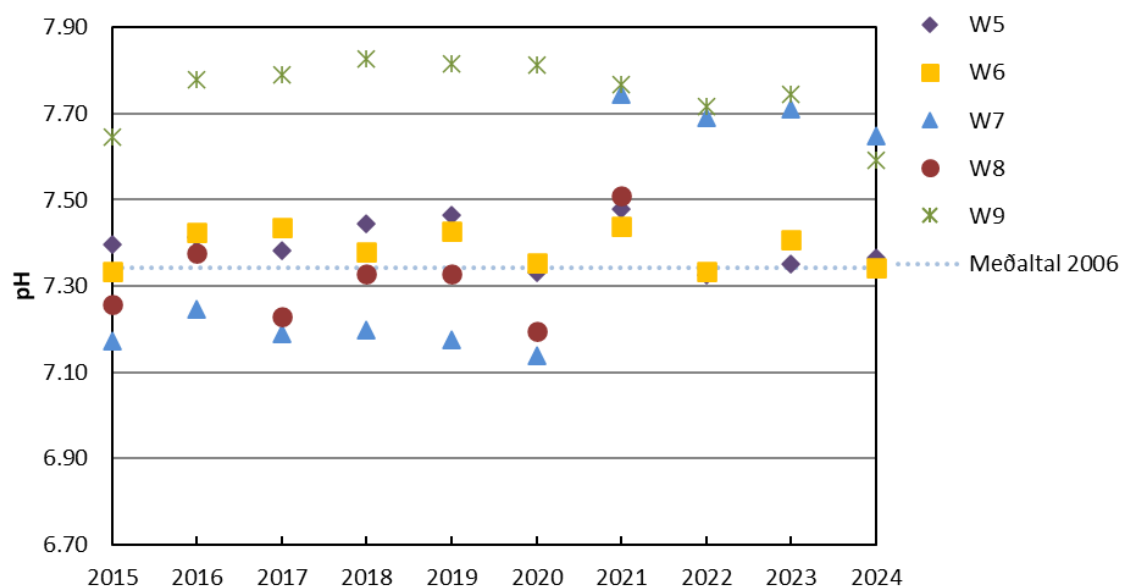
Í árvatni (W1–W4) var ársmeðaltal sýrustigs 7,32 og mælast öll sýni á bilinu 7,18–7,45. Í Grænavatni var ársmeðaltal sýrustigs 7,14. Þetta er sambærilegt við árið 2023.

Sýrustig allra einstakra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerðar um neysluvatn.

Á 78. og 79. mynd má sjá meðaltal sýrustigs í ám og í neysluvatni á tímabilinu 2015–2024. Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalsýrustig á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýnt sem blá punktalína.



78. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum (W1–W4) og í Grænavatni (W10) árin 2006 (meðaltal) og 2015–2024.



79. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 (meðaltal) og 2015–2024.

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 uppgæfið 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 benzo(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.

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 2015–2024.

	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	< 0,0083	< 0,008	< 0,008	< 0,0081	< 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
2023	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016	< 0,016	< 0,016
2024	< 0,016	< 0,016	< 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 árið 2024 má finna í viðauka 14.

6.2.4 Brennisteinn

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) eru gefin hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO₄/L), sem jafngildir 83,3 mg L af brennisteini 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 hefur ekki breyst með afgerandi hætti síðan mælingar hófust, sjá í 5. töflu.

Mæligildi fyrir einstök sýni eru öll vel undir þeim mörkum sem gefin eru upp í reglugerð og mælist brennisteinn hæst 0,75 mg/L í Grænavatni í október.

5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2024.

[S] mg/L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Árvatn	0,45	0,41	0,41	0,38	0,38	0,39	0,37	0,42	0,39	0,33
Neysluvatn	0,49	0,46	0,47	0,46	0,42	0,40	0,45	0,46	0,45	0,33
Grænavatn	0,50	0,49	0,69	0,54	0,58	0,50	0,59	0,56	0,56	0,55

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 22,1 mg CaCO₃/L árið 2024. Dreifing er lítil milli einstakra sýna og á milli staða, en hæst mælist basarýmdin 23,2 mg CaCO₃/L í W7 í janúar, og lægst 20,7 mg CaCO₃/L í W6 í júlí.

Meiri sveiflur eru í mæligildum fyrir árvatn. Basarýmd árvatns mælist lægst 11,3 mg CaCO₃/L í W4 í júlí og hæst 18,7 mg CaCO₃/L í W3 í janúar. Ársmeðaltal árvatnssýna er 15,5 mg CaCO₃/L. Ársmeðaltal basarýmdar í Grænavatni er 13,9 mg CaCO₃/L.

6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg CaCO₃/L) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015–2024.

mg CaCO ₃ /L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Árvatn	13,5	15,5	15,1	13,9	14,2	15,7	14,5	14,2	14,3	15,5
Neysluvatn	18,5	18,7	20,6	19,8	19,8	19,3	22,1	21,5	21,3	22,1
Grænavatn	12,0	17,5	15,9	12,4	16,1	12,0	13,0	10,6	12,0	13,9

6.2.6 Leiðni

Meðalleiðni hækkar á milli ára bæði í árvatni og neysluvatni (7. tafla) en leiðni vatns er háð ýmsum breytum, m.a. veðurfari og árstíðum og rúmast sveiflur innan árs og á milli ára innan náttúrulegs breytileika. Leiðnin er almennt frekar sveiflukennd, sérstaklega í árvatnssýnunum.

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 og eru öll sýni undir þeim mörkum.

7. tafla. Meðalársleiðni (µS/cm) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2024.

µS/cm	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Árvatn	43,2	43,9	50,1	41,2	42,4	49,2	42,8	48,6	43,8	50,0
Neysluvatn	55,1	54,7	59,1	54,8	51,4	56,0	57,1	60,1	57,4	60,2
Grænavatn	36,5	34,8	44,1	36,3	45,7	36,8	40,8	37,7	41,2	40,3

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2024 má finna í viðauka 14.

7 Búfénaður

7.1 Inngangur

Grasbítar taka upp flúor með fóðri og vatni. Vegna flúorlosunar frá álverum er magn flúors í gróðri og vatni í námunda við álver að jafnaði meiri en þekkist utan áhrifasvæða álvera (Livesey & Payne, 2011). Vegna hás styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfénað 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 búfénaði í sama tilgangi. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár hafði einnig verið mældur árið 2006 svo grunngildi 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 (e. dental fluorosis) og uppsöfnun flúors í beinum, en slíkt getur valdið óeðlilegri beinmyndun og krónískum sjúkdóm (e. 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).

Í Noregi er stuðst við flokkunarkerfi við mat á skaðlegum áhrifum flúors á heilsu búfænaðar. Kerfið er þriggja þrepa, engin áhrif, væg áhrif og nokkur áhrif og miðar að aldri dýra og styrk flúors í kjálkum (mgF/kg beinaska) sláturdýra (8. tafla) (Aas Hansen, 1994, Vikøren, 2021). Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúors á lifandi búfænaði 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 búfænaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2024. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðaukum 15 (Eyrún Arnardóttir, 2025) og 16 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2024).

8. tafla. Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum sauðfjár eftir aldri dýra og áhrif á tannheilsu, byggt á norskum rannsóknum (tafla endurgerð upp úr Vikøren, 2021).

Aldur	Áhrif		
	Engin	Væg	Nokkur
Upp að 2ja ára	<1,999	2,000-4,499	>4,500
2-5 ára	<3,499	3,500-5,999	>6,000
Eldri en 5 ára	<4,499	4,500-7,999	>8,000

7.2 Niðurstöður

7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfænaði

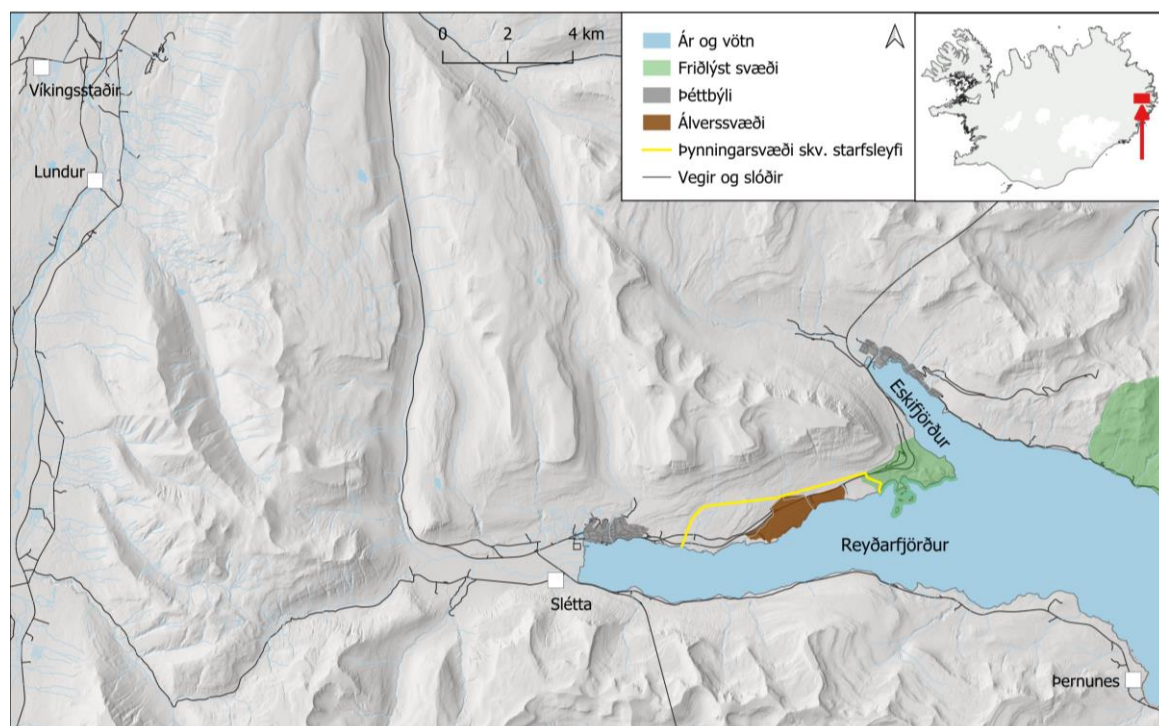
Eftirfarandi samantekt er unnin upp úr skýrslu Eyrúnar Arnardóttur (2025), sjá viðauka 15. Dýralæknir skoðaði sauðfé á Sléttu í Reyðarfirði þann 28. nóvember 2024. Í heildina voru 19 kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum. Engin kind var eftir í árgangi 2016, tvær í árgöngum 2017 og 2018 (ein frá 2017 fannst ekki), ein í árgangi 2019, þrjár í árgangi 2020 og fimm í árgöngum 2021 og 2022 (þrjár frá 2021 fundust ekki). Fimm kindum úr árgangi 2023 var bætt við vöktunina í ár og eins og áður var reynt að velja kindur sem vitað er að ganga á þeim stöðum sem flúormagn hefur mælst hvað hæst.

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. Kindurnar voru heilbrigðar, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum. Almennt voru tennur metnar heilbrigðar en vægar breytingar fundust í sex gripum, þar af var ein í árgangi 2022, tvær í árgangi 2021, ein í árgangi 2020 og tvær úr árgangi 2018. Auk þess var helmingur þeirra gripa sem fundust ekki en eru á lífi skráður með breytingar við síðustu skoðun og því má áætla að a.m.k. átta af 24 dýrum í vöktuninni hafi með breytingar á árinu, þriðjungur dýranna.

Niðurstöðurnar sýna fjölgun breytinga frá síðasta ári þegar fimm kindur voru skráðar með breytingar og frá þarsíðasta ári þegar tvær kindur voru skráðar með breytingar (Eyrún Arnardóttir, 2024; 2023). Dýralæknir metur þó að án frekari rannsókna sé ekki hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða og að heilt yfir hafi skoðunin komið vel út, þar sem flestir gripir höfðu engar breytingar og þær breytingar sem sást á árinu voru allar vægar. Hins vegar mælir dýralæknir með því að flúorstyrkurur í beinum verði mældur þegar að gripum úr þessu úrtaki verður lógað til þess að kanna hver fylgnin sé á milli flúormagns og glerungsskemda sem tannskoðun byggir á.

7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

Eftirfarandi samantekt er unnin upp úr skýrslu Þórunnar Láru Þórarinsdóttur (2025), sjá viðauka 16. Hausum af sauðfé var safnað haustið 2024 frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Víkingsstöðum og Lundi í Skriðdal og gengur það sauðfé á Fagradal og norðanmegin í Reyðarfirði (80. 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 39 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Í skoðun fólst skráning á ástandi glerungs, tannsliti, tannlosi, mislitun, tannbroddum, ástandi kjálkabeins og almennri tannheilsu. Sýni af fullorðnu fé fékkst af öllum bæjum (alls 19 sýni) og sýni af lömbum fékkst frá öllum bæjum (20 sýni). Til samanburðar voru 16 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 8 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi. Alls voru 55 sýni skoðuð.

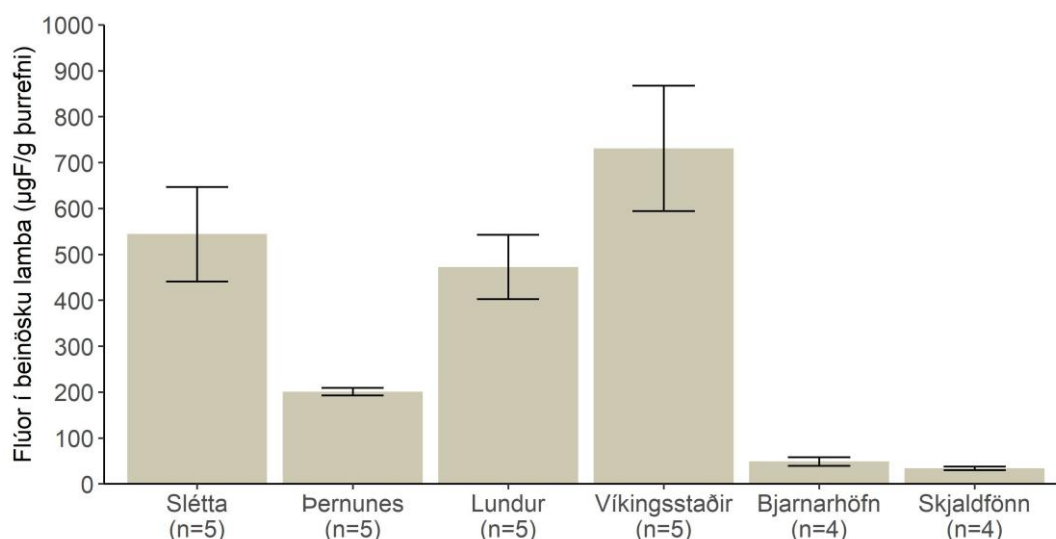


80. mynd. Staðsetning fjögurra bæja sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði. Flúormagn var mælt og tannheilsa metin í fé frá þessum bæjum árið 2024. Staðsetning viðmiðunarbæja er ekki sýnd á korti (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

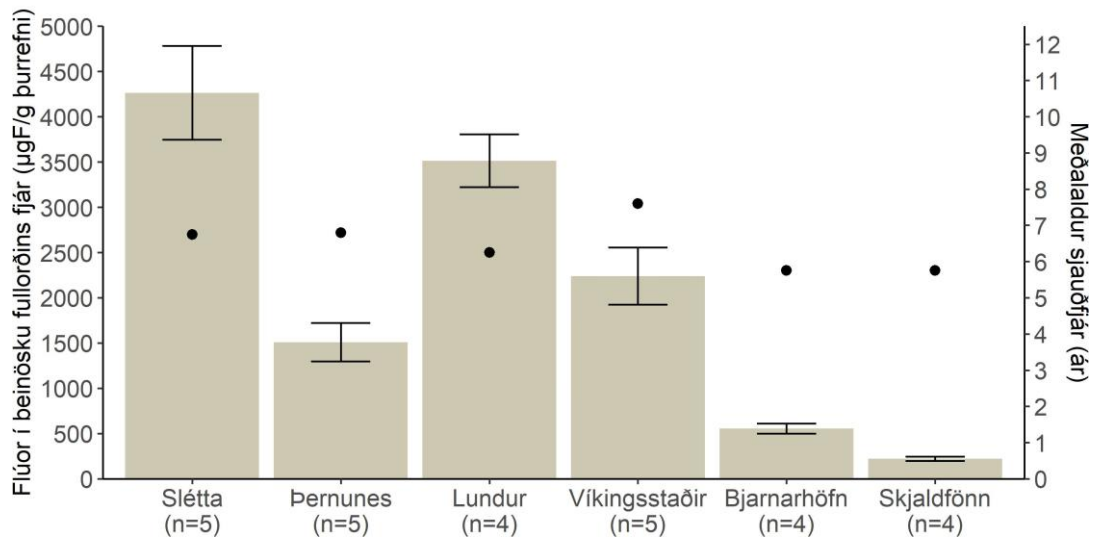
Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (81. og 82. mynd). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en flúormagn í beinum eykst með aldri. Eðlilegt þykir að flúormagn í beinum 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 (731 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (201 µg/g) (81. mynd). Á þessum tveimur bæjum var einnig að finna mesta og minnsta breytileikann í styrk flúors milli sýna (280–1.080 µg/g á Víkingsstöðum en 173–215 µg/g á Þernunesi). Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé sem gekk í Reyðarfirði mældist hæstur í kindum frá bænum Sléttu (4.264 µg/g) en lægstur á Þernunesi (1.508 µg/g) (82. mynd) og var meðalaldur 6,3–7,6 ár á bæjunum. Á Sléttu mældist jafnframt hæsta einstaka mæligildið úr kind þetta árið eða 6.230 µg/g og var hún fimm ára. Á viðmiðunarbæjunum mældist hæsti styrkur flúors í kjálkabeinum lamba (71 µg/g) og fullorðinna kinda (661 µg/g) lægri en lægsta gildi sem mældist á bæjunum í grennd við Fjarðaál (lömb=173 µg/g og fullorðið fé=786 µg/g) (81. og 82. mynd).

Öll lömbin voru metin við góða tannheilsu. Eitt lamb frá Sléttu með flúormagn 469 µg/g og ein kind frá viðmiðunarbænum Skjaldfönn með flúormagn 270 µg/g voru með breytingar á glerungi framtanna, en út frá því er ekki hægt að sjá samhengi milli magns flúors í beinum og breytinga á glerungi framtanna. Hvað varðar eldra fé á bæjunum í grennd við Fjarðaál þá mat dýralæknir átta kindur við slæma tannheilsu (meðaltal flúorstyrks=2.862 µg/g) og sjö með góða tannheilsu (meðaltal flúorstyrks=3.071 µg/g). Á viðmiðunarbæjunum voru fjórar kindur metnar við slæma tannheilsu (meðaltal flúorstyrks=347 µg/g) og þrjár við góða (meðaltal flúorstyrks=520 µg/g). Út frá þessu er ekki að finna nein tengsl á milli styrk flúors í beinvæf og tannheilsu dýranna, hvorki á bæjum í grennd við Fjarðaál né á viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2025) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu.

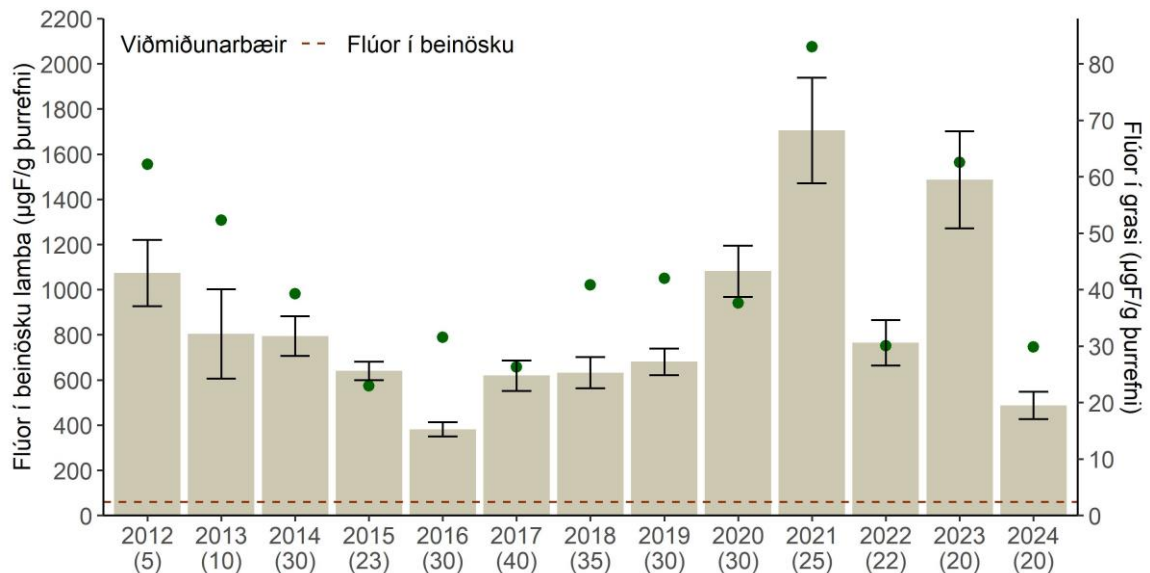


81. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) árið 2024. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Lára Þórarinsdóttir (2025).

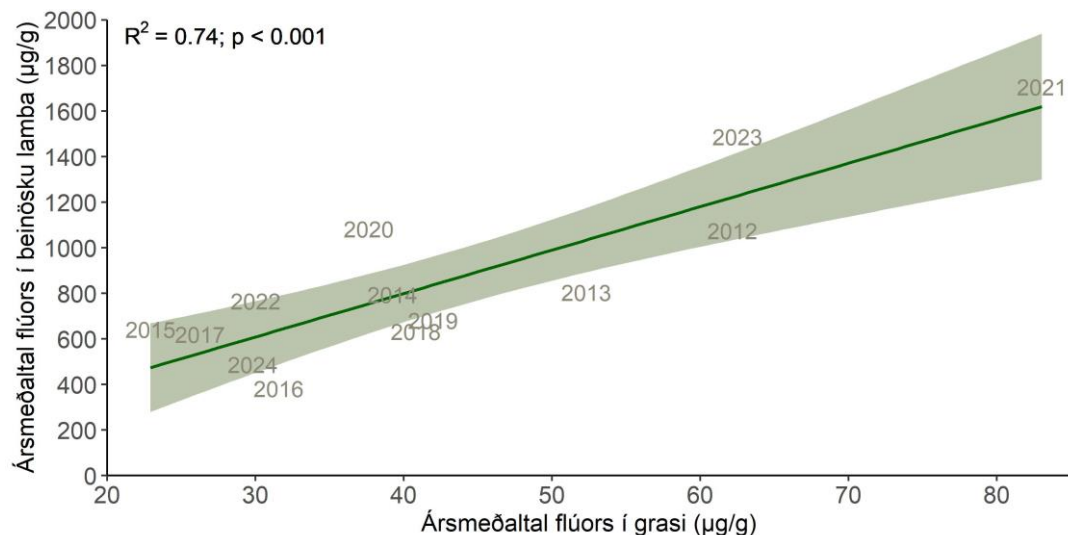


82. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur full-orðins fjár frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunar-bæjum (t.h.) (slátrun 2024). Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2025).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósam-ræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði árið 2024 var $487 \mu\text{g/g}$, sem er mun lægri styrkur en árið áður ($1.487 \mu\text{g/g}$) og hefur aðeins einu sinni mælst lægri, árið 2016 þegar hann mældist $382 \mu\text{g/g}$ (83. mynd). Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba fylgir nokkuð vel ársmeðalstyrk flúors í grasi í Reyðarfirði (83. mynd) og sýnir línuleg aðhvarfsgreining að sambandið er mark-tækt (84. mynd). Meðaltal flúors í beinösku lamba á viðmiðunarbæjunum, mælt frá árinu 2015 ($61 \mu\text{g/g}$) er u.þ.b. þrettán sinnum lægra en meðaltal sýna frá Reyðarfirði á sama tímabili ($820 \mu\text{g/g}$) (83. mynd).



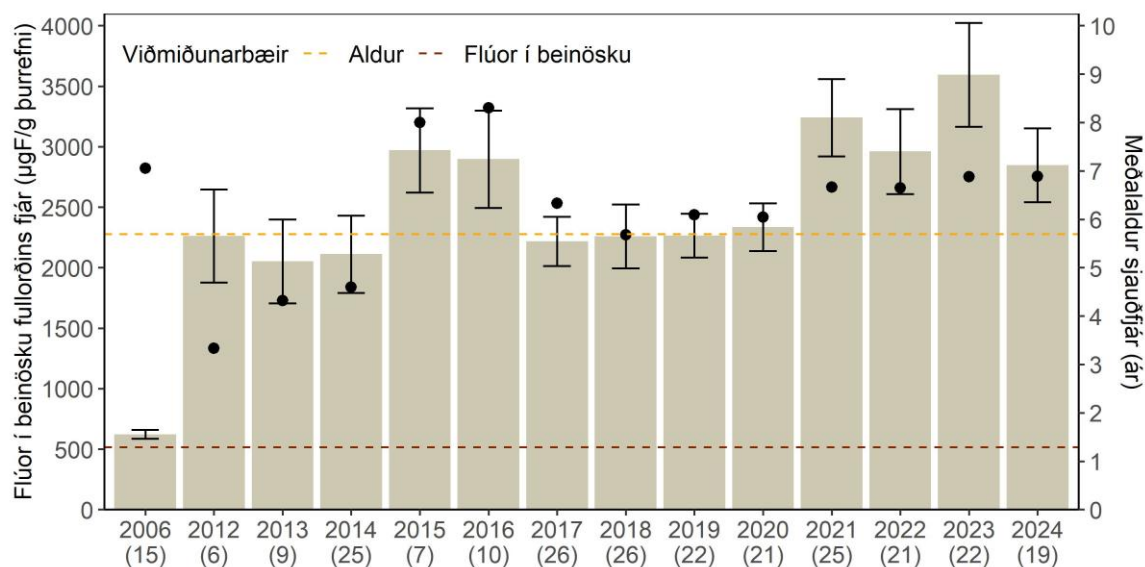
83. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2024 og ársmeðalstyrkur flúors í grasi sömu ár. Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Lína sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2024), $n=90$. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2025).



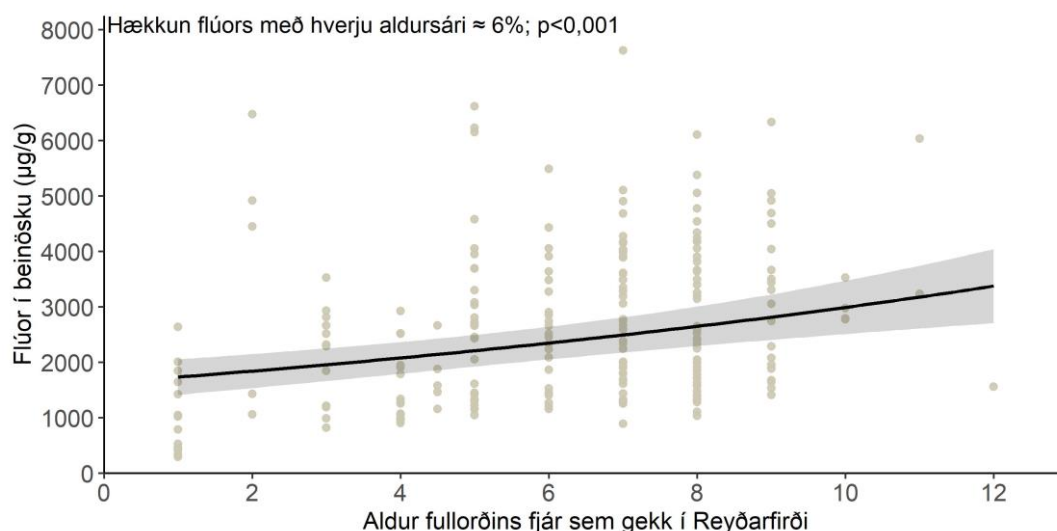
84. mynd. Ársmeðaltal flúorstyrks ($\mu\text{g/g}$) í grasi og í kjálkabeinum lamba sem gekk í Reyðarfirði, sýnt með ártölum 2012–2024. Aðhvarfslína (með staðalskekkju) línulegs líkans sýnir samband milli meðalstyrks flúors í beinösku og grasi.

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár var mældur árið 2006 og síðan árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (85. mynd). Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali $719 \mu\text{g/g}$ í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, $596 \mu\text{g/g}$ í sauðfé frá Þernunesi og $550 \mu\text{g/g}$ frá Kollaleiru, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Áður en álver tók til starfa í Reyðarfirði voru flúorgildi í beinösku sauðfjár í öllum tilvikum undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) og þó sýni frá 2006 séu fá bendir samanburður við niðurstöður árána 2012–2024 til þess að styrkurinn hafi hækkað umtalsvert síðan þá (85. mynd).

Meðalstyrkur flúors í beinum alls fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði árið 2024 var $2.882 \mu\text{g/g}$ og er svipaður því sem mældist árið 2022 ($2.960 \mu\text{g/g}$) en lægri en árið 2023, þegar hæsta meðaltalsgildi frá því mælingar hófust mældist ($3.594 \mu\text{g/g}$) (85. mynd). Meðaltal flúors í beinösku fullorðinna kinda á viðmiðunarbæjunum, frá 2015 ($515 \mu\text{g/g}$, meðalaldur=5,7 ár) er u.þ.b. fimm sinnum lægra en meðaltal sýna frá Reyðarfirði á sama tímabili ($2.703 \mu\text{g/g}$, meðalaldur=6,5 ár) (85. mynd). Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár í Reyðarfirði frá árinu 2012 var almennt hærri eftir því sem dýrin voru eldri (86. mynd). Samkvæmt blandaðri aðhvarfsgreiningu þar sem fé var flokkað eftir bæjum sem það kom frá og einstökum árum þegar sýnum var safnað (slembibreyta) var sambandið milli aldurs og flúorstyrks marktækt ($p < 0,001$). Aldur útskýrði þó aðeins um 7% breytileika gagnanna ($R^2_m = 0,067$), á meðan slembibreytan (frá hvaða bæ féð kom og söfnunarár) útskýrði u.þ.b. 2/3 hluta hans ($R^2_c = 0,669$). Það bendir til þess að féð hafi verið mismikið útsett fyrir flúor í umhverfi sínu eftir því á hvaða svæðum það gekk og einnig eftir því á hvaða árum. Þannig hafi mismunandi styrkur flúors í umhverfinu milli ára meira að segja um styrk flúors í kjálkum fullorðins fjár en aldur.



85. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2024). Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2024), $n=80$. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2025).



86. mynd. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í kjálkabeinum fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði, skipt eftir aldri (slátrun 2012–2024). Aðhvarfslína (með staðalskekkju) blandaðs Gamma líkans sýnir samband milli styrks flúors og aldurs.

8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2024 var í meginráttum í hærra meðallagi miðað við undanfarin ár, en sumir mælipættir hækkuðu á milli ára á meðan aðrir lækkuðu. Svifryk lækkaði nokkuð á milli ára en mældist þó ennþá í hæsta lagi. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og hafa verið tiltölulega stöðug undanfarin ár. Meðaltöl hækkuðu þó á stöð 1 og 3 á milli ára. Flúor lækkaði á öllum stöðvum á milli ára og hefur ekki verið lægri síðan 2017. Rykkennd PAH efni mældust í meðallagi árið 2024 og hafa verið nokkuð stöðug frá árinu 2012, fyrir utan svolitla hækkun árið 2019. Úrkoma

mældist í minna lagi á árinu. Sýrustig í úrkomu hækkaði á milli ára á öllum stöðvum og var í meðallagi miðað við undanfarin ár. Brennisteinn og flúor í úrkomu mældist í herra meðallagi þrátt fyrir að hafa lækkað á flestum stöðvum á milli ára.

Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað frá því áður en álverið tók til starfa. Gildi ársins 2024 voru í öllum tilvikum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Styrkur flúors í gróðri var í öllum tilvikum lægri miðað við gildi ársins 2023, þegar hann var með því hæsta sem mælst hefur frá upphafi vöktunar, en samanburður við meðaltal áranna 2008–2023 var breytilegur milli tegunda/-hópa. Óveruleg breyting hefur verið á styrk köfnunarefnis og brennisteins í gróðri frá því efnin voru fyrst mæld í Reyðarfirði.

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2024 var undir viðmið-unarmörkum fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr og mjólkandi jórturdýr bæði sunnan og norðan fjarðar. Meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu og Áreyjum var einnig undir viðmiðum fyrir jórturdýr og mjólkandi jórturdýr og styrkur flúors í grasi og heyi var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross.

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. Almennt voru garðaplöntur og tré heilbrigð að sjá og einkenni sem líktust flúor skemmdum sáust aðallega á eldri nálum barr-trjáa, enda var styrkur meðalstyrkur flúors í gróðri hærri árið 2023 en 2024.

Litlar breytingar urðu á efnastyrk í yfirborðs- og neysluvatni á Reyðarfirði og Eskifirði árið 2024 líkt og undangengin ár. Öll mæligildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Í skýrslu ársins 2021 var bent á að sýrustig í W7 hefði hækkað milli ára og heldur sú hækkun sér árið 2024. Meðalleiðni í W7 jókst einnig. Sýrustig í W9 virðist hafa farið lakkandi síðan 2020. Einungis tvö sýni eru tekin úr Grænavatni árlega og hefur útslag sveiflna í efnastyrk þar verið herra en á öðrum sýnatökustöðum. Í skýrslu ársins 2021 var bent á að flúorstyrkur þar virtist vera að aukast með tíma, en hann hefur mælst stöðugur á bilinu 0,08–0,09 mg/L frá 2021 ef undanskilið er árið 2022 þar sem ársmeðaltal flúors mældist rúmlega þrefalt herra. 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 hærri en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba og fullorðins fjár var lægri en árið 2023. Hæsti meðalstyrkur flúors í beinösku í fullorðnu fé mældist á Sléttu en í lömbum frá Víkingsstöðum árið 2024. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Styrkur flúors í kjálkum lamba fylgir nokkuð vel styrk flúors í grasi. Sjónrænt mat kjálkana gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu. Nokkrar kindur, bæði af bæjum í grennd við Fjarðaál og á viðmiðunarbæjunum, voru metnar með slæma tannheilsu, en tengsl var ekki að finna á milli styrk flúors í beinvef og tannheilsu dýranna. Við sjónræna skoðun lifandi sauðfjár í Reyðarfirði voru tennur almennt metnar heilbrigðar en vægar breytingar fundust í sex gripum, auk þess sem breytingar höfðu verið skráðar í tveimur gripum til viðbótar í síðustu skoðun sem ekki fundust í þessari skoðun. Það er það fjölgun milli ára þar sem fimm gripir voru skráðir með breytingar árið 2023 og tveir árið 2022. Mögulegt er að þessar breytingar séu vegna flúormengunar en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

9 Heimildir

- Aas Hansen, M. (1994). *Helserisiko for husdyr som følge av utslipp fra norske aluminiumverk. In: Norsk aluminiumindustri og miljø*. Prosjekt for effektstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge. Rapporter fra delprosjekter. Chapter 11. Aluminiumindustrien Miljøsekretariat, Oslo. ISBN: 82-90861-21-4.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- Auglýsing um um friðun æðplantna, mosa og fléttna, nr. 1385 (18. nóvember 2021).
- 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.
- 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 (2019). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2018*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2020). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2019*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Hermann Þórðarson, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir (2021). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2020*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir (2022). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2021*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir (2023). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2022*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir (2024). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2023*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2023). *Eftirlitsskýrsla – Tólfta 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.
- Eyrún Arnardóttir (2024). *Eftirlitsskýrsla – Þrettándi skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem að áttu sér stað á árunum 2012–2023*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2025). *Eftirlitsskýrsla – Fjórtdandi skoðun dýralæknis á sauðfé í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem að áttu sér stað á árunum 2012–2024*. 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. Umhverfissvöktun 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.

- Landmælingar Íslands (2020a). *IS 50V. Landupplýsingagögn fyrir mannvirki, samgöngur, strandlínu og vatnafar*. Sótt í janúar 2023 á <https://www.lmi.is/is/landupplýsingar/gagnagrunnar/is-50v>
- Landmælingar Íslands (2020b). *ÍslandsDEM. Landupplýsingagögn fyrir hæðarlíkan*. Sótt í janúar 2023 á <https://gatt.natt.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/e6712430-a63c-4ae5-9158-c89d16da6361>
- 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*. Sótt í júní 2024 á <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-aedplantna>
- Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins (2010). *Alaskalúpína og skógarkerfill á Íslandi. Útbreiðsla, varnir og nýting*. Skýrsla til umhverfisráðherra. Reykjavík og Gunnarsholt: Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins.
- Ongstad, 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 (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Sótt í júní 2024 á <https://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell 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 hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaeftir 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.
- Sigurður Sigurðarson (á.á.). *Áhrif eldgosa á dýr*. Sótt í febrúar 2011 á 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*. Sótt í apríl 2014 á http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf
- Umhverfisstofnun (2020). *Starfsleyfi UST202003-451. Álver. Alcoa Fjarðaál sf.* Sótt í janúar 2025 á https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-efirlitsskyrslur/Starfsleyfi%20-%20Alcoa%20Fjar%c3%b0a%c3%a1_Rey%c3%b0arfj%c3%b6r%c3%b0ur.pdf
- Umhverfisstofnun (2022). *Friðlýst svæði*. Landupplýsingagögn fyrir friðlýst svæði. Sótt í janúar 2025 á <https://www.ust.is/nattura/natturuverndarsvaedi/fridlyst-svaedi/>
- Veðurstofa Íslands. (2024). *Tíðarfar ársins 2023*. Sótt í janúar 2024 á <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2023>
- Veðurstofa Íslands. (2025). *Tíðarfar ársins 2024*. Sótt í febrúar 2025 á <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2024>
- 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, 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. (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.
- 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.
- Wickham H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., o.fl. (2019) *Welcome to the tidyverse*. Journal of Open Source Software, 4, 1686.
- Wojciech Sasinowski (2023). *Kvörðun og eftirlit loftmælingastöðva, skýrsla vor 2023*. 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.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2024). *Skýrsla fyrir árið 2023, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2025). *Skýrsla fyrir árið 2024, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Gildi Alcoa Fjarðaáls

Heilindi · Árangur · Umhyggja · Hugrekki

Alcoa Fjarðaál

Hrauni 1
731 Reyðarfjörður
470 7700
alcoa.is

