

2017

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál
alcoa.is



Alcoa Fjarðaál

Umhverfisvöktun 2017

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		<input type="checkbox"/> Egilsstaðir <input checked="" type="checkbox"/> Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-180176	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2018	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):		Síðufjöldi: 76
Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2017		Fjöldi viðauka: 18
Höfundar, í starfrófsröð: Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir.		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands		
<p>Útdráttur:</p> <p>Frá því að álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004-2006. Umhverfisvöktunin árið 2017 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfenaðar.</p> <p>Gagnasöfnun: Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningarsvæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölhringja arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu.</p> <p>Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi var safnað sex sinnum og rabarbara var safnað þrisvar sinnum yfir sumarið. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, laufblöðum reynitriáa, kartöflum, salati, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Styrkur flúors var mældur 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.</p> <p>Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basaráymd, brennisteinn, leiðni og fjölhringja arómatísk vetniskolefni mælt í sýnunum. Dýralæknir skoðaði lifandi búfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði þeirra. Jafnframt var styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum.</p> <p>Helstu niðurstöður: Veðurfar sumarið 2017 var gott, ívið svalara en 2016 en hægviðrasamt. Heildarmeðaltal svifryks var svipað eða lítillega hærra en árin 2009-2013 en töluvert lægra en árið 2014, sem var þurrt ár með allnokkurri gosmengun á síðari hluta ársins. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk mældust ekki á árinu né heldur dagar þar sem brennisteinstvíoxíð fór yfir gróðurverndarmörk. Ársmeðaltal gaskenns flúors og flúors í ryki var í hærra lagi árið 2017 en nokkru lægra en árið 2016 þegar þau voru með hæsta móti. Styrkur fjölhringja arómatískra vetniskolefna var með lægsta móti. Sýrustig í úrkomu var hærra eða svipað og árið 2016 og hefur sl. ár verið nokkuð stöðugt með náttúrulegum breytileika. Brennisteinsstyrkur í úrkomu var í meðallagi árið 2017 en flúorgildi í úrkomu voru þau næsthæstu frá upphafi. Taka skal fram að flúorgildin 2017 eru innan settra marka. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár.</p> <p>Styrkur flúors í flest öllum gróðursýnum var svipaður árið 2017 og árið 2016. Ársmeðaltal flúors í grasi utan þynningarsvæðis mældist lægra en árið 2016 en styrkur flúors í fléttum innan þynningarsvæðis og barrnálum mældist marktækt hærra en árið 2016. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri voru svipuð árið 2017 og árið 2016 og ekkert skýrt dreifingamyntur var að sjá. Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2017 utan þynningarsvæðis var undir íslenskum viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr og einnig undir mörkum fyrir mjólkandi jörturdýr. Búfenaður var almennt heilbrigður og engin greinileg áhrif flúormengunar að sjá. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár var breytilegur eftir bæjum og aldri sauðfjár. Styrkurinn í kjálkabeinum lamba sem ganga í Reyðarfirði mældist hærra en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum en öll lömbin voru við góða tannheilsu.</p>		
Lykilorð: Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, brennisteinn, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitri, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjórður, álver, mengun, þungmálmar		
Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir hjá Náttúrustofu Austurlands, Guðmundur Sveinsson Kröyer og Dagný Reynisdóttir hjá Alcoa Fjarðaál		ISBN / ISSN nr: ISSN 2547-7439 (prentuð útgáfa) ISSN 2547-7447 (rafrænt) ISBN 978-9935-9413-0-5 (prentuð útgáfa) ISBN 978-9935-9413-1-2 (rafrænt)

Efnisyfirlit

1	Inngangur	10
2	Loftgæði	11
2.1	Inngangur.....	11
2.1.1	Mælistöðvar og mælipættir	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir	11
2.3	Niðurstöður.....	12
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins	12
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM ₁₀)	15
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti	17
2.3.4	Flúor í lofti.....	20
2.3.5	Fjölhringa vetniskolefni (PAH).....	26
2.3.6	Efnainihald í úrkomu.....	28
3	Efnamælingar í gróðri.....	33
3.1	Inngangur.....	33
3.1.1	Flúor og gróður.....	33
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé.....	34
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar	35
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna	35
3.2.2	Töluleg úrvinnsla	35
3.2.3	Sýnatökudagar	36
3.3	Niðurstöður.....	37
3.3.1	Gras	37
3.3.2	Mosi.....	40
3.3.3	Fléttur.....	42
3.3.4	Bláberjalyng	44
3.3.5	Reyniviður	45
3.3.6	Barrnálar	47
3.3.7	Rabarbari	48
3.3.8	Kartöflur og grænmeti	51
3.3.9	Bláber og krækiber	52
3.3.10	Hey	53
4	Sjónræn skoðun á gróðri	54
4.1	Sjaldgæfar tegundir	55
4.2	Garðaplöntur og tré.....	57
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	60
5	Trjávöxtur	61
6	Yfirborðsvatn	63
6.1	Inngangur.....	63
6.2	Niðurstöður.....	64
6.2.1	Flúor	64
6.2.2	Sýrustig (pH).....	65
6.2.3	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)	67
6.2.4	Brennisteinn (súlfat).....	67
6.2.5	Basarymd (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	69
8	Samantekt og lokaorð	73
9	Heimildir	75

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	11
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).	13
Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).	14
Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).	14
Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).	15
Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2017.	16
Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2017.	16
Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2017.	18
Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2017. Brotnar línur sýna meðaltöl ef góstímabilið er undanskilið.	18
Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2017, allar stöðvar.	20
Mynd 11. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2017 (mælingar á síur).	21
Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2017 (mælingar á síur).	21
Mynd 13. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011-2017 (mælingar á síur).	22
Mynd 14. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2017.	25
Mynd 15. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2017.	25
Mynd 16. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2017.	27
Mynd 17. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2017.	27
Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2017.	29
Mynd 19. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2017.	29
Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2017.	30
Mynd 21. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2017.	31
Mynd 22. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2017.	31
Mynd 23. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2017.	32
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	37
Mynd 25. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigti af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2017.	38
Mynd 26. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigti af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2017. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41), 2014-2016 (n=34) og 2017 (n=35).	38
Mynd 27. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2017 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	39
Mynd 28. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2017, skipt upp eftir svæðum.	39
Mynd 29. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigti af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2017. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41), 2014-2016 (n=34) og 2017 (n=35).	40
Mynd 30. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2017 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	41
Mynd 31. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	41
Mynd 32. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).	42

Mynd 33. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	42
Mynd 34. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	43
Mynd 35. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).	43
Mynd 36. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	44
Mynd 37. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyns í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	44
Mynd 38. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).	45
Mynd 39. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af laufum bláberjalyns (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 19-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	45
Mynd 40. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í lafi í ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	46
Mynd 41. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrija (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2007 til 2017 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, 2015 og 2017 en 9 sýnum árin 2010-2014 og 2016.	46
Mynd 42. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnálum (CN) í október 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	47
Mynd 43. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (CP, 2016), safnað í október 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	47
Mynd 44. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2017 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2017. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	48
Mynd 45. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2017. Á einum sýnatökustað (V8) voru einungis tvær sýnatökur (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	49
Mynd 46. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004-2005 og 2007 til 2017 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004-2005 var farin ein sýnatökufurð, árin 2007-2013 voru farnar sex sýnatökufurðir og árið 2014-2017 voru farnar þrjár sýnatökufurðir.	49
Mynd 47. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösom sumarið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	51
Mynd 48. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösom á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2017 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.	52
Mynd 49. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2017. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	52
Mynd 50. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2017 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$	53

Mynd 51. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum sem tekin voru 11. og 15. september 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar.	54
Mynd 52. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2017 í Reyðarfirði.	56
Mynd 53. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2017 í Reyðarfirði.	56
Mynd 54. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2017 í Reyðarfirði.	57
Mynd 55. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á grávíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2017.	58
Mynd 56. Birki (t.v.), ösp (í miðju) og reynir (t.h.) í Reyðarfirði í júlí 2017.	59
Mynd 57. Reynir (t.v.) og fura (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í júlí 2017.	59
Mynd 58. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	60
Mynd 59. Stinnastör með flúorlíkum skemmdum við stöð 5 (t.v.) og rauðleit blöð bláberjalyngs við stöð 1 (t.h.).	61
Mynd 60. Staðsetning 10 trjámælireita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	61
Mynd 61. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2017.	62
Mynd 62. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	64
Mynd 63. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2017.	65
Mynd 64. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2017.	65
Mynd 65. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2017.	66
Mynd 66. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2017.	66
Mynd 67. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).	70
Mynd 68. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012-2017 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).	71
Mynd 69. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2017) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).	72
Mynd 70. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012-2017). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015-2017), n=24 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).	73

Töfluskra

Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2017 aftur til ársins 2006.	13
Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	17
Tafla 3. Árs-og mánaðarmeðaltöl SO_2 í lofti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	19
Tafla 4. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mælingar á síur).....	22
Tafla 5. Ársmeðaltöl og mæligildi rykkennds flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m^3	26
Tafla 7. Sýrustig í úrkomu, ársmeðaltöl einingalaust (pH).....	28
Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl (mg/L).	30
Tafla 9. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í mg/L.	32
Tafla 10. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2017 og meðalstyrkur árið 2016. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).	50
Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2017 og meðalstyrkur árið 2016. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).	51
Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2017 á tíu svæðum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.	63
Tafla 13. Styrkur PAH efnanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum fyrir árin 2006-2017.	67
Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2017 (tveimur til fjórum sýnatökuferðum fyrir Grænavatn).	68
Tafla 15. Meðaltal basarýmdar (mg CaCO_3/L) í árvatni og neysluvatni árin 2010-2017 og í Grænavatni frá árinu 2012-2017.....	68
Tafla 16. Meðaltal leiðni í ám, neysluvatni og Grænavatni árin 2013-2017.....	68

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2017.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2017.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2017.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2017.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2017.
- Viðauki 6. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2017.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2017.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á flúor í mosa, fléttum og bláberjalaufi fyrir árið 2017.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reyniviðar árið 2017.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í barnálum árið 2017.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbara, kartöflum og salati auk niðurstaða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2017.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í bláberjum og krækiberjum árið 2017.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í heysýnum árið 2017.
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði árið 2017.
- Viðauki 15. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2017.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2017.
- Viðauki 17. Sjónrænt skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2017. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 18. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2017.

1 Inngangur

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

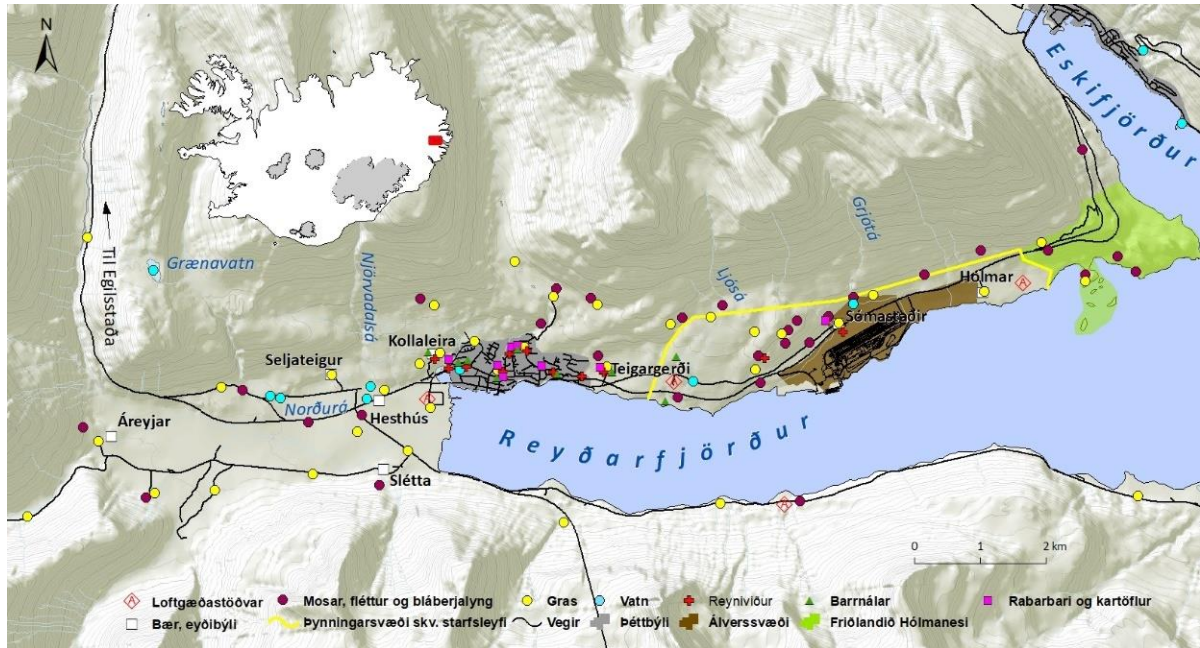
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2017 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

1. Loftgæða- og veðurmælingar
2. Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
3. Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
4. Mælingar á vexti furutrjáa
5. Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatni
6. Sjónræn skoðun á búfénaði og efnagreiningar og sjónrænt mat á kjálkum sauðfjár

Árið 2017 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni og kjálkum af sláturfé en Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, önnuðust efnagreiningar á gróðri, vatni og kjálkum sauðfjár auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á PAH efnunum í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2017. Ekki eru sýndar staðsetningar bæja þar sem sýnum af sláturfé var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Í þessari skýrslu verða birtar niðurstöður úr öllum verkþáttum í umhverfisvöktuninni árið 2017. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Í fyrsta kafla þessarar skýrslu er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls sem 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 skýrslunnar dregnar saman. Starfsmenn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands skrifuðu kafla tvö og sex en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli sjö byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgja 18 viðaukar sem prentaðir eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfisvöktunina.



Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 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 við Ljósá milli Búðareyrar og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 1 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins gegnt álverinu (Mynd 1).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð og brennisteinstvíoxíð. Brennisteinstvíoxíðmælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er jafnframt safnað á síur, 1 og 5 daga í senn. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, allt að 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, súlfat 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.

2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á flúor og brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Hermann Þórðarson, 2017). 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, agnir sem eru minni en 10 μm í þvermál.
Svifryk $PM_{2,5}$	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$, agnir sem eru minni en 2,5 μm í þvermál.
Flúor rykkenndur	Sá hluti flúoríðs sem mælist sem rykkennt eða bundið ryki.
F gaskenndur	Sá hluti flúoríðs sem mælist gaskennt og óbundið ryki.
Flúor alls	Summa rykkennds og gaskennds flúoríðs.
Vetnisflúoríð	HF, gaskennt vetnisflúoríð. (Notað sem viðmið í starfsleyfi, þar sem umreikna skal mælt gaskennt flúoríð F sem vetnisflúoríð HF.)
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 SO_2 og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtímagreiningarmarka tækjanna en eru greinanlegar yfir lengri tímabil og geta skipt máli þegar meðalmæligildi eru lág. Gerðar voru lítils háttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO_2 árið 2017.

2.3 Niðurstöður

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

2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2017 mældist $4,7^\circ\text{C}$ og meðalvindhraði 4,1 m/s. Hitastigsmeðaltalið var það þriðja hæsta frá 2006 og vindhraði var með lægsta móti (Tafla 1).

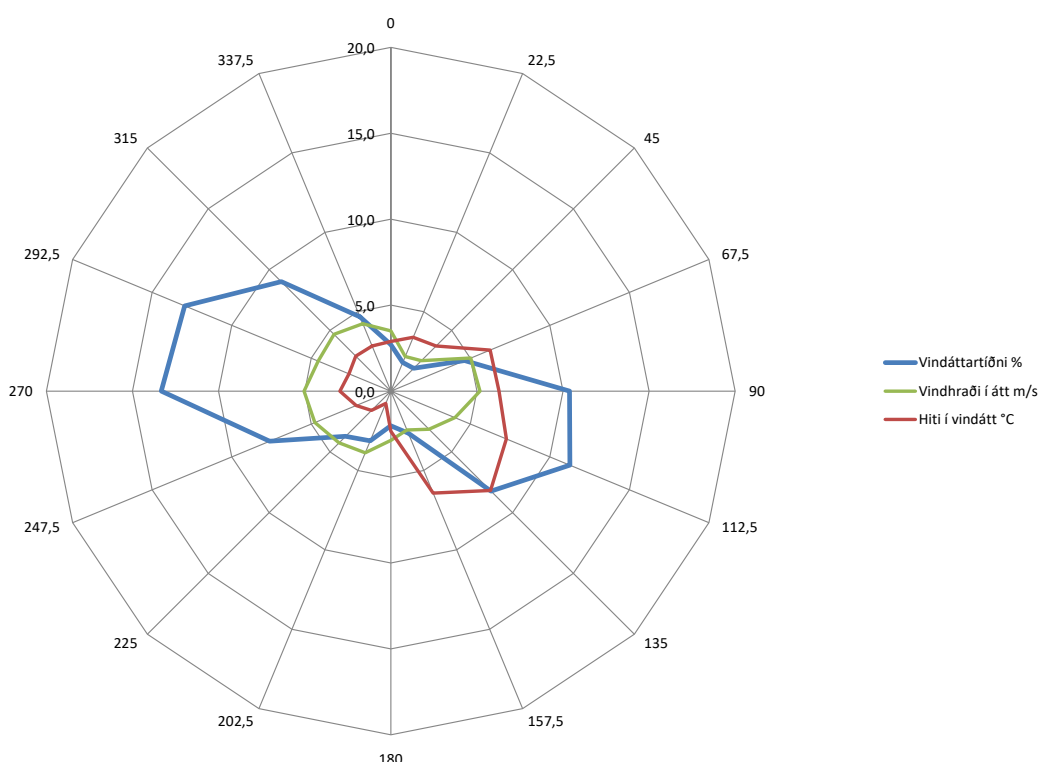
Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2017 aftur til ársins 2006.

	Ár	Meðalhiti	Meðal-	Ár	Meðalhiti	Meðal-
		°C	vindhraði		°C	vindhraði
			m/s			m/s
Reyðarfjörður allar stöðvar	2017	4,7	4,1	2011	4,5	4,6
	2016	4,8	4,0	2010	4,1	4,0
	2015	4,0	4,6	2009	4,6	4,1
	2014	5,3	4,0	2008	4,3	4,2
	2013	4,3	4,2	2007	4,4	5,2
	2012	4,2	4,4	2006	4,7	4,3

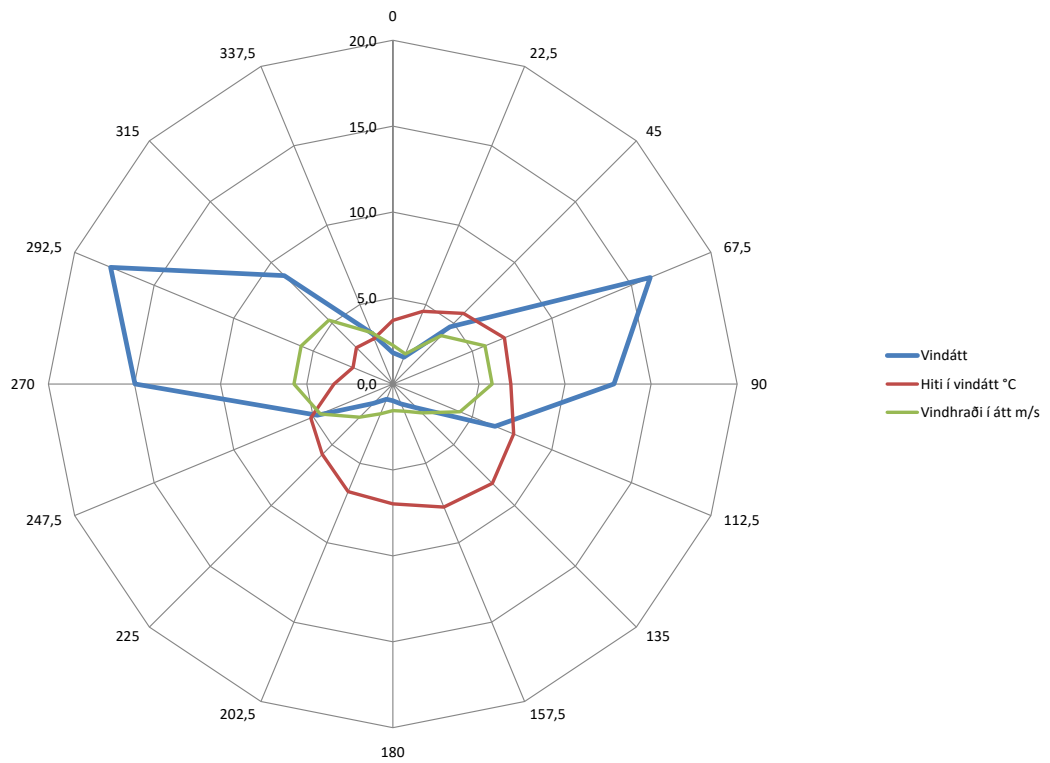
Í heild var veður gott árið 2017, ívið svalara en árið á undan, en hægviðrasamt. Framan af ári var fremur hlýtt og úrkomusamt, vindar hægir og vorið allhlýtt. Sumarið var þokkalegt víða, Haustið var hlýtt og úrkomusamt en nóvember var mjög kaldur og áfram allkalt en hægviðrasamt út árið (Veðurstofa Íslands, 2017).

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

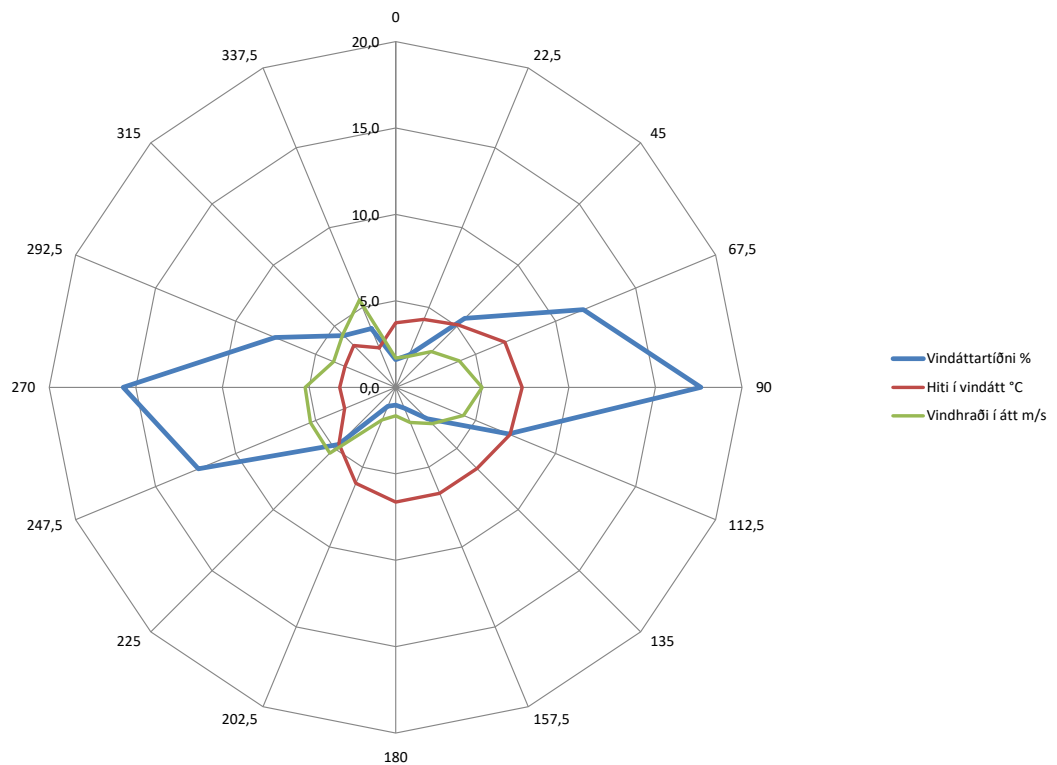
Sjá má að megindrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes.



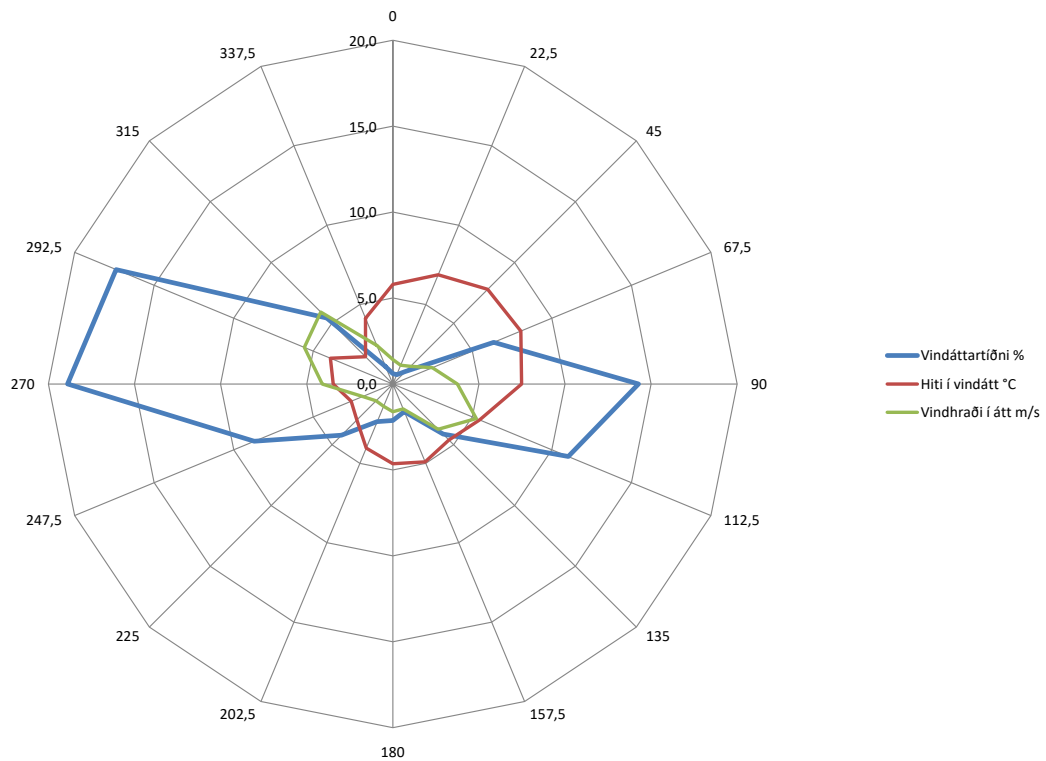
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).



Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).



Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).



Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2017, allar mælingar (10 mín).

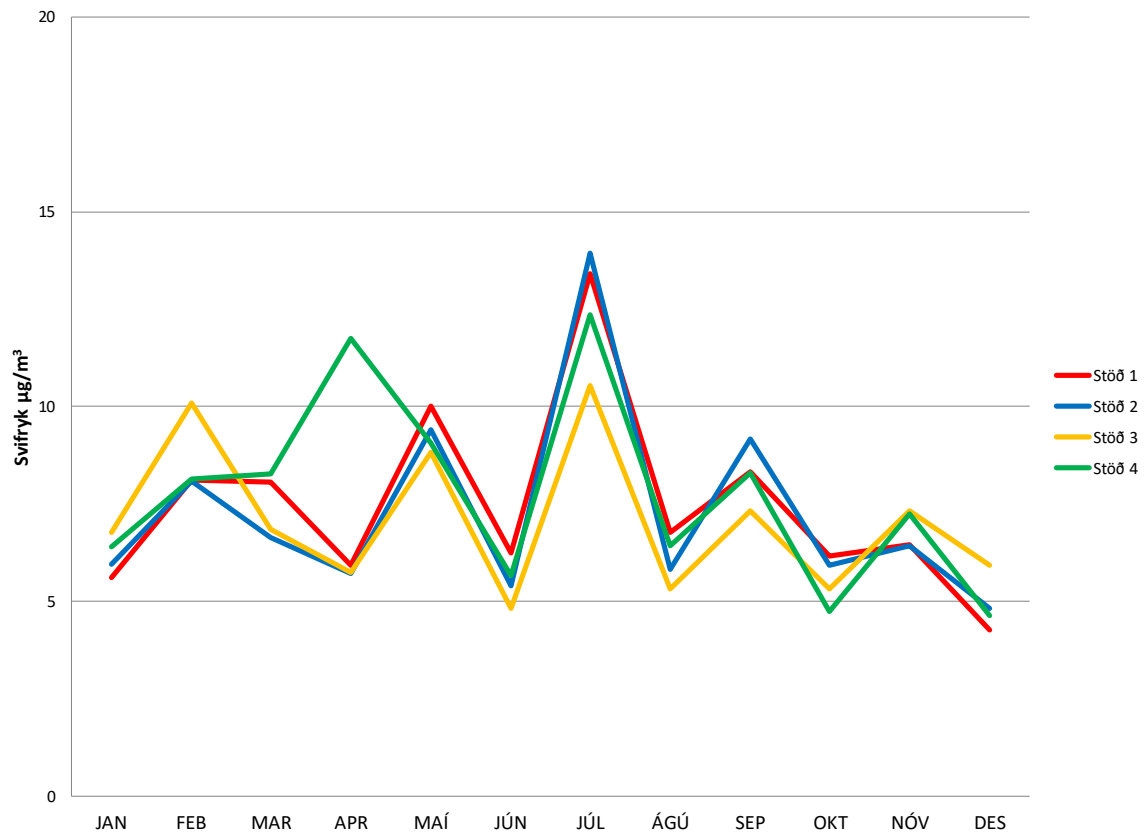
2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM_{10})

Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mynd 6 og 7 og tafla 2 sýna mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2017 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2017.

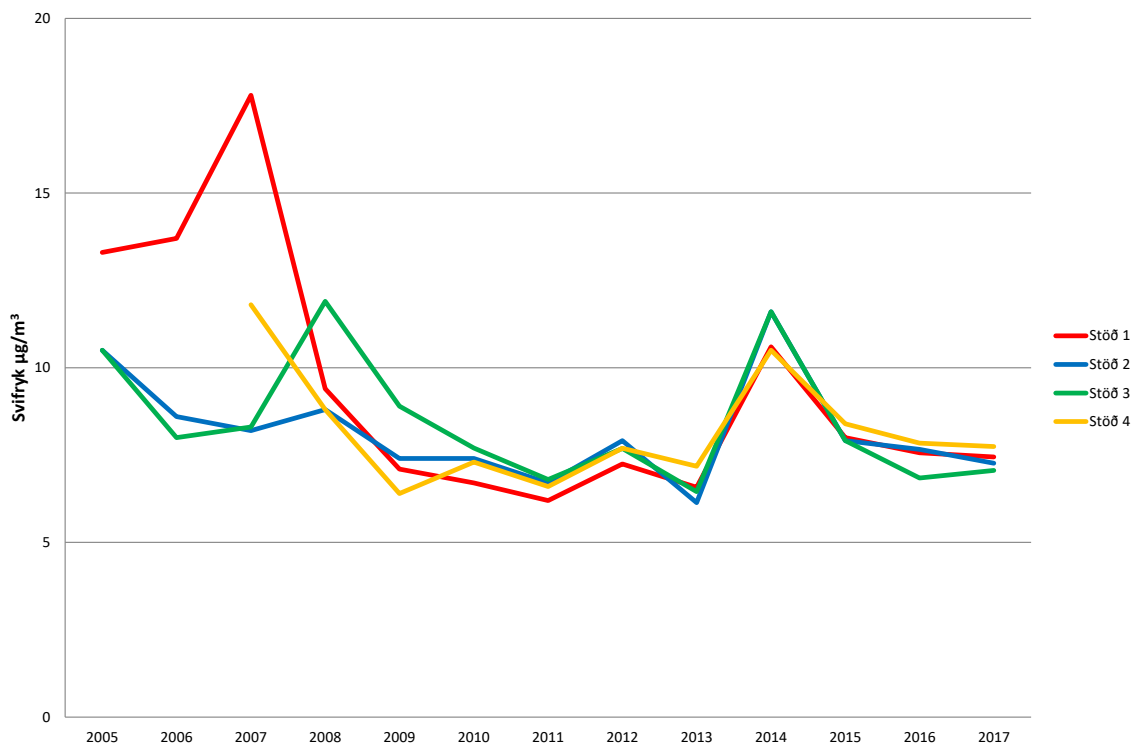
Heildarmeðaltal svifryks mældist $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og var svipað á öllum stöðvum og er mjög svipuð niðurstaða og árið áður. Þetta er svipað eða lítillega hærra en á árabílinu 2009-2013 þegar svifryk var með lægsta móti og töluvert lægra en árið 2014, sem bæði var fremur þurrt ár og með allnokkurri gosgöngu á síðara hluta ársins. Svifryk fór aldrei yfir heilsuverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{-dag}$) á árinu. Hæstu dagsgildi mældust á öllum stöðvum þann 19. júlí í austlægrri stinningsgölu og mældust þau á bílinu $28\text{-}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ekki verða dregnar ályktanir af rykrósum, til þess eru mælingar (dagsgildi) ekki nægilega fíngreinanlegar. Meginuppsprettur ryks koma fram í meginvindáttum sín hvors vegar við hverja stöð en það segir meira til um eindregnar vindáttirnar en rykið. Það raunar gefur helst til kynna að ekki sé ein meginuppspretta ryks á Reyðarfirði.

Janúar, apríl og ágúst voru þurrviðrasamir og þá má búast við heldur meiri svifryksmengun, en hæstu mánuðir í svifryki voru febrúar, maí og júlí. Þess ber að gæta að sýnataka er sjötta hvern dag og getur verið nokkuð misjafnt hvernig hittir á veður.



Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2017.



Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2017.

Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

		Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
Ár	2005	13,3	10,5	10,5	
	2006	13,7	8,6	8,0	
	2007	17,8	8,2	8,3	11,8
	2008	9,4	8,8	11,9	8,8
	2009	7,1	7,4	8,9	6,4
	2010	6,7	7,4	7,7	7,3
	2011	6,2	6,7	6,8	6,6
	2012	7,2	7,9	7,7	7,7
	2013	6,6	6,1	6,5	7,2
	2014	10,6	11,6	11,6	10,5
	2015	8,0	7,9	7,9	8,4
	2016	7,6	7,7	6,8	7,8
	2017	7,4	7,3	7,1	7,7
2017	JAN	5,6	6,0	6,8	6,4
	FEB	8,1	8,1	10,1	8,1
	MAR	8,1	6,6	6,8	8,3
	APR	5,9	5,7	5,7	11,7
	MAÍ	10,0	9,4	8,8	9,1
	JÚN	6,2	5,4	4,8	5,6
	JÚL	13,4	13,9	10,5	12,4
	ÁGÚ	6,8	5,8	5,3	6,4
	SEP	8,3	9,2	7,3	8,3
	OKT	6,2	5,9	5,3	4,7
	NÓV	6,4	6,4	7,3	7,2
	DES	4,3	4,8	5,9	4,6

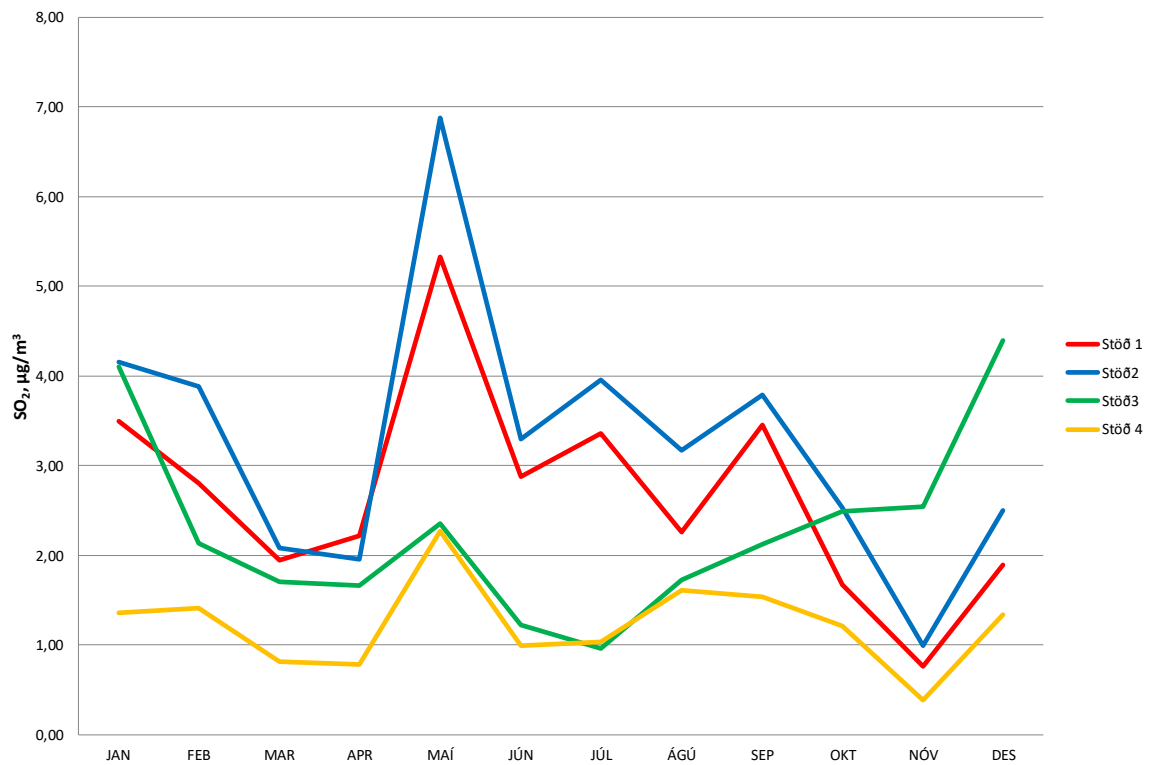
2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mynd 8 sýnir mánaðarmeðaltöl brennisteinstvíoxíðs (SO_2) sem fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginsveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum og hæst mælist á stöð 2 að jafnaði og lægst á stöð 4 sunnan fjarðar. 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.

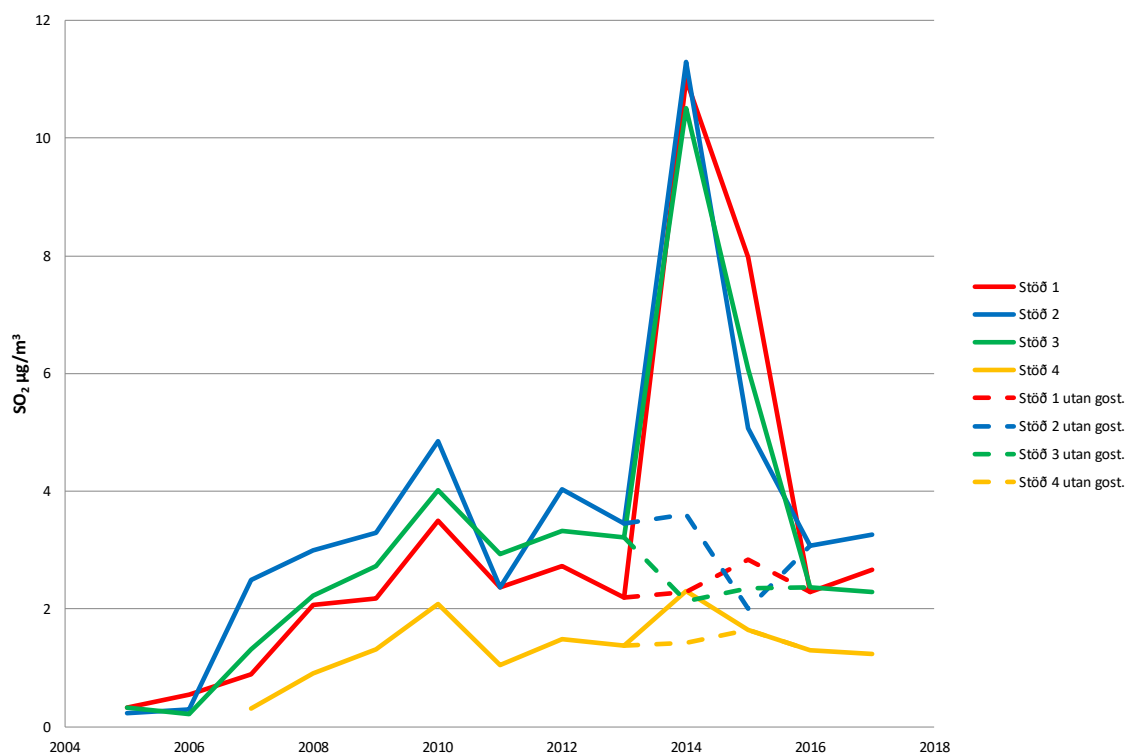
Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2017 reyndust lítillega undir meðallagi ef miðað er við mælingar frá árinu 2008 og góstímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Mynd 9 sýnir ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Tafla 3 sýnir mánaðarmeðaltöl ársins 2017 og ársmeðaltöl 2005-2017 fyrir SO_2 í lofti.

Engir dagar fóru yfir gróðurverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 2 í miklu hægviðri og breytilegri átt þar sem vindátt gekk á milli vestlægra, norðlægra og austlægra átta yfir daginn þann 20. janúar. Hæstu dagsgildi á stöð 1 ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og stöð 3 ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mældust sama dag, en hæsta dagsgildi á stöð 4 ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mældist þann 21. maí í austan andvara.

Hæstu klukkustundargildi á stöðvum 1, 3 og 4 mældust í logni eða hægum breytilegum austan andvara morguninn 21. maí og öll undir heilsuverndarmörkum ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eða $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 1, $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 3 og $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 4. Hæst mældist klukkustundargildi $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 2 kl. 3 e.h. þann 24. maí í austan golu.



Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2017.

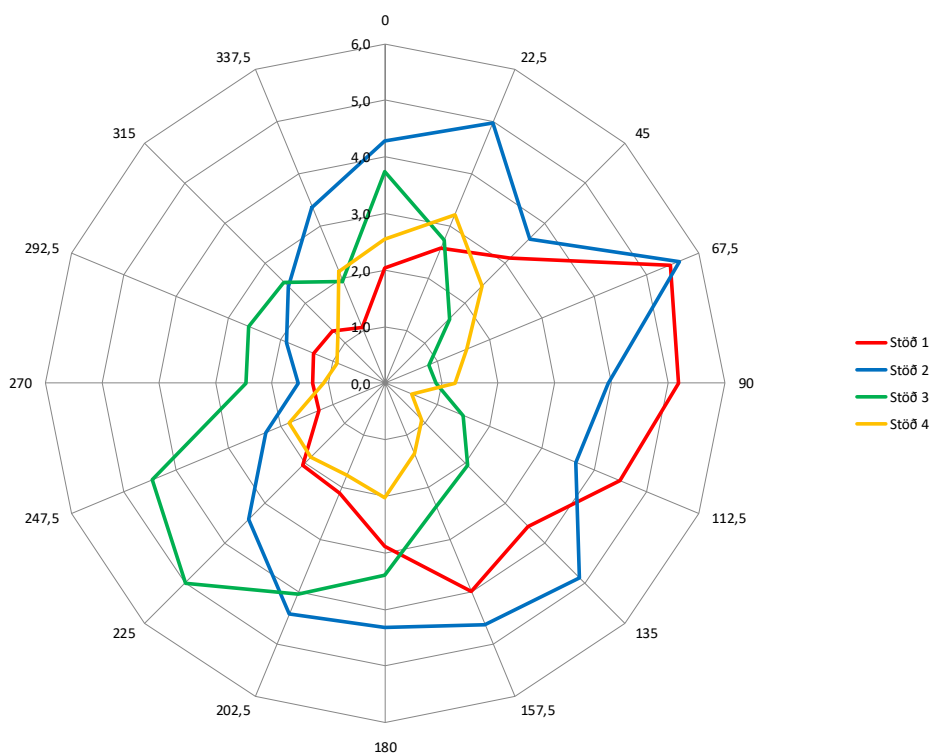


Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2017. Brotnar línur sýna meðaltöl ef gostímabilið er undanskilið.

Tafla 3. Árs-og mánaðarmeðaltöl SO₂ í lofti (µg/m³).

		Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
Ár	2007	0,89	2,49	1,32	0,31
	2008	2,06	2,99	2,22	0,91
	2009	2,18	3,29	2,72	1,32
	2010	3,50	4,85	4,02	2,09
	2011	2,36	2,36	2,93	1,04
	2012	2,73	4,03	3,32	1,49
	2013	2,23	3,46	3,23	1,38
	2014	11,0	11,3	10,5	(2,3)
	2014 (jan-ágúst)	2,29	3,61	2,13	1,42
	2015	7,98	5,07	6,08	(2,84)
	2015 (mars-des)	2,84	2,01	2,35	(2,84)
	2016	2,29	3,08	2,37	1,30
	2017	2,67	3,27	2,28	1,23
	2017	JAN	3,50	4,16	4,10
FEB		2,80	3,88	2,13	1,41
MAR		1,94	2,08	1,70	0,81
APR		2,21	1,96	1,66	0,79
MAÍ		5,32	6,88	2,35	2,27
JÚN		2,88	3,30	1,22	0,99
JÚL		3,36	3,96	0,96	1,04
ÁGÚ		2,26	3,17	1,73	1,61
SEP		3,46	3,78	2,13	1,54
OKT		1,67	2,53	2,49	1,21
NÓV		0,76	0,99	2,55	0,38
DES		1,89	2,50	4,40	1,33

Mynd 10 sýnir meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt. Álverið er stór uppspretta SO₂ og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í suðvestanátt á stöð 3, í austlægum áttum á stöð 1 og 2 og norðnorðaustanátt á stöð 4. Þá er líka ljóst að meðaltöl eru allhá í sunnanáttum og norðanáttum sem geta verið hægviðri.



Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO₂ (µg/m³), sem fall af vindátt 2017, allar stöðvar.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2017 má sjá í viðauka 1.

2.3.4 Flúor í lofti

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

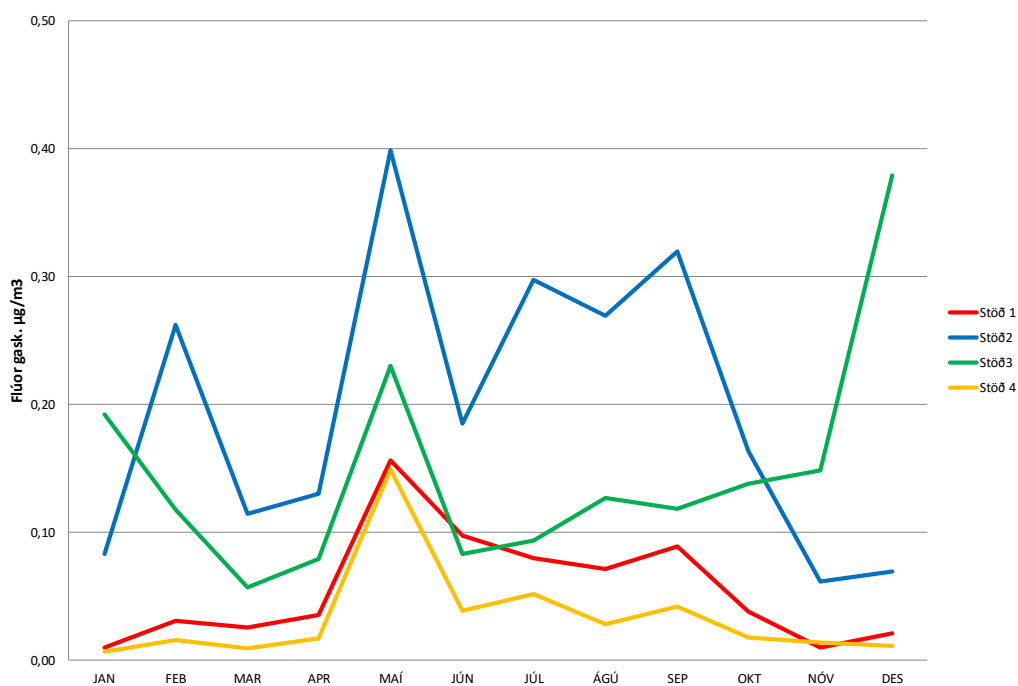
- i) flúor gaskenndur og flúor í ryki í lofti er safnað með sýnatöku á 37 mm síur og eru tekin 1 dags (24 klst. samfelld) og 5 daga sýni (12 mín. á hverri klst.) til skiptis, alls um 110 sýni frá hverri stöð árlega.
- ii) flúor í ryki í lofti er mælt í stórum svifrykssíum (200 x 250 mm) og er safnað á hverja síu í 24 klst á sex daga fresti; í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 12 sýni frá hverri stöð eða 48 mælingar alls árlega.

i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

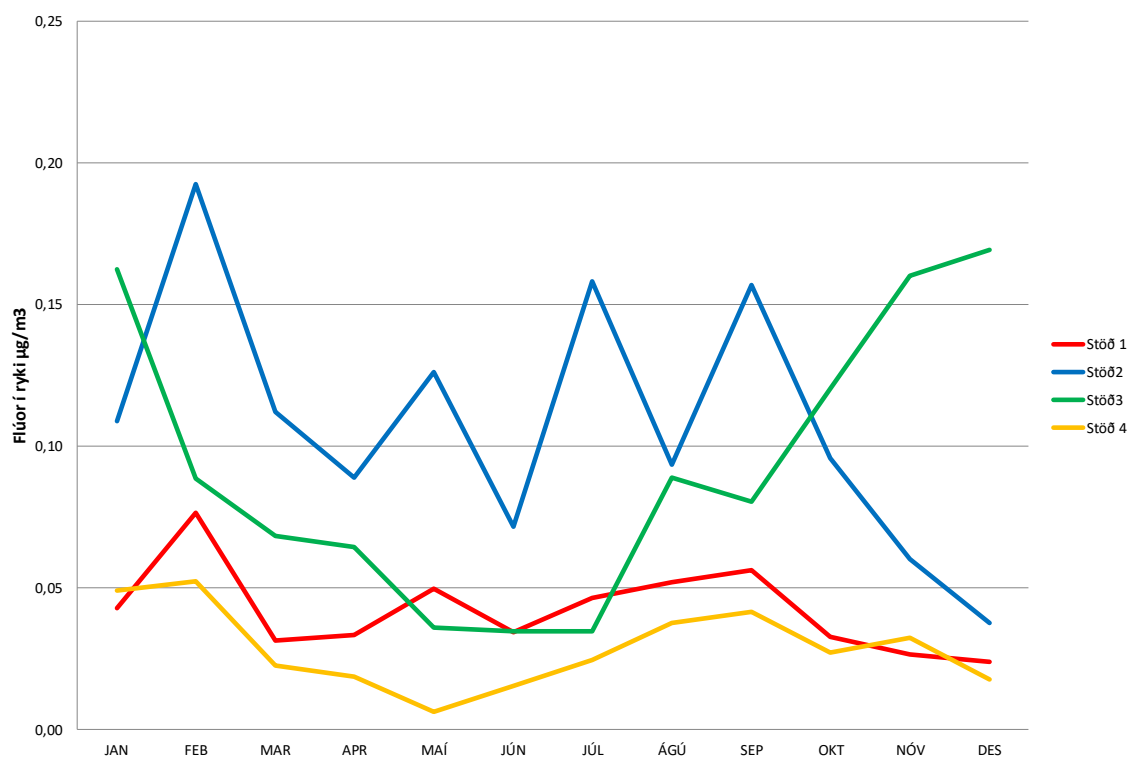
Meðaltal flúors alls í lofti mældist 0,18 µg/m³ og flúor gaskenndur 0,11 µg/m³. Tafla 4 sýnir niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl árið 2017 og ársmeðaltöl árána 2012-2017. Mynd 11 og 12 sýna mánaðarmeðaltöl fyrir gas- og rykkenndan flúor og mynd 13 sýnir flúor alls í lofti. Niðurstöður voru í hærra lagi árið 2017 og svipaðar og árið 2015, en nokkru lægri en árið 2016 þegar þær voru með hæsta móti. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímann þegar innlagn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist á stöð 2 eða 1,07 µg F/m³ þann 27. maí í hægum austlægum andvara eða kuli.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskennan flúor sem vetnisflúoríð HF eru 0,3 µg/m³ meðaltal á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir

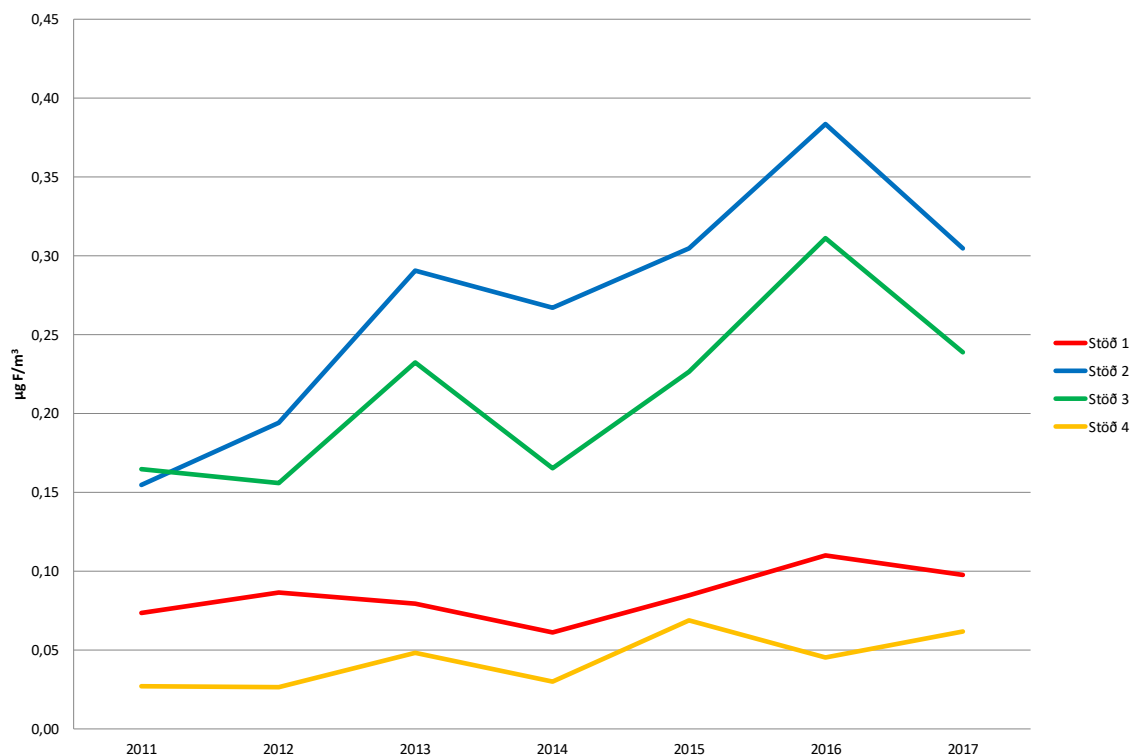
þau mörk. Meðalgildið á stöð 3 er 0,13 $\mu\text{g HF}/\text{m}^3$ á þessu tímabili. Gildið á stöð 2 er hæst eða 0,28 $\mu\text{g HF}/\text{m}^3$ en sú stöð er innan þynningarsvæðis.



Mynd 11. Flúor gaskendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2017 (mælingar á síur).



Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2017 (mælingar á síur).



Mynd 13. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011-2017 (mælingar á síur).

Tafla 4. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti í µg/m³ (mælingar á síur).

Ár	Stöð 1	Stöð2	Stöð3	Stöð 4
Flúor gas				
2012	0,05	0,13	0,09	0,01
2013	0,04	0,20	0,15	0,02
2014	0,04	0,21	0,12	0,02
2015	0,05	0,24	0,16	0,03
2016	0,05	0,30	0,21	0,02
2017	0,06	0,20	0,15	0,03
Flúor ryk				
2012	0,04	0,07	0,06	0,02
2013	0,04	0,10	0,08	0,03
2014	0,02	0,06	0,04	0,01
2015	0,04	0,07	0,07	0,04
2016	0,06	0,09	0,10	0,02
2017	0,04	0,11	0,09	0,03
Flúor alls				
2012	0,09	0,19	0,16	0,03
2013	0,08	0,29	0,23	0,05
2014	0,06	0,27	0,17	0,03
2015	0,08	0,30	0,23	0,07
2016	0,11	0,38	0,31	0,04
2017	0,10	0,31	0,24	0,06
Flúor gas 2017				
JAN	0,01	0,08	0,19	0,01
FEB	0,03	0,26	0,12	0,02
MAR	0,03	0,11	0,06	0,01
APR	0,04	0,13	0,08	0,02
MAÍ	0,16	0,40	0,23	0,15
JÚN	0,10	0,18	0,08	0,04
JÚL	0,08	0,30	0,09	0,05

ÁGÚ	0,07	0,27	0,13	0,03
SEP	0,09	0,32	0,12	0,04
OKT	0,04	0,16	0,14	0,02
NÓV	0,01	0,06	0,15	0,01
DES	0,02	0,07	0,38	0,01
Flúor ryk 2017				
JAN	0,04	0,11	0,16	0,05
FEB	0,08	0,19	0,09	0,05
MAR	0,03	0,11	0,07	0,02
APR	0,03	0,09	0,06	0,02
MAÍ	0,05	0,13	0,04	0,01
JÚN	0,03	0,07	0,03	0,02
JÚL	0,05	0,16	0,03	0,02
ÁGÚ	0,05	0,09	0,09	0,04
SEP	0,06	0,16	0,08	0,04
OKT	0,03	0,10	0,12	0,03
NÓV	0,03	0,06	0,16	0,03
DES	0,02	0,04	0,17	0,02
Flúor alls 2017				
JAN	0,05	0,20	0,35	0,06
FEB	0,11	0,45	0,21	0,07
MAR	0,06	0,23	0,13	0,03
APR	0,07	0,22	0,14	0,04
MAÍ	0,21	0,52	0,27	0,16
JÚN	0,13	0,26	0,12	0,05
JÚL	0,13	0,46	0,13	0,08
ÁGÚ	0,12	0,36	0,22	0,07
SEP	0,14	0,48	0,20	0,08
OKT	0,07	0,26	0,26	0,04
NÓV	0,04	0,12	0,31	0,05
DES	0,04	0,11	0,55	0,03

ii) Flúor í svifryki

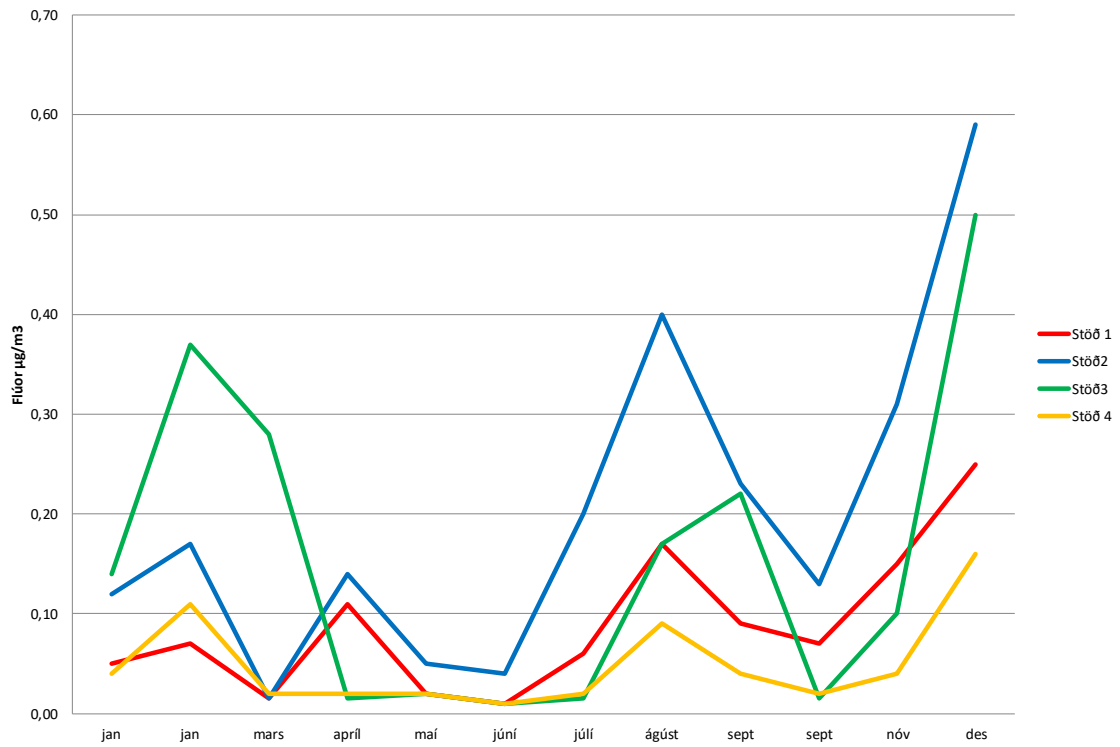
Heildarmeðaltal ársins var 0,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tafla 5 og mynd 14 og 15 sýna niðurstöður mælinga á flúor í svifryki.

Mikill breytileiki getur verið í mælingum á flúor í svifryki í lofti þar sem einungis er um að ræða einn dag í hverjum mánuði frá hverri stöð. Árið 2017 mældist flúor í svifryki hærrí en áður og undanfarin tvö ár eru þau hæstu frá upphafi. Meðaltal ársins er tæplega tvöfalt hærra en meðaltal áranna 2008-2015. Sjá má að gildi í desember eru há og hækka meðaltalið nokkuð.

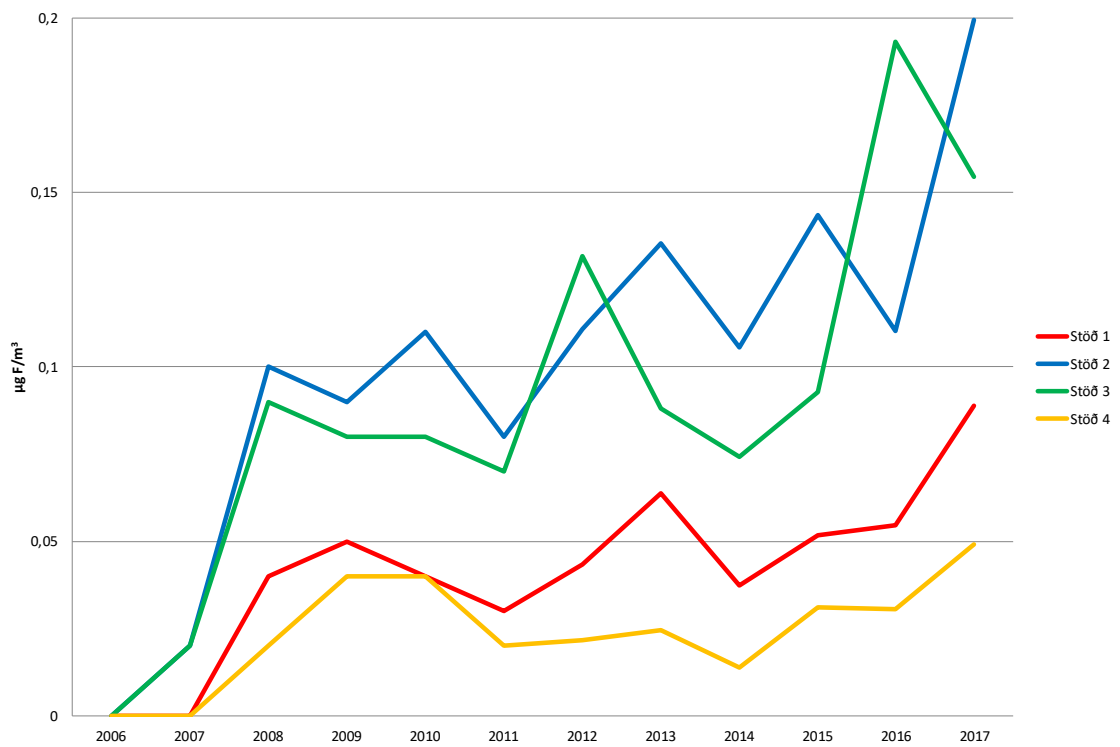
Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2017 má sjá í viðauka 2.

Tafla 5. Ársmeðaltöl og mæligildi rykkennds flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
2007	≤ 0,01	0,02	0,02	≤ 0,01
2008	0,04	0,10	0,09	0,02
2009	0,05	0,09	0,08	0,04
2010	0,04	0,11	0,08	0,04
2011	0,03	0,08	0,07	0,02
2012	0,04	0,11	0,13	0,02
2013	0,06	0,14	0,09	0,02
2014	0,04	0,11	0,07	0,01
2015	0,05	0,14	0,09	0,03
2016	0,05	0,11	0,19	0,03
2017	0,09	0,20	0,15	0,05
2017				
JAN	0,05	0,12	0,14	0,04
FEB	0,07	0,17	0,37	0,11
MAR	<0,03	<0,03	0,28	<0,04
APR	0,11	0,14	<0,03	<0,04
MAÍ	<0,04	0,05	<0,04	<0,04
JÚN	<0,02	0,04	<0,02	<0,02
JÚL	0,06	0,20	<0,03	<0,04
ÁGÚ	0,17	0,40	0,17	0,09
SEP	0,09	0,23	0,22	0,04
OKT	0,07	0,13	<0,03	<0,04
NÓV	0,15	0,31	0,10	0,04
DES	0,25	0,59	0,50	0,16



Mynd 14. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2017.



Mynd 15. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2017.

2.3.5 Fjölhringa vetniskolefni (PAH)

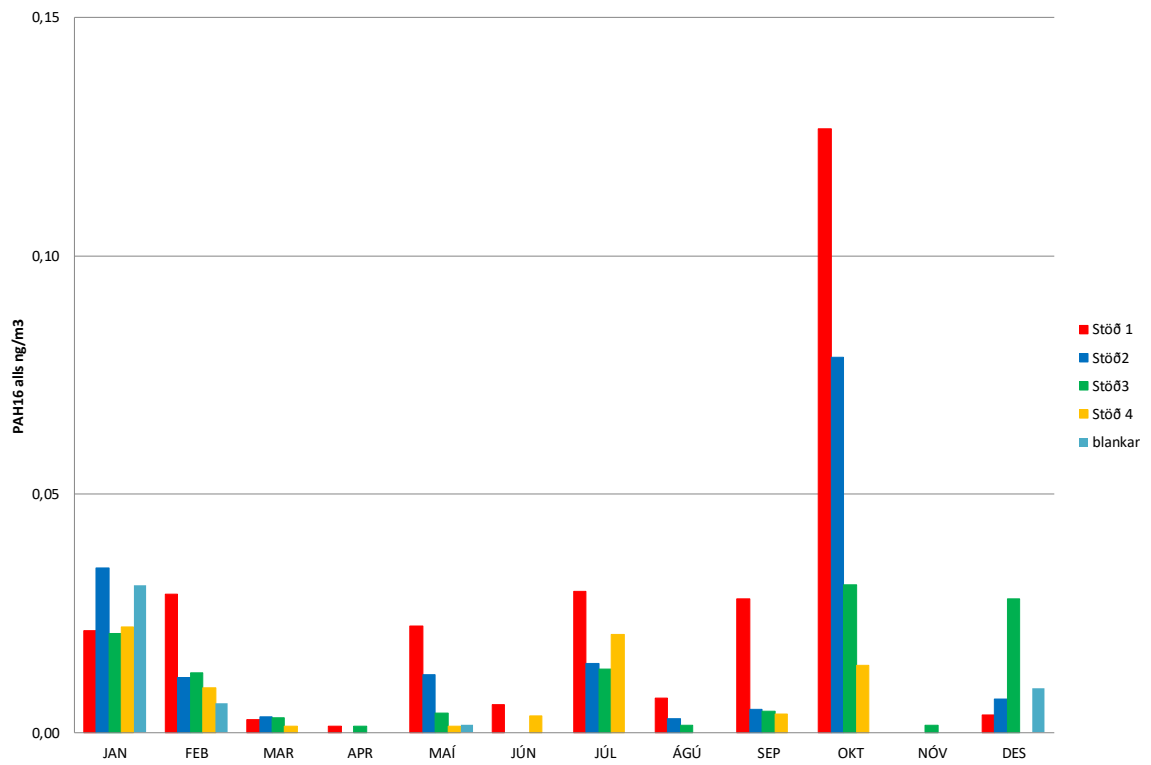
Fjölhringa vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst. á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall (OSPAR/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009-2011 og 2013-2017. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Niðurstaða ársins 2017 var að PAH í lofti hefur aldrei mælst lægri (Tafla 6 og Mynd 17). Mynd 16 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2017. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um 0,02 ng/m³ umfram greiningarmörk á árinu 2017 að heildarmeðaltali. Ársmeðaltöl á hverri stöð hafa verið í öllum tilfellum undir 0,1 ng/m³ frá árinu 2012. Í töflu 6 eru tilgreind summa mældra PAH umfram greiningarmörk, en heildarsumma greiningarmarkna PAH16 árið 2017 svarar til 0,04 ng/m³.

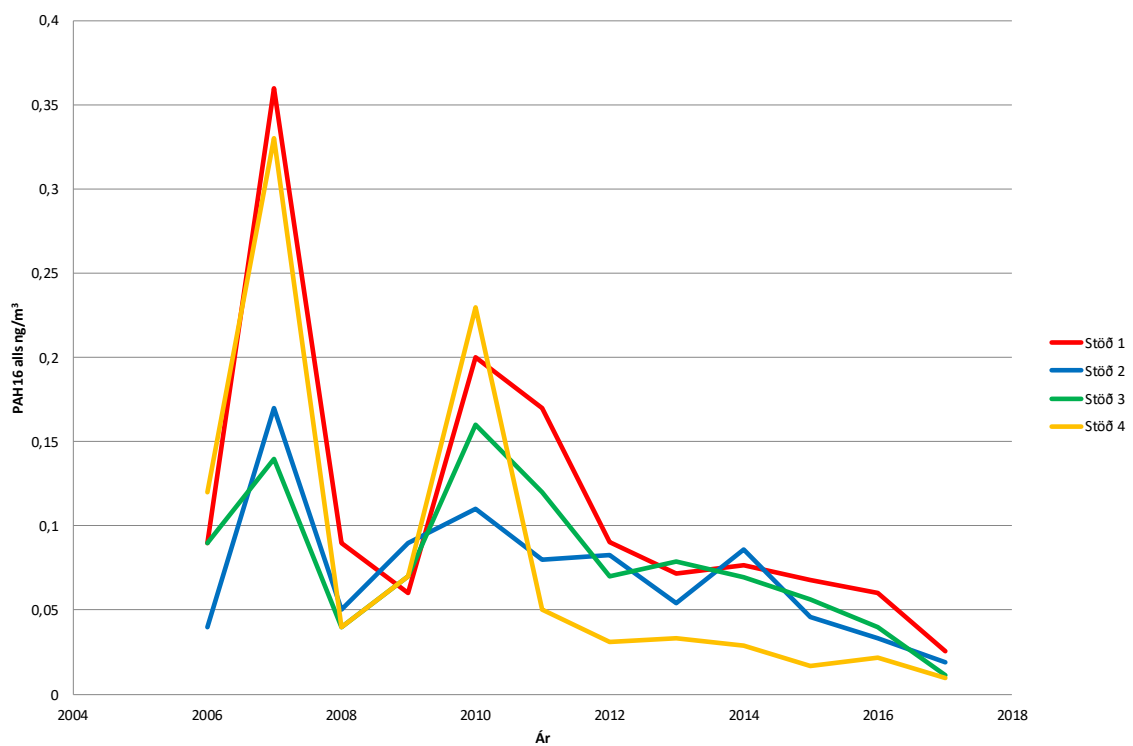
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m³.

Ár/Mán.	PAH (ng/ m ³)			
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,09	0,04	0,09	0,12
2007	0,36	0,17	0,14	0,33
2008	0,09	0,05	0,04	0,04
2009	0,06	0,09	0,07	0,07
2010	0,20	0,11	0,16	0,23
2011	0,17	0,08	0,12	0,05
2012	0,09	0,08	0,07	0,03
2013	0,07	0,05	0,08	0,03
2014	0,08	0,09	0,07	0,03
2015	0,07	0,05	0,06	0,02
2016	0,06	0,03	0,04	0,02
2017	0,03	0,02	0,01	0,01
2017				
JAN	0,021	0,035	0,021	0,022
FEB	0,029	0,012	0,013	0,009
MAR	0,003	0,003	0,003	0,001
APR	0,001	ND	0,001	ND
MAÍ	0,022	0,012	0,004	0,001
JÚN	0,006	ND	ND	0,003
JÚL	0,030	0,014	0,013	0,021
ÁGÚ	0,007	0,003	0,001	ND
SEP	0,028	0,005	0,004	0,004
OKT	0,127	0,079	0,031	0,014
NÓV	ND	ND	0,002	ND
DES	0,004	0,007	0,028	ND

ND = Undir greiningarmörkum (not detected).



Mynd 16. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2017.



Mynd 17. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2017.

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.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m³ skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi árið 2017 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 6 síum af 48 og reiknaðist hæst í október á stöð 1 eða 0,005 ng/m³. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældust hæstu gildin á stöð 1 í október 0,025 ng/m³ af benzó[b]flúoranten og benzó[j]flúoranten (mæld saman sem summa) og einnig mældist sami styrkur af indenó[1,2,3-cd]pýren í sömu síu.

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

2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Úrkoma er mæld og henni er jafnframt safnað í Reyðarfirði á öllum stöðvum. Úrkoma hefur verið nokkuð misjöfn eftir árum. Úrkomumagn getur haft mikil áhrif á styrk mengunarefna, í mikilli úrkomu getur styrkur mælst lægri, en áfall mengunarefna á jörð engu að síður getur verið töluvert. Og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Í heild virðist reiknað áfall mengunarefna frá árinu 2008 sæmilega stöðugt í Reyðarfirði, þó með töluverðum breytileika milli ára. Mæld úrkoma var með mesta móti árið 2017, álíka og árið 2014.

Sýrustig (pH) í úrkomu

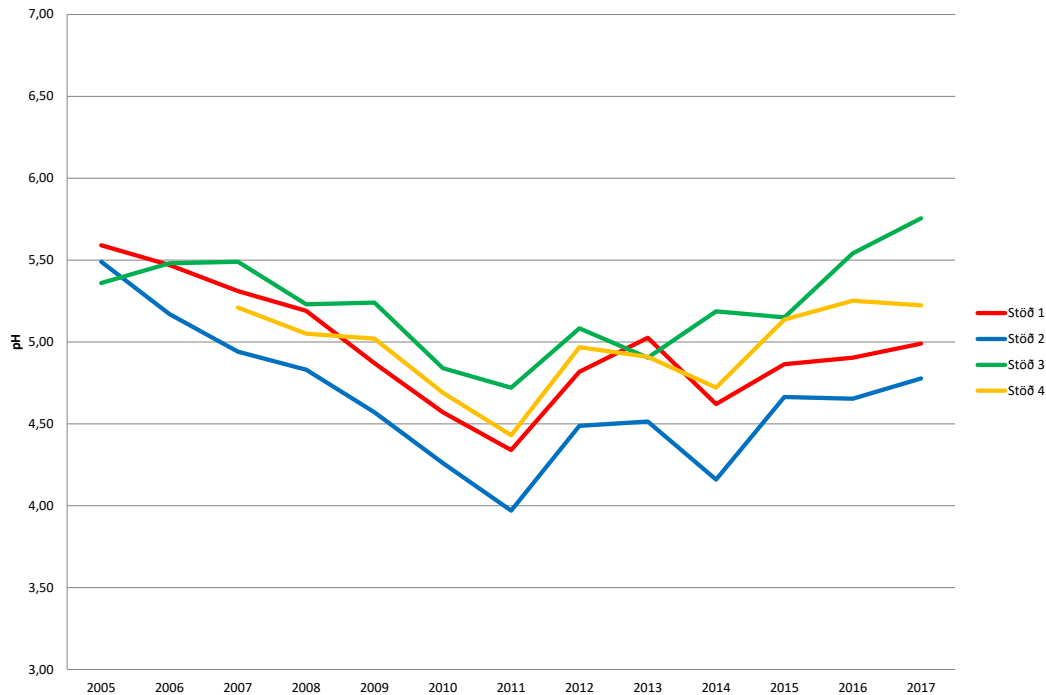
Tafla 7 og mynd 18 sýna meðaltöl áranna 2005-2017 fyrir sýrustig í úrkomu. Mynd 19 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2017.

Tafla 7. Sýrustig í úrkomu, ársmeðaltöl einingalaust (pH).

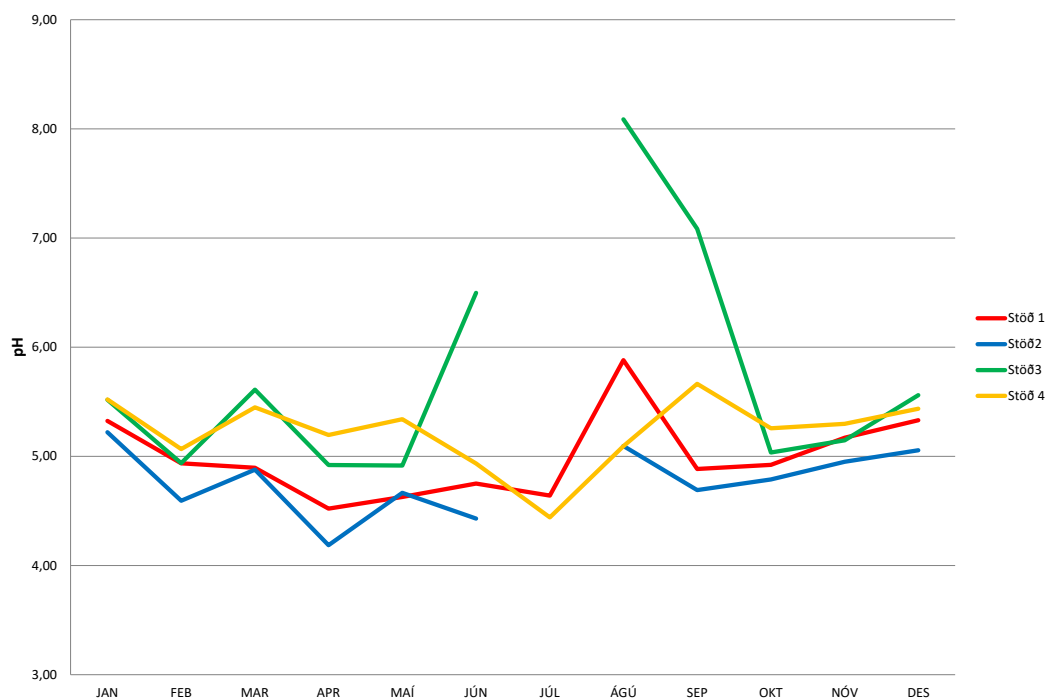
Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	5,59	5,49	5,36	
2006	5,47	5,17	5,48	
2007	5,31	4,94	5,49	5,21
2008	5,19	4,83	5,23	5,05
2009	4,87	4,57	5,24	5,02
2010	4,57	4,26	4,84	4,69
2011	4,34	3,97	4,72	4,43
2012	4,82	4,49	5,08	4,97
2013	5,03	4,51	4,90	4,91
2014	4,62	4,16	5,19	4,72
2015	4,86	4,66	5,15	5,14
2016	4,90	4,65	5,54	5,25
2017	4,99	4,78	5,76	5,22

Sýrustig í úrkomu mældist hærra en árið áður á stöð 1, 2 og 3, en stóð í stað á stöð 4 (Mynd 18). Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu síst á stöð 3. Líklega endurspeglar hærra gildi á stöð 3 mikla úrkomu á árinu, sem er tiltölulega lítið menguð, en í regnvatni sem er lítt mengað má búast við sýrustigi á bilinu 5,5-6,5. Í heild eru niðurstöðurnar stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012 þar sem sýrustig mælist á bilinu 4,2-5,7.

Mynd 19 sýnir mánaðarmeðaltöl sýrustigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað í hverri viku frá öllum stöðvum. Útlit er nokkuð einkennandi með hærra pH stig mælt á stöð 3 yfir sumartímann, þegar innlögn er áberandi. Árið var úrkomusamt í heild en nokkuð kaflaskipt og sýni vantar frá stöð 2 og stöð 3 í júlí vegna þurrviðris. Að ekki náist vikuleg sýni er nokkuð algengt, það gerðist 13-17 sinnum eftir stöð á árinu eða að meðaltali í þriðja eða fjórða hvert skipti heimsóknna.



Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2017.



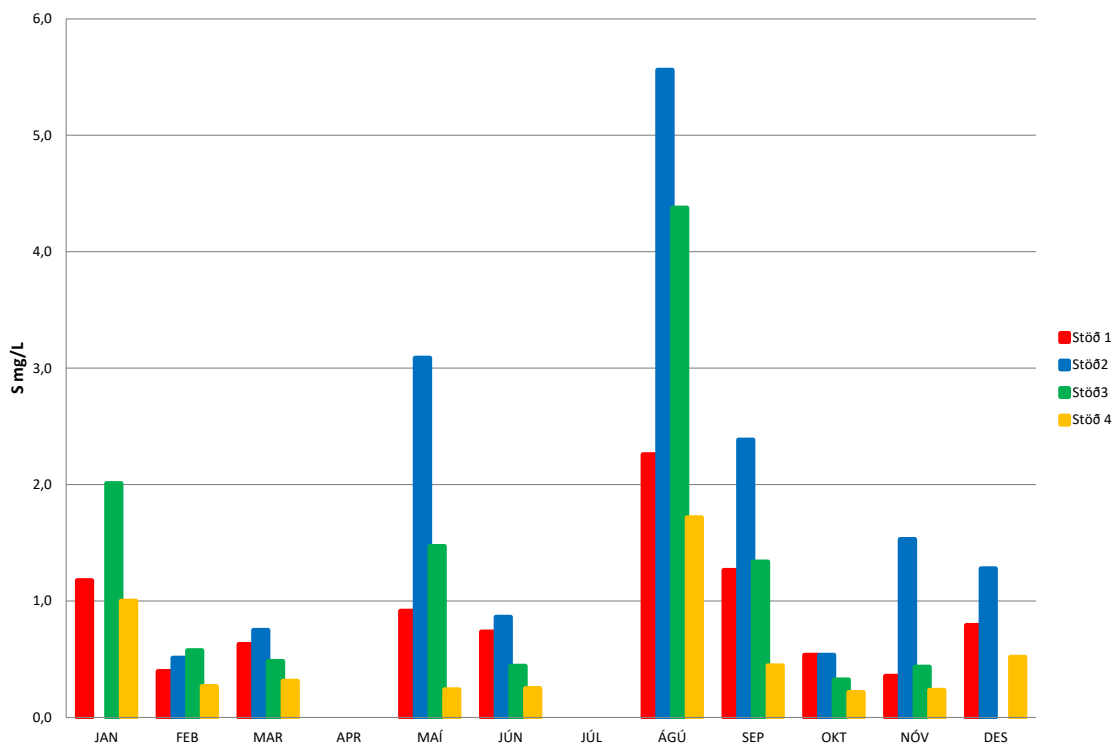
Mynd 19. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2017.

Brennisteinn í úrkomu

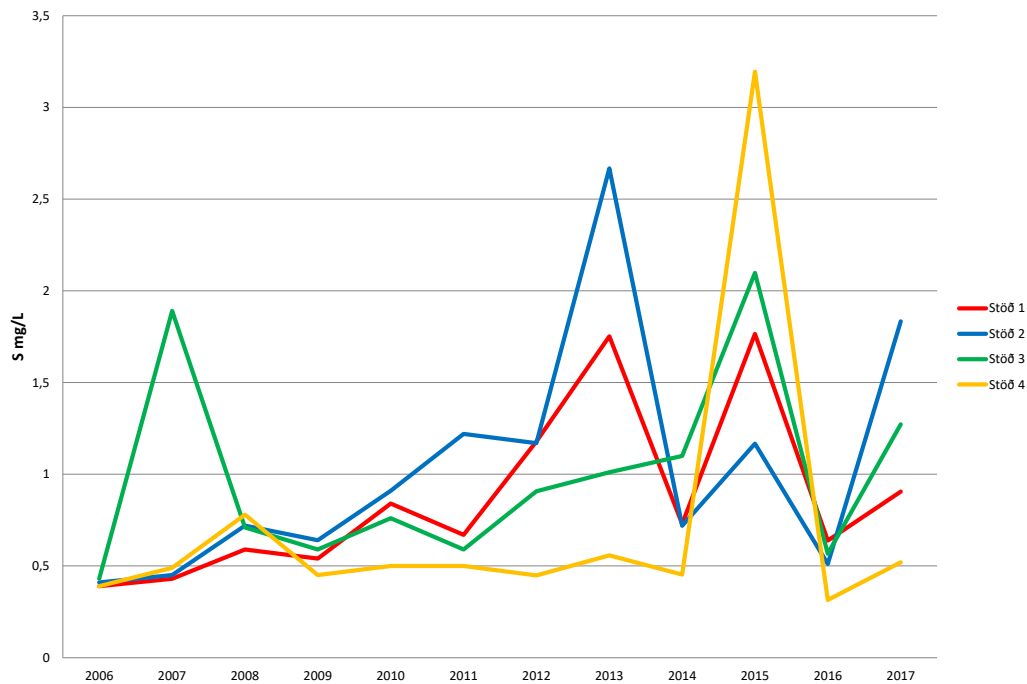
Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrenns konar, úr sjó, af mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru nokkur árin 2010, 2014 og mjög mikil árið 2015. Brennisteinstyrkur í úrkomu var í meðallagi árið 2017 (Tafla 8 og Mynd 21). Meðaltalið árið 2017 í heild mældist 1,08 mg/L. Reikna má heildaráfall brennisteins í mældri úrkomu árið 2017 í rúmu meðallagi. Ígildi áfallsins er reiknað með mjög einföldum hætti, sem meðalstyrkur ársins í úrkomusýnum margfaldaður með heildarúrkomumagni sem safnað er í regnsafnara á stöðvunum. Meðaltal áfalls frá 2007 er um 1,9 g/m² á ári en reiknaðist um 2,2 g/m² árið 2017. Mynd 20 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga á brennisteini í úrkomu fyrir 2017.

Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl (mg/L).

Ár	Brennisteinn-S (mg/L)			
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,39	0,41	0,43	0,39
2007	0,43	0,45	1,89	0,49
2008	0,59	0,72	0,71	0,78
2009	0,54	0,64	0,59	0,45
2010	0,84	0,91	0,76	0,50
2011	0,67	1,22	0,59	0,50
2012	1,18	1,17	0,91	0,45
2013	1,75	2,67	1,01	0,56
2014	0,73	0,72	1,10	0,45
2015	1,76	1,17	2,10	3,19
2016	0,64	0,51	0,57	0,31
2017	0,91	1,83	1,27	0,52



Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2017.

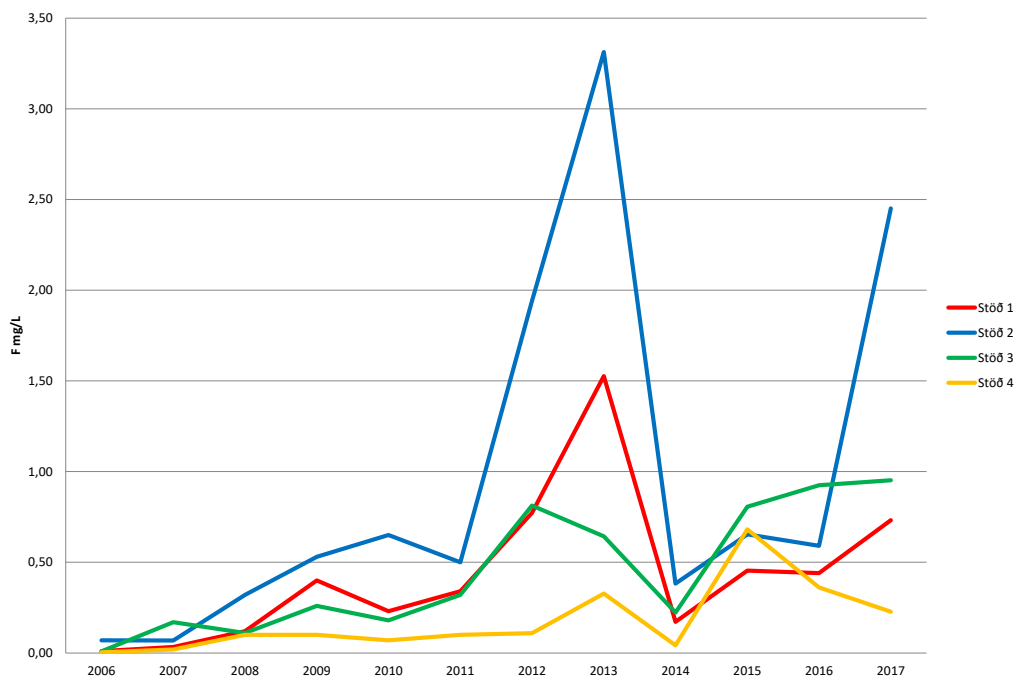


Mynd 21. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2017.

Styrkur brennisteins í úrkomu mælist nokkuð sveiflukenndur (Mynd 21). Árið 2017 var meðalstyrkur á stöð 1, 3 og 4 gróflega í meðallagi. Styrkur á stöð 2 var í hærra lagi.

Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu voru með hæsta móti árið 2017 (Mynd 22 og Tafla 9), ársmeðaltalið var 1,03 mg/L. Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarin ár og stundum mikill munur milli stöðva. Áður hefur meðaltalið farið hæst árið 2013 eða 1,45 mg/L. Ígildi áfalls reiknast um 2,1 g/m² á árinu 2017 en það eru um það bil tvöfalt meðallag þess frá 2007 sem er um 1,1 g/m² ár. Mynd 23 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir árið 2017.

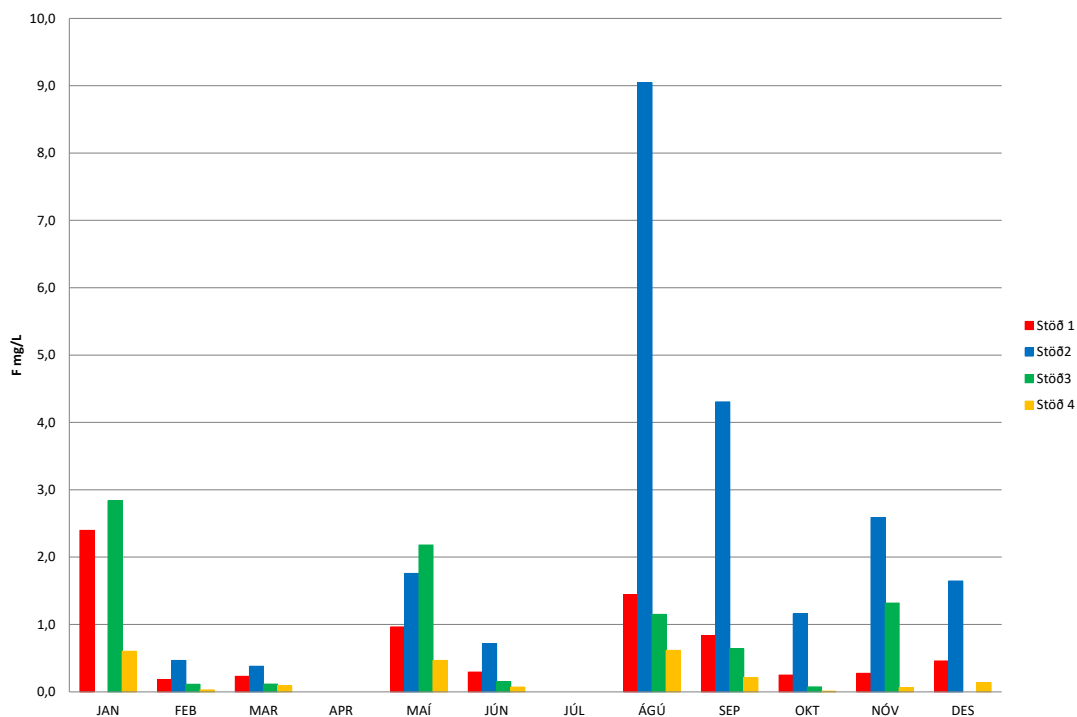


Mynd 22. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2017.

Tafla 9. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í mg/L.

Ár/Mán.	F (mg/L)			
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,01	0,07	0,01	0,00
2007	0,03	0,07	0,17	0,02
2008	0,12	0,32	0,11	0,10
2009	0,40	0,53	0,26	0,10
2010	0,23	0,65	0,18	0,07
2011	0,34	0,50	0,32	0,10
2012	0,77	1,94	0,81	0,11
2013	1,53	3,31	0,64	0,33
2014	0,17	0,38	0,22	0,04
2015	0,45	0,65	0,81	0,68
2016	0,44	0,59	0,92	0,36
2017	0,73	2,45	0,95	0,23
2017				
JAN	2,40	*	2,84	0,60
FEB	0,18	0,47	0,11	0,03
MAR	0,23	0,38	0,11	0,09
APR	ES	ES	ES	ES
MAÍ	0,96	1,76	2,18	0,47
JÚN	0,29	0,71	0,15	0,07
JÚL	ES	ES	ES	ES
ÁGÚ	1,44	9,04	1,15	0,61
SEP	0,83	4,30	0,64	0,21
OKT	0,25	1,16	0,07	0,01
NÓV	0,27	2,59	1,32	0,06
DES	0,46	1,64		0,14

* Bilun í safnara



Mynd 23. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2017.

Þrátt fyrir að meðalstyrkur flúors í úrkomu hafi mælst mjög sveiflukenndur virðist reiknað áfall mun jafnara. Fyrir utan árin 2013 og 2017 reiknast ígildi áfalls yfirleitt undir $1,0 \text{ g/m}^2$ frá 2009.

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

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

Uptaka flúors er háð því hversu stór loftaugu plantna eru og hversu mikið þau eru opin og er það breytilegt eftir tegundum. Loftaugu opnast og lokast við breytingar á dagsbirtu, hita- og rakastigi. Veðurfar getur því haft mikil áhrif á hversu mikið magn flúors berst inn í plöntur. Ólíkar tegundir geta vaxið á sama stað og ein tegund getur sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni (Weinstein & Davison, 2004).

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

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

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

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

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

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

Styrkur flúors í grasi getur breyst nokkuð hratt samhliða breytingum á veðurfari og magni flúors í lofti. Eins og áður hefur komið fram sest flúor á yfirborð gróðurs á formi gass og ryks. Erlendar rannsóknir benda til þess að rigning geti skolað burt allt að 60% af mældum styrk flúors í gróðri (Vike & Håbjorg, 1995). Þar af leiðandi getur styrkur flúors í gróðri mælst lægri eftir rigningu. Þannig má segja að styrkur flúors í grasi geti endurspeglað bæði veðurfar og magn loftborins flúors dagana á undan sýnatöku á grasi. 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). Í viðauka 6 eru sýndir veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2017.

3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef það fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki sammála 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).

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

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

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

3.2 Aðferðir og sýnatökudagar

3.2.1 Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna

Gerð var grein fyrir sýnatökuaðferðum og meðferð sýna í skýrslu Náttúrustofu Austurlands frá 2005 þar sem fjallað var um grunnvöktun í Reyðarfirði (Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005) svo aðferðum verður aðeins lýst lauslega hér. Sýnum 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 efna-greiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi eru sýndar sem meðaltal sex mælinga með staðalskekkju. Niðurstöður efnagreininga á rabarbara eru sýndar sem meðaltal þriggja mælinga með staðalskekkju. Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatökuferð. Allar niðurstöður flúormælinga í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en niðurstöður þungmálmagreiningar á rabarbarasýnum eru gefnar upp miðað við blautvig.

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 samtals 35 sýnatökustöðum. Breytingum á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 var lýst í skýrslum fyrir umhverfisvöktun þeirra ára (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015).

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

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

3.2.2 Töluleg úrvinnsla

Parað *t*-próf (e. *paired t-test*) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli árána 2016 og 2017. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með kvaðratrót eða logra væri þess þörf. Í þeim

tilvikum sem ekki tókst að uppfylla skilyrði um normaldreifingu með umbreytingu var *Wilcoxon Rank* próf notað.

Tölfræðiúrvinnsla var unnin í *R*, útgáfu 3.2.2 (*R Core Team*, 2015) í viðmóti *RStudio* (*RStudio Team*, 2016).

3.2.3 Sýnatökudagar

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst í Reyðarfirði sumarið 2017 (Mynd 24). Alls var 203 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 6.-7. og 20.-21. júní, 4.-5. og 17.-18. júlí og 1.-3. og 15.-16. ágúst 2017.

Mosa (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 24. júlí til 4. ágúst 2017 (Mynd 31, Mynd 34 og Mynd 37). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 20 þar sem þar var litlar sem engar fléttur að finna og blöðum bláberjalyngs var ekki safnað á sýnatökustað 24 af sömu ástæðu. 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.

Einu sýni af **blöðum reynitrijáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á tíu sýnatökustöðum 24. ágúst 2017 (Mynd 40). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 30. október 2017. Annars vegar var safnað nývöxnum nálum (frá 2017, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2016, táknað CP). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Stilkum og laufum rabarbara var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á sjö sýnatökustöðum. Alls var 40 sýnum safnað dagana 21. júní, 18. júlí og 16. ágúst 2017 (Mynd 45). Rabarbara var ekki safnað á sýnatökustöðum V8 í júní þar sem þar fannst ekki nóg af rabarbara þar til að taka sýni. Í júlí 2016 hafði allur rabarbarinn við V8 verið fjarlægður svo að frá og með þeirri sýnatöku voru rabarbarasýni V8 tekin í nærliggjandi garði. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Þungmálmarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og kvikasilfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbarablöðum og -stilkum. 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.

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 29. ágúst 2017, alls sex sýnum (Mynd 47). Einnig var einu sýni af **grænkáli** og einu sýni af **salati** safnað á sýnatökustað V7 og einu sýni af **salati** safnað á V1 þann sama dag. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum þann 24. ágúst 2017 (Mynd 49). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

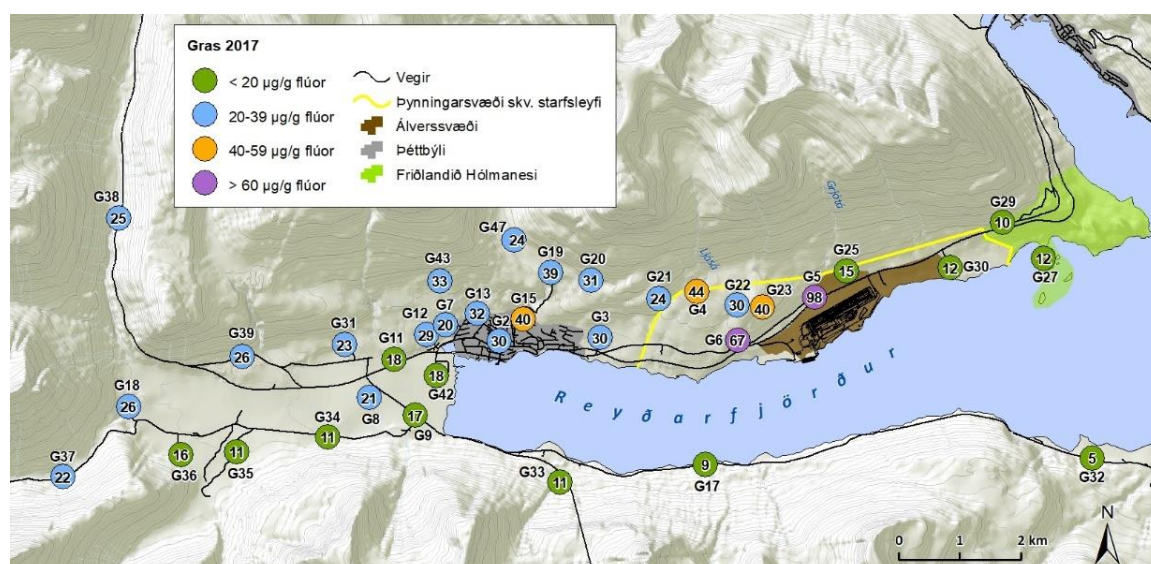
Heysýnum var safnað dagana 11. og 15. september 2017, alls var 15 sýnum safnað frá 14 túnum í Reyðarfirði (Mynd 51). Áhersla var lögð á að safna sýnum af sem flestum túnum á svæðinu. Jafnframt var leitast við að safna heysýnum af sömu túnum og haustið 2016. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Vetrarhef. Auk þess að safna sýnum beint úr óopnuðum 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. Fjórum heysýnum sem sett voru út fyrir hross var safnað 17. janúar 2018. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateigshjáleigu, Kollaleiru og á Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

3.3 Niðurstöður

3.3.1 Gras

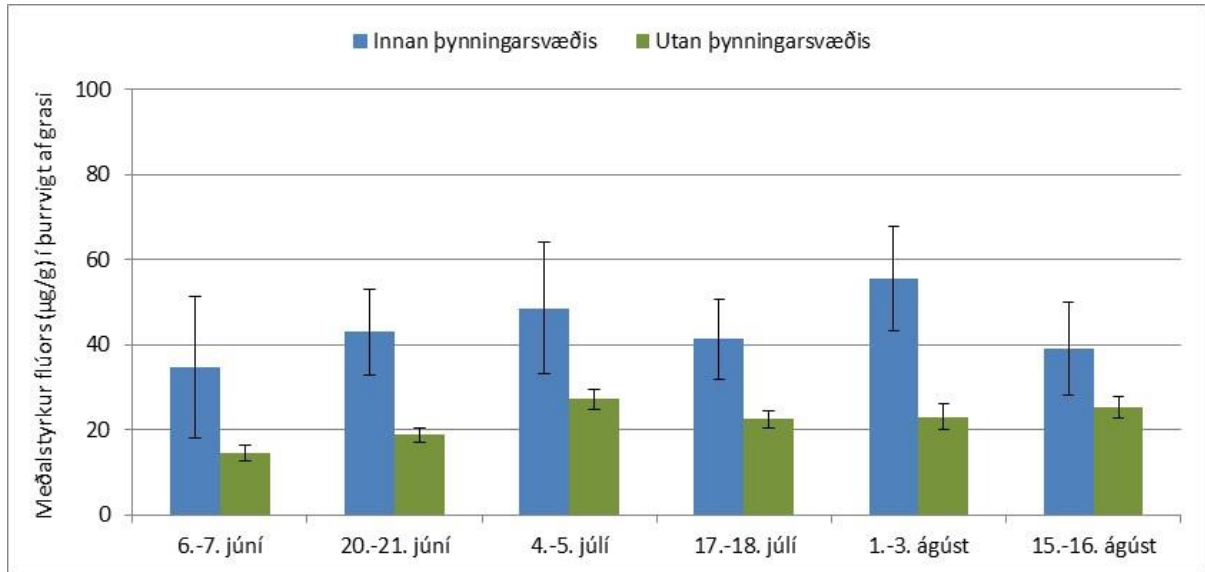
Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2017 var 98 µg/g á sýnatökustað G5, rétt ofan við álverið. Á sýnatökustað G5 mældust oftast hæstu gildi flúors eða í fimm sýnatökuferðum af sex en í seinni sýnatökunni í júlí mældist hæsta gildið á G6, rétt vestan við álverið. Sýnatökustaðirnir eru báðir innan þýnningarsvæðis álversins (Mynd 24). Líkt og fyrri ár mældist lægsti meðalstyrkur flúors sumarið 2017 fyrir austan og sunnan álver.



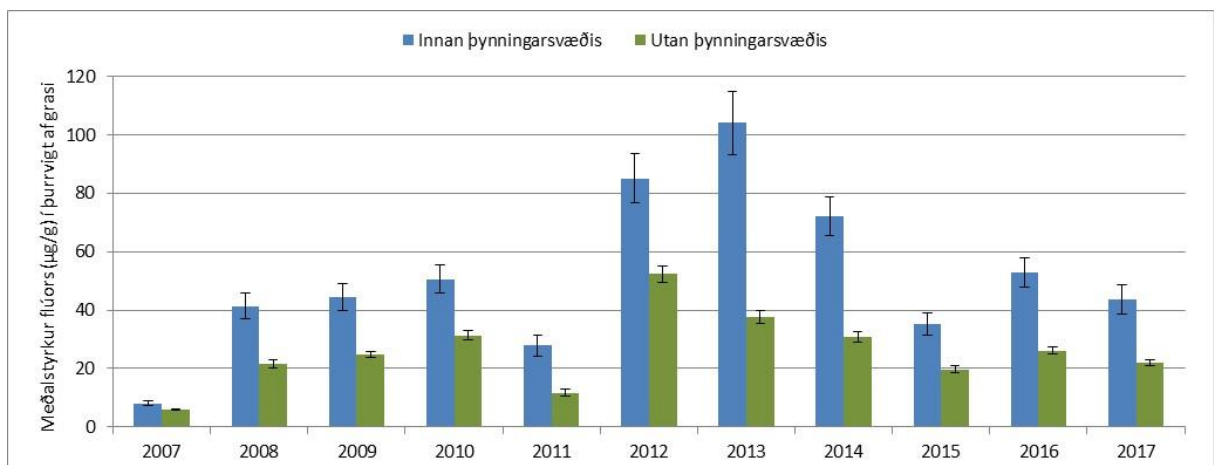
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði mældist á bilinu 15-27 µg/g utan þýnningarsvæðis og á bilinu 35-56 µg/g innan þess í einstaka sýnatökum sumarsins 2017. Styrkurinn mældist því hærri innan þýnningarsvæðis álversins en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins (Mynd 25).

Meðalstyrkur flúors í grasi var marktækt lægri árið 2017 en árið 2016 utan þýnningarsvæðis ($p=0,01$) en munur milli ára innan þýnningarsvæðis var ekki marktækur ($p=0,11$) (Mynd 26). Árið 2016 hafði þó styrkur flúors verið marktækt hærri en árið þar á undan, bæði innan og utan þýnningarsvæðis, en árið 2017 mældist meðalstyrkur flúors svipaður og árið 2009. Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og ársmeðaltöl flúors í grasi frá árinu 2013 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við fyrri ár. Árin 2014-2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árið 2017 en þó var einum sýnatökustað utan þýnningarsvæðis bætt við það sumar.



Mynd 25. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningar-
svæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökugerðum frá júní til ágúst 2017.



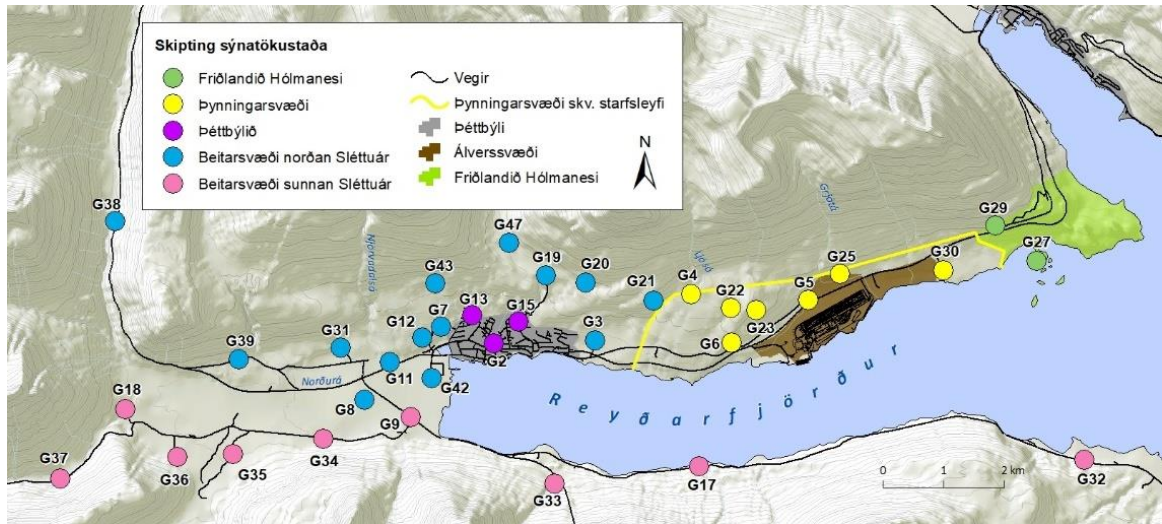
Mynd 26. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan
þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2017. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 (n=30), 2013
(n=41), 2014-2016 (n=34) og 2017 (n=35).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2017 utan þynningarsvæðis var 22 µg/g sem er undir mörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) og einnig undir mörkum fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald). Ef horft er á einstaka sýnatökustaði var meðalstyrkur flúors í grasi fyrir sumarið 2017 yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á tveimur stöðum utan þynningarsvæðis. Það var á sýnatökustöðum G15 og G19 sem eru báðir vestan við mörk þynningarsvæðis, G15 í þéttbýlinu og G19 norðan við þéttbýlið (Mynd 24). Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2017 innan þynningarsvæðis var 44 µg/g.

Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (Mynd 27):

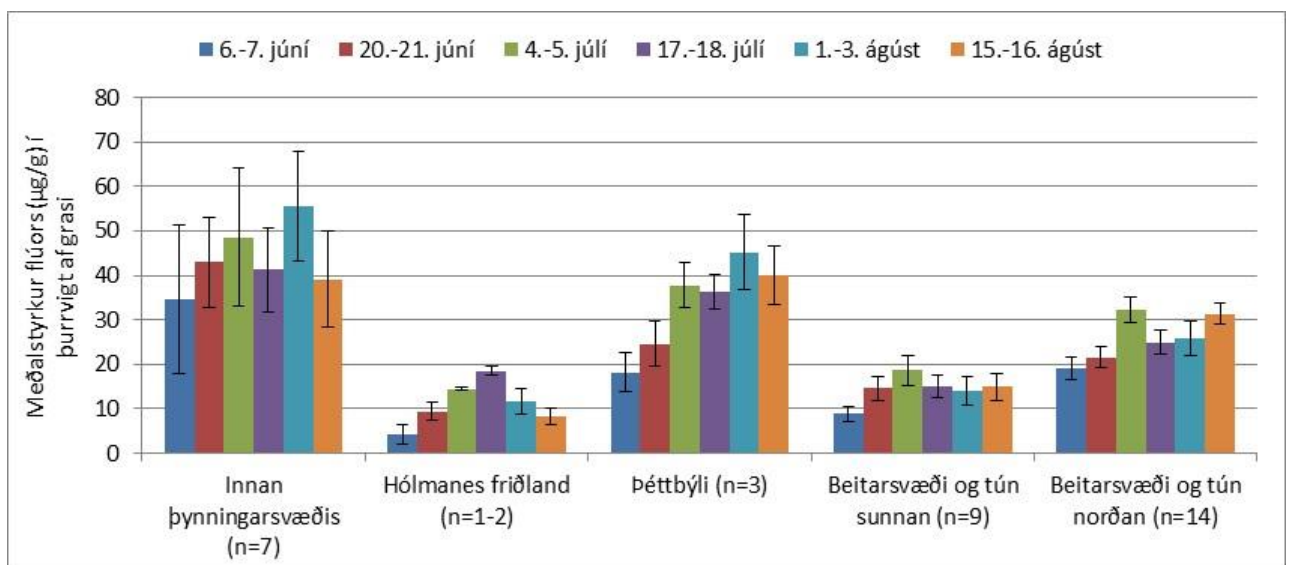
1. Innan þynningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.

- Þéttbýli, samtals þrjár sýnatökustaðir.
- Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 14 sýnatökustaðir.
- Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals níu sýnatökustaðir.



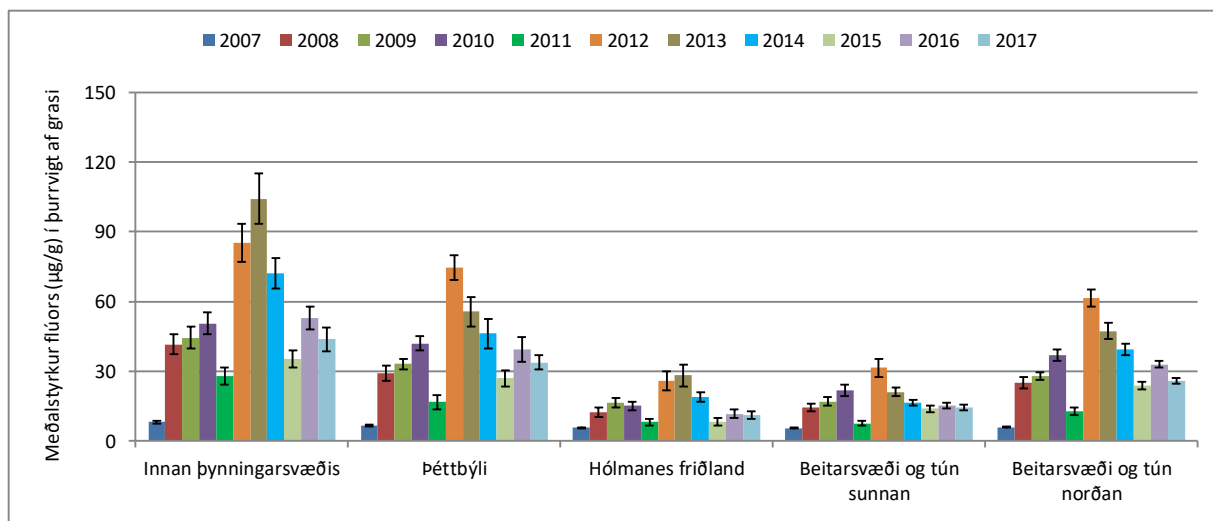
Mynd 27. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2017 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningarsvæðis nema í seinustu sýnatöku ársins þegar hann mældist nánast sá sami og innan þéttbýlisins í Reyðarfirði, eða 40 µg/g að meðaltali (Mynd 28). Lægstu gildin mældust alltaf á Hólmanesi og á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar. Lægstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust í fyrstu sýnatöku ársins, þann 6.-7. júní á öllum svæðum. Hæstu meðalgildi ársins mældust hins vegar ýmist í júlí eða ágúst (Mynd 28).



Mynd 28. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekku) sumarið 2017, skipt upp eftir svæðum.

Meðalstyrkur flúors í grasi yfir sumartímann lækkaði lítillega á öllum svæðum milli ára 2016 og 2017, eftir að hafa hækkað lítillega á öllum svæðum milli ára 2015 og 2016 (Mynd 29). Dreifingarmynstur flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin mældust næst álverinu, innan þynningarsvæðis. Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu.



Mynd 29. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2017. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 ($n=30$), 2013 ($n=41$), 2014-2016 ($n=34$) og 2017 ($n=35$).

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitar svæðum og túnnum sumarið 2017 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (mörkin eru $56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (mörkin eru $34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) (Mynd 29).

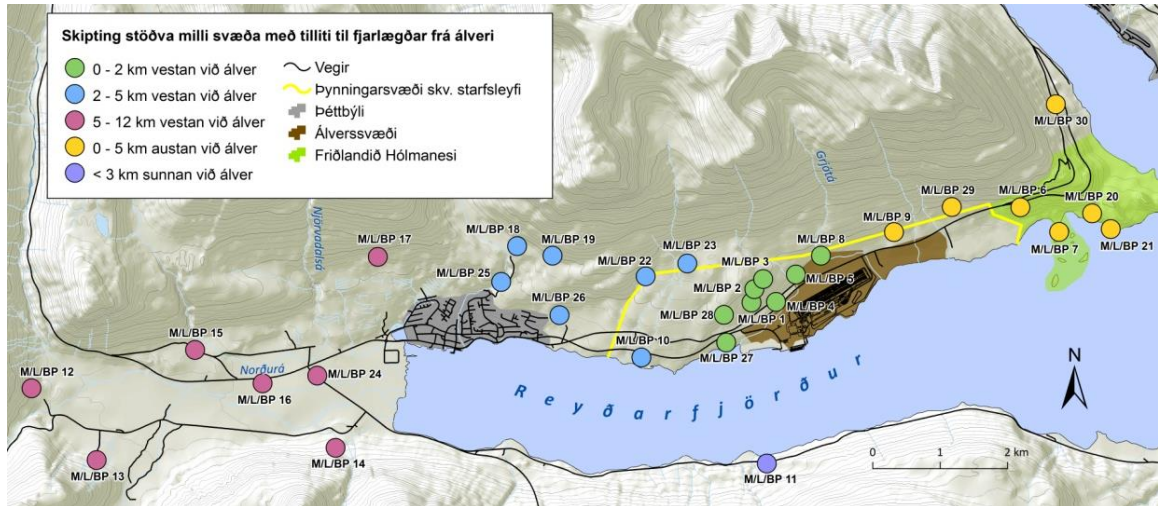
Niðurstöður allra mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 7.

3.3.2 Mosi

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 (Mynd 30).

- 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.

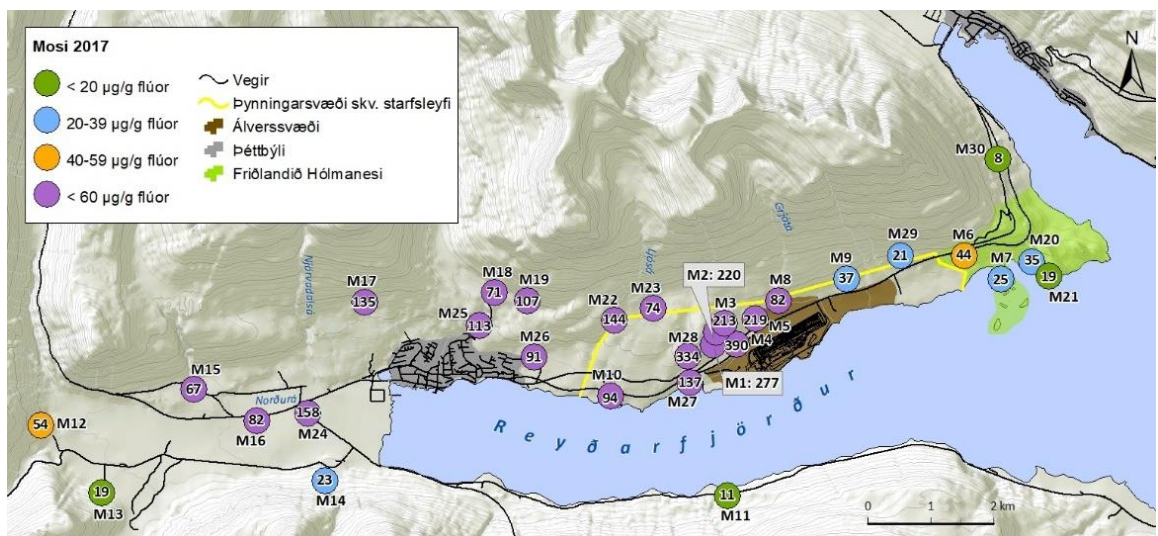


Mynd 30. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2017 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

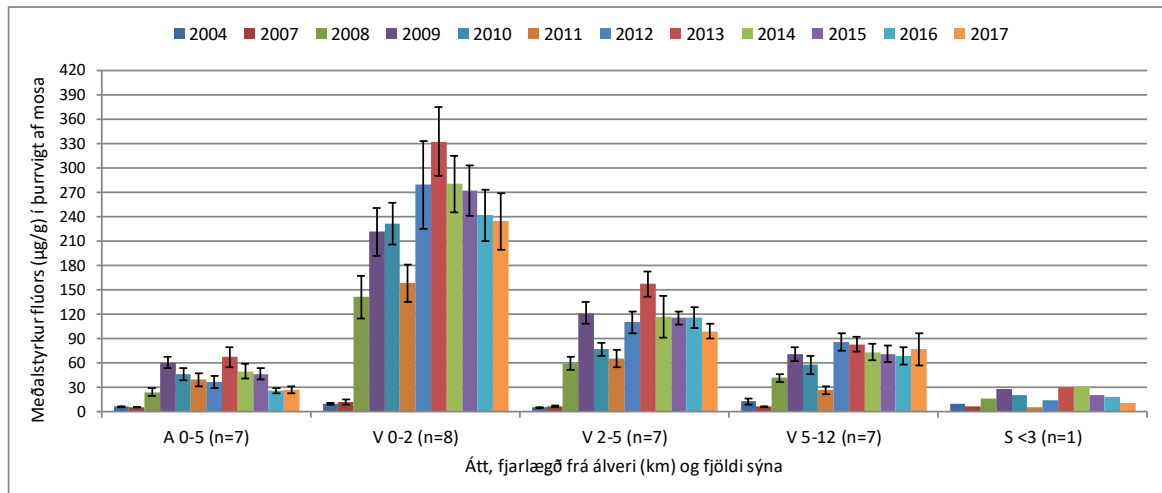
Styrkur flúors í mosa mældist frá 8-390 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis álversins. Styrkur flúors lækkaði eftir því sem fjær dró álverinu en þó mismikið. Í 5-12 km fjarlægð vestan álvers var styrkurinn sums staðar enn nokkuð hár eða allt að 158 $\mu\text{g/g}$. Almennt mældust mun lægri gildi sunnan og austan álversins en vestan þess eða 11 $\mu\text{g/g}$ sunnan við það og að meðaltali 27 $\mu\text{g/g}$ austan við það (Mynd 31 og Mynd 32).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þynningarsvæðis árið 2017 mældist 65 $\mu\text{g/g}$ sem er mjög svipað gildunum frá 2016 ($p=0,78$) (Mynd 33). Ársmeðaltalið innan þynningarsvæðis árið 2017 mældist 200 $\mu\text{g/g}$ sem er einnig mjög svipað meðalgildi ársins 2016 ($p=0,50$). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (Mynd 33).

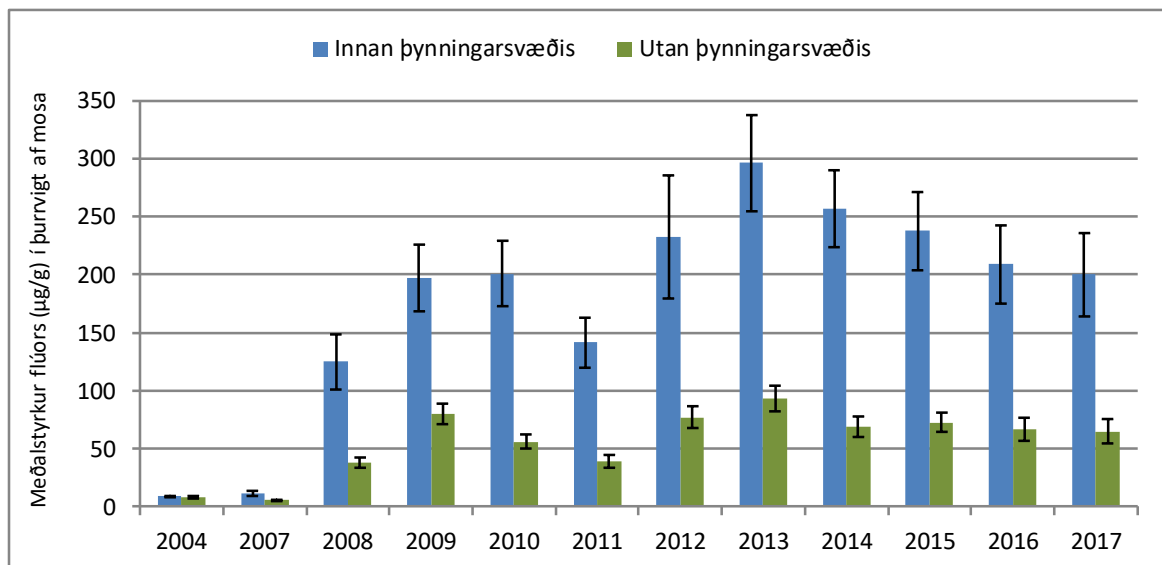
Mosar eru frábrugðnir háplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærra en hjá háplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



Mynd 31. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 32. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).

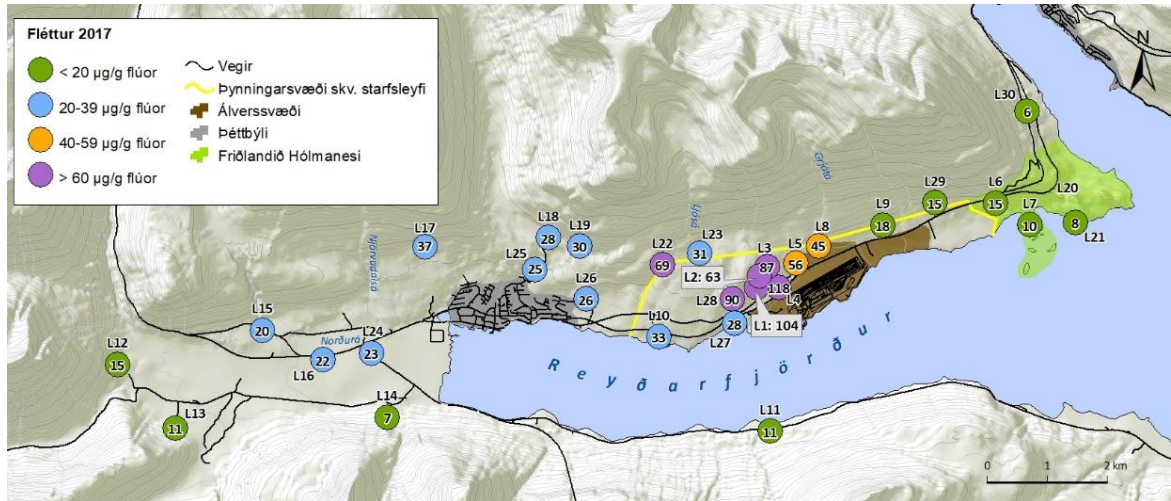


Mynd 33. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

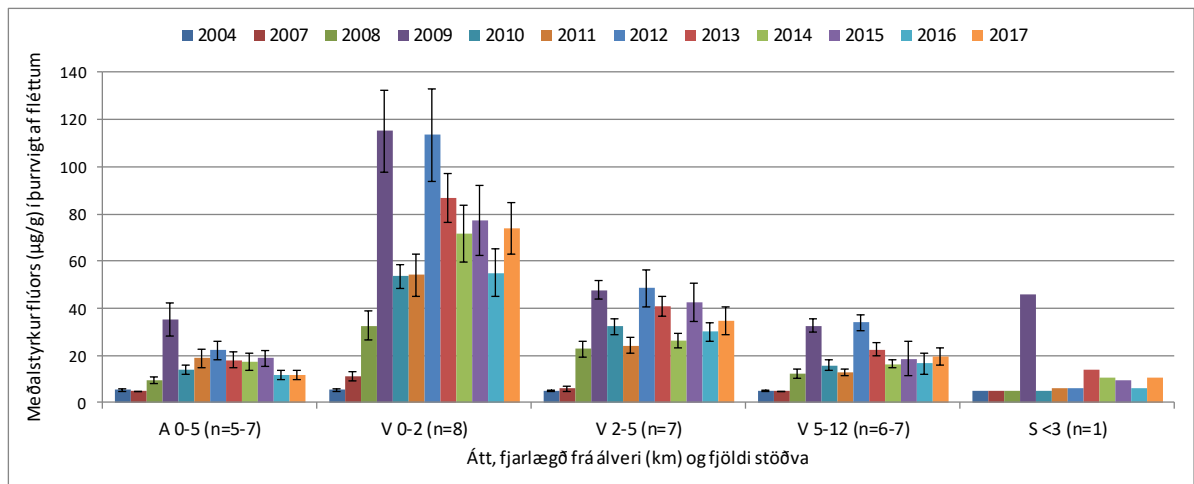
Niðurstöður mælinga á flúor í mosa fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 8.

3.3.3 Fléttur

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 6-118 µg/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 28-118 µg/g en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2-5 km fjarlægð frá álveri frá 25-69 µg/g og í 5-12 km fjarlægð frá 7-37 µg/g. Mun lægri gildi mældust austan og sunnan við álverið en í sambærilegri fjarlægð vestan við það eða frá 6-18 µg/g (Mynd 34 og Mynd 35).

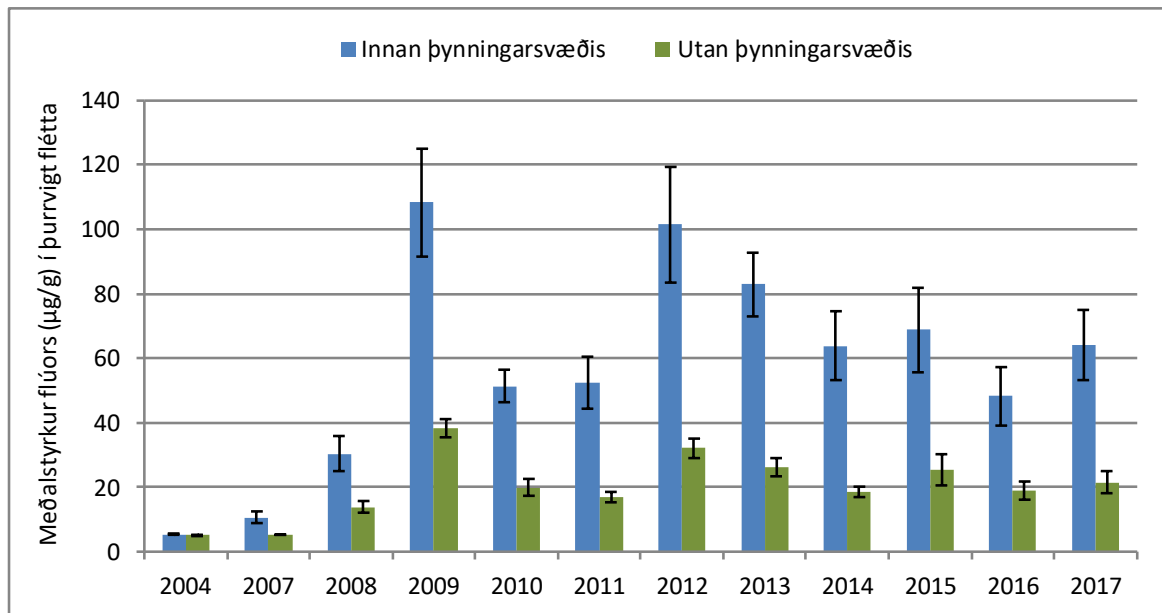


Mynd 34. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 35. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist $64 \mu\text{g/g}$ árið 2017 og var styrkurinn hærrí heldur en árið 2016 ($p=0,02$) en sambærilegur við árið þar á undan ($p=0,56$). Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist $21 \mu\text{g/g}$ sem er svipað og það mældist árið 2016 ($p=0,47$). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosanum, hækkað frá bakgrunnsgildum (mæld árið 2004) en er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 36).

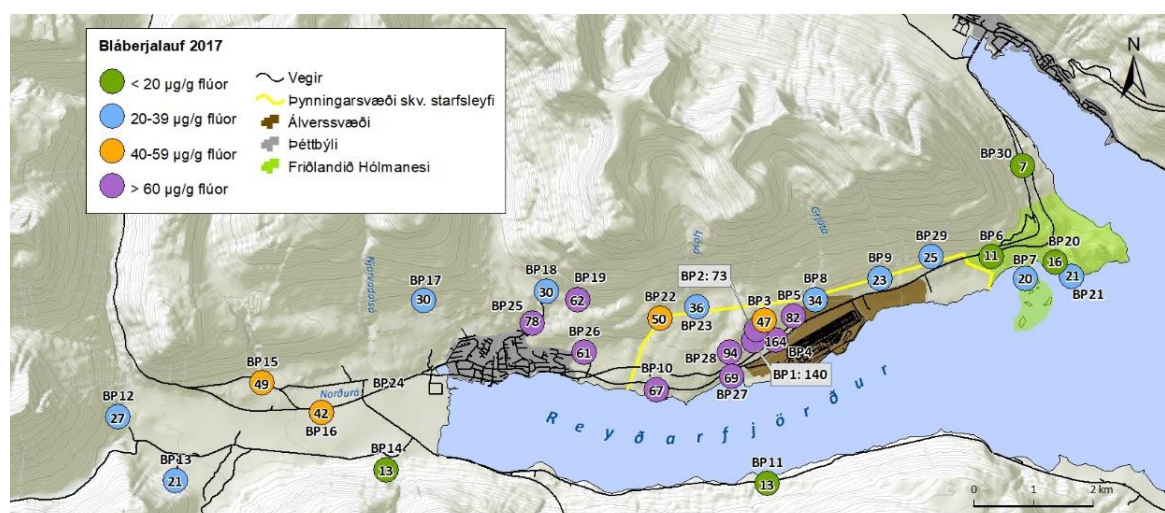


Mynd 36. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

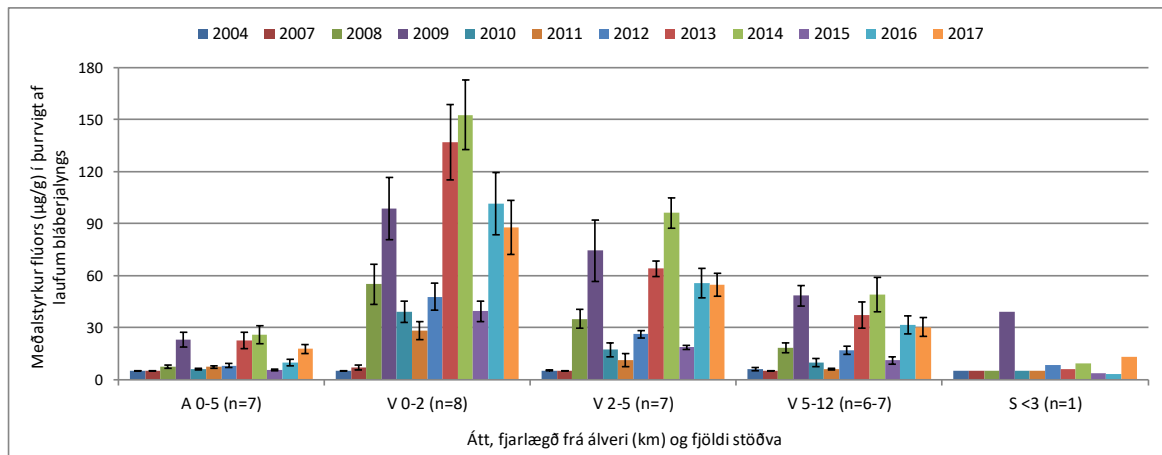
Niðurstöður mælinga á flúor í fléttum fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 8.

3.3.4 Bláberjalyng

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 7-164 $\mu\text{g/g}$ sem er svipað og árið 2016. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróður-sýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og féll styrkurinn með vaxandi fjarlægð frá því, en mismikið eftir áttum. Styrkurinn mældist hæstur rétt vestan við álverið en að meðaltali lægstur austur af álverinu og sunnan fjarðar (Mynd 37 og Mynd 38).

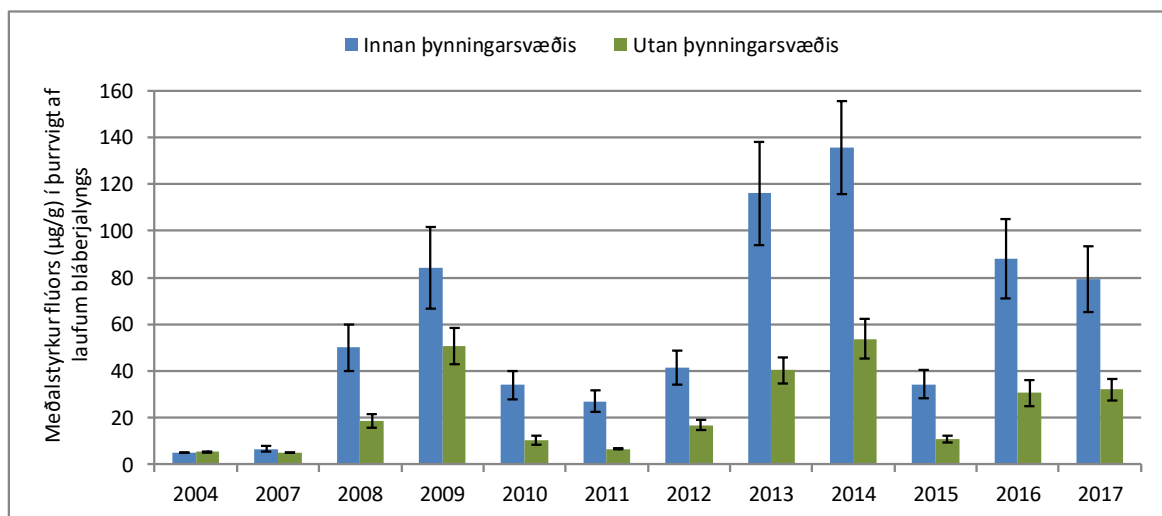


Mynd 37. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 38. Dreifingarmynstur flúors í bláberjlaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2017. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 30 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalyngs innan þýnningarsvæðis árið 2017 mældist 79 µg/g og utan þýnningarsvæðisins mældist það 32 µg/g sem eru svipuð meðalgildi og árið 2016 (innan: $p=0,32$; utan: $p=0,80$) (Mynd 39). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum (mæld árið 2004) en er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 39).

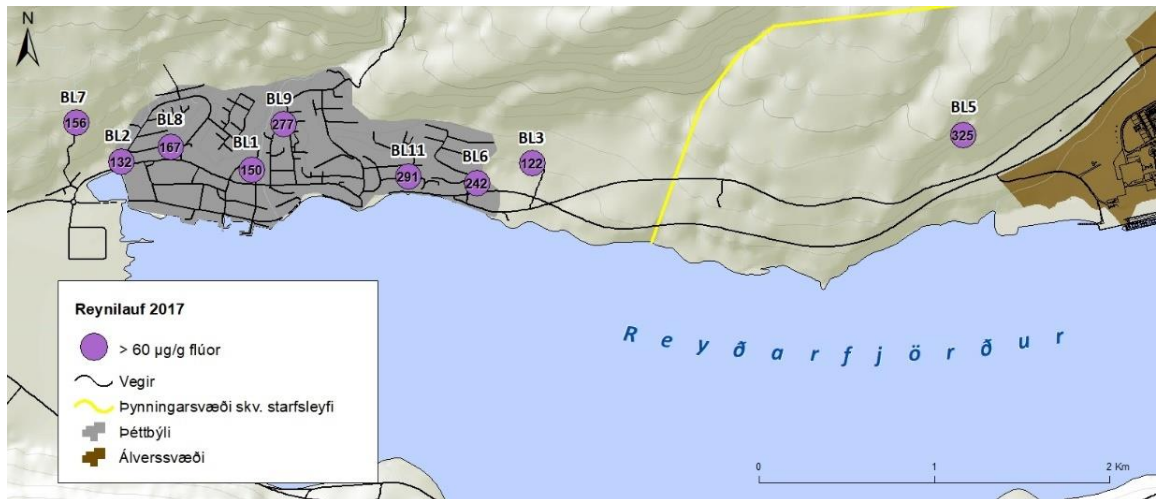


Mynd 39. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2017. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 19-20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga flúors í laufum bláberjalyngs árið 2017 er að finna í viðauka 8.

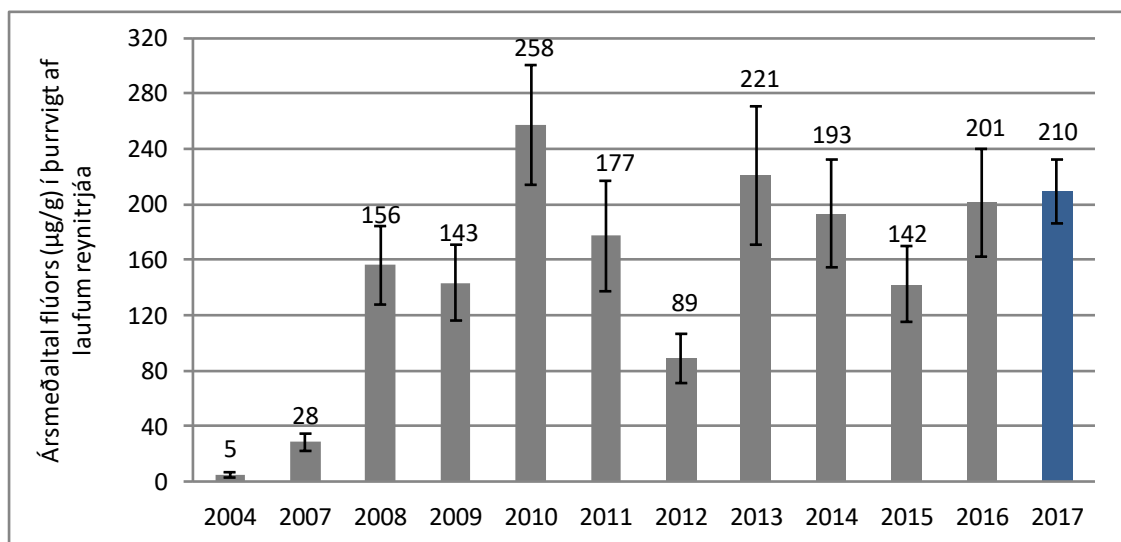
3.3.5 Reyniviður

Styrkur flúors í reynivið mældist frá 122-325 µg/g og mældist hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL3 en það sýni var tekið austan við þéttbýlinu á Reyðarfirði (Mynd 40).



Mynd 40. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársméðaltal flúors í reynilaufum var mjög svipað árið 2017 og 2016 ($p=0,15$). Ársméðaltal flúors í reynilaufum árið 2017 er ekki fullkomlega samanburðarhæft við árið 2016 þar sem sýni var ekki tekið á sýnatökustað BL4 það ár. Ástæða þess er að öll tré í kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af reyni hafa síðan vaxið upp að nýju og því var tekið sýni þar árið 2015. Sýni var þó ekki tekið þar árið 2016 þar sem sprotarnir fundust ekki. Reynilaufasýni voru því einu fleiri árin 2015 og 2017 en árið 2016 og árin á undan en það hafði ekki áhrif á tölfræðilegan samanburð þar sem munur milli ára var prófaður með þöruðu prófi. Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því að álverið hóf rekstur en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 41).



Mynd 41. Ársméðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 og 2007-2017 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, 2015 og 2017 en 9 árin 2010-2014 og 2016.

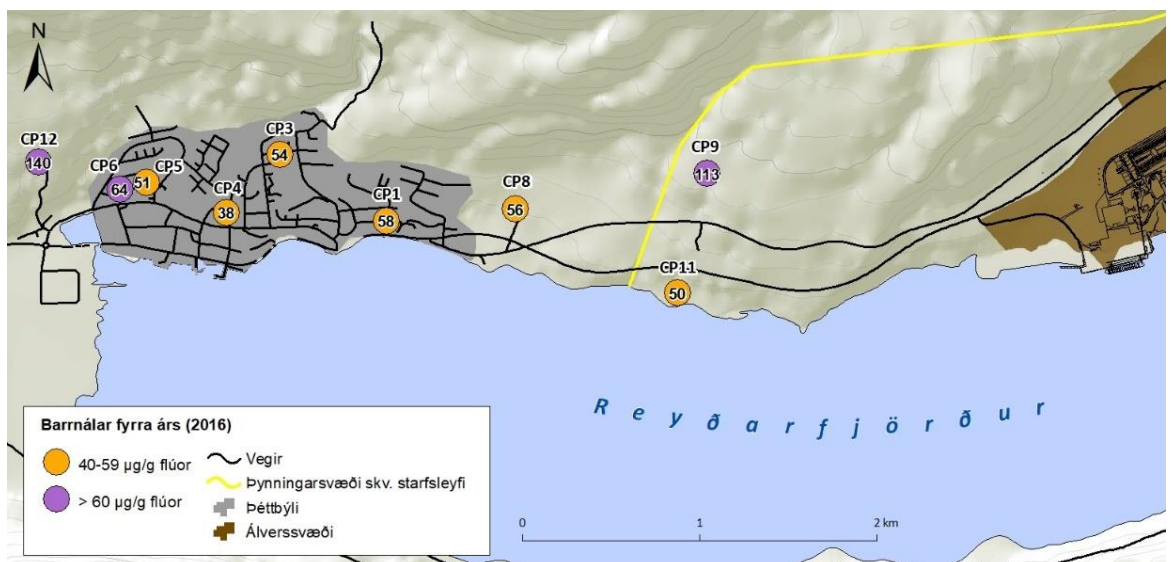
Niðurstöður mælinga á flúor í laufum reynitrjáa fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 9.

3.3.6 Barnálar

Styrkur flúors í nývöxnu barri mældist frá 7 $\mu\text{g/g}$ til 43 $\mu\text{g/g}$ og í barnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 38 $\mu\text{g/g}$ til 140 $\mu\text{g/g}$ (Mynd 42 og Mynd 43). Dreifingarmynstur flúors í barnálum árið 2017 var ekki skýrt. Hæsta gildið í nýjum nálum mældist innan þynningarsvæðis á sýnatökustað CN9 en það hæsta í nálum fyrra árs mældist hins vegar á sýnatökustað CP12, vestan við þéttbýlið í Reyðarfirði. Lægstu gildin í nýjum nálum og nálum fyrra árs mældust innan þéttbýlisins (Mynd 42 og Mynd 43).

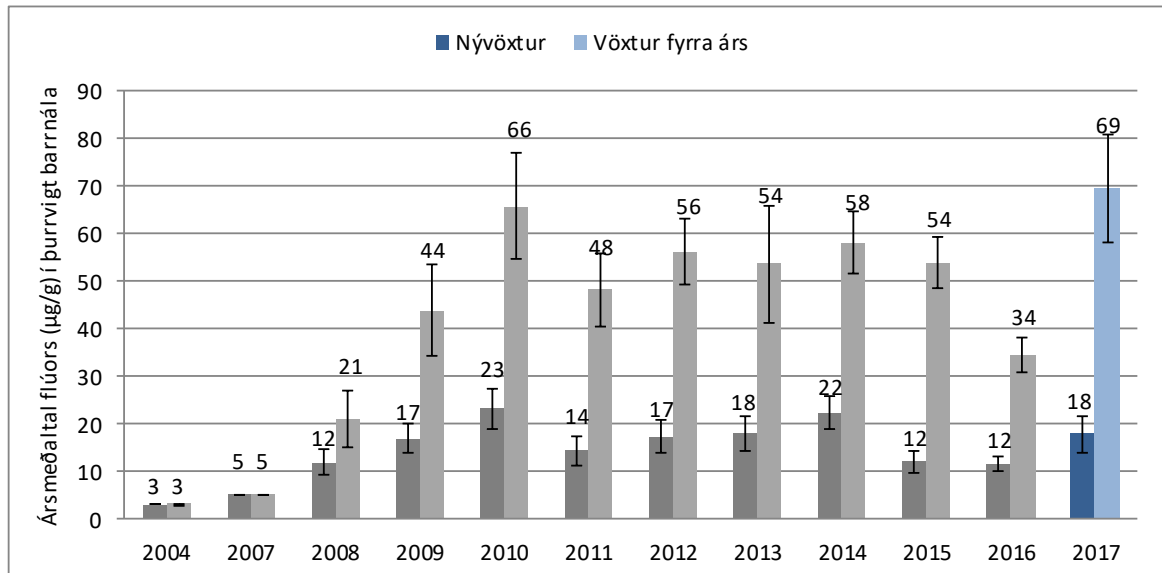


Mynd 42. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnálum (CN) í október 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 43. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (CP, 2016), safnað í október 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársmeðaltal flúors í barnálum árið 2017 var 18 $\mu\text{g/g}$ í nývöxnum nálum og 69 $\mu\text{g/g}$ í barnálum fyrra árs. Meðalstyrkurinn í nývöxnum nálum var hærri en árið 2016 ($p=0,02$) en styrkur flúors í barri, bæði nýju og eldra, var með lægsta móti frá gangsetningu álvers það ár. Meðalstyrkurinn í nálum fyrra árs sem safnað var 2017 var tvöfalt herra en árið 2016 ($p<0,01$) og hefur ekki mælst hærri frá upphafi vöktunar (Mynd 44).



Mynd 44. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2017 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2017. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

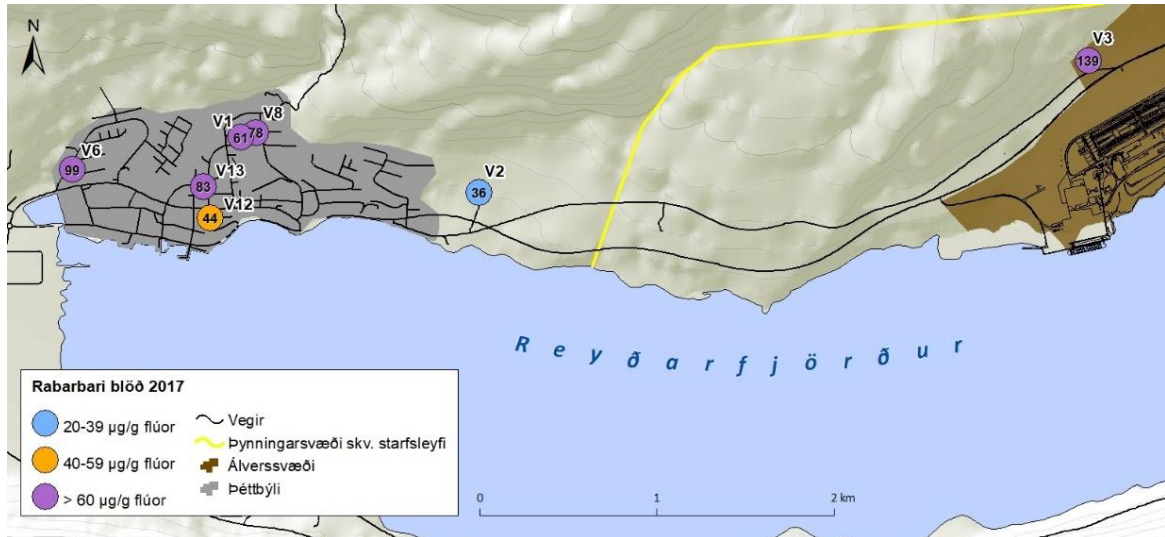
Sígræn tré fella ekki laufin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nálar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nálar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nálar (Doley, 2010).

Niðurstöður mælinga á flúor í barnálum fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 10.

3.3.7 Rabarbari

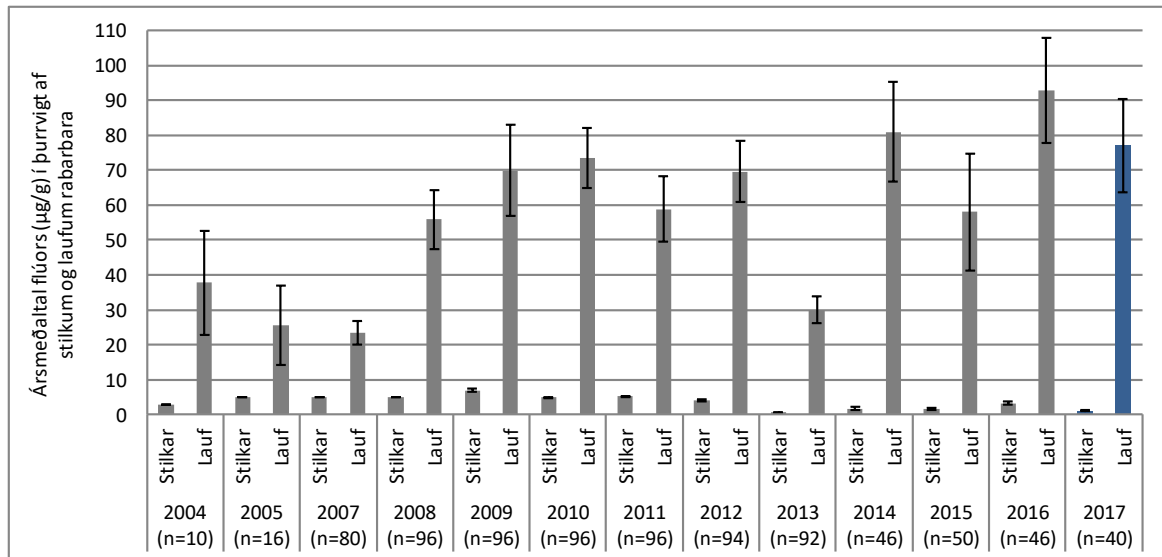
3.3.7.1 Flúor

Styrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 23-253 $\mu\text{g/g}$. Hæsti styrkur flúors í rabarbarablöðum mældist í júlí á sýnatökustað V3 sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, en lægsti styrkur flúors mældist í júní á sýnatökustað V2 (Mynd 45). Flúor í stilkum mældist frá 0,05-4,3 $\mu\text{g/g}$. Þessi niðurstaða undirstrikar þá staðreynd að þó það mælist há gildi í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (Mynd 46). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til mannelis.



Mynd 45. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2017. Á einum sýnatökustað (V8) voru einungis tvær sýnatökur (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var lægra árið 2017 en 2016 eða 77 µg/g á móts við 93 µg/g árið 2016 (Mynd 46) en munurinn var ekki marktækur ($p=0,08$). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2017 var 1 µg/g og hefur breyst lítið frá því áður en álverið var byggt (Mynd 46).



Mynd 46. Ársmeðaltal flúors í þurrviggt af rabarbara árin 2004-2005 og 2007 til 2017 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004-2005 var farin ein sýnatökuferð, árin 2007-2013 voru farnar sex sýnatökuferðir og árið 2014-2017 voru farnar þrjár sýnatökuferðir.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbarasýnum árið 2017 má sjá í viðauka 11.

3.3.7.2 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara annað hvort lækkaði eða hélst nokkuð stöðugur milli áráanna 2016 og 2017 (Tafla 10). Styrkur þungmálma getur verið nokkuð breytilegur á milli ára og mæliaðferðir, sem verða sífellt nákvæmari, hafa einnig áhrif á niðurstöður. Töluverð lækkun var á meðalstyrk króms milli 2016 og 2017 sem hafði þó mælst töluvert hærra árið 2016 en árin áður. Gildi arsens, kvikasilfurs og blýs höfðu árin 2013-2015 verið undir greiningarmörkum en með nákvæmari mæliaðferðum árið 2016 fengust gildi sem voru í öllum tilvikum lægri en fyrri greiningarmörk og árið 2017 mældust meðalgildi þessara þungmálma lægri en árið 2016 (Tafla 10). Lítil breyting var á meðalgildum kadmíums, kopars, nikkels og sinks milli áráanna 2016 og 2017.

Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum og annað hvort lækkaði eða hélst nokkuð stöðugur milli áráanna 2016-2017 (Tafla 11). Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum. 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.

Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum (nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og 1048/2016) skilgreinir hámarksgildi blýs og kadmíums 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 mældist yfir þessum viðmiðum árið 2017. 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 þessum viðmiðum árið 2017. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

Tafla 10. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2017 og meðalstyrkur árið 2016. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).

Sýni	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
V1-817 Rabarbaralauf	0,0008	0,0367	0,057	0,6105	0,0008	0,4016	0,0042	2,91
V2-817 Rabarbaralauf	<LOD	0,0526	0,040	0,6519	0,0007	0,3097	0,0038	16,20
V3-817 Rabarbaralauf	0,0011	0,0770	0,019	0,8068	0,0007	0,4392	0,0051	18,21
V6-817 Rabarbaralauf	0,0052	0,0403	0,085	0,7815	0,0019	0,7433	0,0029	2,41
V8-817 Rabarbaralauf	<LOD	0,0240	0,027	1,2153	0,0003	0,5896	0,0036	4,75
V12-817 Rabarbaralauf	0,0022	0,0272	0,085	0,9136	0,0003	0,2916	0,0379	10,69
V13-817 Rabarbaralauf	0,0027	0,1101	0,043	0,8104	0,0018	0,6265	0,0072	30,44
Meðaltal ársins 2017	0,0018	0,0525	0,051	0,8271	0,0009	0,4859	0,0093	12,231
Meðaltal ársins 2016	0,0093	0,065	0,081	0,813	0,0021	0,599	0,01027	12,822
Vísbending um mengun í mosa*	0,32	0,14	0,15	6,47	22,18	9,42	3,46	55,10

*Sigurður H. Magnússon (2013)

Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2017 og meðalstyrkur árið 2016. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).

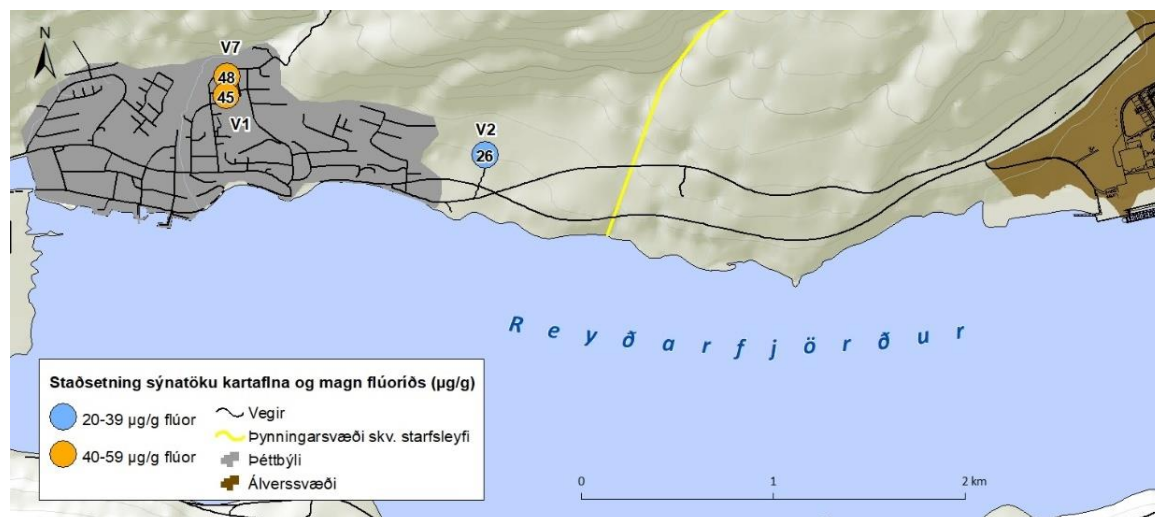
Sýni	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$
V1-817 Rabarbarastilkar	0,0009	0,0199	0,0060	0,1962	<LOD	0,0818	0,00139	1,526
V2-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0122	0,0024	0,1468	<LOD	0,0759	0,00070	2,251
V3-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0106	0,0083	0,1738	<LOD	0,0864	0,00487	3,309
V6-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0066	0,0076	0,1172	<LOD	0,0644	<LOD	0,514
V8-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0029	0,0035	0,2267	<LOD	0,1417	0,00188	1,528
V12-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0040	0,0081	0,1435	<LOD	0,0641	0,01753	2,227
V13-817 Rabarbarastilkar	<LOD	0,0076	0,0026	0,1256	<LOD	0,0631	0,00363	2,957
Meðaltal ársins 2017	0,0005	0,0091	0,0055	0,1614	< 0,00009	0,0825	0,00430	2,04
Meðaltal ársins 2016	0,00046	0,011	0,01327	0,188	< 0,0001	0,135	0,004479	2,535
Vísbending um mengun í mosa*	0,32	0,14	0,15	6,47	22,18	9,42	3,46	55,10

*Sigurður H. Magnússon (2013)

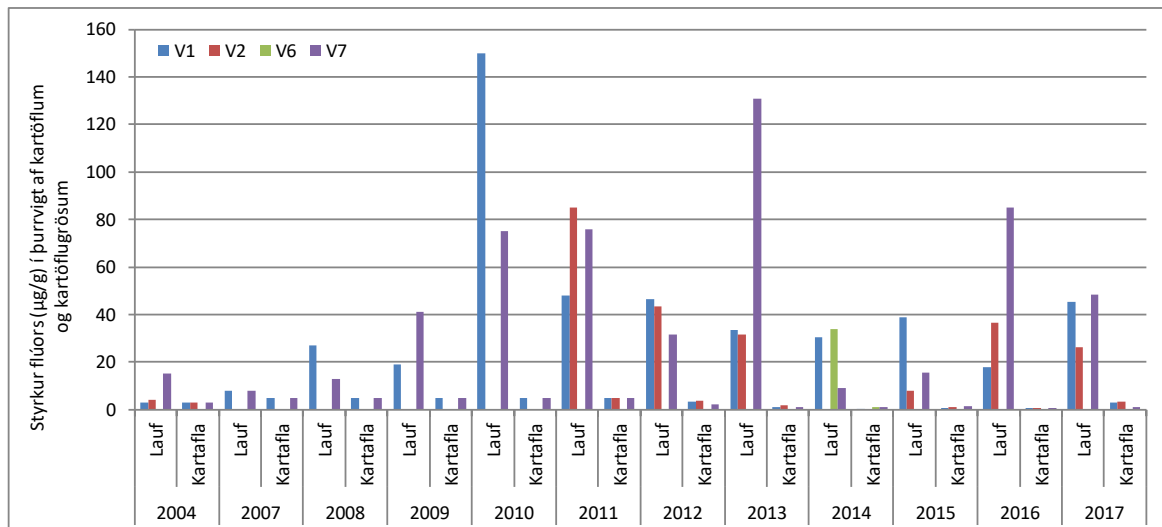
Niðurstöður mælinga á þungmálmum í rabarbarasýnum má sjá í viðauka 11.

3.3.8 Kartöflur og grænmeti

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist $45 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V1, $26 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V2 og $48 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V7 (Mynd 47). Styrkur flúors í kartöflugrösum var lægri á sýnatökustöðum V2 og V7 árið 2017 en 2016 en hærri á sýnatökustað V1 (Mynd 48). Breytingin var hins vegar í hina áttina á öllum þremur sýnatökustöðum milli árána 2015 og 2016. Styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur ($1\text{--}3 \mu\text{g/g}$) (Mynd 48). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



Mynd 47. Sýnatökustaðir kartafna og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 48. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2017 en tveimur sófnunarstöðum 2007-2010.

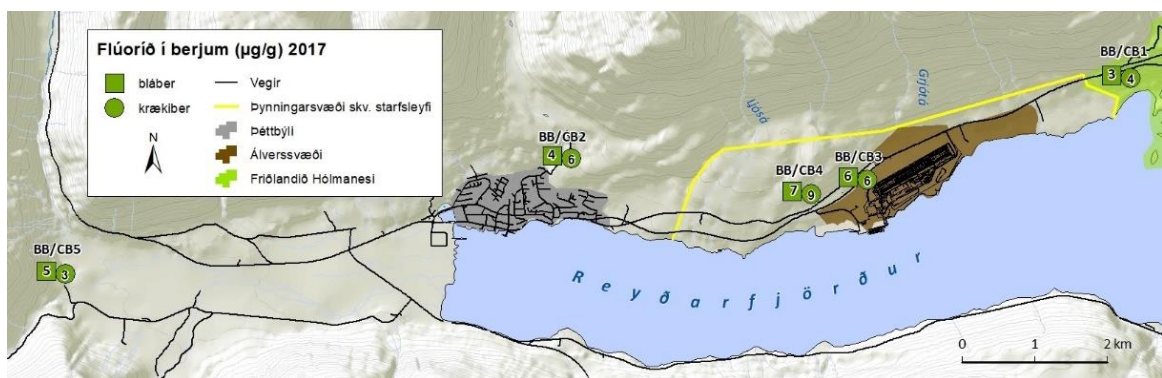
Í **salati** mældist styrkur flúors 6 µg/g á sýnatökustað V1 og 17 µg/g á V7. Styrkur flúors í grænkáli á sýnatökustað V7 mældist 21 µg/g. Styrkur flúors í salati er breytilegur á milli ára og hefur að meðaltali mælst bæði hærri og lægri síðastliðin ár. Í bakgrunnsúttekt árið 2004 var styrkur þess <3 µg/g.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í kartöflu- og grænmetissýnum árið 2017 má sjá í viðauka 11.

3.3.9 Bláber og krækiber

Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 3-9 µg/g og í bláberjum frá 3-7 µg/g. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustað BB/CB4 en munurinn var ekki mikill milli gilda (Mynd 49 og Mynd 50).

Styrkur flúors í berjum á sýnatökustað BB/CB3 var talsvert lægri árið 2017 en árið 2016 þegar hann mældist 14 µg/g en minni mun var að sjá í styrk flúors milli ára á hinum sýnatökustöðunum (Mynd 50).



Mynd 49. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2017. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnunum BB3 og BB4 sem eru innan þynningarsvæðis og nálægt álverinu. Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist alla jafna töluvert hærri en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Sem fyrr er þetta í samræmi við erlendar athuganir sem og athuganir í Reyðarfirði undanfarin ár sem hafa sýnt að jafnvel þó að styrkur flúors í andrúmslofti og blöðum plantna sé hár þá hafa ávextir, fræ og rætur lág gildi (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016, 2017; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014; Weinstein & Davison, 2004). Fyrir austan og sunnan álver var styrkur flúors í bláberjalyngi þó það lágur árið 2017 að hann var í sumum tilfellum ekki mikið hærri en styrkur flúors í bláberjum á sama stað (Mynd 39).



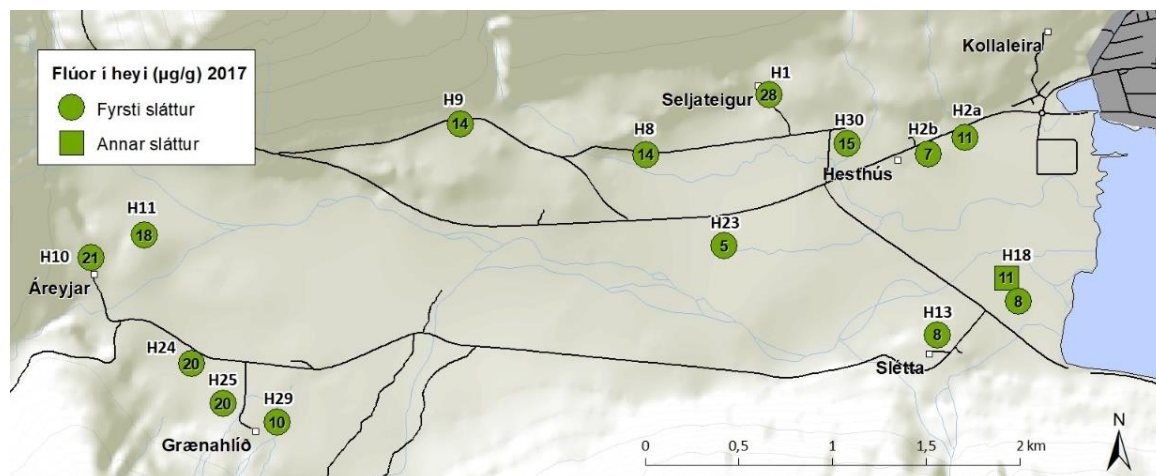
Mynd 50. Styrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2017 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.

Niðurstöður mælinga á flúor í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 12.

3.3.10 Hey

Styrkur flúors í heyi í sýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 5-28 µg/g miðað við 0% rakainnihald. Styrkurinn var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8 µg/g

m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Ekki var að sjá neitt áberandi mynstur í dreifingu flúors í heyi árið 2017 (Mynd 51), ekki frekar en árið 2016. Nánari umfjöllun um viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé miðað við ólíkt rakainnihald má sjá í kafla 3.1.2.



Mynd 51. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum m.v. 0% rakainnihald sem tekin voru 11. og 15. september 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar.

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti) var einnig undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað eða 30 $\mu\text{g/g}$ við Sléttu, 16 $\mu\text{g/g}$ við Áreyjar, 17 $\mu\text{g/g}$ við Seljateigshjáleigu og 13 $\mu\text{g/g}$ við Kollaleiru. Sýnið sem tekið var við Sléttu innihélt hlutfallslega meira af mosabrotum en hin sýnin þrjú og gæti það hafa haft áhrif á niðurstöður flúormælinga í því sýni.

Niðurstöður mælinga á flúor í heysýnum fyrir árið 2017 er að finna í viðauka 13.

4 Sjónræn skoðun á gróðri

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

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

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

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

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

Hafa ber í huga að mörg önnur atriði í umhverfinu geta valdið streitu í plöntum sem eru mjög 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 2017.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 11. júlí 2017. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

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

Þrjár þessara tegunda eru tilgreindar á valista háplantna; Giljaflækja sem talin er í yfirvofandi hættu, þyrnirós sem einnig er í yfirvofandi hættu og jafnframt friðlýst og fuglaertur sem þó er ekki metin í hættu (Náttúrufræðistofnun, 2008 og Auglýsing nr. 184/1978).

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

Líkt og fyrri ár var vaxtarstað giljaflækju og fuglaertna ógnað af ágengu tegundunum kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*). Á svæðinu óx einnig nokkuð af túnfífli og mikið af maríustakk var að finna meðfram læknum. Fuglaertur voru ekki í blóma og fáir einstaklingar fundust. Giljaflækjur voru byrjaðar að blómstra en fundust aðeins á litlu svæði. Á einstaklingum þessara tveggja tegunda sem fundust var ekki að greina nein merki um flúorskemmdir (Mynd 52).



Mynd 52. Giljafækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2017 í Reyðarfirði.

Engar sjáanlegar skemmdir sem líkjast flúorskemmdum fundust á plöntum þyrnirósar en smá roði fannst á blöðum einstaka plantna. Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn. Efri vaxtarstaðurinn er staðsettur innan beitarhólfs hrossa og hross voru í hólfinu þegar athugun fór fram. Á efra svæðinu voru plöntur almennt minni og ekki komnar eins langt í þroska og á neðra svæðinu (Mynd 53). Á neðra svæðinu var þyrnirós almennt heilbrigð að sjá og í blóma (Mynd 53).



Mynd 53. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2017 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar og stóraburkna voru flestar plöntur í góðu ásigkomulagi. Blöð aronsvandar voru sum hver dökk í endana (Mynd 54) en þær skemmdir litu ekki út fyrir að vera dæmigerðar flúorlíkar skemmdir. Stóriburkni var að mestu leyti án athugasemda en nokkur smáblöð voru dökk í endana líkt og fyrri ár (Mynd 54).



Mynd 54. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2017 í Reyðarfirði.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 11. júlí 2017. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Öll tré kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af víði (*Salix* spp.) og alaskaösp (*Populus trichocarpus*) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorlíkar skemmdir á 0-2% laufblaða grávíðis (*Salix arctica*) og aspar (Mynd 55). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna.



Mynd 55. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á grávíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2017.

Fyrir ofan álverið á milli gamla og nýja vegarins vex birki (*Betula pubescens*) í þyrpingu. Það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Trén voru almennt heilbrigð að sjá en þó voru laufblöð sumra plantna kúpt með smá skemmdum í endann (e. necrosis) en einkenni voru ekki flúorlík.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Tré voru almennt heilbrigð að sjá en reynir var með lítilsvægar skemmdir (gulnun) á 0-2% blaða. Birki var ekki sjáanlega skemmt en sum blaðanna voru þó óvenju kúpt (Mynd 56).

Við Framnes voru flestar plöntur heilbrigðar að sjá og ekki með sjáanleg einkenni sem líkjast flúorskemmdum fyrir utan nokkur ný blöð aspar (Mynd 56).

Við Teigagerði var gróður almennt heilbrigður og engin flúorlík einkenni að sjá. Einstaka blöð viðju (*Salix myrsinifolia subsp. borealis*) voru gulnuð og smá skemmdir mátti sjá á einstaka reyniplöntu en þær skemmdir litu ekki út fyrir að vera með dægigerðar flúorlíkar skemmdir.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var flestur gróður án athugasemda fyrir utan örlitlar skemmdir á nokkrum lerkitrjám og blaðdauða (e. necrosis) á u.þ.b. 1% blaða reynis (Mynd 56). Á sumum laufblöðum víðis voru einkenni sem líktust flúorskemmdum en þau gætu einnig verið vegna skordýrasýkinga.



Mynd 56. Ösp (t.v.) og reynir (t.h.) í Reyðarfirði í júlí 2017.

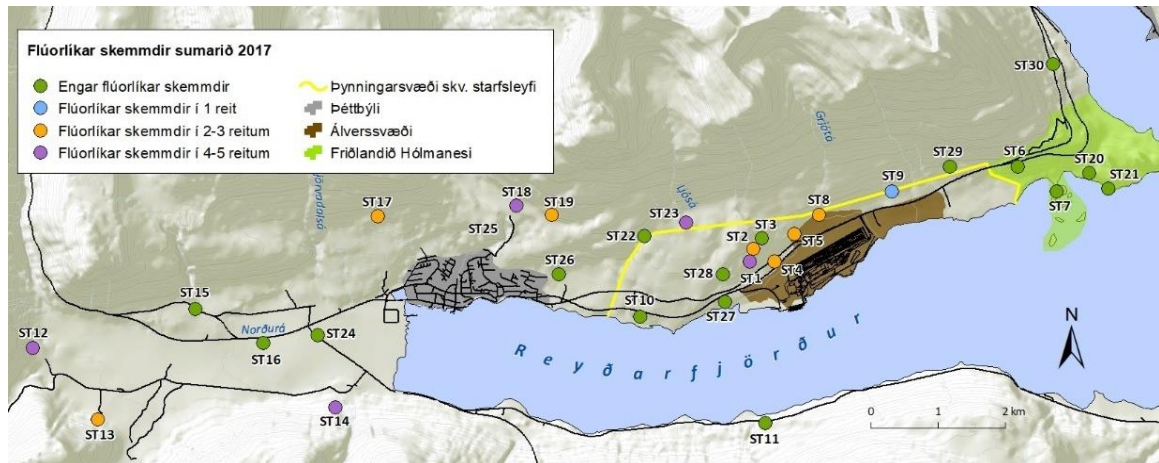
Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að miklu leyti án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum á víði. Reynir var einnig étinn og sums staðar mátti sjá flúorlík einkenni (dökk og kúpt endalauf) á einstaka blöðum (Mynd 57). Líkt og fyrri ár sáust einkenni sem líkjast flúorskemmdum á nálum furu (*Pinus* sp.), meira á nálum fyrra árs heldur en nýjum nálum (Mynd 57). Nálar lerkis og grenis voru sums staðar gulnaðar og sáust þau einkenni aðallega á nýjum nálum.



Mynd 57. Reynir (t.v.) og fura (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í júlí 2017.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 24.-25. júlí og 31. júlí til 4. ágúst 2017 (Mynd 58). Stöðvarnar eru alls 29. Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



Mynd 58. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Almennt var gróður á stöðvunum í góðu ásigkomulagi og án athugasemda. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á þrettán stöðvum árið 2017 (Mynd 58), þau voru svipuð og höfðu svipaða útbreiðslu og einkennin sem fundust árið 2016. Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2017 sáust aðallega á stinnastör (*Carex bigelowii*) (Mynd 59) en einnig á víði (*Salix* spp.). Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust einnig á nokkrum stöðvum utan reita en þau voru ekki merkt á korti.

Þegar skemmdir sem líkjast skemmdum af völdum flúors eru skoðaðar í 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 í stinnastör minnt á flúorskemmdir. Þá verður að taka tillit til tíma athugunar og veðurfars þess sumars. Árið 2017 var gróður skoðaður í lok júlí og byrjun ágúst og sumarið 2017 var fremur svalt og rakt í byrjun en um mitt sumar var hitastig og úrkoma um eða yfir meðallagi á Austurlandi (Veðurstofa Íslands, 2017). Langflestar skemmdir skráðar innan reita árið 2017 voru skemmdir á stinnastör (Mynd 59). Mögulegt er að sumar þeirra séu ekki beinar flúorskemmdir heldur sölnun en flúor getur einnig haft óbein áhrif á gróður sem gæti verið ástæðan fyrir því að stinnastör var orðin þetta sölnuð á athugunartíma í sumum reitum í nágrenni álvers og vestan við það, en ekki austan við það (Mynd 58).

Líkt og fyrri ár sáust ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2017 voru ummerki traðks talsvert áberandi og á ýmsum runnum og smárunnum sáust brotnar og dauðar greinar inn á milli heilbrigðra greina. Ásigkomulag gróðurs utan rannsóknareita hefur ekki verið skráð kerfisbundið. Samt sem áður er vert að benda á að víða um Reyðarfjörð hefur bláberjalyng verið áberandi rautt og blöðin oft lítil undanfarin ár (Mynd 59). Árið 2017 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.



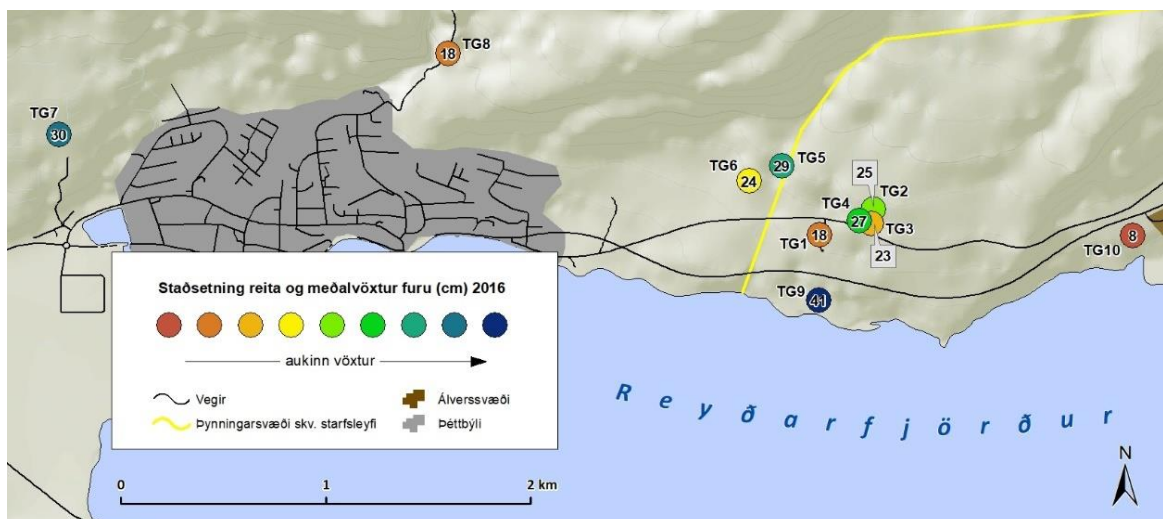
Mynd 59. Stinnastór með flúorlíkum skemmdum við stöð 5 (t.v.) og rauðleit blöð bláberjalýngs við stöð 1 (t.h.).

Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2017 er að finna í viðauka 14.

5 Trjávöxtur

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 trjámæltreita má sjá á mynd 60.



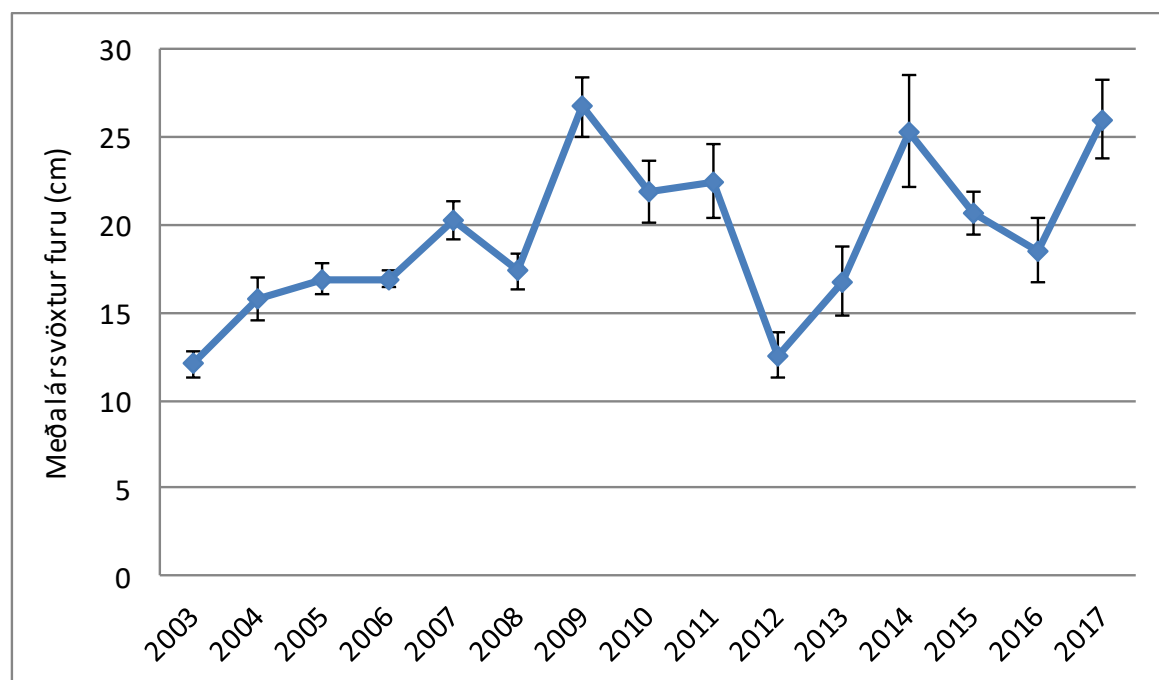
Mynd 60. Staðsetning 10 trjámæltreita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2017 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu tré voru mæld í trjáræktarreit 1-9 en átta tré 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 hafa verið endurteknar árin 2009 og á hverju ári frá 2011. Hægt er að bera saman vöxt furu fyrir og eftir að álver hóf rekstur því þegar fyrstu mælingar voru gerðar árið 2005 var mældur vöxtur aftur til ársins 2003. Árið 2017 voru mælingar framkvæmdar 30.-31. október og þá var vöxtur ársins 2017 mældur. Vegna þess hve trén eru orðin há var orðið erfitt að mæla toppvöxt með tommustokk. Því var sérstök trjámalistika notuð í þriðja sinn árið 2017. Mælistikan var borin að stofni trjáanna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur árið 2017 þannig reiknaður út.

Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á svæðum 1-9 árið 2017 var 26 cm (Tafla 12 og Mynd 61). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 18-41 cm. Vöxtur bergfuru var eins og áður heldur minni en stafafuru, eða 8 cm (staðsetning 10).

Meðalvöxturinn árið 2017 var meiri á öllum stöðum samanborið við árið á undan, nema á TG10 þar sem hann var svipaður milli ára. Meðalvöxtur stafafuru er nokkuð breytilegur á milli ára og á milli svæða (Tafla 12). Þegar meðalvöxtur furu árin 2006-2017 er skoðaður m.t.t. staðsetninga kemur í ljós að vöxturinn er minnstur í bergfurunni (staðsetning 10) næst álverinu (10 cm á ári) og í stafafuru á staðsetningu 2 (16 cm á ári) innan þynningarsvæðis (Tafla 12 og Mynd 60). Mestur er meðalvöxturinn í stafafuru á staðsetningu 9 (28 cm á ári), einnig innan þynningarsvæðis, nálægt ströndinni (Mynd 60).



Mynd 61. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjámalireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2017.

Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2017 á tíu svæðum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.

Staðsetning		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
TG1	Meðalvöxtur	15,2	18,3	12,5	25,1	20,8	18,9	12,2	13,8	17,5	18,6	16,2	17,9
	Staðalskekkja	2,2	2,2	2,3	1,8	2,4	2,3	2,0	2,9	3,4	2,5	1,5	2,6
TG2	Meðalvöxtur	16,7	24,1	17,4	21,2	15,4	13,8	8,9	10,6	12,4	13,7	13,1	25,1
	Staðalskekkja	1,7	1,6	1,9	1,6	2,2	2,5	1,9	2,4	3,4	2,8	2,5	1,8
TG3	Meðalvöxtur	15,9	21,0	14,7	19,7	17,9	18,2	11,6	12,6	19,9	20,6	16,9	23,0
	Staðalskekkja	2,3	1,4	1,8	3,6	1,7	2,5	1,8	2,4	3,6	3,1	3,2	2,8
TG4	Meðalvöxtur	17,1	21,6	15,1	30,3	24,9	23,5	10,2	12,4	24,4	22,6	20,7	26,5
	Staðalskekkja	2,0	1,1	1,6	1,4	0,8	1,5	1,3	1,8	1,9	1,7	1,6	2,0
TG5	Meðalvöxtur	18,3	18,8	20,6	28,2	25,7	28,4	13,8	19,8	33,0	21,4	19,0	29,2
	Staðalskekkja	1,7	2,6	2,3	2,5	2,0	1,5	1,7	1,9	2,6	3,6	1,7	1,2
TG6	Meðalvöxtur	15,1	16,4	15,5	27,1	22,2	23,7	10,9	18,0	28,8	25,5	13,2	24,2
	Staðalskekkja	2,6	2,4	2,4	2,6	1,7	2,0	0,9	1,7	3,4	1,3	2,9	3,2
TG7	Meðalvöxtur	19,3	15,7	20,1	30,0	27,0	29,5	12,0	19,0	36,8	24,5	24,8	29,6
	Staðalskekkja	1,9	2,8	3,5	3,4	2,5	1,9	1,3	2,2	1,3	3,1	2,0	3,1
TG8	Meðalvöxtur	18,2	24,2	21,2	22,5	14,1	15,1	11,2	14,9	16,1	16,8	14,3	18,3
	Staðalskekkja	1,2	2,7	3,8	3,1	1,1	1,4	1,4	0,9	2,1	2,2	1,5	1,5
TG9	Meðalvöxtur	16,5	22,3	19,5	36,3	29,1	31,4	22,6	30,1	39,2	22,4	28,9	40,5
	Staðalskekkja	1,7	1,5	2,9	1,7	3,8	3,9	3,0	3,2	3,5	3,1	2,2	2,9
TG10	Meðalvöxtur	6,8	9,0	5,9	9,4	12,1	9,2	11,3	11,3	12,1	10,3	8,9	8,4
	Staðalskekkja	0,6	0,9	0,6	0,8	0,6	0,5	0,8	0,9	0,8	0,6	1,4	0,9
Meðaltal staðsetninga 1-9		16,9	20,2	17,4	26,7	21,9	22,5	12,6	16,8	25,3	20,7	18,5	26,0

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2017 má finna í viðauka 15.

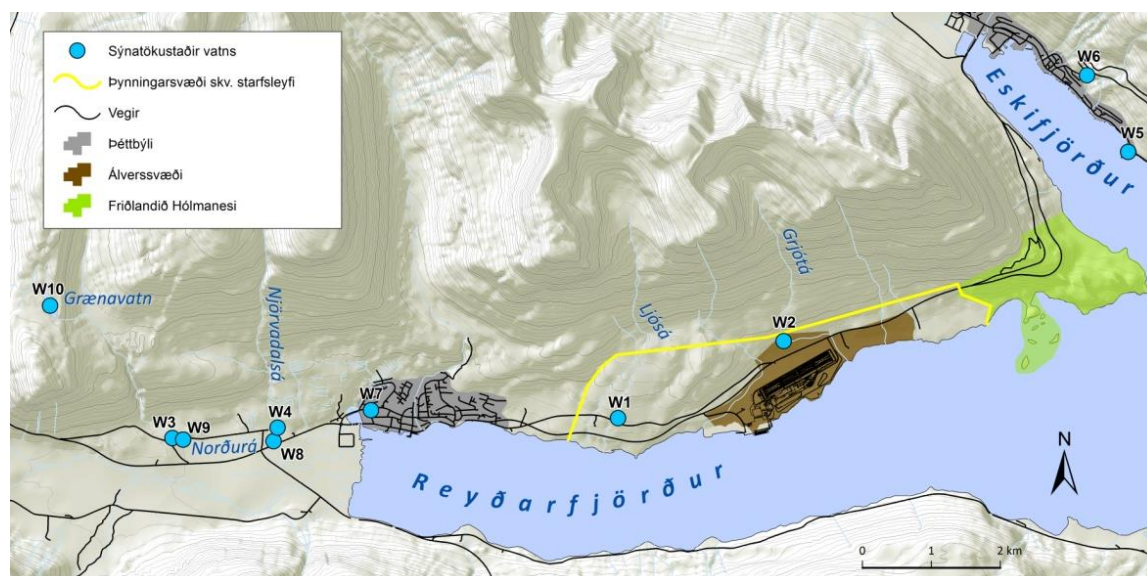
6 Yfirborðsvatn

6.1 Inngangur

Sýni voru tekin á samtals 10 sýnatökustöðum. Fjögur árvatnssýni voru tekin úr eftirfarandi ám: Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3) og Njörvadalsá (W4). Fimm neysluvatnssýni voru tekin á eftirfarandi stöðum: úr krana á Mjóeyri á Eskifirði (W5), vatnstanki á Eskifirði (W6), úr krana í Olís sjoppu á Reyðarfirði (W7) og tveimur vatnstönkum á Reyðarfirði, gamla (W8) og nýja (W9). Auk þess var sýni tekið úr Grænavatni (W10) (Mynd 62). Sýni voru tekin fjórum sinnum yfir árið á stöðum W1-W9, dagana 25. janúar, 26. apríl, 27. júlí og 17. október en tvisvar á stað W10, 27. júlí og 17. október.

Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH), basarýmd (e. alkalinity), styrkur flúors og styrkur brennisteins hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (e. polycyclic aromatic

hydrocarbons, PAH) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.



Mynd 62. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

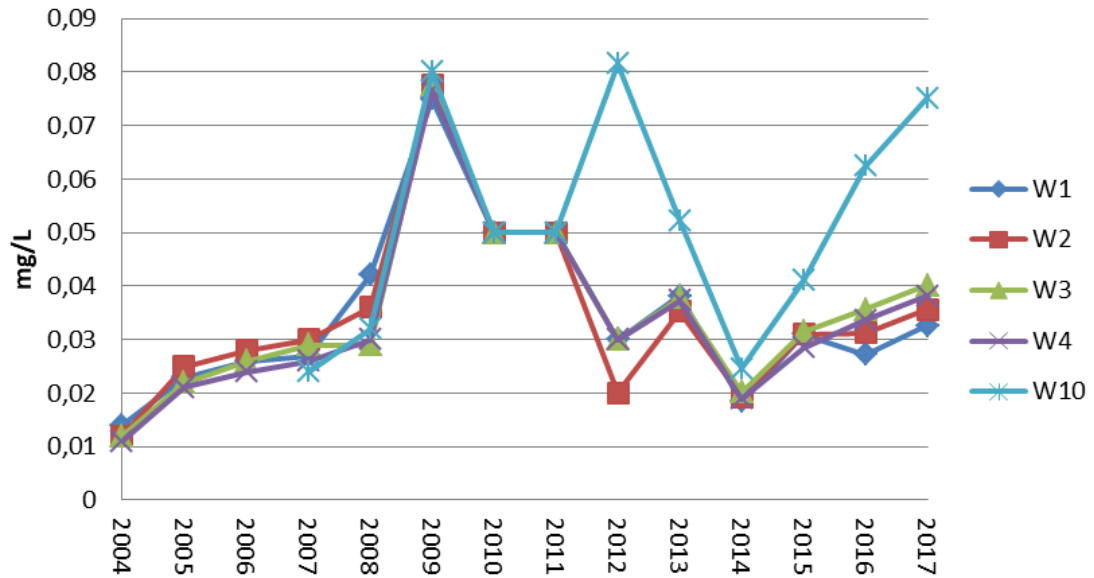
6.2 Niðurstöður

6.2.1 Flúor

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

Heildarársmeðaltal flúors í vatni árið 2017 var 0,043 mg/L. Meðaltal fyrir árvatn (W1-W4) er 0,037 mg/L sem er óveruleg hækkun á milli ára (0,032 mg/L árið 2016, 98% öryggismörk voru 0,008 mg/L). Styrkur flúors í Grænavatni hækkaði úr 0,062 mg/L í 0,075 mg/L á milli ára og nær því sambærilegum styrk og árin 2009 og 2012. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5-W9) mældist 0,048 mg/L sem er sambærilegt við ársmeðaltal 2016 (0,042 mg/L, 98% öryggismörk voru 0,009 mg/L).

Styrk flúors í vatni fyrir árin 2004 til 2017 má sjá hér að neðan (Mynd 63 og Mynd 64). Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,004 mg/L, og magngreiningarmörk (LOQ) 0,012 mg/L. Sjá má að hækkun meðaltalsstyrks flúors í vatni á milli áráanna 2016 (0,038 mg/L) og 2017 (0,043 mg/L) kemur til vegna sveiflu í styrk flúors í Grænavatni, á meðan engin mælanleg hækkun sést á öðrum sýnatökustöðum.



Mynd 63. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatsnýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2017.



Mynd 64. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2017.

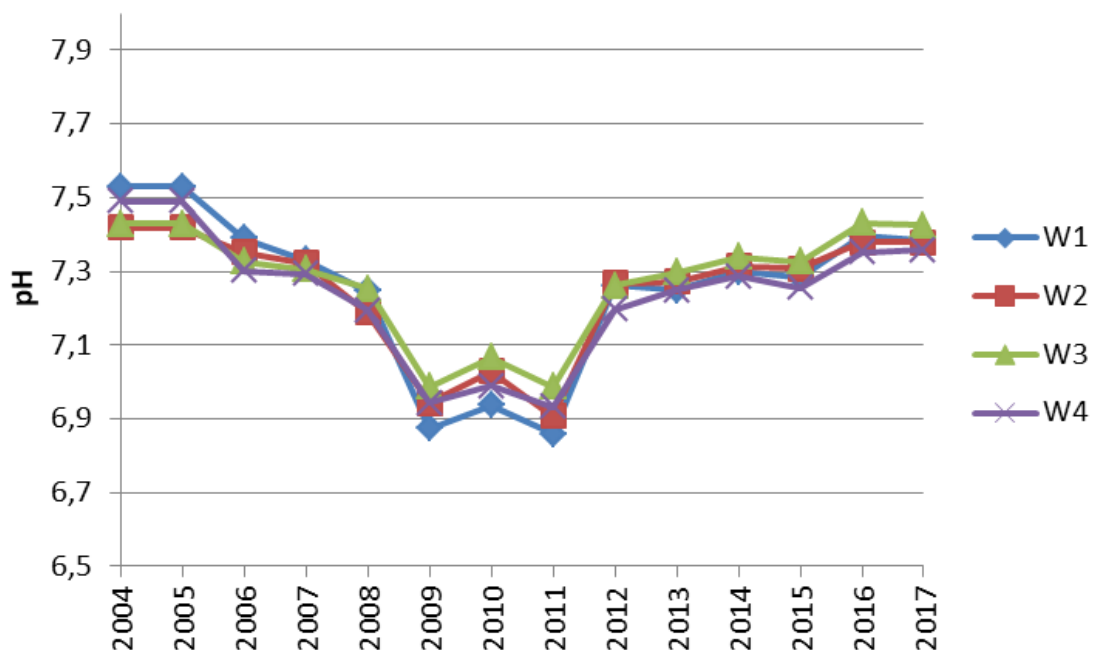
6.2.2 Sýrustig (pH)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er tekið fram að pH í neysluvatni skuli vera á bilinu 6,5 til 9,5.

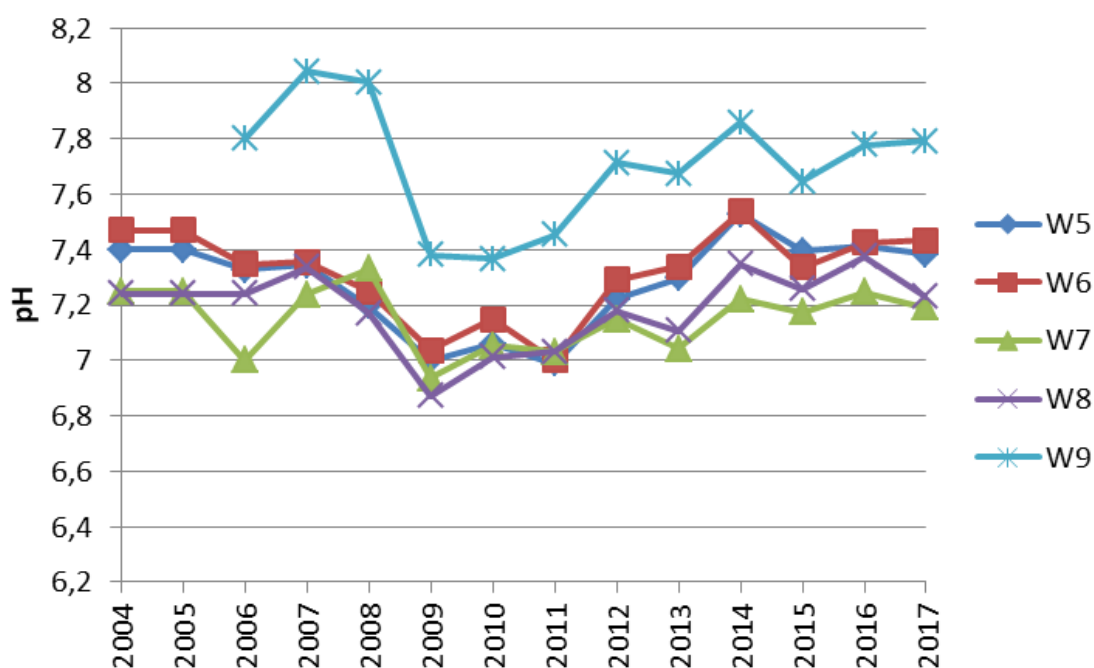
Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2017 var pH 7,39, lítið breytt frá fyrra ári (2016 pH 7,41). Hæst mældist ársmeðaltalið í neysluvatnssýni W9, pH 7,79, og lægst í

neysluvatnssýni W7, pH 7,19. Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1-W4) var 7,39 og í neysluvatni (W5-W9) 7,41.

Sýrustigsbreyting í ám og neysluvatni telst ekki veruleg á milli ára, en öll sýnatökusvæði nema eitt hækka lítillega frá 2015 og eru nú sambærileg við mælt sýrustig 2004-2008. Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerða (Mynd 65 og Mynd 66).



Mynd 65. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2017.



Mynd 66. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2017.

6.2.3 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er fjallað um arómatísk fjölhringja vetniskolefni (PAH). Þar er gefið 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.

Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra (0,002 µg/L) og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og með 2011. Niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efnanna fjögurra fyrir árin 2006-2017 má sjá í töflu 13.

Tafla 13. Styrkur PAH efnanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum fyrir árin 2006-2017.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	Meðaltal
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
2006	0,100	0,260	0,250	0,530	0,090	0,130	0,110	0,240	0,690		0,267
2007	1,190	0,000	0,140	0,000	0,110	0,120	0,110	0,170	0,150	0,630	0,262
2008	0,460	0,080	7,880	0,090	0,080	0,080	0,140	0,090	0,070	8,830	1,780
2009	0,000	2,370	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242
2010	0,160	4,610	0,070	1,530	0,130	0,090	0,090	0,090	0,090	0,120	0,698
2011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	*	<0,0796	<0,0607	*	<0,0618	*	<0,0578	<0,0588	<0,0549	<0,145	<0,0073
2013	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
2014	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,0083	<0,008
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

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum má finna í viðauka 16.

6.2.4 Brennisteinn (súlfat)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) eru gefin hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO₄/L), sem jafngildir styrk brennisteins í vatni 83,3 mg S/L og því lýst að vatnið má ekki vera tærandi.

Styrkur brennisteins breyttist ekki með afgerandi hætti á milli áruna 2016 og 2017 í árvatni og neysluvatni (Tafla 14). Hins vegar virðist styrkur brennisteins hafa hækkað greinanlega í Grænavatni frá 2016 til 2017, og samræmist það hækkun flúors í sömu sýnum, á milli ára. Þessi hækkun er þó lítilvæg samanborið við viðmiðunargildi um neysluvatn. Gildin í töflunni eru gefin upp í mg S/L, en þau eru öll langt undir hámarksgildi brennisteins í neysluvatni, sem súlfatsígildi. Greiningarmörk (LOD – 3 staðalfrávik) brennisteins í vatni eru 0,004 mg S/L og mængreiningarmörk (LOQ – 10 staðalfrávik) 0,013 mg S/L.

Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni í fjórum sýnatökuförðum árin 2010-2017 (tveimur til fjórum sýnatökuförðum fyrir Grænavatn).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Árvatn	0,35	0,36	0,31	0,37	0,40	0,45	0,41	0,41
Neysluvatn	0,43	0,47	0,39	0,43	0,55	0,49	0,46	0,47
Grænavatn	0,33	0,6	0,56	0,36	0,59	0,50	0,49	0,69

6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Basarýmd (e. alkalinity) árvatnssýna og neysluvatns árið 2017 er sambærileg fyrra árs, 2016 (Tafla 15). Gildin eru sambærileg við fyrstu mæligildi frá 2010 og árlegar sveiflur eru litlar. Gildi eru gefin upp sem mg CaCO₃/L.

Tafla 15. Meðaltal basarýmdar (mg CaCO₃/L) í árvatni og neysluvatni árin 2010-2017 og í Grænavatni frá árinu 2012-2017.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Árvatn	15,3	16,3	13,0	13,6	11,8	13,5	15,5	15,1
Neysluvatn	20,9	22,3	18,2	18,3	20,4	18,5	18,7	20,6
Grænavatn			12,9	10,9	10,8	12,0	17,5	15,9

6.2.6 Leiðni

Leiðni árvatnssýna, neysluvatns og Grænavatns árið 2017 hækka lítillega miðað við fyrra ár, en fellur innan náttúrulegs breytileika (Tafla 16). Gildi eru gefin upp sem µS/cm. Ekki liggja fyrir gögn um leiðni í yfirborðsvatni fyrr en frá og með árinu 2013.

Tafla 16. Meðaltal leiðni í ám, neysluvatni og Grænavatni árin 2013-2017.

µS/cm	2013	2014	2015	2016	2017
Árvatn	36,9	42,0	43,2	43,9	50,1
Neysluvatn	51,3	63,0	55,2	54,7	59,1
Grænavatn	33,8	41,7	36,5	34,8	44,1

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2017 má finna í viðauka 16.

7 Búfénaður

7.1 Inngangur

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 kjálkum sauðfjár og sjónrænni skoðun 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 (Mynd 70).

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúoreitrunar á lifandi búfénaði byggði á mælikarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne, 2011). Kvarðinn er fimm þrepa, þar sem 1 merkir engar breytnigar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfénaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2017. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 17 (Eyrún Arnardóttir, 2018) og 18 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2018).

7.2 Niðurstöður

7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði

Dýralæknir skoðaði hross og sauðfé í Reyðarfirði dagana 7. desember 2017 og 1. febrúar 2018. Sauðfé var skoðað í lok árs 2017 en ekki reyndist unnt að skoða hross í sömu skoðunarferð þar sem þau voru þá úti. Hross voru því skoðuð í byrjun árs 2018 en eru samt sem áður hluti af umhverfisvöktun ársins 2017.

Á Sléttu voru 18 kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum auk þess sem þremur fæddum árið 2016 var bætt við (Eyrún Arnardóttir, 2018). Öll dýr sem skoðuð voru virtust heilbrigð, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum (Eyrún Arnardóttir, 2018). Tennur sauðfjár voru almennt heilbrigðar, þó fundust vafasamar breytingar á tönnum tveggja gripa en ekki er hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða. Flúortengdar breytingar á tönnum verða við mikla inntöku flúors á þeim tíma sem glerungur á tönnum er að myndast, þ.e. áður en tennur vaxa í gegnum tannholdið. Dýralæknir telur ekki líklegt að kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þessara tannskemmda en tekur fram að tennur annarrar kindarinnar séu mun verr slitnar en í öðrum kindum á sama aldri og mælir með því að flúorstyrkur í beinum þeirra yrði mældur þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2018).

Ekkert hross var skoðað á Áreyjum þar sem erfitt var að nálgast þau. Ákveðið var að taka út úr rannsókninni hross sem voru komin vel yfir tanntökualdur, ekkert þeirra hrossa hafði sýnt merki um flúortengdar breytingar og því ekki talin ástæða til þess að fylgja þeim eftir en frekar taka inn unghross sem hafa verið alin upp í Reyðarfirði og eru nú á tanntöku aldri. Fjögur hross féllu undir þau skilyrði í Reyðarfirði. Einungis tókst að skoða eitt af þessum fjórum, hin þrjú voru á útigangi og því ekki skoðuð, rætt var við eigendur um að þau yrðu skoðuð þegar að þau verða tekin á hús. Engar merkjanlegar breytingar fundust í hrossinu sem skoðað var (Eyrún Arnardóttir, 2018).

7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

Hausum af sauðfé var safnað haustið 2017 frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Hallbjarnarstöðum I og II og Arnhólsstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum og Lundi austanmegin við Lagarfljót. 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 66 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Ekki fengust sýni af fullorðnu fé frá bæjunum Lundi og Hallbjarnarstöðum I en fimm sýni af fullorðnu fé fengust frá öðrum bæjum (sex

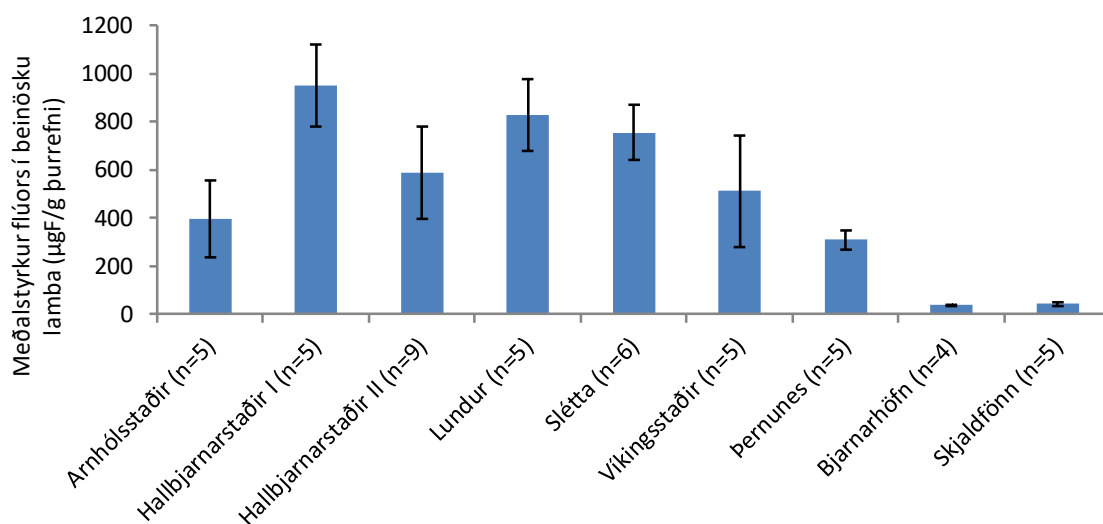
frá Hallbjarnarstöðum II). Sýni af lömbum fengust frá öllum bæjunum, sex frá Sléttu, níu frá Hallbjarnarstöðum II en fimm frá öðrum bæjum. Til samanburðar voru 17 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (9 lömb og 8 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2018).

Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (Mynd 67 og Mynd 69). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en rannsóknir hafa sýnt fram á að flúormagn í beinum eykst með aldri (Livesey & Payne, 2011).

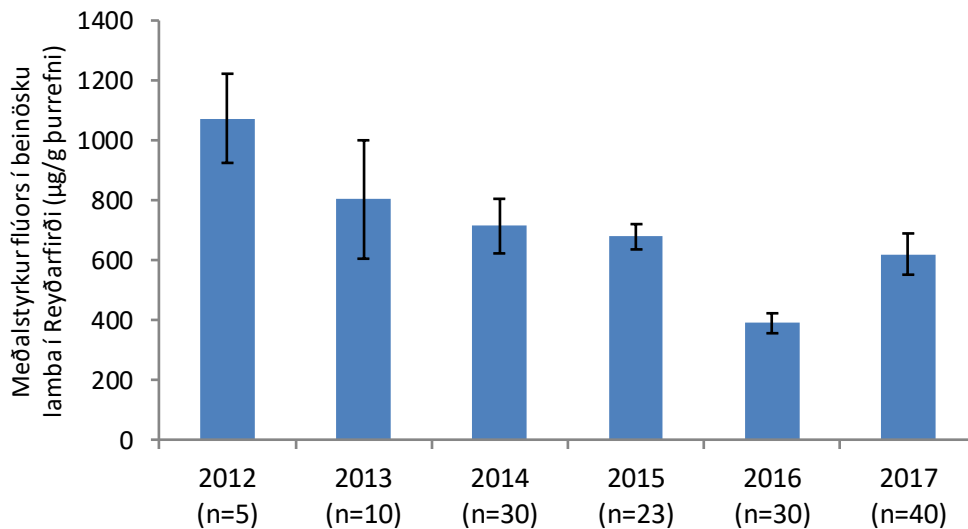
Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Hallbjarnarstöðum I (949 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (308 µg/g) (Mynd 67). Á Hallbjarnarstöðum II var að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (78-1863 µg/g) en minnsta breytileikann var að finna á Þernunesi (211-419 µg/g) en taka skal fram að sýni úr fleiri lömbum voru tekin á Hallbjarnarstöðum II en af öðrum bæjum (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2018).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (Mynd 68). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba var mældur í fleiri sýnum árið 2017 en árin áður. Meðalársstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba var aðeins hærri árið 2017 en árið 2016 og sambærilegur við meðalársstyrk ársins 2015 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2016; 2017; 2018).

Meðalársstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist 619 µg/g árið 2017, eða fimmtán sinnum hærri en meðalársstyrkurinn í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands (40 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2018).



Mynd 67. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2018).



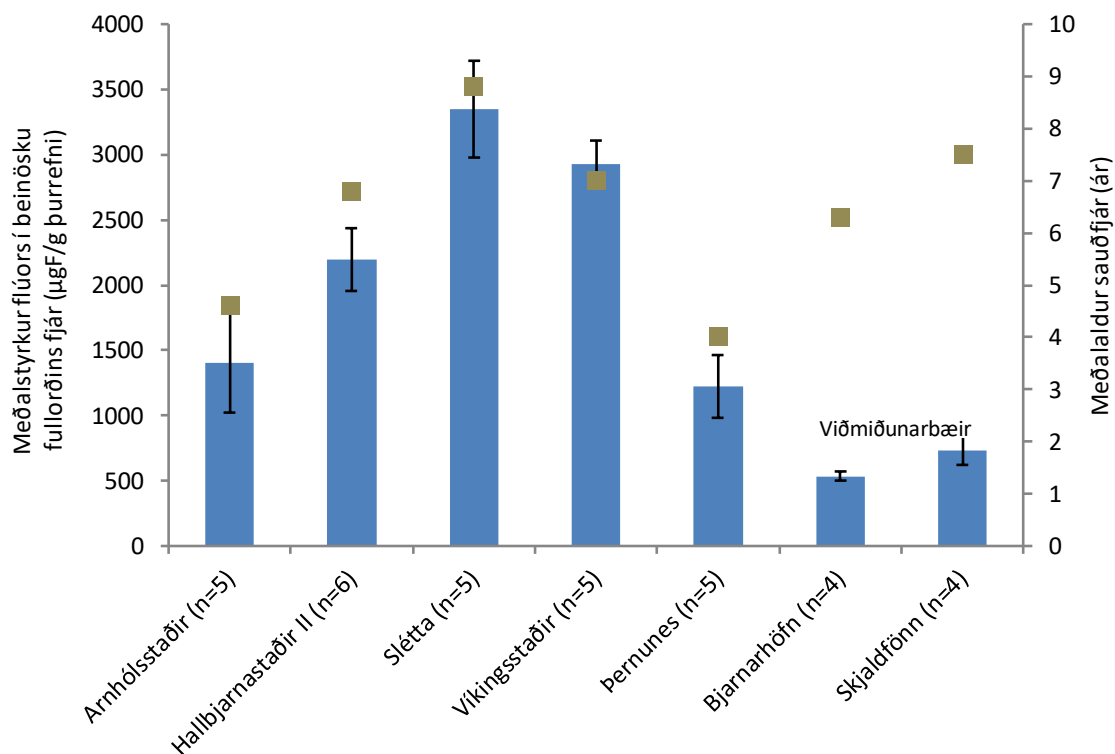
Mynd 68. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012-2017 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).

Eðlilegt þykir að flúorgildi í beinum jörturdýra sé á bilinu 1000-1500 µg/g (Livesey & Payne, 2011). Flúorgildi í beinum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði mældist á bilinu 463-4169 µg/g. Hæsta gildið mældist í fullorðinni kind frá bænum Sléttu en einnig mældist hæsta meðaltal flúors á þeim bæ, 3349 µg/g. Taka skal fram að af bæjunum fimm var meðalaldur kindanna frá Sléttu hæstur (Mynd 69) sem getur að einhverju leyti útskýrt hærri flúorgildi (Þórunn Lára Þórarinssdóttir, 2018). Lægstu gildin mældust í sýnum af fullorðnu fé frá Þernunesi, líkt eins og í sýnum af lömbum. Meðaltal flúors í beinösku fullorðins fjár var rúmlega þrefalt hærri í Reyðarfirði samanborið við viðmiðunarbæina. Meðalársstyrkur flúors í fullorðnu fé mældist lægri árið 2017 en árin 2016 og 2015 og var sambærilegur við árin 2012-2014 en mikið ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (Mynd 70).

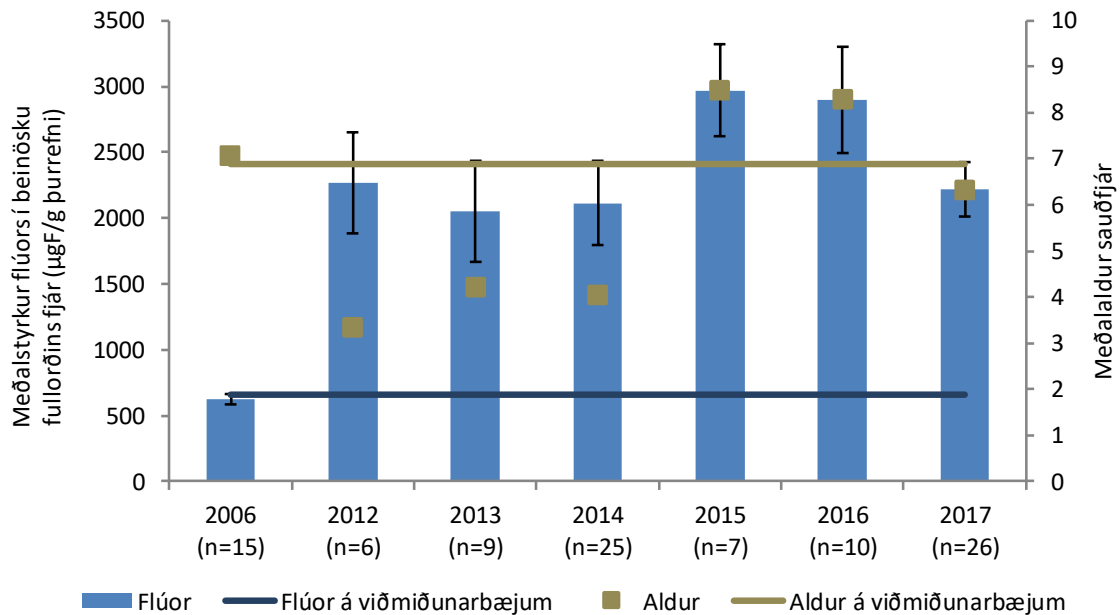
Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719 µg/g í sauðfé frá Sléttu, 596 µg/g í sauðfé frá Þernunesi og 550 µg/g frá Kollaleiru. Aðeins var mældur flúor í beinösku fimm kinda frá hverjum bæ, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Flúorgildi í sauðfé í Reyðarfirði áður en álver tók til starfa mældust undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) í öllum sýnum. Sýnin eru fá en niðurstöðurnar benda til þess að styrkur flúors í beinösku sauðfjár hafi hækkað frá því álverið tók til starfa. Sýni úr fullorðnu fé frá Sléttu voru tekin bæði árið 2006 og árin 2012-2017 og styrkur flúors var um þrisvar til sex sinnum hærri árin 2012-2017 en árið 2006.

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Ein kind var skráð með breytingu í glerung framtannar en hún var níu ára gömul og við slæma tannheilsu og styrkur flúors í beinösku hennar var 2287 µg/g sem er í meðallagi miðað við aðrar kindur í Reyðarfirði. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði var í sumum tilfellum slæm en það átti einnig við um kindur frá viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinssdóttir (2018) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið

valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Tengsl milli styrks flúors í beinvef og tannheilsu dýranna sást ekki.



Mynd 69. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2017) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).



Mynd 70. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012-2017). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015-2017), n=24 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2018).

8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2017 er stöðugt og svipað og undanfarin fimm ár mælipáttum svifryks og brennisteinstvíoxíðs, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Rykkennd PAH efni hafa farið lækkandi á undanförunum fimm árum. Hins vegar eru mæligildi flúors með hærra mótí, mælt á síur, í svifryki og í úrkomu. Flúorgildi í lofti hafa farið hækkandi frá 2011 og hafa verið með hærra mótí undanfarin þrjú ár þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi eru innan settra marka.

Litlar breytingar urðu á þeim gildum sem mæld voru í vatnssýnum árið 2017 miðað við fyrri ár. Litlar breytingar sjást á ársmeðaltölum sýrustigs, brennisteins og basarýmdar í árvatni árið 2017, en gildin hafa haldist nokkuð stöðug undanfarin sex ár. Styrkur flúors og brennisteins í Grænavatni hækkar á milli ára, en þær mælingar eru meðaltal tveggja sýna og útslag sveiflna í styrk þessara efna í Grænavatni hefur verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Öll gildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Styrkur PAH efnasambandanna fjögurra í árvatni og neysluvatni er undir greiningarmörkum, en sú staða hefur haldist stöðug frá 2011, þrátt fyrir lækkun greiningarmarka í þeim mælingum.

Styrkur flúors í flest öllum gróðursýnum var svipaður eða aðeins lægri árið 2017 en árið 2016 og talsvert lægri en þegar gildi mældust hæst árin 2012-2013. Meðalstyrkur flúors í grasi var undir hámarksgildum fyrir jörturdýr á öllum stöðum utan þynningarsvæðis og undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jörturdýr á 26 stöðum af 28 utan þynningarsvæðis. Styrkur flúors í heyi var í öllum tilfellum undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jörturdýr. Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa.

Meðalstyrkur flúors í vetrurgömlum barnálum hefur aldrei mælst eins hár og árið 2017 en er þó ekki mikið hærri en þegar hann mældist næsthæstur árið 2010.

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 í gróðri voru svipuð árið 2017 og árið 2016.

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. Í lömbum var munurinn að meðaltali fimmtánfaldur en í fullorðnu fé rúmlega þrefaldur. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Hærri meðalgildi mældust í kjálkum í ár samanborið við árið 2016 en árin eru ekki fullkomlega samanburðarhæf þar sem sýni voru tekin á fleiri bæjum árið 2017 en 2016. Sýni hafa verið fá og lítið hægt að álykta um þróun á styrk flúors í kjálkabeinum þau ár sem hann hefur verið mældur en þó er ljóst að gildi hafa hækkað frá því álver tók til starfa. Sjónrænt mat kjálkanna gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu, en erfitt var að draga ályktanir um tannheilsu eldra fjár. Sjónræn skoðun lifandi sauðfjár og hrossa í Reyðarfirði leiddi í ljós að dýrin voru almennt heilbrigð. Í tveimur kindum sást þó breytingar í tönnum sem mögulega gætu verið flúorskemmdir en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

9 Heimildir

- Auglýsing um friðlýsingu nokkurra plöntutegunda. Nr. 184/1978.
http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Auglysingar/r_184_1978_auglysing_plontutegundir.pdf Skoðað 8. febrúar 2017.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- Davison, A.W. & Weinstein, L.H. (2006). *Investigation of the sources of elevated fluoride in vegetation in the Reyðarfjörður area*. Í: *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of NA activities in 2006*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2009). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2008 by Náttúrustofa Austurlands*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2010). *External Environmental Monitoring. Alcoa-Fjarðaál Smelter in Reyðarfjörður. Results of on-going monitoring from 2006 to 2009 and comparison with the baseline survey from 2004 and 2005*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Doley, D. (2010). Rapid quantitative assessment of visible injury to vegetation and visual amenity effects of fluoride. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 181-198.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2017). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2016*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Hermann Þórðarson og Kristmann Gíslason (2013). *Alcoa Fjarðaál, umhverfisvöktun árið 2012*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Davison, A.W. (2012). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2018). *Eftirlitsskýrsla – Sjöunda skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012-2016. Skoðun framkvæmd á Sléttu og í hesthúsahverfi á Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Franzaring, J., Klumpp, A. & Fangmeier, A. (2007). Active biomonitoring of airborne fluoride near an HF producing factory using standardised grass cultures. *Atmospheric Environment*, 41, 4828–4840.
- Guðrún Á. Jónsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Hermann Þórðarson (2017). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor 2017 og skýrsla haust 2017*. Nýsköðunarmiðstöð Íslands, 6EM17008.
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755-759.
- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Davison, A.W. (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Landmælingar Íslands (2013). Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands. Skoðað í mars 2017 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>

- Landmælingar Íslands (2015). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 24122013 útgáfa. Sótt í desember 2015 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Liteplo, R., Gomes, R., Hower, P. & Malcolm, H. (2002). *Fluorides. Environmental Health Criteria*, 227. World Health Organization.
- Livesey, C. & Payne, J. (2011). Diagnosis and investigation of fluorosis in livestock and horses. *In Practice*, 33, 454-461.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2008). *Válisti háplantna*. <http://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-haplantna> Skoðað 7. febrúar 2017.
- 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.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing (R version 3.2.2). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <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, svifryg 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 aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og nr. 1048/2016.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008.
- RStudio Team (2016). RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383). RStudio, Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>.
- Sigurður H. Magnússon (2013). *Pungmálmur og brennisteinn í mosa á Íslandi 1990-2010: áhrif iðjuvera*. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Sigurður Sigurðarson (á.á.). *Áhrif eldgosa á dýr*. Skoðað í febrúar 2011 á http://www.mast.is/Uploads/document/yd_eydublod/ahrif_eldgosa_a_dyr.pdf
- Umhverfisstofnun (2010). *Starfsleyfi fyrir álver Alcoa Fjarðaáls sf., Hrauni 1 í Reyðarfirði. kt. 5203034210*. Skoðað í apríl 2014 á http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf
- Veðurstofa Íslands (2017). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2017*. Sjá <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/>
- Vike, E. & Håbjørg, A. (1995). Variation in fluoride content and leaf injury on plants associated with three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 163, 25-34.
- Vike, E. (1999). Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 236, 75-90.
- Vike, E. (2005). Uptake, Deposition and Wash Off of Fluoride and Aluminium in Plant Foliage in the Vicinity of an Aluminium Smelter in Norway. *Water, Air, & Soil Pollution*, 160 (1-4), 145-159.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125, 3-11.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2004). *Fluorides in the Environment*. Wallingford, UK: CABI publishing.
- Weinstein, L.H. (1983). Effects of Fluorides on Plants and Plant Communities: An Overview. Í: Shupe, J.L., Peterson, H.B. & Leone, N.C. (ritstj.), *Fluorides: Effects on Vegetation, Animals, and Humans* (bls. 61-82). Salt Lake City, Utah: Paragon Press.
- 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.

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Mýrargötu 10 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Fax 477-1923 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • Veffang: www.na.is

