

# Alcoa Fjarðaál Umhverfisvöktun 2013

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands  
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál

 <b>NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS</b>		<input type="checkbox"/> Egilsstaðir <input checked="" type="checkbox"/> Neskaupstaður
<b>Skýrsla nr:</b> NA-40137	<b>Dags (mánuður, ár):</b> Apríl 2014	<b>Dreifing:</b> Lokuð
<b>Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):</b>		<b>Upplag:</b> 11
Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2013		<b>Síðufjöldi:</b> 72
		<b>Fjöldi korta:</b>
		<b>Fjöldi viðauka:</b> 15
<b>Höfundar:</b> Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson		
<b>Unnið fyrir:</b> Alcoa Fjarðaál		
<b>Samvinnuaðilar:</b> Efnagreining, Nýsköpunarmiðstöð Íslands.		
<p><b>Útdráttur:</b> Frá því að álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004-2006. Umhverfissvöktunin árið 2013 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun, þar sem vaktu skal andrúmsloft (veður og loftgæði), gróður og yfirborðsvatn. Vegna hás styrks flúors í grasi sumarið 2012 voru settar af stað rannsóknir á búfænaði og heyi í Reyðarfirði. Þessar rannsóknir verða gerðar til og með árinu 2015. Árið 2013 var sjónræn skoðun á búfænaði framkvæmd í apríl og nóvember. Einnig var kannaður styrkur flúors í kjálkum sauðfjár og heyi haustið 2013.</p> <p><b>Gagnasöfnun:</b> Upplýsingum um loftgæði og veðurfar 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, klóríði, sulfati og flúori í úrkomu. Veðurgögnum var einnig safnað á öllum fjórum stöðvunum sem og frá Veðurstofu Íslands.</p> <p>Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi og rabarbara var safnað sex sinnum yfir sumarið. Bláberjalyngi, fléttum, mosa, kartöflum, laufblöðum reynitryja, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum var safnað einu sinni. Flúor var mældur í öllum gróðursýnum og auk þess var styrkur þungmálma mældur einu sinni í rabarbara, kartöflum og grænkáli. Sjónrænt mat var lagt á ástand sjaldgæfra tegunda, gróðurs í gördum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors. Fléttur og mosar á steinum og klöppum voru ljósmyndaðar. Vatni var safnað fjórum sinnum og var sýrustig, flúor, basarým, sulfat og fjölhringa arómatísk vetniskolefni mælt í sýnunum.</p> <p><b>Helstu niðurstöður:</b> Austan- og vestanáttir voru ríkjandi í Reyðarfirði árið 2013. Austlægir vindar voru algengari yfir sumarið en vestlægir vindar að vori og á haustmánuðum. Svifryk mældist aldrei yfir heilsuverndarmörkum. Brennisteinstvíoxíð í lofti var litlu lægra árið 2013 en árið 2012 og fór enginn dagur yfir gróðurverndarmörk né klukkustund yfir heilsuverndarmörk. Nokkur hækkun var á styrk flúoríðs í lofti miðað við árið 2012, en styrkurinn fór þó aldrei yfir viðmiðunarmörk utan þynningarsvæðis. Styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna lækkaði milli ára. Sýrustig í úrkomu breyttist lítið frá árinu 2012. Nokkur hækkun var á brennistein í úrkomu frá því sem var árið 2012. Einnig var hækkun á flúorgildum í úrkomu milli ára. Hækkunina á brennistein og flúor í úrkomu má sennilega rekja að einhverju leyti til lítillar úrkomu sumarið 2013 í Reyðarfirði.</p> <p>Ársméðaltal flúors í grasi, fléttum og rabarbaralaufi mældist lægra en árið 2012. Styrkurinn hækkaði á milli ára í mosa, bláberjalyngi, reynivið og kartöflugrösnum en breyttist lítið í barrnálum. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Í sex sýnatökuförðum mældist meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnnum þrisvar yfir íslenskum viðmiðum á flúor í heilfóðri fyrir sauðfé norðan fjarðar en einu sinni yfir viðmiðum fyrir mjólkandi ær sunnan fjarðar. Þetta skýrist líklega af samspili hækkaðra gilda á flúor í lofti sem og veðurfari sumarið 2013. Sýnilegar skemmdir á gróðri sem mögulega má rekja til flúormengunar var helst að merkja innan þynningarsvæðis álversins. Styrkur þungmálma í kartöflum, stilkum rabarbara og grænkáli var undir viðmiðunarmörkum.</p> <p>Litlar breytingar voru á styrk flúors, sulfats og PAH-16 efna í árvatnssýnum og neyslumatnssýnum samanborið við árið 2012. Einnig voru litlar breytingar á sýrustigi og basarým milli ára.</p>		
<b>Lykilorð:</b> Alcoa –Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, klóríð, sulfat, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitrye, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun		<b>ISSN nr:</b>
<b>Yfirfarið:</b> Jón Ágúst Jónsson hjá Náttúrustofu Austurlands og Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál		<b>ISBN nr:</b>

## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur .....	11
2.1.1	Loftgæðamælingar í Reyðarfirði.....	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir.....	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir .....	12
2.3	Niðurstöður .....	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins .....	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM <sub>10</sub> Hi-vol).....	16
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti .....	18
2.3.4	Flúor í lofti.....	21
2.3.5	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) .....	26
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu.....	29
3	Gróður .....	35
3.1	Inngangur .....	35
3.1.1	Flúor og gróður .....	35
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé .....	36
3.2	Efnagreiningar á gróðri .....	37
3.2.1	Gras.....	38
3.2.2	Mosi .....	40
3.2.3	Fléttur .....	42
3.2.4	Bláberjalyng .....	44
3.2.5	Reyniviður .....	45
3.2.6	Barnálar .....	47
3.2.7	Rabarbari .....	48
3.2.8	Kartöflur og grænmeti .....	50
3.2.9	Bláber og krækiber .....	52
3.2.10	Hey.....	53
3.3	Sjónræn skoðun á gróðri.....	53
3.3.1	Sjaldgæfar tegundir .....	54
3.3.2	Garðaplöntur og tré.....	56

3.3.3	Gróður í rannsóknarreitum.....	57
3.3.4	Fléttur og mosar á grjóti .....	58
3.4	Trjávöxtur.....	58
4	Yfirborðsvatn .....	61
4.1	Inngangur .....	61
4.2	Niðurstöður.....	61
4.2.1	Flúor.....	61
4.2.2	Sýrustig (pH).....	62
4.2.3	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni) .....	63
4.2.4	Súlfat og basarýmd .....	64
5	Samantekt .....	65
5.1	Loftgæði .....	65
5.1.1	Svifryk .....	65
5.1.2	Brennisteinstvíoxíð .....	65
5.1.3	Flúor í lofti.....	65
5.1.4	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) .....	65
5.1.5	Efnainnihald í úrkomu.....	65
5.2	Gróður .....	66
5.2.1	Styrkur flúors í gróðri.....	66
5.2.2	Dreifing flúors frá álveri.....	66
5.2.3	Styrkur þungmálma í rabarbara, kartöflum og grænkáli .....	67
5.2.4	Sjónræn skoðun á gróðri .....	67
5.3	Grasbítar .....	67
5.3.1	Styrkur flúors í fóðri búfánaðar .....	67
5.3.2	Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár .....	68
5.3.3	Sjónræn skoðun á búfánaði.....	68
5.4	Yfirborðsvatn.....	68
6	Lokaorð.....	68
7	Heimildir .....	69

## Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	11
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín). ....	14
Mynd 3. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín). ....	14
Mynd 4. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín). ....	15
Mynd 5. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín). ....	15
Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2013. ....	17
Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2013. ....	17
Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2013. Mæligildi vantar á stöð 1 í ágúst og stöð 2 í júlí vegna bilana.....	19
Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2013.....	20
Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO <sub>2</sub> , sem fall af vindátt 2013, allar stöðvar. ....	20
Mynd 11. Gaskennt flúor (HF) í lofti, allar stöðvar, 2013 (mælingar á síur).....	23
Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, 2013 (mælingar á síur).....	23
Mynd 13. Flúor í svifryki, allar stöðvar 2013.....	25
Mynd 14. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2013. ....	25
Mynd 15. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2013. ....	27
Mynd 16. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2013.....	28
Mynd 17. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2013. ....	30
Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2013. ....	30
Mynd 19. Súlfat-S í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2013.....	31
Mynd 20. Súlfat-S í úrkomu, allar stöðvar 2013. ....	32
Mynd 21. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2013. ....	34
Mynd 22. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2013.....	34
Mynd 23. Sýnatökustaðir grass og skipting eftir svæðum (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	38
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökufurðum sumarið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	39
Mynd 25. Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði sumarið 2013, skipt upp eftir staðsetningu sýnatökustaða og dagsetningu sýnatöku.....	40
Mynd 26. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	41
Mynd 27. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.....	41

Mynd 28. Ársmeðaltal flúors í mosa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 30 sýnum ár hvert. ....	42
Mynd 29. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	43
Mynd 30. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.....	43
Mynd 31. Ársmeðaltal flúors í fléttusýnum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 28-30 sýnum ár hvert.....	44
Mynd 32. Sýnatökustaðir bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	44
Mynd 33. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.....	45
Mynd 34. Ársmeðaltal flúors í bláberjalyngi (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 30 sýnum ár hvert. ....	45
Mynd 35. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lafi í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	46
Mynd 36. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2013. ....	46
Mynd 37. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnálum í nóvember 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	47
Mynd 38. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (2012), safnað í nóvember 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	47
Mynd 39. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2013. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár. ....	48
Mynd 40. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum í 6 sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	49
Mynd 41. Ársmeðaltal flúors í þurrvig af rabarbara árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 94 sýnum í sex sýnatökuferðum árin 2007-2013 en 10 sýnum árin 2004 og 2005.....	49
Mynd 42. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösúm á þremur söfnunarstöðum sumrin 2004, 2011 og 2013 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.....	51
Mynd 43. Styrkur flúors í krækiberjum á 5 sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2013. Tekið var eitt sýni á hverri stöð.....	52

Mynd 44. Styrkur flúors í bláberjum á 5 sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2013. Tekið var eitt sýni á hverri stöð.....	53
Mynd 45. Giljaflækja (t.v.) og fuglaerta (t.h.) í júlí 2013 í Reyðarfirði. ....	55
Mynd 46. Þyrnirós í blóma í júlí 2013 í Reyðarfirði.....	55
Mynd 47. Stóriburkni (t.v.) og aronsvöndur (t.h.) í júlí 2013 í Reyðarfirði. ....	56
Mynd 48. Flúorskemmdir (e. necrosis) á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2013. ....	56
Mynd 49. Gulnun (e. chlorosis) í laufum birkis fyrir ofan álverið í Reyðarfirði í ágúst 2013. ....	57
Mynd 50. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Sýnilegar skemmdir á gróðri sem líktust flúorskemmdum sáust í 2 stöðvum sumarið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009). ....	58
Mynd 51. Staðsetning 10 trjámæltreita í Reyðarfirði og tegundir trjáa sem finnast í þeim. Kortlagning skógræktarsvæðis var gerð af Skógræktarfélagi Íslands (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).....	59
Mynd 52. Meðalársvöxtur stafafuru ( <i>P. contorta</i> ) í 9 trjámæltreitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2013.....	60
Mynd 53. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10).....	61
Mynd 54. Meðalstyrkur flúors í Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalsá (W4) og Grænavatni (W10) árin 2004 til 2013. ....	62
Mynd 55. Meðalstyrkur flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) árin 2004-2013. ....	62
Mynd 56. Meðal sýrustig í Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalsá (W4) og Grænavatni (W10) árin 2004-2013. ....	63
Mynd 57. Meðal sýrustig í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) árin 2004-2013. ....	63

## Töfluskrá

Tafla 1. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	16
Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl $\text{SO}_2$ í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mæligildi vantar á stöð 1 í ágúst og stöð 2 í júlí vegna bilana.....	18
Tafla 3. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti* í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mæl. á síur).....	22
Tafla 4. Ársmeðaltöl og mæligildi flúors í svifryki í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	24
Tafla 5. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í $\text{ng}/\text{m}^3$ .....	26
Tafla 6. Efnainnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í $\text{mg}/\text{L}$ (F, $\text{SO}_4\text{-S}$ ) og einingalaust (pH).....	29
Tafla 7. Árs og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í $\text{mg}/\text{L}$ . Engin úrkoma mældist í mars, júní og október.....	33
Tafla 8. Ársmeðaltal flúors ( $\mu\text{g}/\text{g}$ ) í þurrvigt af grasi utan og innan þynningarsvæðis í Reyðarfirði frá árinu 2004-2013.....	40
Tafla 9. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2013 og meðalstyrkur árin 2013 og 2012. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013). .....	50
Tafla 10. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2013 og meðalstyrkur árið 2012. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).....	50
Tafla 11. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í kartöflugrösum, kartöflum og grænkáli árið 2013. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).....	52
Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2003-2013 í tíu trjáræktarreitum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu. ....	60
Tafla 13. Heildarmagn PAH efna í árvatni (Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalsá (W4)) og Grænavatni (W10) á Reyðarfirði og neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W6-W9) árin 2006-2013. ....	64
Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats ( $\text{mg}/\text{L}$ ) í árvatni (W1-W4), neysluvatni (W5-W9) og Grænavatni (W10) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2013.....	64
Tafla 15. Meðalstyrkur basarýmdar ( $\text{mg CACO}_3/\text{L}$ ) í árvatni (W1-W4) og neysluvatni (W5-W9) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2013.....	64



## **Viðaukaskrá**

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum
- Viðauki 2. Niðurstöður á efnagreiningum í síum og úrkomu
- Viðauki 3. Mælingar á PAH-16 og flúor í svifrykssíum
- Viðauki 4 . Samantekt hágilda á flúori og brennisteinstvíoxíði í lofti
- Viðauki 5 . Niðurstöður efnamælinga í grassýnum 2013
- Viðauki 6. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2013
- Viðauki 7. Niðurstöður efnamælinga í mosa, fléttum og laufum bláberjalyngs 2013
- Viðauki 8 . Niðurstöður efnamælinga í sýnum af laufblöðum reynitrjáa og barrnálum 2013
- Viðauki 9 . Niðurstöður efnamælinga í sýnum af grænmeti og berjum 2013
- Viðauki 10. Niðurstöður efnamælinga á heyi 2013
- Viðauki 11. Niðurstöður efnamælinga á þungmálmum í Reyðarfirði 2013
- Viðauki 12. Niðurstöður trjámælinga á furu í Reyðarfirði 2013
- Viðauki 13. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum 2013
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í felti 2013
- Viðauki 15. Niðurstöður viðbótarrannsókna á búfénaði og heyi í Reyðarfirði 2013

# 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). 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 er skipt í sjö verkþætti:

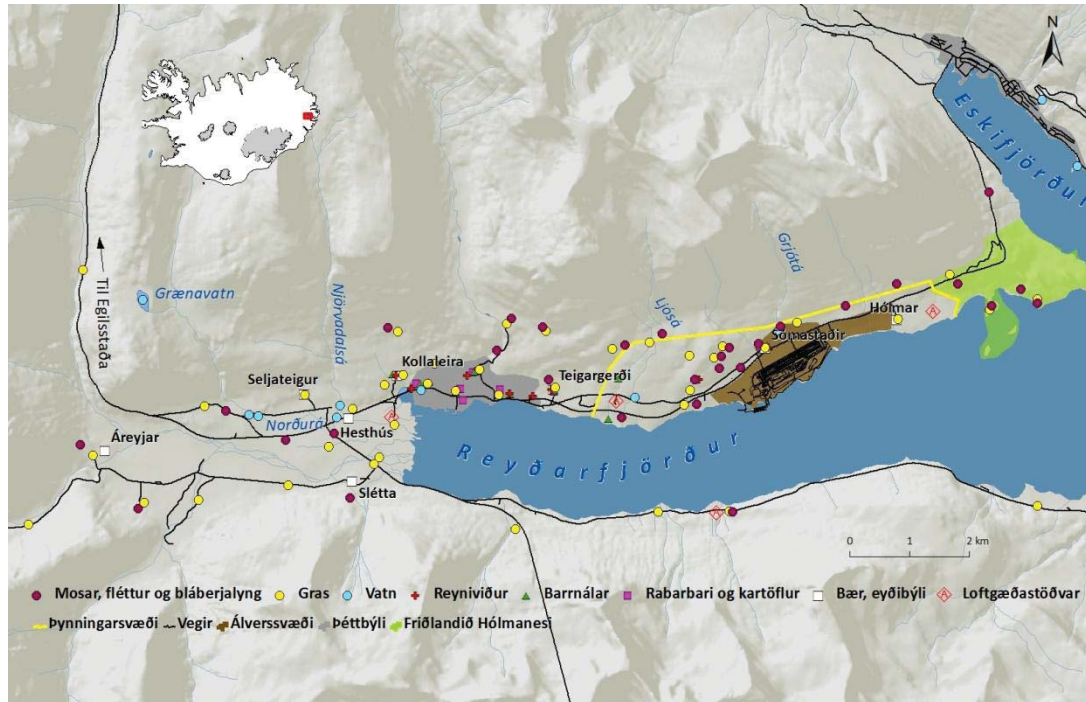
1. Loftgæða- og veðurmælingar
2. Sýnatökur og efnamælingar á gróðri
3. Sýnatökur og efnamælingar á yfirborðsvatni
4. Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
5. Mælingar á vexti furutrjáa
6. Efnamælingar á jarðvegsvatni
7. Mæling á mengunarefnum í sjó og fjöru

Árið 2013 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri og yfirborðsvatni en Efnagreining, Nýsköpunarmiðstöð Íslands annaðist efnagreiningar. Mælingar á loftgæðum og veðurfari voru einnig unnar af Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Á mynd 1 má sjá yfirlit yfir alla vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2013.

Vegna háls styrks flúors í grasi sumarið 2012 voru í samræmi við ákvæði vöktunaráætlunar settar af stað auknar rannsóknir á búfénaði og heyi í Reyðarfirði. Í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun verður þessum rannsóknum haldið áfram til og með árinu 2015. Ákvörðun verður tekin um framhald þessara sérstöku rannsókna þegar niðurstöður þeirra liggja fyrir.

Á árinu 2013 var þessum rannsóknum framfylgt. Dýralæknir var fenginn til að framkvæma sjónræna skoðun á þeim dýrum sem voru eftirlifandi frá árinu 2012 í apríl og nóvember. Einnig var framkvæmd sjónræn skoðun á kjálkum sauðfjár og styrkur flúors mældur í þeim. Styrkur flúors í heyi sem hirt var í Reyðarfirði sumarið 2013 var kannaður í október. Eftirlitsskýrslur dýralækna sem og niðurstöður athugana á styrk flúors í kjálkum og heyi má finna í Viðauka 15.

Í þessari skýrslu verða birtar niðurstöður úr verkþáttum 1-5 í umhverfisvöktuninni árið 2013 en verkþættir 6 og 7 verða framkvæmdir næst árið 2015. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Skýrslunni er skipt upp í sex kafla. Í fyrsta kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls sem og hverjir koma að henni. Í köflum tvö til fjögur eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum, gróðri og yfirborðsvatni árið 2013. Að lokum eru helstu niðurstöður skýrslunnar dregnar saman. Skýrslunni fylgja 15 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 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

## 2 Loftgæði

### 2.1 Inngangur

#### 2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2013. Mælingar þessar eru hluti af umhverfisrannsóknnum vegna álvers Alcoa Fjarðaáls við Reyðarfjörð. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, fyrir Alcoa Fjarðaál .

#### 2.1.2 Mælistöðvar og mælipættir

Mælt var á fjórum mælistöðvum, eins og hefur verið gert frá október 2006, þegar stöðvum fjölgaði úr 3 í fjórar. Mælistöðvarnar (1-4) eru annars sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum við Ljósa milli Búðareyrar og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 1 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er ofan vegar við Miðstrandareyri sunnan fjarðar gegnt Sómastöðum (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 safnað á síur, 1 og 5 daga í senn og mældur flúor í ryki og gaskenndur flúor. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúor í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, sulfat, og flúor 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 brennisteinstvíoxíð er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Hermann Þórðarson 2013). Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 251/2002, um mat á styrk brennisteinsdíoxíðs, og svifryks (PM<sub>10</sub>).

*Skilgreiningar:*

<b>Svifryk PM<sub>10</sub></b>	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en 10 $\mu\text{m}$ í þvermál.
<b>Flúor í ryki</b>	Sá hluti flúoríðs í lofti sem mælist sem rykkennt eða bundið ryki.
<b>HF gaskennt</b>	Sá hluti flúoríðs í lofti sem mælist gaskennt og óbundið ryki, vetnisflúoríð.
<b>Flúor alls</b>	Summa rykkennds og gaskennds flúoríðs.
<b>PAH16</b>	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni, hér mæld í svifryki PM <sub>10</sub> .
<b>Umhverfismörk</b>	Leyfileg hámarksgildi mengunar sett í því skyni að draga úr eða koma í veg fyrir skaðleg áhrif á heilsu manna og dýra. Umhverfismörk geta átt við umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (s.s. heilsuverndarmörk, gróðurverndarmörk) og tiltekin tímabil (s.s. sólarhring, árstíð eða ár).

## 2.3 Niðurstöður

Samantekt yfir allar niðurstöður loftgæðamæla eftir mánuðum er að finna í viðaukum 1-4.

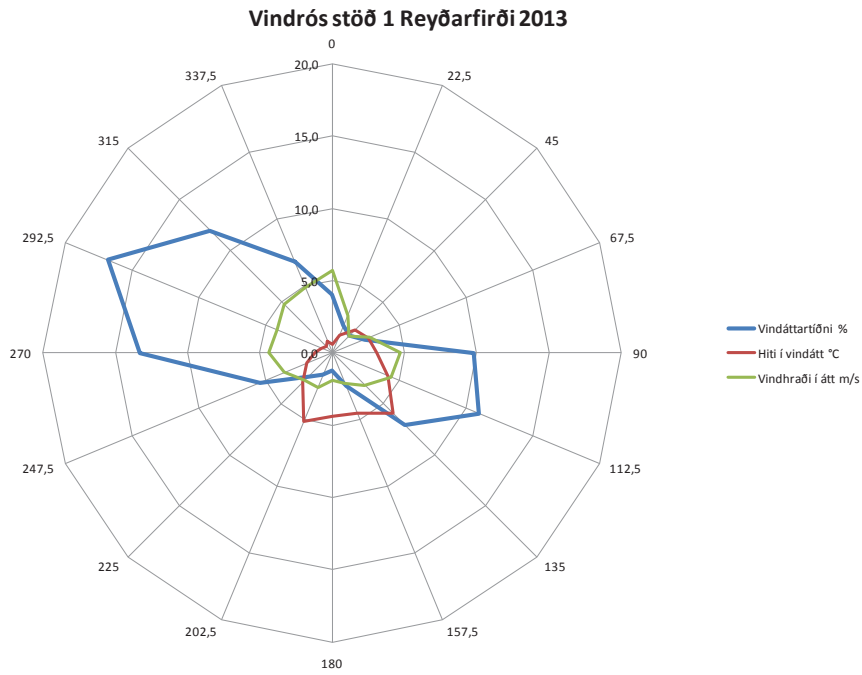
### 2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2013 mældist 4,3°C og meðalvindhraði 4,2 m/s. Þessum meðaltölum svipar til ársins á undan. Tíðarfar var lengst af hagstætt en þó taldist vorið fremur óhagstætt víða um landið norðan- og austanvert og sumarið var lakara sunnanlands heldur en verið hefur um alllangt skeið. Árið var hlýjast að tiltölu austanlands.

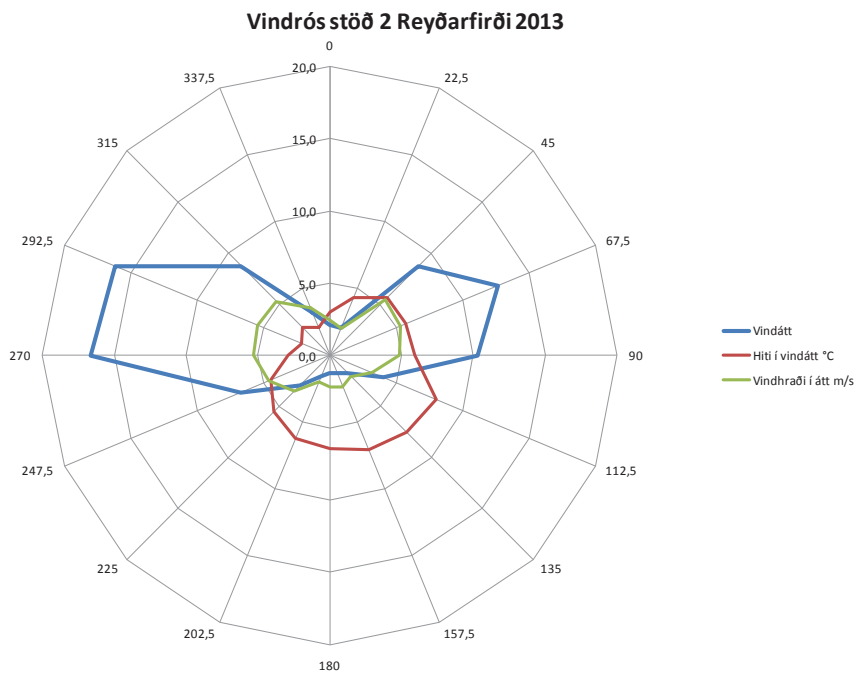
Óvenjuleg hlýindi voru fyrstu tvo mánuði ársins, en í öðrum mánuðum var hiti nærri meðallaginu 1961 til 1990; einna kaldast að tiltölu í apríl. Óvenjusnarpt kuldakast gerði um mánaðamótin apríl/maí. Sumarið var gott um landið norðaustanvert en tíð var óhagstæð um landið sunnan- og vestanvert með þrálátri úrkomu. Kalt var í september og tíð óhagstæð. Október var óvenjuburr um landið vestanvert, vindar voru lengst af hægir. Síðasti hluti ársins var umhleyppingasamur og óvenju úrkomusamt um landið austanvert í desember (Veðurstofa Íslands 2014).

Veðurfar í Reyðarfirði árið 2013 einkenndist af hægviðri og lítilli úrkomu. Frá maí og fram að nóvember voru langir kaflar með logni, andvara eða hægri golu og sumarið var hlýtt.

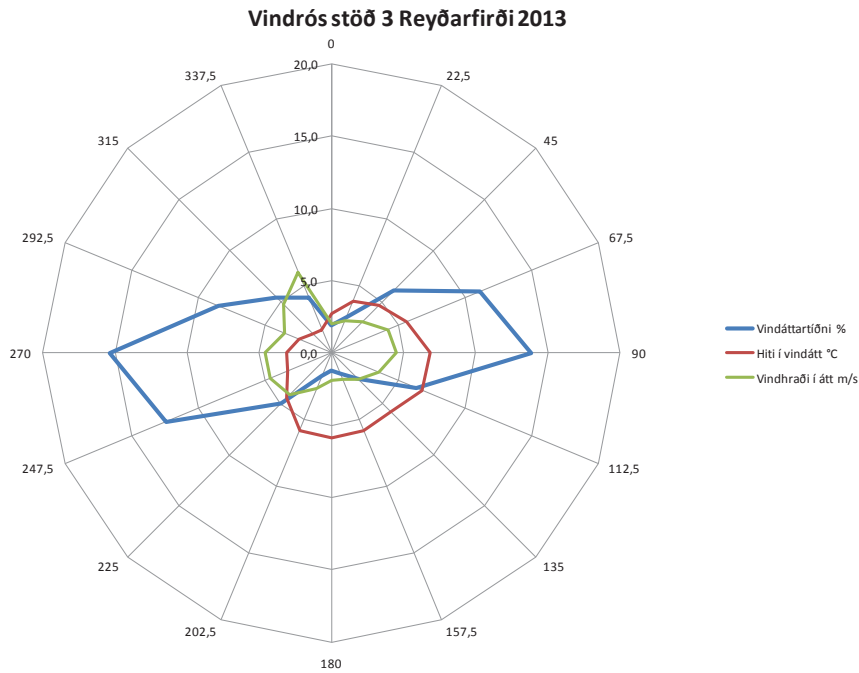
Vindrós í Reyðarfirði er einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi 75% af tímanum.



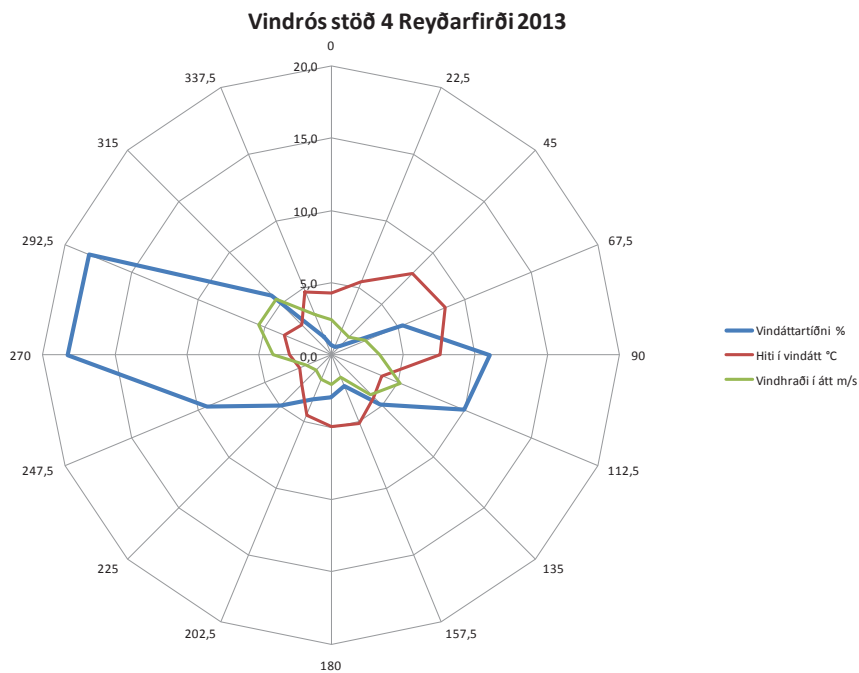
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín).



Mynd 3. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín).



Mynd 4. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín).



Mynd 5. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, 2013, allar mælingar (10 mín).

Á myndum 2-5 hér ofar má sjá vindrósir frá öllum stöðvum, en megindrættir eru svipaðir þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Sjá má jafnframt að

hvassast og kaldast er í norðvestanáttum og hlýjast í suðaustanáttinni. Hitamælingar vantar síðari hluta ársins frá stöð 1 vegna bilunar í mælinema.

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

Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mælt mánaðarmeðaltal og fyrri ársmeðaltöl stöðvanna má sjá í töflu 1:

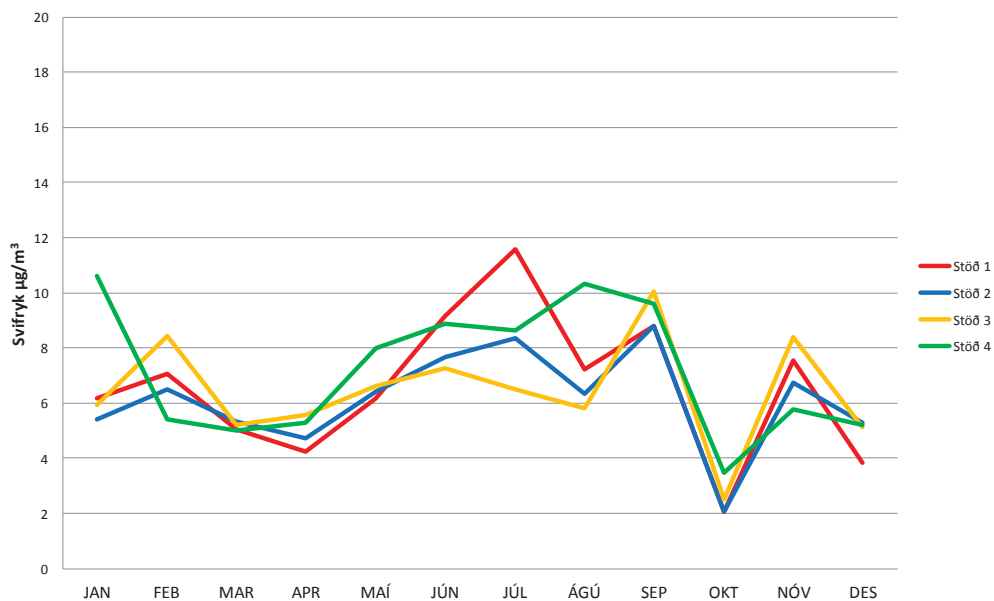
Tafla 1. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	13,3	10,5	10,5	
2006	13,7	8,6	8	
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
<b>2013</b>				
JAN	6,2	5,4	5,9	10,6
FEB	7,1	6,5	8,4	5,4
MAR	5,1	5,3	5,2	5,0
APR	4,2	4,7	5,6	5,3
MAÍ	6,2	6,4	6,6	8,0
JÚN	9,1	7,7	7,3	8,9
JÚL	11,6	8,3	6,5	8,6
ÁGÚ	7,2	6,3	5,8	10,3
SEP	8,8	8,8	10,0	9,6
OKT	2,1	2,1	2,5	3,5
NÓV	7,6	6,8	8,4	5,8
DES	3,8	5,3	5,1	5,2

Heildarmeðaltal svifryks mældist  $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og var fremur jafnt á öllum stöðvum. Rykið mældist ívið hærra yfir sumarið en þá voru þurrviðri töluverð. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dag) mælast aldrei á árinu 2013 (Tafla 1 og Mynd 6).



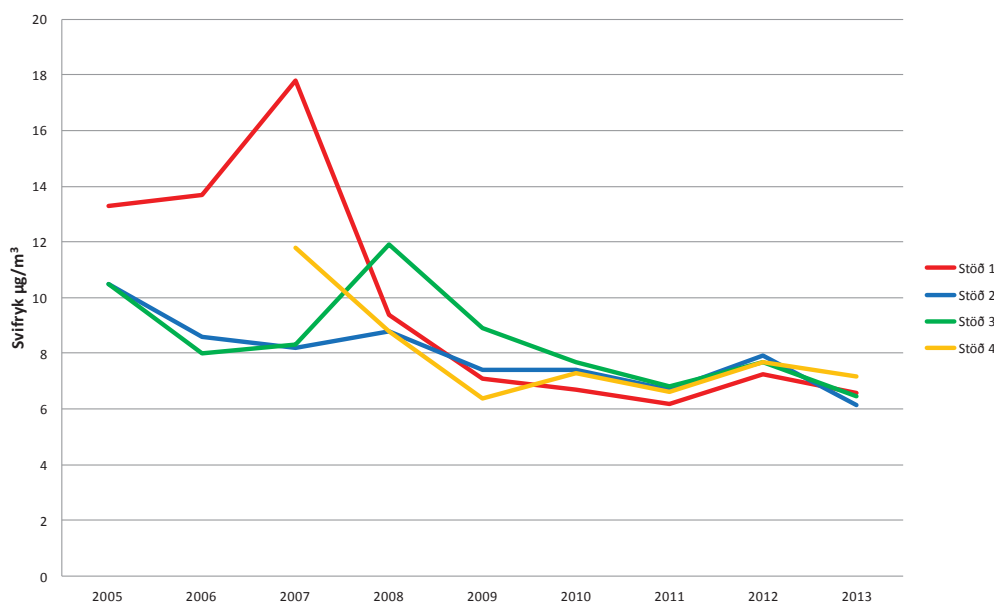
Svifryk Reyðarfirði, mánaðarmeðaltöl 2013



Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2013.

Svifryk hefur verið svipað í Reyðarfirði frá árinu 2009 eða á bilinu 6-9 µg/m<sup>3</sup>, en var nokkru hærra að meðaltali á miklu framkvæmdatímabili árin 2005-2008 (Mynd 7).

Svifryk Reyðarfirði, ársmeðaltöl 2005-2013



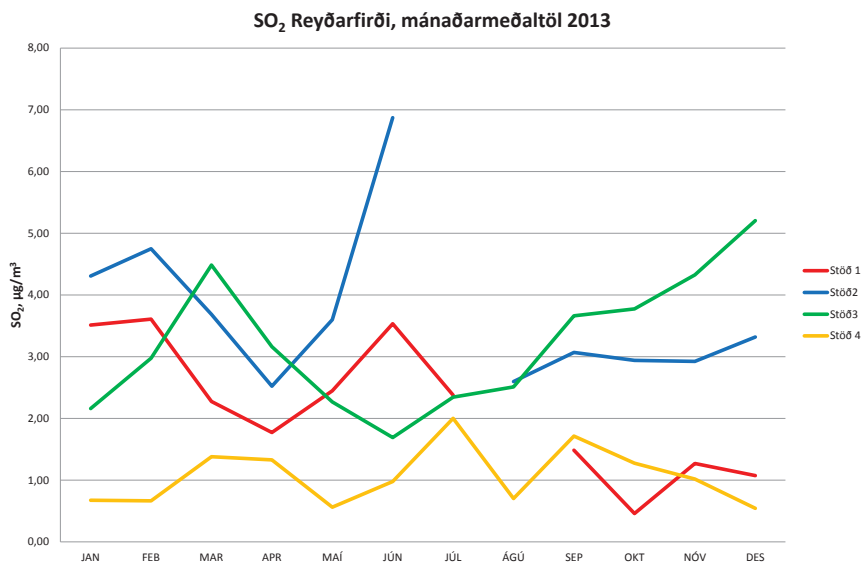
Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2013.

### 2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Árs- og mánaðarmeðaltöl á SO<sub>2</sub> í lofti má sjá í töflu 2 hér undir.

Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl SO<sub>2</sub> í lofti í µg/m<sup>3</sup>. Mæligildi vantar á stöð 1 í ágúst og stöð 2 í júlí vegna bilana.

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	0,32	0,23	0,33	
2006	0,55	0,29	0,21	
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
<b>2013</b>				
JAN	3,51	4,31	2,16	0,67
FEB	3,61	4,75	2,97	0,66
MAR	2,27	3,68	4,48	1,38
APR	1,77	2,52	3,16	1,33
MAÍ	2,45	3,60	2,27	0,56
JÚN	3,53	6,87	1,69	0,98
JÚL	2,38		2,34	2,00
ÁGÚ		2,60	2,51	0,70
SEP	1,48	3,07	3,66	2,33
OKT	0,46	2,94	3,77	1,92
NÓV	1,27	2,92	4,32	1,58
DES	1,07	3,32	5,20	2,35

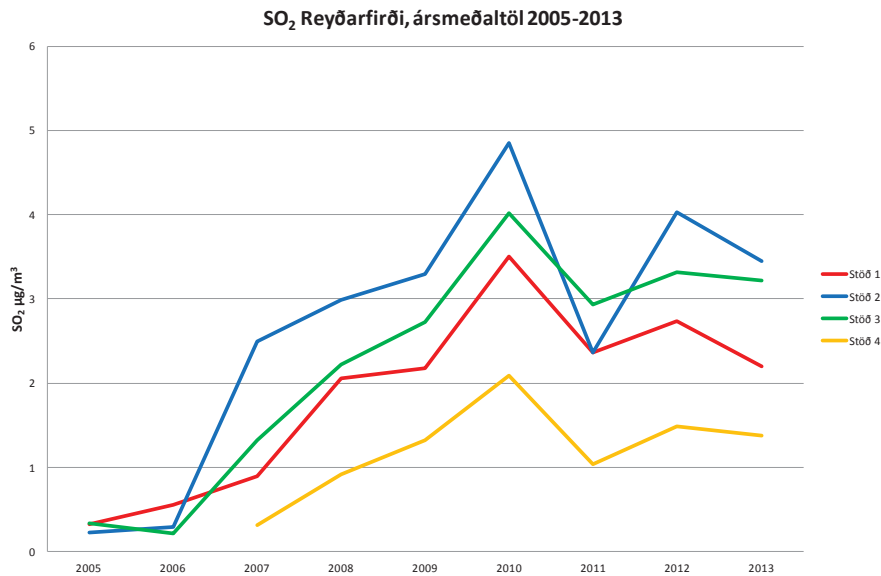


Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2013. Mæligildi vantar á stöð 1 í ágúst og stöð 2 í júlí vegna bilana.

Heildarmeðaltal brennisteinstvíoxíðs árið 2013 var  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sem er lægra en 2012 þó ekki muni miklu (Mynd 9). Meginbreyta í áhrifum á meðaltal er vindátt og vindstyrkur, en mældur styrkur brennisteinstvíoxíðs er yfirleitt í öfugu hlutfalli við vindstyrk og eru mæligildi jafnan hæst í hægviðri. Hæst mælast gildin á stöð 2 yfir sumartímann þegar innlögn er algengari en útlögn í Reyðarfirði (Mynd 8).

Styrkur brennisteinstvíoxíðs fór engan dag yfir gróðurverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), né klukkustund yfir heilsuverndarmörk ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hæsta klukkustundarmeðaltal mældist á stöð 2 að morgni þann 23. júlí en þá voru þrjú há klukkustundargildi í röð, 296, 259 og  $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Önnur há klukkustundargildi mældust 31. mars á öllum stöðvum,  $199 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3,  $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 2,  $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 1 og  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 4. Hæsta sólarhringsmeðaltal var  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 2 þann 23. júlí, og svo  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3 þann 31. mars.

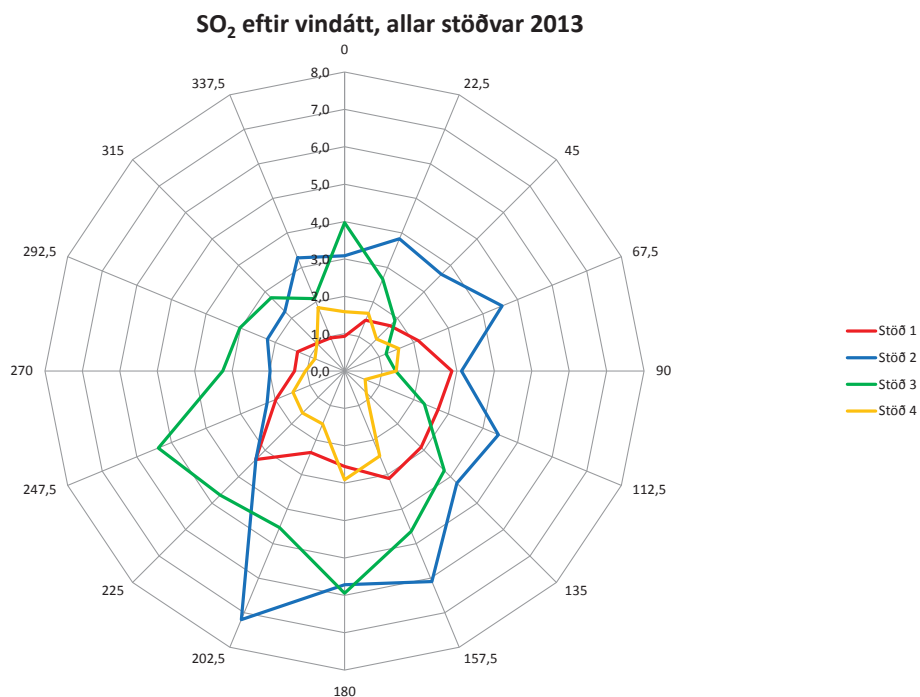
Þessi tilvik eiga sér svipaðar forsendur og koma í kjölfar mjög hægs breytilegs andvara eða áttleysu að nóttu þegar nokkur kæling á sér stað. Um morguninn stígur styrkur brennisteinstvíoxíðs mjög hratt, líklega vegna svokallaðrar svælidreifingar (fumigation) undir hitahvörfum en fellur svo aftur hratt um eða eftir hádegi þegar hitahvörfin rofna fyrir tilstilli upphitunar frá sól. Nokkuð ljóst er að líkur á myndun hitahvarfa eru allnokkrar í Reyðarfirði og sérstaklega í hægviðrasömu árferði eins og verið hefur undanfarin tvö ár. Aukning í styrk mengunarefna við þessar aðstæður er hröð og veruleg þegar lítil eða engin lóðrétt loftblöndun á sér stað og því hraðari og meiri eftir því sem hitahvörfin liggja í minni hæð. Áhrif þessara aðstæðna eru líklega meiri en nokkurra annarra einstakra áhrifaþátta á mælingar mengunarefna í Reyðarfirði og hefur áhrif á alla mælipætti auk brennisteinstvíoxíðs, eins og svifryk í lofti og flúor í lofti, úrkomu og gróðri og áhrifanna ætti að gæta sérstaklega næst álverinu.



Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2013.

Ein meginuppspretta brennisteinstvíoxíðsmengunar í Reyðarfirði er álverið og ef metin er uppspretta þessarar mengunar út frá vindátt kemur fram að hærri meðalgildi koma fram á stöð 1 og 2 í austanáttum og svo öfugt, hærri meðalgildi á stöð 3 fást í vestlægrí átt og á stöð 4 í norðvestlægrí átt. Það sem einkenndi þó efnavindrósir brennisteinstvíoxíðs árið 2013 var hversu há gildi mældust í hægri sunnanátt.

Á mynd 10 hér undir má sjá mælgildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt árið 2013 í Reyðarfirði.



Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO<sub>2</sub>, sem fall af vindátt 2013, allar stöðvar.

#### 2.3.4 Flúor í lofti

Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með eftirfarandi hætti:

- i) gaskenndum flúor og flúor í ryki er safnað með sýnatöku á síur og eru tekin 1 dags (24 st. samfelld) og 5 daga sýni (12 mín. á hverri klst.) til skiptis.
- ii) flúor í svifryki er mældur í svifrykssíum; í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í svifryki, alls 48 mælingar árlega.

##### *i) Flúor í lofti, söfnun á síur*

Flúor í lofti hefur verið mældur með söfnun á síur frá miðju ári 2011. Meðaltal flúors alls í lofti mældist  $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  með þessum hætti, og flúor (gaskenndur, HF)  $0,010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Veruleg hækkun mældist á flúor yfir sumarmánuðina júní-ágúst á stöð 2, en stöð 3 var hærri að vori og síðla hausts (Tafla 3 og Mynd 11). Þetta fer saman við að innlögn vinds í Reyðarfirði er algengari á sumrum en útlögn á vor og haustmánuðum. Því mælist mengun hærri á sumrin frá álverinu á stöð 1 og 2 þar sem þær stöðvar standa innar í firðinum en álverið.

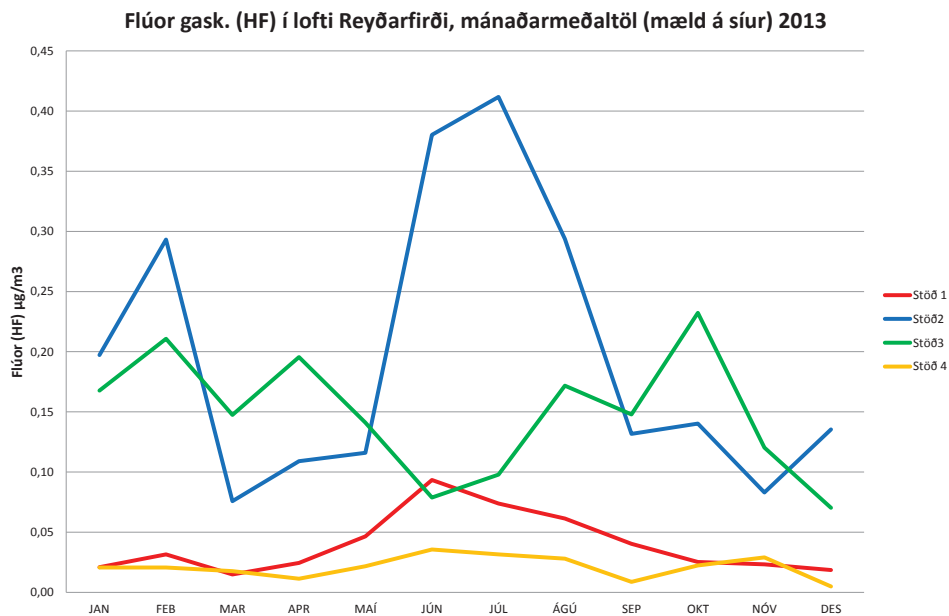
Viðmiðunarmörk fyrir gaskenndan flúor eru  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  meðaltal á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis og fór flúor (HF) hvergi yfir þau mörk. Hæst utan þynningarsvæðis mældist meðaltalið á stöð 3 eða  $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stöð 2 er innan þynningarsvæðis og meðaltal þar mældist  $0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Í heild var nokkur hækkun frá fyrra ári á meðaltali flúors, hækkunin nemur um þriðjung bæði í ryki og gaskenndum flúor.

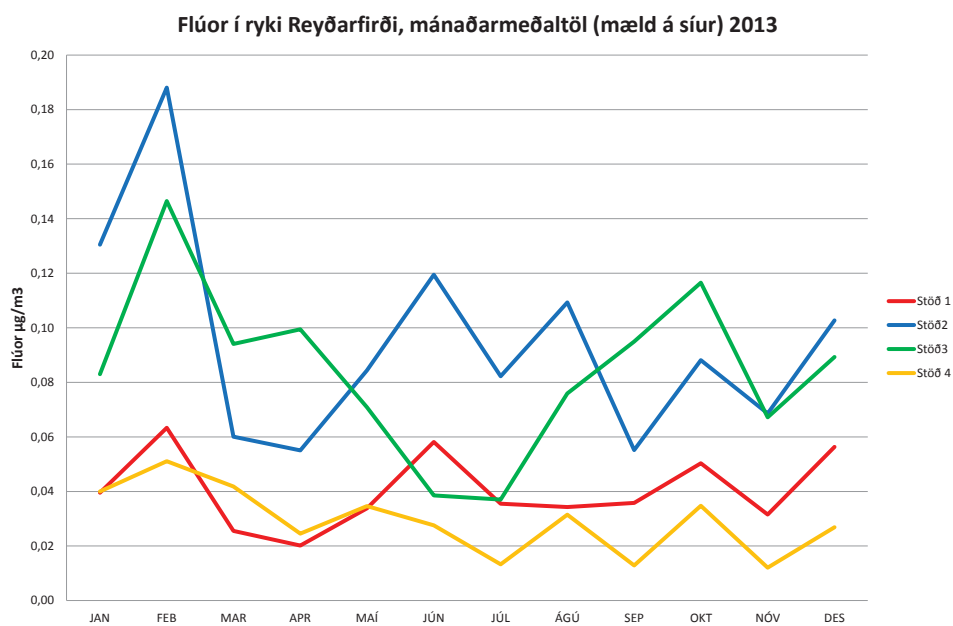
Tafla 3. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti\* í  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (mæl. á síur).

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
<b>Flúor gas</b>				
2011	0,04	0,08	0,08	0,01
2012	0,05	0,13	0,09	0,01
2013	0,04	0,20	0,15	0,02
<b>Flúor ryk</b>				
2011	0,03	0,07	0,08	0,02
2012	0,04	0,07	0,06	0,02
2013	0,04	0,09	0,08	0,03
<b>Flúor alls</b>				
2011	0,07	0,15	0,16	0,03
2012	0,09	0,19	0,16	0,03
2013	0,08	0,29	0,23	0,05
<b>Flúor gas 2013</b>				
JAN	0,02	0,20	0,17	0,02
FEB	0,03	0,29	0,21	0,02
MAR	0,01	0,08	0,15	0,02
APR	0,02	0,11	0,20	0,01
MAÍ	0,05	0,12	0,14	0,02
JÚN	0,09	0,38	0,08	0,04
JÚL	0,07	0,41	0,10	0,03
ÁGÚ	0,06	0,29	0,17	0,03
SEP	0,04	0,13	0,15	0,01
OKT	0,03	0,14	0,23	0,02
NÓV	0,02	0,08	0,12	0,03
DES	0,02	0,14	0,06	0,02
<b>Flúor ryk 2013</b>				
JAN	0,04	0,13	0,08	0,04
FEB	0,06	0,19	0,15	0,05
MAR	0,03	0,06	0,09	0,04
APR	0,02	0,06	0,10	0,02
MAÍ	0,03	0,08	0,07	0,03
JÚN	0,06	0,12	0,04	0,03
JÚL	0,04	0,08	0,04	0,01
ÁGÚ	0,03	0,11	0,08	0,03
SEP	0,04	0,06	0,09	0,01
OKT	0,05	0,09	0,12	0,03
NÓV	0,03	0,07	0,07	0,01
DES	0,04	0,09	0,07	0,02
<b>Flúor alls 2013</b>				
JAN	0,06	0,30	0,25	0,05
FEB	0,09	0,48	0,36	0,07
MAR	0,04	0,14	0,24	0,05
APR	0,04	0,16	0,29	0,04
MAÍ	0,08	0,20	0,21	0,06
JÚN	0,15	0,50	0,12	0,06
JÚL	0,11	0,49	0,13	0,04
ÁGÚ	0,10	0,40	0,25	0,06
SEP	0,07	0,19	0,24	0,02
OKT	0,08	0,23	0,35	0,06
NÓV	0,05	0,15	0,19	0,04
DES	0,06	0,22	0,13	0,04

\*Meðaltal mælinga nær frá júní 2011



Mynd 11. Gaskent flúor (HF) í lofti, allar stöðvar, 2013 (mælingar á síur).



Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, 2013 (mælingar á síur).

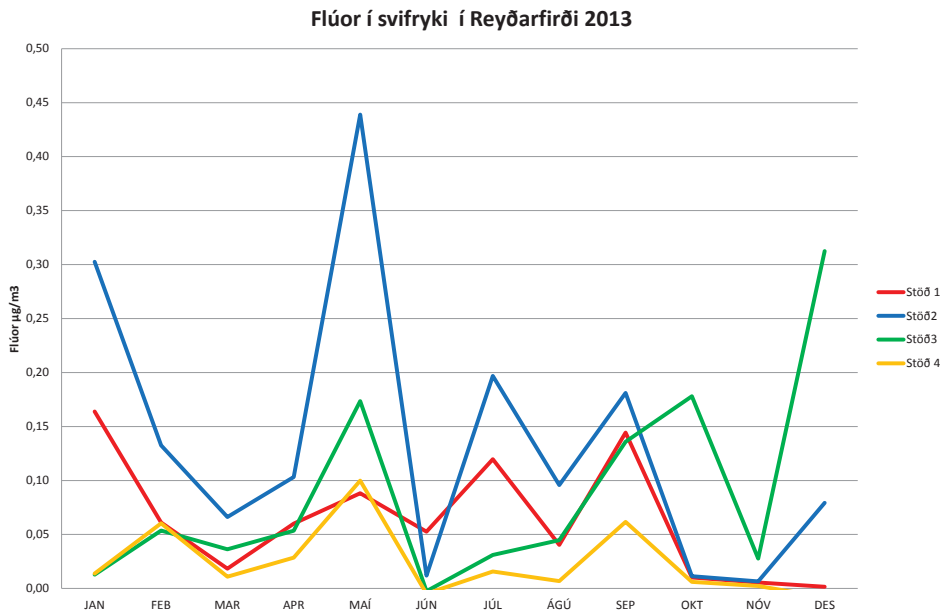
ii) Flúor í svifryki

Flúor í svifryki er mældur í svifrykssíum, en svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í svifryki, alls 48 mælingar árlega. Niðurstöður þessara mælinga má sjá í töflu 4 hér að neðan:

Tafla 4. Ársmeðaltöl og mæligildi flúors í svifryki í  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

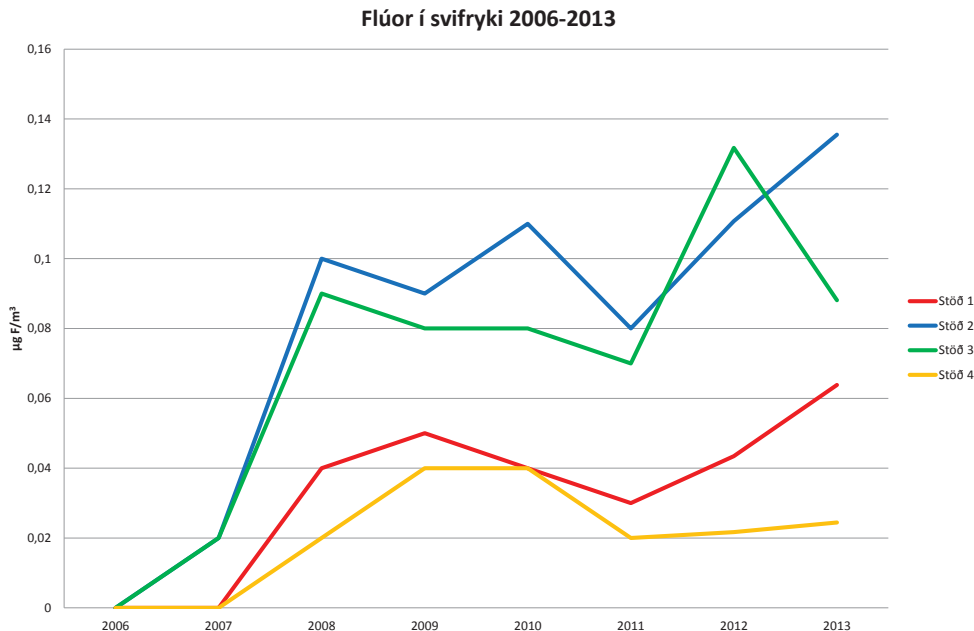
Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
<b>2006</b>	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
<b>2007</b>	≤ 0,01	0,02	0,02	≤ 0,01
<b>2008</b>	0,04	0,10	0,09	0,02
<b>2009</b>	0,05	0,09	0,08	0,04
<b>2010</b>	0,04	0,11	0,08	0,04
<b>2011</b>	0,03	0,08	0,07	0,02
<b>2012</b>	0,04	0,11	0,13	0,02
<b>2013</b>	0,06	0,14	0,09	0,02
<b>2013</b>				
<b>JAN</b>	0,16	0,30	0,01	0,01
<b>FEB</b>	0,06	0,13	0,05	0,06
<b>MAR</b>	0,02	0,07	0,04	0,01
<b>APR</b>	0,06	0,10	0,05	0,03
<b>MAÍ</b>	0,09	0,44	0,17	0,10
<b>JÚN</b>	0,05	0,01	0,00	0,00
<b>JÚL</b>	0,12	0,20	0,03	0,02
<b>ÁGÚ</b>	0,04	0,10	0,04	0,01
<b>SEP</b>	0,14	0,18	0,14	0,06
<b>OKT</b>	0,01	0,01	0,18	0,01
<b>NÓV</b>	0,01	0,01	0,03	0,00
<b>DES</b>	0,00	0,08	0,31	0,00





Mynd 13. Flúor í svifryki, allar stöðvar 2013.

Heildarmeðaltal flúors í svifryki í Reyðarfirði árið 2013 var  $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sem er mjög svipað og árið 2012 (Tafla 4 og Mynd 14). Mæligildi geta verið allbreytileg og rétt að geta þess að einungis er um að ræða mælingu einn dag í hverjum mánuði á hverri stöð. Til lengdar virðast meðaltöl vera um  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 2 og 3,  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 1 og  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 4 (Mynd 13). Þessu ber sémilega saman við mælingar á ryki safnað á síur, en þar liggja mun fleiri mælingar að baki, mæligildi eru mánaðarmeðaltöl daglegra mælinga en ekki stakar síur í hverjum mánuði.



Mynd 14. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2013.

### 2.3.5 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH)

Fjölhringa arómatísk vetniskolefni í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og flúor í svifryki, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á 6 daga fresti. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall ásamt coronen (OSPAR/ParCom) árin 2006-2009 og 2012 en PAH16 (EPA PAH16) árin 2009-2011 og svo aftur núna árið 2013. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Niðurstaða ársins 2013 var svipuð og fyrra árs eða ívið lægri. Þessi efni greindust í litlum mæli og mældust um 0,06 ng/m<sup>3</sup> á árinu 2013 að heildarmeðaltali en mældust 0,07 ng/m<sup>3</sup> á árinu 2012. Í ár mældist stöð 4 lægst en stöðvar 1-3 eilítið hærri, eins og undanfarin tvö ár.

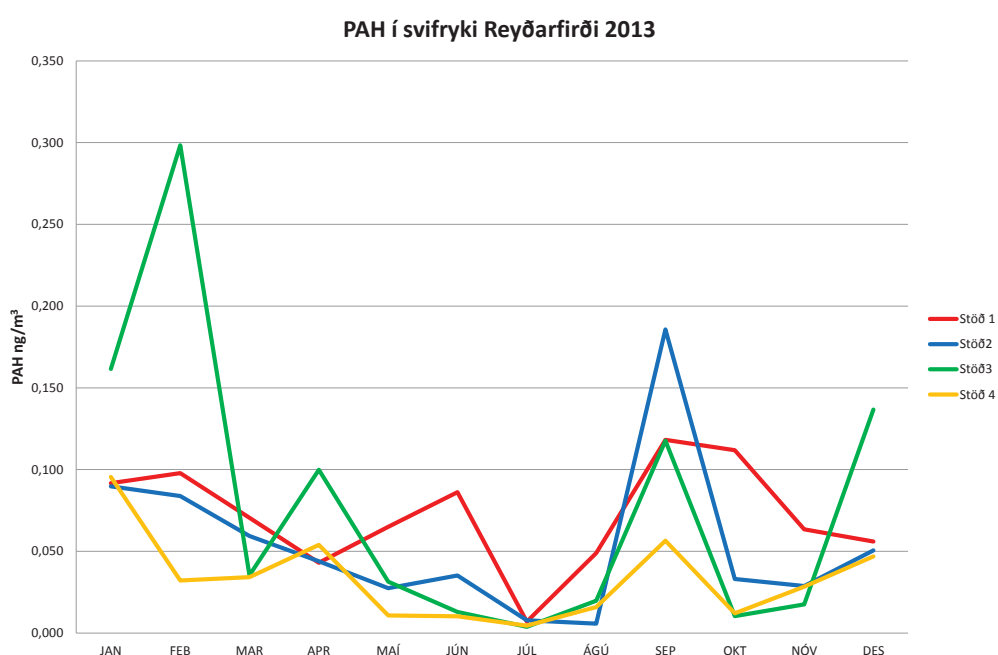
Tafla 5. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m<sup>3</sup>.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
<b>2006</b>	0,09	0,04	0,09	0,12
<b>2007</b>	0,36	0,17	0,14	0,33
<b>2008</b>	0,09	0,05	0,04	0,04
<b>2009</b>	0,06	0,09	0,07	0,07
<b>2010</b>	0,20	0,11	0,16	0,23
<b>2011</b>	0,17	0,08	0,12	0,05
<b>2012</b>	0,09	0,08	0,07	0,03
<b>2013</b>	0,07	0,05	0,08	0,03
<b>2013</b>				
<b>JAN</b>	0,09	0,09	0,16	0,10
<b>FEB</b>	0,10	0,08	0,30	0,03
<b>MAR</b>	0,07	0,06	0,04	0,03
<b>APR</b>	0,04	0,04	0,10	0,05
<b>MAÍ</b>	ES	0,03	0,03	0,01
<b>JÚN</b>	0,09	0,04	0,01	0,01
<b>JÚL</b>	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>ÁGÚ</b>	0,05	0,01	0,02	0,02
<b>SEP</b>	0,12	0,19	0,12	0,06
<b>OKT</b>	0,11	0,03	0,01	0,01
<b>NÓV</b>	0,06	0,03	0,02	0,03
<b>DES</b>	0,06	0,05	0,14	0,05

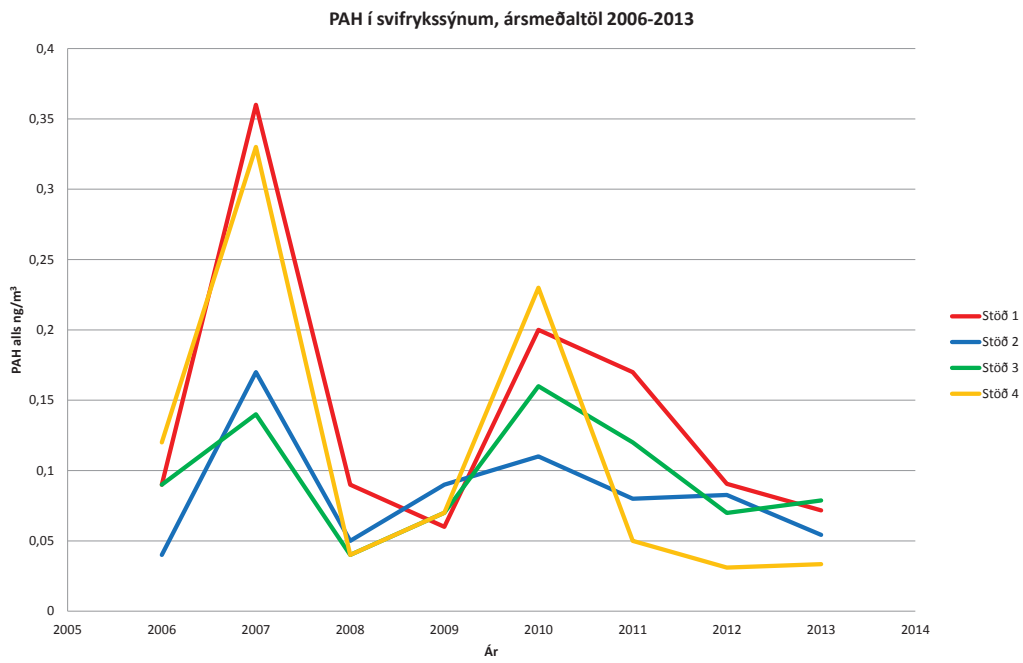
Mæligildi voru nokkuð breytileg. Í ár voru mæligildi heldur lægri yfir sumartímann, sem er í samræmi við tilhneingingu sem getur sést í mælingu á þessum efnum, en

niðurstöður virðast geta verið lægri að sumri en vetri vegna herra 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/m<sup>3</sup> skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi í ár voru vel undir þeim mörkum. BaP greinist í 14 síum af 44 og reiknuðust hæst 7. febrúar á stöð 3 eða 0,010 ng/m<sup>3</sup>, annars staðar voru gildin undir 0,002 ng/m<sup>3</sup>. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældist einnig lítið, hæsta gildið var 0,08 ng/m<sup>3</sup> á stöð 2 þann 7. september af benzó[b]flúoranten og benzó[j]flúoranten (mæld saman sem summa).



Mynd 15. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2013.



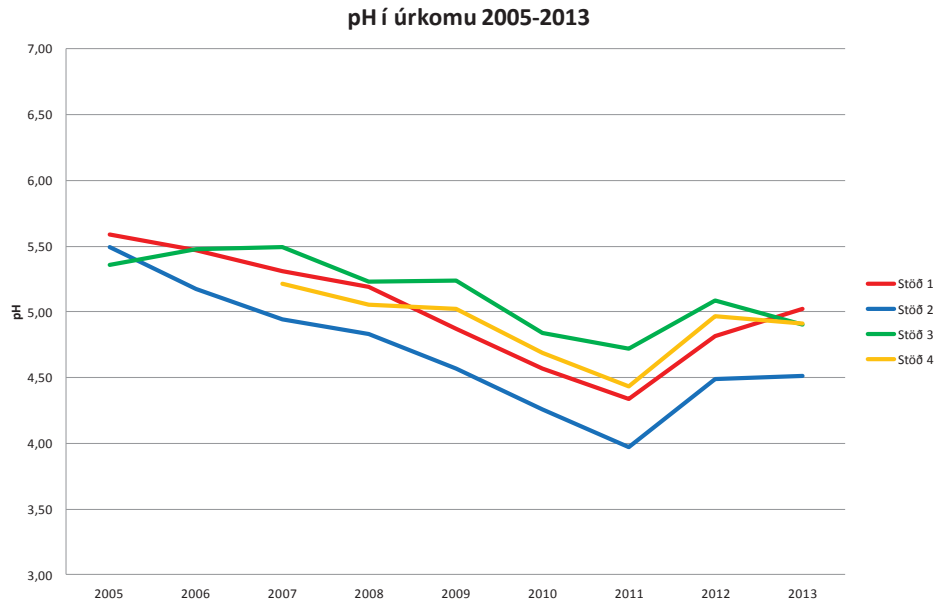
Mynd 16. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2013.

### 2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Meðaltöl áranna 2005-2013 fyrir pH og SO<sub>4</sub>-S í úrkomu má sjá í töflu 6.

Tafla 6. Efnainnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í mg/L (F, SO<sub>4</sub>-S) og einingalaust (pH).

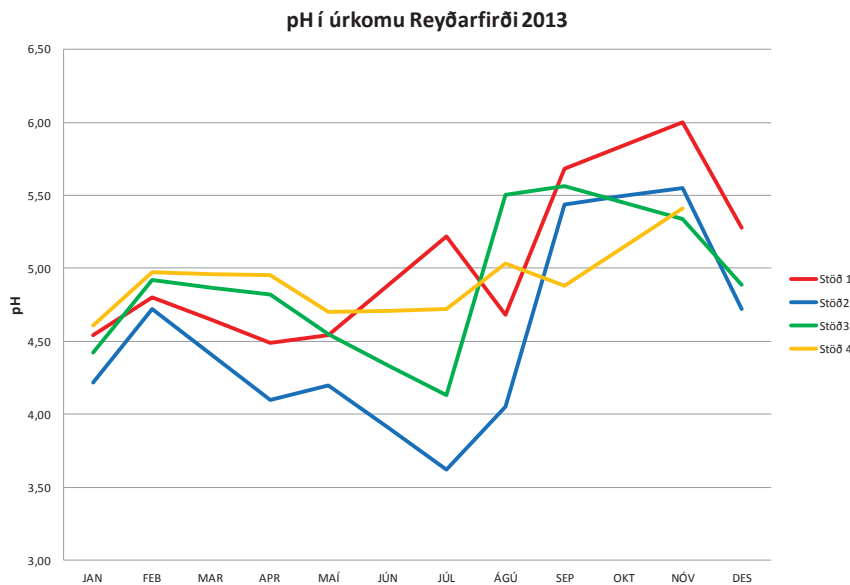
Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
<b>pH gildi</b>				
2005	5,59	5,49	5,36	
2006	5,47	5,17	5,48	
2007	5,31	4,94	5,49	5,21
2008	5,19	4,83	5,23	5,05
2009	4,87	4,57	5,24	5,02
2010	4,57	4,26	4,84	4,69
2011	4,34	3,97	4,72	4,43
2012	4,82	4,49	5,08	4,97
2013	5,03	4,51	4,90	4,91
<b>Súlfat-S</b>				
2006	0,39	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



Mynd 17. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2013.

### Sýrustig (pH)

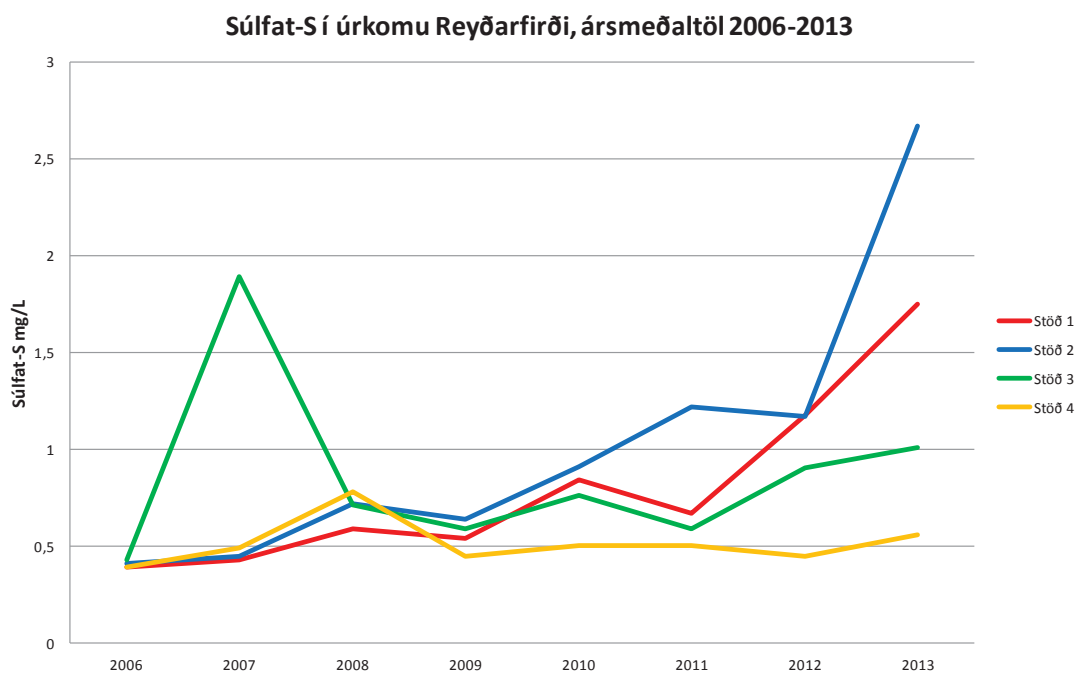
Sýrustig í úrkomu var svipað og árið á undan á flestum stöðvum (Mynd 17). Nokkur súrnun í úrkomu hefur átt sér stað á síðustu árum og raunar verið nokkuð viðvarandi frá upphafi rekstrar álversins. Það er líklegt að þetta tengist auknum styrk brennisteinstvíoxíðs og koltvíoxíðs. Breytingarnar eru nokkuð skýrar og súrnunin er um 0,5-1 pH stig frá upphafi.



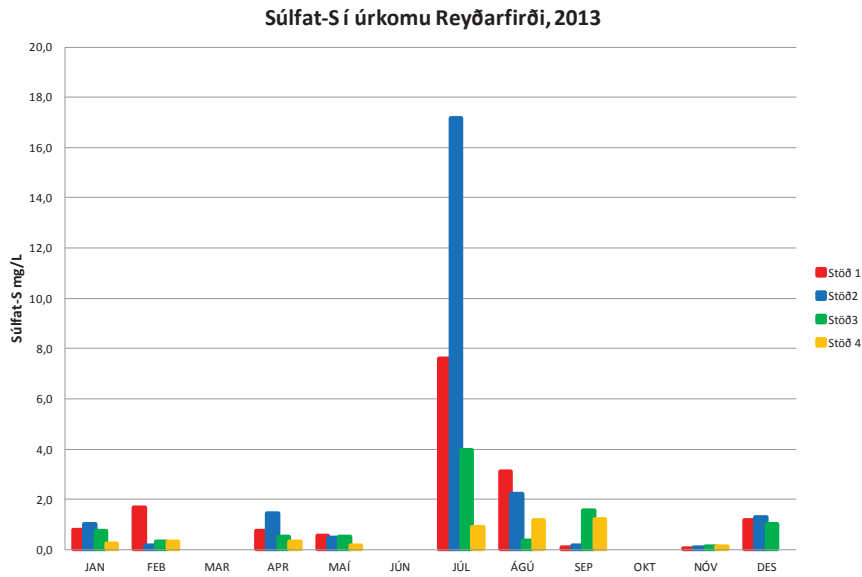
Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2013.

## Brennisteinn

Brennisteinn í úrkomu hækkaði nokkuð að meðaltali í ár (Tafla 6 og Mynd 19). Meðalgildi eru reiknuð sem meðaltal styrks í hverjum mánuði. Árið 2013 einkenndust niðurstöður af mjög háu gildi sem mældist í júlí, þegar úrkoma var annars mjög lítil. Hærra meðaltal segir því ekki nákvæmlega til um áfall súlfats í heildina. Undanfarin tvö ár hafa einkennt af þurrviðri yfir sumartímann og því eru hærri meðaltöl frekar vísbending um minni úrkomu en aukið áfall súlfats. Hægt er að reikna vegið meðaltal m.t.t. úrkomumagns og þá fæst að aukning áfalls miðað við árið 2012 er um 6%, en einfalda meðaltalið hækkar um 50% milli ára.



Mynd 19. Súlfat-S í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2013.



Mynd 20. Súlfat-S í úrkomu, allar stöðvar 2013.

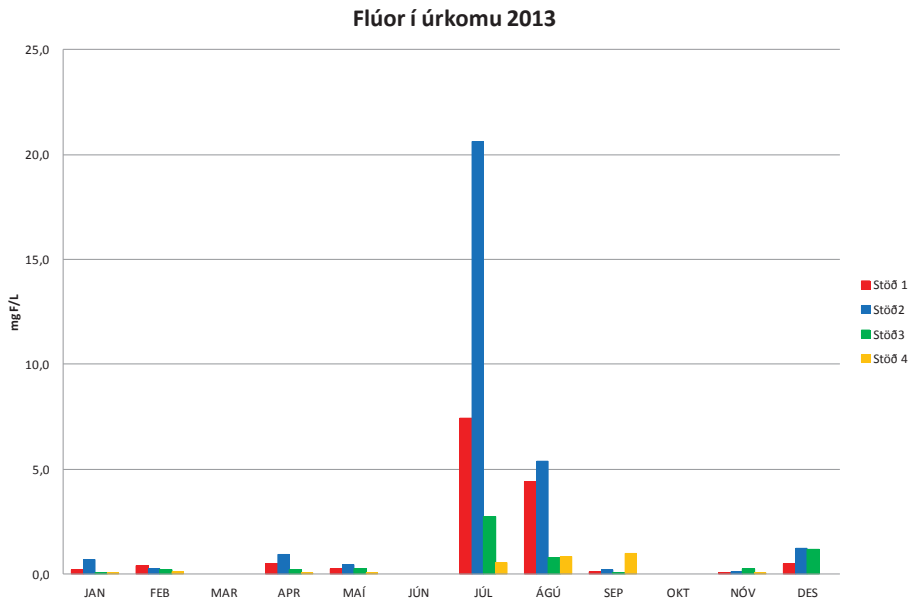
### Flúor

Flúorgildi í úrkomu hækkuðu verulega að meðaltali annað árið í röð. Tveir mánuðir, júlí og ágúst mældust sérstaklega háir, en úrkomusýni fengust ekki í mars, júní eða október. Það má annars segja það sama um þessi mæligildi og um súlfat, að niðurstöður markast nokkuð af háum gildum mánaða þegar úrkoma er annars lítil og eru ekki góður mælikvarði á aukið áfall af flúor. Hins vegar komu líka fram hærri gildi aðra hluta ársins þegar úrkoma var meiri og ef reiknað er vegið meðaltal m.t.t. úrkomumagns þá virðist áfall flúors í úrkomunni í heild hafa aukist um 60% miðað við árið 2012 sem er svipuð hækkun og á einfalda meðaltalinu (Tafla 7, Mynd 21 og Mynd 22).

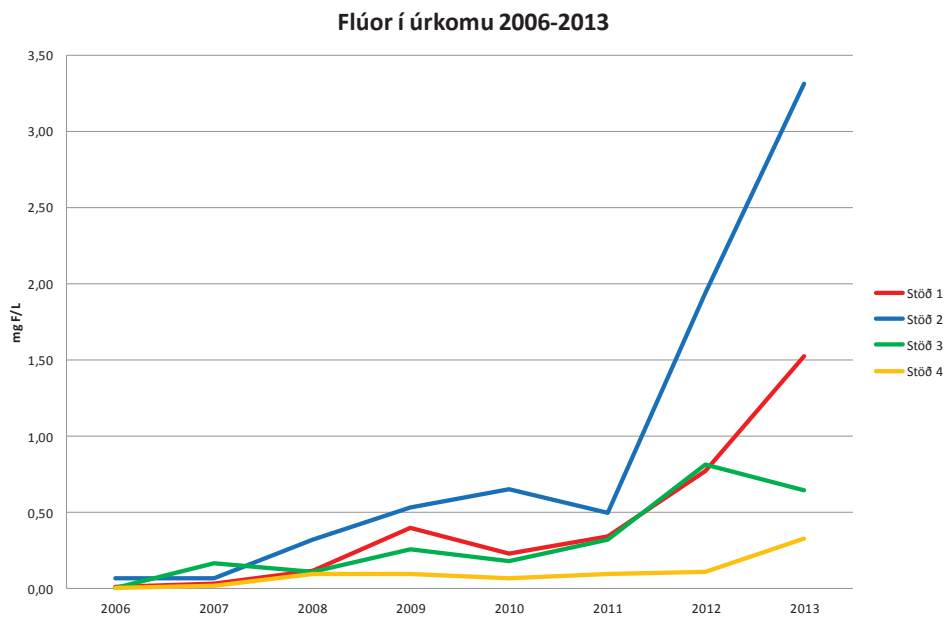


Tafla 7. Árs og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í mg/L. Engin úrkoma mældist í mars, júní og október.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
<b>2006</b>	0,01	0,07	0,01	0,00
<b>2007</b>	0,03	0,07	0,17	0,02
<b>2008</b>	0,12	0,32	0,11	0,10
<b>2009</b>	0,40	0,53	0,26	0,10
<b>2010</b>	0,23	0,65	0,18	0,07
<b>2011</b>	0,34	0,50	0,32	0,10
<b>2012</b>	0,77	1,94	0,81	0,11
<b>2013</b>	1,53	3,31	0,64	0,33
<b>2013</b>				
<b>JAN</b>	0,19	0,70	0,08	0,02
<b>FEB</b>	0,40	0,23	0,21	0,09
<b>MAR</b>				
<b>APR</b>	0,47	0,94	0,20	0,07
<b>MAÍ</b>	0,23	0,43	0,26	0,05
<b>JÚN</b>				
<b>JÚL</b>	7,42	20,60	2,74	0,53
<b>ÁGÚ</b>	4,40	5,38	0,80	0,85
<b>SEP</b>	0,08	0,19	0,08	1,00
<b>OKT</b>				
<b>NÓV</b>	0,05	0,11	0,24	0,03
<b>DES</b>	0,48	1,24	1,19	



Mynd 21. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2013.



Mynd 22. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2013.

## 3 Gróður

### 3.1 Inngangur

#### 3.1.1 Flúor og gróður

Flúor er almennt talin vera ein skaðlegasta lofttegundin frá álverum fyrir gróður og búfénað (Weinstein 1983). Dreifing og þynning flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni. Hvas vindur getur aukið þynningu loftborins flúors hratt á meðan sólríkir og lygnir dagar geta valdið því að plöntur verða fyrir miklum staðbundnum mengunaráhrifum í skamman tíma (Weinstein og Davison 2004). Dreifing flúors er misjöfn eftir því hvort um flatlendi, dali eða firði er að ræða. Flúor sem berst út í andrúmsloftið í dölum og fjörðum getur borist lengra heldur 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 ryks) sest á yfirborð gróðurs í umhverfinu. Það veldur alla jafna ekki eitunáhrifum í plöntum fyrr en það berst til innri vefja plöntunnar í gegnum loftaugu á laufblöðum sem stjórna loftskiptum. Inni í plöntunni leysist flúorið upp í vatni og ferðast með því að jöðrum laufblaðanna og safnast þar fyrir. Þetta veldur miklum breytileika í styrk flúors innan eins laufblaðs og skýrir sýnileg einkenni flúorskemmda í gróðri (Weinstein og Davison 2004).

Uptaka flúors er háð því hversu stór loftgötin eru og hversu mikið þau eru opin. Loftgötin 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. Þá er breytilegt eftir tegundum hversu stór götin eru og hvernig þau opnast. Ólíkar tegundir geta því vaxið á sama stað og ein sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni (Weinstein og 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 og 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 getur frostþol plantna minnkað á menguðum svæðum vegna breytinga í vaxtaferli sem leiðir til gróðurskemmda á birki og reyni við uppsöfnun 100 µg/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 þekkta er líklegast te. En algengar tegundir tes innihalda frá 70-350 µg/g í þurrvigt. Íslenskur rabarbari virðist líka taka upp flúor úr jarðvegi og safnast hann fyrir í blöðum (Davison & Weinstein 2006 og Vike 2005).

Styrkur flúors í blöðum virðist aukast eftir því sem líður á vaxtartíma plöntunnar. Þegar haustar visna lafin. Við það flyst flúor í jarðveginn þar sem það binst áli og kalsíum (Weinstein og Davison 2004).

Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómenguðu 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 og 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 og Davison 2004). Niðurstöður rannsókna í Reyðarfirði undanfarin ár styðja það þar sem styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hefur mælst hár, en styrkur flúors í berjum og stilkum er alla jafna minni en 5 µg/g (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl. 2013, 2012, Kristín Ágústsdóttir o.fl. 2011, Davison o.fl. 2010 og 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 og Håbjorg 1995). Þar af leiðandi getur styrkur flúors í gróðri mælst lægri eftir rigningu. Í Viðauka 6 eru veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2013.

Almennt séð má segja að styrkur flúors í grasi endurspegli veðurfar og magn loftborins flúors dagana á undan sýnatöku á grasi. Þess vegna er mikilvægt að safna grassýnum oft en t.d. furunálum og öðrum gróðursýnum (Weinstein og Davison 2004, Franzaring o.fl. 2007).

### 3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef það fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki á eitt sammála um hvað séu æskileg viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir einstakar dýrategundir. En þó er vitað að hættan á flúoreitrun er breytileg eftir aldri, tegund dýra og ástandi þeirra (Sigurður Sigurðarson, ekkert ártal, Weinstein og Davison 2004).

Á Íslandi er í gildi reglugerð sem segir til um hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfénað miðað við 12% rakainnihald. Hámarksgildi heilfóðurs fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé eru 50 µgF/g en 30 µgF/g ef dýrin eru mjólkandi (Reglugerð nr. 340/2001). Mörkin í heilfóðri (e. complete feed) eru miðuð við mæld gildi í fóðurbliöndunni sem gefin er (Þuríður E. Pétursdóttir 2012). 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 viðmið reglugerðar nr 340/2001 þarf því að umreikna viðmið hennar. Umreiknuð hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfénað miðað við 0% rakainnihald eru: a) 56,8 µgF/g fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en 34,1 µgF/g ef dýrin eru mjólkandi og b) 170,5 µgF/g fyrir hross.

Í reglugerðinni sem er í gildi 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 og 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 Efnagreiningar á gróðri

Sýnataka á gróðri og fjöldi sýna árið 2013 var með sama hætti og árið 2012 að undanskildum breytingum á fjölda sýnatökustaða á grasi (Mynd 1, bls. 11). Vegna hækkaðra flúorgilda í grasi sumarið 2012 var sett fram ný sýnatökuáætlun með 34 sýnatökupunktum. Þessi breyting var gerð til að fá betri mynd af dreifingu flúors í grasi þar sem má eiga von á að búfánaður sé á beit. Þar sem ekki var komið formlegt samþykki fyrir endurbættri sýnatökuáætlun sumarið 2013 þegar sýnatökur hófust var ákveðið að mæla flúor í öllum sýnatökupunktum, samtals 41. Sýnatökustöðum var aðallega fjölgað í botni Reyðarfjarðar (Mynd 1).

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). Rabarbari, kartöflur og grænmeti var skolað fyrir efnagreiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi og rabarbara eru sýndar sem meðaltal sex mælinga ± staðalskekkja (SE). Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatökufærð. Í Viðauka 6 eru veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2013.

Parað t-próf (e. Paired t-test) var notað til þess að greina hvort tölfræðilega marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli árána 2012 og 2013. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með lógaritma væri þess þörf.

Við kortlagningu á dreifingu styrks flúors í grasi var meðaltalsgildum skipt í fjóra flokka til að gera betur grein fyrir mögulegum áhrifum á grasbíta:

- <20 µg/g flúor.
- 20-39 µg/g flúor.
- 40-60 µg/g flúor.
- >60 µg/g flúor.

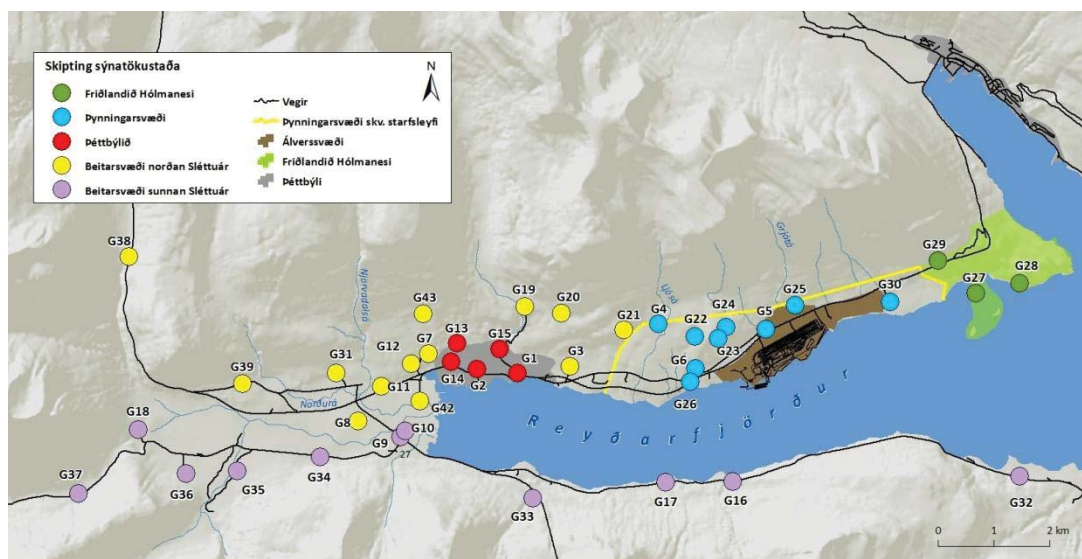
Þessi flokkun var einnig notuð við kortlagningu á styrk flúors í öðrum gróðri.

### 3.2.1 Gras

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega á 41 sýnatökustað sumarið 2013. Alls var 246 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnasöfnun fór fram dagana 4-5. júní, 19-20. júní, 9-10. júlí, 22-23. júlí, 6-7. ágúst og 20-21. ágúst.

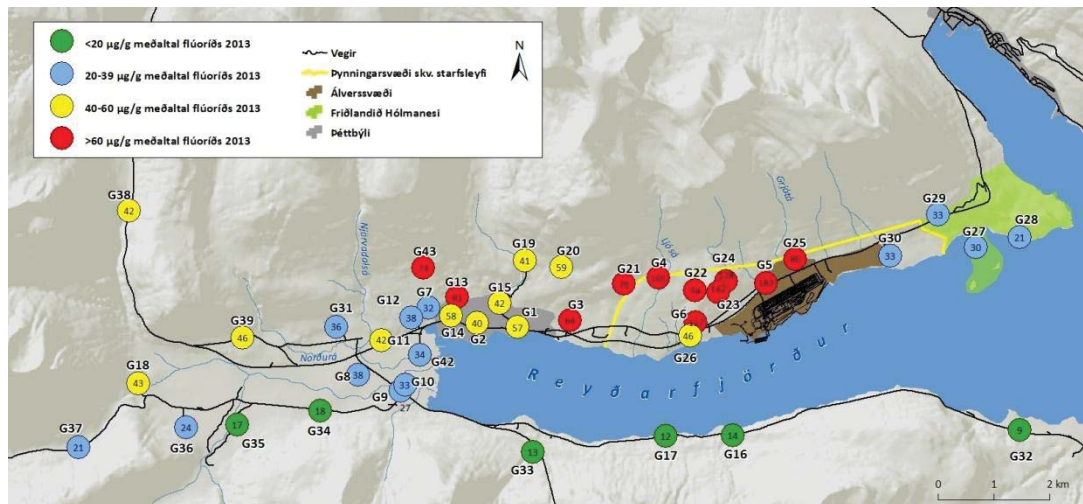
Sýnatökustöðum á grasi var skipt í fimm svæði til að fá betri mynd af ólíkum styrk flúors eftir svæðum (Mynd 23):

1. Innan opinbers þynningarsvæðis skv. starfsleyfi. Samtals 9 sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi samtals 3 sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals 5 sýnatökustaðir.
4. Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 13 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 11 sýnatökustaðir.



Mynd 23. Sýnatökustaðir grass og skipting eftir svæðum (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Meðalstyrkur flúors í grasi á einstökum mælistöðum í Reyðarfirði mældist frá 9-183  $\mu\text{g/g}$  sumarið 2013. Dreifingarmynstur flúors var með svipuðum hætti og undanfarin ár og dreifðist flúor undan ríkjandi vindátt en innlögn vinds var ríkjandi yfir sumarmánuðina árið 2013. Styrkurinn var hæstur næst álverinu og vestan við það. Nokkuð hátt meðaltalsgildi mældist þó í grasi á sýnatökustað (G38) sem er í Fagradal, eða 42  $\mu\text{g/g}$  og er ljóst að flúor getur borist nokkuð langt frá upptökum. Grassýni sem tekin voru sunnan álvers mældust með lægri styrk flúors heldur en sýni sem tekin voru vestan og austan álvers (Mynd 24).



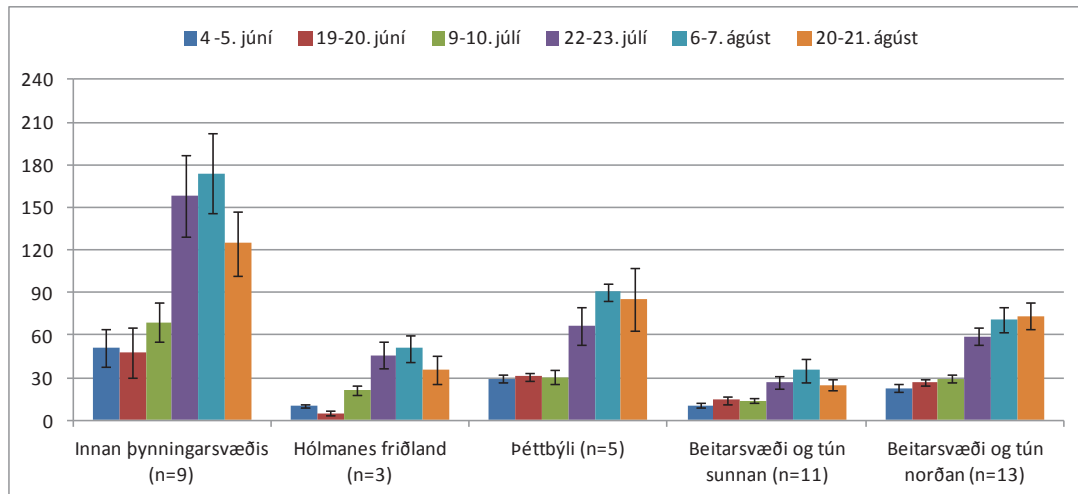
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum sumarið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Talið er að ef styrkur loftborins flúors sé á bilinu  $0,2-0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geti flúor í laufblöðum mælst allt frá 30 til  $100 \mu\text{g}/\text{g}$  (Ongstad o.fl. 1994). Mánaðarmeðaltal loftborins flúors sumarið 2013 í Reyðarfirði fór aldrei yfir viðmiðunarmörk utan þynningarsvæðis samkvæmt starfsleyfi.

Veruleg hækkun varð á meðalstyrk flúors í grasi seinnipart júlí og kemur sú hækkun fram á öllum svæðum (Mynd 25). Hækkunina má rekja til hækkaðra gilda á loftbornu flúoríði í júní og júlí (Tafla 3) sem og lítillar úrkomu og hlýinda sumarið 2013 í Reyðarfirði. Á flestum svæðum var styrkur flúors í grasi hæstur í byrjun ágúst. Lægri styrkur mældist í sýnamengjum sem tekin voru í júní og byrjun júlí (Mynd 25).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í grasi frá júní til ágúst mældist innan þynningarsvæðis skv. starfsleyfi álversins, eða 51 til  $174 \mu\text{g}/\text{g}$ . Meðalstyrkur flúors á beitarsvæðum og túnum norðan Sléttuár mældist um og undir  $30 \mu\text{g}/\text{g}$  í júní og byrjun júlí. Styrkurinn hækkaði verulega í fyrri sýnatökunni í júlí og hélt áfram að hækka þegar leið á sumarið. Hæst mældist styrkurinn  $74 \mu\text{g}/\text{g}$  í síðari sýnatökunni í ágúst. Meðalstyrkur flúors mældist talsvert lægri á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar. En líkt og á öllum svæðum hækkaði styrkurinn verulega í júlí, eða úr  $14 \mu\text{g}/\text{g}$  í fyrri hluta mánaðarins upp í  $27 \mu\text{g}/\text{g}$  í síðari hluta mánaðarins. Styrkurinn fór hæst í  $36 \mu\text{g}/\text{g}$  í byrjun ágúst en lækkaði síðan niður í  $25 \mu\text{g}/\text{g}$  í síðari sýnatökunni í ágúst. Meðalstyrkur flúors í friðlandinu á Hólmanesi mældist frá 5 til  $51 \mu\text{g}/\text{g}$  (Mynd 23 og Mynd 25).





Mynd 25. Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði sumarið 2013, skipt upp eftir staðsetningu sýnatökustaða og dagsetningu sýnatöku.

Ársmeðaltal flúors í grasi á öllum sýnatökustöðum utan þýningarsvæðis var 38 µg/g árið 2013. Eins og áður segir var sýnatökustöðum fjölgað utan þýningarsvæðis milli ára og er ársmeðaltal flúors í grasi því ekki fullkomlega samanburðarhæft við önnur ár. Ársmeðaltal flúors í grasi á níu sýnatökustöðum innan þýningarsvæðis álversins var nokkuð hærra árið 2013 heldur en árið 2012, eða 104 µg/g á móti 85 µg/g, en munurinn reyndist ekki marktækur ( $P=0,298$ ) (Tafla 8).

Tafla 8. Ársmeðaltal flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi utan og innan þýningarsvæðis í Reyðarfirði frá árinu 2004-2013.

	Ár								
	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Fjöldi sýnatökustaða	n=30								
Flúor (µg/g) utan þýningarsvæðis	3,4	5,7	6,0	21,6	24,8	31,3	12,1	52,3	37,7
Flúor (µg/g) Innan þýningarsvæðis	3,2	5,0	7,9	41,4	44,1	50,5	28,1	85,2	104,2
<b>Ársmeðaltal flúors (µg/g)</b>	<b>3,3</b>	<b>5,5</b>	<b>6,5</b>	<b>27,5</b>	<b>30,6</b>	<b>37,1</b>	<b>16,9</b>	<b>62,2</b>	<b>52,3</b>

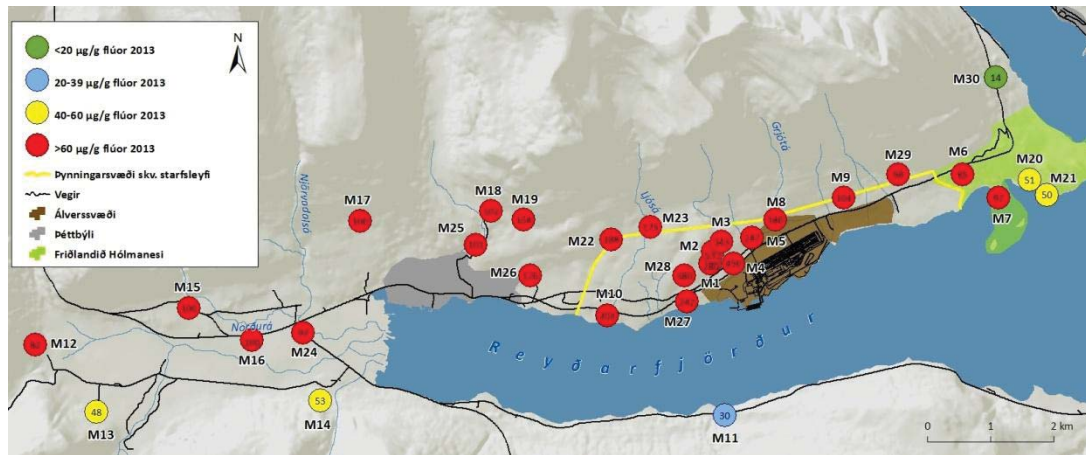
Niðurstöður mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2013 er að finna í Viðauka 5.

### 3.2.2 Mosa

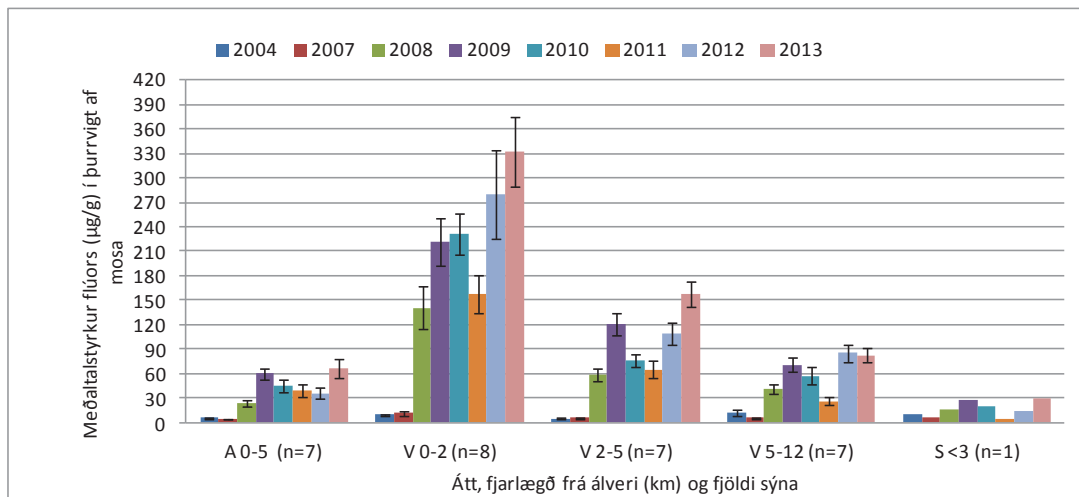
Mosa (*Racomitrium spp.*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 12. 13. 14. og 21. ágúst 2013 (Mynd 26) Flúor var mælt í öllum sýnum.

Styrkur flúors í mosa mældist frá 14-537 µg/g og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin voru að mælast innan þýningarsvæðis álversins en styrkurinn féll nokkuð hratt í vestur frá álverinu. Þrátt fyrir það var styrkur flúors í 5-12 km fjarlægð vestan álvers nokkuð hár, eða allt að 100 µg/g. Mun lægri gildi voru að mælast sunnan álversins, eða allt að sexfalt lægri heldur en meðaltal gilda í 0-2 km fjarlægð vestan álvers. Nokkuð há gildi voru einnig að mælast austan álversins (Mynd 26 og Mynd 27).



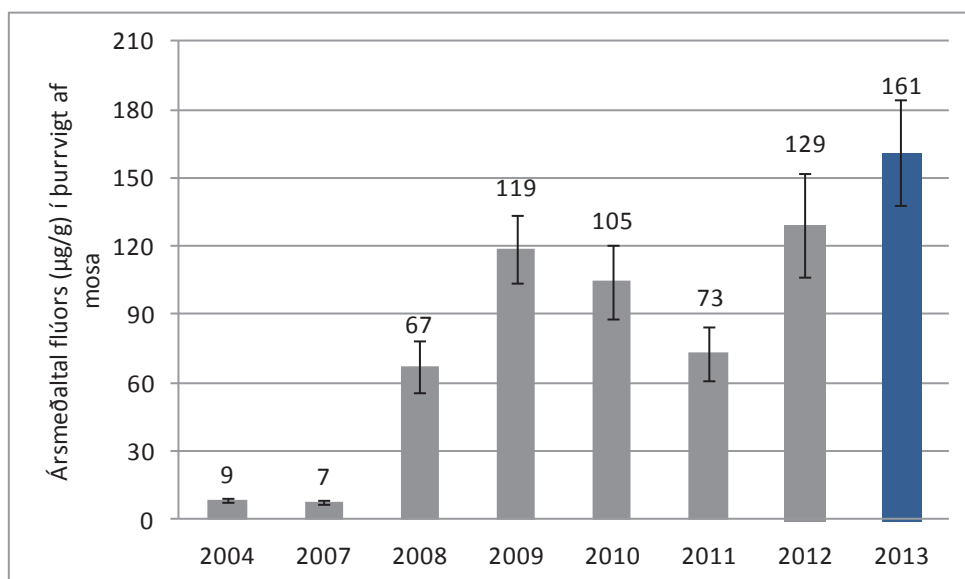


Mynd 26. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).



Mynd 27. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.

Ársmeðaltal flúors í mosa árið 2013 mældist 161 µg/g og var styrkurinn marktækt hærri heldur en árið 2012 ( $P < 0,001$ ). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því að álverið hóf starfsemi (Mynd 28).



Mynd 28. Ársmeðaltal flúors í mosa (ásamt staðalskekku) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 30 sýnum ár hvert.

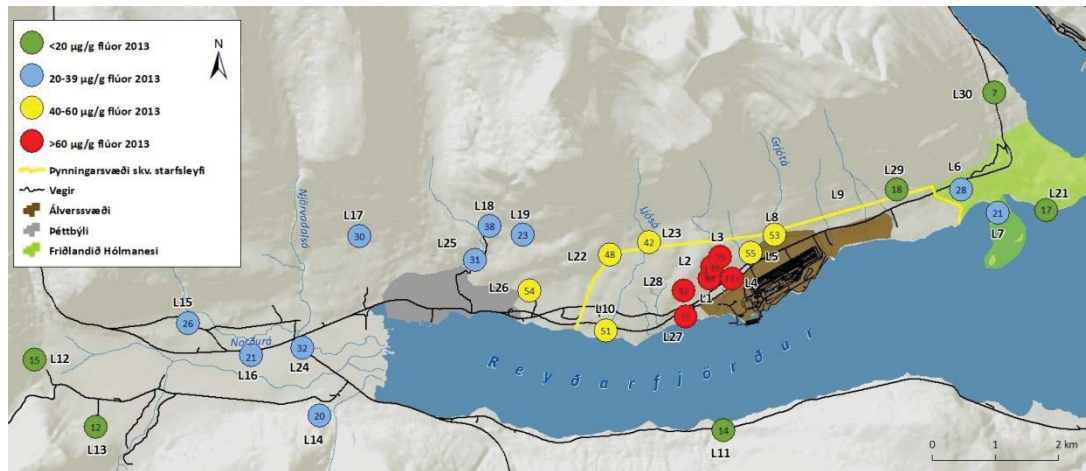
Mosar eru frábrugðnir háplöntum á þann hátt að þeir hafa mun lægra hlutfall yfirborðs og þyngdar sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi. Þá skortir mosa loftgöt til að stýra upptöku og losun og því getur styrkur flúors orðið mjög hár í mosum.

Niðurstöður mælinga á flúor í mosa fyrir árið 2013 er að finna í Viðauka 7.

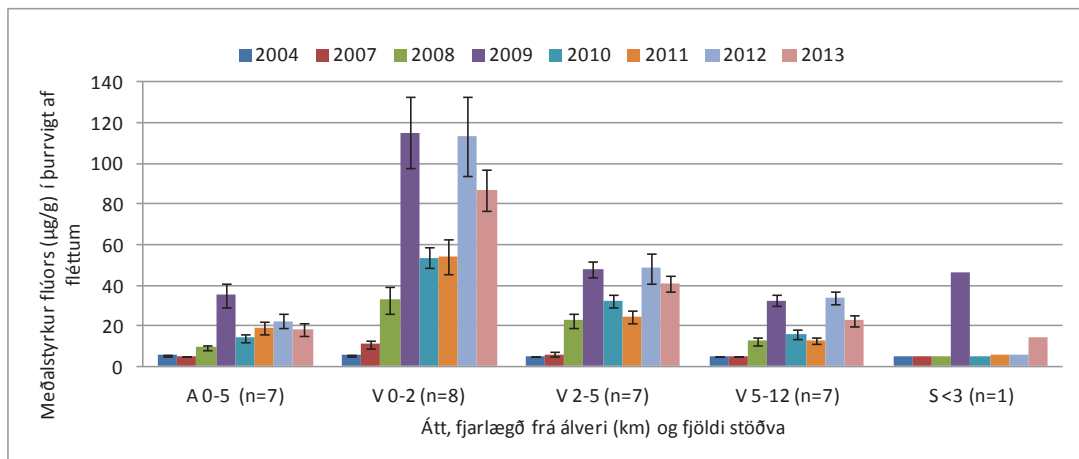
### 3.2.3 Fléttur

Fléttum (*Cladonia arbuscula*) var safnað einu sinni á 28 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 12. 13. 14. og 21. ágúst 2013, á sama tíma og bláberjalyngi og mosa (Mynd 29). Ekki var unnt að safna sýnum á sýntökustöðum L9 og L20 þar sem þar var engar fléttur að finna. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 7-137 µg/g og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin voru að mælast í 0-2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða 53-137 µg/g en styrkurinn féll nokkuð hratt þegar vestar dró og voru sýni í 2-5 km fjarlægð frá álveri að mælast með helmingi lægri gildi en í 0-2 km fjarlægð eða frá 23-54 µg/g. Mun lægri gildi voru að mælast austan og sunnan við álverið (Mynd 29 og Mynd 30).



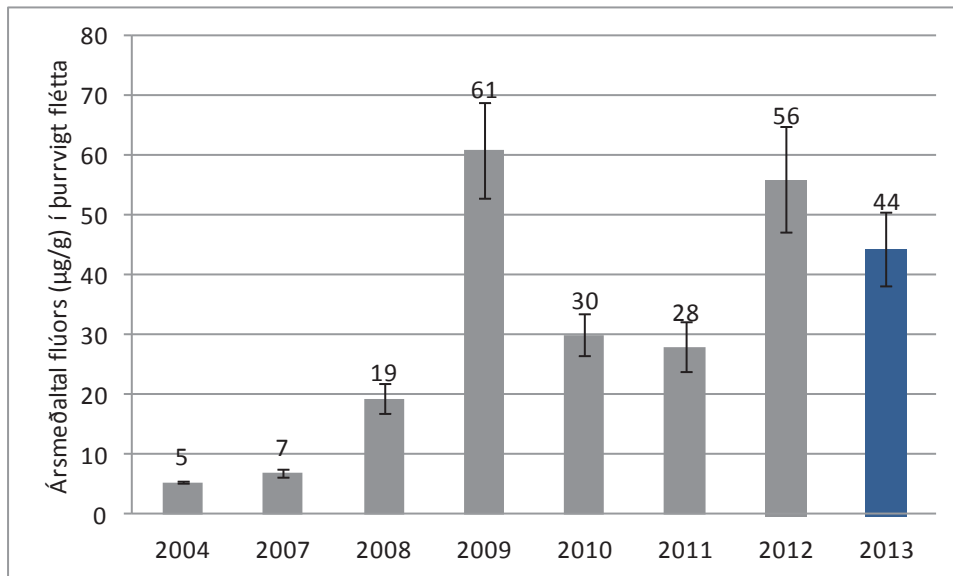
Mynd 29. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (@Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).



Mynd 30. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.

Ársmeðaltal flúors í fléttum mældist 44 µg/g árið 2013 og var styrkurinn marktækt lægri heldur en árið 2012 ( $P=0,01$ ). Líkt og í mosanum þá hefur styrkur flúors hækkað verulega frá bakgrunnsgildum (2004) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 31).

Niðurstöður mælinga á flúor í fléttum fyrir árið 2013 er að finna í Viðauka 7.

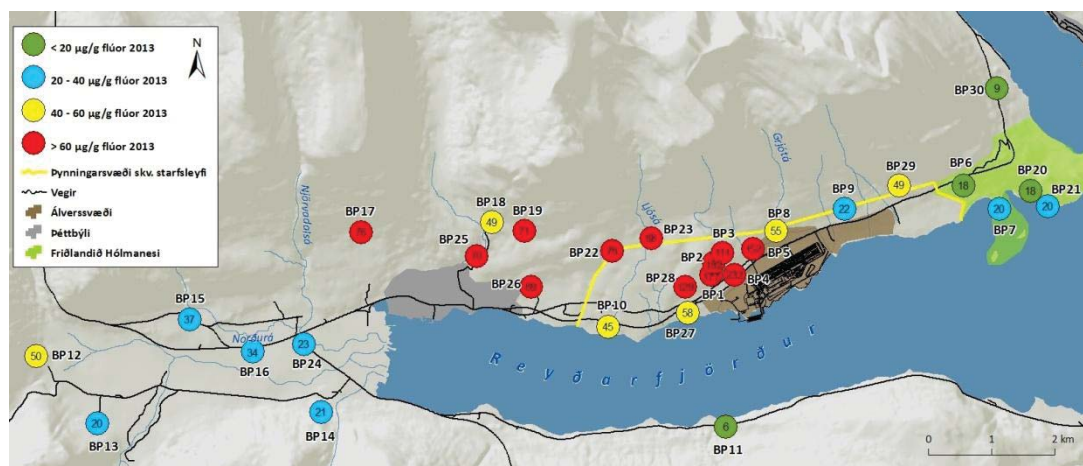


Mynd 31. Ársmeðaltal flúors í fléttusýnum (ásamt staðalskekku) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 28-30 sýnum ár hvert.

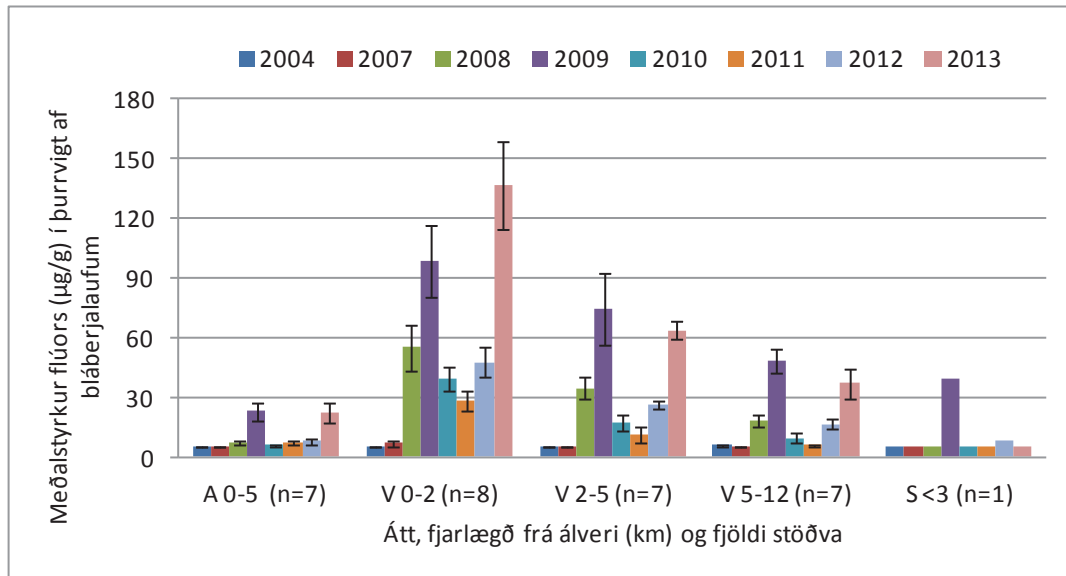
### 3.2.4 Bláberjalyng

Blöðum bláberjalyngs (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 12. 13. 14 og 21. ágúst 2013, á sama tíma og fléttum og mosa (Mynd 32). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 6-232 µg/g. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróðursýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og féll styrkurinn til vesturs og austurs. Lægsti styrkurinn mældist á sýnatökustað BP11 sem er sunnan fjarðar (Mynd 32 og Mynd 33).



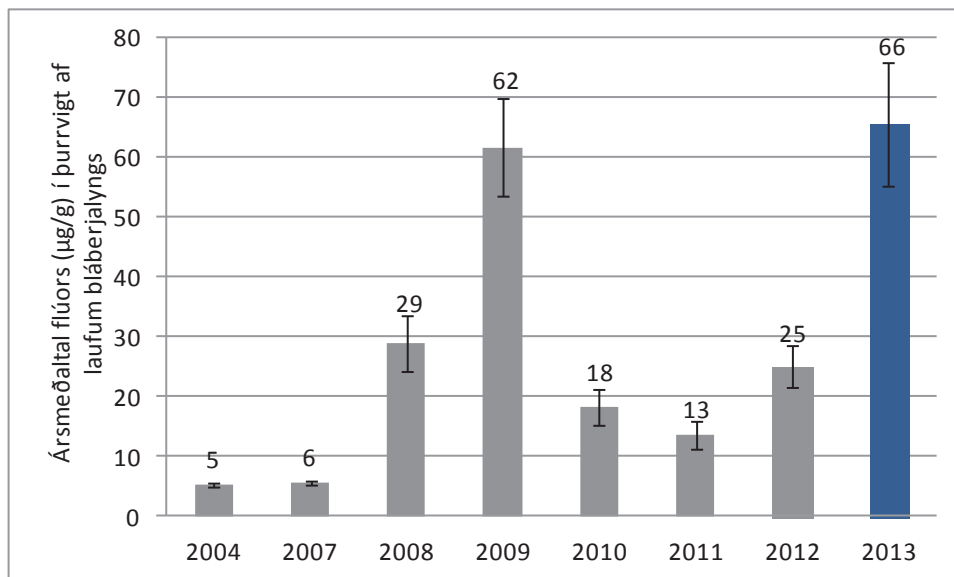
Mynd 32. Sýnatökustaðir bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).



Mynd 33. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2013. 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.

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalyngs árið 2013 mældist 66 µg/g sem er svipað og meðaltalið árið 2009. Styrkurinn var ríflega tvöfalt hærri en árið 2012 og var um marktæka breytingu til hækkunar að ræða ( $P < 0,001$ ) (Mynd 34).

Niðurstöður mælinga á flúor í laufum bláberjalyngs árið 2013 er að finna í Viðauka 7.

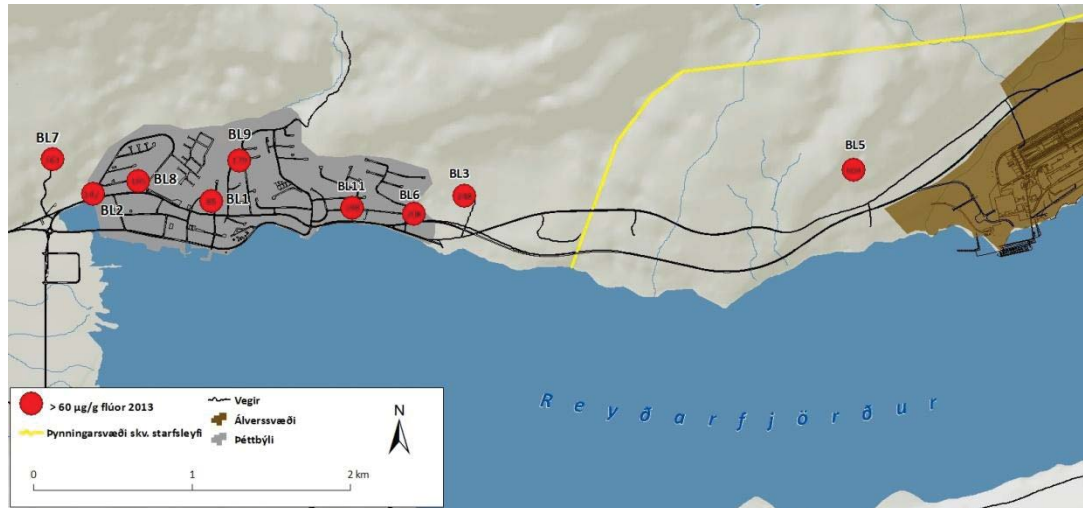


Mynd 34. Ársmeðaltal flúors í bláberjalyngi (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 30 sýnum ár hvert.

### 3.2.5 Reyniviður

Einu sýni af blöðum reynitrjáa (*Sorbus sp.*) var safnað á níu sýnatökustöðum 27. ágúst 2013 (Mynd 35).

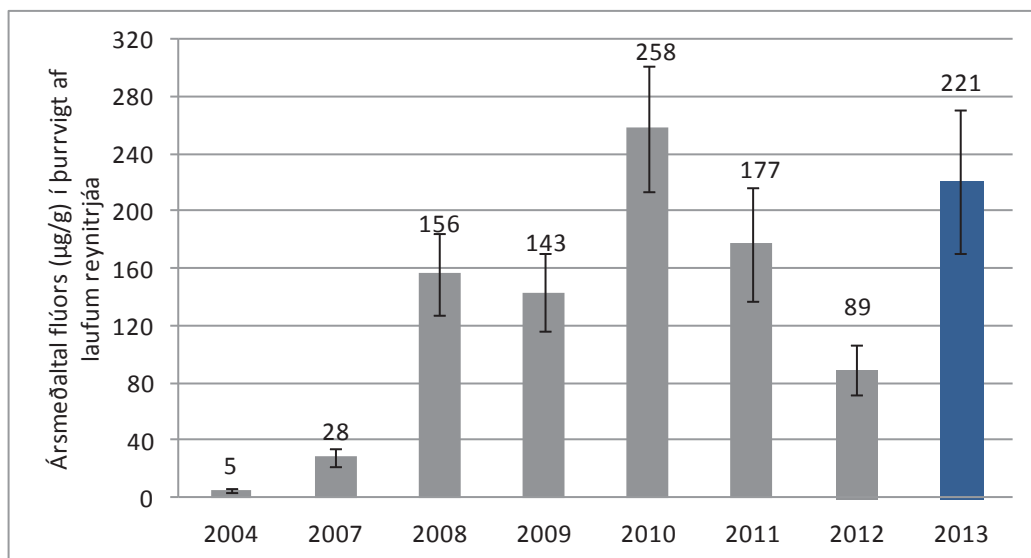
Styrkur flúors í reynivið mældist frá 85-604  $\mu\text{g/g}$  og mældust hæstu gildin næst álverinu á sýnatökustöðum BL5, sem er í skógræktarreit rétt ofan álversins og BL3 sem er staðsettur á Teigagerði. Lægsta gildið mældist í sýni BL1, 85  $\mu\text{g/g}$  en hann er í þéttbýlinu á Reyðarfirði (Mynd 35).



Mynd 35. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lafi í ágúst 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Ársméðaltal flúors í reynilaufum var marktækt hærra árið 2013 en 2012, eða 221  $\mu\text{g/g}$  á móti 89  $\mu\text{g/g}$  ( $P=0,003$ ). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því að álverið hóf rekstur, en styrkurinn er líkt og í öðrum gróðri nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 36).

Í viðauka 8 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reyniviðs á öllum sýnatökustöðum árið 2013.



Mynd 36. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2013.



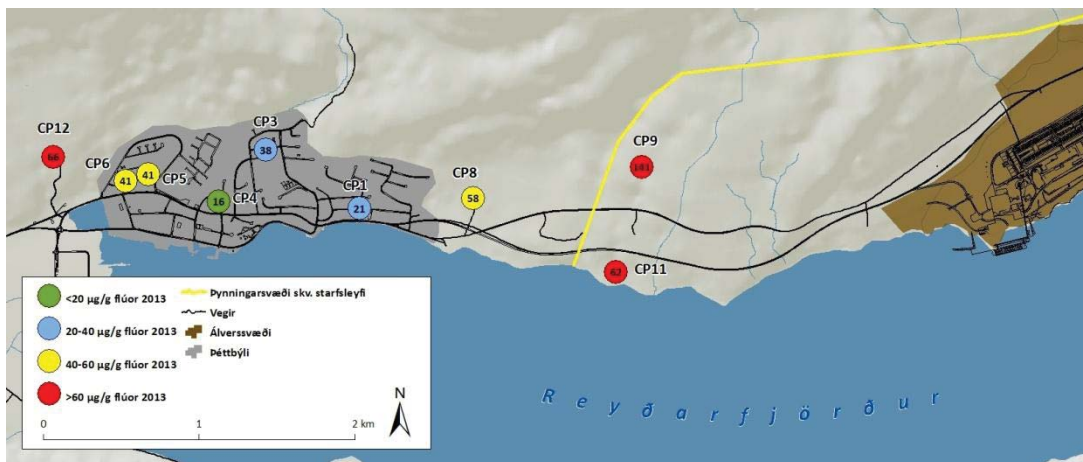
### 3.2.6 Barrnálar

Tveimur sýnum af barrnállum var safnað á níu söfnunarstöðum þann 4. nóvember 2013. Annars vegar var safnað nývöxnum nálum (frá 2013, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið á undan (frá 2012, táknað CP). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Styrkur flúors í nývöxnu barri mældist frá 6  $\mu\text{g/g}$  til 37  $\mu\text{g/g}$ . Dreifingarmynstur flúors í barrnállum sumarið 2013 var með svipuðu móti og árið 2012. Hæstu gildin mældust rétt vestan álvers, á sýnatökustað CN9 og CP9. Styrkur flúors lækkaði í þéttbýlinu en hækkaði svo aftur í vestasta hluta þess og við Kollaleiru (Mynd 37 og Mynd 38).



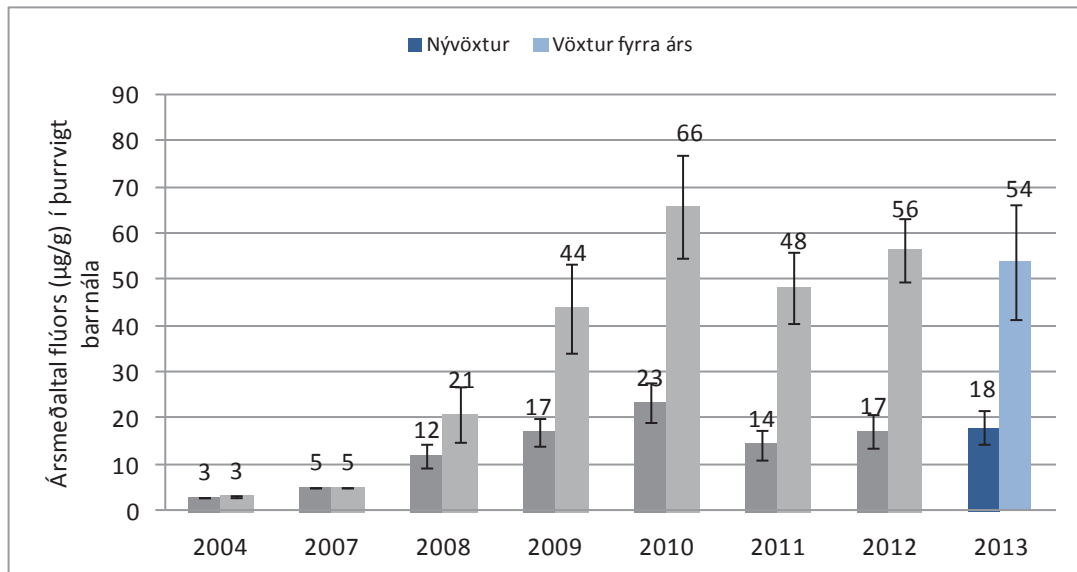
Mynd 37. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barrnállum í nóvember 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).



Mynd 38. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnállum frá fyrra ári (2012), safnað í nóvember 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Ársmeðaltal flúors í barrnállum árið 2013 var 18  $\mu\text{g/g}$  í nývöxnum nálum og 54  $\mu\text{g/g}$  í nálum frá árinu 2012. Styrkurinn var nánast sá sami og árið 2012, bæði í nálum fyrra árs og nývöxnum nálum (Mynd 39).

Í viðauka 8 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors í barrnállum á öllum sýnatökustöðum árið 2013.



Mynd 39. Ársmeðaltal flúors í barnnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2013. 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.

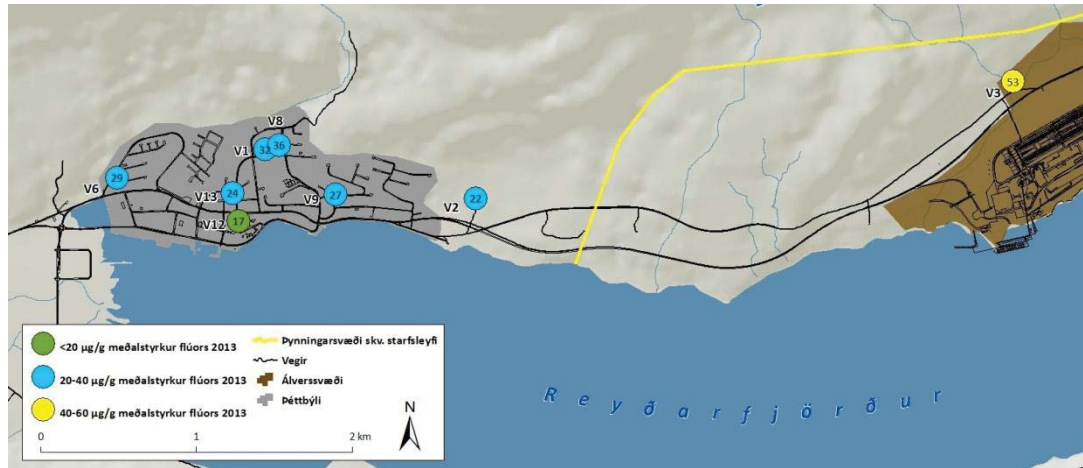
### 3.2.7 Rabarbari

Rabarbara, bæði stilkum og laufum, var safnað á 8 sýnatökustöðum, hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst. Alls var 92 sýnum safnað dagana 5. og 20. júní, 10 og 23. júlí, 7 og 21. ágúst (Mynd 40). Í sýnatökuberð þann 21. ágúst var ekki unnt að safna sýnum af sýnatökustöðum V1 og V9 þar sem búið var að fjarlægja allan rabarbarann. Flúor var mælt 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. Niðurstöður allra efnagreininga á rabarbarasýnum árið 2013 má sjá í Viðauka 9.

#### Flúor í blöðum og stilkum rabarbara

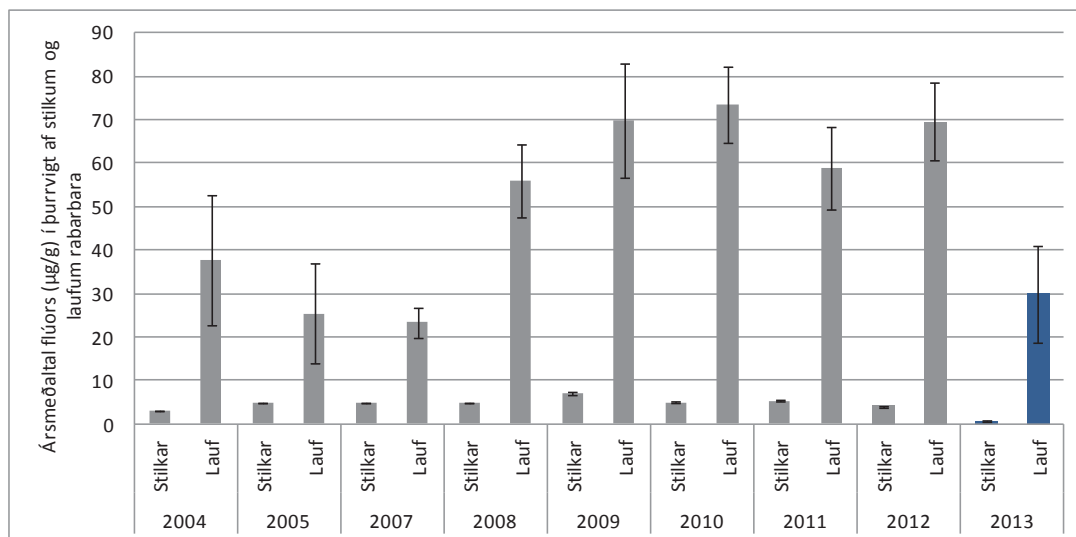
Styrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 10-69 µg/g. Hæsti styrkur flúors í rabarbarablöðum mældist seinni hluta ágúst á sýnatökustað V3 sem er við Sómastaði, en lægsti styrkur flúors mældist seinni hluta júní á sýnatökustöðum V1 og V12 en þeir eru inn í bænum á Reyðarfirði. Flúor í stilkum var í flestum tilfellum undir greiningarmörkum eða <0,6 µg/g en hæsta gildið í stilkunum mældist 2,2 µg/g á Sómastöðum (V3) í seinni sýnatökunni í ágúst líkt og í laufblöðum. Þessi niðurstaða undirstrikar þá staðreynd að þó að það mælist há gildi í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (Mynd 41). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.





Mynd 40. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum í 6 sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2013 (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara lækkaði milli árunum 2012 og 2013. Styrkurinn var svipaður og í bakgrunnsgildum frá árunum 2004 og 2005 (Mynd 41).



Mynd 41. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 til 2013 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 94 sýnum í sex sýnatökuferðum árin 2007-2013 en 10 sýnum árin 2004 og 2005.

### Þungmálmur í rabarbara blöðum og stilkum

Nokkur hækkun var á meðalstyrk arsens, kadmíums, króms nikkels og sinks í blöðum rabarbara milli ára. Mesta hækkunin var á styrk sinks en meðalstyrkur þess sumarið 2012 var 8,34 µg/g samanborið við 20,18 µg/g sumarið 2013 (Tafla 9).

Ekki eru til nothæf bakgrunnsgildi á þungmálmum í grænmeti í Reyðarfirði. Því voru bakgrunnsgildi þungmála í mosa notaðir sem viðmið. Reiknuð hafa verið bakgrunnsgildi og mengunarstuðull fyrir 11 þungmálma í mosa á Íslandi (Sigurður H. Magnússon 2013). Miðað við þau gildi þá mælast 6 af 8 þungmálmum í rabarbara blöðum þ.e. arsen, króm, kopar, kvikasilfur, nikkell og blý undir bakgrunnsgildum í mosa. Styrkur kadmíums í laufum rabarbara á Sómastöðum (V3) og Teigagerði (V2) voru hins vegar yfir bakgrunnsgildum í mosa. Styrkur sinks var einnig nokkru hærri en í bakgrunnsgildum á Sómastöðum og Teigagerði (Tafla 9).

Hægt er að sjá staðsetningar sýnatökustaða á mynd 40.

Tafla 9. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2013 og meðalstyrkur árin 2013 og 2012. 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 $\mu\text{g/g}$
V2-813-2 Rabarbara lauf	<0,02	0,1389	0,050	0,978	0,019	0,524	<0,02	42,113
V3-813-2 Rabarbara lauf	0,03	0,1712	0,032	0,665	<0,005	1,512	<0,02	30,303
V6-813-2 Rabarbara lauf	<0,02	0,0210	0,018	0,958	<0,005	0,232	<0,02	3,178
V8-813-2 Rabarbara lauf	<0,02	0,0528	0,050	1,010	<0,005	1,137	<0,02	3,999
V12-813-2 Rabarbara lauf	<0,02	0,0491	0,044	1,252	<0,005	0,622	0,11	18,430
V13-813-2 Rabarbara lauf	<0,02	0,0866	0,023	1,129	<0,005	0,469	<0,02	23,066
<b>Meðaltal ársins 2013</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,087</b>	<b>0,036</b>	<b>0,998</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>0,750</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>20,181</b>
<b>Meðaltal ársins 2012</b>	<b>0,009</b>	<b>0,030</b>	<b>0,050</b>	<b>0,620</b>	<b>0,002</b>	<b>0,370</b>	<b>0,070</b>	<b>8,340</b>
<b>Mengunarstuðull í mosa*</b>								
Bakgrunnsgildi	0,16	0,08	3,24	11,09	0,07	4,71	1,73	27,55
Vísbending um mengun	0,32	0,15	6,47	22,18	0,14	9,42	3,46	55,10

\* Sigurður H. Magnússon 2013

Styrkur þungmálma í rabarbara stilkum var almennt lægri en í laufblöðum og í öllum tilvikum undir bakgrunnsgildum sem reiknuð hafa verið fyrir mosa. Styrkur kadmíums, kvikasilfurs og sinks hækkaði lítillega milli ára í rabarbarastilkum (Tafla 10).

Tafla 10. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2013 og meðalstyrkur árið 2012. 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 $\mu\text{g/g}$
V2-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0354	0,010	0,326	<0,005	0,150	<0,02	8,112
V3-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0093	0,007	0,180	0,014	0,145	0,03	3,539
V6-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0042	0,008	0,189	<0,005	0,083	<0,02	2,010
V8-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0100	0,004	0,257	0,009	0,165	0,04	1,343
V12-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0037	0,014	0,318	0,023	0,149	0,05	2,917
V13-813-2 Rabarbara stilkur	<0,02	0,0115	0,025	0,252	<0,005	0,117	<0,02	5,396
<b>Meðaltal ársins 2013</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,012</b>	<b>0,011</b>	<b>0,254</b>	<b>0,010</b>	<b>0,135</b>	<b>0,029</b>	<b>3,886</b>
<b>Meðaltal ársins 2012</b>	<b>&lt;0,006</b>	<b>0,0080</b>	<b>&lt;0,04</b>	<b>0,300</b>	<b>0,002</b>	<b>0,210</b>	<b>0,34</b>	<b>3,330</b>
<b>Mengunarstuðull í mosa*</b>								
Bakgrunnsgildi	0,16	0,08	3,24	11,09	0,07	4,71	1,73	27,55
Vísbending um mengun	0,32	0,15	6,47	22,18	0,14	9,42	3,46	55,10

\* Sigurður H. Magnússon 2013

Reglugerð nr. 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum skilgreinir hámarksgildi blýs og kadmíums í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rôtargrænmeti er 0,1 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbara stilkum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2013.

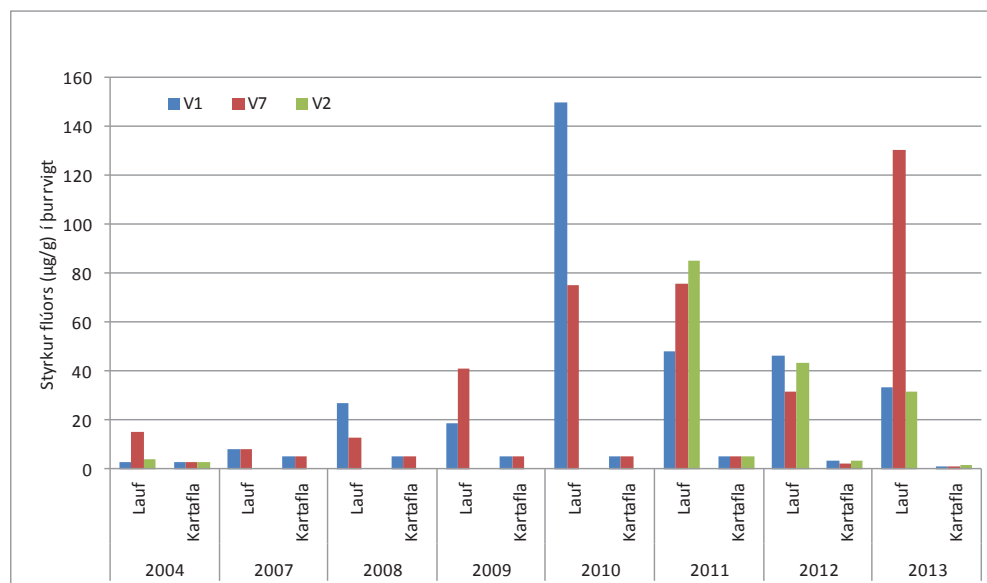
### 3.2.8 Kartöflur og grænmeti

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 3. september 2013, alls sex sýni (Mynd 40). Einnig var einu sýni af grænkáli safnað þann 3. september á sýnatökustað V7, um leið og kartöflum. Í

öllum sýnum var mældur styrkur flúors, kopars (Cu), sinks (Zn), arsens (As), kadmíums (Cd), blýs (Pb), króms (Cr), nikkels (Ni) og kvikasilfurs (Hg).

#### Flúor í kartöflum og grænmeti

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist 33 µg/g á sýnatökustað V1, 131 µg/g á sýnatökustað V7 og 32 µg/g á sýnatökustað V2. Styrkur flúors í kartöflugrösum var svipaður á sýnatökustöðum V1 og V2 árin 2013 og 2012. Styrkur flúors í kartöflugrösum á sýnatökustað V7 var hins vegar mun hærri heldur en fyrri ár. Styrkur flúors í kartöflum var lágur, eða 1-2 µg/g í þeim þremur sýnum sem tekin voru (Mynd 42).



Mynd 42. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur söfnunarstöðum sumrin 2004, 2011 og 2013 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.

Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.

Styrkur flúors í grænkáli mældist 19 µg/g, en styrkur þess var <3 µg/g í bakgrunnsúttekt árið 2004.

Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manndis.

#### Þungmálmur í kartöflum og grænmeti

Styrkur þungmálma í kartöflum og kartöflugrösum var almennt lágur árið 2013. Arsen og kvikasilfur mældust í öllum tilvikum undir greiningarmörkum. Hæsti styrkur króms, kopars, blýs og sinks mældist við Teigagerði (V2) (Tafla 11). Öll sýni af kartöflum og kartöflugrösum sem og sýni af grænkáli voru undir eða jöfn bakgrunnsildum á þungmálmum í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013) (Tafla 11).

Staðsetningu sýnatökustaða V1 og V2 má sjá á mynd 40, sýnatökustaður V7 er hins vegar ekki sýndur en hann er í bænum á Reyðarfirði.

Tafla 11. Styrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í kartöflugrösum, kartöflum og grænkáli árið 2013. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magússon 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 $\mu\text{g/g}$
V1-913 Kartöflur	<0,02	0,0070	0,019	0,943	<0,005	0,343	<0,02	2,069
V2-913 kartöflur	<0,02	<0,0009	<0,007	1,641	<0,005	0,119	<0,02	2,733
V7-913 Kartöflur	<0,02	<0,0009	<0,007	1,243	<0,005	0,390	<0,02	3,169
V1-913 Kartöflugrös	<0,02	0,0823	0,141	1,834	<0,005	0,766	<0,02	2,810
V2-913 Kartöflugrös	<0,02	0,0384	0,344	6,736	<0,005	0,654	0,11	7,899
V7-913 Kartöflugrös	<0,02	0,0567	0,168	1,811	<0,005	1,315	0,07	3,216
V7-913 Grænkál	<0,02	0,0094	0,104	0,442	<0,005	0,449	<0,02	4,838
<b>Mengunarstuðull í mosa*</b>								
Bakgrunnsgildi	0,16	0,08	3,24	11,09	0,07	4,71	1,73	27,55
Vísbending um mengun	0,32	0,15	6,47	22,18	0,14	9,42	3,46	55,10

\* Sigurður H. Magnússon 2013

Reglugerð nr. 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum skilgreinir hámarksgildi blýs og kadmíums í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rötargrænmeti er 0,1 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) í blautvigt. Ekkert sýni af kartöflum eða grænkáli mældist yfir þeim viðmiðunarmörkum árið 2013.

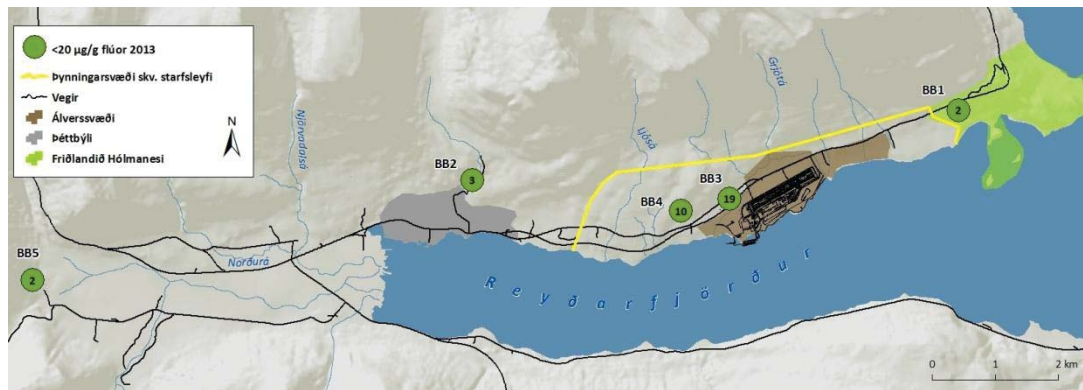
### 3.2.9 Bláber og krækiber

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á 5 sýnatökustöðum þann 27. ágúst 2013 (Mynd 43 og Mynd 44).

Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 2-12  $\mu\text{g/g}$  og í bláberjum frá 2-19  $\mu\text{g/g}$ . Hæstu gildin í bláberjum og krækiberjum mældust á sama stað, þ.e. rétt fyrir ofan álverið (CB3 og BB3). Lægri gildi mældust á öðrum stöðum (Mynd 43 og Mynd 44).



Mynd 43. Styrkur flúors í krækiberjum á 5 sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2013. Tekið var eitt sýni á hverri stöð.



Mynd 44. Styrkur flúors í bláberjum á 5 sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2013. Tekið var eitt sýni á hverri stöð.

Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist töluvert hærrí en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Ein hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sömu stöðum og berjasýnin BB3 og BB4. Þessar niðurstöður eru í samræmi við erlendar athuganir sem og athuganir í Reyðarfirði undanfarin ár, þ.e. jafnvel þó að styrkur flúors í andrúmslofti og blöðum plantna sé hár þá innihalda ávextir, fræ og rætur lág gildi (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl. 2012 og 2013, Weinstein og Davison 2004).

### 3.2.10 Hey

Sýni hafa verið tekin af heyi sem sett er út fyrir hross yfir vetrarmánuðina (vetrarhey) til að kanna hvort flúor safnist upp í því.

Tveimur heysýnum sem sett voru út fyrir hross var safnað 22. janúar 2014. Annars vegar við Sléttu og hins vegar við Seljateigshjáleigu. Styrkur flúors í báðum þessum sýnum var undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað, eða  $12 \mu\text{g/g}$  við Sléttu og  $13 \mu\text{g/g}$  við Seljateigshjáleigu.

## 3.3 Sjónræn skoðun á gróðri

Eins og fram hefur komið berst flúor inn í laufblöð um loftop á yfirborði laufblaða. Inni í laufblaðinu leysist flúor upp í vatni og berst með því til jaðra blaðsins þar sem það safnast fyrir og ferðast ekki frekar um laufblað plöntunnar.

Ef styrkur flúors verður mikill 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 stríka í laufblaðinu þegar styrkur flúors er hár yfir vaxtartímann. Svo getur farið að dauði vefurinn þorni og detti af laufblaðinu sem veldur því að lögun blaðsins verður einkennileg, einkum fremst. Almennt eru ung blöð í þroska mun viðkvæmari fyrir flúor en eldri fullþroskuð blöð. Þannig getur sama plantan sýnt mjög ólík einkenni, háð því á hvaða þroskastigi blöðin eru þegar þau verða fyrir flúormengun (Weinstein og 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 og Davison 2004).

Flúor getur valdið fölnun eða gulnun (e. chlorosis) í laufblöðum. Slík einkenni eru oftast talin vera vegna ónógrar birtu, skorts á járni eða magnesíum í jarðvegi.

Ástæður þess að flúor veldur gulnun er binding þess við magnesíum í plöntunni og verður plantan þá fyrir magnesíumskorti (Weinstein og 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 km 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. Hafði veðurfar og lega svæðis mikið að segja (Vike 1999).

Hafa ber í huga að mörg önnur atriði í umhverfinu geta valdið stressi í plöntum sem eru mjög líkar flúorskemmdum, t.d. salt, frost og vatnsskortur.

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum sjónrænnar skoðunar á plöntum í Reyðarfirði m.t.t. flúorskemmda sumarið 2013.

### 3.3.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 11. júlí 2013. Þær sjaldgæfu tegundir sem fundist hafa í Reyðarfirði eru:

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

Tvær þessara tegunda eru á valista, giljaflækja og þyrnirós (Hörður Kristinsson o.fl. 2007, Náttúrufræðistofnun 1996).

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

Allar plöntur þessara fimm tegunda voru heilbrigðar að sjá og sýndu engin einkenni flúorskemmda.

Líkt og fyrri ár er vaxtarstað giljaflækju og fuglaertu ógnað af ágengum tegundum, kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*). Vaxtarstaður giljaflækju og fuglaertu hafði verið sleginn fyrr um sumarið en plöntur náð að vaxa aftur og voru þær í blóma (Mynd 45). Engar sjáanlegar skemmdir voru á blöðum. Mikið var af túnfíli (*Taraxacum* spp) í gilinu þar sem þessar tegundir vaxa.





Mynd 45. Giljaflækja (t.v.) og fuglaerta (t.h.) í júlí 2013 í Reyðarfirði.

Þyrnirós var einnig í blóma og engar sjáanlegar flúorskemmdir á plöntum (Mynd 46). Um tvo vaxtarstaði er að ræða. Annars vegar rétt vestan við Kollaleiru bæinn og hins vegar nokkuð ofar. Efri vaxtarstaðurinn er staðsettur innan beitarhólfs hrossa og gæti plöntum stafað hættu af beit.



Mynd 46. Þyrnirós í blóma í júlí 2013 í Reyðarfirði.

Vaxtarstað stóraburkna og aronsvandar var ekki ógnað á neinn hátt og ekki var hægt að greina neinar flúorskemmdir á blöðum þessara plantna. Líkt og fyrri ár mátti þó greina skemmdir á endum smáblaða á stóraburkna, en ólíklegt þykir að um sé að ræða flúorskemmdir (Mynd 47).



Mynd 47. Stóriburkni (t.v.) og aronsvöndur (t.h.) í júlí 2013 í Reyðarfirði.

### 3.3.2 Garðaplöntur og tré

Undanfarin ár hefur helst mátt greina skemmdir á garðagróðri sem eru taldar vera af völdum flúors í næsta nágrenni við álverið, einkum á trjám við Teigagerði og Framnes (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl 2013 og 2012 , Kristín Ágústsdóttir o.fl 2011).

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og í trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 15. ágúst 2013. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Sumarið 2013 var einstaklega gott, hlýtt og milt veður og var mjög þurrt framan af sumri.

Öll tré voru fjarlægð kringum Sómastaði árið 2009, en sprotar af víði (*Salix* sp.) og ösp (*Populus* sp.) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorskemmdir á nýjum laufblöðum. Á víði voru blaðendar nýrra laufblaða dauðir (e. necrosis) og svört rönd aðskildi heilbrigðan og dauðan vef. Svipuð einkenni mátti sjá á nýjum laufblöðum hjá öspinni, blaðendar voru svartir og lauf krumpuð. Nær öll ný laufblöð á þeim sprotum sem höfðu vaxið upp sýndu merki um flúorskemmdir (Mynd 48).



Mynd 48. Flúorskemmdir (e. necrosis) á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2013.

Fyrir ofan álverið vex birki en það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Plöntur voru í góðu ástandi fyrir utan skordýrasýkingu. Greina mátti gulnun (e. chlorosis) á nýjum blöðum, mismikið eftir einstaklingum



(Mynd 49). Á sumum plöntum vor blöð kúpt og einnig mátti sjá dauðan vef á endum laufblaða í einhverjum tilfellum.



Mynd 49. Gulnun (e. chlorosis) í laufum birkis fyrir ofan álverið í Reyðarfirði í ágúst 2013.

Við Framnes var sigurskúfur (*Chamaenerion angustifolium*) í blóma. Nær allar plöntur voru með snúna blaðenda og um 2% plantna voru með dauða blaðenda (e. necrosis). Ný blöð á víði (*Salix* spp.) voru með dauða blaðenda. Einnig mátti greina gulnun í blöðum birkis. Á bergfuru (*Pinus uncinata*) mátti greina dauða enda á nýjum nálum allra trjáa sem vaxa við Framnes, en það var mest áberandi á efstu greinum. Annar gróður var í góðu ásigkomulagi og ekki greinanlegar skemmdir.

Við Teigagerði var allur gróður í góðum vexti og án athugasemda.

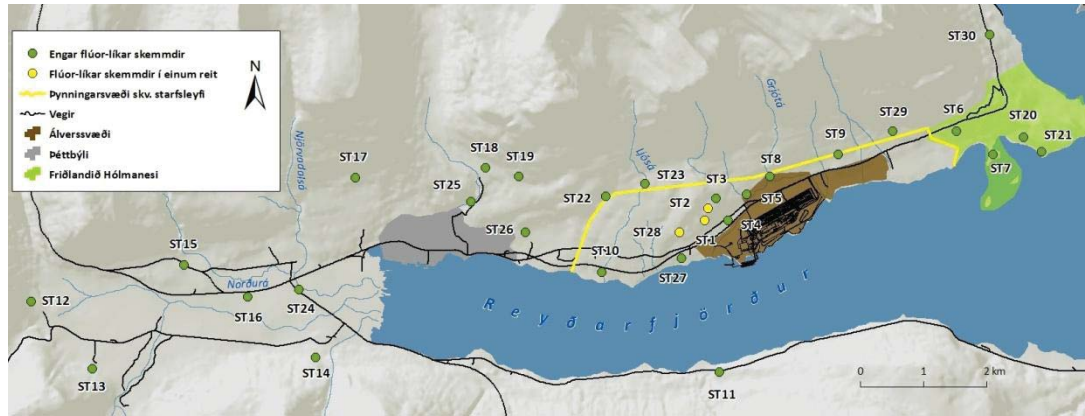
Við kirkjugarð sem er staðsettur rétt utan þéttbýlis á Reyðarfirð var flestur gróður án athugasemda en þó mátti greina skemmdir sem líktust flúor einkennum á nýjum laufblöðum í viðju sem vex ofarlega í garðinum.

Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var nánast allur án athugasemda en þó mátti sjá skordýrasýkingar, einkum í víði og birki. Líkt og fyrri ár sáust flúor skemmdir á íris (*Iris* sp.). Einnig sáust skemmdir á furu á nokkrum stöðum í trjáræktareitum og í þéttbýlinu, helst á efri trjágreinum.

### 3.3.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 150 rannsóknarreitum á 30 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 12. 13. 14 og 21 ágúst 2013 (Mynd 50). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors leitað.

Almennt var gróður í góðu ásigkomulagi og án athugasemda. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust í þremur stöðvum innan þynningarsvæðis álversins (Mynd 50) og sáust einkennin einungis á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*).



Mynd 50. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Sýnilegar skemmdir á gróðri sem líktust flúor-skemmdum sáust í 2 stöðvum sumarið 2013 (@Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Líkt og fyrri ár sáust ýmiss konar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga.

Allar myndir af vistfræðireitum er að finna á mynddisk sem fylgir þessari skýrslu. Myndalista er að finna í viðauka 14.

### 3.3.4 Fléttur og mosar á grjóti

Frá árinu 2005 hefur verið fylgst með fléttum og mosum í föstum reitum á steinum og klöppum í Reyðarfirði. Reitirnir hafa verið ljósmyndaðir til að fylgjast með breytingum á þekju þeirra.

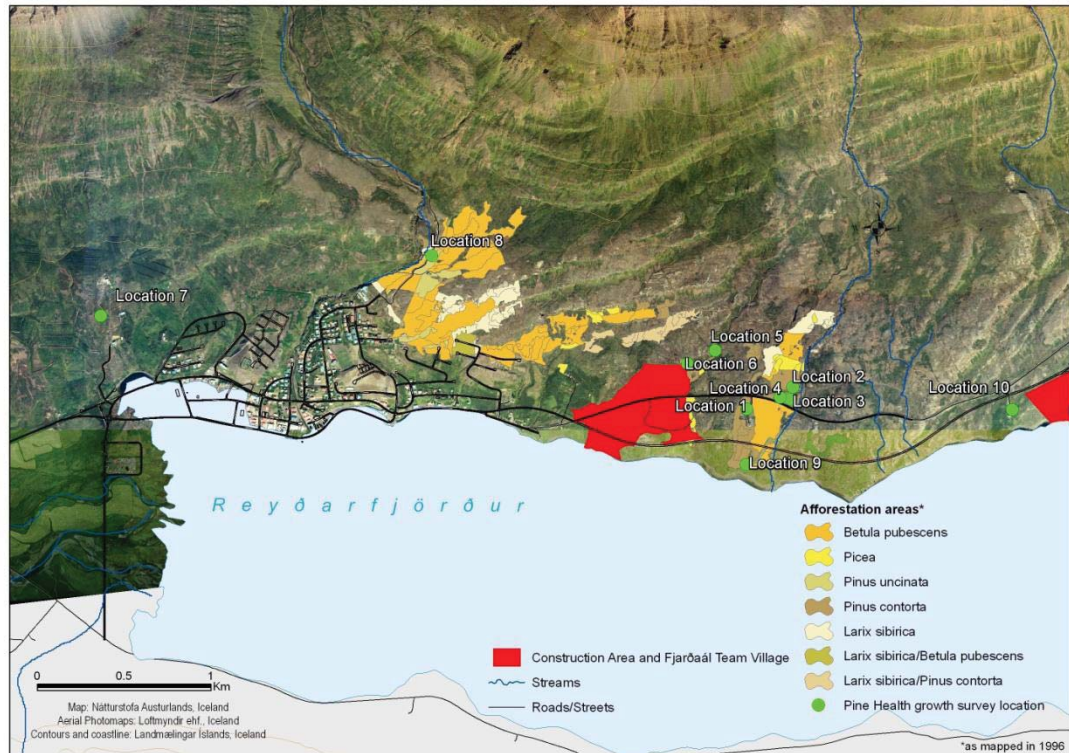
Fléttureitir voru ljósmyndaðir dagana 9. 10. og 11. júlí, 27. ágúst og 2. og 9. september 2013. Engar greinanlegar breytingar voru á þekju fléttna og mosa í reitum milli ára.

Allar ljósmyndir sem teknar voru af fléttureitum er að finna á geisladisk sem fylgir þessari skýrslu. Yfirlit yfir myndir er að finna í viðauka 14.

## 3.4 Trjávöxtur

Furutegundir (*Pinus* sp) eru taldar viðkvæmar fyrir flúor. Þolmörk viðkvæms gróðurs s.s. furutrjáa gagnvart loftbornu flúori (HF) 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 minni vexti (Weinstein og Davison 2004, R. Liteplo o.fl. 2002, Ongstad o.fl. 1994). Vert er einnig að benda á það að vöxtur og lífsskilyrði trjáa eru háð veðurfari.

Í Reyðarfirði hefur furutrjám verið plantað á nokkrum stöðum á afmörkuðum svæðum. Mest er af stafafuru (*Pinus contorta*) í skógræktarreitum en einnig er bergfura (*P. uncinata*) á Framnesi (staðsetning 10) og víðar. Staðsetningu trjámælireita má sjá á Mynd 51 ásamt yfirliti yfir þekju og tegundasamsetningu skógræktarreita á Reyðarfirði.



Mynd 51. Staðsetning 10 trjámælieita í Reyðarfirði og tegundir trjáa sem finnast í þeim. Kortlagning skógræktarsvæðis var gerð af Skógræktarfélagi Íslands (©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009).

Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu (*Pinus* sp) í 10 trjáræktarreitum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu tré voru mæld í trjáræktarreit 1-9 en 8 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.

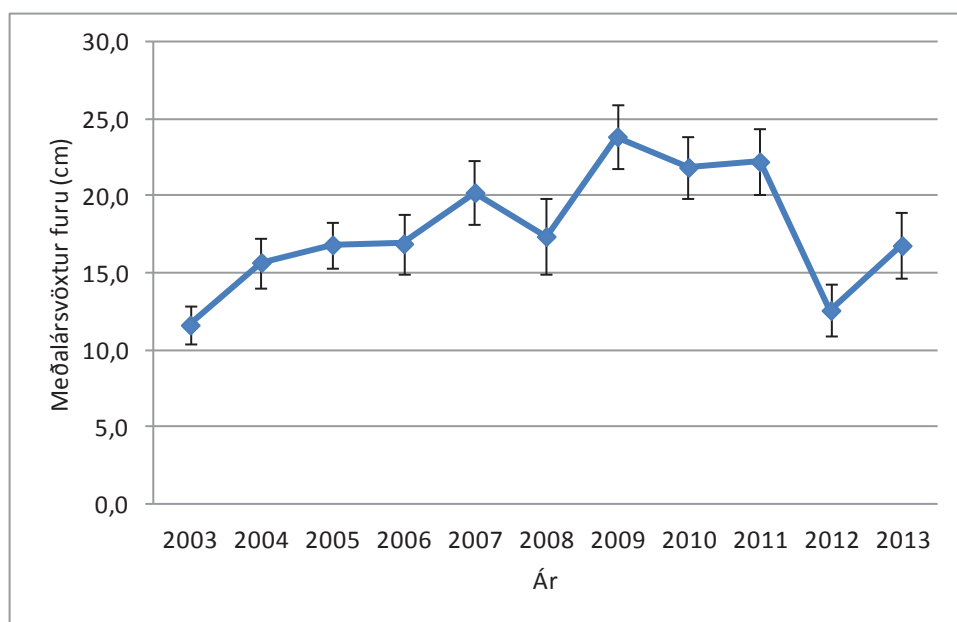
Mælingar voru síðan endurteknaðar 2009, 2011, 2012 og 2013. Hægt er að bera saman vöxt furu fyrir og eftir að álver hóf rekstur því þegar fyrstu mælingar voru gerðar árið 2005 var mældur vöxtur aftur til ársins 2003. Árið 2013 voru mælingar framkvæmdar 4. september og 7. október og þá var vöxtur ársins 2013 mældur.

Meðal ársvöxtur vaxtarsprotu stafafuru (*P. contorta*) í öllum trjáræktarreitum árið 2013 var 16,8 cm. Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 10,6-30,1 cm (staðsetningar 1-9) og 11,3 cm hjá bergfuru (*P. uncinata*) (staðsetning 10). Vöxturinn var svipaður eða meiri árið 2013 miðað við árið á undan í öllum trjáræktarreitum. Mestur var munurinn á vexti í trjáræktarreit 9 en minnstur var munurinn í trjáræktarreit 10 sem er hjá Framnesi (Tafla 12 og Mynd 51).

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2013 má finna í Viðauka 12 .

Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2003-2013 í tíu trjáræktarreitum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.

Staðsetning		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Meðalvöxtur	9,4	14,0	12,8	15,2	18,3	12,5	18,6	20,8	18,9	12,2	13,8
	Staðalskekkja	1,1	1,5	1,1	2,2	2,2	2,3	3,1	2,4	2,3	2,0	2,9
2	Meðalvöxtur	18,0	17,3	16,7	16,7	24,1	17,4	18,8	15,4	13,8	8,9	10,6
	Staðalskekkja	1,8	2,1	1,7	1,7	1,6	1,9	1,7	2,2	2,5	1,9	2,4
3	Meðalvöxtur	12,1	14,6	15,5	15,9	21,0	14,7	16,0	17,9	16,0	11,6	12,6
	Staðalskekkja	1,1	1,8	1,2	2,3	1,4	1,8	2,1	1,7	2,1	1,8	2,4
4	Meðalvöxtur	10,8	11,5	15,9	17,1	21,6	15,1	28,8	24,9	23,5	10,2	12,8
	Staðalskekkja	1,4	1,2	1,3	2,0	1,1	1,6	1,4	0,8	1,5	1,3	1,9
5	Meðalvöxtur	13,3	12,5	17,7	18,3	18,8	20,6	26,5	25,7	28,4	13,8	19,8
	Staðalskekkja	1,3	1,1	2,2	1,7	2,6	2,3	1,7	2,0	1,5	1,7	1,8
6	Meðalvöxtur	9,1	14,0	14,6	15,1	16,4	15,5	26,7	22,2	23,7	10,9	18,0
	Staðalskekkja	1,1	2,0	1,5	2,6	2,4	2,4	2,2	1,7	2,0	1,0	1,7
7	Meðalvöxtur	11,5	14,8	21,4	19,3	15,7	20,1	28,2	27,0	29,5	12,0	19,0
	Staðalskekkja	1,3	1,3	1,5	1,9	2,8	3,5	2,3	2,5	1,9	1,3	2,2
8	Meðalvöxtur	14,8	21,4	20,2	18,2	24,2	21,2	19,6	14,1	15,1	11,2	14,9
	Staðalskekkja	0,9	1,4	1,3	1,2	2,7	3,8	1,5	1,1	1,4	1,4	0,9
9	Meðalvöxtur	14,9	21,1	17,0	16,5	22,3	19,5	31,9	29,1	31,4	22,6	30,1
	Staðalskekkja	1,3	2,0	1,3	1,7	1,5	2,9	2,8	3,8	3,9	3,0	3,2
10	Meðalvöxtur	7,3	9,4	10,9	6,8	9,0	5,9	13,1	12,1	9,2	11,3	11,3
	Staðalskekkja	0,7	0,6	0,6	0,6	0,9	0,6	0,8	0,6	0,5	0,8	0,9
<b>Meðaltal staðsetninga 1-9</b>		<b>11,6</b>	<b>15,7</b>	<b>16,8</b>	<b>16,9</b>	<b>20,2</b>	<b>17,4</b>	<b>23,9</b>	<b>21,9</b>	<b>22,2</b>	<b>12,6</b>	<b>16,8</b>



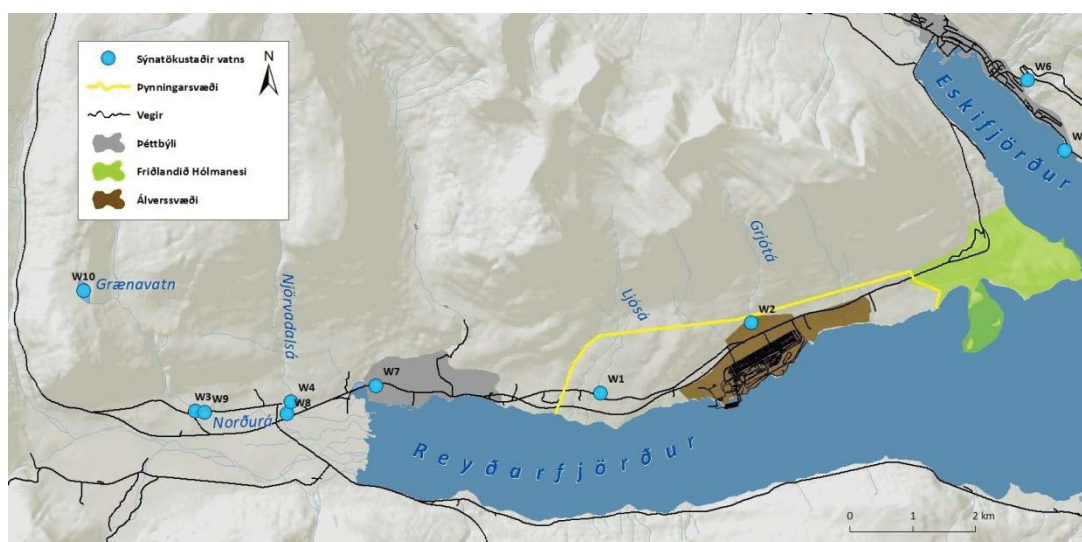
Mynd 52. Meðalársvöxtur stafafuru (*P. contorta*) í 9 trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2013.



## 4 Yfirborðsvatn

### 4.1 Inngangur

Sýni voru tekin á samtals 10 sýnatökustöðum. Úr fjórum ám: Ljósá (W1), Grjóta (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 53). Sýni voru tekin 4 sinnum yfir árið á stöðum W1-W9, þann 23. janúar, 22. apríl, 8. júlí og 14. október en tvisvar á stað W10, 8. júlí og 14. október. Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH) og basarýmd (alkalinity), styrkur flúors og styrkur brennisteins hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölrhinga arómatískra vetniskolefna (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) í sýnum sem tekin voru í október. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2013 má finna í Viðauka 13.

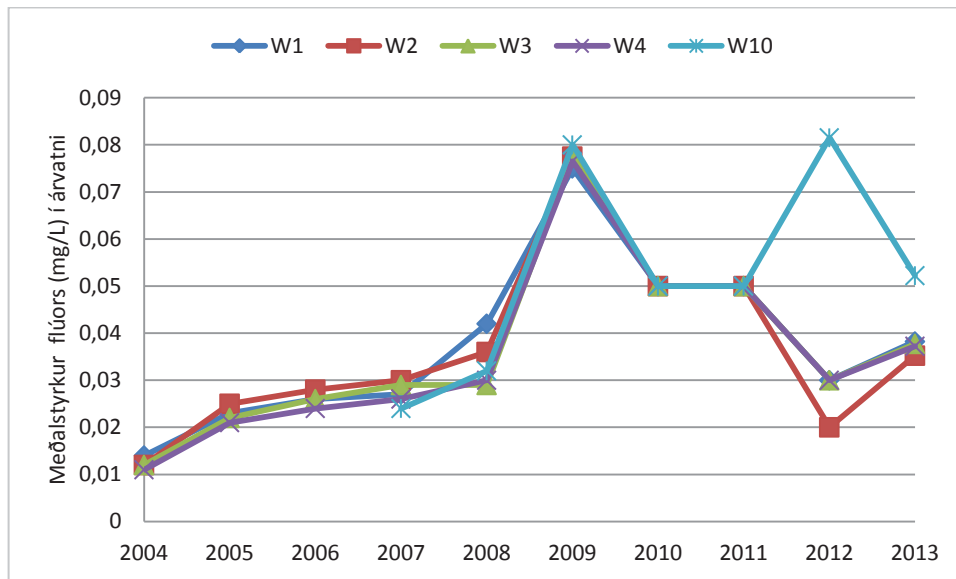


Mynd 53. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10).

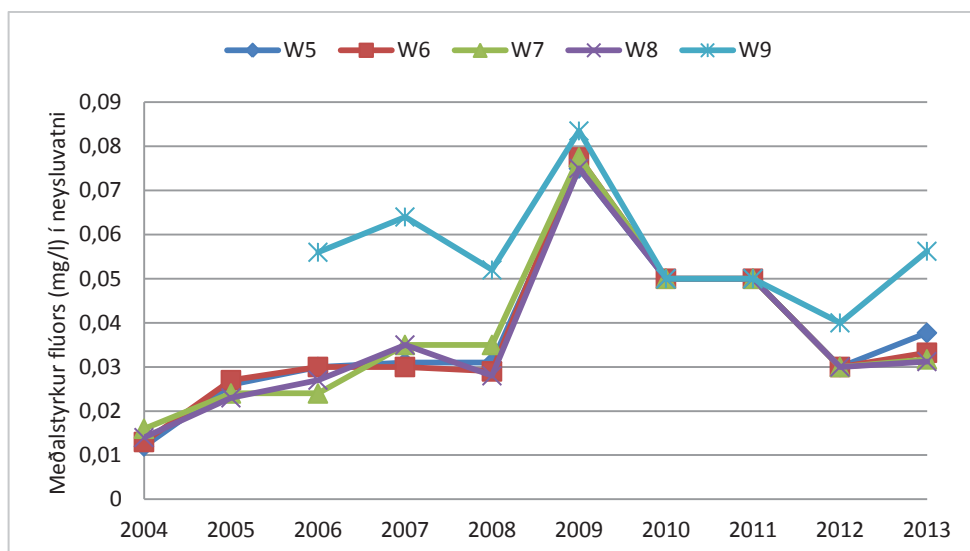
### 4.2 Niðurstöður

#### 4.2.1 Flúor

Samkvæmt reglugerð 536/2001 er hámarksgildi fyrir flúorinnihald neysluvatns 1,5 mg/L. Heildarársmeðal flúors í vatni fyrir árið 2013 var 0,04 mg/L. Ársmeðaltal fyrir árvatn (W1-W4) var einnig 0,04 mg/L en það hækkaði lítillega frá síðasta ári (0,03 mg/L árið 2012). Styrkur flúors í Grænavatni lækkaði úr 0,08 mg/L niður í 0,05 mg/L. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5-W9) mældist 0,04 mg/L sem er jafnt ársmeðaltali 2012. Styrkur flúors í neysluvatni hefur lækkað nokkuð frá árinu 2009. Á myndum 54 og 55 má sjá styrk flúors í vatni fyrir árin 2004 til 2013.



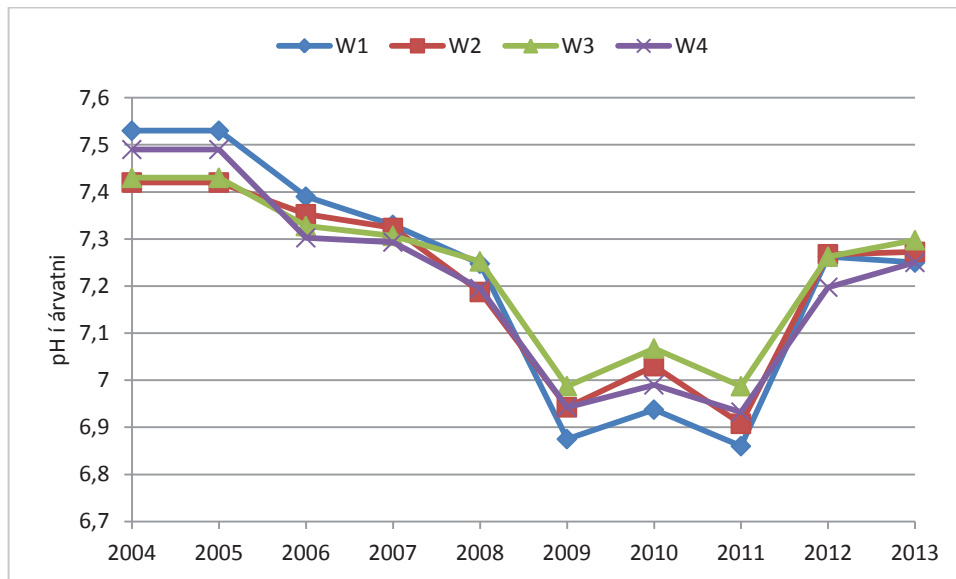
Mynd 54. Meðalstyrkur flúors í Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalssá (W4) og Grænavatni (W10) árin 2004 til 2013.



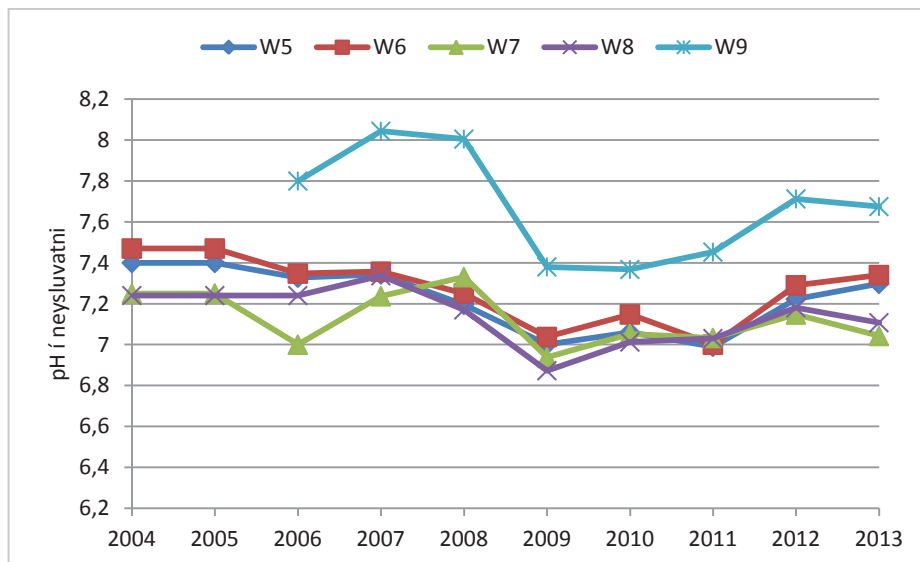
Mynd 55. Meðalstyrkur flúors í neysluvatni á Eskiríði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) árin 2004-2013.

#### 4.2.2 Sýrustig (pH)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001) er tekið fram að sýrustig neysluvatns skuli vera á bilinu 6,5 til 9,5. Meðaltal sýrustigs vatns árið 2013 var 7,26. Meðaltalið var hæst í neysluvatnssýni W9, eða 7,68, en lægst í Grænavatni (W10), eða 6,99. Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1-W4) var 7,27 og í neysluvatni (W5-W9) 7,29. Hvorugt telst sem veruleg breyting frá fyrra ári. Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerðar (Mynd 56 og Mynd 57).



Mynd 56. Meðal sýrustig í Ljósa (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalsá (W4) og Grænavatni (W10) árin 2004-2013.



Mynd 57. Meðal sýrustig í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) árin 2004-2013.

#### 4.2.3 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001) 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 magngreiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra eða 0,04 µg/l og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en). Þetta er sambærilegt við niðurstöður 2011 og 2012. Niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efna fyrir árin 2006-2013 má sjá í töflu 13.

Tafla 13. Heildarmagn PAH efna í árvatni (Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3), Njörvadalsá (W4)) og Grænavatni (W10) á Reyðarfirði og neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W6-W9) árin 2006-2013.

	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

#### 4.2.4 Súlfat og basarýmd

Styrkur súlfats hækkaði lítillega frá árinu 2012, bæði í árvatni og neysluvatni. Styrkur súlfats í Grænavatni (W10) lækkaði hins vegar talsvert frá fyrra ári (Tafla 14).

Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni (W1-W4), neysluvatni (W5-W9) og Grænavatni (W10) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2013.

	2010	2011	2012	2013
Árvatn	0,35	0,36	0,31	0,37
Neysluvatn	0,43	0,47	0,39	0,43
W10	0,33	0,6	0,56	0,36

Basarýmd (alkalinity) vatnssýna hækkaði lítilega miðað við árið 2012, bæði í árvatni og neysluvatni (Tafla 15).

Tafla 15. Meðalstyrkur basarýmdar (mg CaCO<sub>3</sub>/L) í árvatni (W1-W4) og neysluvatni (W5-W9) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2013.

	2010	2011	2012	2013
Árvatn	15,3	16,3	13,0	13,62
Neysluvatn	20,9	22,3	18,2	18,30



## 5 Samantekt

Í þessum kafla eru dregnar saman helstu niðurstöður umhverfisvöktunarinnar sem og niðurstöður vegna viðbótarrannsóknna í Reyðarfirði sem eru jafnframt birtar í Viðauka 15 með þessari skýrslu.

### 5.1 Loftgæði

#### 5.1.1 Svifryk

Svifryk mældist aldrei yfir heilsuverndarmörkum á árinu 2013. Niðurstöður gefa til kynna að ekki er um eina meginuppsprettu ryks í Reyðarfirði að ræða.

#### 5.1.2 Brennisteinstvíoxíð

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk né klukkustund yfir heilsuverndarmörk. Meðaltal brennisteinstvíoxíðs árið 2013 var lægra en meðaltal ársins 2012 þó ekki muni miklu. Meginbreyta í áhrifum á meðaltal brennisteinstvíoxíðs er vindstyrkur, en mældur styrkur brennisteinstvíoxíðs er yfirleitt í öfugu hlutfalli við vindstyrk og eru mæligildi jafnan hæst í hægviðri.

#### 5.1.3 Flúor í lofti

Flúor í lofti fór aldrei yfir viðmiðunarmörk ( $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fyrir gaskenndan flúor á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis. Mánaðarmeðaltal gaskennds flúors fór tvisvar yfir þau mörk innan þynningarsvæðis. Nokkur hækkun var á flúor í lofti (HF) á milli ára og nemur hækkunin um þriðjungi bæði í ryki og gaskenndum flúor.

#### 5.1.4 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH)

Styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna var svipaður og árið 2012 eða ívið lægri. Styrkur BaP efna mældust alls staðar undir umhverfismörkum sem sett eru í reglugerð 410/2008.

#### 5.1.5 Efnainnihald í úrkomu

Sýrustig í úrkomu var svipað og árið 2012. Nokkur súrnun í úrkomu hefur átt sér stað frá upphafi rekstrar álversins. Það er líklegt að súrnunin tengist auknum styrk brennisteinstvíoxíðs og koltvíoxíðs. Breytingarnar eru nokkuð skýrar og súrnunin er um 0,5-1 pH stig frá upphafi.

Brennisteinn í úrkomu hækkar nokkuð að meðaltali árið 2013. Niðurstöðurnar einkennast af mjög háu gildi sem mældist í júlí, þegar úrkoma var annars mjög lítil. Hærra meðaltal segir því ekki nákvæmlega til um áfall súlfats í heildina. Undanfarin tvö ár hafa einkennst af þurrviðri yfir sumartímann og því eru hærra meðaltöl frekar vísbending um minni úrkomu en aukið áfall súlfats. Hægt er að reikna vegið meðaltal m.t.t. úrkomumagns og þá fæst að aukning áfalls miðað við árið 2012 er um 6%, en einfalda meðaltalið hækkar um 50% milli ára.

Flúorgildi í úrkomu hækkuðu verulega að meðaltali annað árið í röð. Tveir mánuðir, júlí og ágúst mældust sérstaklega háir, en úrkomusýni fengust ekki í mars, júní eða október. Það má annars segja það sama um þessi mæligildi og um súlfat, að niðurstöður markast nokkuð af háum gildum mánaða þegar úrkoma er annars lítil og eru ekki góður mælikvarði á aukið áfall af flúor. Hins vegar koma líka fram hærri gildi aðra hluta ársins þegar úrkoma var meiri og ef reiknað er vegið meðaltal m.t.t. úrkomumagns þá virðist áfall flúors í úrkomunni í heild hafa aukist um 60% miðað við árið 2012.

## 5.2 Gróður

### 5.2.1 Styrkur flúors í gróðri

Styrkur flúors í grasi í Reyðarfirði hækkaði verulega á öllum svæðum seinnipart júlí og mældist áfram hár út ágúst. Hækkunina má sennilega rekja til hækkaðra gilda á loftbornu flúoríði á þessum tíma og veðurfarslegra þátta líkt og lítillar úrkomu og sólríkra og hlýrra daga. Þar sem sýnatökustöðum á grasi var fjölgað utan þynningarsvæðis árið 2013 eru niðurstöður þess árs ekki fullkomlega samanburðarhæfar við önnur ár. Styrkur flúors innan þynningarsvæðis var nokkuð hærri árið 2013 en 2012.

Veruleg hækkun var á styrk flúors í mosa, reynivið og bláberjalyngi árið 2013 samanborið við árið 2012. Styrkur flúors í bláberjalyngi og mosa hefur aldrei mælst jafn hár frá því starfsemi álversins hófst. Styrkur flúors í reyniviðarlaufi var einnig með því hæsta sem mælst hefur frá því mælingar hófust.

Styrkur flúors í kartöflugrösnum var svipaður og árið 2012 í tveimur af þremur sýnum en nokkuð hærri í einu sýni.

Lækkun var á styrk flúors í fléttum og rabarbaralaufum árið 2013 samanborið við árið 2012. Styrkurinn var hins vegar svipaður í barnnálum milli ára.

Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var í öllum tilfellum mun lægri heldur en styrkurinn í laufblöðum sömu plantna. Þetta sýnir að þó styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár, þá innihalda ávextir, fræ og rætur mun lægri styrk flúors. Þessar niðurstöður eru í samræmi við eldri rannsóknir (Weinstein og Davison 2004, Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl. 2013 og 2012, Kristín Ágústsdóttir o.fl. 2011, Davison o.fl. 2010 og 2009, Erlín Jóhannsdóttir og Krisín Ágústsdóttir 2008).

### 5.2.2 Dreifing flúors frá álveri

Þrátt fyrir að styrkur flúors hafi verið breytilegur eftir tegundum þá var dreifingarmynstrið mjög sambærilegt á milli tegunda og skýrist styrkurinn aðallega af ríkjandi vindáttum, fjarlægð frá álveri og landslagi. Flúor virðist berast frá álveri meðfram hlíðum norðan megin til vesturs með ríkjandi vindátt. Styrkur flúors í gróðri fór lækkandi þegar innar dró, mismikið þó eftir tegundum. Í öllum gróðursýnum mældist styrkur flúors lægri austan og sunnan við álverið. Þetta er í samræmi við fyrri niðurstöður sem og erlendar rannsóknir sem sýnt hafa fram á að styrkur flúors er hæstur undan ríkjandi vindátt næst mengunarvaldi (Vike og

Håbjorg 1995, Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl. 2013 og 2012, Kristín Ágústsdóttir o.fl. 2011, Davison o.fl. 2010 og 2009).

### 5.2.3 Styrkur þungmálma í rabarbara, kartöflum og grænkáli

Öll sýni af kartöflum, rabarbara stilkum sem og sýni af grænkáli voru undir viðmiðum reglugerðar nr. 265/2010 um hámarksgildi fyrir blý og kadmíum í grænmeti árið 2013. Styrkur þungmálma var almennt hærri í laufum en í stilkum rabarbara eða kartöflum.

Nokkur hækkun var á meðalstyrk arsens, kadmíums, króms nikkels og sinks í blöðum rabarbara árið 2013 samanborið við árið 2012. Styrkur þungmálma í rabarbaralaufi var almennt undir bakgrunnsgildum sem reiknuð hafa verið fyrir mosa (Sigurður H. Magnússon 2013). Þó var styrkur kadmíums á Sómastöðum og Teigagerði yfir þeim gildum. Einnig var styrkur sinks í rabarbarablöðum nokkru hærri en bakgrunnsgildin og var það í sömu sýnum sem tekin voru við Sómastaði og Teigagerði.

Styrkur þungmálma í kartöflum, kartöflugrösum og grænkáli var almennt lágur árið 2013 og í öllum tilvikum undir bakgrunnsgildum sem reiknuð hafa verið fyrir mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).

### 5.2.4 Sjónræn skoðun á gróðri

Mögulegar skemmdir af völdum flúors sáust aðallega á gróðri innan þynningarsvæðis álversins. Tíðni skemmda á gróðri utan þynningarsvæðis var mun minni, þó mátti greina skemmdir í nálum furu í trjáræktarreitum og í þéttbýlinu. Flúorskemmdir voru einnig greindar á laufum bláberjalyngs í mólum innan þynningarsvæðis álversins.

## 5.3 Grasbítar

### 5.3.1 Styrkur flúors í fóðri búfenaðar

Í sex sýnatökuferðum mældist meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum norðan Sléttuár þrisvar yfir viðmiðunarmörkum heilfóðurs fyrir jórturdýr, þ.e. kýr, ær og geitfé. Styrkurinn fór yfir mörkin í síðari sýnatökunni í júlí og báðum sýnatökum í ágúst. Meðalstyrkur flúors á beitarsvæðum og túnum sunnan Sléttuár mældist töluvert lægri en fór einu sinni yfir viðmiðunarmörk heilfóðurs fyrir mjólkandi ær, í byrjun ágúst (Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001).

Styrkur flúors í 17 heysýnum sem safnað var í október 2013 var hæstur í heyi sem slegið var á tímabilinu frá miðjum júlí til miðs ágúst en mældist lægri í heyi sem slegið var utan þess tíma. Þessar niðurstöður eru í takt við niðurstöður mælinga á styrk flúors í grasi í Reyðarfirði sumarið 2013. Styrkur flúors í heyi af fjórum túnum fór yfir viðmiðunarmörk fyrir heilfóður sem í gildi eru á Íslandi fyrir mjólkandi ær og kýr. Styrkurinn fór hins vegar hvergi yfir viðmiðunarmörk fyrir hross (sjá Viðauka 15).

Styrkur flúors í vetrarheyi sem safnað var í janúar 2014 mældist undir íslenskum viðmiðum.

### 5.3.2 Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár

Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum skoðaði kjálka úr sauðfé sem gekk í Reyðarfirði sumarið 2013. Kjálkar voru skoðaðir með tilliti til sýnilegra vísbendinga um skemmdir í tönnum og beinum af völdum flúors. Efnagreining, Nýsköpunarmiðstöð Íslands annaðist síðan mælingar á styrk flúors í sömu kjálkabeinum.

Styrkur flúors í 4 kjálkum úr fullorðnu sauðfé sem gengið hefur í Reyðarfirði mældist frá 1647-3910  $\mu\text{g/g}$ . Styrkur flúors í kjálkum úr 5 lömbum frá vorinu 2013 mældist 645-1925  $\mu\text{g/g}$ . Til samanburðar mældist styrkur flúors á bilinu 617-780  $\mu\text{g/g}$  í fullorðnu fé áður en álverið hóf rekstur. Við sjónræna skoðun á kjálkum sáust ekki breytingar á tönnum eða kjálkabeinum sem bentu til flúoreitrunar. Skýrsluna má finna í Viðauka 15.

### 5.3.3 Sjónræn skoðun á búfénaði

Við sjónræna skoðun dýralæknis í apríl 2013 voru nokkur frávik skráð varðandi tennur og glerung í sauðfé og hrossum. Ekki var þó talið að frávikin stöfuðu af flúormengun. Við skoðun dýralæknis í nóvember 2013 voru fleiri frávik skráð heldur en í apríl. Niðurstaða dýralæknis var að ekki væri hægt að meta ástæður frávika eingöngu við sjónmat og því ekki augljóst að frávikin séu af völdum aukins flúors í grasi og heyi (Viðauki 15).

Í þessu samhengi er vert er að benda á að oft líður langur tími áður en áhrif flúormengunar í fóðri koma fram í tönnum dýra.

## 5.4 Yfirborðsvatn

Engar stórvægilegar breytingar urðu á þeim gildum sem mæld voru í vatnssýnum árið 2013 miðað við fyrri ár. Styrkur flúors í Grænavatni lækkaði aftur niður í svipað gildi og greindist 2010 og 2011. Litlar breytingar sáust á sýrustigi, brennistein og basarám í árvötum og neysluvatni árið 2013 miðað við undanfarin ár. Styrkur PAH efnasambanda í árvatni og neysluvatni var undir greiningarmörkum, eða svipaður og árin 2011 og 2012.

## 6 Lokaorð

Niðurstöður loftgæðamælinga í Reyðarfirði sýna aukningu í flúormengun á árinu, sem kemur fram í lofti, ryki og úrkomu. Niðurstöður eru þó allar innan marka sem sett hafa verið fyrir loftgæði utan þynningarsvæðis. Að einhverju leyti eru þessar breytingar tengdar veðurfari, en á árinu voru bæði mikil þurrviðri og hægviðri.

Hækkuð gildi flúors í gróðursýnum eru rakin til hærri styrks flúors í lofti sem og veðurfarslegra þátta eins og lítillar úrkomu, sólríkra og heitra daga sumarið 2013 í Reyðarfirði.

Breytilegur styrkur flúors í mismunandi tegundum gróðurs verður ekki skýrður öðruvísi en með samspili margra ólíkra þátta, s.s. upptöku og losun ólíkra tegunda, veðurfarslegum þáttum og tímasetningu söfnunar.

## 7 Heimildir

- 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 (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.
- 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.
- 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 Alan W. Davison (2012). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn.* Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2008). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2007 by Náttúrustofa Austurlands.* Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- 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.
- Hermann Þórðarson (2013). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor og haust.* Nýsköðunarmiðstöð Íslands, 6EM13018.
- Hörður Kristinsson (2010). *Íslenska plöntuhandbókin, blómplöntur og byrkningar* (3. útgáfa). Reykjavík: Mál og menning.
- Hörður Kristinsson, Eva G. Þorvaldsdóttir og Björgvin Steindórsson (2007). *Vöktun válistaplantna 2002-2006.* Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Alan W. Davison (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn.* Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands

- Kristín Ágústsdóttir (2007). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of NA activities in 2006*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Landmælingar Íslands. *IS50v kortagrunnur 1:50.000*. Útgáfa 1.1 ©Landmælingar Íslands, leyfi nr. L05040009.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (1996). *Válisti 1. Plöntur*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2006). *Plöntuvefsjá*. Skoðað í febrúar 2012 á <http://vefsja.ni.is/website/plontuvefsja/>
- Ongstad, L., C. I. Stoll & T. Aasland (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. 96 bls.
- Ospar commission (2001). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*. Ospar priority substance series.
- Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010.
- Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001.
- Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýringu, svifryk og blý í andrúmslofti nr. 251/2002
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti nr. 410/2008.
- Retec (2006). *External Environmental Monitoring Baseline Survey. Fjarðaál Smelter Project. Reyðarfjörður*. IS BECH1-18321-640 45 pp. +Appendices.
- R. Liteplo, R. Gomes, P. Hower & H. Malcolm (2002). *Fluorides. Environmental Health Criteria 227*. World Health Organization.
- Sigurður H. Magnússon (2013). *Pungmálmar 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](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](http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf)
- Veðurstofa Íslands (2014). Skoðað í mars 2014 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/>.
- 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.
- 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.
- 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.
- Þuríður E. Pétursdóttir (2012). *Reglugerð um flúoríð í fóðri*. Tölvupóstur dags 23. október 2012.

# NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Mýrargötu 10 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Fax 477-1923 • Netfang: [na@na.is](mailto:na@na.is)  
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • [www.na.is](http://www.na.is)