

# 2018

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál  
alcoa.is



# Alcoa Fjarðaál Umhverfismæling 2018

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands  
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

- Egilsstaðir  
 Neskaupstaður

<b>Skýrsla nr:</b> NA-190186	<b>Dags (mánuður, ár):</b> Apríl, 2019	<b>Dreifing:</b> Opin
<b>Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):</b> Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2018		<b>Síðufjöldi:</b> 87 <b>Fjöldi viðauka:</b> 18
<b>Höfundar, í starfrófsröð:</b> Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir.		
<b>Unnið fyrir:</b> Alcoa Fjarðaál		
<b>Samvinnuaðilar:</b> Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands		
<b>Útdráttur:</b> <p>Frá því að álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004–2006. Umhverfisvöktunin árið 2018 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfánaðar.</p> <p><b>Gagnasöfnun:</b> Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningar-svæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölhringa arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu.</p> <p>Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi var safnað sex sinnum og rabarbara var safnað þrisvar sinnum yfir sumarið. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, laufblöðum reynitrjáa, kartöflum, salati, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. Sjónrænt mat var lagt á ástand sjaldgæfra tegunda, gróðurs í görðum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors.</p> <p>Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basarámynd, brennisteinn og leiðni mælt í sýnum. Einnig var styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna mældur í októbersýnum. Dýralæknir skoðaði lifandi búfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði þeirra. Jafnframt var styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum.</p> <p><b>Helstu niðurstöður:</b> Veðurfar sumarið 2018 var gott og hægviðrasamt og var meðalhitastig það sama og árið 2017. Heildarmeðaltal svifryks var heldur hærra en árið 2017 og árin 2009–2013 en nokkuð lægra en árið 2014, sem var þurrt ár með allnokkurri gosmengun á síðari hluta ársins. Árið 2018 mældist einn dagur með svifryk yfir heilsuverndarmörkum. Styrkur brennisteinstvíoxíðs mældist einn dag yfir gróðurverndarmörkum, en öll gildi voru undir heilsuverndarmörkum. Ársmeðaltal gaskennis flúors og flúors í ryki árið 2018 var hærra en áður hefur mælt að meðaltali. Vetnisflúoríð (HF) fór þó aldrei yfir viðmiðunarmörk í starfsleyfi utan þynningarsvæðis. Styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (PAH) var með lægsta móti, svipað og árið 2017. Sýrustig í úrkomu árið 2018 var svipað og árið 2017 og hefur sl. ár verið nokkuð stöðugt með náttúrulegum breytileika. Brennisteinsstyrkur í úrkomu var svolítið lægri en árið 2017 en flúorgildi í úrkomu voru með hæsta móti og mældust tvö há gildi í júní og júlí á stöð 2. Taka skal fram að flúorgildin 2018 eru innan settra marka. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár.</p> <p>Ársmeðaltal flúors í grasi og mosa var marktækt hærra árið 2018 en 2017 bæði innan og utan þynningarsvæðis en styrkur flúors í fléttum mældist marktækt lægri innan og utan þynningarsvæðis. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri var helst að finna innan þynningar-svæðis. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnnum sumarið 2018 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr. Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr á beitarsvæðum og túnnum sunnan fjarðar en fyrir ofan þau norðan fjarðar. Búfánaður var almennt heilbrigður og engar sýnilegar flúorskemmdir. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár var breytilegur eftir bæjum og aldri sauðfjár. Styrkurinn í kjálkabeinum lamba sem ganga í Reyðarfirði mældist hærri en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunar-sýnum en öll lömbin voru við góða tannheilsu.</p>		
<b>Lykilorð:</b> Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, köfnunarefni, brennisteinstvíoxíð, brennisteinn, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitré, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun, þungmálmar		
<b>Yfirfarið:</b> Kristín Ágústsdóttir hjá Náttúrustofu Austurlands, Guðmundur Sveinsson Kröyer og Páll Freysteinnsson hjá Alcoa Fjarðaál	<b>ISBN / ISSN nr:</b> ISSN 2547-7439 (prentuð útgáfa) ISSN 2547-7447 (rafrænt) ISBN 978-9935-9456-0-0 (prentuð útgáfa) ISBN 978-9935-9456-1-7 (rafrænt)	

## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur .....	11
2.1.1	Loftgæðamælingar á Reyðarfirði.....	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir.....	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir .....	12
2.3	Niðurstöður.....	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins .....	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM <sub>10</sub> Hi-vol) .....	15
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti .....	17
2.3.4	Flúor í lofti.....	19
2.3.5	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH) .....	22
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu.....	24
3	Efnamælingar í gróðri.....	28
3.1	Inngangur .....	28
3.1.1	Flúor og gróður .....	28
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé .....	30
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar .....	30
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna .....	30
3.2.2	Töluleg úrvinnsla.....	31
3.2.3	Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar .....	31
3.3	Niðurstöður.....	32
3.3.1	Gras.....	32
3.3.2	Mosi .....	39
3.3.3	Fléttur .....	43
3.3.4	Bláberjalyng .....	46
3.3.5	Reyniviður.....	49
3.3.6	Barrnálar .....	51
3.3.7	Rabarbari .....	54
3.3.8	Kartöflur og grænmeti .....	58
3.3.9	Bláber og krækiber .....	60
3.3.10	Hey.....	63
4	Sjónræn skoðun á gróðri .....	66
4.1	Sjaldgæfar tegundir.....	66
4.2	Garðaplöntur og tré .....	69
4.3	Gróður í rannsóknarreitum .....	71
5	Trjávöxtur .....	73
5.1	Inngangur .....	73
5.2	Niðurstöður.....	74
6	Yfirborðsvatn .....	75
6.1	Inngangur .....	75
6.2	Niðurstöður.....	75
6.2.1	Flúor.....	75
6.2.2	Sýrustig (pH).....	76
6.2.3	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni) .....	77
6.2.4	Brennisteinn.....	78

6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity) .....	78
6.2.6	Leiðni.....	79
7	Búfánaður.....	79
7.1	Inngangur .....	79
7.2	Niðurstöður .....	79
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði.....	79
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis .....	80
8	Samantekt og lokaorð .....	83
9	Heimildir .....	85

## Myndaskrá

1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). .....	11
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2018 (10 mín leiðrétt mæliröð). .....	14
3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín). .....	14
4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín). .....	15
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín). .....	15
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2018. ....	16
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2018. ....	16
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2018. ....	17
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2018. ....	18
10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), sem fall af vindátt 2018, allar stöðvar. ....	18
11. mynd. Flúor gaskennður í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2018 (mælingar á síur). .....	19
12. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2018 (mælingar á síur).20	
13. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2018 (mælingar á síur). ....	20
14. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2018. ....	21
15. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005–2018. ....	22
16. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2018. ....	23
17. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2018. ....	23
18. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2018. ....	24
19. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2018. ....	25
20. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2018. ....	26
21. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2018. ....	26
22. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2018. ....	27
23. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2018. ....	28
24. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	33
25. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2018. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=7) og utan þynningarsvæðis (n=28). ....	34
26. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein hvort ár) og 2014–2018. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2018 (n=35). ....	34
27. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2018 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). ....	35
28. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2018, skipt upp eftir svæðum. ....	36
29. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein sitthvort árið) og 2014–2018. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2018 (n=35). ....	36
30. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 (27 árið 2015). ....	37
31. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–	

2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 (27 árið 2015).....	38
32. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004–2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árin 2015 og 2018 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan. ....	38
33. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004–2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árin 2015 og 2018 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan. ....	39
34. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2018 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	40
35. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).....	40
36. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018. 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 (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	41
37. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	41
38. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.....	42
39. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í mosa árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	42
40. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í mosa árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	43
41. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).....	43
42. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	44
43. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 9–10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18–20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert. ....	44
44. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 19 sýnum utan þess.....	45
45. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í fléttum árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....	45
46. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í fléttum árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í	

sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	46
47. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	46
48. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptingu).	47
49. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 19–20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	47
50. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.	48
51. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	48
52. mynd. Dreifingarmynstur brennisteins í laufum bláberjalyngs árin 2015 og 2018. 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 (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	49
53. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	49
54. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrija (ásamt staðalskekkju) árin 2004 og 2014–2018 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016 og 2018.	50
55. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.	50
56. mynd. Meðalstyrkur brennisteins ( $\text{mg/g}$ ) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.	51
57. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnálam (CN) í október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	52
58. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnálam frá fyrra ári (CP, 2016), safnað í október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	52
59. mynd. Ársmeðaltal flúors í barrnálam (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2014 til 2018 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004 en 9 sýnum árin 2014–2018. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	53
60. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af barrnálam (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.	54
61. mynd. Meðalstyrkur brennisteins ( $\text{mg/g}$ ) í þurrvigt af barrnálam (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.	54
62. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	55
63. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004–2005 (meðaltal beggja áranna) og árin 2014 til 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufurð og árin 2014–2018 voru farnar þrjár sýnatökufurðir.	55



64. mynd. Ársmeðaltal köfnunarefnis (%) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Köfnunarefni var mælt í sýnum úr einni sýnatökuferð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015 og 2018. ....	56
65. mynd. Ársmeðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökuferð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015 og 2018. ....	57
66. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	59
67. mynd. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2014 til 2018. ....	59
68. mynd. Styrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum árin 2015 og 2018 í Reyðarfirði. ....	60
69. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2018. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	61
70. mynd. Styrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2018 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g. ....	62
71. mynd. Styrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2015 og 2018 í Reyðarfirði. ....	63
72. mynd. Styrkur flúors í heysýnum m.v 0% rakainnihald sem tekin voru 10. október 2018. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	64
73. mynd. Styrkur köfnunarefnis í heysýnum sem tekin voru 10. október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	65
74. mynd. Styrkur brennisteins í heysýnum sem tekin voru 10. október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	65
75. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júní 2018 í Reyðarfirði. ....	67
76. mynd. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júní 2018 í Reyðarfirði. ....	68
77. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júní 2018 í Reyðarfirði. ....	68
78. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júní 2018. ....	69
79. mynd. Flúorlíkar skemmdir á efstu laufum gulvíðis (t.v.) og á nokkrum nálum bergfuru (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í júní 2018. ....	70
80. mynd. Flúorlíkar skemmdir á laufum reynis (t.v.) og nálum furu (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í júní 2018. ....	71
81. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	71
82. mynd. Flúorlíkar skemmdir á stinnastör við stöð 8 (t.v.) og grávíði við stöð 3 (t.h.). ....	72
83. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019). ....	73
84. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (blátt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) á einum trjámælireit í Reyðarfirði tímabilið 2003–2018. ....	74
85. mynd. Meðalvöxtur stafafuru (blátt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu árið 2018. ....	74
86. mynd. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1–W4) og neysluvatnssýna (W5–W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). ....	75

87. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnsýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2006 og 2014–2018. ....	76
88. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2014–2018. ....	76
89. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2006 og 2014–2018. ....	77
90. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2006 og 2014–2018. ....	77
91. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2019). ....	81
92. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2018 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012; 2014; 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016; 2017; 2018; 2019). ....	81
93. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2018) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2019)..	82
94. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2018). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2018), n=34 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2019). ....	83

## Töfluskrá

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2018 aftur til ársins 2006.....	13
2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2018. ....	58
3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2018. ....	58
4. tafla. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006 og 2014–2018.....	78
5. tafla. Meðalstyrkur brennisteins (mg S/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018. ....	78
6. tafla. Meðaltals basarýmd (mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018. ....	78
7. tafla. Meðaltals leiðni ( $\mu\text{S/cm}$ ) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018. ....	79

## Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2018.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2018.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2018.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2018.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2018.
- Viðauki 6. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2018.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í grasi fyrir árið 2018.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í mosa, fléttum og bláberjalaufi fyrir árið 2018.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í laufum reyniviðar árið 2018.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í barrnálum árið 2018.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í rabarbara, kartöflum og salati auk niðurstöða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2018.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í bláberjum og krækiberjum árið 2018.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í heysýnum árið 2018.
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði árið 2018.
- Viðauki 15. Niðurstöður mælinga á ársvesti furu í Reyðarfirði 2018 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2018.
- Viðauki 17. Sjónræn skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2018. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 18. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2018.

# 1 Inngangur

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

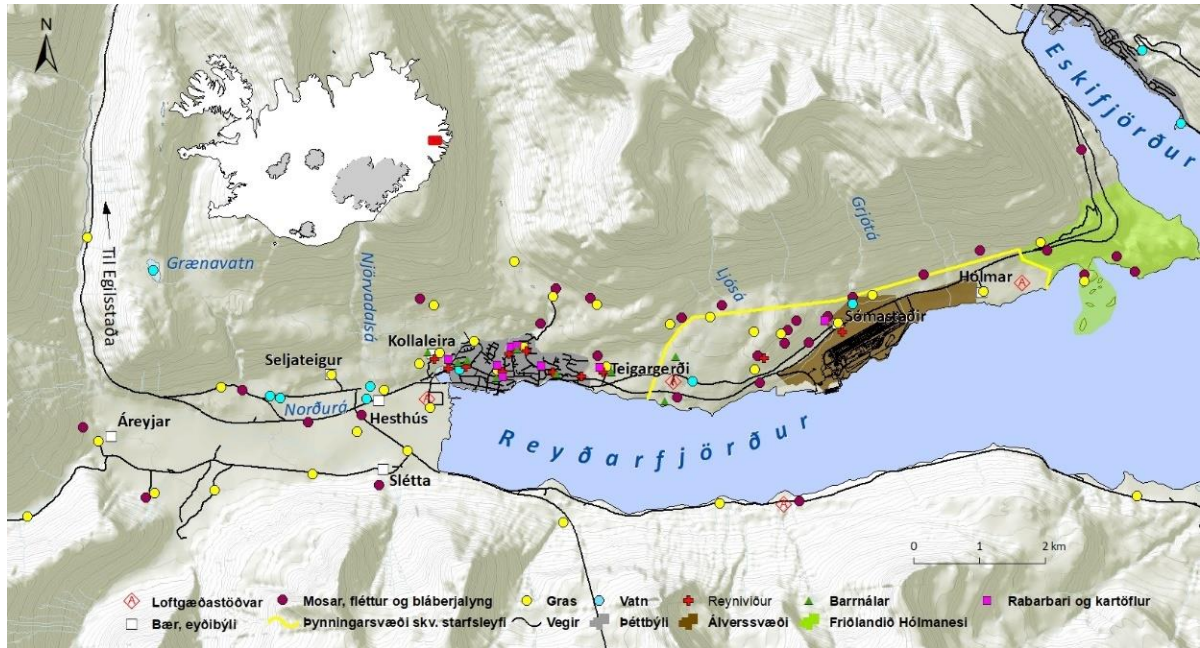
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2018 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

1. Loftgæða- og veðurmælingar
2. Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
3. Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
4. Mælingar á vexti furutrjáa
5. Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatns
6. Sjónræn skoðun á búfénaði auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár

Árið 2018 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni og kjálkum af sláturfé en Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, önnuðust efnagreiningar á gróðri, vatni og kjálkum sauðfjár, auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á fjölrhinga aromátískum vetniskolefnum (PAH) í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2018. Ekki eru sýndar staðsetningar bæja þar sem sýnum af sláturfé var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Hér eru birtar niðurstöður úr öllum verkþáttum í umhverfisvöktuninni árið 2018. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Í fyrsta kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls og hverjir koma að henni. Í köflum tvö til sjö eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum og veðurfari, gróðri, yfirborðsvatni og búfénaði. Að lokum eru helstu niðurstöður dregnar saman. Starfsmenn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands skrifuðu kafla tvö og sex en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli sjö byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgja 18 viðaukar sem prentaðir eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfisvöktunina.



1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

## 2 Loftgæði

### 2.1 Inngangur

#### 2.1.1 Loftgæðamælingar á Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2018. Mælingar þessar eru hluti af umhverfissrannsóknum vegna álvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, fyrir Alcoa Fjarðaál hf.

#### 2.1.2 Mælistöðvar og mælipættir

Mælt var á fjórum mælistöðvum, eins og hefur verið gert frá október 2006, þegar stöðvum var fjölgað úr þremur í fjórar. Mælistöðvarnar (1–4) eru sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum við Ljósá milli Búðareyrar og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 1 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins gegnt Sómastaðalandi, þar sem nú er álver Alcoa Fjarðaáls (1. mynd).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð og brennisteinstvíoxíð og PAH sambönd. Brennisteinstvíoxíð mælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er safnað á síur, 1 og 5 daga í senn. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, brennisteinn og 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 brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Hermann Þórðarson, 2018). Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 920/2016, 10. gr., um mat á styrk brennisteinsdíoxíðs og svifryks ( $PM_{10}$ ).

### Skilgreiningar

<b>Svifryk <math>PM_{10}</math></b>	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en $10 \mu\text{m}$ í þvermál.
<b>Svifryk <math>PM_{2,5}</math></b>	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en $2,5 \mu\text{m}$ í þvermál.

Flúor í náttúrulegu ástandi er yfirleitt á formi flúoríðs, getur verið sem gastegundin vetnisflúoríð, HF eða sem rykkennd sölt eða steindir, s.s.  $\text{CaF}_2$ . Í skýrslunni er flúor mældur og gefinn upp sem flúorhlutinn eingöngu, nema þar sem starfsleyfi krefst samanburðar og umreiknings til gaskennds vetnisflúoríðs (HF).

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

### Rafræn gögn

Gagnasafn af vefsíðu Vista og 10 mínútna grunnmælingar frá sjálfvirkum mælibúnaði eins og þær liggja fyrir á vefsíðunni voru notaðar sem grunnur fyrir frekari úrvinnslu. Farið er yfir gögnin og vinsað burtu það sem ekki tilheyrir eðlilegri mælingu, svo sem toppar vegna kvarðana, frávik vegna bilana eða prófunar á tækjabúnaði. Neikvæð gildi sem koma fram vegna óvissuflökts í mælingu eru látin standa, enda eðlilegur hluti mælingar. Ef þörf krefur eru gerðar lítilsháttar leiðréttingar á núllstöðu mælinga  $\text{SO}_2$  og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtímagreiningarmarka tækjanna en eru greinanlegar yfir lengri tímabil og geta skipt máli þegar meðalmæligildi

eru lág. Gerðar voru lítils háttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO<sub>2</sub> árið 2018.

## 2.3 Niðurstöður

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

### 2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2018 mældist 4,7°C og meðalvindhraði 4,0 m/s. Hitastigsmeðaltalið er sama og 2017, sem var það þriðja hæsta frá 2006 og vindhraði var með lægsta móti (1. tafla).

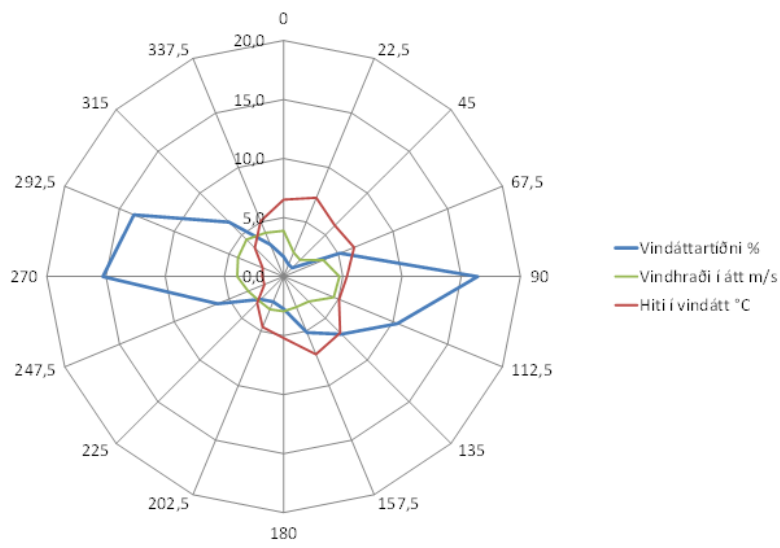
1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2018 aftur til ársins 2006.

	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s
	Reyðarfjörður allar stöðvar	2018	4,7	4,0	2012	4,2
2017		4,7	4,1	2011	4,5	4,6
2016		4,8	4,0	2010	4,1	4,0
2015		4,0	4,6	2009	4,6	4,1
2014		5,3	4,0	2008	4,3	4,2
2013		4,3	4,2	2007	4,4	5,2
				2006	4,7	4,3

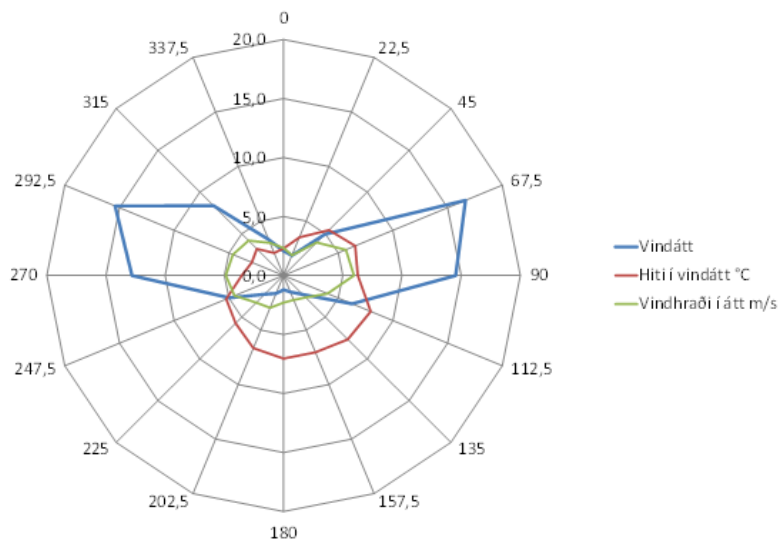
Í heild var árið 2018 á landinu í meðallagi í hita, svalara en meðallag undanfarinna tíu ára en hlýrra en meðaltal árána 1960–1990. Hlýtt var og sólríkt um sumarið norðaustanlands en svalt og sólarlítið framan af suðvestanlands og áfram svalt þar en bjartara síðari hlutann. Áfram var nokkuð svalt framan af hausti og úrkomusamara norðan og austanlands. Síðasta hluta ársins var úrkomusamt og hiti yfir meðallagi (Veðurstofa Íslands, 2018).

Vindrós í Reyðarfirði einkennist af innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi 75% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á 2.–5. mynd hér undir. Vindrós frá stöð 1 er leiðrétt, notað er meðaltal frá stöð 2 og stöð 4 fyrri helming ársins og síðustu 2 mánuði ársins, en gögn frá stöðinni voru ekki metin áreiðanleg á þessum tímabilum vegna frávíka. Sjá má að megindrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes.

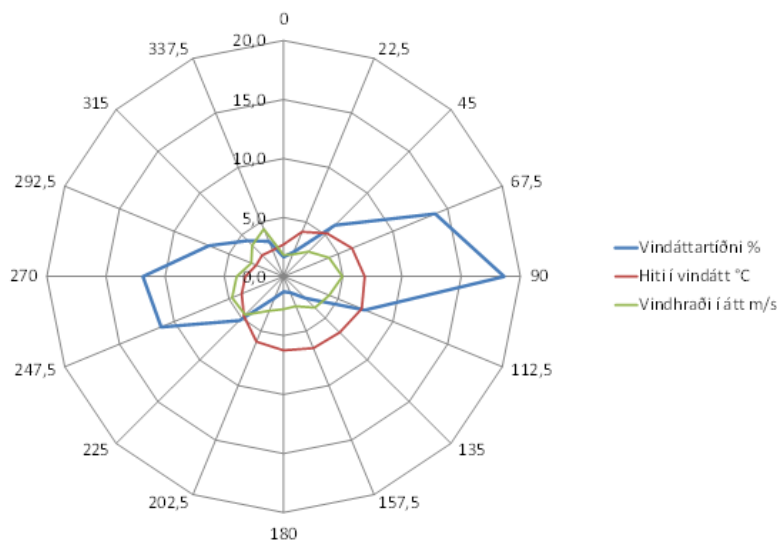




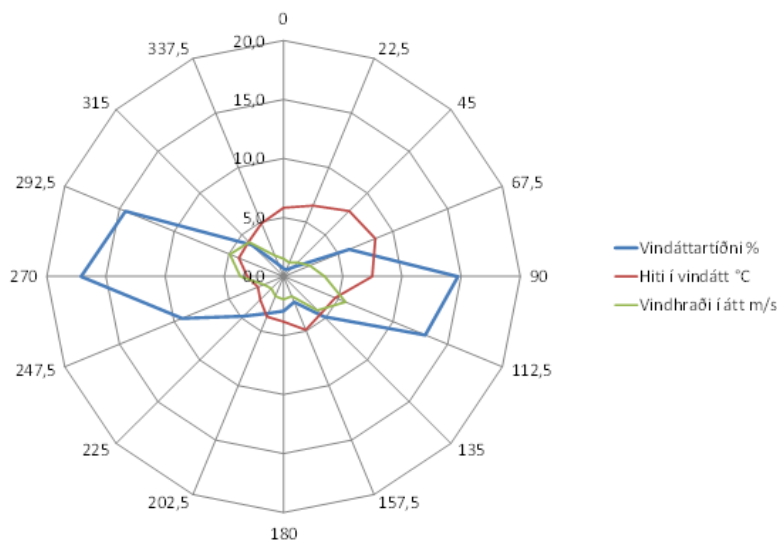
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2018 (10 mín leiðrétt mæliröð).



3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín).



4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín).



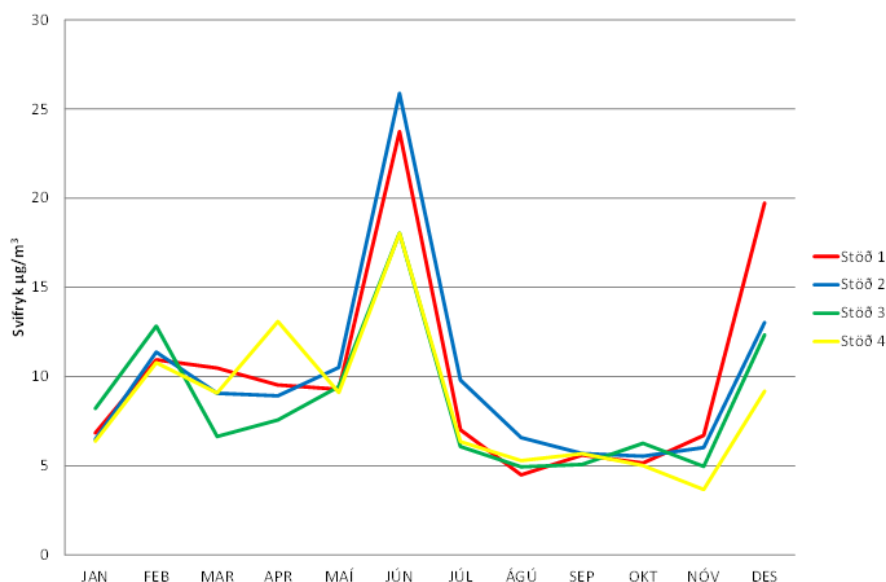
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2018 (10 mín).

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

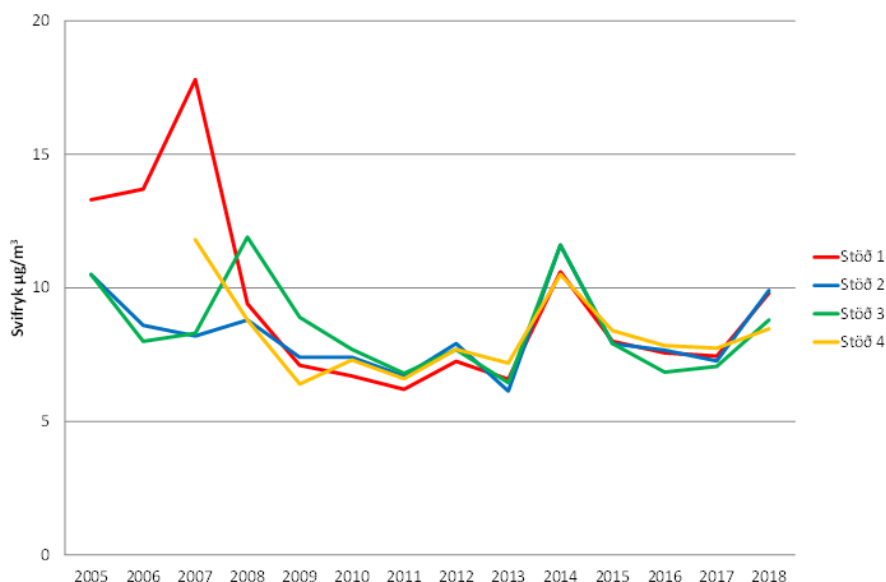
Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2018 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2018 eru sýnd á 6. og 7. mynd.

Heildarmeðaltal svifryks mældist  $9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og heldur hærra en árið áður. Þetta er nokkuð hærra en á árabílinu 2009–2013 þegar svifryk var með lægsta móti (5 ára heildarmeðaltal  $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Svifryk var að meðaltali ívið hærra á stöð 1 og 2 en á stöð 3 og 4. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dag) mældist einn á árinu, 25. júní. Þann dag gerði allhvassan vestlægan vind í þurrki og hlýju yfir daginn og mældust mjög há dagsgildi eða á bílinu  $49\text{--}80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og mældust hærri en heilsuverndarmörk á stöð 1, 2 og 3. Þessi eini dagur hækkar meðaltal ársins um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og virðist hafa verið ryk af hálendi landsins, fremur en að eiga uppruna í Reyðarfirði.

Tímabilið mars – september var þurrviðrasamt og þá má búast við heldur meiri svifryksmengun og júní var þurrastur mánaði og hæstur í svifryki. Engu að síður voru febrúar og desember nokkuð háir mánuðir í svifryki þrátt fyrir allnokkra úrkomu í þeim mánuðum. Þess ber að gæta að sýnataka er sjötta hvern dag og getur verið nokkuð misjafnt hvernig hittir á veður.



6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2018.



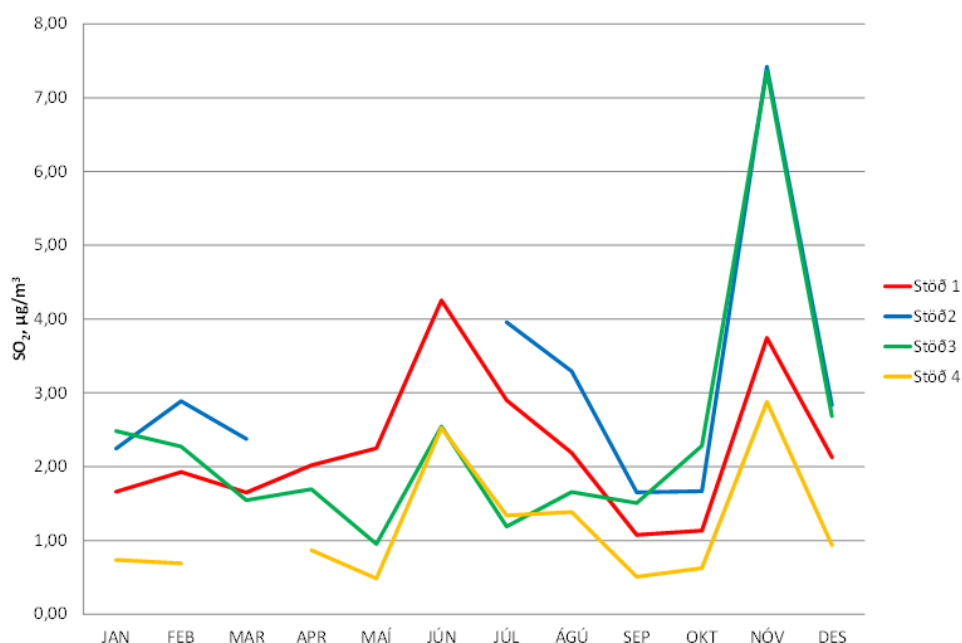
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2018.

Þrjár meginástæður hafa verið fyrir hærra svifryki í Reyðarfirði, þurrviðri, framkvæmdir s.s. við vegagerð og byggingar og svo öskufall frá eldgosum. Þá kann svifryk af hálendinu að leggja til svifryks í Reyðarfirði. Fyrstu árin sem mælt var (2005–2008) mældist svifryk nokkuð hátt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosu í

Holuhrauni. Árið 2018 sker sig úr en ekki liggur alveg ljós fyrir ástæða hærra svifryks á árinu, þó tilfallandi rok af hálendinu skýri það að hluta. Árið var úrkomusamt, sem alla jafna ætti að draga úr svifryki. Á móti kemur að árið var líka mjög hægviðrasamt, sem getur stuðlað að aukinni svifryksmengun.

### 2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á  $\text{SO}_2$  í lofti má sjá á 8. mynd hér undir.



8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2018.

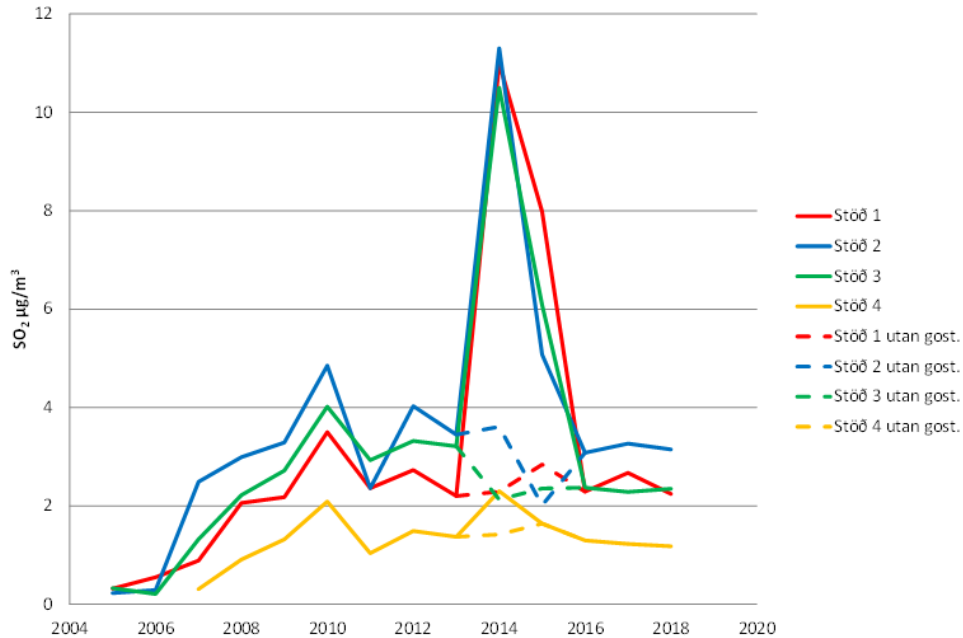
Mánaðarmeðaltöl brennisteinstvíoxíðs fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginsveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum og hæst mælist á stöð 2 að jafnaði og lægst á stöð 4 sunnan fjarðar. Mælingar á stöð 3 geta fylgt nokkuð öðru sniði en á hinum þremur, þar sem hún er austan megin álversins og þar mælist oft hærra að vetri til þegar útlögn er algengari en innlögn. Bilun var í mæli á stöð 4 í mars og á stöð 2 í apríl–júní.

Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2018 reyndust svipuð og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef gostímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Á 9. mynd má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

Styrkur brennisteinstvíoxíðs í lofti fór yfir gróðurverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) einn dag á árinu. Hæsta dagsgildi mældist  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3 í froststillu eða hægum vestlægum andvara þann 25. nóvember. Hæstu dagsgildi á stöð 1 ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) og stöð 2 ( $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) og stöð 4 ( $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mældust sama dag.

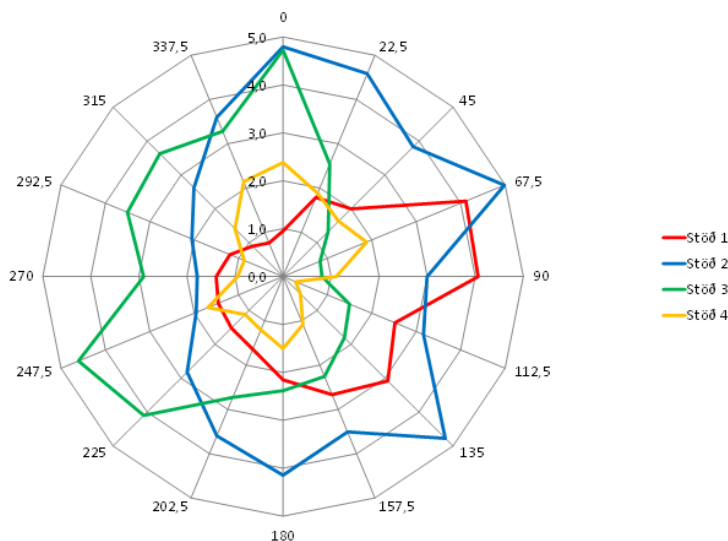
Hæsta klukkustundargildi mældist  $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3 í hægum breytilegum vestan andvara þann 25. nóvember kl. 9 að kvöldi. Sama kvöld á miðnætti þann 26. nóvember mældist hæsta klukkustundargildi  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 2 eftir áttaskipti í suðaustlægan andvara. Á stöð 1 mældist klukkustundargildi hæst,  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kl. 11 að morgni þann 7.

júní í suðaustan kuli. Á stöð 4 mældist hæsta klukkustundargildi 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kl. 5 að morgni þann 25. nóvember í breytilegri norðan morgunstillu. Öll gildin eru undir heilsuverndarmörkum ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2018.

Á 10. mynd má sjá meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt. Álverið er stór uppspretta SO<sub>2</sub> og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í suðvestanátt á stöð 3, í austlægum áttum á stöð 1 og 2 og norðaustanáttum á stöð 4. Þá er líka ljóst að meðaltöl eru nokkuð há í norðan- og sunnanáttum sem geta verið hægviðri, en eru hins vegar ekki algengar áttir.



10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sem fall af vindátt 2018, allar stöðvar.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2018 má sjá í viðauka 1.

### 2.3.4 Flúor í lofti

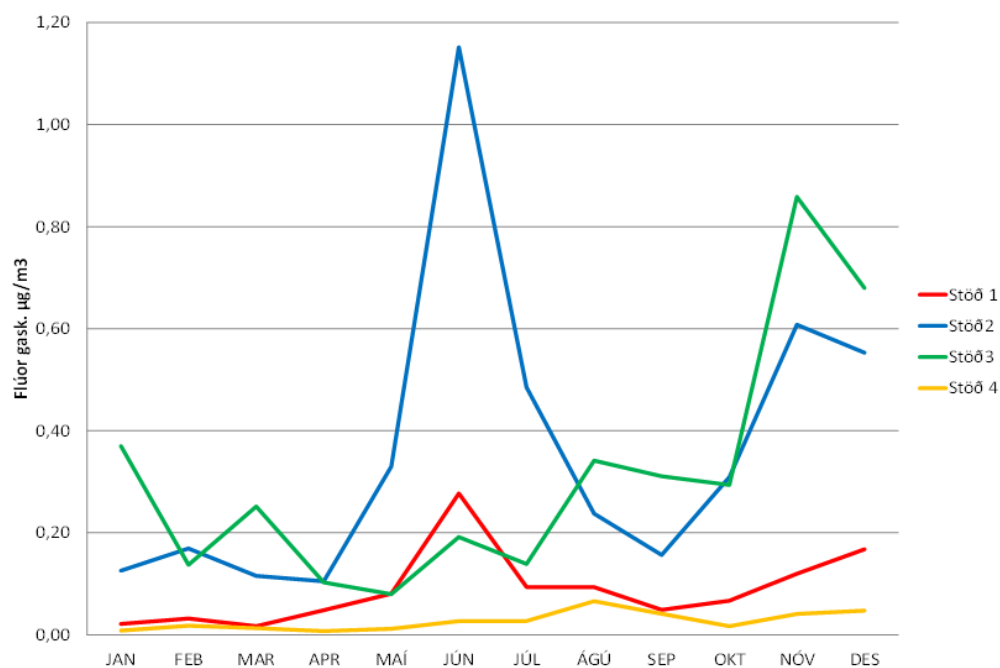
Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

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

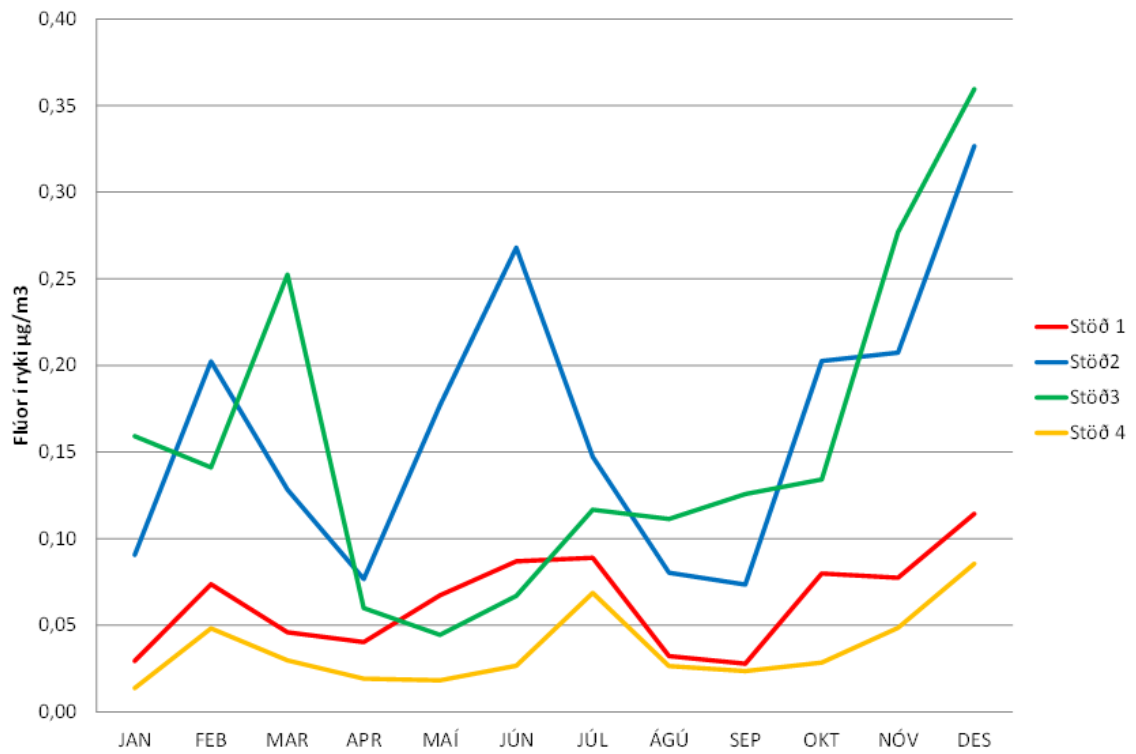
#### i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Meðaltal flúors alls í lofti mældist  $0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og flúor gaskenndur  $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og er það hærra en áður hefur mælst að meðaltali. Sjá má niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl ársins á 11. og 12. mynd og samanburð við fyrri ár á 13. mynd. Há gildi í júní á stöð 2 og svo í nóvember og desember á stöð 2 og 3 hafa veruleg áhrif á niðurstöðuna, en þessa mánuði gerði mikil hægviðri. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímann þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist á stöð 2 eða  $3,02 \mu\text{g F}/\text{m}^3$  þann 10. júní í hægum austlægum andvara eða kuli.

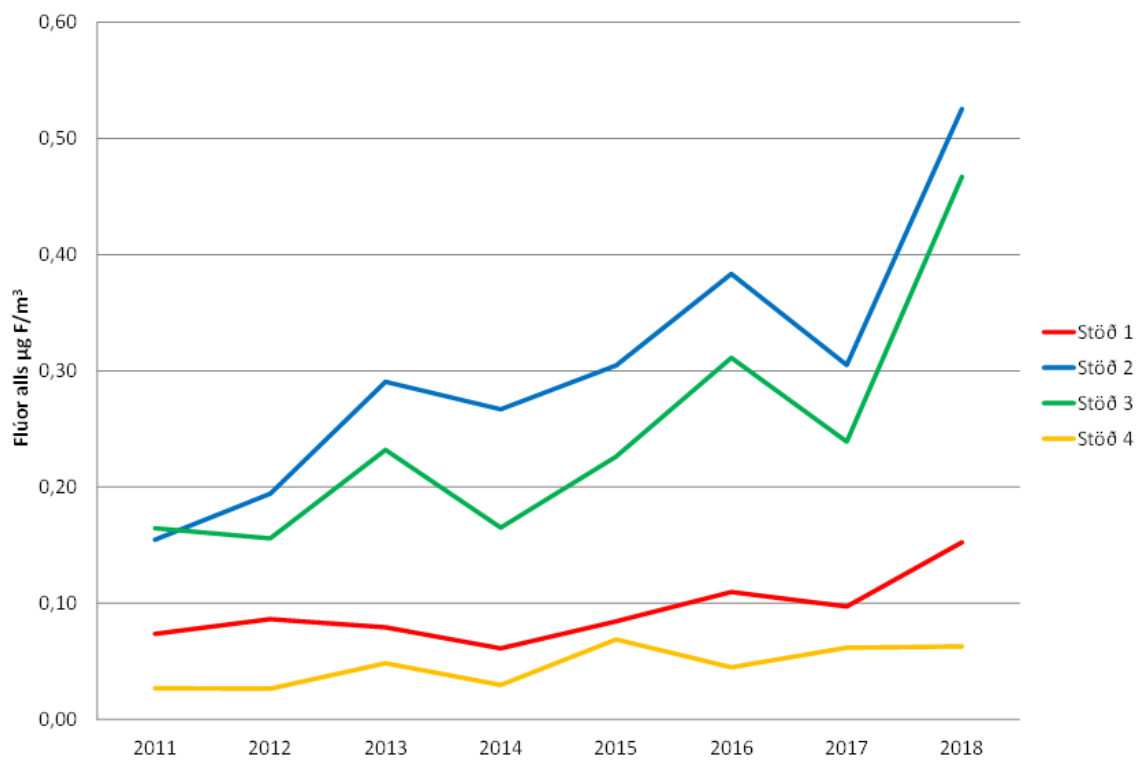
Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskenndan flúor reiknað sem vetnisflúoríð HF eru  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  meðaltal á tímabilinu apríl–september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir þau mörk. Meðalgildið á stöð 3 er  $0,20 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$  á þessu tímabili. Gildið á stöð 2 er hæst eða  $0,44 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$  og yfir mörkunum, en sú stöð er innan þynningarsvæðis.



11. mynd. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2018 (mælingar á síur).



12. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2018 (mælingar á síur).

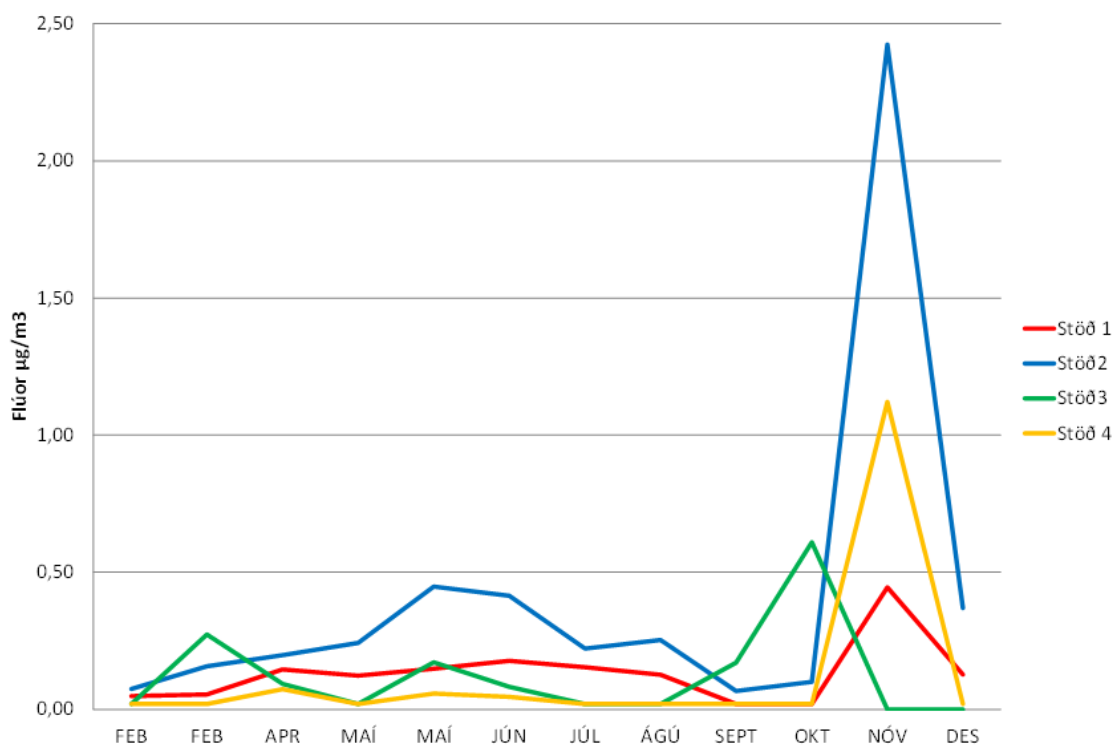


13. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2018 (mælingar á síur).

## ii) Flúor í svifryki

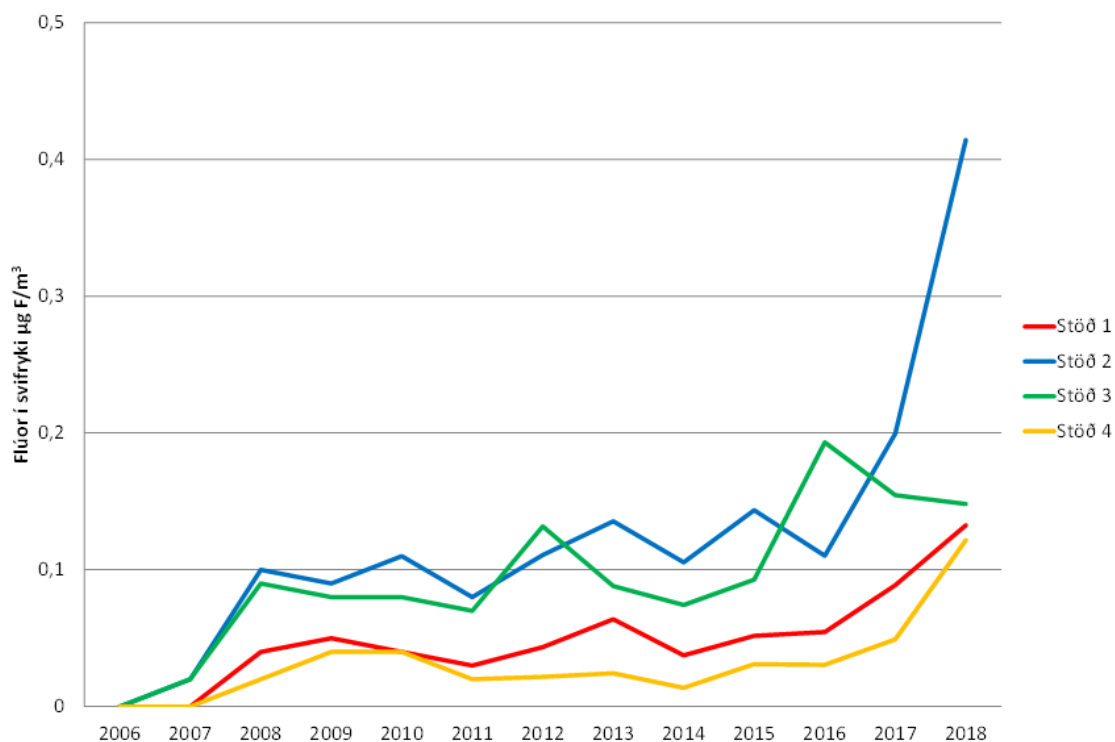
Heildarmeðaltal ársins var  $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niðurstöðu þessara mælinga má sjá á 14. mynd. Flúor í ryki í lofti er mældur í svifrykssíum, en svifryki er safnað á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.

Árið 2018 mældist flúor í svifryki hærra en áður og undanfarin þrjú ár eru þau hæstu frá upphafi, sjá 15. mynd. Meðaltal ársins er um þrefalt hærra en meðaltal árána 2008–2015. Sjá má að gildi í nóvember eru mjög há og hækka meðaltalið verulega. Þá er líklegt að meðaltalið hefði orðið enn hærra ef sýni hefðu náðst á stöð 3 í nóvember og desember. Ef nóvember er undanskilinn, þá yrði hækkingin frá árinu 2017 óveruleg. Engu að síður yrði árið 2018 það hæsta hingað til. Þá má líka benda á að hækkingin er mest innan þynningarsvæðis, en hækking utan þynningarsvæðis er þó líka töluverð á undanförunum tveim árum miðað við tímabilið 2008–2015.



14. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2018.





15. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005–2018.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2018 má sjá í viðauka 2.

### 2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

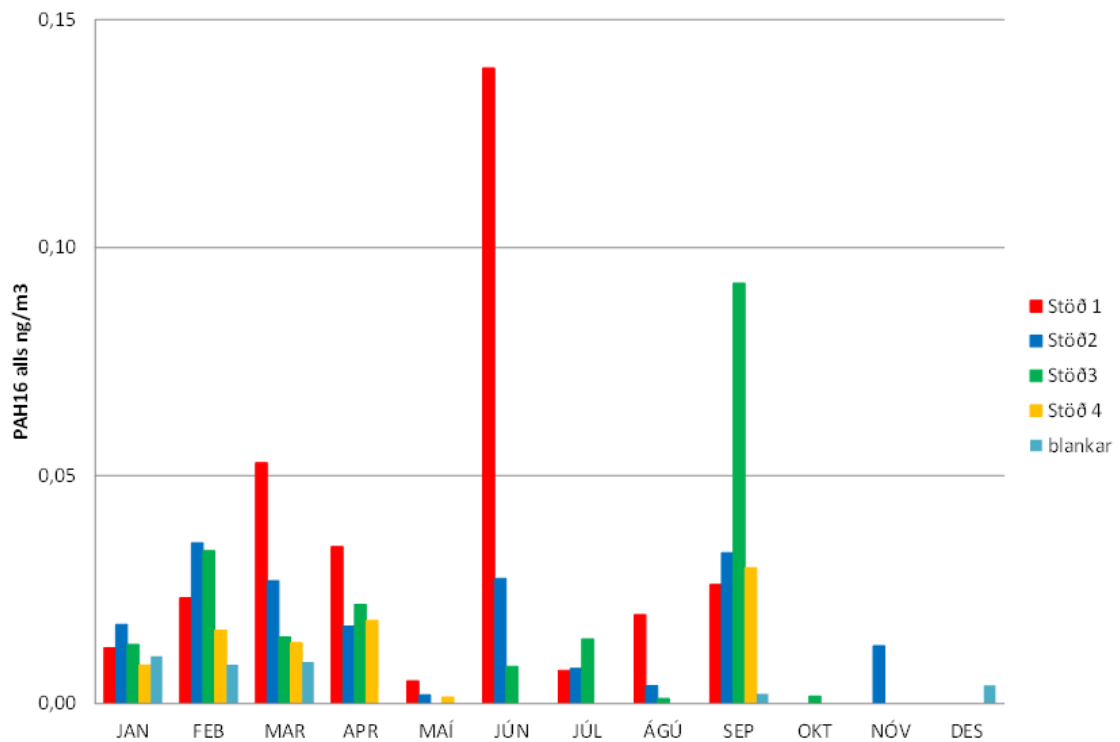
Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall (OSPAR/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009–2011 og 2013–2018 Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Mæligildi ársins 2018 eru nokkuð breytileg (16. mynd). Oft eru mæligildi heldur lægri yfir sumartímann, vegna hærra hlutfalls í gasfasa að sumri og einnig vegna sundrunar PAH-efna fyrir áhrif sólarljóss að sumri.

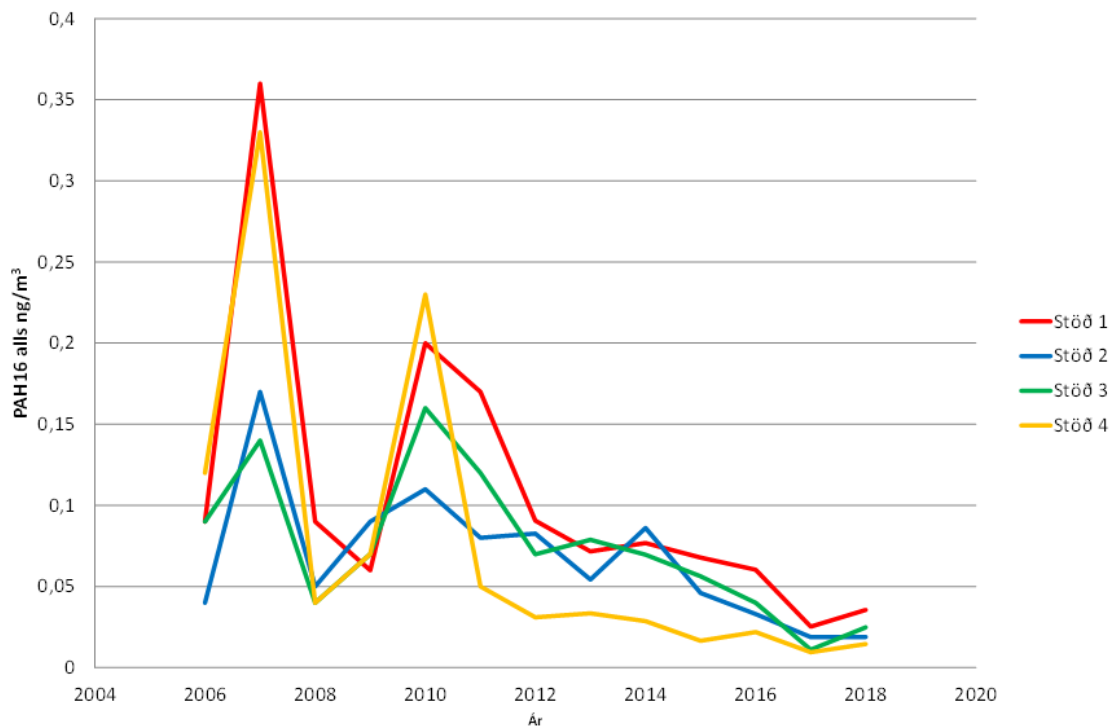
Niðurstaða ársins er mjög svipuð og árið á undan og eru með lægsta móti (17. mynd). Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um 0,023 ng/m<sup>3</sup> umfram magngreiningarmörk á árinu 2018 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmarkna PAH16 árið 2018 er að meðaltali 0,04 ng/m<sup>3</sup> en er svolítið breytilegt (0,02–0,09 ng/m<sup>3</sup>) eftir tímabilum. Ársmeðaltöl á hverri stöð hafa verið í öllum tilfellum undir 0,1 ng/m<sup>3</sup> frá árinu 2012.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m<sup>3</sup> skv reglugerð nr. 410, 2008. Mæld BaP gildi árið 2018 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 5 síum af 48 og reiknast hæst í september á stöð 3 eða 0,004 ng/m<sup>3</sup>. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældust hæstu gildin

á stöð 3 í september eða  $0,051 \text{ ng/m}^3$  af benzó[b]flúoranten og benzó[j]flúoranten (mæld saman sem summa), en hæstu gildi þessara efna voru annars undir  $0,010 \text{ ng/m}^3$ .



16. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2018.



17. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2018.

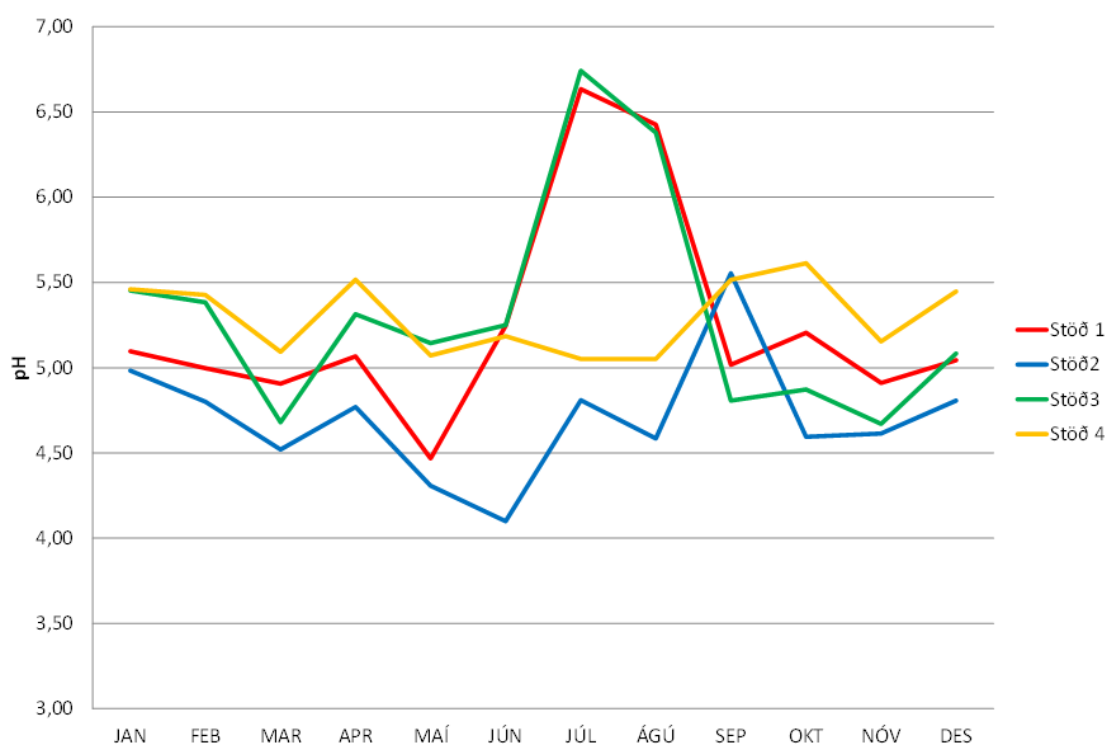
Niðurstöður mælinga á PAH16 í svifrykksíum má sjá í viðauka 3.

### 2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Úrkoma er mæld og henni er jafnframt safnað í Reyðarfirði á öllum stöðvum. Úrkoma hefur verið nokkuð misjöfn eftir árum. Úrkomumagn getur haft mikil áhrif á styrk mengunarefna. Í mikilli úrkomu getur styrkur mælst lægri, en áfall mengunarefna á jörð engu að síður getur verið töluvert og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Í heild virðist reiknað áfall mengunarefna frá árinu 2008 sæmilega stöðugt í Reyðarfirði, þó með töluverðum breytileika milli ára. Mæld úrkoma var óvenju mikil árið 2018, hefur ekki mælst hærri frá því að mælingar hófust árið 2005 og um 75% meiri en í meðalári. Janúar, febrúar, nóvember og desember voru úrkomumiklir mánuðir.

#### Sýrustig (pH) í úrkomu

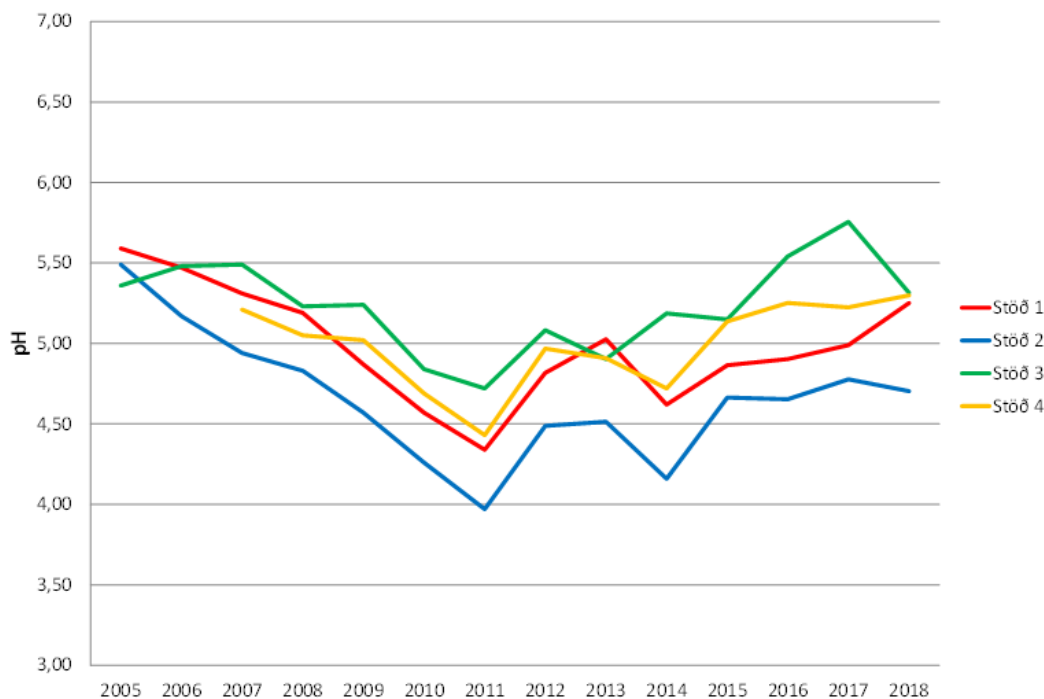
Niðurstöður ársins 2018 fyrir pH í úrkomu má sjá á 18. mynd.



18. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2018.

Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl pH stigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað í hverri viku frá öllum stöðvum. Meðaltöl áranna 2005–2018 fyrir sýrustig í úrkomu má sjá á 19. mynd. Útlit er nokkuð einkennandi með hærri pH stig mælt á stöð 3 yfir sumartímamann, þegar innlögn er áberandi. pH stig á stöð 1 fylgir stöð 3 á þessu tímabili og kemur aðeins á óvart. Árið var úrkomusamt í heild og sýni náðust í öllum mánuðum og raunar flestum vikum, þó náðust ekki vikusýni í 6–10 skipti eftir stöð á árinu. pH stig í

úrkomu mældust svipuð að meðaltali á stöð 1, 3 og 4 eða um 5,3 en lægra á stöð 2, um 4,7 (18. mynd). Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu síst á stöð 3 og mælist úrkomun þar yfirleitt minna súr með hærri pH stig. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við pH stigi á bilinu 5,5 – 6,5.

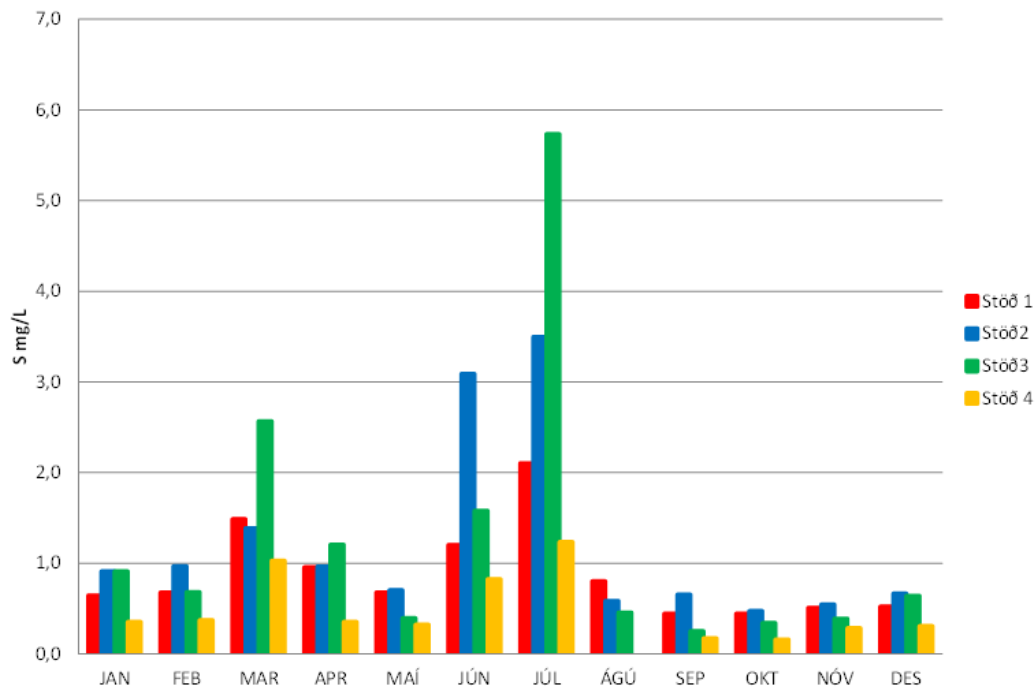


19. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2018.

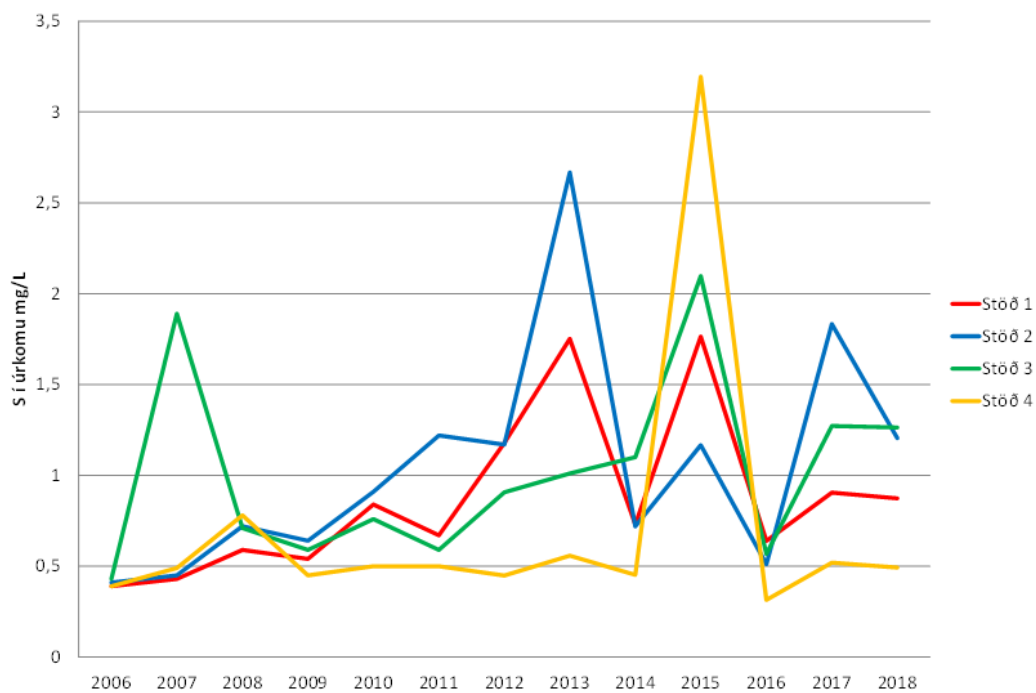
Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012 með svólíttli jákvæðri þróun í átt til hærri sýrustigs.

#### *Brennisteinn í úrkomu*

Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrenns konar, úr sjó, af mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru nokkur árin 2010, 2014 og mjög mikil árið 2015. Brennisteinstyrkur í úrkomu var í meðallagi árið 2018, mánaðarmeðaltöl ársins má sjá á 20. mynd og ársmeðaltöl áranna 2006–2018 má sjá á 21. mynd. Meðaltalið árið 2018 í heild mældist 0,97 mg/L, svólítið lægra en árið áður. Einu útlægu gildi var sleppt úr meðaltali, gildi upp á um 32 mg/L í sýni frá stöð 4 í ágúst sem afar líklega hefur orðið fyrir einhvers konar tilfallandi mengun.



20. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2018.



21. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2018.

Reikna má heildaráfall brennisteins í mældri úrkomu árið 2018 í rúmu meðallagi. Ígildi áfallsins er reiknað með mjög einföldum hætti, sem meðalstyrkur ársins í úrkomusýnum margfaldaður með heildarúrkomumagni sem safnað er í regnsafnara á stöðvunum. Meðaltal áfalls frá 2007 er um  $1,9 \text{ g/m}^2$  á ári en reiknaðist um  $2,4 \text{ g/m}^2$  árið 2018 sem er

svolítið hærra en árið 2017 þegar það reiknaðist um 2,2 g /m<sup>2</sup>. Þarna gildir að heildarstyrkur er lægri í miklu úrkomuári en heildaráfall getur verið ívið meiri.

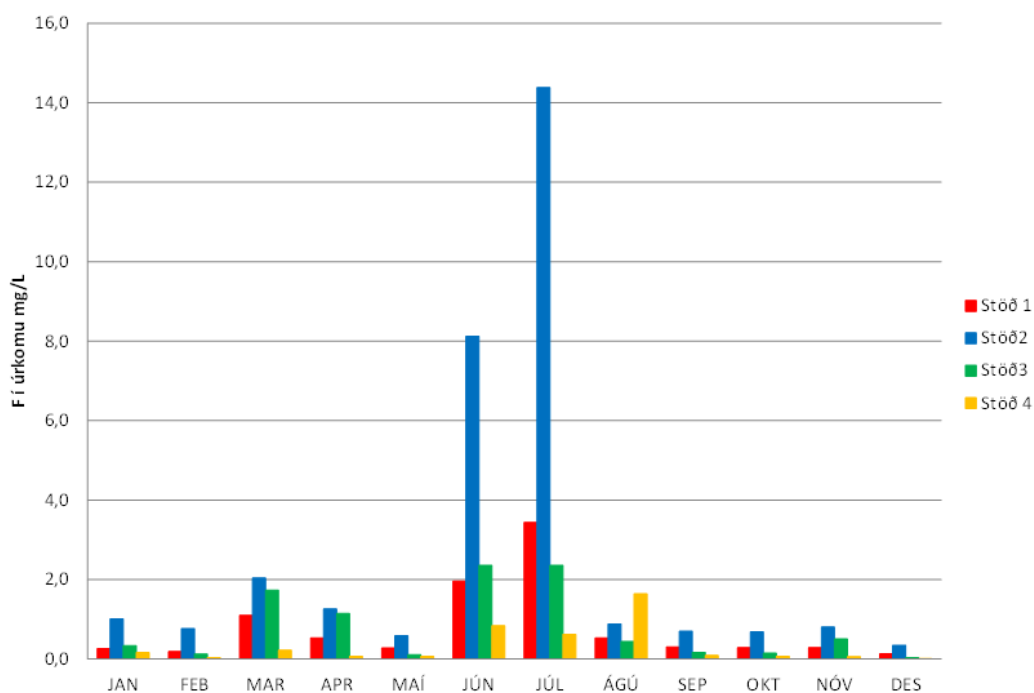
Eins og sjá má á 21. mynd mældist styrkur í úrkomu nokkuð sveiflukenndur. Árið 2018 er meðalstyrkur gróflega í meðallagi.

#### Flúor í úrkomu

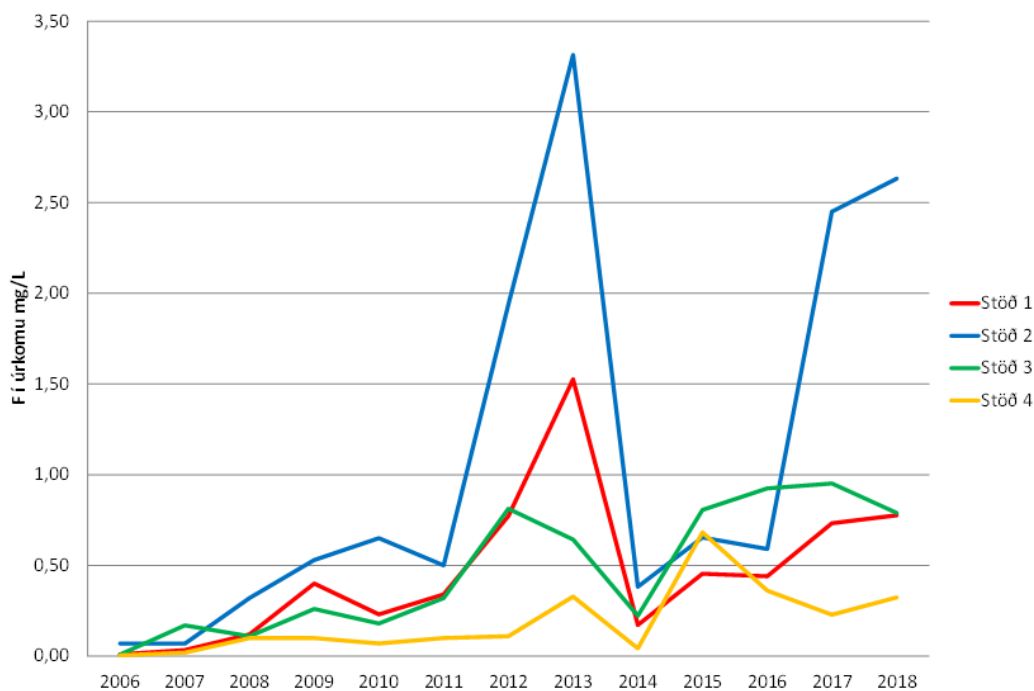
Flúorgildi í úrkomu voru með hæsta móti, ársmeðaltalið var 1,13 mg/L árið 2018. Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarin ár og stundum mikill munur milli stöðva (22. og 23. mynd). Áður hefur meðaltalið farið hæst árið 2013 eða 1,45 mg/L. Árið 2018 munaði mest um tvö há gildi sem mældust í úrkomu frá stöð 2 í júní og júlí. Væri þeim sleppt úr meðaltali, teldist flúor í úrkomu í meðallagi.

Ígildi áfalls reiknast um 1,7 g/m<sup>2</sup> á árinu 2018 eða nokkuð hærra en meðallag þess frá 2007–2016 sem er um 1,1 g/m<sup>2</sup> ár. Áfallið jafnast út með úrkomunni yfir árið, í mánuðum sem styrkurinn var hæstur, var úrkoman gróflega um tífalt minni en í mánuðum þegar úrkoman var mest.

Þrátt fyrir að meðalstyrkur flúors í úrkomu hafi mælst mjög sveiflukenndur reiknast ígildi áfalls mun jafnara. Fyrir utan árin 2013 og 2017 reiknast ígildi áfalls yfirleitt undir 1,0 g/m<sup>2</sup> frá 2009.



22. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2018.



23. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2018.

Niðurstöður efnagreininga í úrkomu má sjá í viðauka 4.

### 3 Efnamælingar í gróðri

#### 3.1 Inngangur

##### 3.1.1 Flúor og gróður

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Styrkur flúors í grasi getur breyst nokkuð hratt samhliða breytingum á veðurfari og magni flúors í lofti. Eins og áður hefur komið fram sest flúor á yfirborð gróðurs á formi gass og ryks. Erlendar rannsóknir benda til þess að rigning geti skolað burt allt að 60% af mældum styrk flúors í gróðri (Vike & Håbjorg, 1995). Þar af leiðandi getur styrkur flúors í gróðri mælst lægri eftir rigningu. Þannig má segja að styrkur flúors í grasi geti endurspeglað bæði veðurfar og magn loftborins flúors dagana á undan sýnatöku á grasi. Því er mikilvægt að skoða meðaltöl fyrir styrk flúors, en einblína ekki á einstakar mælingar í tíma og rúmi (Weinstein & Davison, 2004; Franzaring o.fl., 2007). Í viðauka 6 eru sýndir veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2018.



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

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

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

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

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

## **3.2 Aðferðir og sýnatökudagar**

### **3.2.1 Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna**

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

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að betrubæta vöktunina í samræmi við niðurstöður fyrri ára og koma til móts við ábendingar og athugasemdir Umhverfisstofnunar, Matvælastofnunar og hestaeigenda. Breytingarnar fólust í því að sumir sýnatökustaðir voru felldir út og öðrum bætt við, einkum í botni Reyðarfjarðar. Í heildina fjölgaði sýnatökustöðum um fjóra á þessum árum. Þá bættist

einn sýnatökustaður til viðbótar við árið 2017 og er grasi því nú safnað á 35 sýnatökustöðum. Breytingum á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 var lýst í skýrslum fyrir umhverfissvöktun þeirra ára (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015).

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

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

### 3.2.2 Töluleg úrvinnsla

Parað *t*-próf (e. *paired t-test*) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli áranna 2017 og 2018. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með kvaðratrót eða logra væri þess þörf. Í þeim tilvikum sem ekki tókst að uppfylla skilyrði um normaldreifingu með umbreytingu var *Wilcoxon Rank* próf notað.

Tölfræðiúrvinnsla var unnin í *R*, útgáfu 3.5.1 (R Core Team, 2018) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

### 3.2.3 Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.

**Grasi** var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst sumarið 2018 (24. mynd). Alls var 210 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 5. og 19.–20. júní, 3. og 17.–18. júlí og 31. júlí – 1. ágúst. og 14.–15. ágúst 2018. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

**Mosa** (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 13.–18. júlí 2018 (35., 41. og 47. mynd). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 20 þar sem þar var litlar sem engar fléttur að finna. Á nokkrum stöðum í viðbót var mjög lítið um hreindýrakraka og þá var ormagrösuum (*Thamnolia vermicularis* var. *subuliformis*) safnað í staðinn til að ná í sýni. Á tuttugu og einum stað dugði magn fléttusýnis ekki til þurrefnagreiningar og var meðaltal þurrefnis allra annarra sýna tekið og notað áfram í útreikningum þessara sýna. Þá er orðið að mestu ófært á sýnatökustað 25 vegna þétts gróðurs og var því ákveðið að taka sýni í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinum megin við ána.

Sýnum af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á níu sýnatökustöðum 20. ágúst 2018 (53. mynd). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barrnállum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 29. október 2018. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2018, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2017, táknað CP). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

**Stilkum og laufum rabarbara** var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á átta sýnatökustöðum. Alls var 48 sýnum safnað dagana 19. júní, 18. júlí og 15. ágúst 2018 (62. mynd). Í júlí 2016 hafði allur rabarbarinn við V8 verið fjarlægður svo að frá og með þeirri sýnatöku voru rabarbarasýni V8 tekin í nærliggjandi garði. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum. Pungmálmarnir 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.

**Kartöflugrösum og kartöflum** var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 20. ágúst 2018, alls sex sýnum (66. mynd). Einnig var einu sýni af **grænlaufs-salati** og einu sýni af **lambhagasalati** safnað á sýnatökustað V1 þann sama dag. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins.

**Bláberjum og krækiberjum** var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 20. ágúst 2018 (69. mynd). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

**Heysýnum** var safnað 10. október 2018 en auk þess hafði tveimur sýnum verið safnað 20. ágúst 2018. Alls var því 17 sýnum safnað frá 14 túnum í Reyðarfirði (72. mynd). Áhersla var lögð á að safna sýnum af sem flestum túnum á svæðinu. Jafnframt var leitast við að safna heysýnum af sömu túnum og haustið 2017. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum. Auk heys var tveimur sýnum af **fóðurkáli** safnað 20. ágúst 2018. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

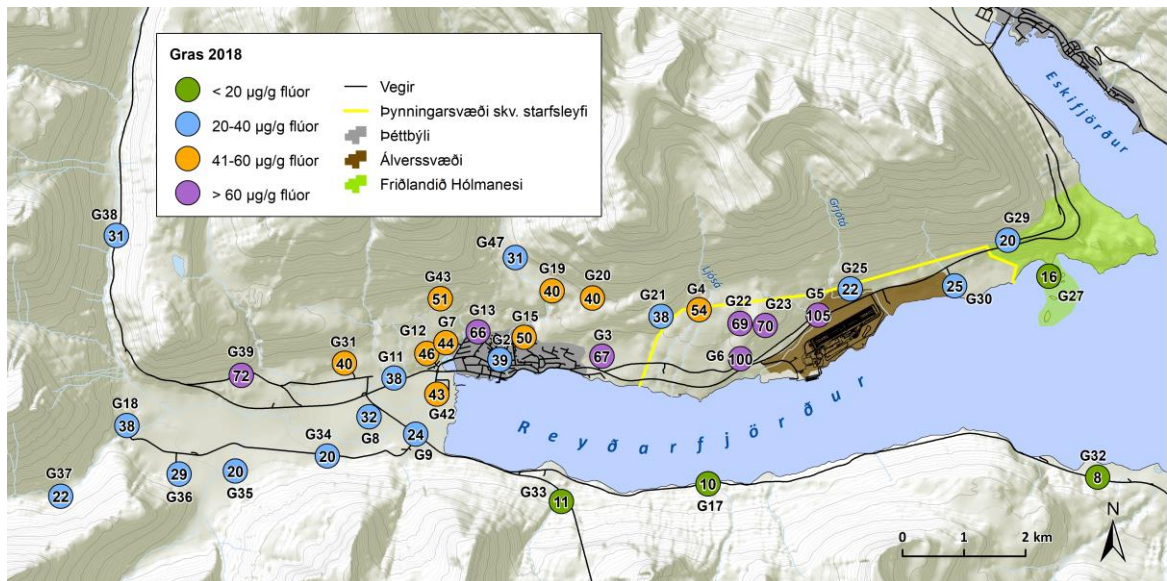
**Vetrarhey.** Auk þess að safna sýnum beint úr óopnuðum heyrúllum eða heyböggum hafa sýni einnig verið tekin af heyi sem sett er út fyrir hross yfir vetrarmánuðina til að kanna hvort flúor safnist upp í því á meðan það stendur úti. Fjórum heysýnum úr rúllum sem settar voru út fyrir hross var safnað 22. janúar 2019. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateigshjáleigu, Kollaleiru, við Njörvadalsá og á Áreyjum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mældur í öllum sýnum.

### **3.3 Niðurstöður**

#### **3.3.1 Gras**

##### *3.3.1.1 Flúor*

Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2018 var 105 µg/g á sýnatökustað G5, rétt ofan við álverið. Hæstu gildi flúors í einstaka sýnatökum mældust alltaf innan þynningarsvæðis, á sýnatökustöðum G5, G6, G22 og G23, norðvestan við álverið (24. mynd). Líkt og fyrri ár mældist lægsti meðalstyrkur flúors sumarið 2018 fyrir austan og sunnan álver.

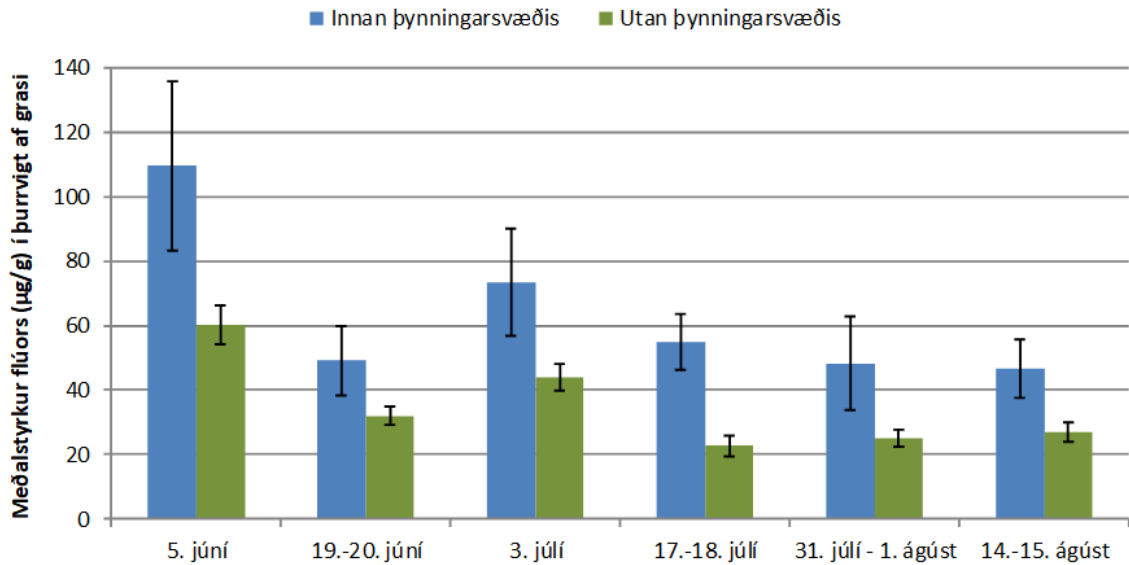


24. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

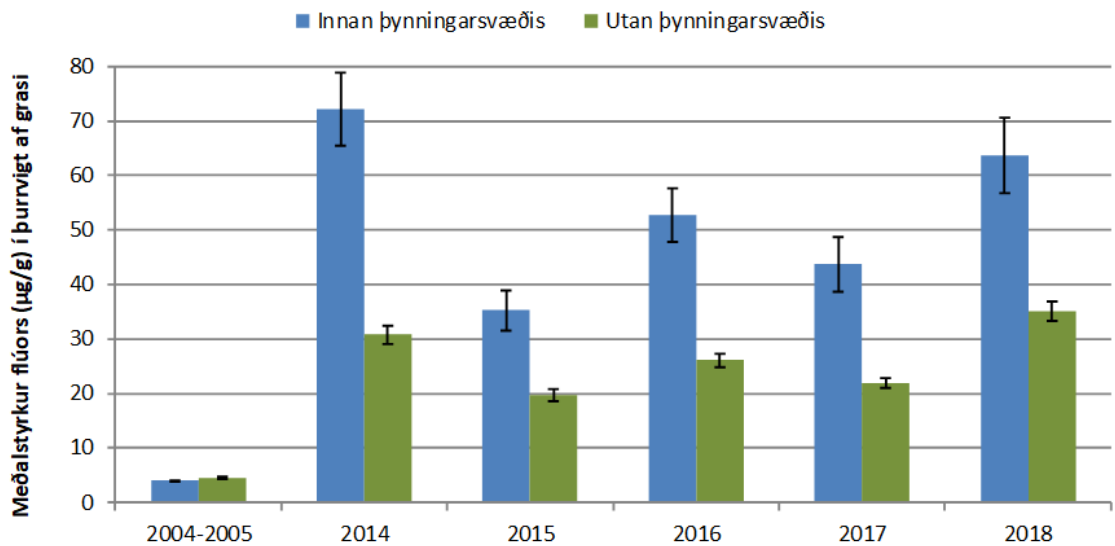
Meðalstyrkur flúors í grasi utan þyningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 23–60 µg/g. Styrkurinn innan þyningarsvæðis mældist hærri en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins (25. mynd) og var á bilinu 47–110 µg/g í einstaka sýnatökum sumarsins 2018.

Meðalstyrkur flúors í grasi var marktækt hærri árið 2018 en árið 2017 bæði utan og innan þyningarsvæðis ( $p < 0,01$ ). Gildi ársins 2018 voru einnig marktækt hærri en gildi árána 2014–2016 utan þyningarsvæðis ( $p < 0,05$ ) og gildi árána 2015–2016 innan þyningarsvæðis ( $p < 0,01$ ) en marktækur munur var ekki milli árána 2014 og 2018 innan þyningarsvæðis (26. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur ( $p < 0,01$ ) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (26. mynd).

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunnildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2018 en þó var einum sýnatökustað utan þyningarsvæðis bætt við sumarið 2017.



25. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvígt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuförðum frá júní til ágúst 2018. Fjöldi sýnatökustaða: innan þyningarsvæðis ( $n=7$ ) og utan þyningarsvæðis ( $n=28$ ).



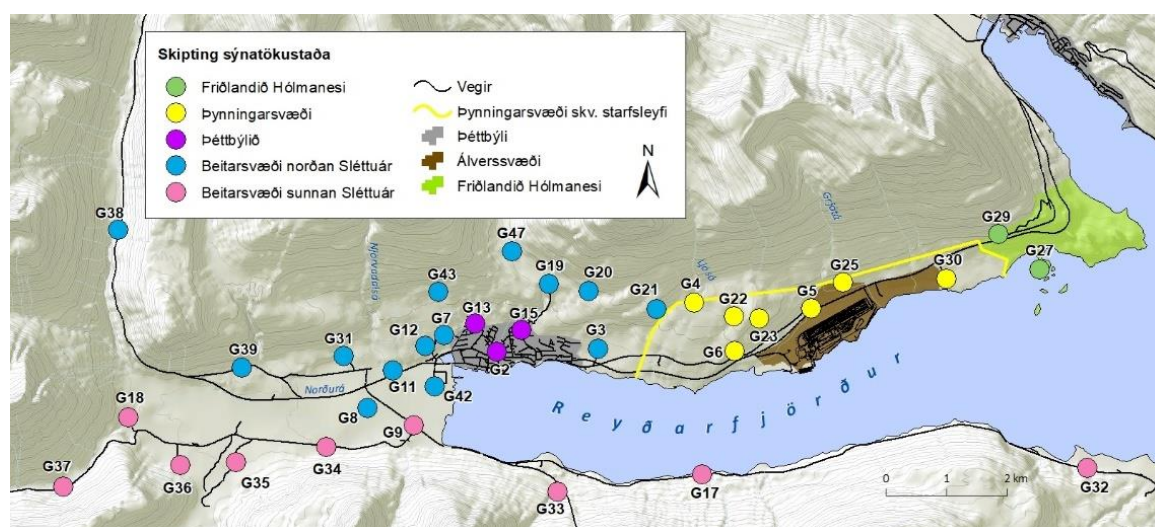
26. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvígt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunngildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein hvort ár) og 2014–2018. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 ( $n=30$ ), 2014–2016 ( $n=34$ ) og 2017–2018 ( $n=35$ ).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2018 utan þyningarsvæðis var  $35 \mu\text{g/g}$  sem er undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr ( $56,8 \mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) en örlítið fyrir ofan mörkin fyrir mjólkandi jórturdýr ( $34,1 \mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald). Ef horft er á einstaka sýnatökustaði var meðalstyrkur flúors í grasi fyrir sumarið 2018 yfir hámarksgildum flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr á þremur stöðum utan þyningarsvæðis. Það var á sýnatökustöðum G3, G13 og G39 sem eru allir norðanmegin í firðinum vestan við álverið, G3 við Teigagerði, G13 í þéttbýlinu og G39 við Seljateigshjáleigu (24. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi var yfir hámarksgildum fyrir

mjólkandi jórturdýr á 12 stöðum til viðbótar utan þynningarsvæðis, langflestir einnig í norðvesturhluta fjarðarins. Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2018 innan þynningarsvæðis var 64 µg/g.

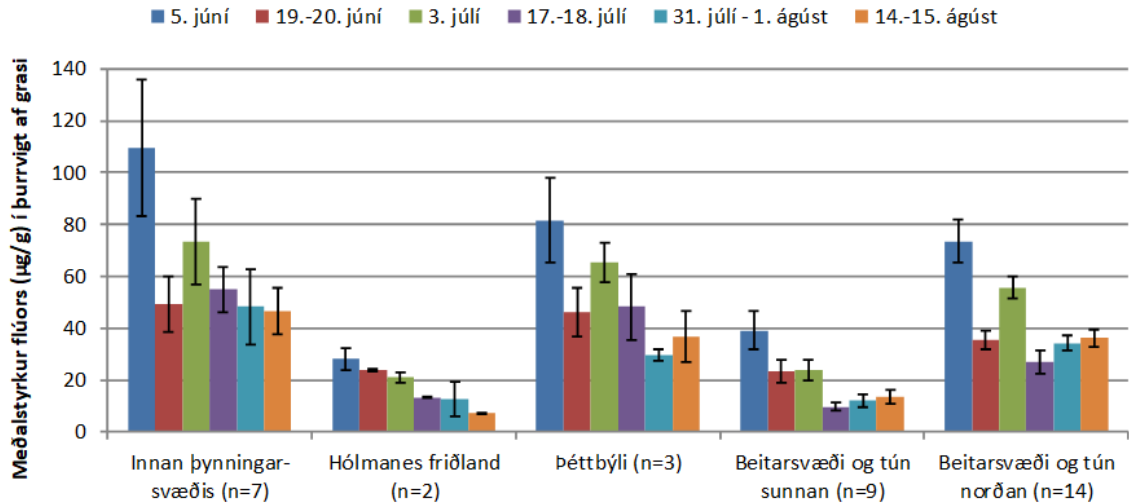
Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (27. mynd):

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



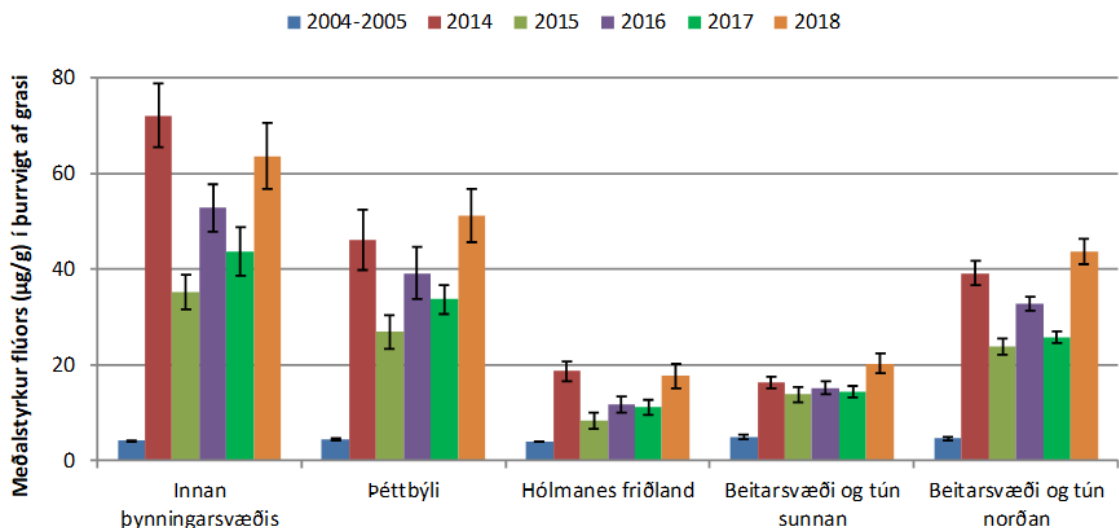
27. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2018 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningarsvæðis (28. mynd). Lægstu gildin mældust alltaf á Hólmanesi og á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar. Lægstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust síðari hluta sumars en hæstu meðalgildi ársins hins vegar í fyrstu sýnatöku sumarsins á öllum svæðunum (28. mynd).



28. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2018, skipt upp eftir svæðum.

Meðalstyrkur flúors í grasi hækkaði á öllum svæðum milli árána 2017 og 2018, eftir að hafa lækkað lítillega á öllum svæðum milli árána 2016 og 2017 (29. mynd). Dreifingarmynstur styrks flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin mældust næst álverinu, innan þyningarsvæðis. Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu.



29. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein sithvort árið) og 2014–2018. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2018 (n=35).

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarssvæðum og tünnum bæði norðan og sunnan fjarðar sumarið 2018 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (mörkin eru 56,8 µg/g m.v. 0% rakainihald). Meðalstyrkur flúors var

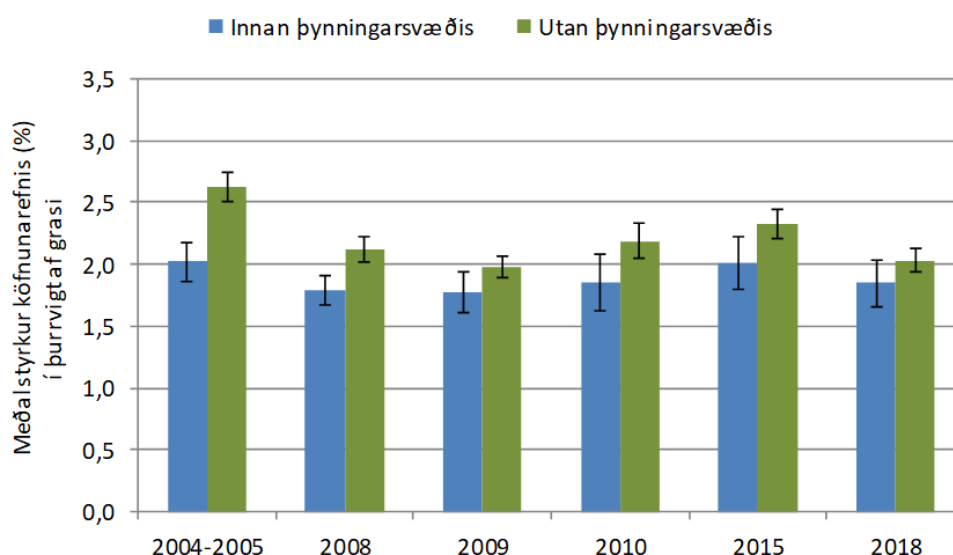
einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar (mörkin eru 34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald) en fyrir ofan þau norðan fjarðar, eða 44 µg/g (29. mynd).

### 3.3.1.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í grasi hefur haldist nokkuð svipaður frá því álverið tók til starfa (30. mynd). Styrkur köfnunarefnis árið 2018 var marktækt lægri en árið 2015 utan þynningarsvæðis ( $p < 0,01$ ), en ekki innan þess ( $p = 0,22$ ). Styrkurinn var einnig marktækt lægri árið 2018 en árin fyrir gangsetningu álvers, bæði utan og innan þynningarsvæðis ( $p < 0,05$ ). Meðalstyrkur köfnunarefnis hefur frá upphafi mælst lægri innan þynningarsvæðis en utan þess.

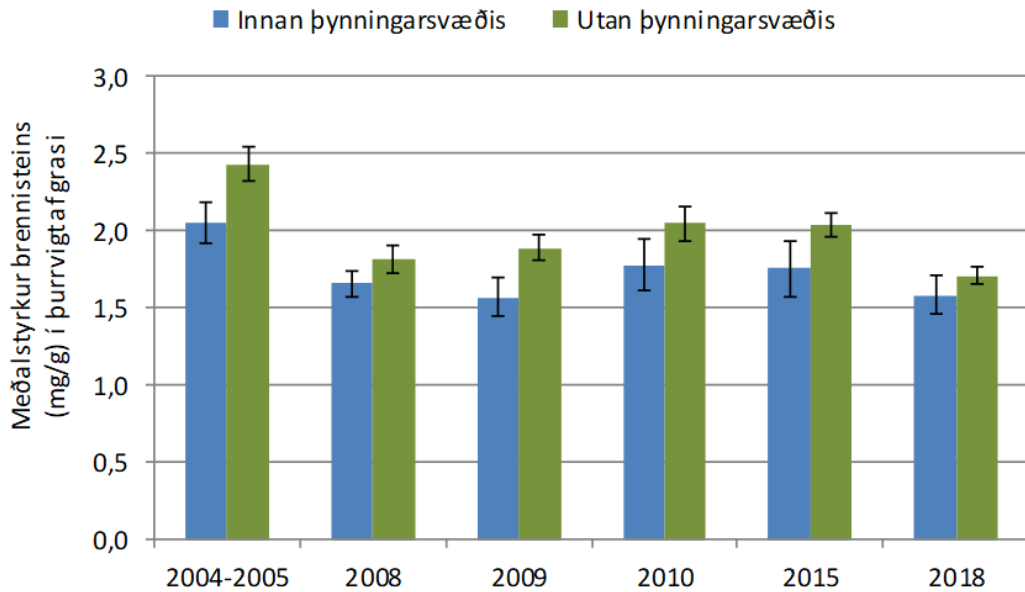
Styrkur brennisteins í grasi hefur haldist nokkuð svipaður frá því álverið tók til starfa (31. mynd). Styrkur brennisteins árið 2018 var marktækt lægri en árin 2015 utan þynningarsvæðis ( $p < 0,01$ ), en ekki innan þess ( $p = 0,16$ ). Styrkurinn var einnig marktækt lægri árið 2018 en árin fyrir gangsetningu álvers, bæði utan og innan þynningarsvæðis ( $p < 0,05$ ). Auk þess var styrkurinn 2018 marktækt lægri en árin 2009 og 2010 utan þynningarsvæðis ( $p < 0,05$ ) en innan þynningarsvæðis mældist hins vegar ekki marktækur munur á gildum ársins 2018 og gildum annarra ára ( $p > 0,05$ ). Meðalstyrkur brennisteins, líkt og köfnunarefnis, hefur frá upphafi mælst lægri innan þynningarsvæðis en utan þess. Styrkur brennisteins annars vegar innan og hins vegar utan þynningarsvæðis hefur í öllum tilvikum mælst lægri eftir að álverið tók til starfa en á árunum 2004–2005 (31. mynd).

Gerðar voru breytingar á grassýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og meðalstyrkur köfnunarefnis og brennisteins í grasi árin 2015 og 2018 er því ekki fullkomlega samanburðarhæfur við fyrri ár þó árin 2004 til 2010 séu samanburðarhæf. Auk þess var einum sýnatökustað til viðbótar bætt við árið 2018, á beitarsvæðum norðan fjarðar.



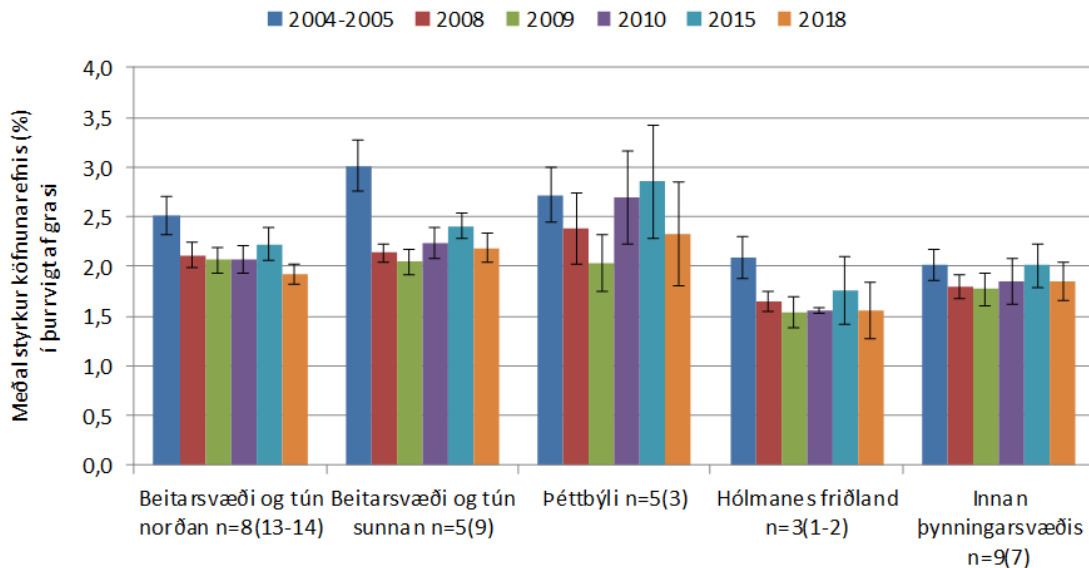
30. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 (27 árið 2015).



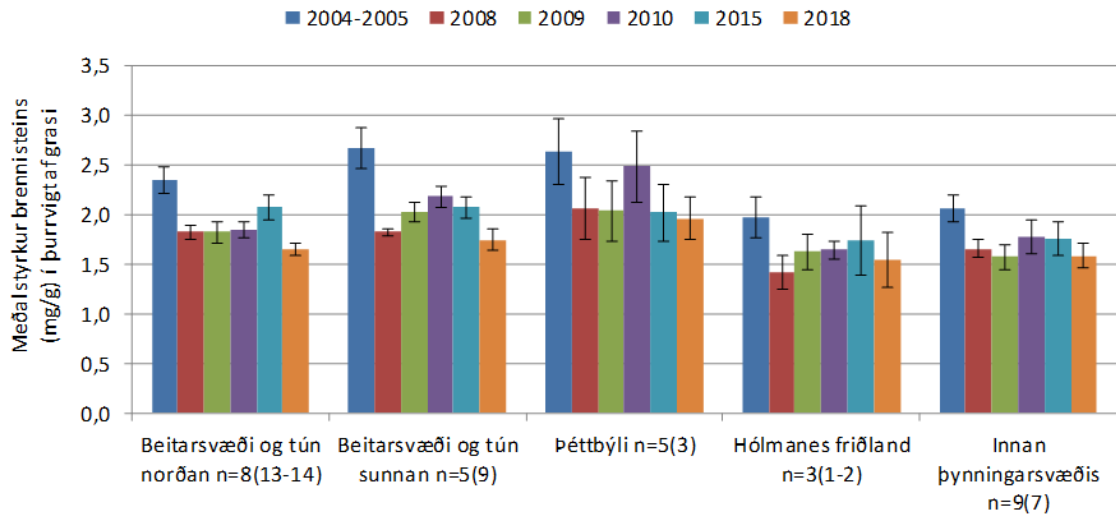


31. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigtafgrasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 (27 árið 2015).

Styrkur köfnunarefnis og brennisteins í grasi hefur frá upphafi mælinga verið lægri innan þynningarsvæðis álversins og austan þess heldur en á beitarsvæðum norðan og sunnan fjardar og í þéttbýlinu á Reyðarfirði (32. og 33. mynd). Munur á gildum milli svæða var þó minni árið 2018 en árið 2015.



32. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigtafgrasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004–2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árin 2015 og 2018 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.



33. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005, 2008–2010, 2015 og 2018. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004–2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árin 2015 og 2018 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.

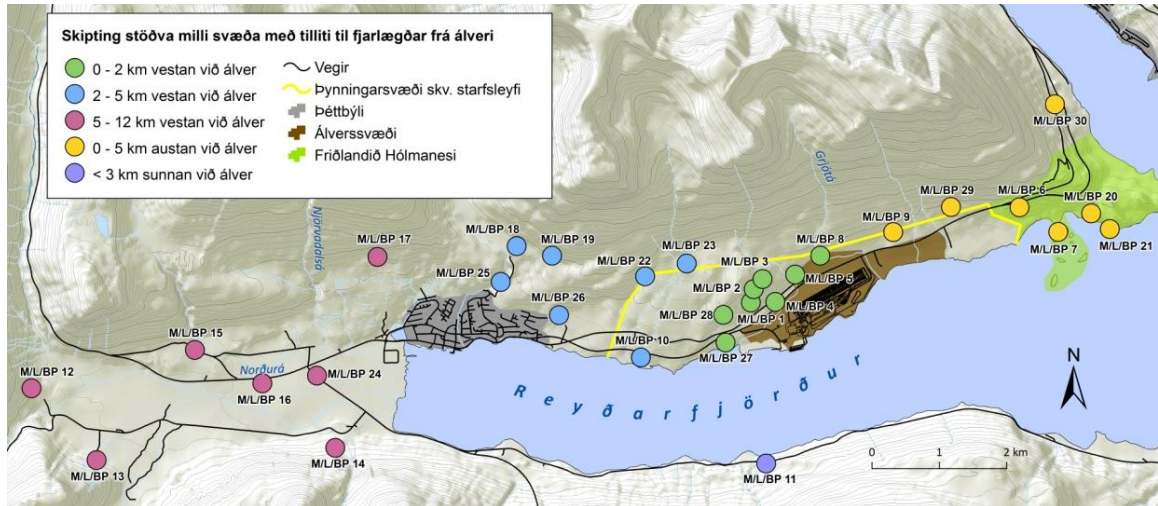
Niðurstöður allra mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í grasi fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 7.

### 3.3.2 Mosi

Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (34. mynd).

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

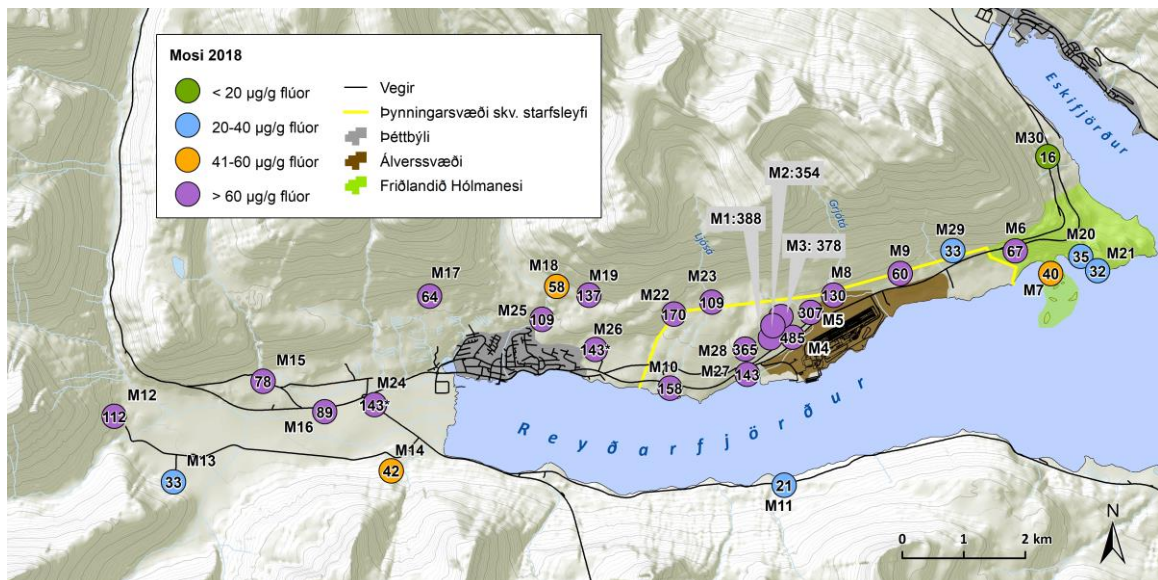
Þegar fjallað er um dreifingarmynstur flúors í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu.



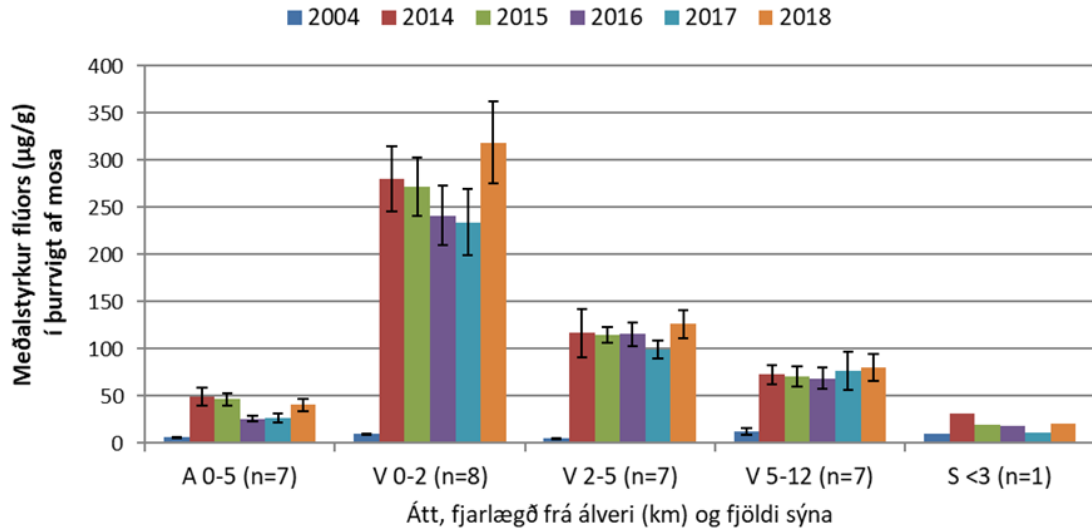
34. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2018 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

### 3.3.2.1 Flúor

Styrkur flúors í mosa mældist frá 16–485  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis álversins. Styrkur flúors lækkaði eftir því sem fjær dró álverinu en þó mismikið (35. mynd). Almennt mældust mun lægri gildi sunnan og austan álversins en vestan þess eða 21  $\mu\text{g/g}$  sunnan við það og að meðaltali 40  $\mu\text{g/g}$  austan við það (35. og 36. mynd).



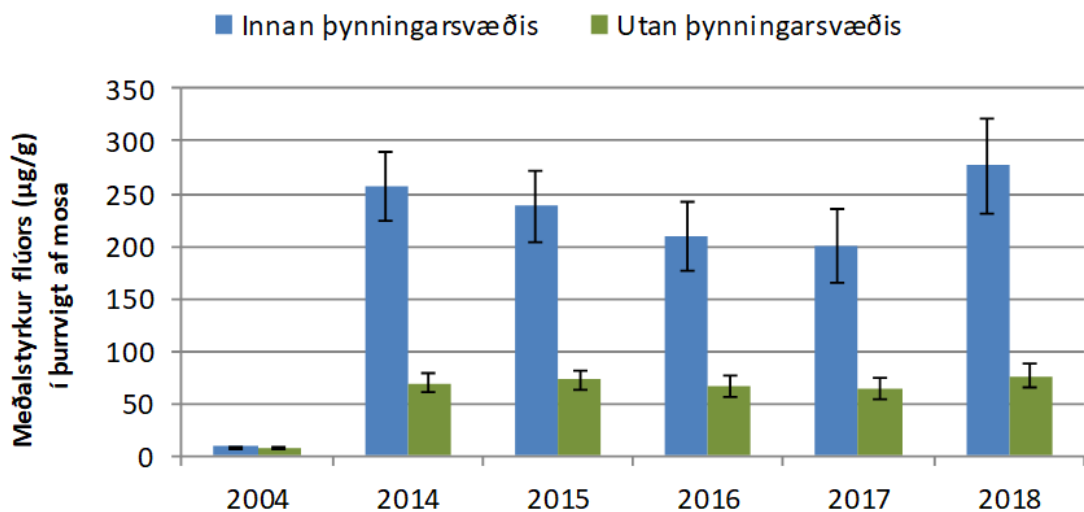
35. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



36. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018. 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 (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þyningarsvæðis árið 2018 mældist 77 µg/g sem er hærra en árið 2017 ( $p=0,02$ ) en ekki marktækt frábrugðið árunum 2014–2016 ( $p>0,05$ ) (37. mynd). Ársmeðaltalið innan þyningarsvæðis árið 2018 mældist 277 µg/g sem er einnig hærra en meðalgildi ársins 2017 ( $p<0,01$ ) og hærra en gildi ársins 2016 ( $p<0,01$ ). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi ( $p<0,01$ ) (37. mynd).

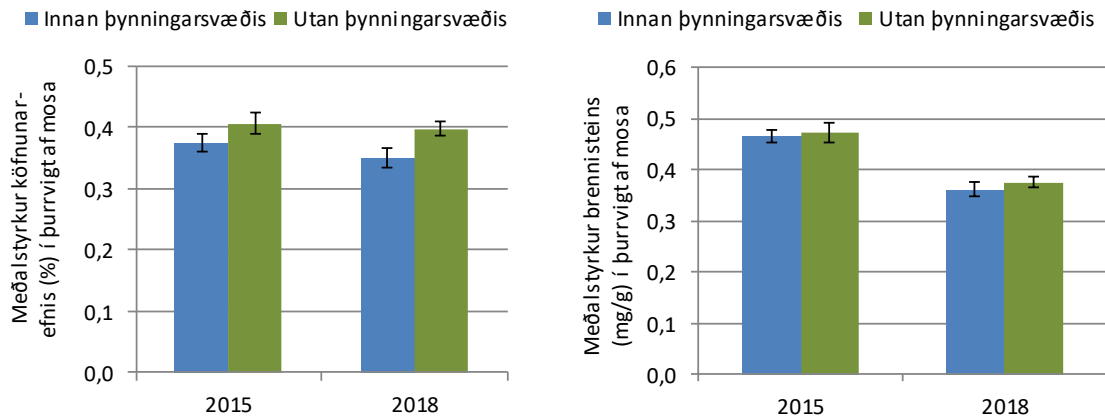
Mosar eru frábrugðnir háplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærra en hjá háplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



37. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

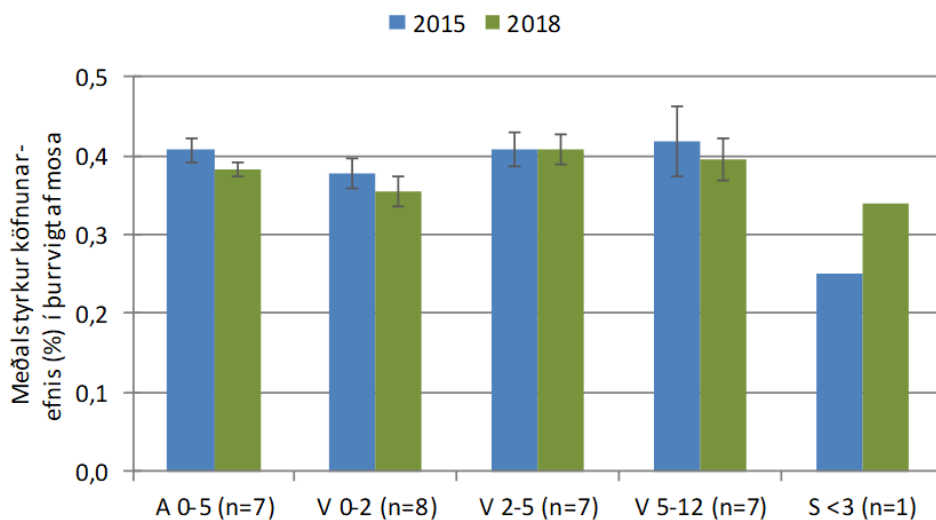
### 3.3.2.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í mosa árið 2018 var að meðaltali 0,35% innan þyningarsvæðis og 0,40% utan þess. Styrkur brennisteins í mosa var að meðaltali 0,36 mg/g innan þyningarsvæðis og 0,37 mg/g utan þess. Efnin köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í mosa í fyrsta sinn árið 2015. Enginn marktækur munur fannst á styrk köfnunarefnis í mosa milli ára 2015 og 2018 ( $p>0,05$ ) en styrkur brennisteins í mosa var marktækt lægri árið 2018 en árið 2015, bæði innan og utan þyningarsvæðis ( $p<0,01$ ).

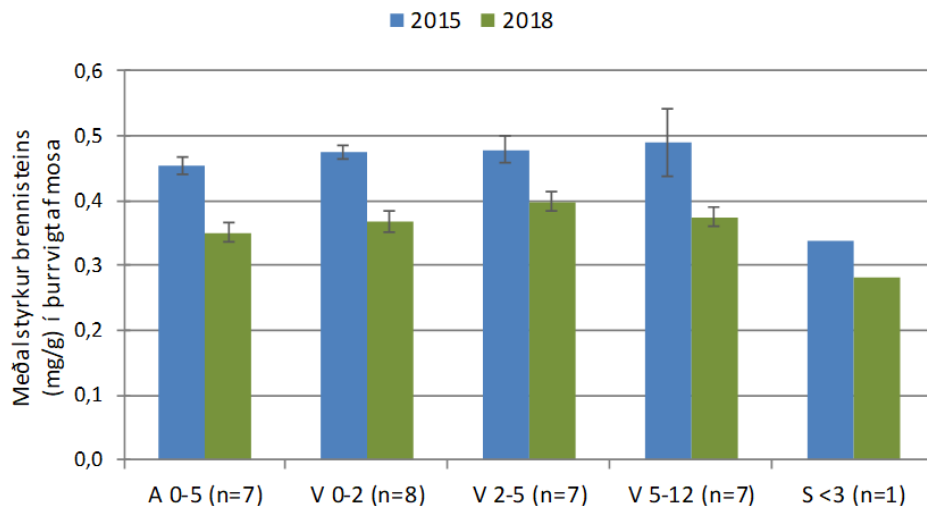


38. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju), innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.

Líkt og árið 2015 var styrkur köfnunarefnis og brennisteins árið 2018 örlítið lægri sunnan fjarðar en hann var að meðaltali austan og vestan við álverið (39. og 40. mynd) en hafa verður í huga að þar var aðeins eitt sýni tekið.



39. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í mosa árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).



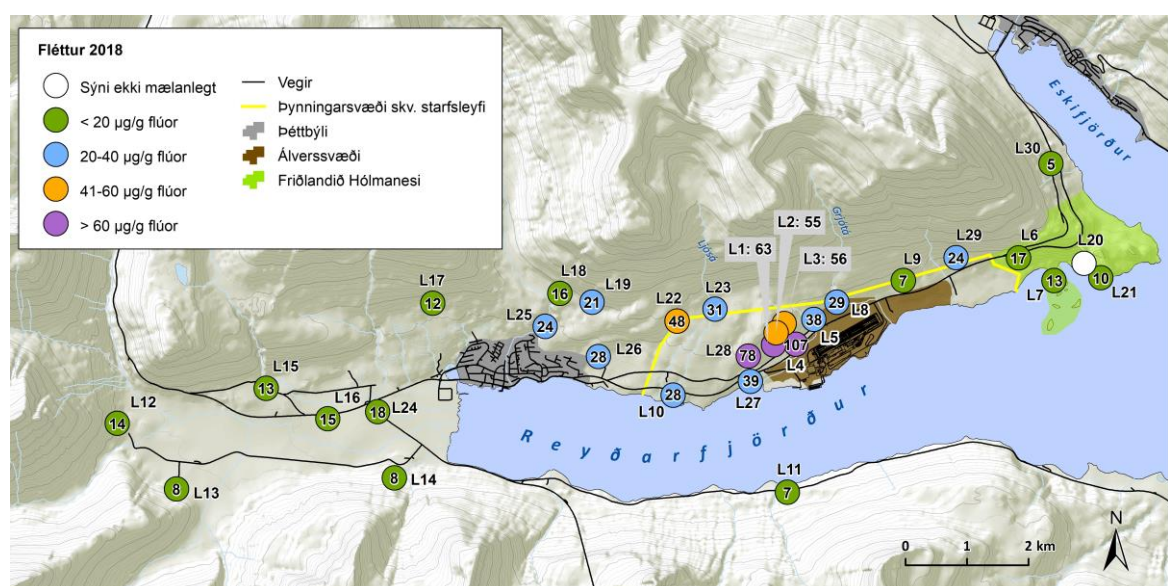
40. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í mosa árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í mosa fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 8.

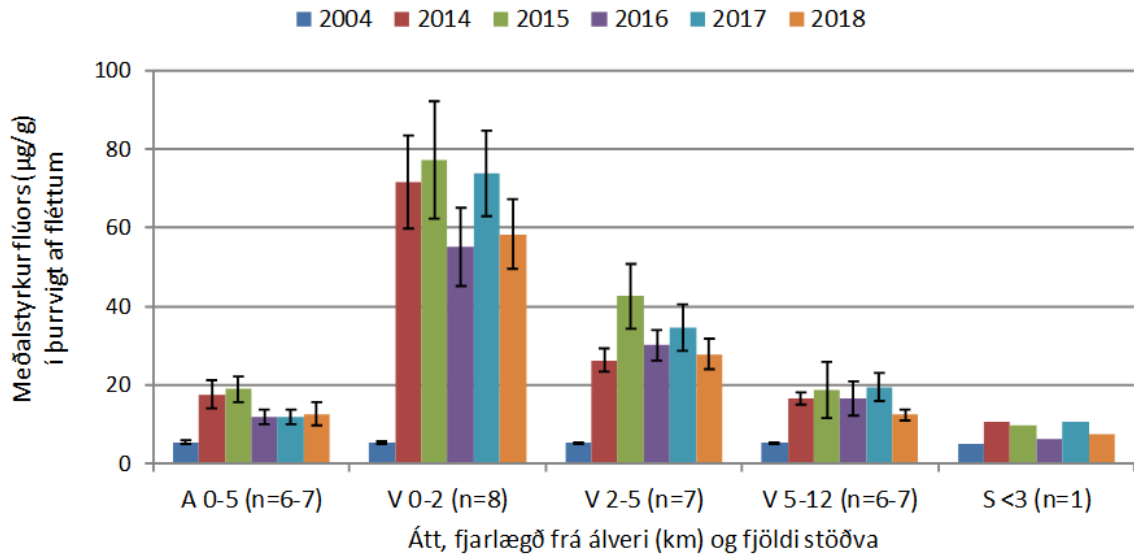
### 3.3.3 Fléttur

#### 3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 5–107  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða 29–107  $\mu\text{g/g}$  en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri með gildi frá 16–48  $\mu\text{g/g}$  og í 5–12 km fjarlægð frá 8–18  $\mu\text{g/g}$ . Mun lægri gildi mældust austan og sunnan við álverið en í sambærilegri fjarlægð vestan við það (41. og 42. mynd).

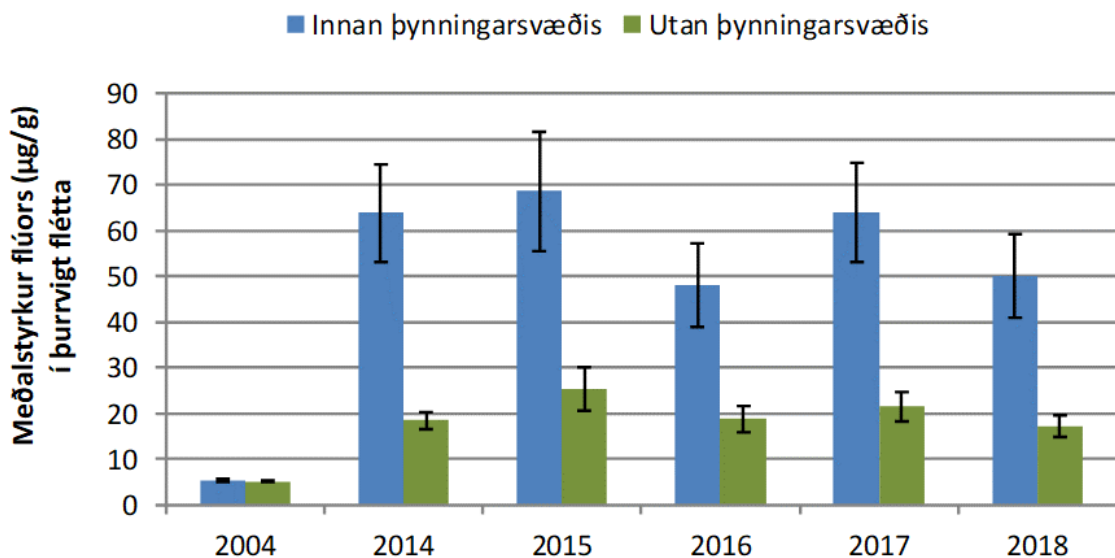


41. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



42. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist 17 µg/g og var styrkurinn lægri en árið 2017 ( $p=0,048$ ) en sambærilegur við árið þar á undan ( $p=0,52$ ). Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 50 µg/g árið 2018 sem var einnig lægri styrkur en mældist árið 2017 ( $p=0,01$ ) en sambærilegur við árið þar á undan ( $p=0,48$ ). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum ( $p<0,01$ ) en er nokkuð breytilegur milli ára (43. mynd).

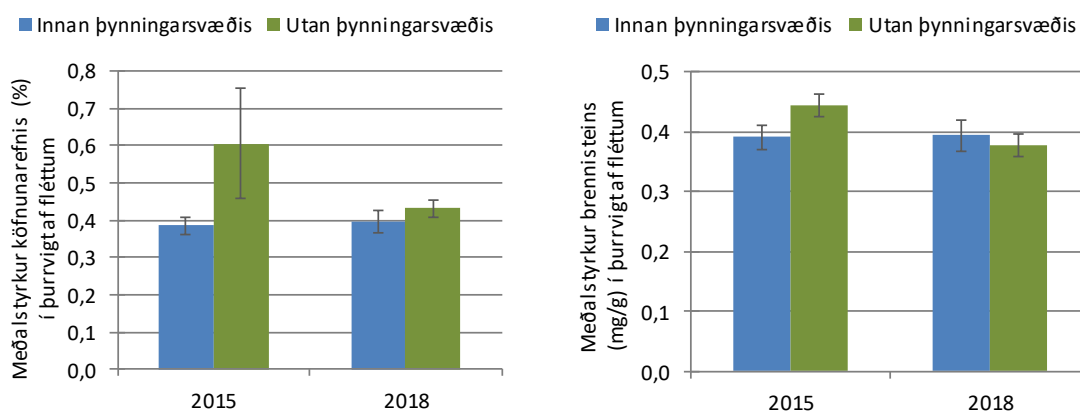


43. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 9–10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18–20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

### 3.3.3.2 Köfnunarefni og brennisteinn

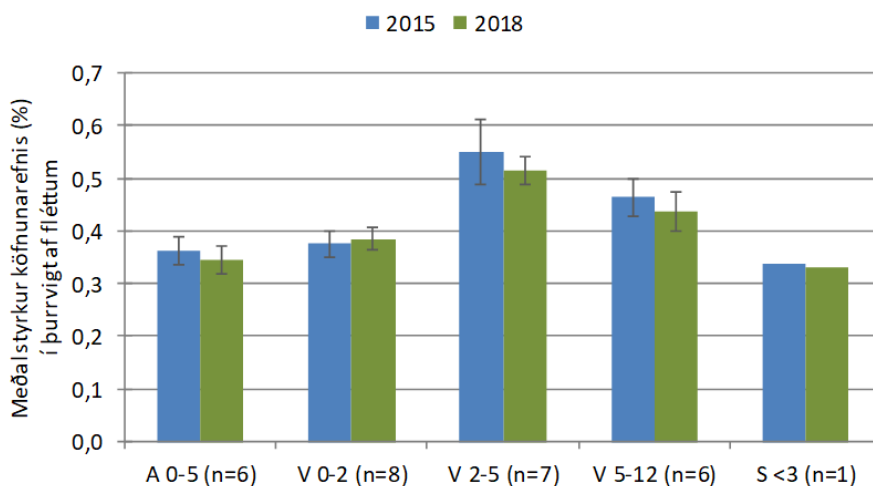
Styrkur köfnunarefnis í fléttum var að meðaltali 0,39% innan þynningarsvæði og 0,43% utan þess. Styrkur brennisteins í fléttum var að meðaltali 0,39 mg/g innan þynningarsvæðis og 0,38 mg/g utan þess. Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í fléttum í fyrsta sinn árið 2015 og því eru aðeins til gögn fyrir þessi tvö ár (44. mynd).

Styrkur köfnunarefnis var hvorki marktækt mismunandi milli ára innan né utan þynningarsvæðis ( $p>0,05$ ). Styrkur brennisteins var marktækt lægri árið 2018 en árið 2015 utan þynningarsvæðis ( $p=0,047$ ) en mjög svipaður milli ára innan þynningarsvæðis ( $p=0,94$ ).



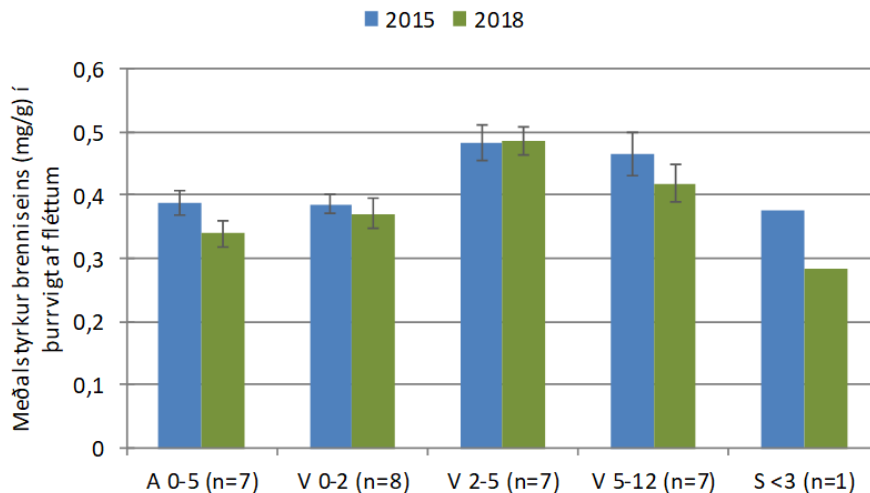
44. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigtaf fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 19 sýnum utan þess.

Dreifingarmynstur styrks köfnunarefnis og brennisteins í fléttum var með svipuðu móti og árið 2015 (45. og 46. mynd). Hæstu gildin mældust í 2–5 km fjarlægð frá álveri og lægstu gildin mældust fyrir austan og sunnan álver.



45. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í fléttum árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).





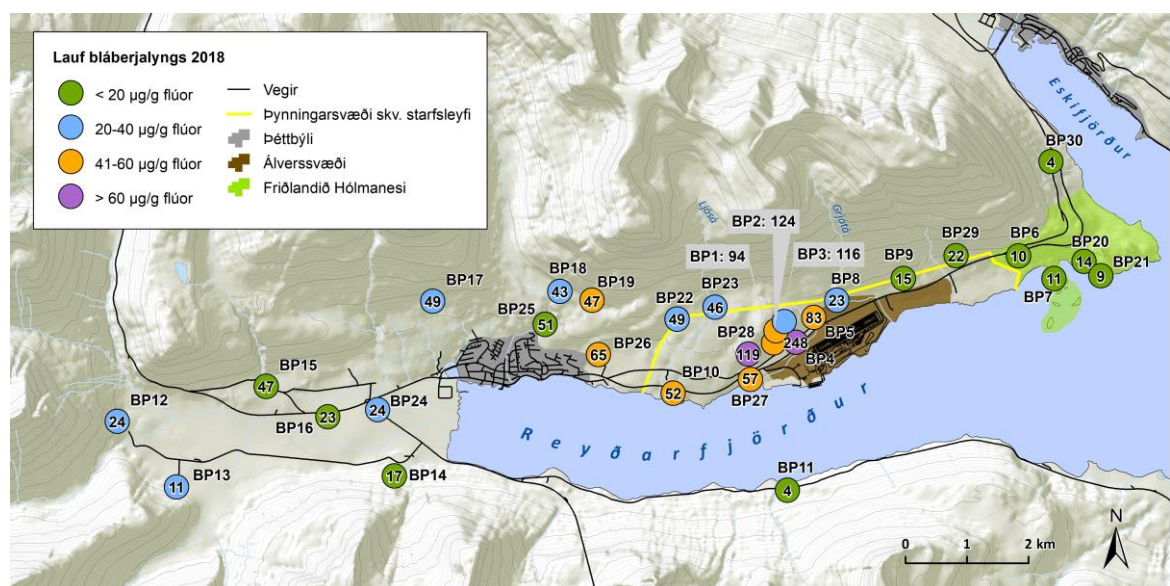
46. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í fléttum árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekking meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í fléttum fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 8.

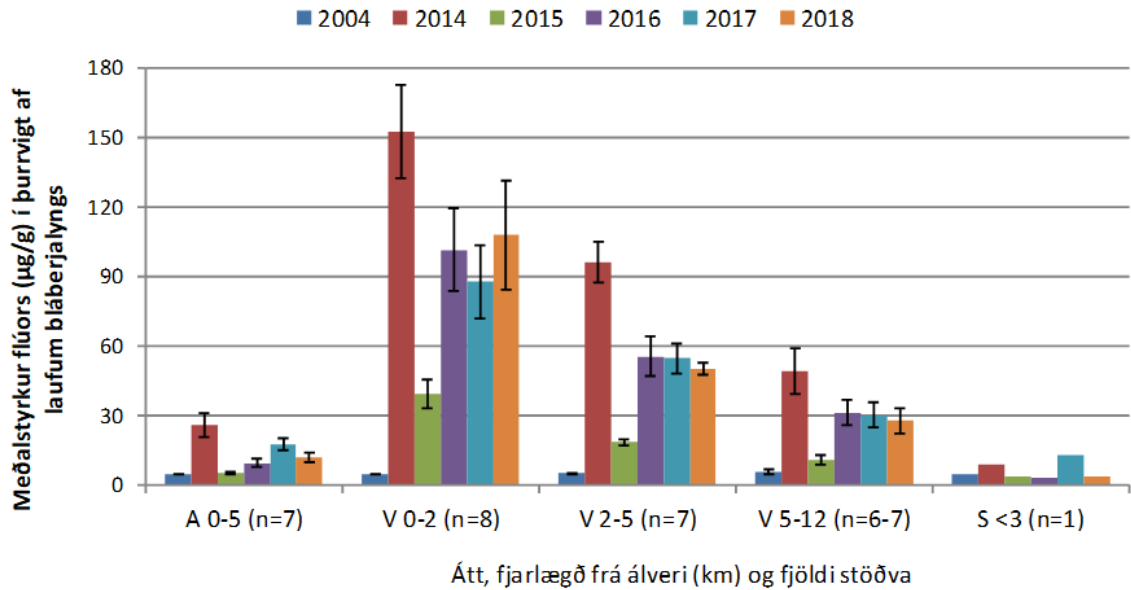
### 3.3.4 Bláberjalyng

#### 3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 4–248 µg/g. Dreifingarmynstur styrks flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróðursýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og féll styrkurinn með vaxandi fjarlægð frá því, en mismikið eftir áttum. Styrkurinn mældist hæstur rétt vestan við álverið en að meðaltali lægstur austur af álverinu og sunnan fjarðar (47. og 48. mynd).

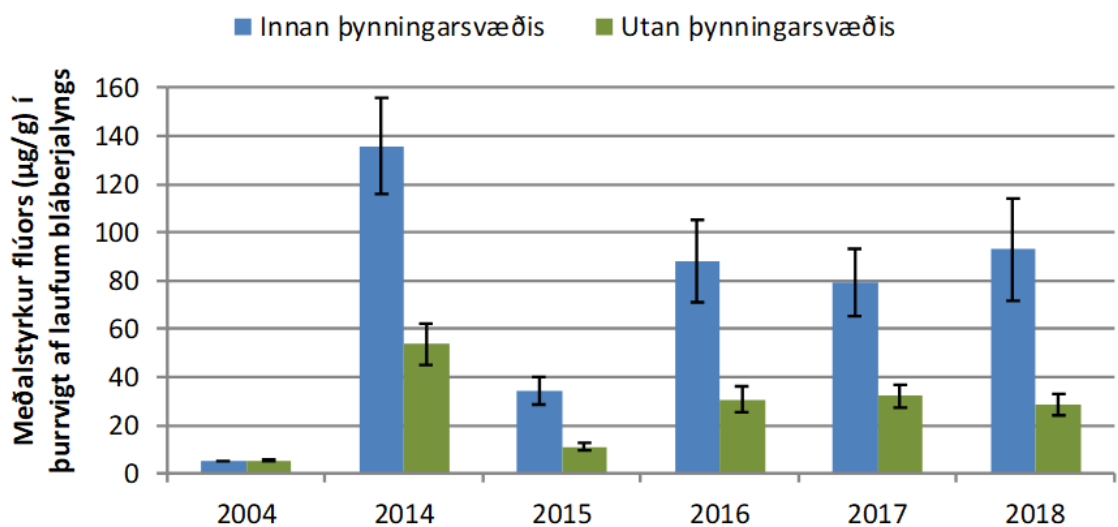


47. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



48. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkingja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptingu).

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalýngs innan þýningarsvæðis árið 2018 mældist 93 µg/g og utan þýningarsvæðisins mældist það 28 µg/g sem eru svipuð meðalgildi og árin 2016 og 2017 ( $p > 0,05$ ) (49. mynd). Styrkurinn mældist lægri árið 2015 en árið 2018 ( $p < 0,05$ ), þegar veðurfar um sumarið kom líklega að einhverju leyti í veg fyrir uppsöfnun flúors, en hærri árið 2014 ( $p < 0,05$ ), þegar veðurfar einkenndist af hlýindum og hægviðri (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015). Styrkur flúors í laufum bláberjalýngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum ( $p < 0,01$ ) en er nokkuð breytilegur milli ára (49. mynd).

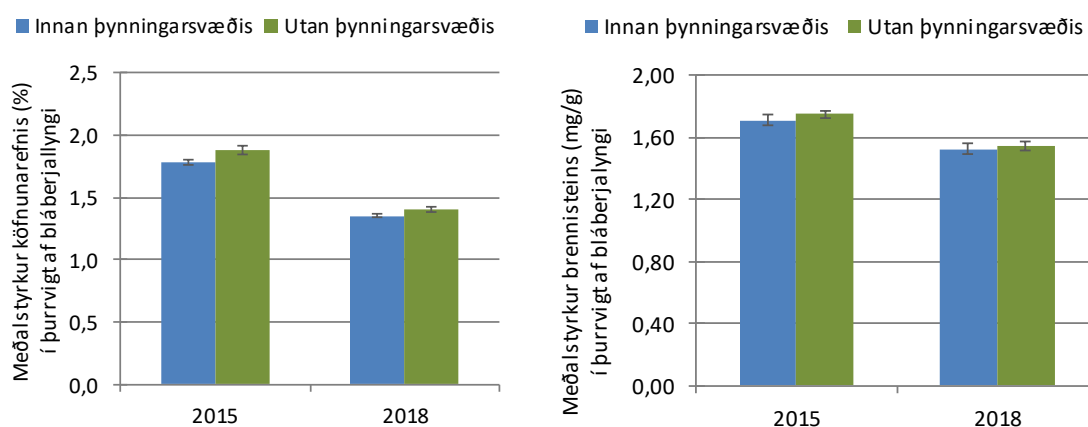


49. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af laufum bláberjalýngs (með staðalskekkingu) innan og utan þýningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2018. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýningarsvæðis og 19–20 sýnum utan þýningarsvæðis ár hvert.

### 3.3.4.2 Köfnunarefni og brennisteinn

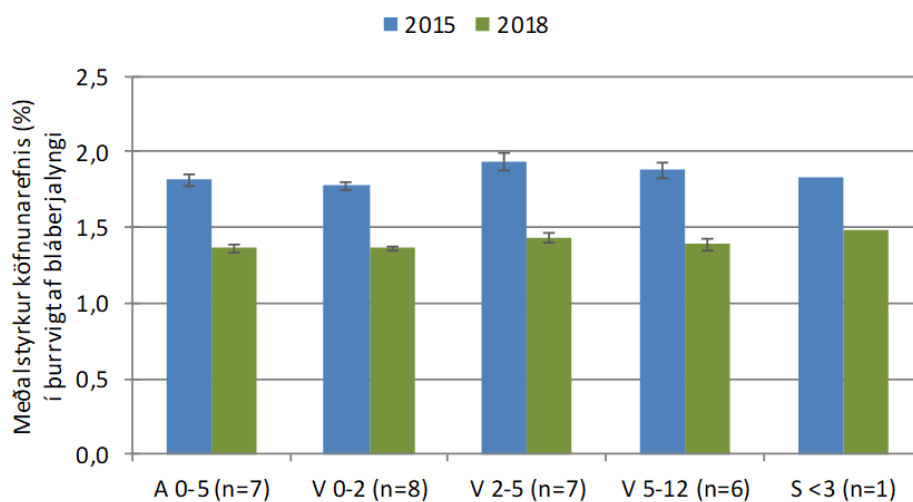
Styrkur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs var að meðaltali 1,4%, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Styrkur brennisteins í laufum bláberjalyngs var að meðaltali 1,5 mg/g, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Efnin köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í laufum bláberjalyngs í fyrsta sinn árið 2015 og því eru aðeins til gögn fyrir þessi tvö ár (50. mynd).

Styrkur köfnunarefnis var marktækt lægri árið 2018 en árið 2015, bæði innan og utan þynningarsvæðis ( $p < 0,01$ ). Styrkur brennisteins var einnig marktækt lægri árið 2018 en árið 2015, bæði innan og utan þynningarsvæðis ( $p < 0,05$ ).

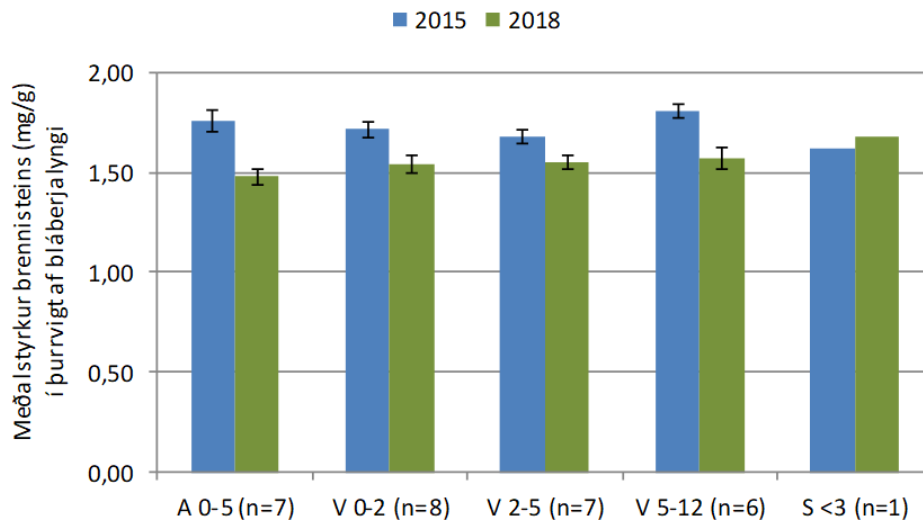


50. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigtaf laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2015 og 2018. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.

Mjög lítinn breytileika var að sjá í dreifingu köfnunarefnis og brennisteins í laufum bláberjalyngs eftir áttum og fjarlægð frá álveri (51. og 52. mynd) þó mun mætti sjá á styrk efnanna milli ára.



51. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs árin 2015 og 2018 eftir svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).



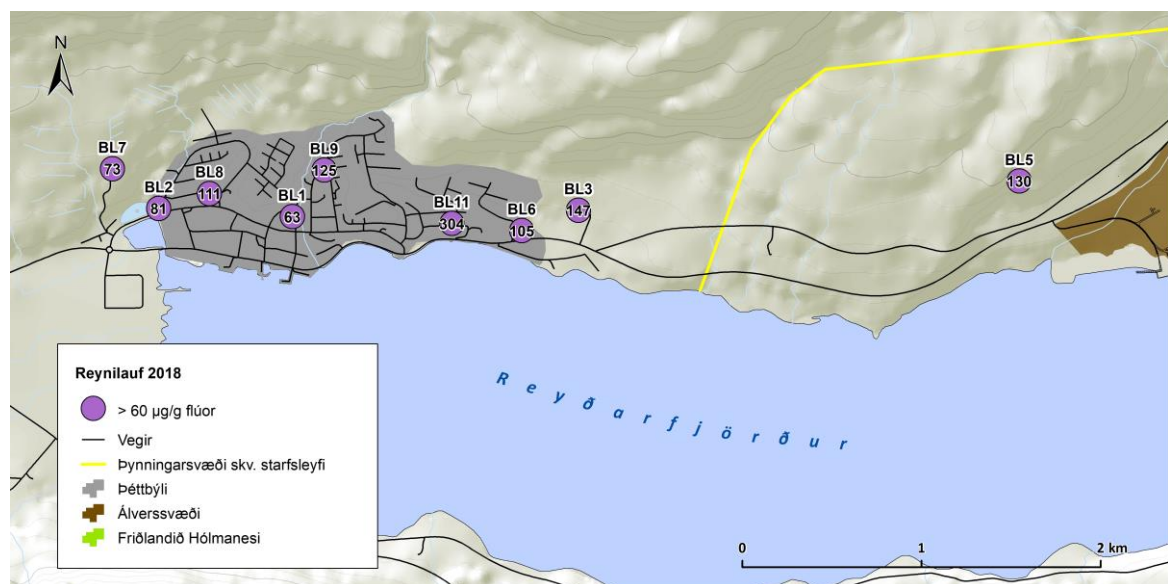
52. mynd. Dreifingarmynstur brennisteins í laufum bláberjalyngs árin 2015 og 2018. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna (34. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í laufum bláberjalyngs árið 2018 er að finna í viðauka 8.

### 3.3.5 Reyniviður

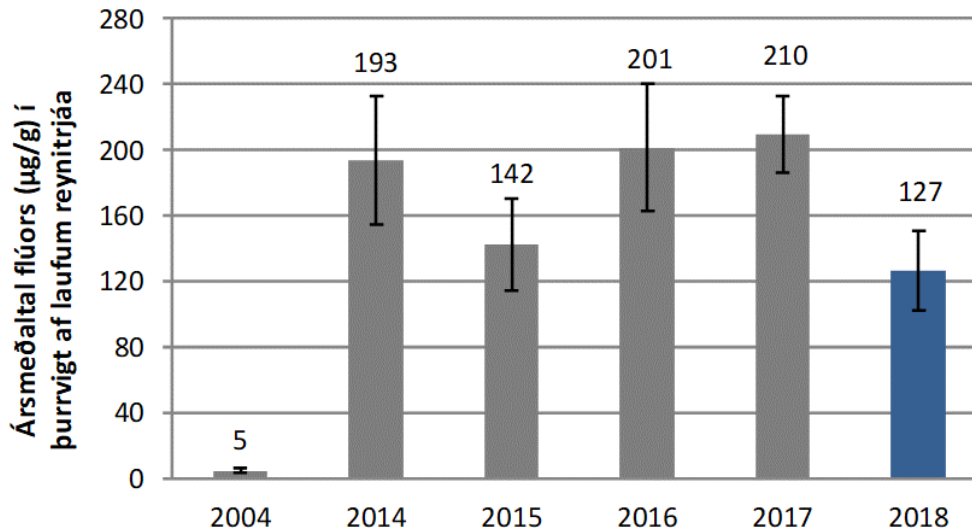
#### 3.3.5.1 Flúor

Styrkur flúors í reynivið mældist frá 63–304  $\mu\text{g/g}$  og mældist hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL1 en það sýni var tekið í þéttbýlinu á Reyðarfirði (53. mynd).



53. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lafi í ágúst 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

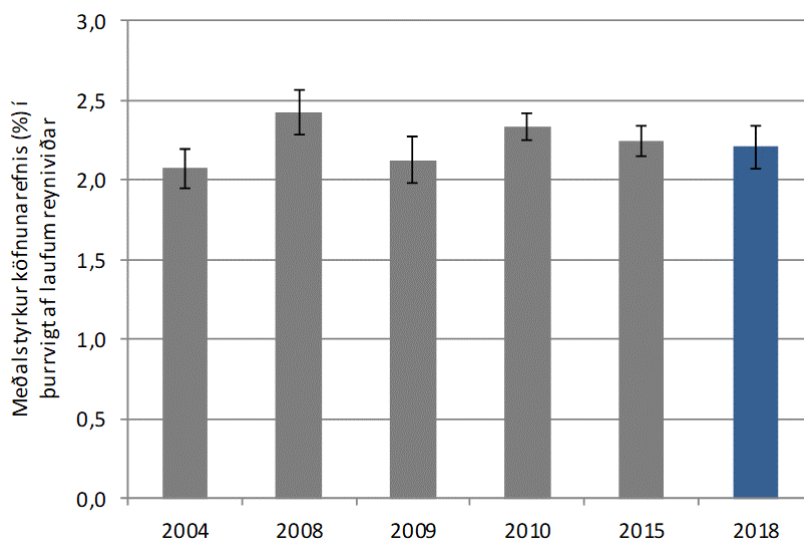
Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var lægra árið 2018 en árið 2017 ( $p < 0,01$ ). Það var einnig lægra en árin 2016 og 2014 ( $p < 0,01$ ) en sambærilegt við árið 2015 ( $p = 0,50$ ). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur ( $p < 0,01$ ) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (54. mynd).



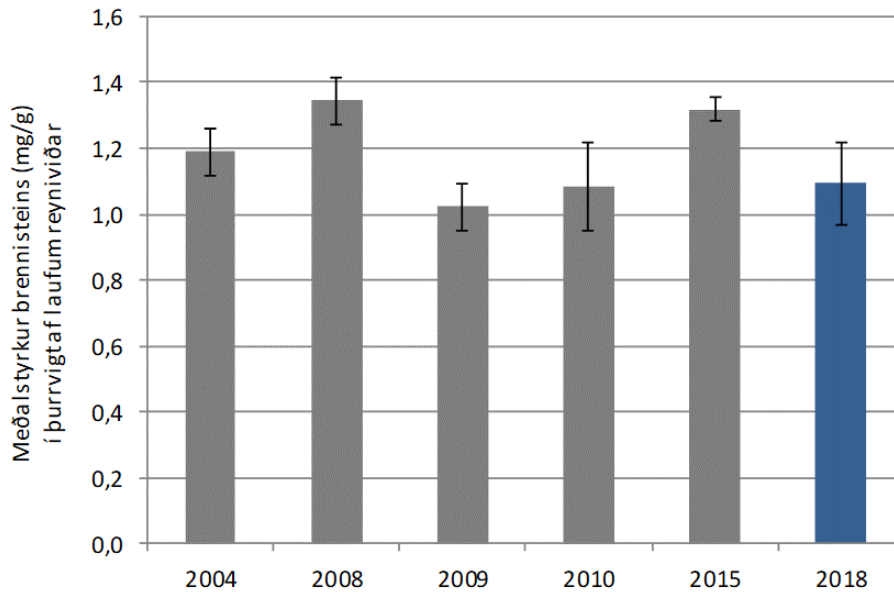
54. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 og 2014–2018 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016 og 2018.

### 3.3.5.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis í laufum reyniviðar var að meðaltali 2,2% árið 2018 og hefur verið svipaður þau ár sem hann hefur verið mældur ( $p > 0,05$ ) (55. mynd). Styrkur brennisteins í laufum reyniviðar var að meðaltali 1,2 mg/g árið 2018. Styrkur brennisteins í laufum reyniviðar var marktækt lægri árið 2018 en árið 2015 ( $p = 0,02$ ) en sambærilegur við árið 2010 ( $p = 0,70$ ) (56. mynd).



55. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.



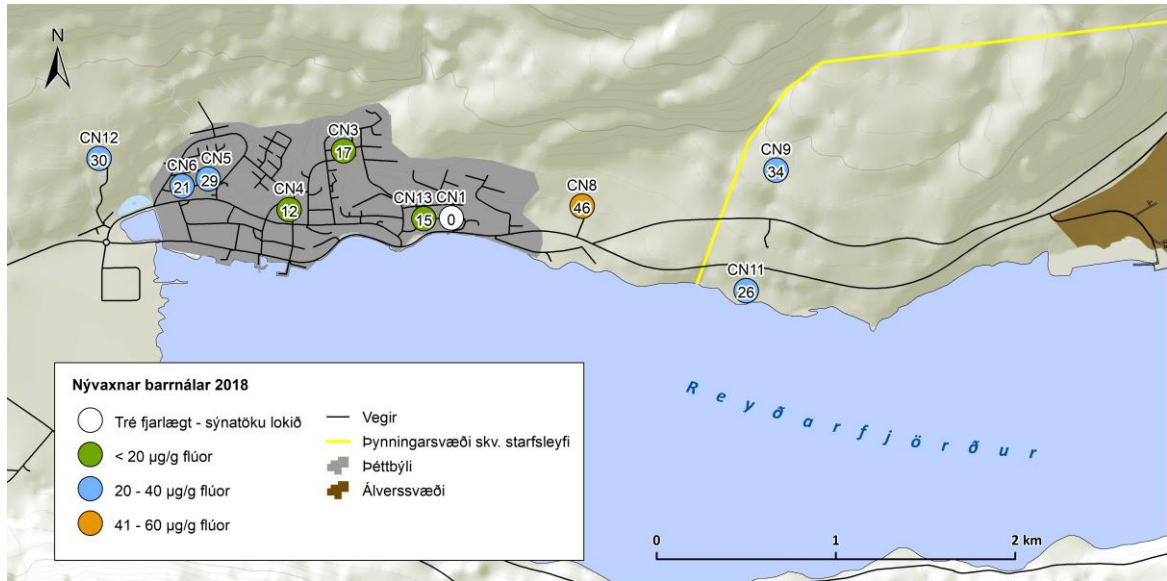
56. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigtaf laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í laufum reynitrijaá fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 9.

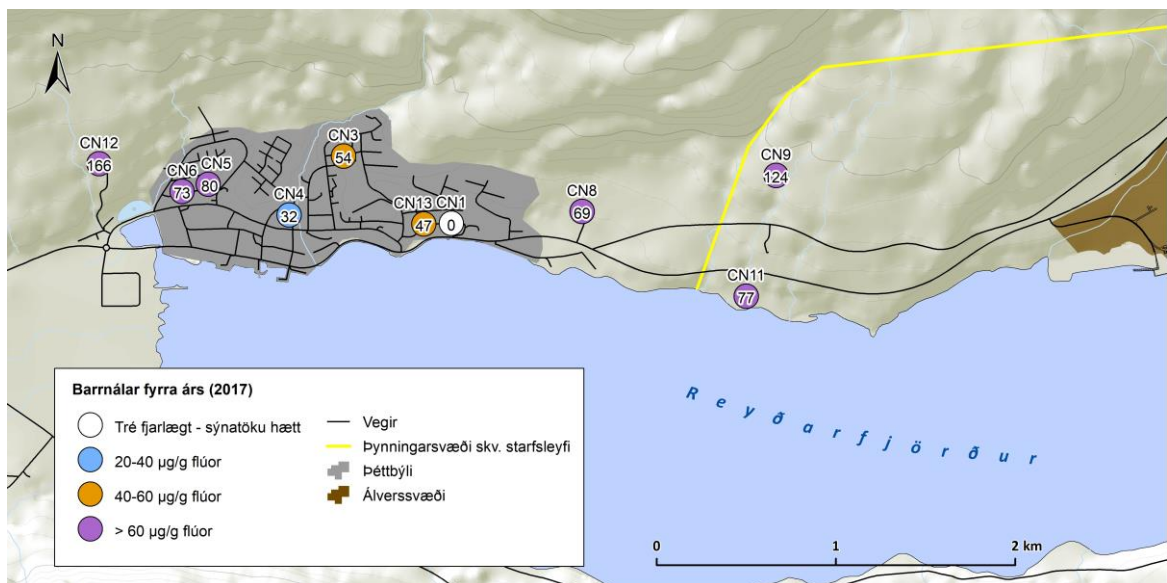
### 3.3.6 Barrnalar

#### 3.3.6.1 Flúor

Styrkur flúors í nýjum barrnálum mældist frá 12  $\mu\text{g/g}$  til 46  $\mu\text{g/g}$  og í barrnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 32  $\mu\text{g/g}$  til 166  $\mu\text{g/g}$  (57. og 58. mynd). Dreifingarmynstur flúors í barrnálum árið 2018 var ekki greinilegt. Hæsta gildið í nýjum nálum mældist á sýnatökustað CN8 við Teigagerði en það hæsta í nálum fyrra árs mældist hins vegar á sýnatökustaðnum CP12, lengst frá álverinu, vestan við þéttbýlið í Reyðarfirði líkt og árið 2017. Lægstu gildin í nýjum nálum og nálum fyrra árs mældust á sýnatökustað CN4 innan þéttbýlisins (57. og 58. mynd).

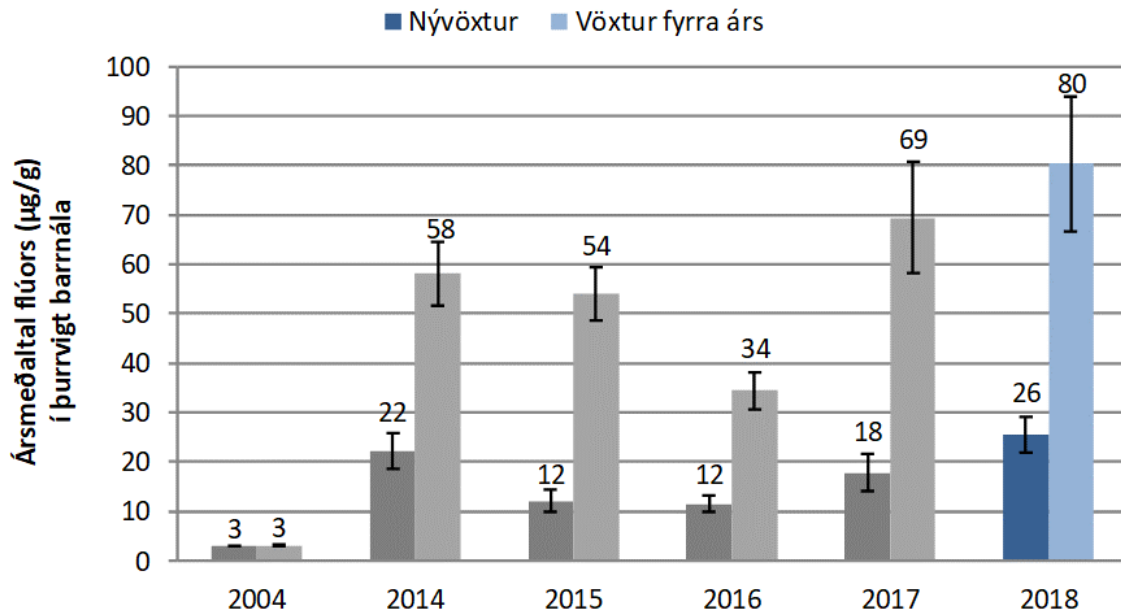


57. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnálum (CN) í október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



58. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnálum frá fyrra ári (CP, 2016), safnað í október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Ársmeðaltal flúors í barrnálum árið 2018 var 26 µg/g í nýjum nálum og 80 µg/g í barrnálum fyrra árs. Meðalstyrkurinn í nývöxnum nálum var hærri en árið 2017 ( $p=0,01$ ) og einnig hærri en meðalstyrkur áranna 2016 og 2015 auk grunngilda ( $p<0,01$ ). Marktækur munur fannst ekki á meðalstyrk flúors í nálum fyrra árs sem safnað var árið 2018 samanborið við 2017 ( $p=0,06$ ) en hann hefur ekki mælst hærri að meðaltali frá upphafi vöktunar og var marktækt hærri en hann mældist árin 2014–2016 auk grunngilda ( $p<0,05$ ) (59. mynd).



59. mynd. Ársmeðaltal flúors í barnnálum (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2014 til 2018 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004 en 9 sýnum árin 2014–2018. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

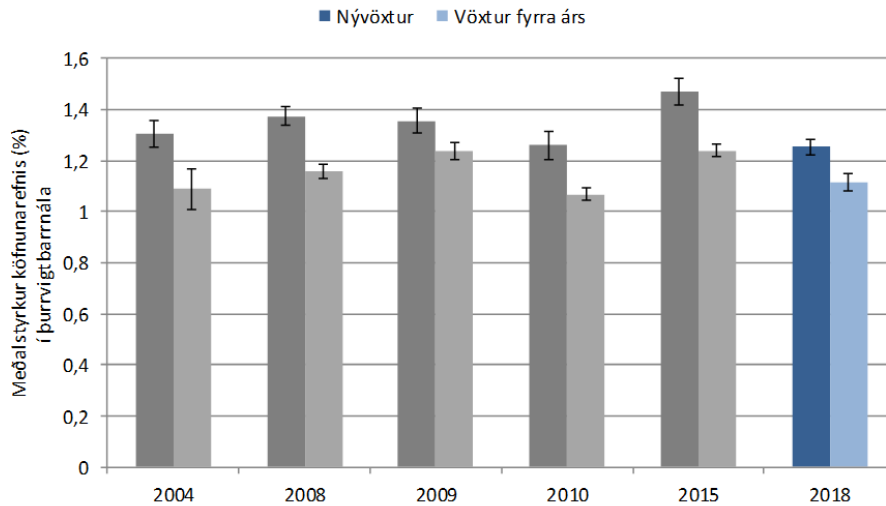
Sígræn tré fella ekki laufin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nalar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nalar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nalar (Doley, 2010).

### 3.3.6.2 Köfnunarefni og brennisteinn

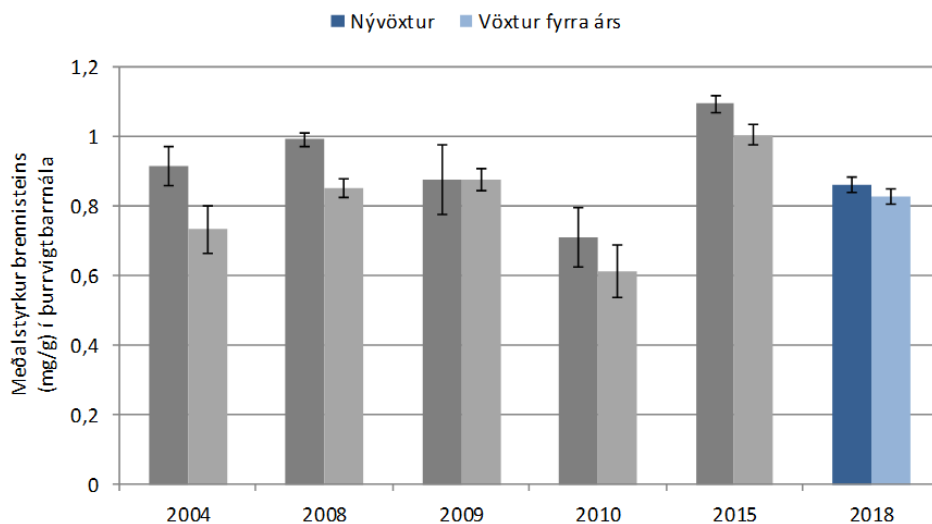
Styrkur köfnunarefnis árið 2018 mældist að meðaltali 1,25% í nývöxnu barri og 1,11% í barnnálum fyrra árs. Styrkur köfnunarefnis í nýju barri var marktækt lægri árið 2018 en árin 2015, 2009 og 2008 ( $p < 0,05$ ) en sambærilegur við árið 2010 ( $p = 0,38$ ) (60. mynd). Styrkur köfnunarefnis í barri fyrra árs var marktækt lægri árið 2018 en árin 2015 og 2009 ( $p < 0,05$ ).

Styrkur brennisteins árið 2018 mældist að meðaltali 0,86 mg/g í nývöxnu barri og 0,83 mg/g í barnnálum fyrra árs. Styrkur brennisteins í nýjum barnnálum var lægri árið 2018 en 2015 ( $p < 0,01$ ) en þá hafði styrkurinn mælst hærri en hann hafði verið alveg frá því mælingar hófust (61. mynd). Styrkur brennisteins í nýju barri árið 2018 var einnig marktækt lægri en árið 2008 ( $p < 0,01$ ) en aftur á móti hærri en árið 2010 ( $p = 0,02$ ). Styrkur brennisteins í barri frá fyrra ári var einnig marktækt lægri árið 2018 en árið 2015 ( $p < 0,01$ ) en marktækt hærri en árið 2010 ( $p < 0,01$ ).





60. mynd. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.



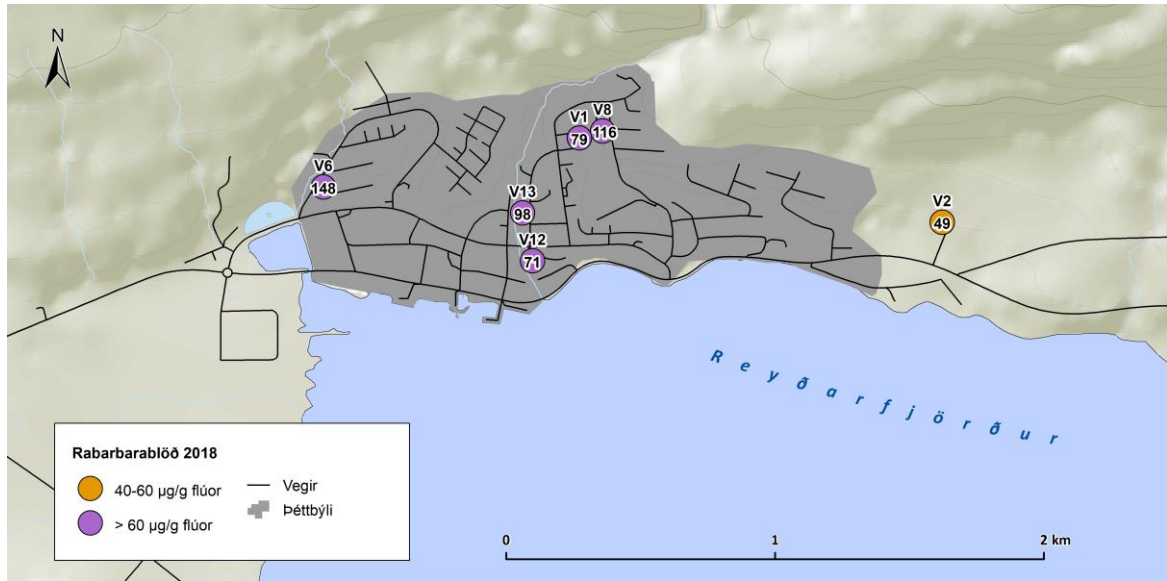
61. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í barnálum fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 10.

### 3.3.7 Rabarbari

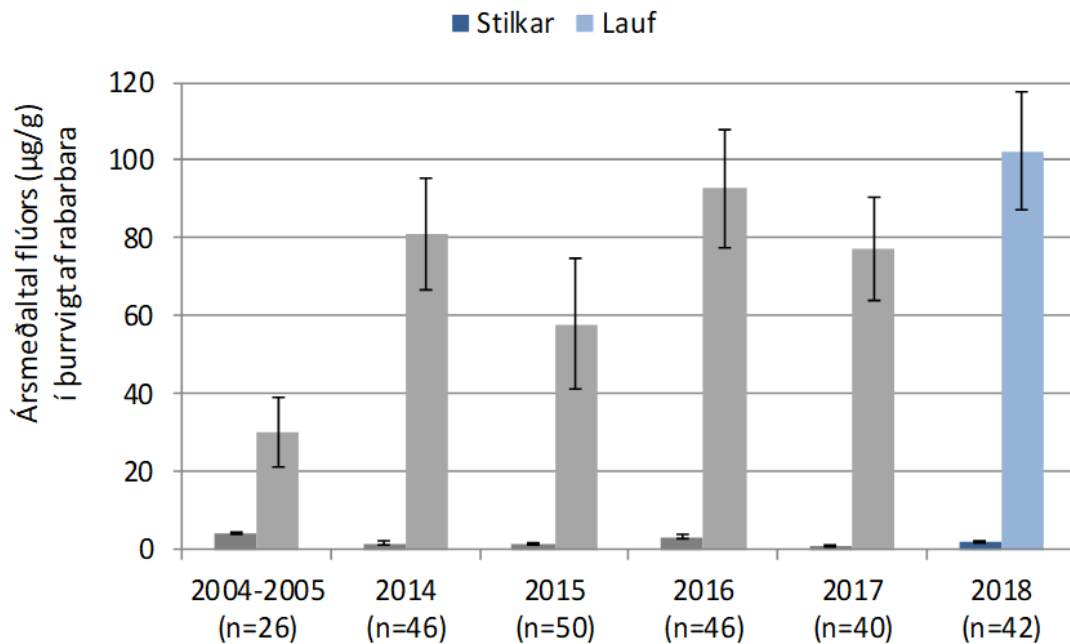
#### 3.3.7.1 Flúor

Styrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 20–259  $\mu\text{g/g}$ . Hæsti styrkurinn mældist í júlí á sýnatökustað V3 sem er við Sómastaði, innan þynningarvæðis, líkt og fyrri ár. Lægsti styrkur flúors mældist í júní á sýnatökustað V13 í þéttbýlinu á Reyðarfirði (62. mynd). Flúor í stilkum mældist frá 0,8–8,2  $\mu\text{g/g}$  sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (63. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



62. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökuförðum frá júní til ágúst sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 102 µg/g og hefur styrkurinn ekki mælst hærra frá upphafi mælinga en fjöldi sýna er mismunandi eftir árum (63. mynd). Styrkurinn var marktækt hærra árið 2018 en árin 2017, 2015 og árin fyrir álver ( $p < 0,05$ ) en var ekki marktækt frábrugðinn styrk árunna 2016 og 2014 ( $p > 0,05$ ). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2018 var 2 µg/g og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt (63. mynd).

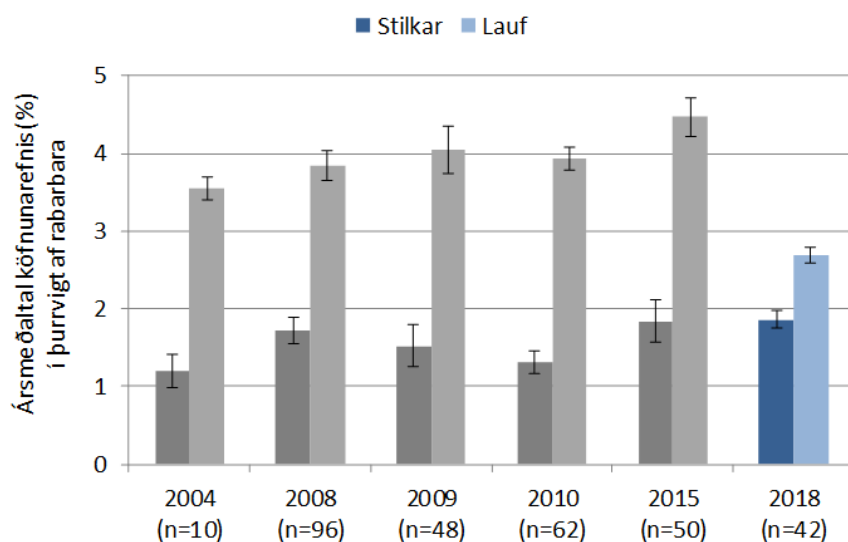


63. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004–2005 (meðaltal beggja áranna) og árin 2014 til 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökuförð og árin 2014–2018 voru farnar þrjár sýnatökuförðir.

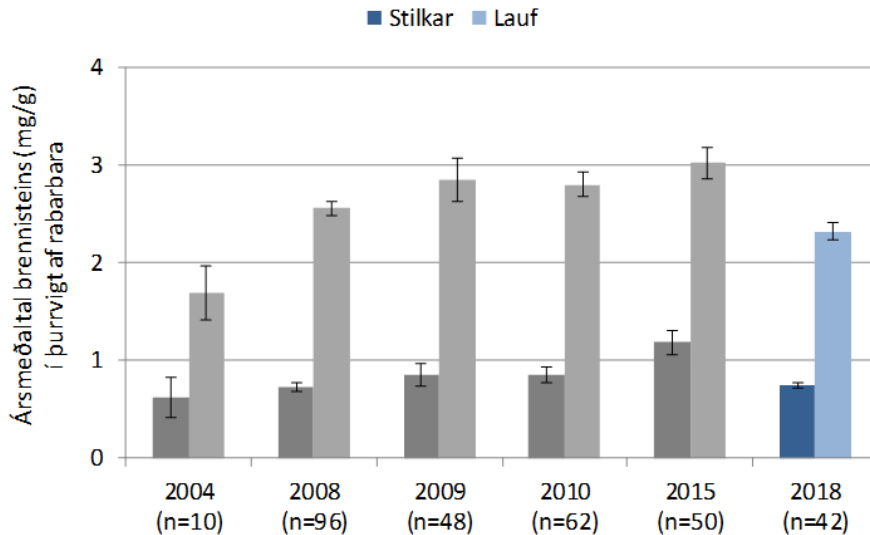
### 3.3.7.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis árið 2018 mældist að meðaltali 1,9% í stilkum rabarbara og 2,7% í laufum rabarbara. Styrkur köfnunarefnis í laufum rabarbara hefur ekki verið eins lágur frá því mælingar hófust en fjöldi sýna á bak við hvert meðaltal er mismunandi (64. mynd). Styrkur köfnunarefnis árið 2018 var marktækt lægri en hann mældist árin 2008–2010 og 2015 ( $p < 0,05$ ). Styrkur köfnunarefnis í stilkum rabarbara var hins vegar með því hæsta sem mælst hefur frá upphafi mælinga árið 2018 (64. mynd) en þó var styrkurinn þá ekki marktækt hærri en styrkur fyrri ára fyrir utan árið 2010 ( $p = 0,047$ ).

Styrkur brennisteins árið 2018 mældist að meðaltali 0,7 mg/g í stilkum rabarbara og 2,3 mg/g í laufum rabarbara (65. mynd). Styrkur brennisteins í laufum rabarbara var, líkt og styrkur köfnunarefnis, lægri árið 2018 en árin 2008–2010 og 2015 ( $p < 0,05$ ). Styrkur brennisteins í stilkum rabarbara árið 2018 var líka marktækt lægri en styrkur ársins 2015 ( $p = 0,02$ ).



64. mynd. Ársmeðaltal köfnunarefnis (%) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Köfnunarefni var mælt í sýnum úr einni sýnatökuberð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015 og 2018.



65. mynd. Ársméðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015 og 2018 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufærð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015 og 2018.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í rabarbarasýnum árið 2018 má sjá í viðauka 11.

### 3.3.7.3 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara annað hvort lækkaði eða hélst nokkuð stöðugur milli árána 2017 og 2018 (2. tafla). Styrkur þungmálma getur verið nokkuð breytilegur á milli ára og mæliaðferðir, sem verða sífellt nákvæmari, hafa áhrif á samanburð. Meðalstyrkur kopars (Cu) lækkaði um rúmlega 0,1  $\mu\text{g/g}$  milli ára og var einnig lægri en hann mældist á árunum 2013 til 2016. Meðalstyrkur sinks (Zn) lækkaði líka milli ára og var einnig lægri en hann mældist á árunum 2013 til 2016 (2. tafla). Styrkur þungmálma í rabarbara var ekki skoðaður lengra aftur í tímann en til ársins 2013 til samanburðar milli ára vegna þess að þá voru gildin fyrst gefin upp fyrir blautvigt fyrir hvert sýni og eldri gildi því ekki samanburðarhæf.

Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum og hélst í flestum tilvikum nokkuð stöðugur milli árána 2017 og 2018 (3. tafla). Meðalstyrkur króms var þó helmingi hærra árið 2018 en 2017 en þá höfðu gildin þó lækkað töluvert frá árinu á undan. Meðalstyrkur kopars lækkaði á milli árána 2018 og 2017 og hefur farið lækandi frá árinu 2014. Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum.

Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum (nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og 1048/2016) skilgreinir hámarksgildi blýs (Pb) og kadmíums (Cd) í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rótargrænmeti er 0,1 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2018. Hámarksgildi fyrir kadmíum í blaðgrænmeti er 0,2  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt og fyrir blý í blaðgrænmeti er hámarksgildið 0,3  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarablöðum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2018. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2018.

	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 $\mu\text{g/g}$
<b>2013</b>	<0,020	0,087	0,036	0,998	<0,005	0,750	<0,020	20,18
<b>2014</b>	<0,090	0,033	0,032	0,854	<0,010	0,627	<0,040	20,06
<b>2015</b>	< 0,070	0,058	0,033	0,907	< 0,009	0,738	< 0,030	11,46
<b>2016</b>	0,009	0,065	0,081	0,813	0,002	0,599	0,010	12,82
<b>2017</b>	0,002	0,053	0,051	0,827	0,001	0,486	0,009	12,23
<b>2018</b>	<0,004	0,043	0,047	0,695	<0,004	0,466	0,009	10,29

3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2018.

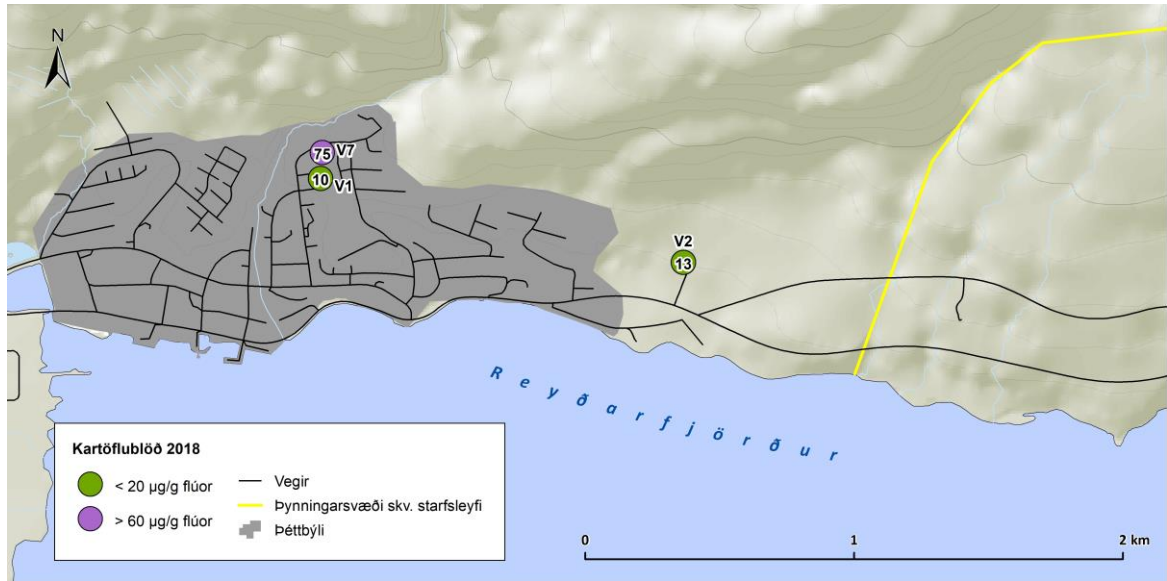
	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
<b>2013</b>	<0,020	0,012	0,011	0,254	0,010	0,135	0,029	3,89
<b>2014</b>	<0,090	0,013	0,011	0,294	<0,010	0,176	<0,040	4,16
<b>2015</b>	< 0,070	0,012	< 0,020	0,216	< 0,009	0,205	< 0,030	2,33
<b>2016</b>	0,0005	0,011	0,013	0,188	< 0,0001	0,135	0,004	2,53
<b>2017</b>	0,0005	0,009	0,005	0,161	< 0,00009	0,082	0,004	2,04
<b>2018</b>	<LOD	0,010	0,010	0,139	<LOD	0,070	0,004	2,04

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

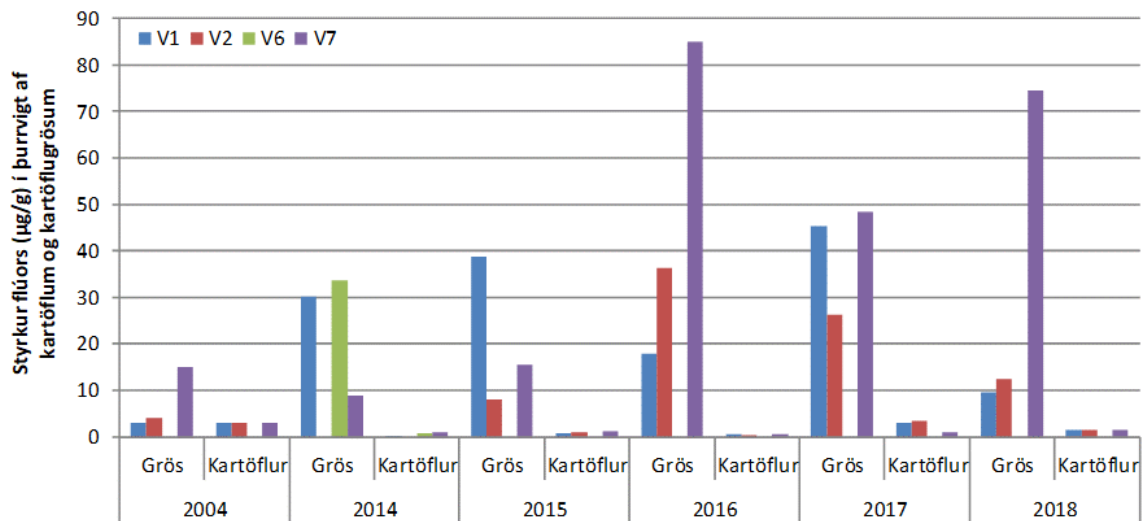
### 3.3.8 Kartöflur og grænmeti

#### 3.3.8.1 Flúor

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist  $10 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V1,  $12 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V2 og  $74 \mu\text{g/g}$  á sýnatökustað V7 (66. mynd). Styrkur flúors í kartöflugrösum var lægri á sýnatökustöðum V1 og V2 árið 2018 en 2017 en hærrí á sýnatökustað V7 (67. mynd). Styrkur flúors í kartöflugrösum er nokkuð breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára. Styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur ( $<1,5 \mu\text{g/g}$ ) (67. mynd). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



66. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflu-grösum sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



67. mynd. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflu-grösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2014 til 2018.

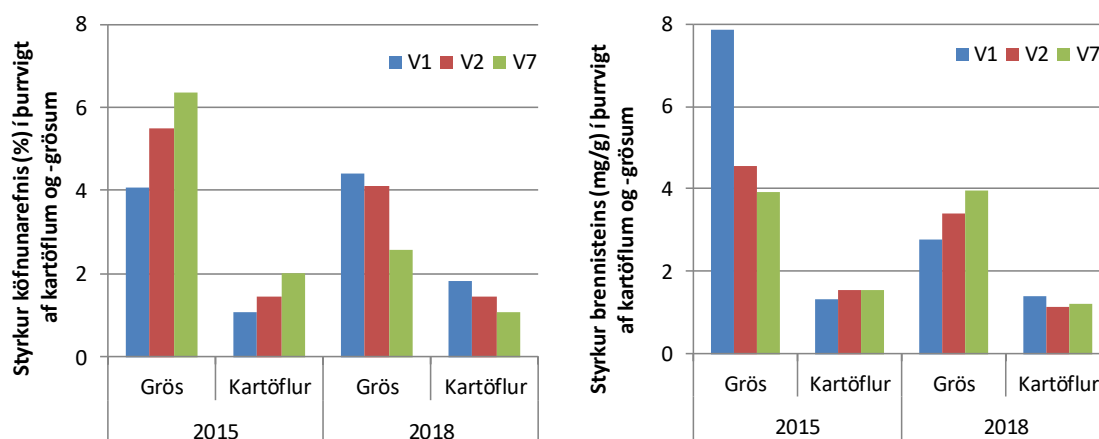
Í **grænlaufsatali** og **lambhagasatali** á sýnatökustað V1 var styrkur flúors einnig lágur, <1,5 µg/g. Styrkur flúors í salati er breytilegur á milli ára og var lægri árið 2018 en síðastliðin ár. Í bakgrunnsúttekt árið 2004 var styrkur þess <3 µg/g en greiningarmörk þá voru hærri.

### 3.3.8.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í kartöflu-grösum árið 2018 var 3,7% sem var lægri styrkur en árið 2015 (5,3%). Meðalstyrkur köfnunarefnis í kartöflum var töluvert lægri, eða 1,5% sem er sami styrkur og mældist árið 2015 (68. mynd).

Meðalstyrkur brennisteins í kartöflugrösum árið 2018 var 3,4 mg/g sem var lægri styrkur en árið 2015 (5,4 mg/g). Meðalstyrkur brennisteins í kartöflum var einnig töluvert lægri, eða 1,2 mg/g eða svipaður og árið 2015 (1,5 mg/g) (68. mynd).

Styrkur brennisteins og köfnunarefnis í kartöflum annars vegar og kartöflugrösum hins vegar er í samræmi við dreifingu á styrk flúors innan kartöfluplöntunnar, þ.e. styrkurinn mælist mun lægri í kartöflunum en í laufblöðum plöntunnar.



68. mynd. Styrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum árin 2015 og 2018 í Reyðarfirði.

Styrkur köfnunarefnis mældist 4,8% í grænlaufsalaði og 4,7% í lambhagasalaði. Styrkur brennisteins mældist 4,7 mg/g í grænlaufsalaði og 3,0 mg/g í lambhagasalaði.

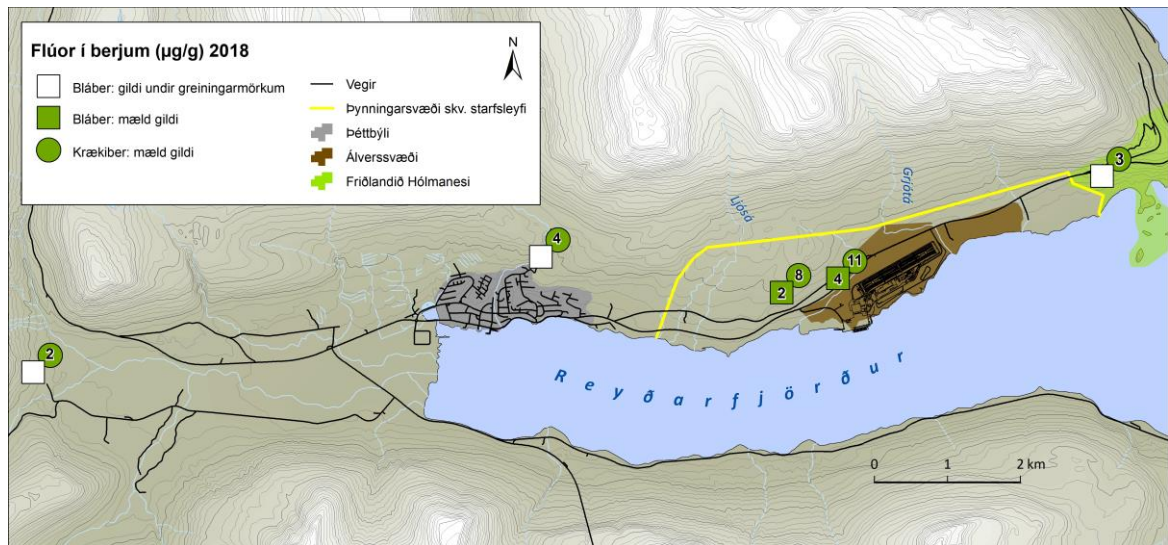
Niðurstöður mælinga á styrk flúors, köfnunarefnis og brennisteins í kartöflu- og grænmetissýnum árið 2018 má sjá í viðauka 11.

### 3.3.9 Bláber og krækiber

#### 3.3.9.1 Flúor

Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 1,5–10,5 µg/g og í bláberjum frá <1,5–4 µg/g árið 2018. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustað BB/CB3 (69. og 70. mynd).

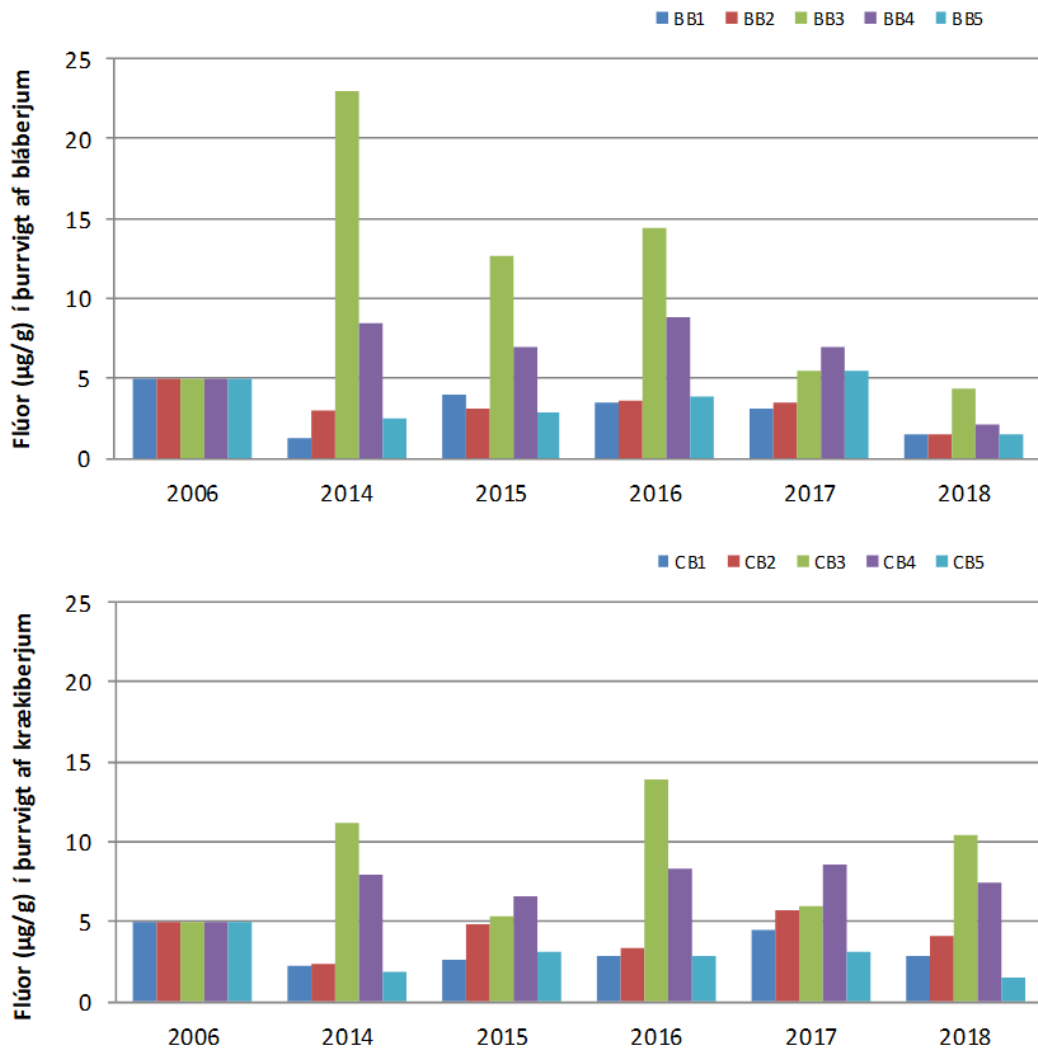
Styrkur flúors í berjum var í flestum tilvikum lægri árið 2018 en árið 2017 (70. mynd).



69. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2018. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnunum BB3 og BB4 sem eru innan þynningarsvæðis og nálægt álverinu, undan ríkjandi vindátt. Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist alla jafna töluvert hærri en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Sem fyrr er þetta í samræmi við erlendar athuganir sem og athuganir í Reyðarfirði undanfarin ár sem hafa sýnt að jafnvel þó að styrkur flúors í andrúmslofti og blöðum plantna sé hár þá hafa ávextir, fræ og rætur lág gildi (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016, 2017, 2018; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014; Weinstein & Davison, 2004).



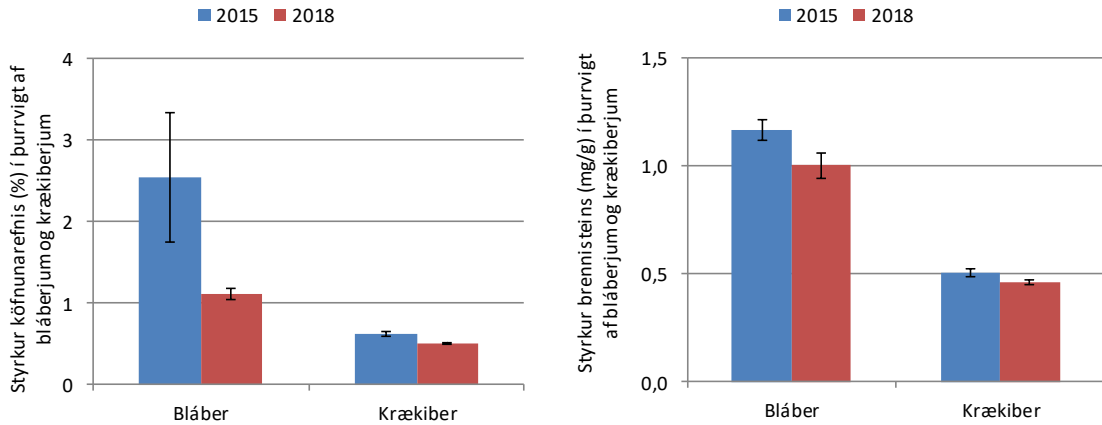


70. mynd. Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2018 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5  $\mu\text{g/g}$ .

### 3.3.9.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Meðalstyrkur köfnunarefnis í bláberjum árið 2018 var 1,1%. Meðalstyrkur köfnunarefnis í krækiberjum 2018 var talsvert lægri, eða 0,5% (71. mynd). Meðalstyrkur brennisteins í bláberjum árið 2018 var 1,0 mg/g sem var að sama skapi talsvert hærri en meðalstyrkur brennisteins í krækiberjum 2018, sem var 0,5 mg/g (71. mynd).

Köfnunarefni og brennisteinn voru mæld í bláberjum og krækiberjum í fyrsta sinn árið 2015. Meðalstyrkur köfnunarefnis og brennisteins var í flestum tilvikum örlítið lægri árið 2018 en árið 2015 en meðalstyrkur köfnunarefnis í bláberjum var talsvert lægri (71. mynd).



71. mynd. Styrkur köfnunarefnis (t.v.) og brennisteins (t.h.) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2015 og 2018 í Reyðarfirði.

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

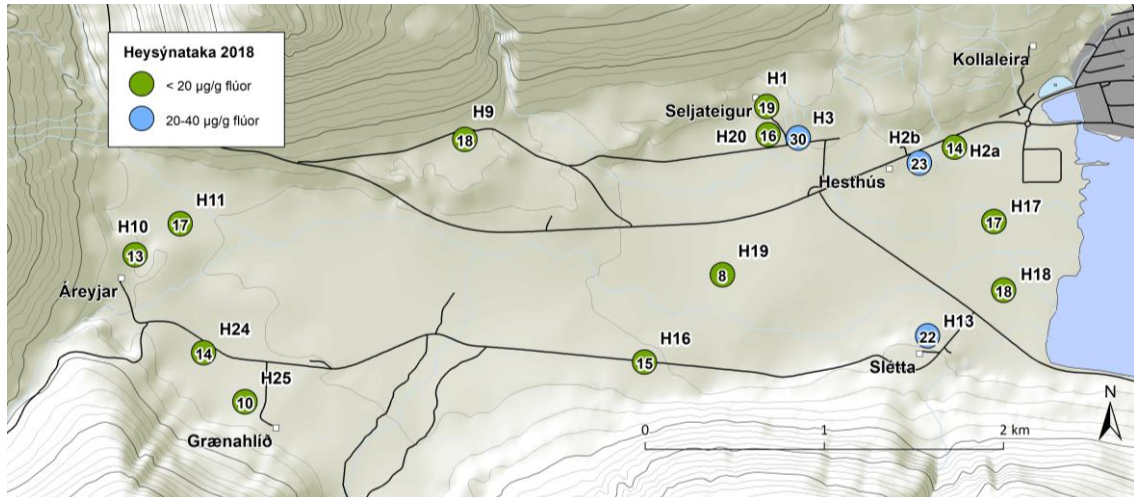
### 3.3.10 Hey

#### 3.3.10.1 Flúor

Styrkur flúors í heyi í sýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 8–30  $\mu\text{g/g}$  miðað við 0% rakainnihald. Lægri styrkur flúors (4  $\mu\text{g/g}$ ) mældist í heysýnum sem tekin voru 20. ágúst á sýnatökustöðum H10 og H11, við Áreyjar. Þann 10. október mældist styrkur flúors í heyi 13  $\mu\text{g/g}$  á sýnatökustað H10 og 17  $\mu\text{g/g}$  á H11. Styrkur flúors í heyi árið 2018 var ekki marktækt frábrugðinn styrk árána 2015–2017 ( $p > 0,05$ ).

Styrkur flúors í heyi var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr (34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald). Ekki var að sjá neitt áberandi mynstur í dreifingu styrks flúors í heyi árið 2018 (72. mynd), ekki frekar en árið 2017. Nánari umfjöllun um viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé miðað við ólíkt rakainnihald má sjá í kafla 3.1.2.

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti) var einnig undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað eða 13  $\mu\text{g/g}$  við Sléttu, 14  $\mu\text{g/g}$  við Áreyjar, 11  $\mu\text{g/g}$  við Seljateigshjáleigu, 16  $\mu\text{g/g}$  við Kollaleiru og 23  $\mu\text{g/g}$  við Njörvadalsá.

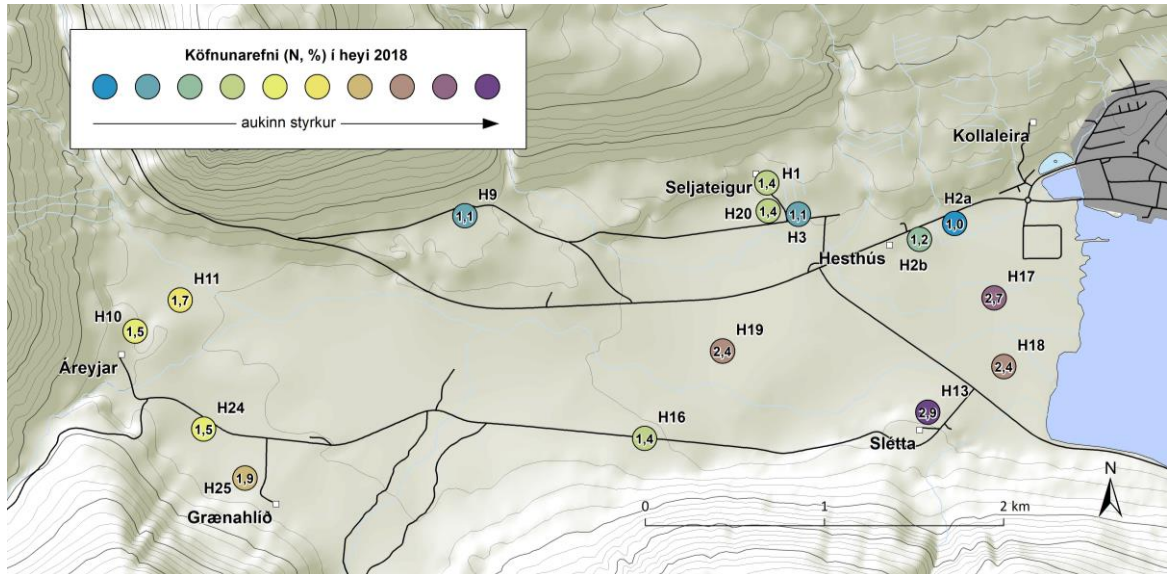


72. mynd. Styrkur flúors í heysýnum m.v 0% rakainihald sem tekin voru 10. október 2018. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

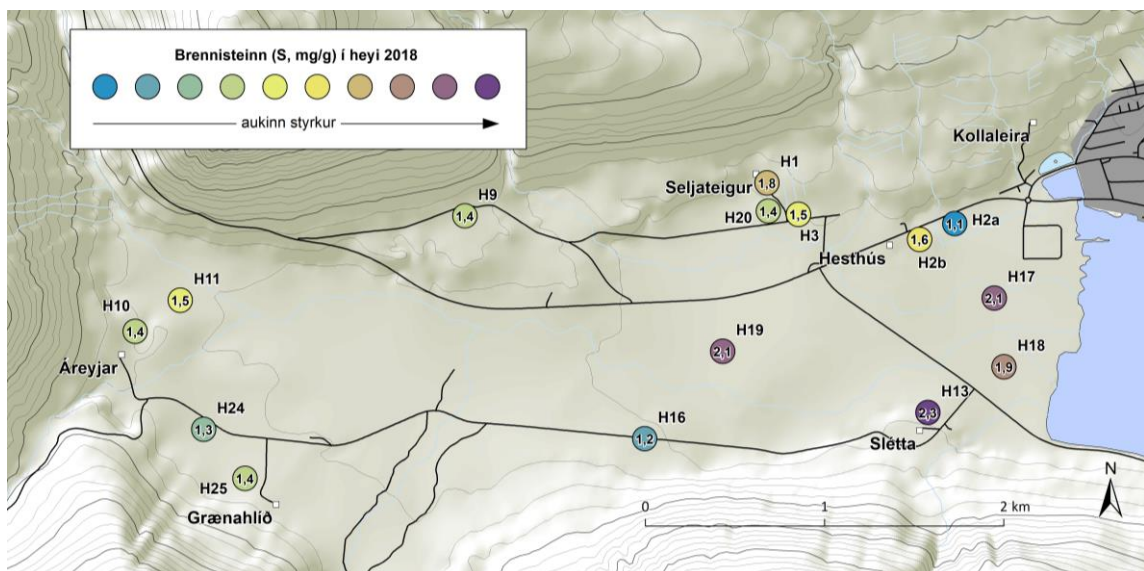
### 3.3.10.2 Köfnunarefni og brennisteinn

Styrkur köfnunarefnis og brennisteins hefur verið mældur í heyi árin 2015 og 2018. Styrkur köfnunarefnis í þurrvigt af heyi mældist frá 1,0% á sýnatökustað H2a austan við hesthúsin og upp í 2,9% á sýnatökustað H13 við Sléttu. Ekkert skýrt mynstur í dreifingu styrks köfnunarefnis í heyi árið 2018 var að sjá (73. mynd) en árið 2015 mældist styrkurinn einnig lægstur við hesthúsin og hæstur við Sléttu. Gildin voru svipuð bæði árin ( $p=0,06$ ).

Styrkur brennisteins í þurrvigt heys sem safnað var í október mældist frá 1,1 mg/g, einnig á sýnatökustað H2a og upp í 2,3 mg/g, einnig á sýnatökustað H13 við Sléttu, líkt og köfnunarefni. Ekkert skýrt mynstur í dreifingu styrks brennisteins í heyi árið 2018 var að sjá (74. mynd) en árið 2015 mældist styrkurinn einnig lægstur við hesthúsin og hæstur við Sléttu. Meðalgildi brennisteins í heyi var 1,6 mg/g árið 2018 en 1,8 mg/g árið 2015 og styrkur ársins 2018 var lægri en 2015 ( $p=0,04$ ). Styrkur brennisteins á H10 mældist 2,4 mg/g þann 20. ágúst, en þá voru tekin sýni á tveimur stöðum (H10 og H11) af nýslegnu heyi sem lá úti. Styrkur brennisteins í heyi frá sýnatökustað H10 mældist hins vegar 1,4 mg/g þann 10. október, þegar sýni frá öllum hinum sýnatökustöðunum voru einnig tekin.



73. mynd. Styrkur köfnunarefnis í heysýnum sem tekin voru 10. október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



74. mynd. Styrkur brennisteins í heysýnum sem tekin voru 10. október 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Köfnunarefni og brennisteinn voru ekki mæld í vetrarheysýnum sem höfðu staðið úti.

### 3.3.10.3 Flúor, köfnunarefni og brennisteinn í fóðurkáli

Flúor, köfnunarefni og brennisteinn var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli sem tekin voru við Sléttu þann 20. ágúst 2018. Styrkur flúors var 4,5  $\mu\text{g/g}$  og 7,1  $\mu\text{g/g}$  sem er undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi jörturdýr (34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald). Styrkur köfnunarefnis var 3,8% og 4,0% og styrkur brennisteins var 4,9 mg/g og 5,1 mg/g.

Niðurstöður mælinga á flúor, köfnunarefni og brennisteini í heysýnum og sýnum af fóðurkáli fyrir árið 2018 er að finna í viðauka 13.

## 4 Sjónræn skoðun á gróðri

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

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

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

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

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

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

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum sjónrænnar skoðunar á plöntum í Reyðarfirði m.t.t. flúorskemmda sumarið 2018.

### 4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 29. júní 2018. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

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

Tvær þessara tegunda eru tilgreindar á valista æðplantna; giljaflækja og þyrnirós sem taldar eru í nokkurri hættu og leggur Náttúrufræðistofnun til að giljaflækja verði friðlýst

en þyrnirós er nú þegar friðuð (Náttúrufræðistofnun, 2018 og Auglýsing nr. 184/1978). Auk þeirra hafa fuglaertur verið á valista en við mat Náttúrufræðistofnunar 2018 féll sú tegund utan valista og er ekki metin í hættu (Náttúrufræðistofnun, 2018).

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

Líkt og fyrri ár var vaxtarstað giljaflækju og fuglaertna ógnað af ágengu tegundunum kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*). Á svæðinu óx einnig nokkuð af túnfífla og mikið af maríustakk var að finna meðfram læknum. Þegar athugun var gerð var nýbúið að slá blettinn. Giljaflækjur gægdust upp úr sverðinum og ef vel var að gáð fannst nokkuð af þeim. Þær voru byrjaðar að blómstra og virtust heilbrigðar fyrir utan áverka eftir sláttinn og skordýrabeit. Fuglaertur voru rétt að byrja að blómstra. Þær fundust helst næst trjám og báru ekki merki um flúorlíkar skemmdir (75. mynd).



75. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júní 2018 í Reyðarfirði.

Engar sjáanlegar skemmdir sem líkjast flúorskemmdum fundust á plöntum þyrnirósar. Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn. Efri vaxtarstaðurinn var staðsettur innan beitarhólfs hrossa sumarið 2017 en hrossin höfðu verið færð neðar í brekkuna fyrir athugun sumarsins 2018. Á efra svæðinu voru plöntur almennt minni og ekki komnar eins langt í þroska og á neðra svæðinu en þyrnirósirnar voru almennt heilbrigðar að sjá og í blóma (76. mynd).



76. mynd. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júní 2018 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar og stóraburkna voru flestar plöntur í góðu ásigkomulagi. Blöð aronsvandar voru sum hver rauðleit í endana (77. mynd) en þær skemmdir litu ekki út fyrir að vera dæmigerðar flúorlíkar skemmdir. Stóriburkni var að mestu leyti án athugasemda en flúorlíkar skemmdir voru á smáblöðum nokkurra laufblaða, dauðir endar líkt og fyrri ár (77. mynd).



77. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júní 2018 í Reyðarfirði.

## 4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 29. júní 2018. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Öll tré kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af víði (*Salix* spp.) og alaskaösp (*Populus trichocarpus*) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorlíkar skemmdir á 0–2% laufblaða gulvíðis (*Salix phylicifolia*) og aspar (78. mynd). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna og nýjum blöðum.



78. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júní 2018.

Fyrir ofan álverið á milli gamla og nýja vegarins vex birki (*Betula pubescens*) í þyrpingu. Það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Trén voru almennt heilbrigð og flúorlíkar skemmdir var ekki að sjá.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Tré voru almennt heilbrigð að sjá en reynir var með einhverjar skemmdir á 0–2% blaða.

Við Framnes voru flestar plöntur heilbrigðar að sjá. Flúorlíkar skemmdir sáust þó á 0–2% nýrra laufblaða gulvíðis og á nálum einnar bergfurunnar (79. mynd).





79. mynd. Flúorlíkar skemmdir á efstu laufum gulvíðis (t.v.) og á nokkrum nálum bergfuru (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í júní 2018.

Við Teigagerði var gróður almennt heilbrigður að sjá. Flúorlíkar skemmdir mátti sjá á 0–2% laufblaða reynis og viðju (*Salix myrsinifolia subsp. borealis*) og 0–2% nála lerkis og grenis voru sölnaðar í endana en þær skemmdir litu ekki út fyrir að vera með dæmigerðar flúorlíkar skemmdir.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var limgerði með skemmdir á u.þ.b. 5% blaða sem litu þó ekki út fyrir að vera flúorlíkar. Ungar reyniplöntur höfðu hins vegar flúorlíkar skemmdir á 0–2% blaða, aðallega í toppinn.

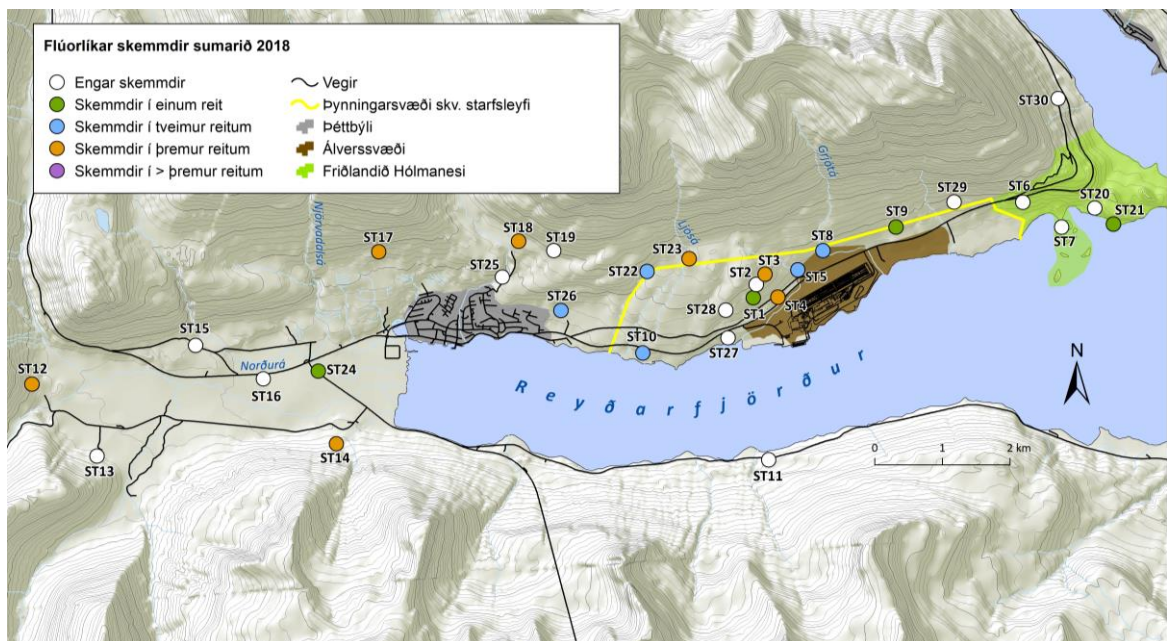
Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að mestu án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum á birki. Reynir var einnig étinn og sums staðar mátti sjá flúorlík einkenni (dökk og afmynduð endalauf) á einstaka blöðum (80. mynd). Líkt og fyrri ár sáust einkenni sem líkjast flúorskemmdum á nálum furu (80. mynd). Nálar lerkis og grenis voru sums staðar gulnaðar og sáust þau einkenni aðallega á nýjum nálum.



80. mynd. Flúorlíkar skemmdir á laufum reynis (t.v.) og nálum furu (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í júní 2018.

### 4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 12.–13. og 16.–18. júlí 2018 (81. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



81. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Almennt var gróður á stöðvunum í góðu ásigkomulagi og án athugasemda. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á sextán stöðvum árið 2018 (81. mynd), þau voru svipuð og höfðu svipaða útbreiðslu og einkennin sem fundust árið 2017. Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2018 sáust aðallega á stinnastör (*Carex bigelowii*) (82. mynd) en einnig á víði (*Salix* spp.). Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust einnig á nokkrum stöðvum utan reita en þau voru ekki merkt á korti.

Þegar skemmdir sem líkjast skemmdum af völdum flúors eru skoðaðar í gróðri verður að hafa í huga að erfitt getur verið að greina þær frá skemmdum af völdum annarra þátta og t.d. geta jafnvel einkenni sölnunar í stinnastör minnt á flúorskemmdir. Þá verður að taka tillit til tíma athugunar og veðurfars þess sumars. Árið 2018 var gróður skoðaður um miðjan júlí og fyrri hluta sumars 2018 var hitastig vel yfir meðallagi og úrkoma lítil á Austurlandi (Veðurstofa Íslands, 2018). Langflestar skemmdir skráðar innan reita árið 2018 voru skemmdir á stinnastör (82. mynd). Mögulegt er að sumar þeirra séu ekki beinar flúorskemmdir heldur sölnun en flúor getur einnig haft óbein áhrif á gróður sem gæti verið ástæðan fyrir því að stinnastör var orðin þetta sölnuð á athugunartíma í sumum reitum í nágrenni álvers og vestan við það, en ekki austan við það (81. mynd).

Líkt og fyrri ár sáust ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2018 voru ummerki traðks talsvert áberandi og á ýmsum runnum og smárunnum sáust brotnar og dauðar greinar inn á milli heilbrigðra greina. Ásigkomulag gróðurs utan rannsóknareita hefur ekki verið skráð kerfisbundið. Samt sem áður er vert að benda á að víða um Reyðarfjörð hefur bláberjalyng verið áberandi rautt og blöðin oft lítil undanfarin ár. Árið 2018 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.



82. mynd. Flúorlíkar skemmdir á stinnastör við stöð 8 (t.v.) og grávíði við stöð 3 (t.h.).

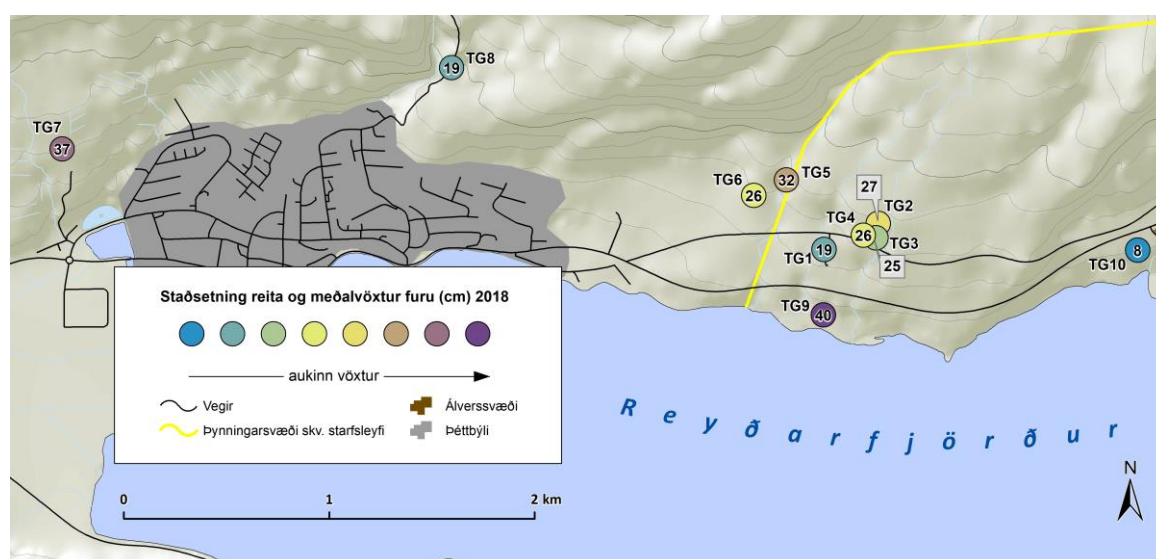
Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2018 er að finna í viðauka 14.

## 5 Trjávöxtur

### 5.1 Inngangur

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

Í Reyðarfirði hefur furutrjám verið plantað víða. Mest er af stafafuru (*Pinus contorta*) en einnig er bergfura (*P. uncinata*) á Framnesi og víðar. Staðsetningu trjámælireita má sjá á 83. mynd.



83. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2018 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

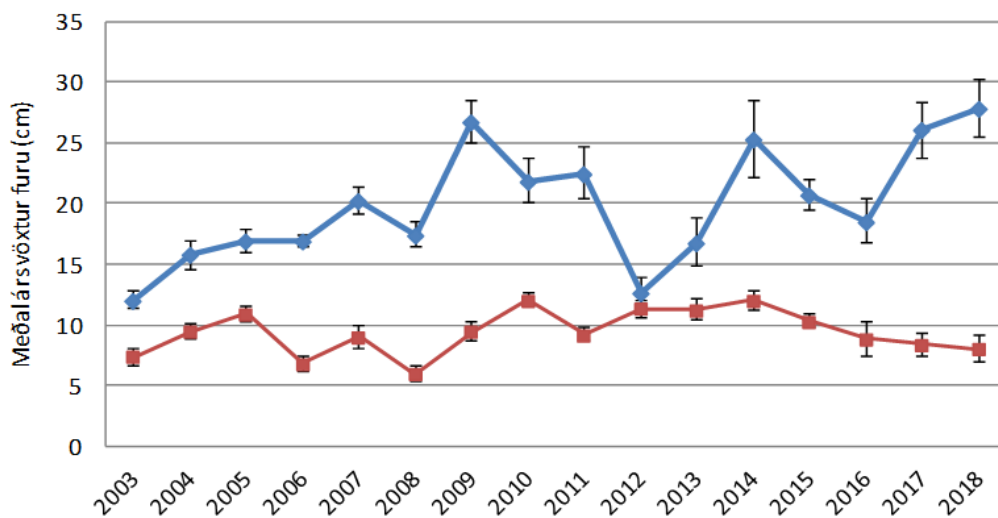
Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu stafafurur voru mældar í trjáræktarreit 1–9 en átta bergfurur í trjáræktarreit 10 eða samtals 98 tré. Öll tré voru staðsett með GPS tæki og merkt með númeri og borða til að hægt væri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

Árið 2018 voru mælingar framkvæmdar 29.–30. október og þá var vöxtur ársins 2018 mældur. Vegna þess hve trén eru orðin há var orðið erfitt að mæla toppvöxt með tommustokk. Því var sérstök trjámælistika notuð í fjórða sinn árið 2018. Mælistikan var borin að stofni trjáanna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2018 þannig reiknaður út. Árið 2018 var trjáræktarreit 10 að hluta til kominn undir framkvæmdir, tvö trjáanna höfðu verið felld og því var vöxtur aðeins mældur á sex bergfurum.

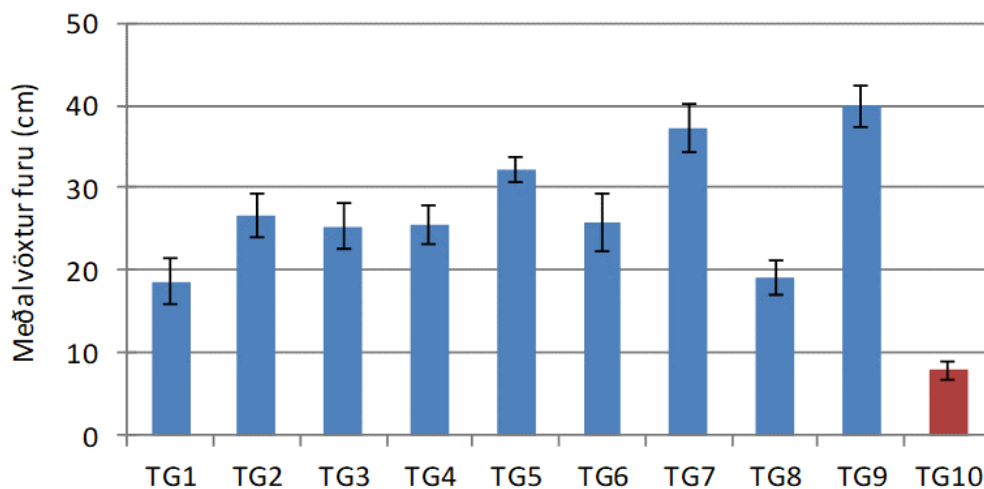
## 5.2 Niðurstöður

Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á svæðum 1–9 árið 2018 var 28 cm (84. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 19–40 cm (85. mynd). Meðalársvöxtur bergfuru er oftast heldur minni en vöxtur stafafuru (84. mynd) og var 8 cm árið 2018 (staðsetning 10 á 85. mynd).

Meðalvöxtur furu árið 2018 var svipaður á öllum stöðum samanborið við árið á undan, fyrir utan á TG7 þar sem hann var 30 cm árið 2017 en 37 cm árið 2018 (viðauki 15). Meðalvöxtur stafafuru er nokkuð breytilegur á milli ára og á milli svæða (84. og 85. mynd). Árið 2018 var meðalvöxtur stafafuru mestur á staðsetningu 9 (40 cm), næst ströndinni (83. mynd) og þar er meðalvöxtur stafafuru frá upphafi mælinga einnig mestur (29 cm á ári).



84. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (blátt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) á einum trjámælireit í Reyðarfirði tímabilið 2003–2018.



85. mynd. Meðalvöxtur stafafuru (blátt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu árið 2018.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2018 má finna í viðauka 15.

## 6 Yfirborðsvatn

### 6.1 Inngangur

Sýni voru tekin á samtals 10 sýnatökustöðum. Fjögur árvatnssýni voru tekin úr Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3) og Njörvadalsá (W4). Fimm neysluvatnssýni voru tekin á eftirfarandi stöðum: úr krana á Mjóeyri á Eskifirði (W5), vatnstanki á Eskifirði (W6), úr krana í Olís sjoppu á Reyðarfirði (W7) og tveimur vatnstönkum á Reyðarfirði, þeim gamla (W8) og þeim nýja (W9). Auk þess var sýni tekið úr Grænavatni (W10) (86. mynd). Sýni voru tekin fjórum sinnum yfir árið úr árvatni og neysluvatni á stöðum W1–W9, þann 17. janúar, 25. apríl, 19. júlí og 25. október en tvisvar úr Grænavatni, 19. júlí og 25. október.

Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH), leiðni ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), basarýmd (alkalinity, mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ), styrkur flúors (F) og styrkur brennisteins (S) hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölringa aromatískra vetniskolefna (PAH-16) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.



86. mynd. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1–W4) og neysluvatnssýna (W5–W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

### 6.2 Niðurstöður

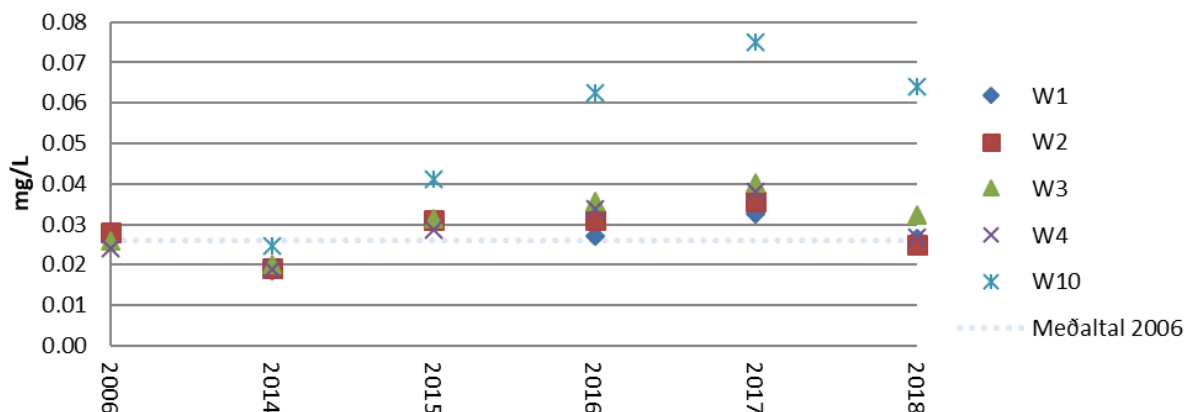
#### 6.2.1 Flúor

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

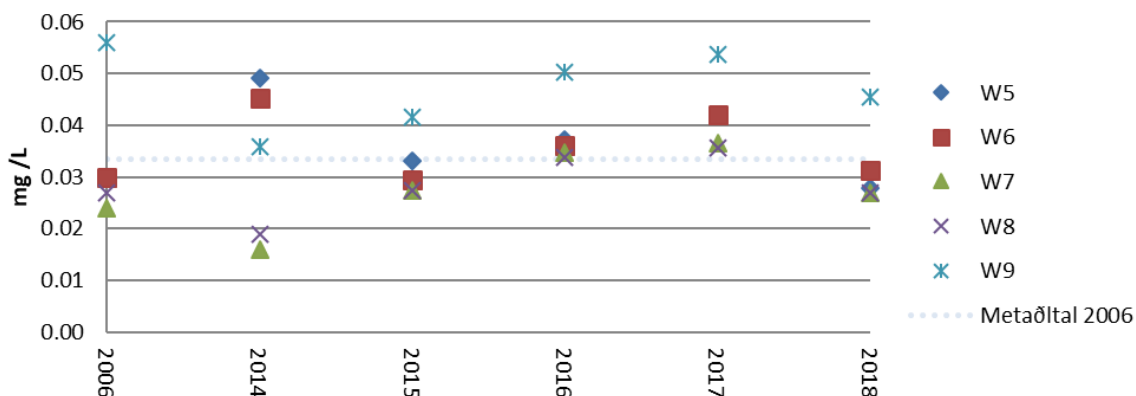
Heildarársmeðaltal flúors í vatni árið 2018 var 0,033 mg/L. Meðaltal fyrir árvatn (W1–W4) er 0,028 mg/L sem er greinanleg lækkun frá 2017 (0,037 mg/L árið 2017, 98% öryggismörk voru 0,007 mg/L). Styrkur flúors í Grænavatni hefur einkennst af miklum sveiflum á milli ára en lækkaði úr 0,075 mg/L árið 2017 í 0,064 árið 2018. Ársmeðaltal

fyrir neysluvatn (W5–W9) mældist 0,037 mg/L sem er lækkun frá 2017 (0,048 mg/L, 98% öryggismörk voru 0,007 mg/L). Þessar mælingar eru sambærilegar við grunnildi flúors í þessum ám sem mæld voru árið 2006 í öllum tilfellum.

Styrk flúors í vatni fyrir árin 2006 og 2014 til 2018 má sjá á 87. og 88 mynd. Blá brotin lína sýnir meðalstyrk flúors í sömu sýnum árið 2006. Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,006 mg/L, og magngreiningarmörk (LOQ) 0,019 mg/L. Sjá má að lækkun meðaltalsstyrks flúors í vatni á milli árunna 2017 (0,043 mg/L) og 2018 (0,033 mg/L) kemur til vegna samsvarandi lækkunar í öllum sýnatökustöðum.



87. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnsýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2006 og 2014–2018.



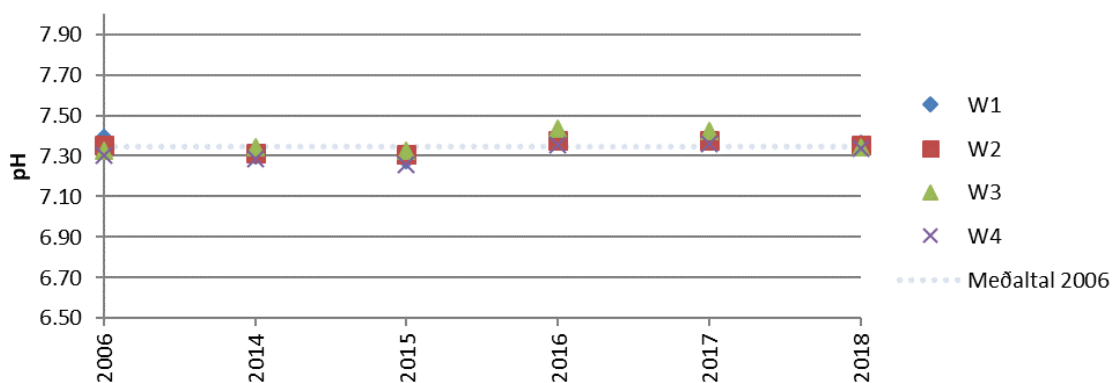
88. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2014–2018.

## 6.2.2 Sýrustig (pH)

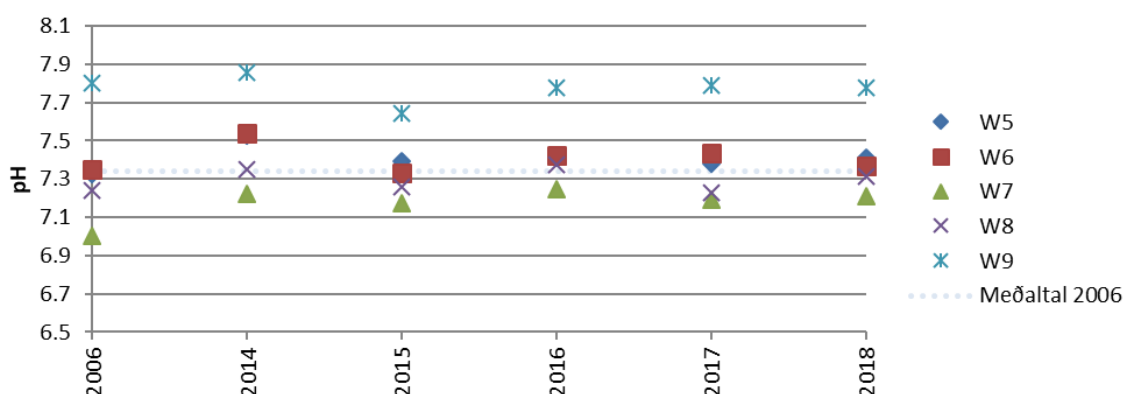
Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa pH á bilinu 6,5 til 9,5.

Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2018 var pH 7,38, óbreytt frá fyrra ári (2017 pH 7,39). Hæst mældist ársmeðaltalið í neysluvatnssýni W9, pH 7,78, og lægst í neysluvatnssýni W7, pH 7,21. Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1–W4) var 7,35 og í neysluvatni (W5–W9) 7,42.

Sýrustig í ám og neysluvatni hélst óbreytt á milli ára og flest sýnatökusvæði haldast innan öryggismarka mælinga. W3 og W6 lækka lítillega frá 2017 og W8 og W10 hækka lítillega. Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerða. Myndir 89 og 90 sýna meðaltöl sýrustigs í ám og vötnum árin 2006 og 2014–2018. Blá brotin lína sýnir meðaltal sýnanna árið 2006, og það er notað sem bakgrunnsgildi svæðisins fyrir starfsemi Alcoa.



89. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2006 og 2014–2018.



90. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2006 og 2014–2018.

### 6.2.3 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er fjallað um fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH). Þar er gefið hámarksgildið 0,10 µg/L, þar sem viðmiðunargildið er summa af styrk efnasambandana benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. PAH-16 var greint í öllum sýnum og gildi allra efna eru sýnd í viðauka 16.

Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og með 2011. Niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efna fyrir árin 2006 og 2014–2018 má sjá í 4. töflu.



4. tafla. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006 og 2014–2018.

	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
2014	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,0083	<0,008
2015	<0,004	<0,0039	<0,0036	<0,0039	<0,0038	<0,0036	<0,0039	<0,0037	<0,0038	<0,004	<0,008
2016	<0,0040	<0,0047	<0,0048	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0044	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0042
2017	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
2018	<0,00831	<0,008	<0,008	<0,00806	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008

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

### 6.2.4 Brennisteinn

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

Styrkur brennisteins breyttist ekki með afgerandi hætti á milli árána 2017 og 2018 í árvatni og neysluvatni (5. tafla). Hins vegar virðist styrkur brennisteins hafa lækkað greinanlega í Grænavatni frá 2017 til 2018, og samræmist það lækkun flúors í sömu sýnum, á milli ára. Við þessa lækkun er meðalstyrkur S og F í Grænavatni á ný nær gildum frá 2014–2016. Gildin í töflunni eru gefin upp í mg S/L, en þau eru öll langt undir hámarksgildi brennisteins í neysluvatni, sem súlfatsígildi. Greiningarmörk (LOD) brennisteins í vatni eru 0,001 mg S/L og magngreiningarmörk 0,003 mg S/L.

5. tafla. Meðalstyrkur brennisteins (mg S/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018.

mg S/L	2014	2015	2016	2017	2018
Árvatn	0,40	0,45	0,41	0,41	0,40
Neysluvatn	0,55	0,49	0,46	0,47	0,46
Grænavatn	0,59	0,50	0,49	0,69	0,54

### 6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Basarýmd (alkalinity) árvatnssýna og neysluvatns árið 2018 er sambærileg fyrra árs, 2017 (6. tafla). Gildin eru sambærileg við fyrstu mæligildi frá 2010 og árlegar sveiflur eru litlar. Árið 2014 mældist lægsta gildi í árvatni frá því að mælingar hófust árið 2010. Gildi eru gefin upp sem mg CaCO<sub>3</sub>/L.

6. tafla. Meðaltals basarýmd (mg CaCO<sub>3</sub>/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018.

mg CaCO <sub>3</sub> /L	2014	2015	2016	2017	2018
Árvatn	11,8	13,5	15,5	15,1	14,4
Neysluvatn	20,4	18,5	18,7	20,6	21,1
Grænavatn	10,8	12,0	17,5	15,9	12,4

## 6.2.6 Leiðni

Leiðni árvatnssýna og neysluvatns og Grænavatns árið 2018 lækka lítillega miðað við fyrra ár og eru þá sambærileg 2015 og 2016, en fellur innan náttúrulegs breytileika (7. tafla). Gildi eru gefin upp sem  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

7. tafla. Meðaltals leiðni ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2014–2018.

$\mu\text{S}/\text{cm}$	2014	2015	2016	2017	2018
Árvatn	42,0	43,2	43,9	50,1	46,0
Neysluvatn	63,0	55,1	54,7	59,1	59,9
Grænavatn	41,7	36,5	34,8	44,1	36,3

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2018 má finna í viðauka 16.

## 7 Búfénaður

### 7.1 Inngangur

Vegna háls styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfénað í Reyðarfirði. Rannsóknirnar felast í mælingu á styrk flúors í kjálkum sauðfjár og sjónrænni skoðun kjálka og tanna til að leita sýnilegra vísbendinga um skemmdir í tönnum og beinum af völdum flúors. Auk þess er framkvæmd sjónræn skoðun á lifandi búfénaði í sama tilgangi. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár hafði einnig verið mældur árið 2006 svo grunnildi þeirrar vöktunar eru til staðar.

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúoreitrunar á lifandi búfénaði byggði á mælikvarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne, 2011). Kvarðinn er fimm þrepa, þar sem 1 merkir engar breytingar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfénaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2017. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 17 (Eyrún Arnardóttir, 2019) og 18 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019).

### 7.2 Niðurstöður

#### 7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði

Dýralæknir skoðaði hross og sauðfé í Reyðarfirði dagana 4. desember 2018 og 4. og 8. mars 2019. Sauðfé var skoðað í lok árs 2018 en ekki reyndist unnt að skoða hross í sömu skoðunarferð þar sem þau voru þá úti. Hross voru því skoðuð í byrjun árs 2019 en eru samt sem áður hluti af umhverfisvöktun ársins 2018.

Á Sléttu voru 20 kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum auk þess sem þremur fæddum árið 2017 var bætt við og einni fæddri 2016 (Eyrún Arnardóttir, 2019). Öll dýr sem skoðuð voru virtust heilbrigð, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum (Eyrún Arnardóttir, 2019). Tennur sauðfjár voru almennt heilbrigðar, þó fundust vafasamar breytingar á tönnum tveggja gripa en ekki er hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða. Ein kind var metin með smávægilegar

glerungsskemmdir og þyrfti að meta þær aftur þar sem þær voru ekki alveg komnar upp við skoðun. Flúortengdar breytingar á tönnum verða við mikla inntöku flúors á þeim tíma sem glerungur á tönnum er að myndast, þ.e. áður en tennur vaxa í gegnum tannholdið. Dýralæknir telur ekki líklegt að kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þessara tannskemmda en bendir á að áhugavert sé að mæla flúorstyrk í beinum þeirra þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2019).

Fimm hross voru skoðuð að þessu sinni, í hesthúshverfinu og á Sléttu. Ekkert hross var skoðað á Áreyjum þar sem þau verða ekki tekin á hús og því erfitt að nálgast þau. Ákveðið var að taka út úr rannsókninni hross sem voru komin vel yfir tanntökualdur. Ekkert þeirra hrossa hafði sýnt merki um flúortengdar breytingar og því ekki talin ástæða til þess að fylgja þeim eftir en taka frekar inn ný unghross sem hafa verið alin upp í Reyðarfirði og eru nú á tanntöku aldri. Engar merkjanlegar breytingar fundust í hrossunum fimm sem skoðuð voru fyrir utan skemmdir vegna áverka (Eyrún Arnardóttir, 2019).

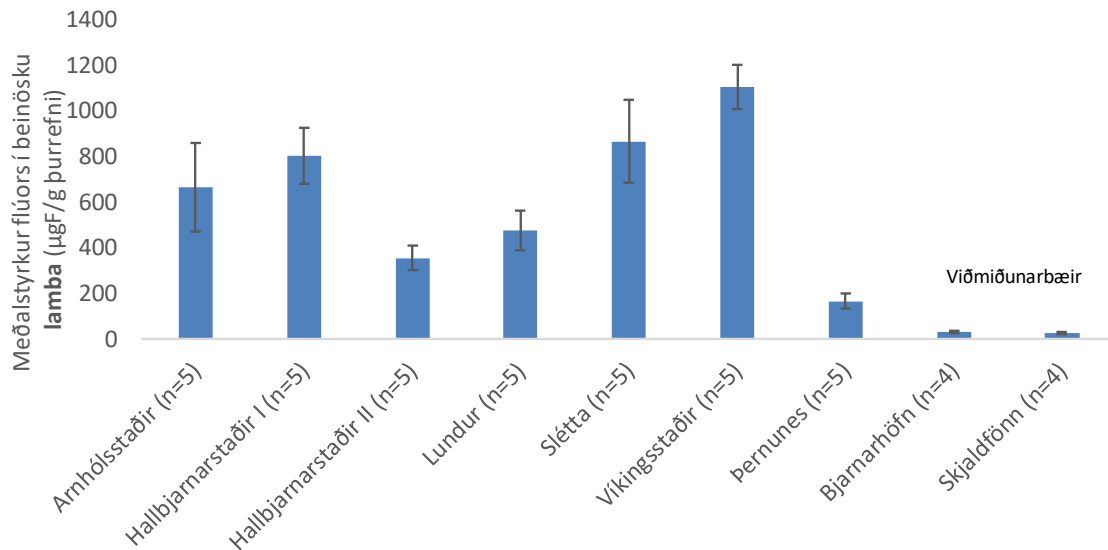
### **7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis**

Hausum af sauðfé var safnað haustið 2018 frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Hallbjarnarstöðum I og II og Arnhólsstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum og Lundi austanmegin við Lagarfljót. Gagnasöfnun var unnin í samvinnu við bændur og sláturhús. Óskað var eftir fimm hausum af lömbum og fimm af fullorðnu fé (æskilegur aldur 4–5 vetra) frá hverjum bæ. Þar sem fé frá Skriðdal gengur ekki allt í Reyðarfirði voru bændur beðnir um að velja handahófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð. Alls voru 62 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Ekki fengust sýni af fullorðnu fé frá bænum Arnhólsstöðum en tvö til sex sýni fengust frá öðrum bæjum. Sýni af lömbum fengust frá öllum bæjunum, sex frá Hallbjarnarstöðum II en fimm frá öðrum bæjum. Til samanburðar voru 18 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 10 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019).

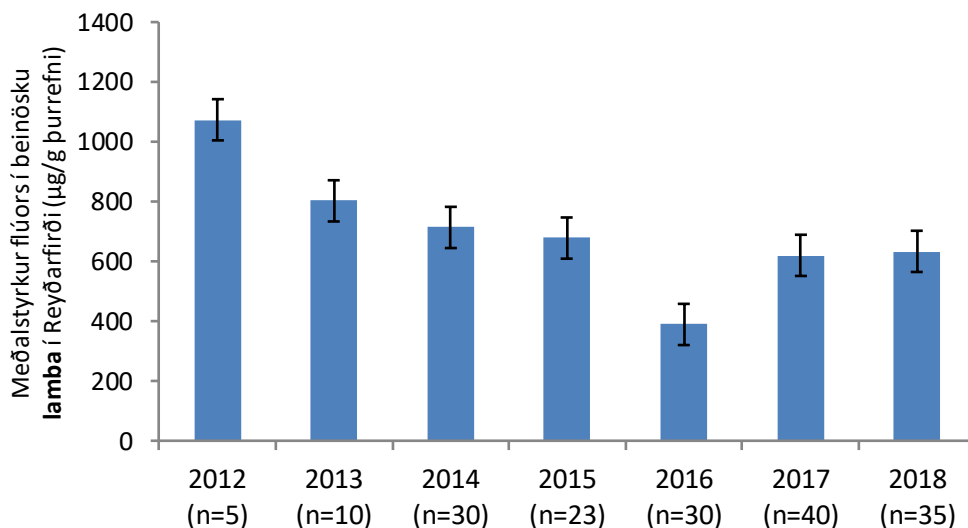
Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (91. og 93. mynd). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en rannsóknir hafa sýnt fram á að flúormagn í beinum eykst með aldri (Livesey & Payne, 2011).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Víkingsstöðum (1104 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (163 µg/g) (91. mynd). Á Sléttu var að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (315–1519 µg/g) en minnsta breytileikann var að finna á Þernunesi (81–272 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (92. mynd). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba var mældur í 35 sýnum árið 2018 (92. mynd) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019). Meðalársstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist 628 µg/g árið 2018, eða tuttugu og þrisvar sinnum hærra en meðalársstyrkurinn í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands (28 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019).



91. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sjö bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2019).



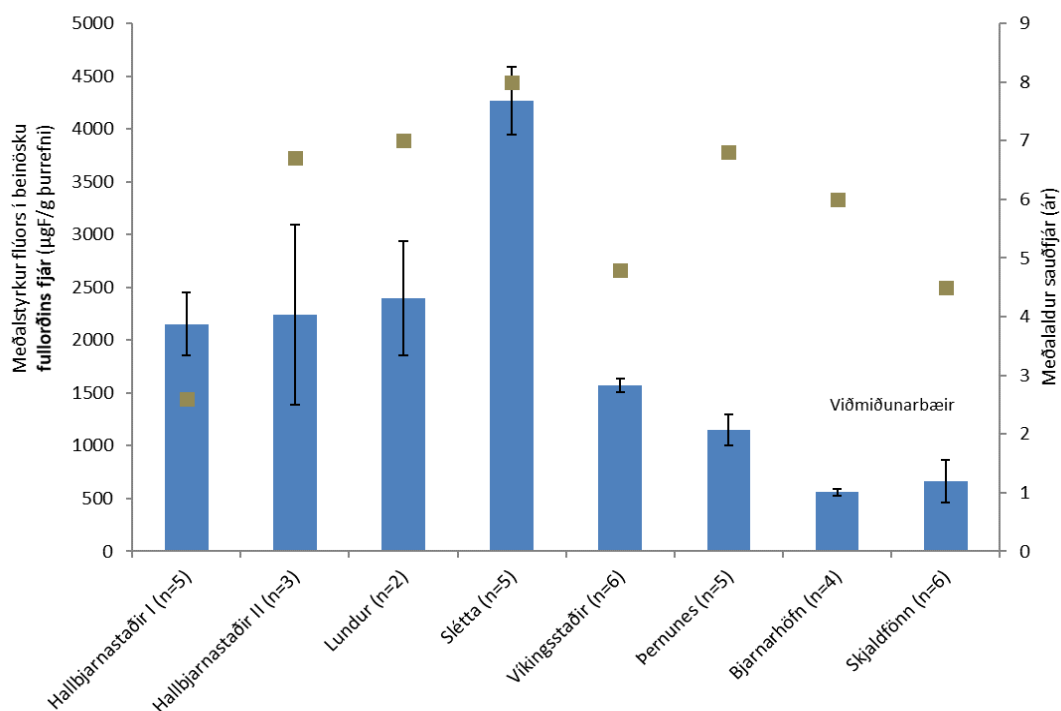
92. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2018 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012; 2014; 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016; 2017; 2018; 2019).

Eðlilegt þykir að flúorgildi í beinum fullorðinna jörturdýra sé á bilinu 1000–1500 µg/g (Livesey & Payne, 2011). Flúorgildi í beinum fullorðins sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði var á bilinu 416–6109 µg/g. Hæsta gildið mældist í kind frá bænum Sléttu en einnig mældist hæsta meðaltal flúors í fullorðnu fé á þeim bæ, 4265 µg/g sem er hærra en það mældist árið 2017, þá 3349 µg/g. Taka skal fram að af bæjunum fimm var meðalaldur kindanna frá Sléttu hæstur (8 ár) (93. mynd) sem getur að einhverju leyti útskýrt hærri flúorgildi miðað við aðra bæi en útskýrir ekki breytingu milli ára frá þeim bæ því meðalaldur kinda árið 2017 var 8,8 ár (Þórunn Láru Þórarinsdóttir, 2019). Lægstu gildin mældust í sýnum af fullorðnu fé frá Þernunesi, eins og í sýnum af lömbum. Meðalstyrkur flúors í beinösku

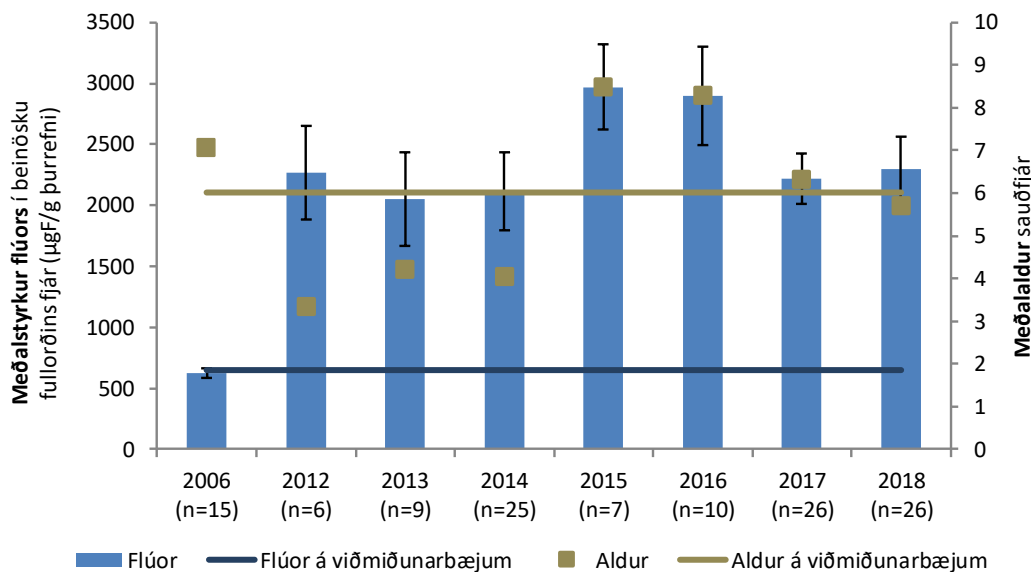
fullorðins fjár í Reyðarfirði var rúmlega þrefalt hærrí (2295  $\mu\text{g/g}$ ) samanborið við viðmiðunarbæina (644  $\mu\text{g/g}$ ) á árunum 2015–2018. Meðalársstyrkur flúors í fullorðnu fé mældist svipaður árið 2018 og árið 2017 og árin 2012–2014 en mikið ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (94. mynd).

Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719  $\mu\text{g/g}$  í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, 596  $\mu\text{g/g}$  í sauðfé frá Þernunesi og 550  $\mu\text{g/g}$  frá Kollaleiru. Aðeins var mældur flúor í beinösku fimm kinda frá hverjum bæ, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Flúorgildi í sauðfé í Reyðarfirði áður en álver tók til starfa mældust undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) í öllum sýnum. Sýnin eru fá en niðurstöðurnar benda til þess að styrkur flúors í beinösku sauðfjár hafi hækkað frá því álverið tók til starfa. Sýni úr fullorðnu fé frá Sléttu voru tekin aftur árin 2012–2018 og styrkur flúors var þá um þrisvar til fimm sinnum hærrí en árið 2006.

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Ein kind var skráð með breytingu í glerung framtannar en ekki var vitað um aldur hennar þar sem merki hafði glatast úr henni. Styrkur flúors í beinösku hennar var 4536  $\mu\text{g/g}$  sem er næst hæsta gildið sem mældist í kind árið 2018 og yfir meðallagi miðað við aðrar kindur í Reyðarfirði. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði var í sumum tilfellum slæm en það átti einnig við um kindur frá viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2019) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Tengsl milli styrks flúors í beinvef og tannheilsu dýranna sáust ekki (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2019).



93. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2018) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Lára Þórarinsdóttur, 2019).



94. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2018). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2018), n=34 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2019).

## 8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2018 er í megindráttum svipað og undanfarin ár. Þó er vert að gefa gaum að tilteknum þáttum. Mæligildi flúors eru með hærra mótí, mælt á síur, í svifryki og í úrkomu. Flúorgildi í lofti hafa farið hækkandi frá 2011 og hafa verið með hæsta mótí undanfarin þrjú ár þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi í lofti eru innan settra marka. Svífryk mældist hærra 2018 en meðaltal síðustu ára. Benda má á að árið var mjög hægviðrasamt, en það getur haft töluverð áhrif til hækkunar. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti eru svipuð og mörg undanfarin ár, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Rykkennd PAH efni hafa farið lækkandi á undanförunum 5 árum og mælast mjög svipuð 2018 og 2017 þegar þau voru með lægsta mótí.

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2018 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr. Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar en fyrir ofan þau norðan fjarðar. Styrkur flúors í heyi var í öllum tilfellum undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jörturdýr.

Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa. Meðalstyrkur flúors í barnálum og laufum rabarbara hefur aldrei mælst eins hár og árið 2018. Breytingar á styrk brennisteins og köfnunarefnis frá því fyrir rekstur álvers eru ekki augljósar. Gildi ársins 2018 voru í flestum tilvikum lægri en gildi ársins 2015 sem voru hæstu gildin sem mælst hafa. Styrkur brennisteins árið 2015 var eflaust undir áhrifum frá eldgosinu í Holuhrauni 2014–2015 sem losaði um þúsundfalt magn af brennisteinsvetni á við álverin þrjú það ár (Sigurður H. Magnússon, 2018).

Trjávöxtur hefur verið breytilegur milli ára, en ekki er hægt að greina augljósan mun innan og utan þynningarsvæðis. Ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri sáust að mestu innan þynningarsvæðis.

Litlar breytingar urðu á þeim styrk efna sem mæld voru í vatnssýnum árið 2018 miðað við fyrri ár. Litlar breytingar sjást á ársmeðaltölum sýrustigs, brennisteins og basarýmdar í árvatni árið 2018, en gildin hafa haldist nokkuð stöðug undanfarin fimm ár. Styrkur flúors og brennisteins í Grænavatni lækkar á milli ára. Einungis eru tekin tvö sýni í Grænavatni árlega og útslag sveiflna í styrk þessara efna í Grænavatni hefur verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Öll gildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Styrkur PAH efnasambandanna fjögurra í árvatni og neysluvatni er undir greiningarmörkum, en sú staða hefur haldist stöðug frá 2011.

Flúor í beinösku kjálka í sauðfé, bæði lömbum og fullorðnu fé, sem gengur í Reyðarfirði mælist hærrí en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Í lömbum var munurinn að meðaltali tuttugu og þrefalt hærrí en í fullorðnu fé um fjórfalt hærrí. Mesti munur á flúor í beinösku fullorðins fjár milli viðmiðunarbæja og bæja í Reyðarfirði var á Sléttu og var munurinn rúmlega sjöfalt hærrí en meðaltal frá viðmiðunarbæjum. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Hærrí meðalgildi mældust í kjálkum í ár samanborið við árið 2017 en árin eru ekki fullkomlega samanburðarhæf þar sem sýni voru tekin á fleiri bæjum árið 2018 en 2017. Sýni hafa verið fá og lítið hægt að álykta um þróun á styrk flúors í kjálkabeinum þau ár sem hann hefur verið mældur en þó er ljóst að gildi hafa hækkað frá því álver tók til starfa. Sjónrænt mat kjálkana gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu, en erfitt var að draga ályktanir um tannheilsu eldra fjár. Sjónræn skoðun lifandi sauðfjár og hrossa í Reyðarfirði leiddi í ljós að dýrin voru almennt heilbrigð. Í tveimur kindum sáust þó breytingar í tönnum sem mögulega gætu verið flúorskemmdir en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

## 9 Heimildir

- Auglýsing um friðlýsingu nokkurra plöntutegunda. Nr. 184/1978.  
[http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Auglysingar/r\\_184\\_1978\\_auglysing\\_plontutegundir.pdf](http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Auglysingar/r_184_1978_auglysing_plontutegundir.pdf) Skoðað í september 2018.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- Davison, A.W. & Weinstein, L.H. (2006). *Investigation of the sources of elevated fluoride in vegetation in the Reyðarfjörður area*. Í: *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of NA activities in 2006*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2009). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2008 by Náttúrustofa Austurlands*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2010). *External Environmental Monitoring. Alcoa-Fjarðaál Smelter in Reyðarfjörður. Results of on-going monitoring from 2006 to 2009 and comparison with the baseline survey from 2004 and 2005*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Doley, D. (2010). Rapid quantitative assessment of visible injury to vegetation and visual amenity effects of fluoride. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 181–198.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2017). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2016*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Hermann Þórðarson og Kristinn Gíslason (2013). *Alcoa Fjarðaál, umhverfisvöktun árið 2012*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Davison, A.W. (2012). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2019). *Eftirlitsskýrsla – áttunda skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2017. Skoðun framkvæmd á Sléttu og í hesthúshverfi á Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Franzaring, J., Klumpp, A. & Fangmeier, A. (2007). Active biomonitoring of airborne fluoride near an HF producing factory using standardised grass cultures. *Atmospheric Environment*, 41, 4828–4840.
- Guðrún Á. Jónsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Hermann Þórðarson (2018). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor 2018 og skýrsla haust 2018*. Nýsköðunarmiðstöð Íslands, 6EM18013.
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755–759.
- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Davison, A.W. (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Landmælingar Íslands (2013). Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands. Skoðað í mars 2017 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>



- Landmælingar Íslands (2015). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 24122013 útgáfa. Sótt í desember 2015 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Landmælingar Íslands (2019). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v - 24122013 útgáfa. Sótt í febrúar 2019 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Liteplo, R., Gomes, R., Hower, P. & Malcolm, H. (2002). *Fluorides. Environmental Health Criteria*, 227. World Health Organization.
- Livesey, C. & Payne, J. (2011). Diagnosis and investigation of fluorosis in livestock and horses. *In Practice*, 33, 454–461.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2018). *Válisti æðplantna*. <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-aedplantna> Skoðað í september 2018.
- Ongstad, L., Stoll, C.I. & Aasland, T. (1994). *The Norwegian aluminium industry and the local environment. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway- Summary report*. Oslo: Hydro Media.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2012). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2014). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2015). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti nr. 410/2008.
- Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryg og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings nr. 920/2016.
- Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015.
- Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og nr. 1048/2016.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008.
- RStudio Team (2016). *RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383)*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Sigurður H. Magnússon (2018). *Vöktun þungmálma og brennisteins í mosa á Íslandi 1990-2015. Áhrif frá iðjuverum og eldvirkni*. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. NÍ-18006.
- 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 (2018). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2018*. Sjá <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/>.
- Vike, E. & Håbjørg, A. (1995). Variation in fluoride content and leaf injury on plants associated with three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 163, 25–34.
- Vike, E. (1999). Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 236, 75–90.
- Vike, E. (2005). Uptake, Deposition and Wash Off of Fluoride and Aluminium in Plant Foliage in the Vicinity of an Aluminium Smelter in Norway. *Water, Air, & Soil Pollution*, 160 (1–4), 145–159.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125, 3–11.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2004). *Fluorides in the Environment*. Wallingford, UK: CABI publishing.
- Weinstein, L.H. (1983). Effects of Fluorides on Plants and Plant Communities: An Overview. Í: Shupe, J.L., Peterson, H.B. & Leone, N.C. (ritstj.), *Fluorides: Effects on Vegetation, Animals, and Humans* (bls. 61–82). Salt Lake City, Utah: Paragon Press.
- Pórunn Lára Þórarinsdóttir (2016). *Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Pórunn Lára Þórarinsdóttir (2017). *Skýrsla fyrir árið 2016, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2018). *Skýrsla fyrir árið 2017, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2019). *Skýrsla fyrir árið 2018, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

## 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 • Veffang: [www.na.is](http://www.na.is)

