

IÐNAÐARSVÆÐIÐ Á GRUNDARTANGA OG UMHVERFI ÞESS

NÍÐURSTÖÐUR UMHVERFISVÖKTUNAR
ÁRIÐ 2005



1 HÖNNUN
GRENSÁSVEGI 1 - 108 REYKJAVÍK - SÍMI 510 4000 - FAX 510 4001
www.honnun.is

NÓVEMBER 2006

Jóhanna B. Weissappel, líffræðingur, M.Sc.

SAMANTEKT

MEGIN NIÐURSTÖÐUR UMHVERFISVÖKTUNAR ÁRIÐ 2005:

Allir umhverfisþættir undir viðmiðunarmörkum utan þynningarsvæðis.

ANDRÚMSLOFT

Ársmeðaltal flúors, bæði heildarflúors og gaskennds flúors (HF), á Stekkjarási var hærra en árið 2004. Rekja má hækkinina til óvenju hárra mæligilda flúors í lofti um miðjan júlí. Einnig mældust há gildi brennisteins á Stekkjarási sömu daga í júlí. Mælingar á flúor í reykháfum álversins gefa ekki til kynna meiri losun flúors í júlí en aðra mánuði ársins og ekki var neitt í rekstri álversins sem skýrir þessi hærri mæligildi flúors. Talið er að nokkuð hæggar austan-, suðaustan- og sunnanáttir þessa daga hafi borið útblástur frá álverinu yfir Stekkjarás og nágrenni. Magn HF var þó vel undir viðmiðunarmörkum fyrir vaxtartíma gróðurs ($0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis) eins og verið hefur frá 1997.

Ársmeðaltal SO_2 og heildar brennisteins á Stekkjarási var lægra en verið hefur síðastliðin þrjú ár. Ársmeðaltal SO_2 gefur til kynna að á heildina litið sé magn þess nokkuð stöðugt á milli ára á vöktunarsvæðinu þrátt fyrir nokkurn breytileika í mánaðarmeðaltölum. Magn SO_2 var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis).

Ársmeðaltal svifryks á Stekkjarási var töluvert hærra en árin á undan. Mikill breytileiki einkenndi mánaðarmeðaltöl svifryks. Magn svifryks var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis).

Mæligildi í úrkomu hafa frá upphafi vöktunar verið sveiflukennd og er mögulegt að flugur og frjókorn hafi áhrif. Ársmeðaltal flúoríðs í úrkomu var í lægra lagi en meðaltal brennisteins með hæsta móti. Sýrustig úrkomu var það lægsta sem mælst hefur frá upphafi á Stekkjarási. Lítil fylgni var milli meðaltala í úrkomu og lofti.

GRÓÐUR

Magn flúors í grasi jókst hlutfallslega meira en í laufi á flestum vöktunarstöðum, bæði norðan og sunnan fjarðar. Meðaltal flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðunum var í september 2005 ríflega tvöfalt meira en í september 2004 og á sumum þeirra rúmlega það. Þetta á einnig við um meðaltal flúors í laufi frá Fellsaxlarkoti, en á hinum vöktunarstöðunum var ekki eins mikill munur á meðaltali flúors í laufi á milli ára. Mælingarnar endurspeglar niðurstöður loftgæðamælingar á Stekkjarási. Hæsta mæligildi flúors í grasi mælt í þurrefni var $8 \mu\text{g}/\text{g}$ frá Fannahlíð að hausti sem er vel innan skaðsemismarka fyrir grasbíta (yfirleitt talin vera $30 \mu\text{g}/\text{g}$). Mesta magn flúors í laufi mælt í þurrefni var $24 \mu\text{g}/\text{g}$ frá Fellsaxlarkoti að hausti. Munurinn á magni flúors í eins og tveggja ára barri jókst miðað við árið á undan sem styður það að magn flúors í lofti á vöktunarsvæðinu hafi verið meira árið 2005 en árið 2004.

Flúor í heyi frá bæjum næst álverinu, innan 3 km fjarlægðar, hefur aukist lítillega frá árinu 1997. Magn flúors í flestum heysýnum var þó yfirleitt undir $11 \mu\text{g}/\text{g}$ í þurrefni haustið 2005. Tvö heysýni skáru sig þó úr með $31 \mu\text{g}/\text{g}$ í þurrefni, frá Gröf II og Hrafnabjörgum, sem er yfir lögstu skaðsemismörkum fyrir búfenað.

Minnsta magn brennisteins (% S) var í heyi frá Gröf II, marktækt minni en þar sem mesta magn brennisteins mældist, frá Galtarholti og Belgsholti. Ekki var marktækur

munur milli annarra bæja né með fjarlægð frá iðjuverunum. Heildarbrennisteinn og N/S hlutfall í heysýnum var innan eðlilegra marka sem gefur til kynna að áhrif loftborinna brennisteinssambanda á svæðinu gæti ekki í heildarmagni brennisteins í heysýnum.

FERSKVATN

Litlar breytingar hafa mælst á efnabáttum, sýrustigi og leiðni innan ána frá upphafi vöktunar og er því ekki að sjá að áhrif iðjuveranna á Grundartanga gæti í þeim. Frá upphafi vöktunar hefur styrkur flúoríðs, brennisteins og klóríðs verið vel undir leyfilegum hámarksstyrk skv. reglug. um neysluvatn.

SAUÐFÉ

Meðaltal flúors í höfuðbeinum lamba (allir bæirnir teknir saman) var svipað á milli áranna 2004 og 2005. Þetta á einnig við um meðaltal flúors í lömbum frá bæjum norðan fjarðar. Þessar mælingar sýna litla fylgni við magn flúors í grasi á vöktunarsvæðinu í september 2005. Eins og kom fram í kafla 4 var magn flúors í grasi á vöktunarstöðunum haustið 2005 ríflega tvöfalt meira og á sumum þeirra margfalt meira en haustið 2004. Marktæk aukning (marktækni 0,05) varð hins vegar á meðaltali flúors í höfuðbeinum lamba frá bæjunum sunnan fjarðar á milli áranna 2004 og 2005 sem endurspeglar aukningu á flúor í grassýnum sem safnað var í september á svæðinu.

Magn flúors í tönnum og kjálkabeinum fullvaxta fjár frá Litlu Fellsöxl mældist yfir þeim mörkum þar sem hættu er á tannskemmdum ($> 1000 \mu\text{g/g}$). Þrátt fyrir það sá dýralæknir ekki nein ummerki um áreiti eða skemmdir af völdum flúors á tönnum og kjálkum.

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR.....	1
2	SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR.....	2
3	ANDRÚMSLOFT	3
3.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	3
3.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	4
3.2.1	FLÚOR	4
3.2.2	BRENNISTEINN (S).....	7
3.2.3	SVIFRYK (PM ₁₀)	9
3.2.4	EFNAINNIHALD Í ÚRKOMU.....	11
4	GRÓÐUR	13
4.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	13
4.2	GRAS, LAUF OG BARR	14
4.3	HEY	21
5	FERSKVATN.....	24
5.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	24
5.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA.....	25
5.2.1	LEIÐNI	25
5.2.2	SÝRUSTIG	25
5.2.3	BRENNISTEINN	25
5.2.4	FLÚORÍÐ	25
5.2.5	KLÓRÍÐ.....	26
6	SAUÐFÉ.....	32
6.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	32
6.2	ÁSTAND TANNA OG KJÁLKA OG MAGN FLÚORS	33
7	HEIMILDIR	37

1 INNGANGUR

Norðurál og Íslenska járnblendifélagið hafa frá árinu 1999 staðið að umhverfissvöktun í Hvalfirði, sem Umhverfisstofnun hefur eftirlit með. Ýmsar umhverfissrannsóknir fóru fram fyrir tíma járnblendiverksmiðjunnar árin 1975-1978 og álversins tímabilið júní 1997-júní 1999. Sameiginleg vöktunaráætlun iðjuveranna tók þá við og gildir til ársins 2009.

Haustið 2005 var breytt út af vöktunaráætluninni vegna fyrirhugaðrar stækkunar Norðuráls í febrúar 2006. Ákveðið var að vakta hey úr heyrúllum frá 12 býlum, eins og gert var síðast árið 1999, til að fá vitneskju um ástand heys áður en álverið stækkaði. Hey verður vaktað með sama hætti haustið 2006.

Í skýrslu þessari eru teknar saman helstu niðurstöður umhverfissvöktunar árið 2005 og þær bornar saman við niðurstöður fyrri ára og viðmiðunarmörk þar sem við á. Í **töflu 1.1** er yfirlit yfir vöktunina.

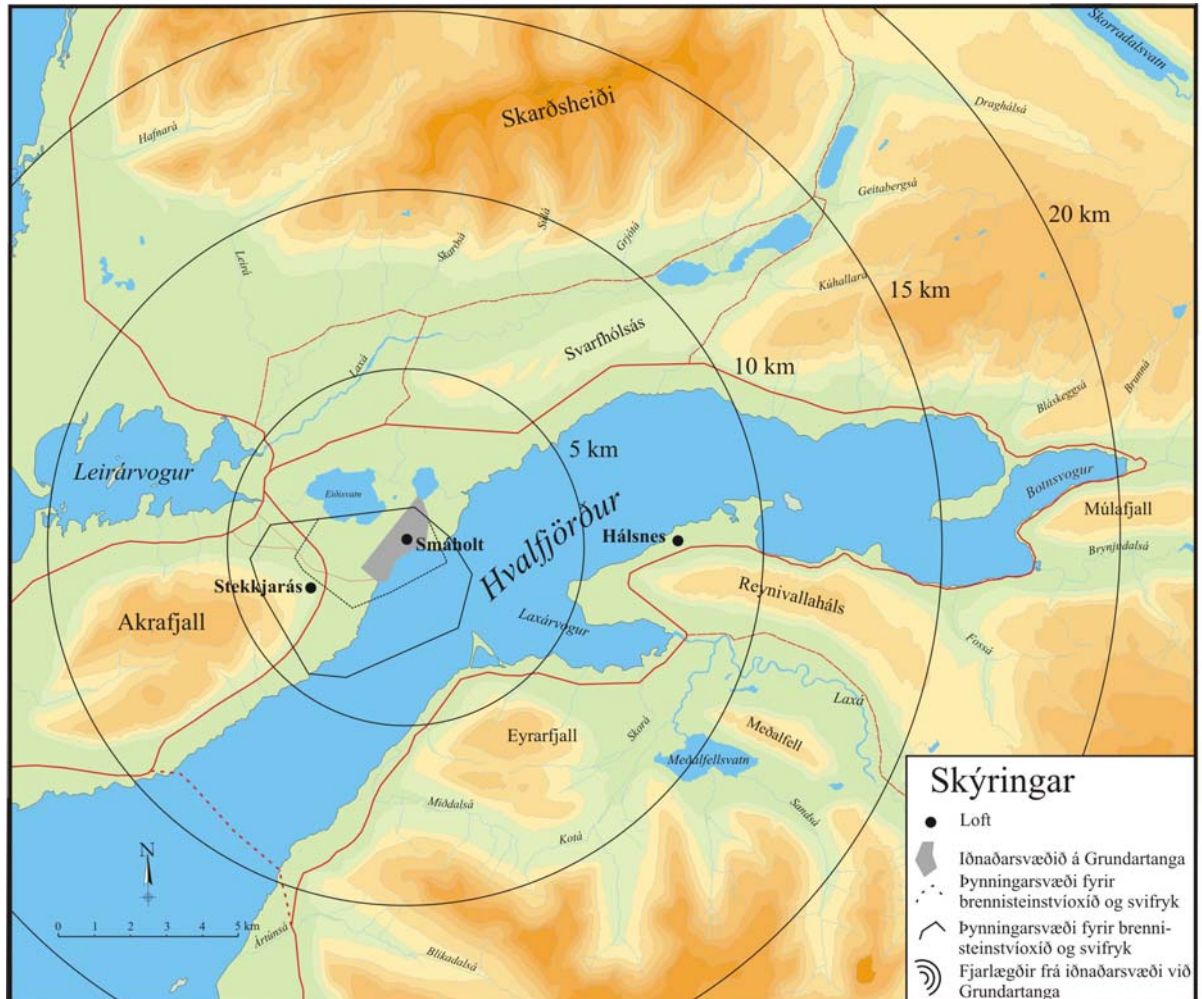
Tafla 1.1 Yfirlit yfir umhverfissvöktun í Hvalfirði árið 2005.

	Loftgæði	Gróður	Árvatn	Sauðfé
Mælipáttur	<u>Andrúmsloft:</u> Svifryk HF og flúor í ryki. SO ₂ og brennisteinn í ryki. <u>Úrkoma:</u> Sýrustig Flúoríð Klóríð Súlfat Natríum Nitur	<u>Gras, lauf og barr:</u> Flúor <u>Hey:</u> Heildar brennisteinn Flúor Nitur Fosfór Kalsíum Kalíum Natríum Magnésíum Prótein Þurrefni og meltanleiki	Sýrustig Leiðni Flúoríð Súlfat Klóríð	Ástand tanna og kjálkabeina. Flúor í kjálkum.
Vöktunarstaður	Stekkjjarás	<u>Gras, lauf, barr:</u> Fannahlíð, Fellsaxlarkot, Félagsgarður, Fossbrekka, Reynivellir, Stekkjarás. <u>Hey:</u> Belgsholt, Galtarholt, Gröf II, Hrafnabjörg, Innri Hólmur, Kalastaðir, Katanes, Kiðafell, Kirkjuból, Litla Fellsöxl, Lyngholt, Neðri Háls.	Berjadalsá Fossá Kalmansá Laxá Urriðaa	Eystri Leirárgarðar, Fell, Fellsöxl, Grjóteyri, Gröf II, Hrafnabjörg, Katanes, Kiðafell, Kirkjuból, Litla Fellsöxl, Skipanes, Skorholt, Vogatunga, Þaravellir.
Rannsóknaraðili	Sýnasöfnun og mælingar: Iðntæknistofnun (ITÍ)	<u>Gras, lauf, barr:</u> Sýnataka: UST, Skógræktin, Norðurál, ITÍ Efnamælingar: ITÍ <u>Hey:</u> Sýnataka: Búnaðarsamtök Vesturlands Efna- og meltanleikamælingar: Landbúnaðarháskóli Íslands. Flúor og steinefnamælingar: Efnagreiningar á Keldnaholti.	Sýnataka og mælingar: ITÍ	Skoðun tanna og kjálka: Tilraunastöð HÍ í meinafræðum á Keldum. Efnamælingar: ITÍ

2 SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR

Bakgrunnsgildi	Styrkur/magn jóna/efnasambanda sem talinn er sýna náttúrulegt gildi.
Svifryk (PM₁₀)	Agnir undir 10 µm að stærð.
Viðmiðunarmörk/ skaðsemismörk	Mörk sem yfirvöld mengunarvarna setja sem hámark í styrk tiltekins efnis fyrir gróður, dýr eða fólk.
Þynningarsvæði	Svæði þar sem þynning mengunar á sér stað og eftirlitsaðilar samþykkja að mengun megi vera yfir viðmiðunarmörkum.
µm	Míkrómetri, einn milljónasti (10 ⁻⁶) úr m.
µg/m³	Magn efnis af heildarrúmmáli lofts.
µS/cm	Leiðni vatns á hvern cm.
mg/m²	Ákoma efna í úrkomu á flatareiningu.
µg/l	Styrkur efnis á lítra.
mg/l	Styrkur efnis á lítra.
µg/g	Magn efnis á þyngdareiningu.

3 ANDRÚMSLOFT



Mynd 3.1 Staðsetning vöktunarstaða fyrir loftgæði í Hvalfirði. Árið 2005 voru loftgæði vöktuð á Stekkjarási.

3.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 3.1 eru vöktunarstaðir fyrir loftgæði í Hvalfirði. Árið 2005 voru loftgæði einungis vöktuð á Stekkjarási.

Meginuppspretta flúors og SO₂ er á iðnaðarsvæðinu. Árið 2005 voru ríkjandi vindáttir á Grundartanga svipaðar og árið á undan með austanáttir um helming tímans en suðvestlægar áttir um fimm tung tímans. Suðvestlægar áttir voru ríkjandi í júlí og ágúst eins og árin á undan. Veðurfar var sólríkt og hitafar svipað og í meðalári. Úrkoma var nokkur í apríl og júlí en maí, júní, september og október voru þurrir. Október og nóvember voru illviðra- og umhleyplingsamir.

Ársmeðaltal flúors, bæði heildarflúors og gaskennds flúors (HF), á Stekkjarási var hærra en árið 2004. Rekja má hækkinguna til óvenju hárra mæligilda flúors í lofti um miðjan júlí. Einnig mældust há gildi brennisteins á Stekkjarási sömu daga í júlí. Mælingar á flúor í reykáfum álversins gefa ekki til kynna meiri losun flúors í júlí en

aðra mánuði ársins og ekki var neitt í rekstri álversins sem skýrir þessi hærri mæligildi flúors. Talið er að nokkuð hægjar austan-, suðaustan- og sunnanáttir þessa daga hafi borið útblástur frá álverinu yfir Stekkjarás og nágrenni. Magn HF var þó vel undir viðmiðunarmörkum fyrir vaxtartíma gróðurs ($0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis) eins og verið hefur frá 1997.

Ársmeðaltal SO_2 og heildar brennisteins á Stekkjarási var lægra en verið hefur síðastliðin þrjú ár. Ársmeðaltal SO_2 gefur til kynna að á heildina litið sé magn þess nokkuð stöðugt á milli ára á vöktunarsvæðinu þrátt fyrir nokkurn breytileika í mánaðarmeðaltölum. Magn SO_2 var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis).

Ársmeðaltal svifryks á Stekkjarási var töluvert herra en árin á undan. Mikill breytileiki einkenndi mánaðarmeðaltöl svifryks. Magn svifryks var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis).

Mæligildi í úrkomu hafa frá upphafi vöktunar verið sveiflukennd og er mögulegt að flugur og frjókorn hafi áhrif. Ársmeðaltal flúoríðs í úrkomu var í lægra lagi en meðaltal brennisteins með hæsta móti. Sýrustig úrkomu var það lægsta sem mælst hefur frá upphafi á Stekkjarási. Lítil fylgni var milli meðaltala í úrkomu og lofti.

3.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

3.2.1 FLÚOR

Í **töflum 3.1** og **3.2** má sjá ársmeðaltöl (apríl-okt.) heildarflúors og HF á vöktunarstöðum fyrir loftgæði frá árinu 1997¹. Árin 2004 og 2005 fóru loftgæðamælingar eingöngu fram á Stekkjarási. Ársmeðaltal heildarflúors og HF á Stekkjarási árið 2005 var herra en árin 2003 og 2004 en lægra en árið 2002 (**myndir 3.2** og **3.3**). Ársmeðaltal heildarflúors ($0,06 \pm 0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var þó svipað og meðaltal síðustu 5 ára ($0,05 \pm 0,015 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mánaðarmeðaltöl árið 2005 voru yfirleitt hærri en mánaðarmeðaltöl ársins á undan. Breytileiki mæligilda árið 2005 var meiri en síðustu tvö árin á undan og má rekja hækkunina til hærri mæligilda í júlí. Eins og sést á **mynd 3.4** var meðaltal heildarflúors og HF í júlímánuði mun herra en aðra mánuði ársins. Meðaltal annarra mánaða var mjög svipað og oft lægra en mánaðarmeðaltöl árin 2003 og 2004. Ársmeðaltal HF ($0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$) á Stekkjarási var vel undir viðmiðunarmörkum sem miða við að á vaxtartíma gróðurs fari magn HF ekki yfir $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan þynningarsvæðis.

Hátt meðaltal júlímánaðar árið 2005 má skýra með óvenju háu sex daga meðaltali HF þann 20. júlí eða $0,158 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rúmlega viku síðar, 28. júlí, var sólarhringsmeðaltal HF eingöngu $0,061 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og rykbundins flúors $0,076 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mælingar á flúor í reykháfum álversins gefa ekki til kynna meiri losun flúors þessa daga í júlí en aðra daga og ekki var neitt í rekstri álversins sem skýrir þessi hærri mæligildi flúors á Stekkjarási². Reynsla umhverfissvöktunar sýnir að yfir sumarmánuðina, einkum í júlí, geta áhrif veðurs á mælingar flúors verið mikil á vöktunarstöðunum, með háu hitastigi, hægum vindi, lítilli dreifingu og minna risi útblásturs og jafnvel

¹ Hermann Þórðarson o.fl, 2005.

² Gunnar B. Ólafsson, tölvupóstur 22/5 2006, með niðurstöðum efnamælinga í reykháfum álversins.

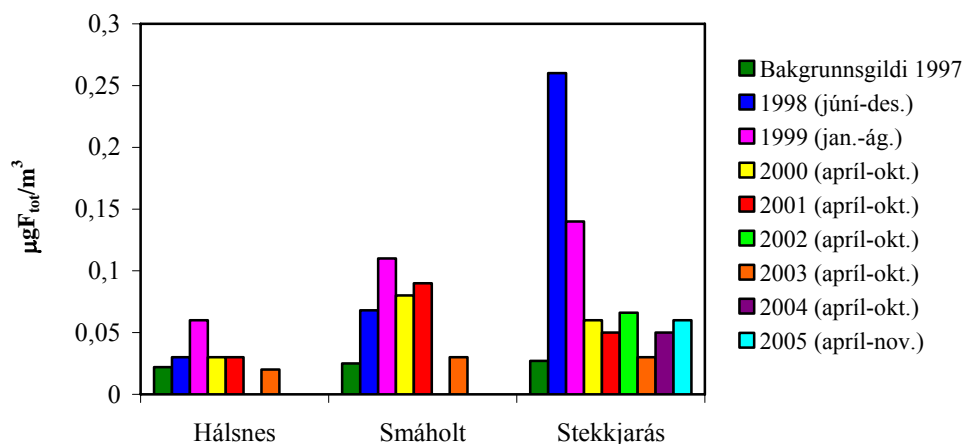
hitahvörfum yfir loftmassanum. Veðurmælingar á svæðinu um miðjan júlí sýna nokkuð hægar austan-, suðaustan- og sunnanáttir sem hafa hugsanlega dreift mengun frá álverinu yfir Stekkjarás og nágrenni.

Tafla 3.1 Ársmeðaltal heildarflúors á vöktunarstöðum 1997-2005, ásamt staðalfrávikum mælinga.

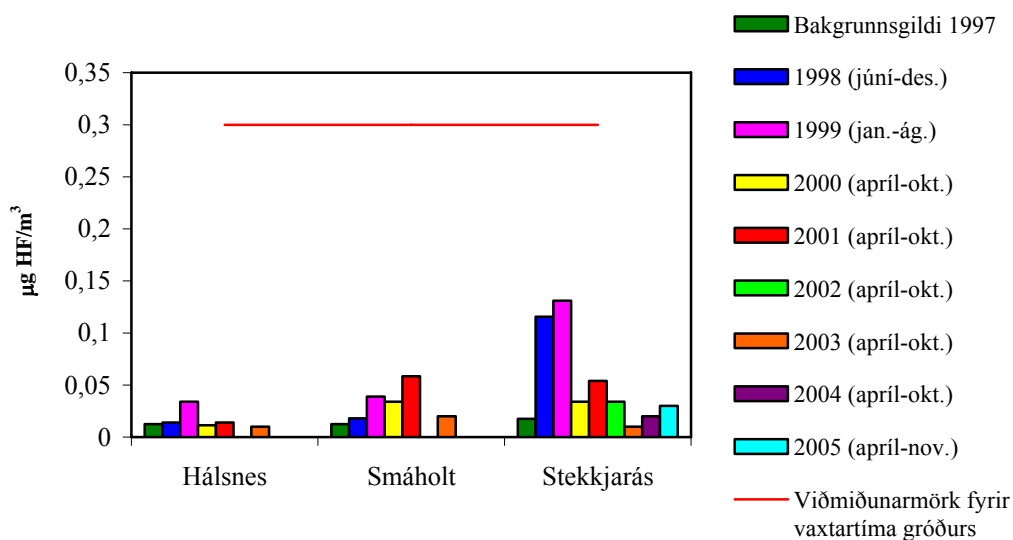
Ár (vöktunarmán.)	Stekkjarsás ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hálsnes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Smáholt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bakgrunnsgildi 1997 (sept.-des.)	0,03±0,10	0,02±0,01	0,02±0,01
1998 (júní-des.)	0,26± 0,16	0,03±0,01	0,07±0,04
1999 (jan.-ágúst)	0,14±0,07	0,06±0,08	0,11±0,15
2000 (apríl-okt.)	0,06±0,02	0,03±0,08	0,08±0,05
2001 (apríl-okt.)	0,05±0,03	0,03±0,02	0,09±0,07
2002 (apríl-okt.)	0,07±0,03	-	-
2003 (apríl-okt.)	0,03±0,01	0,02±0,02	0,03±0,02
2004 (apríl-okt.)	0,05±0,01	-	-
2005 (apríl-okt.)	0,06±0,027		

Tafla 3.2 Ársmeðaltal HF á vöktunarstöðum 1997-2005, ásamt staðalfrávikum mælinga.

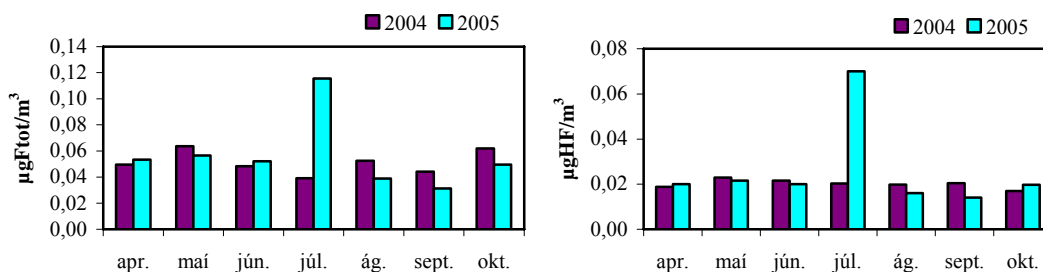
Ár (vöktunarmán.)	Stekkjarsás ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hálsnes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Smáholt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bakgrunnsgildi 1997 (sept.-des.)	0,02±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01
1998 (júní-des.)	0,12± 0,01	0,01±0,01	0,02±0,01
1999 (jan.-ágúst)	0,13±0,12	0,03±0,03	0,04±0,03
2000 (apríl-okt.)	0,03±0,01	0,01±0,01	0,03±0,02
2001 (apríl-okt.)	0,05±0,03	0,01±0,01	0,06±0,05
2002 (apríl-okt.)	0,03±0,02	-	-
2003 (apríl-okt.)	0,01±0,004	0,01±0,01	0,02±0,01
2004 (apríl-okt.)	0,02±0,002	-	-
2005 (apríl-okt.)	0,03±0,02		



Mynd 3.2 Ársmeðaltöl heildarflúors (F_{tot}) á vöktunarstöðum 1997-2005. Bakgrunnsgildi frá 1997.



Mynd 3.3 Ársmeðaltöl HF á vöktunarstöðum 1997-2005. Bakgrunnsgildi frá 1997. Viðmiðunarmörk HF yfir vaxtartíma gróðurs utan þyningarsvæðis eru sýnd með rauðri línu.



Mynd 3.4 Mánaðarmeðaltöl heildarflúors (vinstri mynd) og HF (hægri mynd) á Stekkjarási apr.–okt. 2004 og 2005.

3.2.2 BRENNISTEINN (S)

Í töflum 3.3 og 3.4 má sjá ársmeðaltöl SO₂ og heildar S á vöktunarstöðum fyrir loftgæði frá 1997³. Ársmeðaltölin á Stekkjarási árið 2005 voru lægri en síðastliðin þrjú ár og var breytileiki í mánaðarmeðaltölum mun minni en árið 2004 (**mynd 3.7**). Ársmeðaltal SO₂ gefur til kynna að magn þess sé nokkuð stöðugt á milli ára á vöktunarsvæðinu þrátt fyrir nokkurn breytileika í mánaðarmeðaltölum. Meðaltal SO₂ (2,03 µg/m³) var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal (20 µg/m³ utan þynningarsvæðis). Há mæligildi SO₂ og heildar S um miðjan júlí höfðu ekki þau áhrif að meðaltal júlí væri hærra en aðra mánuði eins og á við um flúor. Hæsta meðaltal SO₂ á Stekkjarási var í júní og er ástæðan hátt 6 daga meðaltal 16. júní eða 5,75 µg/m³. Meðaltal rykbundins S var hins vegar lágt (0,09 µg/m³) sem bendir til þess að hátt SO₂ megi að hluta rekja til sveiflna í útblæstri iðjuveranna á svæðinu.

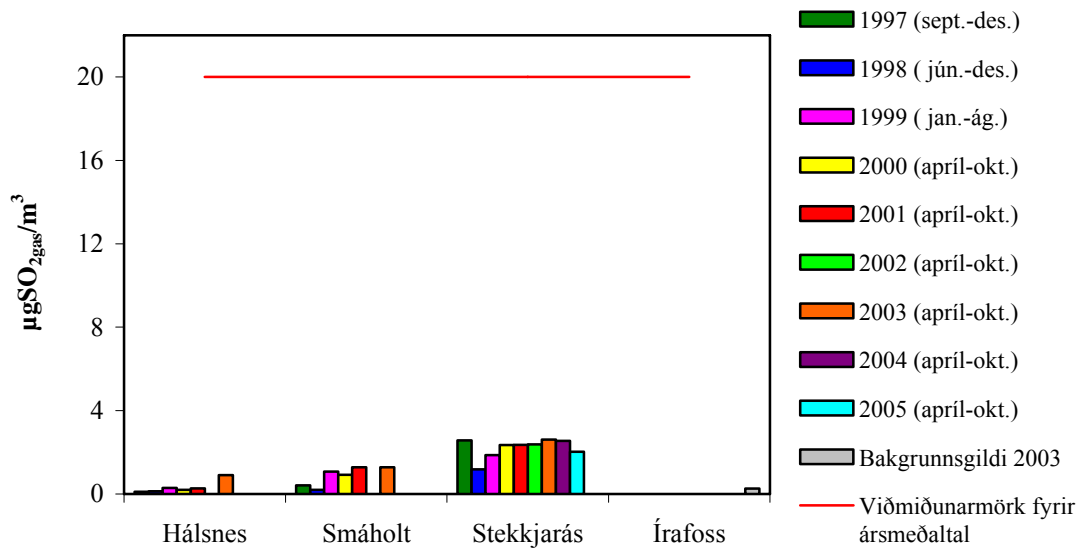
Tafla 3.3 Ársmeðaltal SO₂ á vöktunarstöðum 1997-2005, ásamt staðalfrávikum mælinga.

Ár (vöktunarmán.)	Stekkjarsás (µg/m ³)	Hálsnes (µg/m ³)	Smáholt (µg/m ³)
Bakgrunnsgildi 1997 (sept.-des.)	2,57±0,91	0,11±0,06	0,42±0,38
1998 (júní-des.)	1,18±0,35	0,13±0,09	0,20±0,16
1999 (jan.-ágúst)	1,87±1,18	0,29±0,19	1,08±0,92
2000 (apríl-okt.)	2,35±1,28	0,20±0,11	0,92±1,57
2001 (apríl-okt.)	2,36±1,04	0,27±0,16	1,28±1,48
2002 (apríl-okt.)	4,38±1,21	-	-
2003 (apríl-okt.)	2,61±0,87	0,90±0,32	1,28±0,32
2004 (apríl-okt.)	2,55±1,34	-	-
2005 (apríl-okt.)	2,03±0,90		

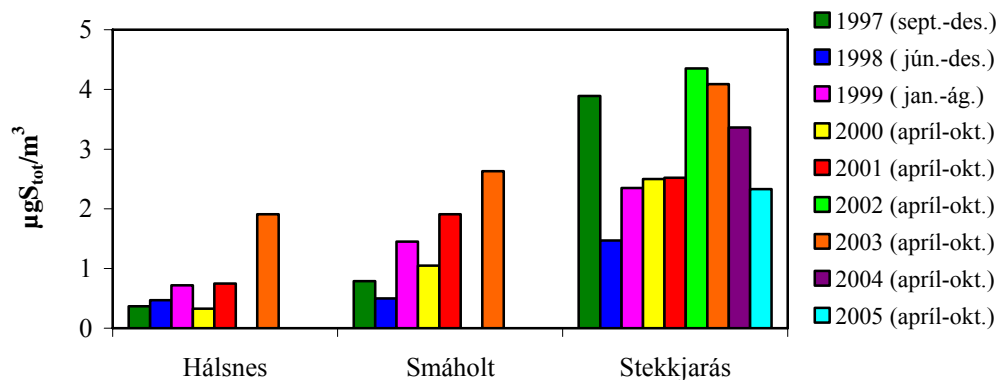
Tafla 3.4 Ársmeðaltal heildar brennisteins (mæligildi x 2 í sbr. SO₂) á vöktunarstöðum 1997-2005, ásamt staðalfrávikum mælinga.

Ár (vöktunarmán.)	Stekkjarsás (µg/m ³)	Hálsnes (µg/m ³)	Smáholt (µg/m ³)
Bakgrunnsgildi 1997 (sept.-des.)	3,89±0,41	0,37±0,27	0,79±0,39
1998 (júní-des.)	1,47±1,35	0,47±0,12	0,50±0,24
1999 (jan.-ágúst)	2,35±1,27	0,72±0,17	1,45±1,04
2000 (apríl-okt.)	2,50±1,10	0,33±0,14	1,05±1,57
2001 (apríl-okt.)	2,52±0,93	0,75±0,42	1,91±1,41
2002 (apríl-okt.)	4,36±0,93	-	-
2003 (apríl-okt.)	4,09±1,12	1,91±0,63	2,63±2,14
2004 (apríl-okt.)	3,36±1,39	-	-
2005 (apríl-okt.)	2,33±0,97		

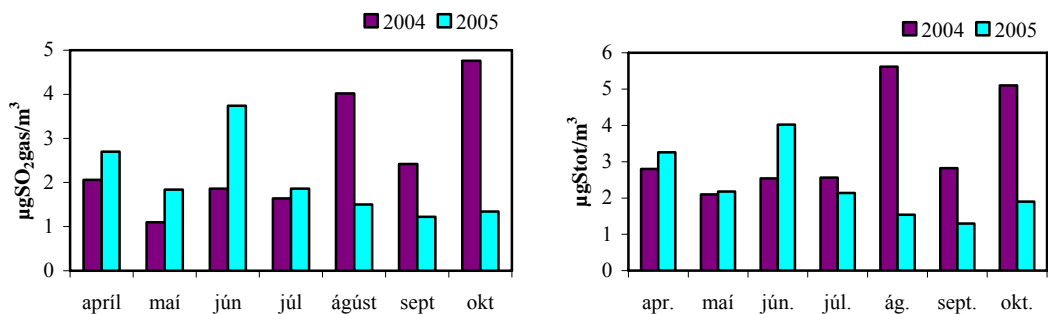
³ Hermann Þórðarson o.fl., 2005.



Mynd 3.5 Ársmeðaltöl SO₂ á vöktunarsstöðum 1997-2005. Viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal SO₂ utan þynningarsvæðis eru sýnd með rauðri línu. Bakgrunnsgildi er 12 mán. meðaltal frá Írafossi árið 2003.



Mynd 3.6 Ársmeðaltöl heildar brennisteins á vöktunarsstöðum 1997-2005.



Mynd 3.7 Mánaðarmeðaltöl SO₂ (vinstri mynd) og heildar brennisteins (hægri mynd) á Stekkjarási apríl – október 2004 og 2005.

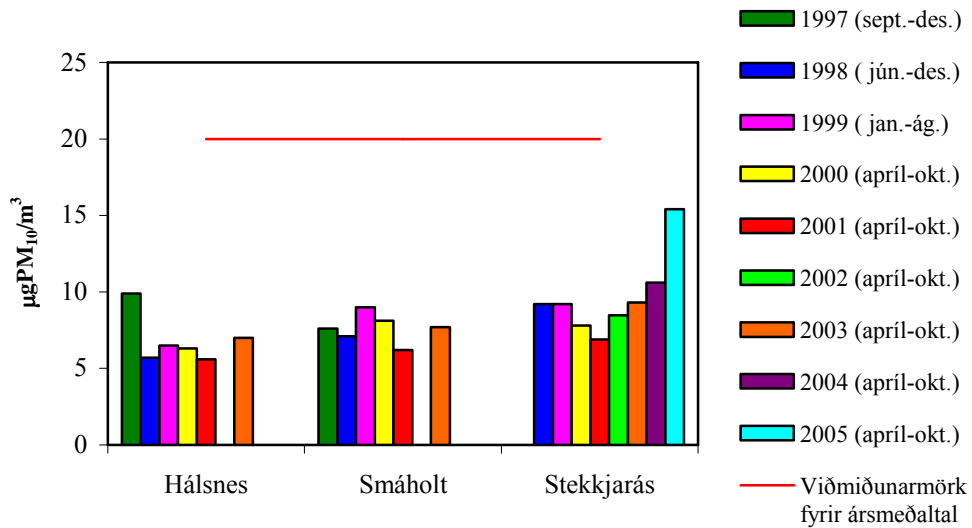
3.2.3 SVIFRYK (PM₁₀)

Í **töflu 3.5** má sjá ársmeðaltal svifryks á vöktunarstöðum fyrir loftgæði frá árinu 1997⁴. Ársmeðaltal svifryks á Stekkjarási var töluvert hærra árið 2005 en árin á undan (**mynd 3.8**). Mikill breytileiki einkennir mánaðarmeðaltöl svifryks eins og sjá má á **mynd 3.9**. Mjög há gildi mældust í apríl og maí eða 30,7 µg/m³ og 27,06 µg/m³ en eingöngu um 8 µg/m³ í ágúst-október. Ársmeðaltalið var þó undir viðmiðunarmörkum (20 µg/m³ utan þynningarsvæðis) eða 15µg/m³. Miklar sveiflur í svifryksmagni eru taldar vera vegna yfirstandandi framkvæmda hjá Norðuráli og aukinnar umferðar þeim tengdum. Ætla má að veðurfar og vindátt hafi síðan mikil áhrif á það hve mikið ryk safnast á síur á hverjum tíma.

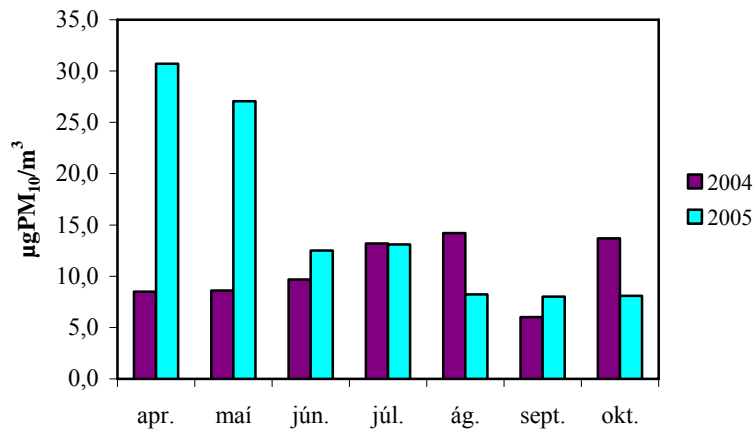
Tafla 3.5 Ársmeðaltal svifryks á vöktunarstöðum 1997-2005, ásamt staðalfrávikum mælinga.

Ár (vöktunarmán.)	Stekkarás (µg/m ³)	Hálsnes (µg/m ³)	Smáholt (µg/m ³)
1997 (sept.-des.)	-	9,85±7,83	7,57±5,89
1998 (júní-des.)	9,23±3,85	5,71±1,69	7,07±2,70
1999 (jan.-ágúst)	9,15±2,33	6,50±2,03	9,05±2,54
2000 (apríl-okt.)	7,83±1,67	6,30±1,88	8,10±2,62
2001 (apríl-okt.)	6,90±1,82	5,56±1,98	6,16±3,87
2002 (apríl-okt.)	8,48±0,51	-	-
2003 (apríl-okt.)	9,30±4,05	7,00±2,93	7,70±2,72
2004 (apríl-okt.)	10,60±3,15	-	-
2005 (apríl-okt.)	15,40±9,51		

⁴ Hermann Þórðarson o.fl., 2005.



Mynd 3.8 Meðaltöl svifryks (PM₁₀) í lofti árin 1997-2005 safnað á vöktunarstöðum. Rauð lína eru viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal (utan þynningarsvæðis⁵).



Mynd 3.9 Mánaðarmeðaltöl svifryks (PM₁₀) í lofti á Stekkjarási árin 2004 og 2005.

⁵ Reglugerð nr. 251/2002, viðmiðunarmörk tóku gildi 1. janúar 2005.

3.2.4 EFNAINNIHALD Í ÚRKOMU

Í töflu 3.6 og á mynd 3.10 má sjá ársmeðaltal sýrustigs og efna í úrkomu á vöktunarstöðum frá árinu 1997⁶. Mæligildi í úrkomu hafa frá upphafi vöktunar verið sveiflukennnd og má eflaust kenna mjög einföldum sýnasafnara um það. Úrkomusýni mengast auðveldlega af flugu og frjókornum á góðviðrisdögum.

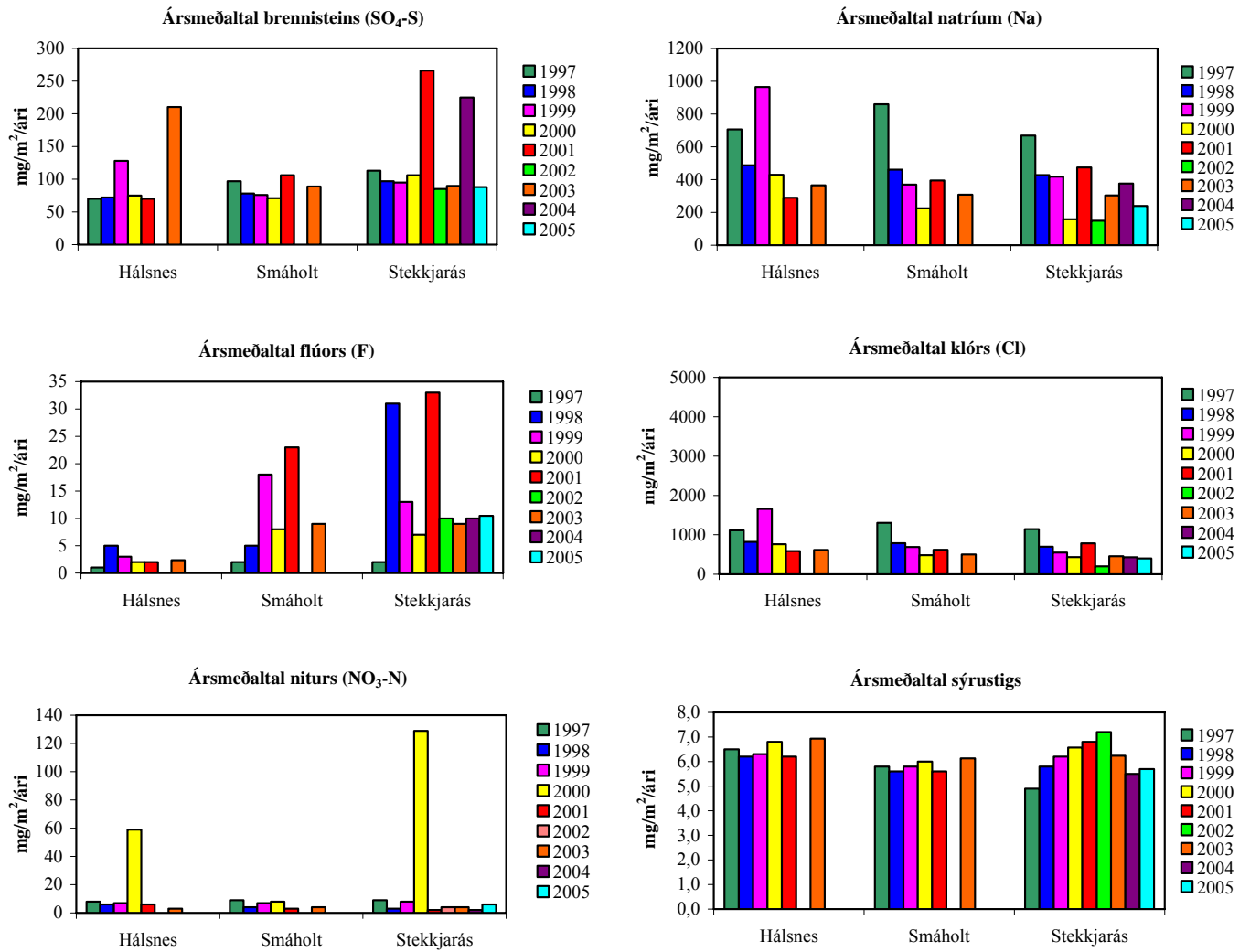
Ársmeðaltal flúors í úrkomu (mælt sem flúoríð) á Stekkjarási árið 2005 var með lægra móti, svipað og síðustu þrjú árin á undan. Ársmeðaltal brennisteins (sem súlfat, SO_4^{2-}) var einnig með lægsta móti, mun lægra en árið á undan. Nokkuð góð fylgni var á milli meðaltala í úrkomu og lofti. Ársmeðaltal natríumklóríðs var í lægra lagi en niturs í hærra lagi miðað við hin síðari ár.

Sýrustig úrkomu á Stekkjarási var með lægra móti eða 5,7, sem er svipað og árið á undan (5,5).

Tafla 3.6 Ársmeðaltal sýrustigs og efna í úrkomu á vöktunarstöðum árin 1997-2005. Styrkur efna er í $\text{mg/m}^2/\text{ári}$ og sýrustig er pH-gildi (*bakgrunnsmælingar frá 1997).

Ár	Hálsnes			Smáholt			Stekkjarsás		
	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N
1997*	705	1114	7,5	860	1304	9,0	669	1144	8,5
1998	488	819	5,7	461	784	3,7	413	700	3,2
1999	965	1655	6,5	369	688	6,9	418	550	8,4
2000	429	761	5,9	225	480	8	158	433	12,9
2001	289	587	6	395	620	3	474	784	2
2002	-	-	-	-	-	-	149	201	4
2003	365	614	3	308	503	4	303	455	4
2004	-	-	-	-	-	-	375	432	2
2005	-	-	-	-	-	-	239	400	6
Ár	Hálsnes			Smáholt			Stekkjarsás		
	SO ₄ ²⁻ -S	F ⁻	pH	SO ₄ ²⁻ -S	F ⁻	pH	SO ₄ ²⁻ -S	F ⁻	pH
1997*	70	1	6,5	96,5	1,75	5,8	113	2	4,9
1998	72	4,7	6,2	77,6	5,4	5,5	97	31	5,8
1999	128	3,1	6,3	76,1	18,1	5,8	105	12,9	6,2
2000	75	2	6,8	71	8	6,0	106	7,0	6,6
2001	70	1,7	6,2	106	23	5,6	266	33	6,8
2002	-	-	-	-	-	-	85	10	7,2
2003	210	2,4	6,9	89	9	6,1	90	9	6,2
2004	-	-	-	-	-	-	225	10	5,5
2005	-	-	-	-	-	-	88	10	5,7

⁶ Hermann Þórðarson o.fl., 2005.



Mynd 3.10 Ársmeðaltöl sýrustigs og efnamælinga í úrkomu árin 1997-2005. Bakgrunnsmeðlingar eru frá 1997.

4 GRÓÐUR



Mynd 4.1 Vöktunarstaðir fyrir gróður (gras, lauf og barr) og hey í Hvalfirði árið 2005.

4.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 4.1 eru vöktunarstaðir fyrir gróður árið 2005. Sýnum af grasi og laufi (birki og reyniviður) var safnað í júní og september. Sýnum af eins og tveggja ára barri (greni, bergfura og stafafura) var safnað í október, ásamt því að heysýnum úr rúllum var safnað á 12 bæjum. Vöktun heys fór síðast fram árið 1999, en þar á undan árin 1997 og 1998.

Magn flúors í grasi jókst hlutfallslega meira en í laufi á flestum vöktunarstöðum, bæði norðan og sunnan fjardar. Meðaltal flúors í grasi frá öllum vöktunarstöðunum var í september 2005 ríflega tvöfalt meira en í september 2004 og á sumum þeirra rúmlega það. Þetta á einnig við um meðaltal flúors í laufi frá Fellsaxlarkoti, en á hinum vöktunarstöðunum var ekki eins mikill munur á meðaltali flúors í laufi á milli ára. Mælingarnar endurspeglar niðurstöður loftgæðamælingar á Stekkjarási. Hæsta mæligildi flúors í grasi mælt í þurrefni var 8 µg/g frá Fannahlíð að hausti sem er vel innan skaðsemismarka fyrir grasbita (yfirleitt talin vera 30 µg/g). Mesta magn flúors í laufi mælt í þurrefni var 24 µg/g frá Fellsaxlarkoti að hausti. Munurinn á magni

flúors í eins og tveggja ára barri jókst miðað við árið á undan sem styður það að magn flúors í lofti á vöktunarsvæðinu hafi verið meira árið 2005 en árið 2004.

Flúor í heyi frá bæjum næst álverinu, innan 3 km fjarlægðar, hefur aukist lítillega frá árinu 1997. Magn flúors í flestum heysýnum var þó yfirleitt undir 11 µg/g í þurrefni haustið 2005. Tvö heysýni skáru sig þó úr með 31 µg/g í þurrefni, frá Gröf II og Hrafnabjörgum, sem er yfir lægstu skaðsemismörkum fyrir búfenað.

Minnsta magn brennisteins (% S) var í heyi frá Gröf II, marktækt minni en þar sem mesta magn brennisteins mældist, frá Galtarholti og Belgsholti. Ekki var marktækur munur milli annarra bæja né með fjarlægð frá iðjuverunum. Heildarbrennisteinn og N/S hlutfall í heysýnum var innan eðlilegra marka sem gefur til kynna að áhrif loftborinna brennisteinssambanda á svæðinu gæti ekki í heildarmagni brennisteins í heysýnum.

4.2 GRAS, LAUF OG BARR

Þolmörk viðkvæmstu grasbita gagnvart flúor eru talin vera 30 µg/g í þurrefni sem getur safnast í gróður ef 6 mánaða meðaltal HF fer yfir 0,3 µg/m³⁷. Þetta magn flúors eru gróðurverndarmörk fyrir vaxtartíma gróðurs utan þynningarsvæðis⁸. Samkvæmt starfsleyfi Norðuráls má magn HF fara yfir mörkin í 0,2% tilfella eða 7 daga á ári. Í loftgæðamælingum árið 2005 var meðaltal HF á Stekkjarási (utan þynningarsvæðis fyrir flúor) apríl - október 0,03 µg/m³ sem er langt undir gróðurverndarmörkum.

Mosar og fléttur eru talin viðkvæmasti gróðurinn gagnvart HF. Þessar tegundir taka eingöngu til sín næringu úr lofti og hefur enga yfirhúð. Flúorskaði kemur fram sem breyting á lit og lögun. Sígrænar plöntur eru einnig viðkvæmari gagnvart loftmengun en sumargrænn gróður þar sem þær geta safnað í sig mengun allt árið. Flúorskaði í barrnálum kemur fram sem gulnun nálaenda og á lauftrjám sem gulnun jaðra og vefja á milli æðastrengja laufblaða⁹. Þolmörk viðkvæmra plöntutegunda gagnvart HF má sjá í **töflu 4.1**¹⁰. Yfirleitt eru grös talin miðlungsþolin og birki og krækilyng þolnar tegundir¹¹. Rannsóknir í tengslum við norsk álver hafa sýnt að samspil mengunar-, umhverfis- og erfðapátta getur haft áhrif á þol sömu tegundar. Þannig getur frostþol plantna minnkað á menguðum svæðum vegna breytinga í vaxtaferli¹² sem leiðir til gróðurskemmda á birki og reyni við uppsöfnun 100 µg/g af flúor í laufblöðum. Talið er að það magn flúors geti safnast í laufblöð við um 0,8 µg/m³ flúor í lofti yfir 150 daga.

Tafla 4.1 Þolmörk viðkvæms gróðurs gagnvart HF (langtímaáhrif, 5-6 mánuðir).

Loftborið efni	Gróðurgerðir	Þolmörk (µg/m ³)
HF	Lágplöntur (fléttur og mosar) Viðkvæmar háplöntur (t.d. barrtré, bláberjalyng og beitilyng)	>0,2-0,3 0,2-0,6

⁷ Friðrik Pálmason, 1999.

⁸ Viðmiðunarregla UST fyrir álver á Íslandi (hliðsjón af norskum viðmiðum).

⁹ Weinstein og Davison, 2003 (yfirlitsgrein).

¹⁰ Friðrik Pálmason og Skye, 1999; Horntvedt og Øyen, 1994.

¹¹ Friðrik Pálmason og Skye, 1999.

¹² Haagbjörg og Vike, 1994; Vike, 1999; Friðrik Pálmason n.ó.v. 2004 (tölvup.); Friðrik Pálmason og Skye, 1999.

Á myndum 4.2-4.6 má sjá magn flúors árið 2005 í grasi, laufi og barri (þurrefni og skol) frá vöktunarstöðunum¹³.

Magn flúors frá vori fram á haust og á milli ára jókst hlutfallslega meira í grasi en í laufi á flestum vöktunarstöðunum, bæði norðan og sunnan fjarðar. Þetta er andstætt því sem komið hefur fram í vöktun gróðurs undanfarin ár þar sem uppsöfnun í grasi hefur áður verið hlutfallslega minni en í laufi.

Uppsöfnun flúors í grasi frá vori fram á haust árið 2005 var mun meiri en yfir sama tímabil árið 2004.

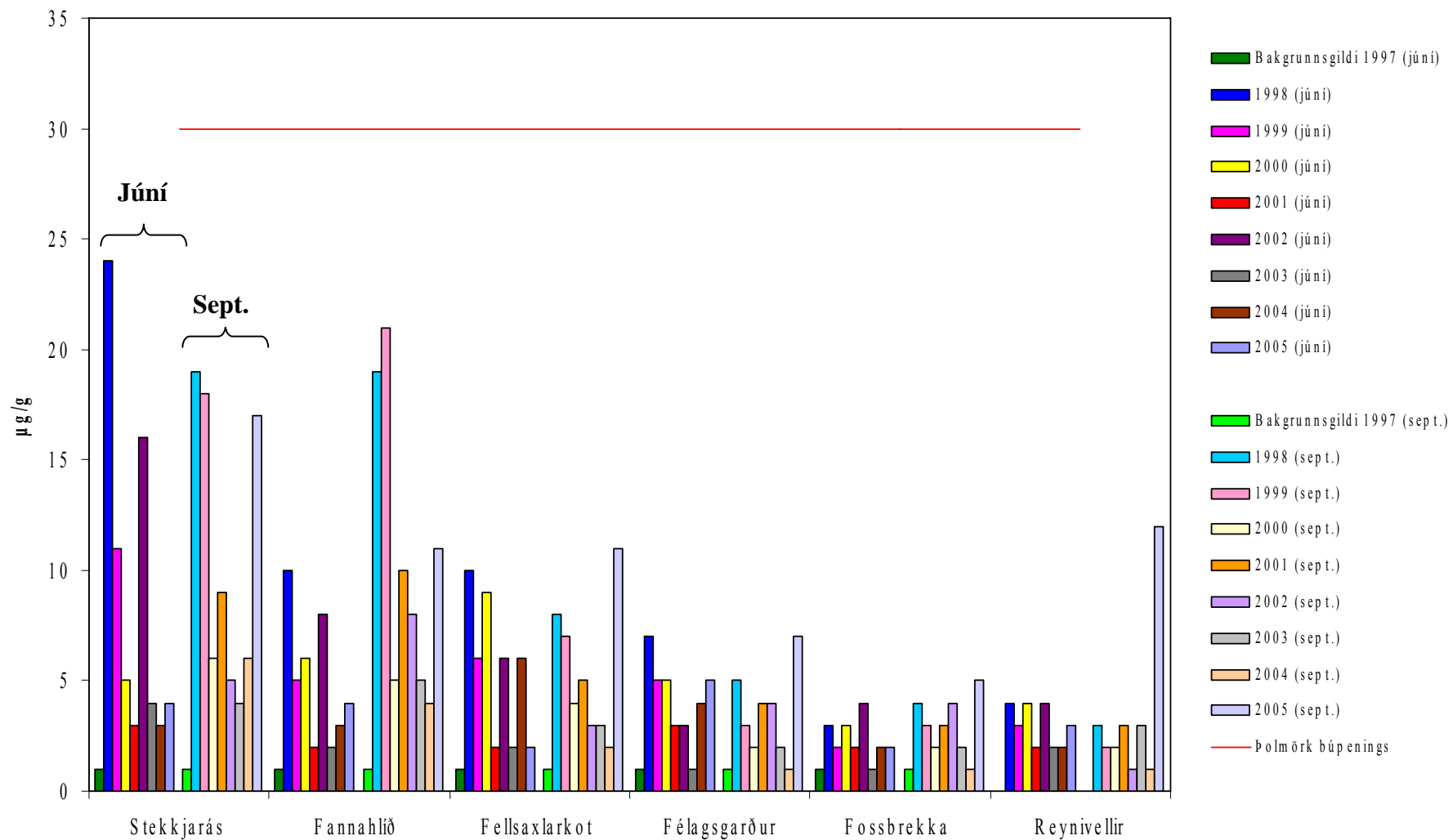
Magn flúors í grasi, hvort sem er í þurrefni og skoli eða eingöngu í þurrefni, mældist í september 2005 tvöfalt meira en í september 2004 öllum vöktunarstöðunum og á sumum þeirra ríflega það eins og sjá má á myndum 4.2 og 4.3. Sem dæmi má nefna að magn flúors í grasi samanlagt í þurrefni og skoli á Stekkjarási mældist 6 µg/g í september 2004 en 17 µg/g í september 2005 (mesta magn flúors sem mældist í grasi á vöktunarsvæðinu). Þetta magn flúors er þó innan skaðsemismarka fyrir grasbíta (talin vera 30 µg/g). Aukningin er þó ekki eins mikil ef magn flúors í þurrefni er skoðað eða úr 4 µg/g í 7 µg/g. Ætla má að veðurfar rétt fyrir sýnatöku skipti verulegu máli hvað varðar magn flúors í skoli. Því er mæling í þurrefni talinn betri mælikvarði á uppsöfnun flúors og samanburð á milli sýna. Hæsta mæligildi flúors í grasi mælt í þurrefni var 8 µg/g frá Fannahlíð að hausti.

Í laufi jókst magn flúors, mældur í þurrefni, frá vori fram á haust og á milli ára eingöngu á Stekkjarási og Reynivöllum, en lítið eða ekkert á hinum vöktunarstöðunum (myndir 4.4-4.5). Mesta magn flúors í laufi í júní samanlagt í þurrefni og skoli var 9 µg/g í Fellsaxlarkoti, en eingöngu 4 µg/g mælt í þurrefni. Í september mældist flúor þar 37 µg/g í laufi (þurrefni og skol), en 24 µg/g í þurrefni. Þetta er mjög svipað magn og mældist þar haustið 2004 (37 µg/g í þurrefni og skoli, 29 µg/g í þurrefni). Það er þó vel innan þeirra marka að vænta megi gróðurskemmda af þess völdum (skaðsemismörk talin vera 100 µg/g).

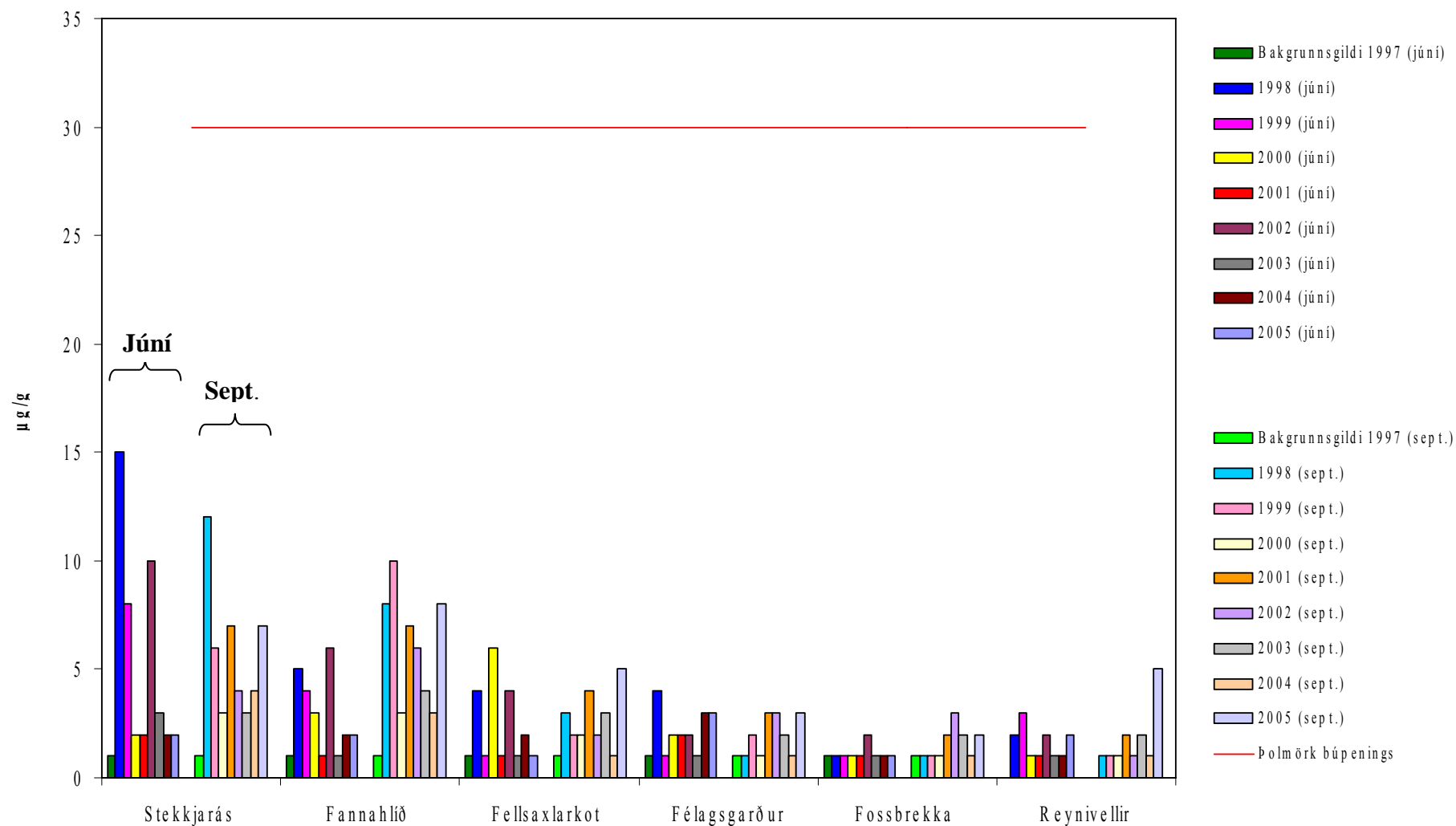
Sunnan fjarðar varð mest uppsöfnun flúors í laufblöð á Reynivöllum. Í september 2005 mældist þar mest 18 µg/g samanlagt í þurrefni og skoli en eingöngu 3 µg/g í september 2004. Munurinn er ekki eins mikill á milli ára ef magn í þurrefni er skoðað þar sem að eingöngu mældust 6 µg/g í þurrefni í september 2005 en 3 µg/g í september 2004. Fannahlíð skar sig úr hvað varðar uppsöfnun flúors í laufblöð árið 2005. Þar minnkaði magn flúors yfir sumarið (gerðist líka sumarið 2004).

Árið 2005 jókst munurinn á magni flúors í eins og tveggja ára barri (mælt í þurrefni) á mælistöðum næst iðnaðarsvæðinu sem styður það að magn flúors í lofti á vöktunarsvæðinu hafi verið meira það ár en árið 2004 (mynd 4.6).

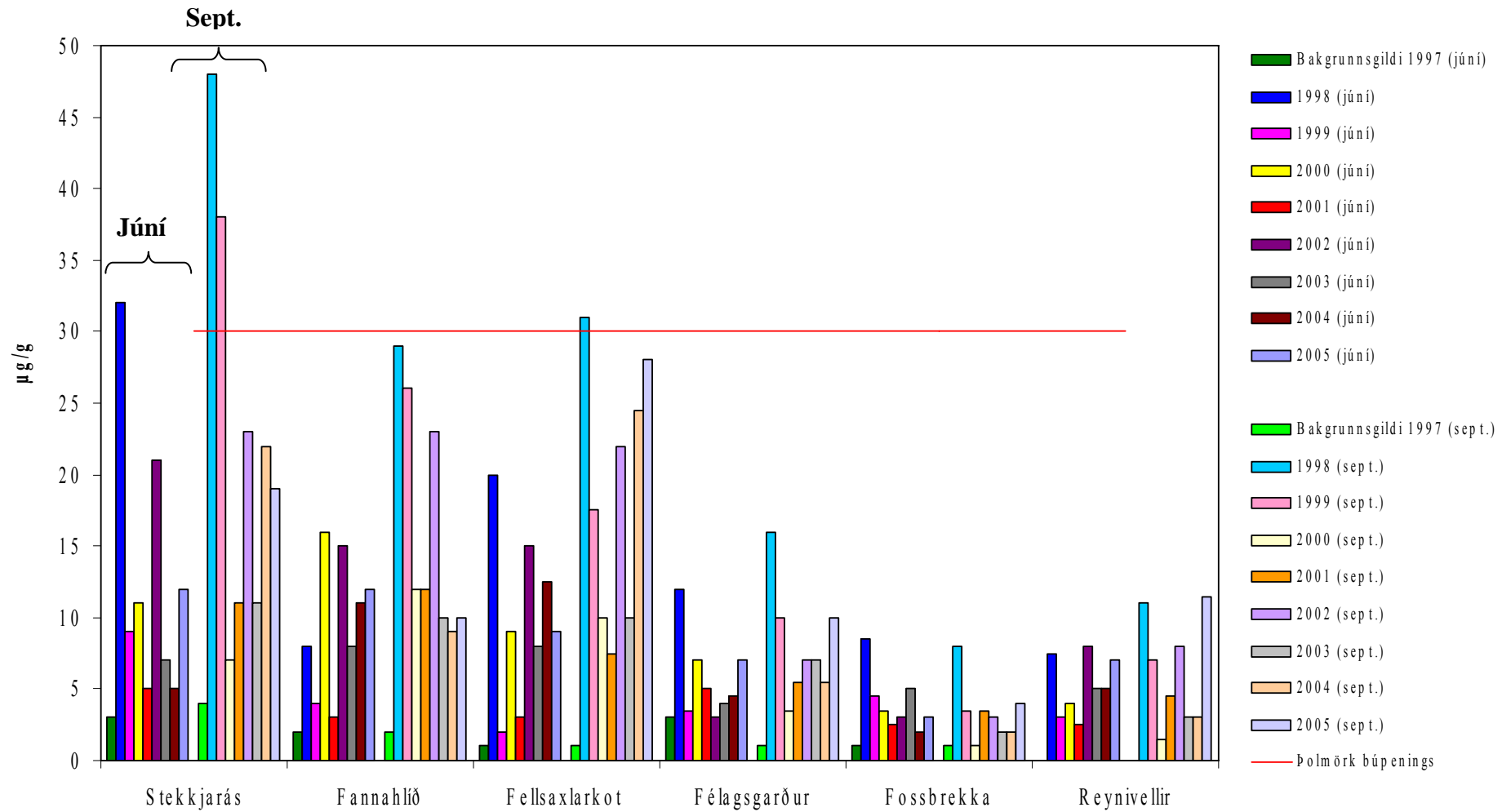
¹³ Malin Sundberg, 2006.



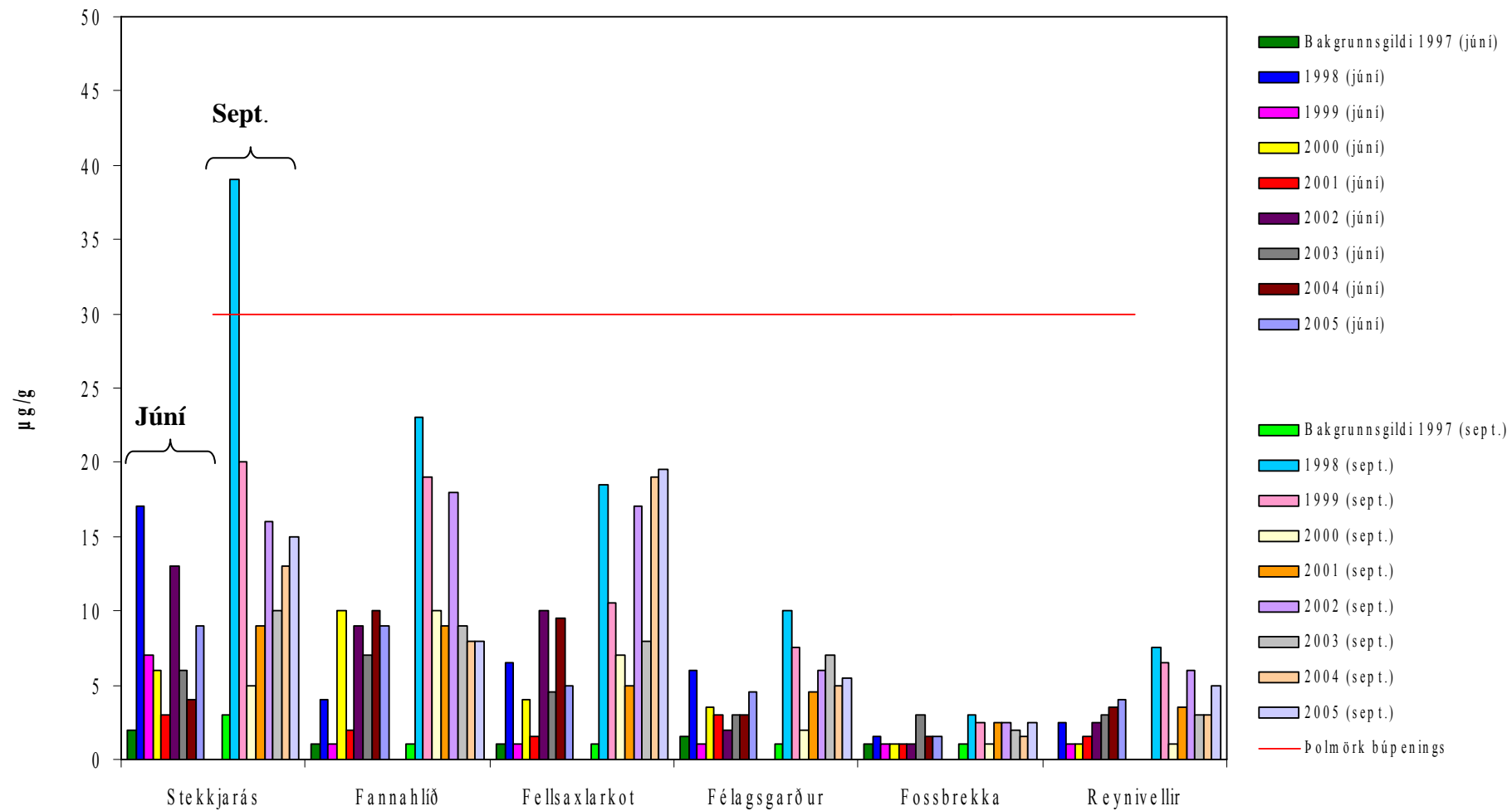
Mynd 4.2. Meðaltal flúors í grasi (samanlagt í þurrefni og skoli), vor og haust 1997-2005 (bakgrunnsgildi frá 1997). Rauð lína sýnir skaðsemismörk fyrir grasbíta.



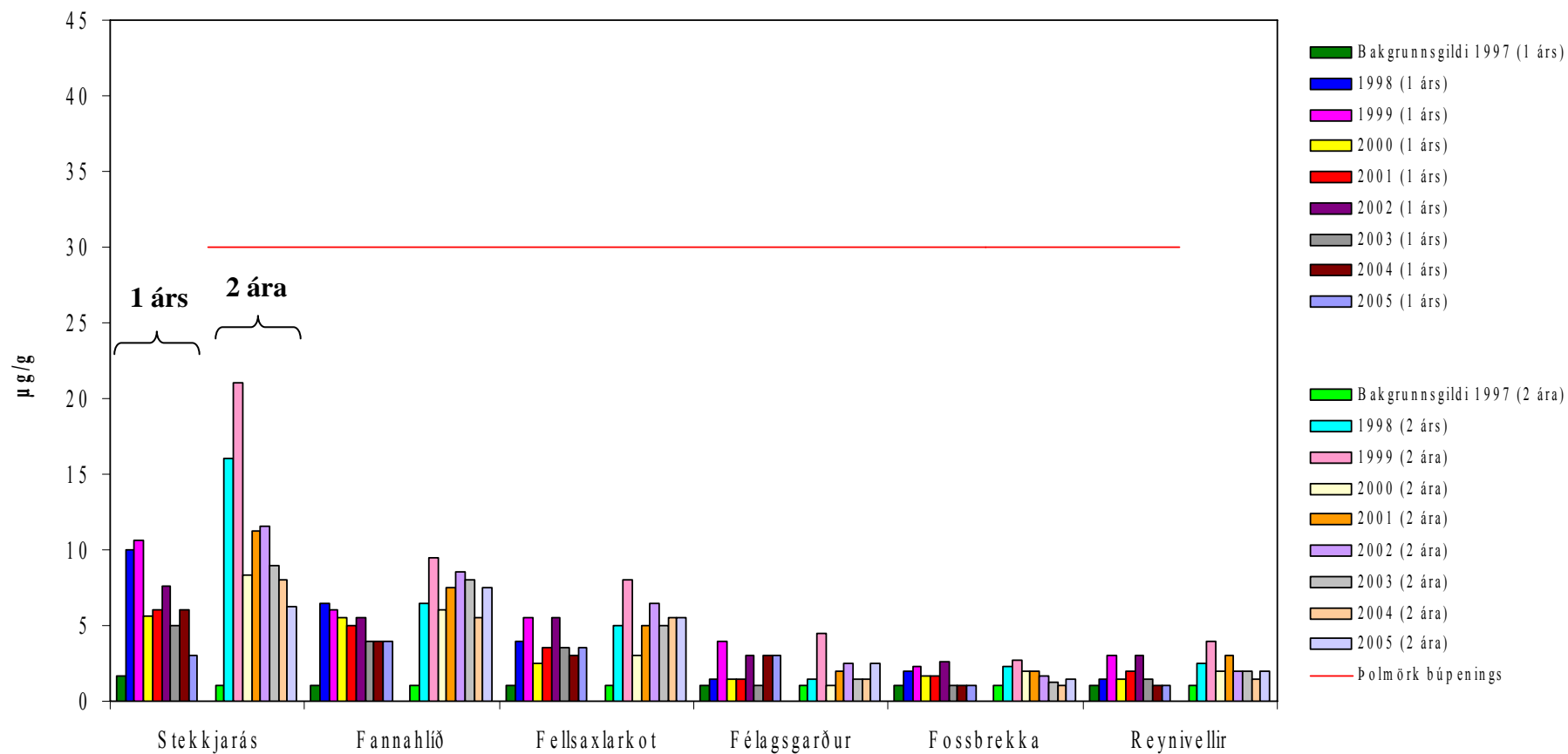
Mynd 4.3. Meðaltal flúors í grasi (í þurrefni) vor og haust 1997-2005 (bakgrunnsgildi frá 1997).



Mynd 4.4 Meðaltal flúors í laufi (samanlagt í þurrefni og skoli) vor og haust 1997-2005 (bakgrunnsgildi frá 1997). Rauð lína sýnir skaðsemismörk fyrir grasbíta.



Mynd 4.5 Meðaltal flúors í laufi (í þurrefni) vor og haust 1997-2005 (bakgrunnsgildi frá 1997).



Mynd 4.6 Meðaltal flúors í eins og tveggja ára barri (í þurrefni) 1997-2005 (bakgrunnsgildi frá 1997). Rauð lína sýnir skaðsemismörk fyrir grasbíta.

4.3 HEY

Á mynd 4.5 má sjá meðaltals styrk flúors í heysýnum árin 1997-1999 og 2005 frá bæjunum og á mynd 4.6 ársmeðaltölin þar sem allir bæirnir eru teknir saman.

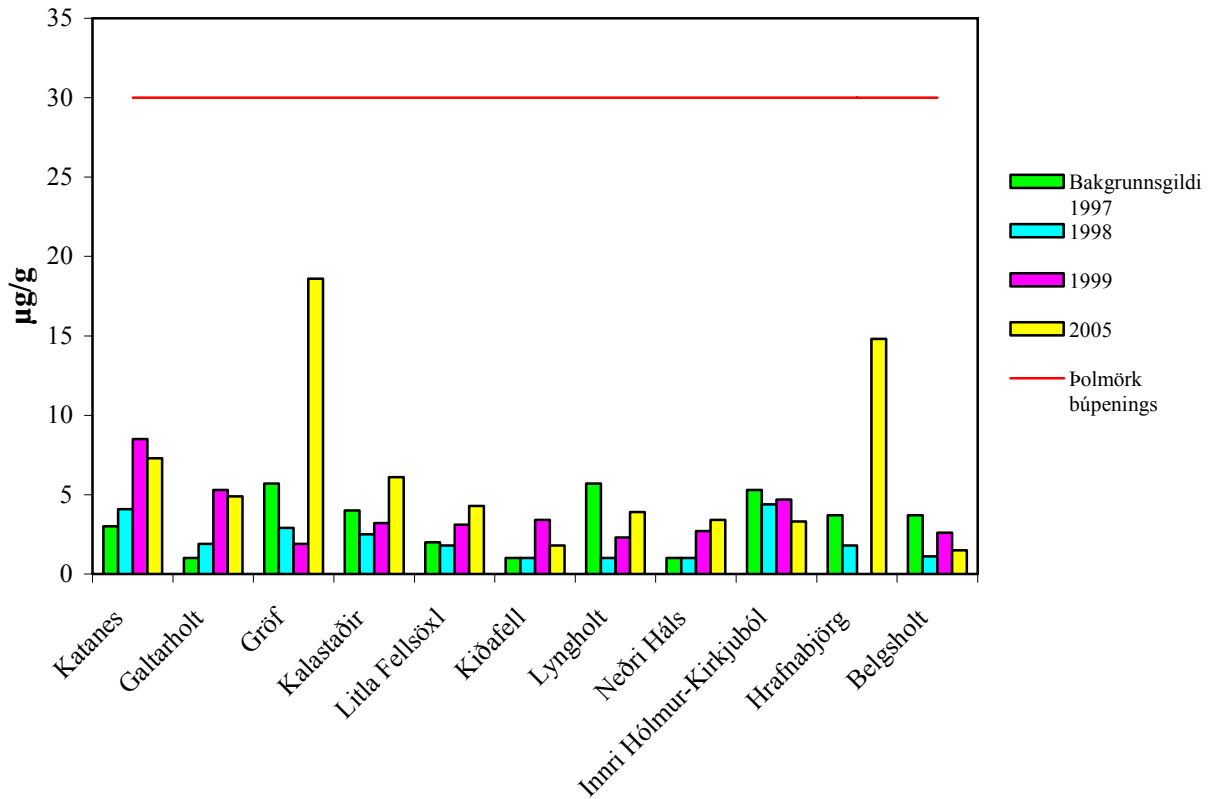
Niðurstöðurnar benda til þess að yfirleitt gæti áhrifa flúors frá álverinu skammt og eru að mestu horfin í 2-3 km fjarlægð¹⁴. Flúor í heyi frá bæjum næst álverinu, innan 3 km fjarlægðar (Katanesi, Galtarholti og Kalastöðum), hefur hækkað lítillega frá árinu 1997. Fjar eru breytingar óreglulegar, ýmist til lækkunar eða hækkunar. Magn flúors í heysýnum var yfirleitt undir 11 µg/g í þurrefni (meðaltal 5,9 µg/g). Grunnildi frá árinu 1997 var 1 - 9,6 µg/g (meðaltal 3,28 µg/g).

Tvö heysýni haustið 2005 skáru sig úr með mun hærri flúorgildi (í þurrefni). Þau voru frá sitt hvorum bænum, Gröf II og Hrafnabjörgum. Magn flúors mældist í þeim báðum 31 µg/g í þurrefni, sem er yfir lægstu skaðsemismörkum fyrir búfenað. Á Gröf II voru tekin tvö heysýni og mældist 31 µg/g í öðru þeirra, en eingöngu 6,2 µg/g í hinu. Á Hrafnabjörgum voru tekin þrjú heysýni og mældist í einu þeirra 31 µg/g, en eingöngu 6,4 µg/g og 7,1 µg/g í hinum. Háu mæligildin voru staðfest með endurtekinni mælingu innan eðlilegra fráviksmarka efnagreininga og því er ekki til nein skýring á þeim. Vöktun heys haustið 2006 mun væntanlega leiða í ljós hvort að um raunverulega hækkun á styrk flúors er að ræða á þessum stöðum.

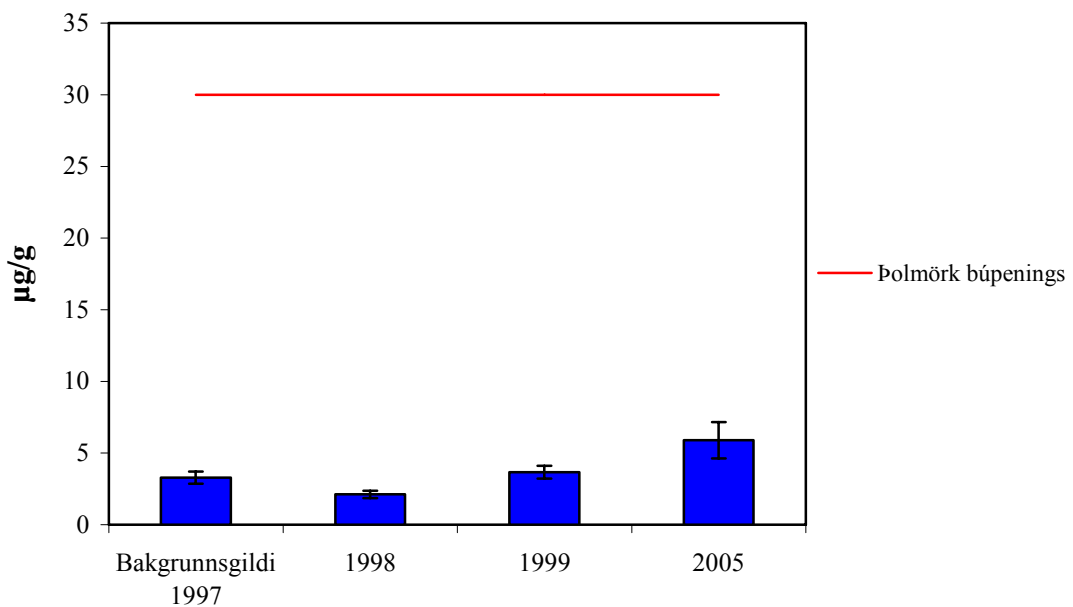
Á mynd 4.7 má sjá meðaltals hlutfall heildar brennisteins í heysýnum árin 1997, 1998, 1999 og 2005. Brennisteinn í heyi (% S) hefur lítið breyst frá árinu 1997 og hafa árleg meðaltöl verið á bilinu 0,22-0,23 % í þurrefni. Minnsta magn brennisteins var í heysýnum frá Gröf II eða 0,16 %, sem er marktækt minna en þar sem mesta magn mældist, 0,35 %, frá Galtarholti og Belgsholti. Að öðru leyti var ekki marktækur munur milli bæja eða eftir fjarlægð frá álveri.

Hlutfall niturs og brennisteins í plöntum (N/S) er betur til þess fallið en brennisteinn einn sér til að meta hvort ofgnótt sé af brennisteini í plöntum. N/S hlutfall í heysýnum er innan eðlilegra marka sem bendir til þess að áhrifa loftborinna brennisteins sambanda frá iðjuverunum á Grundartanga gæti ekki í heildarstyrk brennisteins í heysýnum.

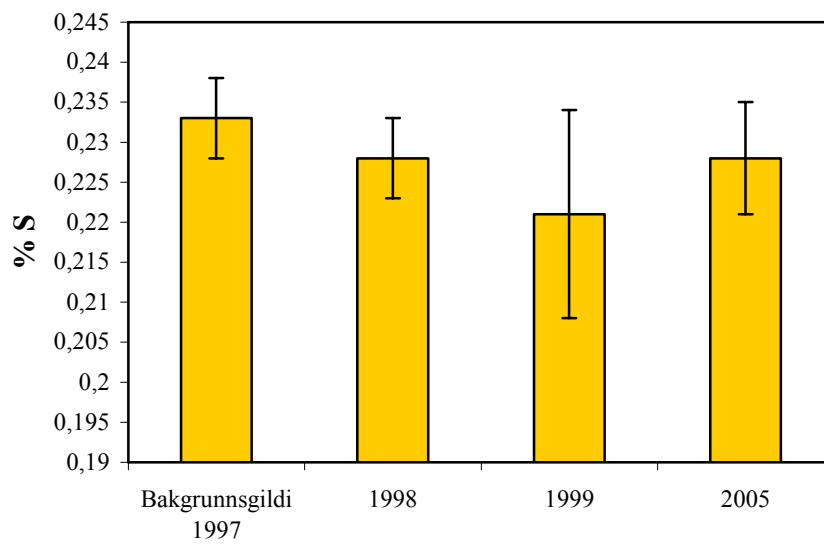
¹⁴ Friðrik Pálmason, 2006.



Mynd 4.5 Meðaltal flúors (í þurrefni) í heysýnum. Meðaltal mælinga er reiknað saman frá Innri Hólmi og Kirkjubóli því að þeir eru í raun eitt býli (liggja hlið við hlið með einum ábúanda).



Mynd 4.6 Ársmeðaltal flúors í heysýnum (í þurrefni) árin 1997, 1998, 1999 og 2005, allir bæirnir teknir saman.



Mynd 4.7 Ársmeðaltals hlutfall (%) heildar brennisteins (í þurrefni) í heysýnum árin 1997, 1998, 1999 og 2005, allir bæirnir teknir saman.

5 FERSKVATN



Mynd 5.1 Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði árið 2005.

5.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 5.1 eru vöktunarstaðir fyrir vatnsföll í Hvalfirði árið 2005.

Litlar breytingar hafa mælst á efnaþáttum, sýrustigi og leiðni innan ána frá upphafi vöktunar og er því ekki að sjá að áhrif iðjuveranna á Grundartanga gæti í þeim. Frá upphafi vöktunar hefur styrkur flúoríðs, brennisteins og klóríðs verið vel undir leyfilegum hámarksstyrk skv. reglug. um neysluvatn.

Árnar skiptast í tvo hópa eftir uppsprettu og áhrifa frá sjó. Þannig er náttúrulegur styrkur efna og leiðni hærri og breytilegri og sýrustig sveiflast meira í Kalmansá og Urriðaá, en í hinum ánum. Ástæðan er aðallega mismunandi uppruni ána, en uppspretta Kalmansár og Urriðaár er aðallega yfirborðsvatn í mýrlendi við Hólmsvatn og Eiðisvatn en hinar árnar eru bergvatnsár. Einnig getur staðsetning sýnasöfnunar haft áhrif, en sýnum úr

Kalmansá og Urriðaá er safnað nær sjó en í hinum ánum. Áhrifa frá stórstraumsflóðum getur gætt meira eftir því sem sýni eru tekin nær ströndinni¹⁵.

5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

5.2.1 LEIÐNI

Leiðnimælingar gefa vísbendingu um heildarstyrk jóna í vatnslausn. Á **mynd 5.2** má sjá leiðni ána árin 2005 og 1997. Niðurstöður leiðnimælinga voru mjög áþekkar þessi ár. Kalmansá og Urriðaá hafa sem fyrr mun hærri og breytilegri leiðni, 131-232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (meðaltal 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en hinar árnar (60-96 $\mu\text{S}/\text{cm}$, meðaltal 78 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

5.2.2 SÝRUSTIG

Á **mynd 5.3** má sjá sýrustig í ánum árin 2005 og 1997. Niðurstöðurnar benda til þess að um náttúrulegt sýrustig sé að ræða sem er nokkuð breytilegt. Sýrustigið var að meðaltali það sama árið 2005 og árin á undan, eða á bilinu 7,55-7,60. Árið 2005 var breytileikinn í sýrustigi eins og áður, mestur í Kalmansá og Urriðaá. Þannig mældist lægsta sýrustigið í Kalmansá 22. apríl og 11. nóvember eða 7,24 og hæst í Urriðaá 11. nóvember eða pH 7,92. Berjadalsá hafði sem fyrr jafnasta sýrustigið, að meðaltali 7,46 \pm 0,076.

Ef sýrustig vatns fer niður fyrir pH 5,5 er hætt á að styrkur uppleystra efna, s.s. þungmálma og áls, aukist og geti orðið skaðlegt lífverum¹⁶. Sýrustig ána á vöktunarsvæðinu hefur frá upphafi mælinga verið mun herra eða innan marka sem sett eru um sýrustig neysluvatns skv. reglug. nr. 319/1995 um neysluvatn (pH 6,5-9,5).

5.2.3 BRENNISTEINN

Á **mynd 5.4** er sýndur styrkur súlfats (SO_4^{2-}) í ánum árin 2005 og 1997. Árið 2005 höfðu Kalmansá og Urriðaá sem fyrr hærri styrk brennisteins eða á bilinu 1,09-2,20 mg/l (meðaltal 1,57 mg/l) en bergvatnsárnar (á bilinu 0,47-0,77mg/l, meðaltal 0,59 mg/l). Styrkur súlfats fæst með því að margfalda styrk brennisteins með þremur.

Meðaltalsstyrkur brennisteins í bergvatnsánum hefur verið allstöðugur öll vöktunarárin eða um 0,6 mg/l, á meðan meðaltal brennisteins í Kalmansá og Urriðaá hefur verið breytilegra og tilviljanakenndara.

Hæsti styrkur súlfats árið 2005, 6,64 mg/l í Kalmansá 25. maí, var langt innan viðmiðunarmarka fyrir leyfilegan hámarksstyrk (200 mg/l) skv. reglug. um neysluvatn.

5.2.4 FLÚORÍÐ

Á **mynd 5.5** er sýndur styrkur flúoríðs í ánum árin 2005 og 1997. Árið 2005 mældist hæsti styrkur flúoríðs sem fyrr í Kalmansá og Urriðaá, eða á bilinu 68-112 $\mu\text{g}/\text{l}$ (meðaltal 88,9 $\mu\text{g}/\text{l}$), en eingöngu á bilinu 22-50 $\mu\text{g}/\text{l}$ í hinum ánum (meðaltal 35,1 $\mu\text{g}/\text{l}$). Frá upphafi mælinga hafa engar marktækar breytingar orðið á styrk flúoríðs.

¹⁵ Malin Sundberg og Helgi F. Magnússon, 2006.

¹⁶ Sigurður R. Gíslason o.fl., 1998 og 1999.

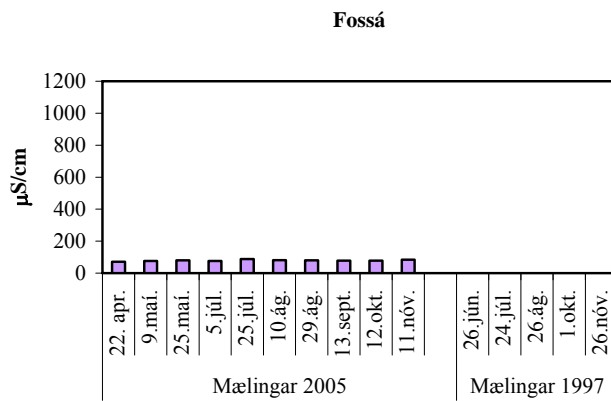
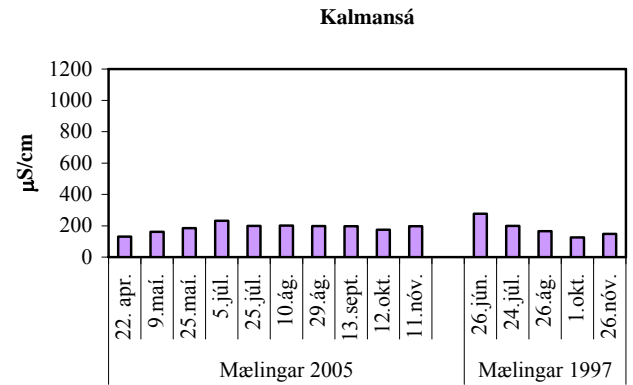
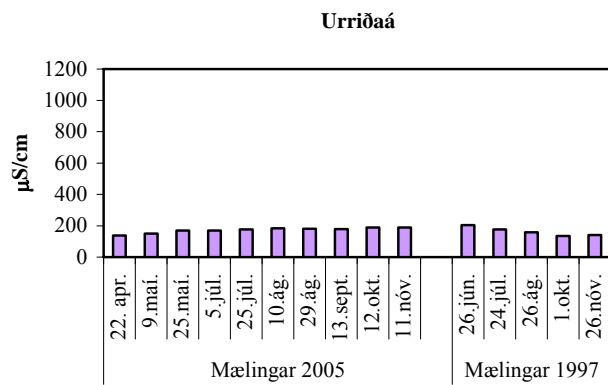
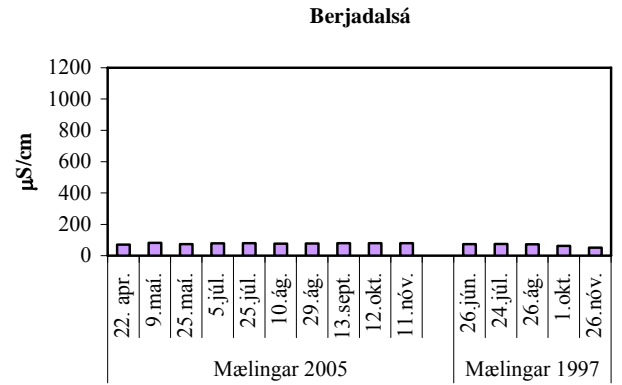
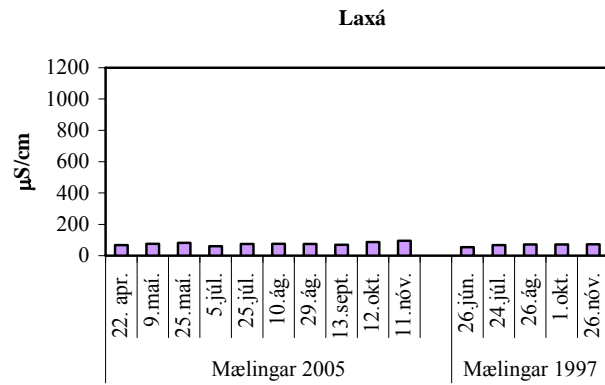
Heildarmeðaltal flúoríðs allra ána fór lækkandi á árunum 2000-2004, eða frá 62 µg/l árið 2000 niður í 47 µg/l árið 2004 (var þá svipað og árið 1997). Árið 2005 hækkaði það aftur og var 57 µg/l. Samkvæmt reglug. um neysluvatn á styrkur flúoríðs í því að vera innan við 1,5 mg/l við 8-12°C.

5.2.5 KLÓRÍÐ

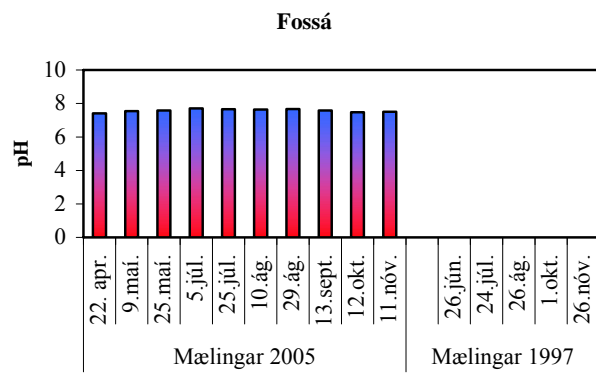
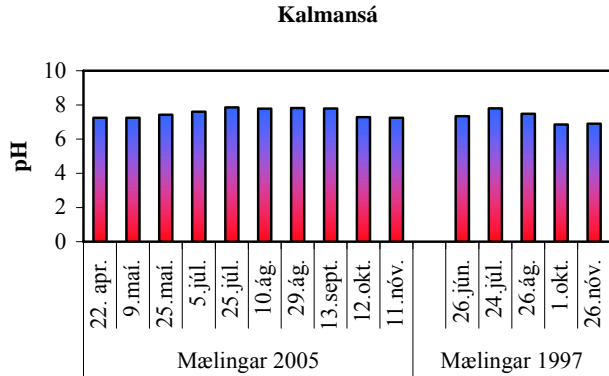
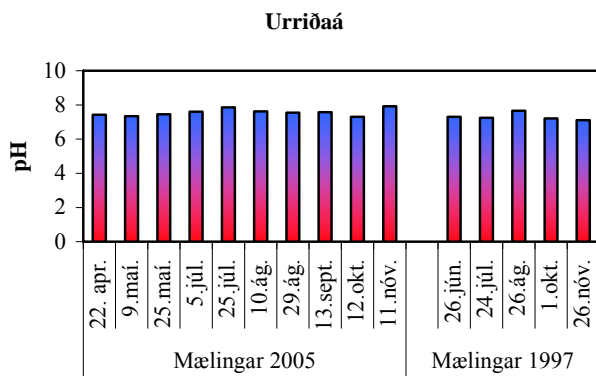
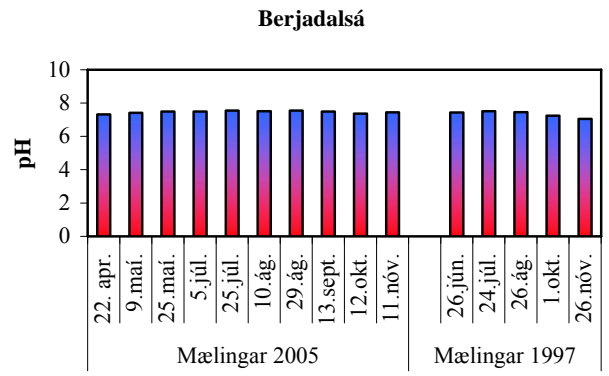
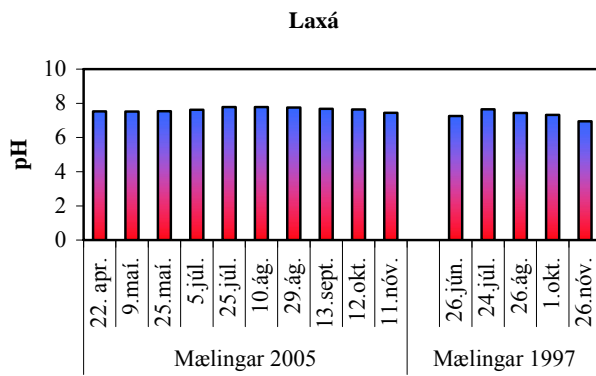
Á mynd 5.6 má sjá styrk klóríðs í ánum árin 2005 og 1997. Sem fyrr skera Kalmansá og Urriðaá sig úr með hærri styrk klóríðs, á bilinu 15,4-27,6 mg/l (meðaltal 21,32 mg/l) en hinar árnar (8,0-12,5 mg/l, meðaltal 10,49 mg/l).

Meðaltal klóríðs í Kalmansá og Urriðaá var árið 2005 (21,32 mg/l) töluvert hærra en árið á undan (16,0 mg/l). Styrkur klóríðs í ám og vötnum endurspeglar fyrst og fremst hve mikið af sjó ýrist upp í Hvalfirði. Mælingar á klóríði sýna því að uppruni brennisteins í úrkomu og straumvatni er að stórum hluta úr sjó.

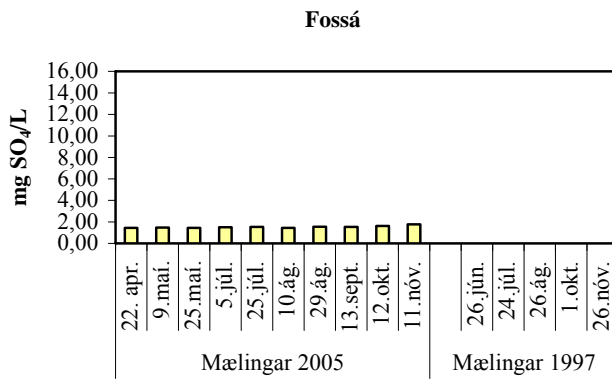
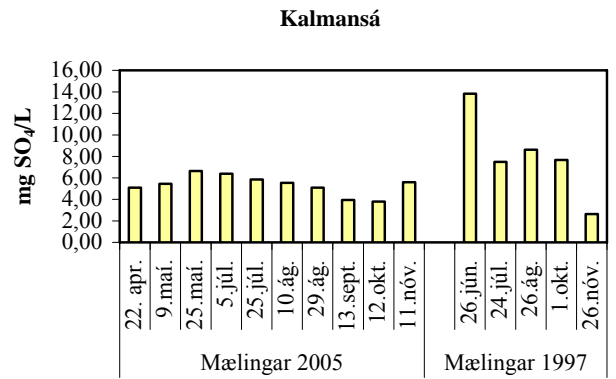
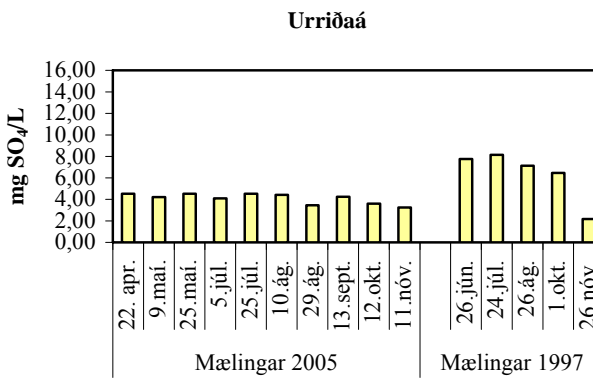
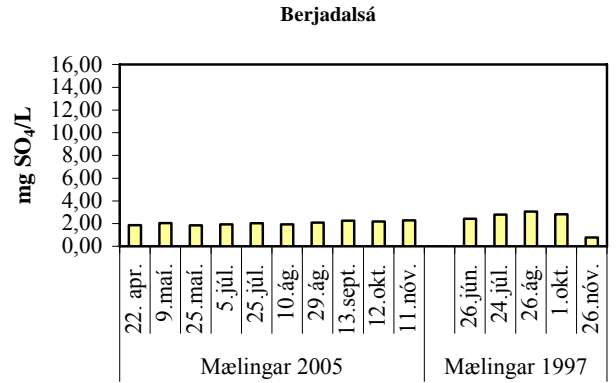
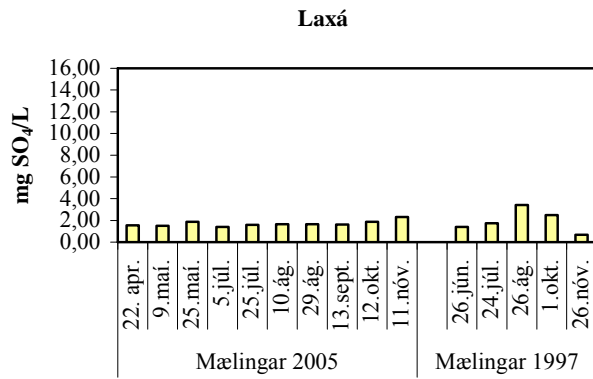
Klóríðstyrkur í ánum hefur frá upphafi vöktunar verið langt innan viðmiðunarmarka fyrir neysluvatn (200 mg/l) á öllu vöktunarsvæðinu.



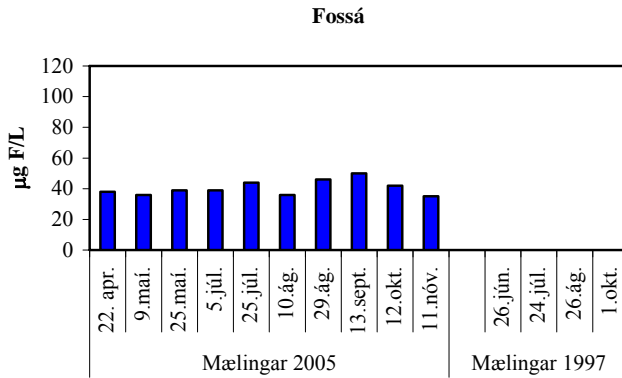
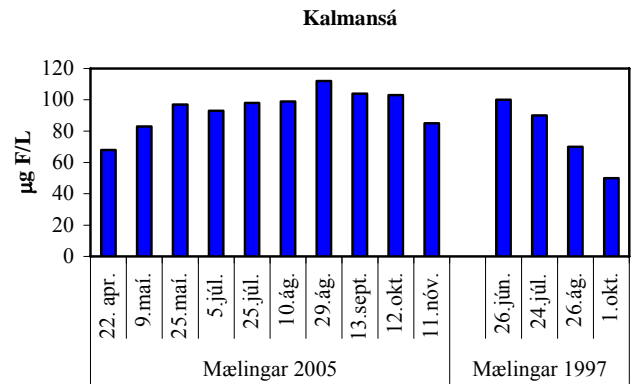
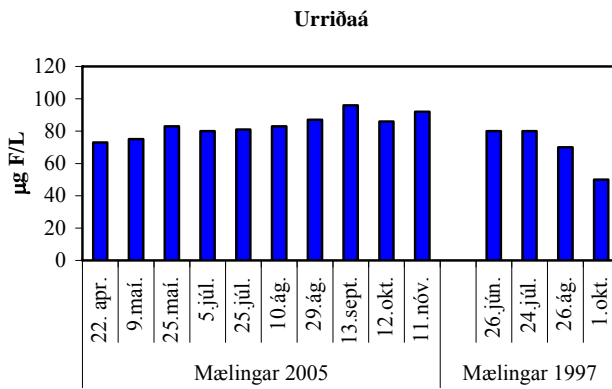
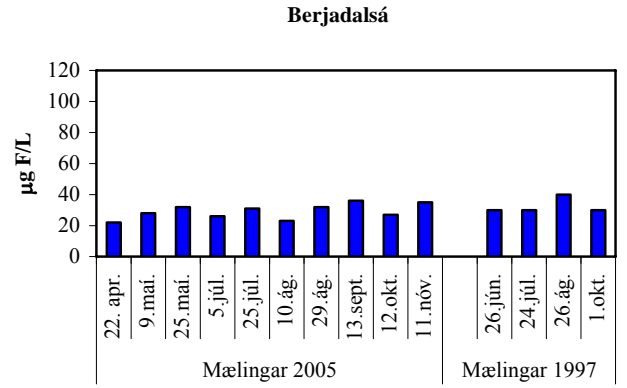
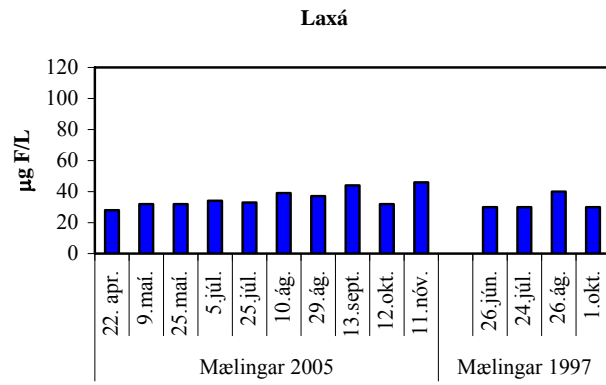
Mynd 5.2 Niðurstöður leiðnimælinga í ám árin 2005 og 1997 (bakgrunsmælingar frá 1997). Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin (leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá 1997).



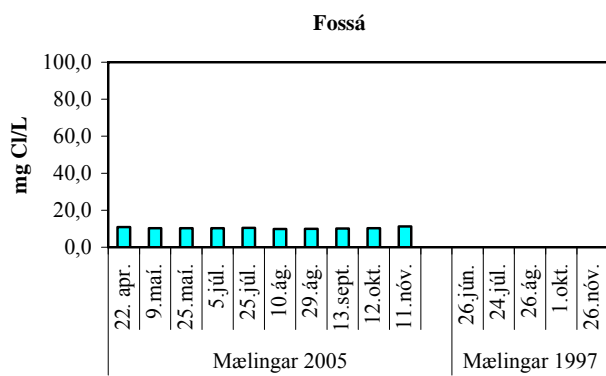
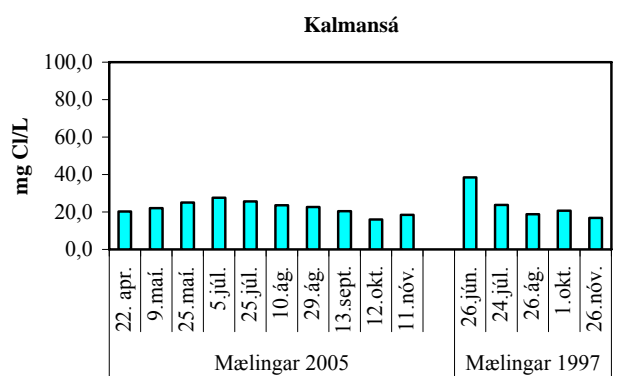
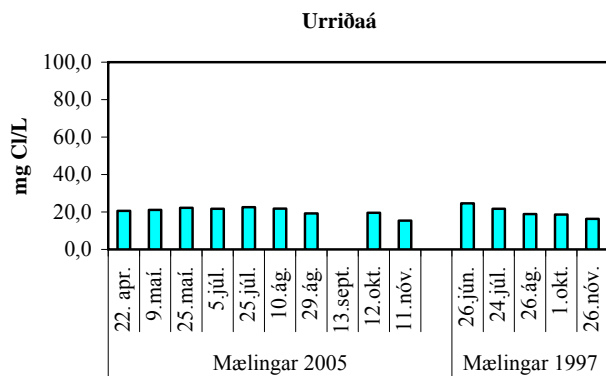
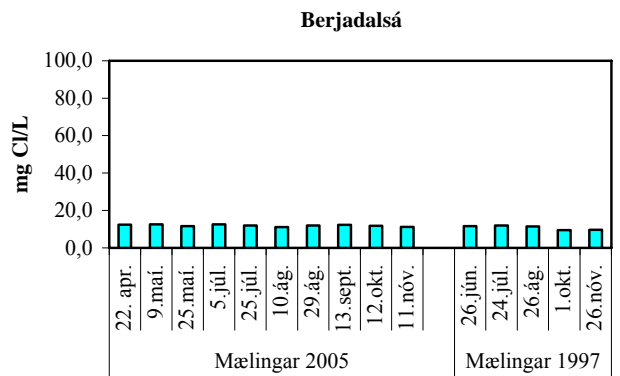
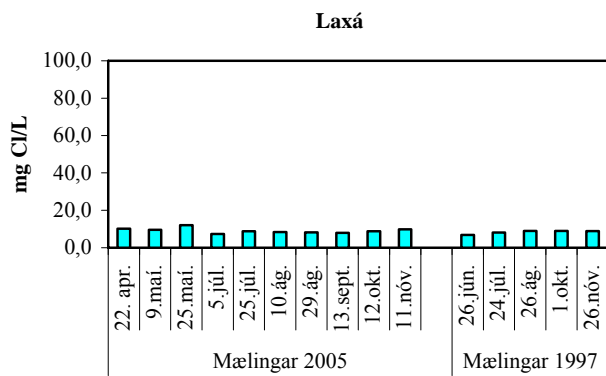
Mynd 5.3 Niðurstöður mælinga á sýrustigi í ám árin 2005 og 1997 (bakgrunnsmælingar frá 1997). Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin (leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá 1997).



Mynd 5.4 Niðurstöður mælinga á sulfati í ám árin 2005 og 1997 (bakgrunns­mælingar frá 1997). Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin (leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá 1997).



Mynd 5.5 Niðurstöður mælinga á flúor í ám árin 2005 og 1997 (bakgrunnsmælingar frá 1997). Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin (leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá 1997).



Mynd 5.6 Niðurstöður mælinga á klór í ám árin 2005 og 1997 (bakgrunsmælingar frá 1997). Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin (leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá 1997).

6 SAUÐFÉ



Mynd 6.1 Vöktunarstaðir fyrir sauðfé í Hvalfirði árið 2005.

6.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 6.1 eru vöktunarstaðir fyrir sauðfé í Hvalfirði haustið 2005. Vel gekk að fá hausa af lömbum frá bæjunum og bárust alls 51 lambshausar. Fjórir hausar af lömbum bárust frá öllum bæjunum, nema Grjóteyri þaðan sem þrjár hausar bárust. Ekki bárust hausar af eldra fé frá fimm bæjanna eða Felli, Katanesi, Gröf II, Vogatungu og Þaravöllum). Í sláturhúsi gleymdist að taka hausa frá fjórum bæjanna til hliðar og senda til dýralæknis og á einum þeirra (Gröf II) var engu eldra fé slátrað haustið 2005.

Meðaltal flúors í höfuðbeinum lamba (allir bæirnir teknir saman) var svipað á milli árána 2004 og 2005. Þetta á einnig við um meðaltal flúors í lömbum frá bæjum norðan fjarðar. Þessar mælingar sýna litla fylgni við magn flúors í grasi á vöktunarsvæðinu í september 2005. Eins og kom fram í kafla 4 var magn flúors í grasi á vöktunarsvæðunum

haustið 2005 ríflega tvöfalt meira og á sumum þeirra margfalt meira en haustið 2004. Marktæk aukning (marktækni 0,05) varð hins vegar á meðaltali flúors í höfuðbeinum lamba frá bæjunum sunnan fjarðar á milli árána 2004 og 2005 sem endurspeglar aukningu á flúor í grassýnum sem safnað var í september á svæðinu.

Magn flúors í tönnum og kjálkabeinum fullvaxta fjár frá Litlu Fellsöxl mældist yfir þeim mörkum þar sem hætta er á tannskemmdum ($> 1000 \mu\text{g/g}$). Þrátt fyrir það sá dýralæknir ekki nein ummerki um áreiti eða skemmdir af völdum flúors á tönnum og kjálkum.

6.2 ÁSTAND TANNA OG KJÁLKA OG MAGN FLÚORS

Flúor safnast aðallega í tennur og bein dýra. Fyrstu einkenni flúorskaða eru venjulega tannskemmdir, svokallaður gaddur, þegar glerungur og tannbein veikjast. Ung dýr eru mun viðkvæmari gagnvart flúor en eldri því flúor safnast fyrir í tannbeini og glerungi tanna sem eru að myndast og vaxa en eingöngu í ysta lag glerungs á tönnum eldri dýra¹⁷.

Skoðun dýralæknis sýndi að tennur og kjálkar allra dýranna haustið 2005 voru eðlileg og báru ekki merki um áreiti af völdum flúors¹⁸.

Niðurstöður flúormælinga í tönnum og kjálkum¹⁹ eru teknar saman á **myndum 6.2-6.4** (lömb) og **6.5-6.7** (fullvaxta fé). Á **myndum 6.3** og **6.6** er meðalmagn flúors í tönnum og kjálkum lamba og fullvaxta fjár 1997-2005 þar sem allir bæirnir eru teknir saman og á **myndum 6.4** og **6.7** frá bæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar.

Niðurstöður vöktunar á sauðfé síðustu árin hafa sýnt að magn flúors í tönnum og kjálkum lamba er mun betri mælikvarði á breytingar á flúormengun á vöktunarsvæðinu en magn flúors í fullvaxta fé. Ástæðan er sú að flúor safnast í lömb frá vori fram eftir hausti, sem endurspeglar loftgæði á þeim tíma, en í eldra fé ár frá ári. Rannsóknir hafa sýnt að flúor safnast í tennur og bein ofan á þann styrk sem fyrir er og að magnið eykst með auknum aldri dýra²⁰. Hausar frá vöktunarbæjunum hafa hingað til verið af misgömlu fé því að mjög erfitt er að fá hause af sláturfé á svipuðum/sama aldri. Þetta gerir allan samanburð erfiðan hvað fullvaxta fé varðar.

Eins og sést á **mynd 6.3** var meðaltal flúors í tönnum og kjálkum lamba (allir bæirnir) haustið 2005 ($148 \mu\text{g/g}$) svipað og haustið 2004 ($140 \mu\text{g/g}$). Meðaltal flúors var einnig mjög svipað á milli ára í lömbum frá bæjum norðan fjarðar ($165 \mu\text{g/g}$ árið 2004; $159 \mu\text{g/g}$ árið 2005). Þessar niðurstöður sýna að magn flúors í höfuðbeinum lamba endurspeglar ekki vel þá aukningu sem varð á magni flúors í grasi sumarið 2005 miðað við árið á undan. Eins og fram kom í kafla 4 mældist magn flúors í grasi á öllum vöktunarstöðunum í september 2005 ríflega tvöfalt meira en í september 2004 og á sumum þeirra margfalt meira.

Sunnan fjarðar varð hins vegar marktæk aukning (marktækni 0,05) á meðaltali flúors í höfuðbeinum lamba á milli ára (**mynd 6.4**, $56 \mu\text{g/g}$ árið 2004; $107 \mu\text{g/g}$ árið 2005), sem endurspeglar aukningu á magni flúors í grasi á svæðinu. Þar varð mest aukning á magni

¹⁷ Ongstad o.fl., 1994; Coote o.fl., 1997.

¹⁸ Sigurður Sigurðarson, 2006.

¹⁹ Helgi F. Magnússon, 2006.

²⁰ T.d. Zakrzewska o.fl., 2005.

flúors í höfuðbeinum lamba frá Kiðafelli, en meðaltalið jókst þar úr 55 µg/g haustið 2004 í 155 µg/g haustið 2005.

Meðaltal flúors í tönnum og kjálkum fullvaxta fjár jókst lítillega frá hausti 2004 til haustsins 2005 ef allir bæirnir eru teknir saman, eða úr 648 µg/g árið 2004 í 780 µg/g árið 2005 (ómarktæk aukning). Meðaltalið árið 2005 er þó lægra en árin 2002 og 2003. Hátt meðaltal í höfuðbeinum fullvaxta fjár frá Litlu Fellsöxl, 1570 µg/g, vegur þar mest eins og sjá má á **mynd 6.5**. Samkvæmt upplýsingum frá bóndanum á Litlu Fellsöxl er féið á beit norðan megin í Akrafjalli, allt austur að Mörk, sem er það svæði þar sem helst má vænta áhrifa frá iðjuverunum á Grundartanga. Meðaltal flúors hækkaði líka í fullvaxta fé frá Hrafnabjörgum, Skipanesi og Skorholti (**mynd 6.7**). Ekki bárust hausar af eldra fé frá Gröf II en þar mældist mest af flúor í haus af eldra fé árið 2004.

Sunnan fjarðar minnkaði magn flúors í hausum fullvaxta fjár sem er öfugt við mælingar í lömbum. Eins og áður hefur komið fram eru lömbin talin gefa raunhæfari mynd af ástandi umhverfisins enda endurspegla mælingar í lömbum sunnan fjarðar aukningu á magni flúor í grasi sumarið 2005.

Ef borin eru saman þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fæðu (**tafla 6.1**²¹) og niðurstöður flúormælinga í gróðri (**kafla 4**) hefur magn flúors frá því að vöktunarmælingar hófust í Hvalfirði ekki farið yfir 30 µg/g þolmörkin.

Rannsóknir á áhrifum uppsöfnunar flúors í beinum ungra dádýra hafa sýnt að tannskemmdir af völdum flúors koma fram ef magnið fer yfir 2000 µg/g (**tafla 6.2**²²). Haustið 2005 var magn flúors í kjálkum sauðfjár frá vöktunarbæjunum undir því, en nálgast það þó. Í sex vetra kind frá Litlu Fellsöxl mældist 1691 µg/g, sem er svipað og mældist í yfir 10 vetra kind frá sama býli. Eins og sést í **töflu 6.2** er hætta á tannskemmdum þegar magn flúors fer yfir 1000 µg/g, en dýralæknir sá þó ekki merki um slíkt.

Tafla 6.1 Þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fæðu.

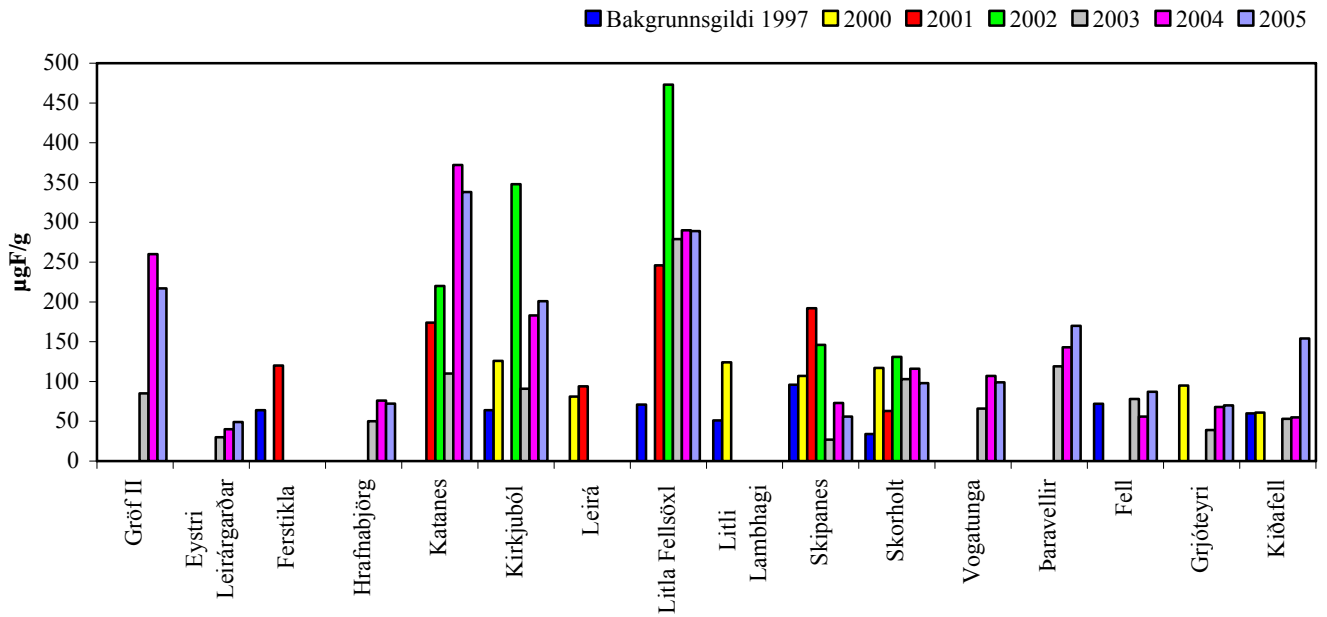
Dýrategund	Þolmörk flúors í fæðu µg/g í þurrefni
Sauðfé, geitur, kýr	≤30
Kálfar	40
Hestar	60

Tafla 6.2 Áhrif uppsafnaðs flúors í beinum ungra dádýra (1,5 ára).

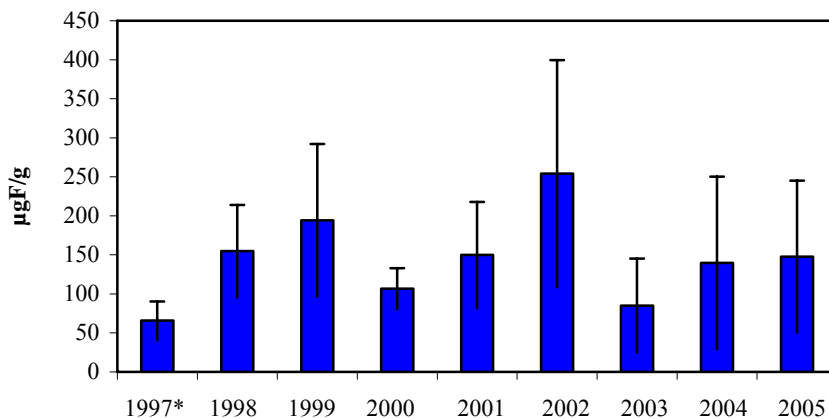
Uppsafnað flúor µg/g	Áhrif
<1000	Engin áhrif.
1000-2000	Hætta á tannskemmdum.
>2000	Veldur tannskemmdum (3ja stigs eða hærra).

²¹ Ongstad o.fl., 1994.

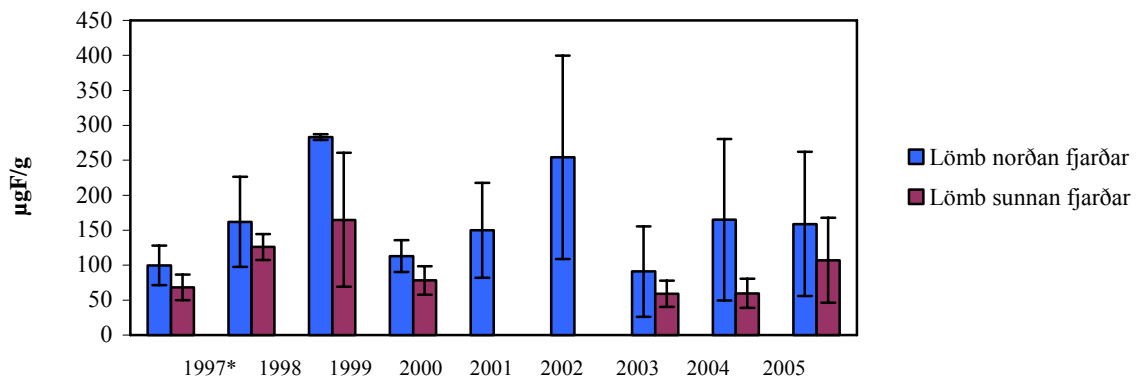
²² Ongstad o.fl., 1994.



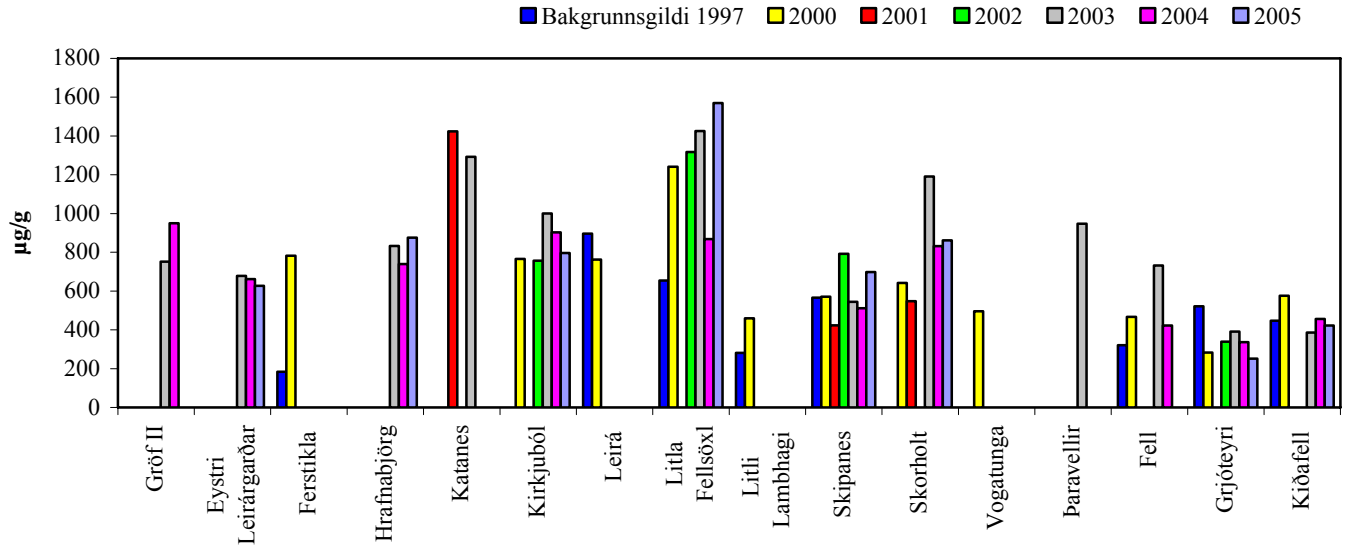
Mynd 6.2 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum lamba árin 1997 og 2000-2005.



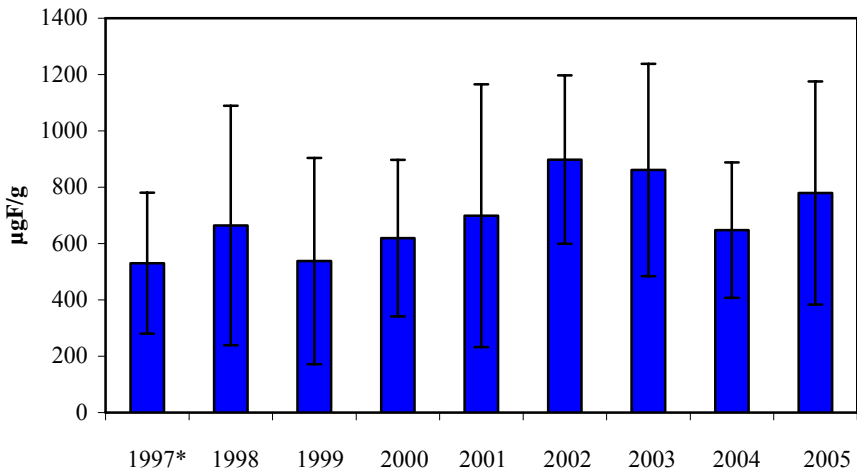
Mynd 6.3 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum lamba í Hvalfirði 1997-2005 þar sem allir bæirnir eru teknir saman (*bakgrunnsgildi 1997).



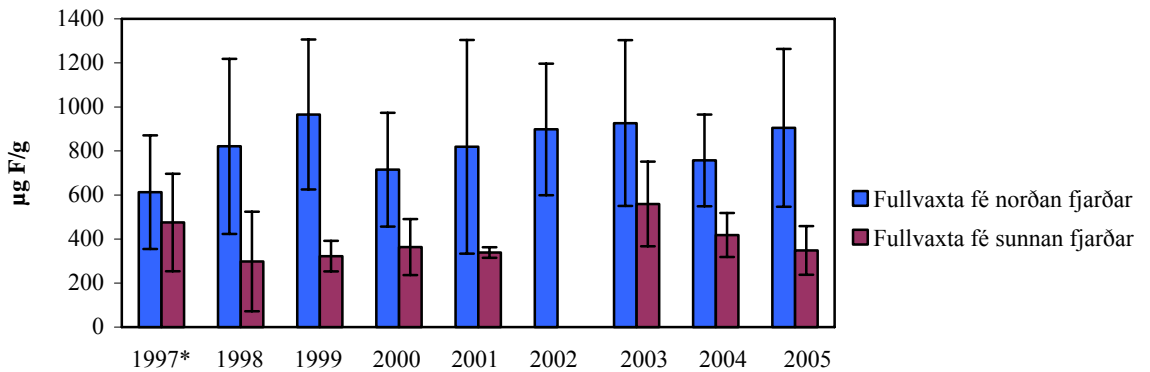
Mynd 6.4 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum lamba frá vöktunarbæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar árin 1997-2005 (*bakgrunnsgildi 1997).



Mynd 6.5 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum fullvaxta fjár árin 1997 og 2000-2005.



Mynd 6.6 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum fullvaxta fjár í Hvalfirði árin 1997-2005 þar sem allir bæirnir eru teknir saman (*bakgrunnsgildi 1997).



Mynd 6.7 Meðaltöl flúors í tönnum og kjálkum fullvaxta fjár frá vöktunarbæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar árin 1997-2005 (*bakgrunnsgildi 1997).

7 HEIMILDIR

- Coote, Cutress og Suckling, 1997. *Uptake of fluoride into developing sheep teeth, following the 1995 volcanic eruption of Mt Ruapehu, New Zealand*. Nuclear Instrument and Methods in Physics Research B, 130: 571-575.
- Friðrik Pálmason, 1999. *Rannsóknir á efnamagni í jarðvegi, gróðri og heyjum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga*. Áfangaskýrsla 1999. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.
- Friðrik Pálmason, 2006. *Efnagreiningar heysýna í nágrenni Grundartanga 1997-2005*. Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Friðrik Pálmason og Skye, 1999. *An evaluation of the impact of airborne emissions from a planned aluminum smelter on vegetation in Reyðarfjörður*. A report to invest in Iceland-Energy marketing, RALA-012/UM-006.
- Haagbjörg og Vike, 1994. *Vegetasjonsskader i aluminiumverkenes nærmiljø*. Kafli 5 í Norsk aluminiumindustri og miljø. Project for effecstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge. Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS). Oslo 1994.
- Helgi F. Magnússon, 2006. *Flúor í beinum*. Niðurstöður mælinga til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., 24. mars 2006.
- Hermann Þórðarson, Malin Sundberg, Helgi F. Magnússon, 2006a. *Umhverfissvöktun á Grundartanga og í Hvalfirði. Síðari hluti apríl – fyrri hluti október 2005*. Iðntæknistofnun.
- Horntvedt og Öyen, 1994. *Effekter af fluorider på skog ved norske aluminiumsverk*. Kafli 6 í Norsk aluminiumindustri og miljø. Project for effecstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge. Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS). Oslo 1994.
- Sigurður Sigurðarson, 2006. *Athugun á beinum og tönnum úr sauðfé vegna álvers á Grundartanga*. Niðurstöður mælingar sendar til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., 16. júní 2006.
- Ongstad, Stoll og Aasland, 1994. *The Norwegian aluminium industry and the local environment*. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway-Summary report. 96 bls.
- Malin Sundberg, 2006. *Flúor í gróðri við Hvalfjörð 2005*. Niðurstöður mælinga til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., mars 2006.
- Malin Sundberg og Helgi F. Magnússon, 2006. *Umhverfissvöktun í Hvalfirði, ferskvatnsmælingar 2005*. Iðntæknistofnun.
- Molvær, Knutzen, Magnusson, Rygg, Skei og Sørensen, 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Vejledning 97:03 Statens forurensningstilsyn (SFT).

- Sigurður R. Gíslason, Andri Stefánsson og Matthildur Bára Stefánsdóttir, 1998. *Vatnarannsóknir í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga og í Kjós*. Lokaskýrsla 15. júlí 1998.
- Sigurður R. Gíslason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Matthildur Bára Stefánsdóttir og Andri Stefánsson, 1999. *Vatnarannsóknir í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga og í Kjós*. Lokaskýrsla 15. júlí 1999.
- Vike, 1999. *Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminium smelters in Norway*. *The Science of the Total Environment*, 236: 75-90.
- Weinstein og Davison, 2003. *Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride*. *Environmental Pollution*, 125: 3-11.
- Zakrzewska, Machoy-Mokrzyńska, Materny, Gutowska og Machoy, 2005. *Estimation of fluoride distribution in the mandible and teeth of the red deer (Cervus elaphus L.) from industrially polluted areas in Poland*. *Archives of Oral Biology*.