

# IÐNAÐARSVÆÐIÐ Á GRUNDARTANGA OG UMHVERFI ÞESS

NIÐURSTÖÐUR UMHVERFISVÖKTUNAR  
ÁRIÐ 2003

LOKASKÝRSLA



APRÍL 2004

**1** HÖNNUN



## SAMANTEKT

### ANDRÚMSLOFT

Efna- og rykmælingar í lofti á vöktunarstöðvunum sýndu að allir mæliþættir voru undir viðmiðunarmörkum í starfsleyfi utan þynningarsvæðis. Ársmeðaltal heildar- og gaskennds flúors var óvenju lágt á vöktunarstöðunum miðað við árin á undan og breytileiki í mæligildum lítill. Mánaðarmeðaltöl heildarflúors á Stekkjarási voru mun lægri en árið 2002. Ástæðan er líklega með afbrigðum góður rekstur þurrhreinsivirkis Norðuráls árið 2003. Ársmeðaltal heildar SO<sub>2</sub> á Stekkjarási var lægra en árið 2002, en á Smáholti og Hálsnesi nokkru hærra en árið 2001. Á Hálsnesi er skýringar að mestu talin raunveruleg aukning á gaskenndum brennisteini, en á Smáholti eingöngu aðferðafræðilegur munur. Meðaltal gaskennds brennisteins á Stekkjarási og Smáholti var svipað og verið hefur frá árinu 2000. Ársmeðaltal svifryks var nokkru hærra á Stekkjarási en árið á undan og á Smáholti og Hálsnesi hærra en árið 2001. Mikill breytileiki var í mánaðarmeðaltölum og er skýringin talin einstaka mjög sólríkir dagar með þurrum vindi. Ársmeðaltal flúors og brennisteins í úrkomu á Stekkjarási og Smáholti var með lægsta móti, en á Hálsnesi óvenju hátt eða í samræmi við styrk í lofti. Nokkur breytileiki einkenndi styrk brennisteins í úrkomu á vöktunarstöðvunum.

### GRÓÐUR

Hæsti styrkur flúors er ekki talinn líklegur til að skaða gras, lauf eða barr innan vöktunarsvæðisins og er innan þolmarka viðkvæmustu grasbíta (30 µg/g). Styrkur flúors í grasi var yfirleitt innan eða við bakgrunnsgildi (10 µg/g), en nokkuð meiri í laufi og barri. Magn flúors í gróðri er í góðu samræmi við magn þess í lofti.

Samanburður mosa og flétta í reitum árið 2003 við sömu reiti árin 1999 og 2000 sýna óbreytt ástand í reitunum, en í reit 33 á Stekkjarási þar sem klettastrý hvarf nánast alveg árið 1997 höfðu hrúðurfléttur og snepaskóf vaxið í auða bletti sem sátu eftir. Styrkur flúors og brennisteins í fléttum var svipaður og árið 1999, og er styrkur flúors því enn mjög hár í fléttum á Stekkjarási.

### FERSKVATN

Mælingar á efna- og eðlisþáttum í ám sýna mjög litlar breytingar frá árinu á undan og frá 1997. Styrkur flúors hefur þó farið lækkandi frá árinu 2000 á meðan styrkur brennisteins hefur farið hækkandi. Mælingarnar sýna að brennisteinstvíoxíð (SO<sub>2</sub>) frá iðjuverunum á Grundartanga fellur ekki sem súrt regn á vöktunarsvæðinu.

### SAUÐFÉ

Árið 2003 gaf vöktun á sauðfé ekki til kynna flúorskemmdir á tönnum og kjálkum. Mun lægri styrkur flúors mældist í lömbum á vöktunarsvæðinu en haustið 2002, einkum frá bæjum norðan fjarðar. Þetta sýnir að lömbin endurspegla fljótt og vel styrk flúors í umhverfinu og að um raunverulega lækkun hafi verið að ræða, í það minnsta frá sauðburði fram á haust. Meðalstyrkur flúor var hærri í höfuðbeinum fullvaxta fjár haustið 2003 en 2002 að undanskildu fé frá Skipanesi og Katanesi. Í fullvaxta fé má búast við að á meðan flúor er í umhverfinu haldi hann áfram að safnast ofan á það magn sem fyrir er í tönnum og beinum en með tímanum geti hægi á uppsöfnuninni. Styrkur flúors var yfirleitt innan skaðsemismarka.



**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 (F).....	4
3.2.2	BRENNISTEINSTEINÞÍOXÍÐ (SO <sub>2</sub> ) .....	6
3.2.3	SVIFRYK (PM <sub>10</sub> ) .....	7
3.2.4	EFNAINNIHALD Í ÚRKOMU.....	8
4	GRÓÐUR.....	11
4.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	11
4.2	EFNAMÆLINGAR Í GRÓÐRI .....	12
4.2.1	FLÚOR Í GRÓÐRI.....	12
4.3	MAT Á ÞEKJU MOSA OG FLÉTTA Í REITUM.....	14
5	FERSKVATN .....	15
5.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	15
5.2	NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA .....	16
5.2.1	LEIÐNI .....	16
5.2.2	SÝRUSTIG .....	16
5.2.3	BRENNISTEINN .....	16
5.2.4	FLÚOR .....	16
5.2.5	KLÓR.....	17
6	SAUÐFÉ .....	23
6.1	HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	23
6.2	ÁSTAND TANNA OG STYRKUR FLÚORS.....	24
7	HEIMILDIR.....	28



# 1 INNGANGUR

Norðurál og Íslenska járnblendifélagið hf. hafa síðastliðin fjögur ár unnið eftir áætlun um umhverfisvöktun í Hvalfirði, sem samþykkt er af Umhverfisstofnun (gildir til 2009). Ýmsar umhverfisarannsóknir fóru fram fyrir tíma járnblendiverksmiðjunnar árin 1975-1978 og álversins frá júní 1997 til júní 1999. Umrædd vöktunaráætlun tók þá við.

## Meginniðurstöður umhverfisvöktunar á og í nágrenni Grundartanga árið 2003

Allir umhverfisþættir voru undir viðmiðunarmörkum í starfsleyfi utan þynningarsvæðis. Með afbrigðum góður rekstur þurrhrensivirkis endurspegladist í lofti, gróðri og sauðfé.

Í skýrslunni eru teknar saman helstu niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2003 og þær bornar saman við niðurstöður fyrri ára og viðmiðunarmörk í starfsleyfi þar sem það á við. Í **töflu 1.1** er yfirlit yfir vöktunina árið 2003.

**Tafla 1.1** Yfirlit yfir umhverfisvöktun á og í nágrenni Grundartanga árið 2003.

	Loftgæði	Gróður	Árvatn	Sauðfé
<b>Mælipættir</b>	<u>Andrúmsloft:</u> Svifryk Brennisteinstvíoxíð í lofti og ryki. Flúor í lofti og ryki. <u>Regnvatn:</u> Sýrustig, flúor, klór, sulfat, natríum og nítrat.	Flúor í grasi, laufi og barri. Mosar og fléttur í vöktunarreitum. Flúor og brennisteinn í fléttum.	Sýrustig [pH] Leiðni Flúor Sulfat Klór	Ástand tanna og beina. Flúor í beinum.
<b>Mælistaðir</b>	Stekkjarás Smáholt Hálsnes	Stekkjarás Fannahlíð Fellsaxlarkot Félagsgarður Fossbrekka Reynivellir	Laxá Urriðaa Kalmansá Fossá Berjadalsá	Eystri Leirárgarðar Fell Grjóteyri Gröf II Hrafnabjörg Katanes Kiðafell Kirkjuból Litla Fellsöxl Skipanes Skorholt Vogatunga
<b>Rannsóknaraðilar</b>	Iðntæknistofnun	Iðntæknistofnun	Iðntæknistofnun	Tilraunastöð HÍ í meinafræðum á Keldum. Iðntæknistofnun

## 2 SKILGREININGAR OG ORÐSKÝRINGAR

<b>Viðmiðunarmörk</b>	Mörk sem yfirvöld mengunarvarna setja sem hámark á magni tiltekins efnis fyrir gróður, dýr eða fólk.
<b>Þynningarsvæði</b>	Svæði þar sem þynning mengunar á sér stað og eftirlitsaðilar samþykkja að mengun megi vera yfir viðmiðunarmörkum.
<b>µm</b>	Míkrómetri, einn milljónasti ( $10^{-6}$ ) úr m.
<b>µg/m<sup>3</sup></b>	Styrkur efnis af heildarrúmmáli lofts.
<b>µS/cm</b>	Leiðni vatns á hvern cm.
<b>mg/m<sup>2</sup></b>	Ákoma efna í úrkomu á flatareiningu.
<b>µg/l</b>	Styrkur efnis á líter.
<b>mg/l</b>	Styrkur efnis á líter.
<b>µg/g</b>	Styrkur efnis á þyngdareiningu.



### 3 ANDRÚMSLOFT



Mynd 3.1 Staðsetning vöktunarstöðva fyrir loftgæði í Hvalfirði.

#### 3.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Uppspretta og dreifing efna: Árið 2003 voru ríkjandi vindáttir á Grundartanga svipaðar og árið á undan (austanátt óvenju ríkjandi). Um vorið og fyrri hluta sumars var norðaustanátt ríkjandi, í júlí og ágúst skiptust á austan- og suðvestanáttir og með haustinu austan- og suðaustanáttir. Hægviðri var algengt eins og árin tvö á undan en mun votviðrasamara var árið 2003, sérstaklega framan af. Inn á milli voru þó góðviðriskaflar og hlýindi. Austan- og norðaustanáttir dreifa útblæstri frá iðnaðarsvæðinu út á sjó en suðsuðvestanátt inn með strönd Hvalfjarðar.

Flúor (F) og brennisteinstvíoxíð (SO<sub>2</sub>): Á mynd 3.1 má sjá staðsetningu vöktunarstöðva fyrir loftgæði. Iðnaðarsvæðið er meginuppspretta flúors og SO<sub>2</sub>. Árið 2003 voru loftgæði vöktuð á öllum þremur vöktunarstöðvunum. Ársmeðaltal heildar- og gaskennds flúors var óvenju lágt á vöktunarstöðunum miðað við árin á undan og breytileiki í mæligildum lítill. Mánaðarmeðaltöl heildarflúors á Stekkjarási voru mun lægri en árið 2002. Ástæðan er líklega með afbrigðum góður rekstur þurrhrensivirkis

Norðuráls árið 2003. Ársmeðaltal heildar SO<sub>2</sub> á Stekkjarási var lægra en árið 2002, en á Smáholti og Hálsnesi nokkru hærra en árið 2001. Á Hálsnesi er skýringin að mestu talin raunveruleg aukning á styrk gaskennds brennisteins, en á Smáholti eingöngu aðferðafræðilegur munur. Meðaltal gaskennds brennisteins á Stekkjarási og við Smáholt var svipað og verið hefur frá árinu 2000.

Svifryk: Meginuppspretta svifryks á vöktunarsvæðinu árið 2003 er talin utan iðnaðarsvæðisins eins og áður. Ársmeðaltal svifryks var nokkru hærra á Stekkjarási en árið á undan og á Smáholti og Hálsnesi hærra en árið 2001. Mikill breytileiki var í mánaðarmeðaltölum og er skýringin talin einstaka mjög sólríkir dagar með þurrum vindi.

Úrkoma: Ársmeðaltal flúors og brennisteins í úrkomu á Stekkjarási og Smáholti var með lægsta móti, en á Hálsnesi óvenju hátt. Nokkur breytileiki einkenndi styrk brennisteins í úrkomu á vöktunarstöðvunum.

## 3.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

### 3.2.1 FLÚOR (F)

Í **töflu 3.1** má sjá ársmeðaltöl heildarflúors í lofti árin 1997-2003 á Stekkjarási og 1997-2001 og 2003 á Hálsnesi og Smáholti.

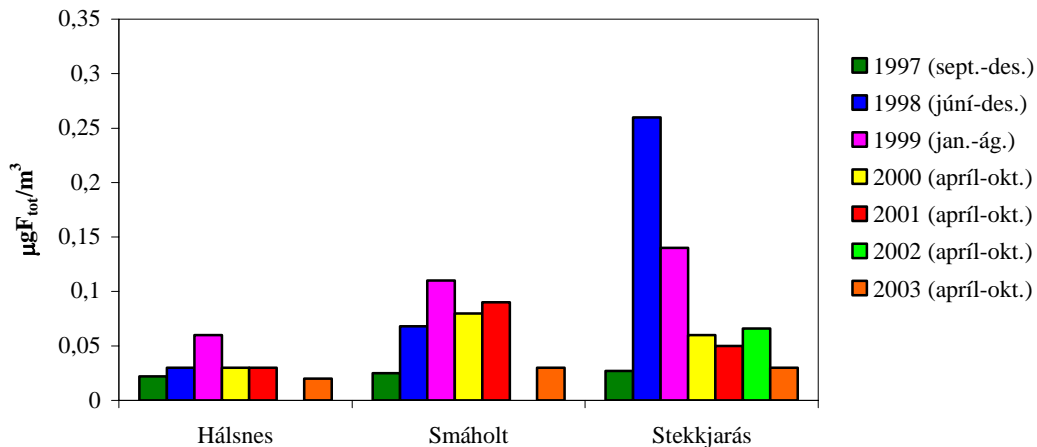
Ársmeðaltal heildar- (**mynd 3.2**) og gaskennds flúors (HF; **mynd 3.3**) var á vöktunarstöðvunum óvenju lágt miðað við árin á undan (síðast var mælt á Hálsnesi og Smáholti árið 2001). Breytileiki í mæligildum var einnig lítil (staðalfrávikid lágt)<sup>1</sup>. Styrkur gaskennds flúors í lofti á vöktunarstöðvunum var vel undir viðmiðunarmörkum fyrir vaxtartíma gróðurs (0,3 µg/m<sup>3</sup> utan þynningarsvæðis yfir 6 mánuði) eins og verið hefur frá upphafi vöktunar.

Mánaðarmeðaltöl heildarflúors á Stekkjarási voru mun lægri og jafnari en árið 2002 (**mynd 3.4**). Aukningin sem varð á Stekkjarási í kjölfar stækkunar álversins sumarið 2001 og fram eftir fyrri hluta árs 2002 er ekki lengur sjáanleg. Ástæðan er líklega með afbrigðum góður rekstur þurrhrensivirkis Norðuráls árið 2003 miðað við árin á undan.

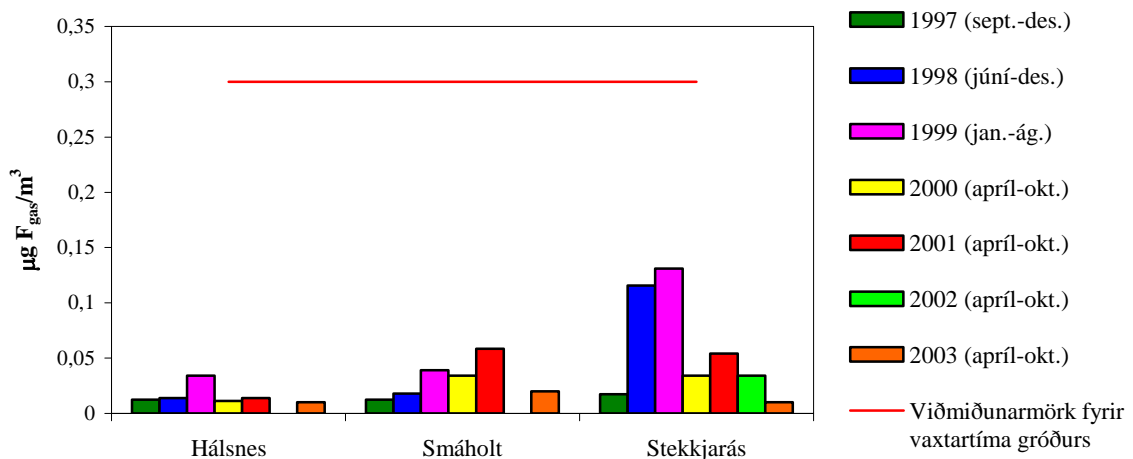
**Tafla 3.1** Ársmeðaltal heildarflúors á vöktunarstöðvunum 1997-2003, ásamt staðalfrávikimælinga. Sýnt er meðaltal rekstrarmánaða Norðuráls árið 1998. Vöktunartímabilið er ekki það sama öll árin.

Ár (vöktunarmán.)	Stekkarás (µg/m <sup>3</sup> )	Hálsnes (µg/m <sup>3</sup> )	Smáholt (µg/m <sup>3</sup> )
1997 (sept.-des.)	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,005	0,02 ± 0,006
1998 (júní.-des.)	0,26 ± 0,16	0,03 ± 0,012	0,07 ± 0,04
1999 (jan.-ágúst)	0,14 ± 0,07	0,06 ± 0,08	0,11 ± 0,14
2000 (apríl.-okt.)	0,06 ± 0,07	0,03 ± 0,01	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 ± 0,007	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,002

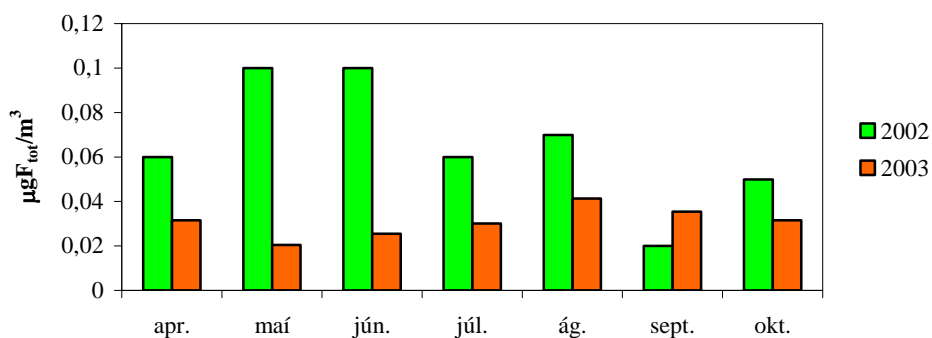
<sup>1</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.



**Mynd 3.2** Ársmeðaltöl heildarflúors ( $F_{tot}$ ) á vöktunarstöðvunum 1997-2003 (eingöngu safnað á Stekkjarási 2002). Sýnt er meðaltal rekstrarmánaða Norðuráls árið 1998.



**Mynd 3.3** Ársmeðaltöl gaskennds flúors á vöktunarstöðvunum 1997-2003. Sýnt er meðaltal rekstrarmánaða Norðuráls árið 1998. Viðmiðunarmörk gaskennds flúors á vaxtartíma gróðurs ( $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) utan þynningarsvæðis eru sýnd með rauðri línu.



**Mynd 3.4** Mánaðarmeðaltöl heildarflúors á Stekkjarási apríl – október árin 2002 og 2003.

### 3.2.2 BRENNISTEINSTEINSTRÍOXÍÐ (SO<sub>2</sub>)

Í töflu 3.2 má sjá ársmeðaltöl heildar SO<sub>2</sub> (gaskennds og í ryki) árin 1997-2003 á Stekkjarási og 1997-2001 og 2003 á Hálsnesi og Smáholti.

**Tafla 3.2** Ársmeðaltal heildar SO<sub>2</sub> á vöktunarstöðvum árin 1997-2003, ásamt staðalfrávikum mælinga. Vöktunartímabilið er ekki það sama öll árin.

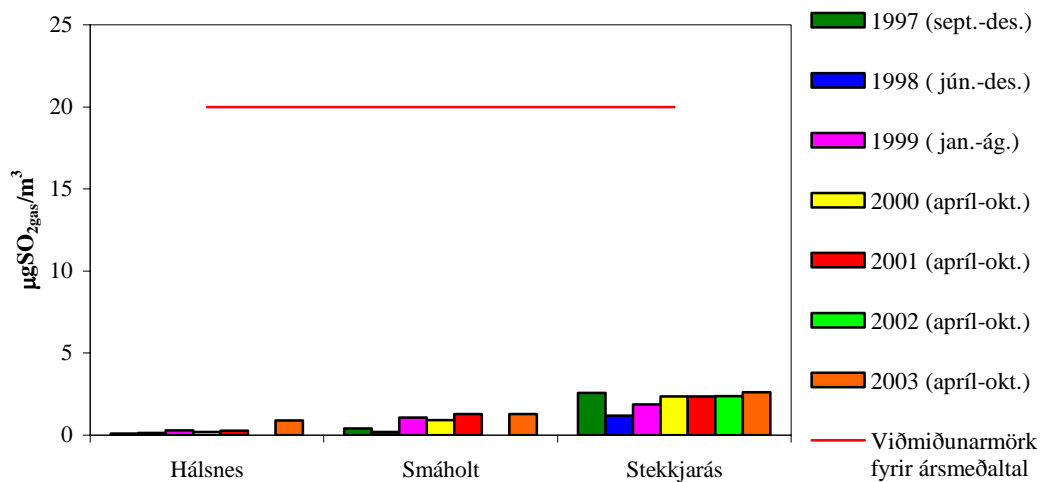
Ár (vöktunarmán.)	Stekkarás (µg/m <sup>3</sup> )	Hálsnes (µg/m <sup>3</sup> )	Smáholt (µg/m <sup>3</sup> )
1997 (sept.-des.)	3,9 ± 2,1	0,4 ± 0,3	0,8 ± 0,4
1998 (júní.-des.)	1,5 ± 0,4	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,2
1999 (jan.-ágúst)	2,3 ± 1,3	0,7 ± 0,2	1,4 ± 1,0
2000 (apríl-okt.)	2,5 ± 1,3	0,3 ± 0,1	1,0 ± 1,6
2001 (apríl-okt.)	2,5 ± 1,1	0,8 ± 0,4	1,9 ± 1,4
2002 (apríl-okt.)	4,36 ± 0,9	-	-
2003 (apríl-okt.)	4,09 ± 1,1	1,91 ± 0,6	2,63 ± 2,1

Ársmeðaltal heildar SO<sub>2</sub> á Stekkjarási (**mynd 3.5**) var lægra en árið 2002. Á Hálsnesi og Smáholti var það nokkru hærra en árið 2001 þegar þar var mælt síðast. Breytileiki í mæligildum var töluverður, einkum á Smáholti, meiri en áður (**tafla 3.2**). Hvað Smáholt varðar er um aðferðafræðilegan mun að ræða<sup>2</sup> þar sem ný aðferð, sem byrjað var að beita árið 2002 við mælingar á brennisteini í ryki, virðist ofmeta styrk brennisteins miðað við eldri aðferðina. Hvað Hálsnes varðar er skýringin að einhverju leiti aðferðarfræðilegur munur en að mestu talin raunveruleg aukning á gaskenndum brennisteini. Þannig var ársmeðaltal gaskennds SO<sub>2</sub> á Hálsnesi hærra (0,9 µg/m<sup>3</sup>) en árið 2001 (0,27 µg/m<sup>3</sup>). Meðaltal gaskennds brennisteins á Stekkjarási og við Smáholt var hins vegar svipað árið 2003 og verið hefur frá 2000, sem gefur til kynna að styrkur hans í lofti á þessum stöðum sé stöðugur milli ára. Ársmeðaltal gaskennds brennisteins var þó á öllum vöktunarstöðvunum vel undir viðmiðunarmörkum fyrir ársmeðaltal (20 µg/m<sup>3</sup> utan þynningarsvæðis) eins og verið hefur frá upphafi vöktunar.

<sup>2</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.



**Mynd 3.5** Ársmeðaltöl heildar SO<sub>2</sub> (SO<sub>2tot</sub>) í lofti á vöktunarstöðvum 1997-2003. Sýnt er meðaltal rekstrarmánaða Norðuráls árið 1998.



**Mynd 3.6** Ársmeðaltöl gaskennds SO<sub>2</sub> í lofti á vöktunarstöðvum 1997-2003. Viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal (20 µg/m<sup>3</sup>) gaskennds SO<sub>2</sub> utan þynningarsvæðis eru sýnd með rauðri línu.

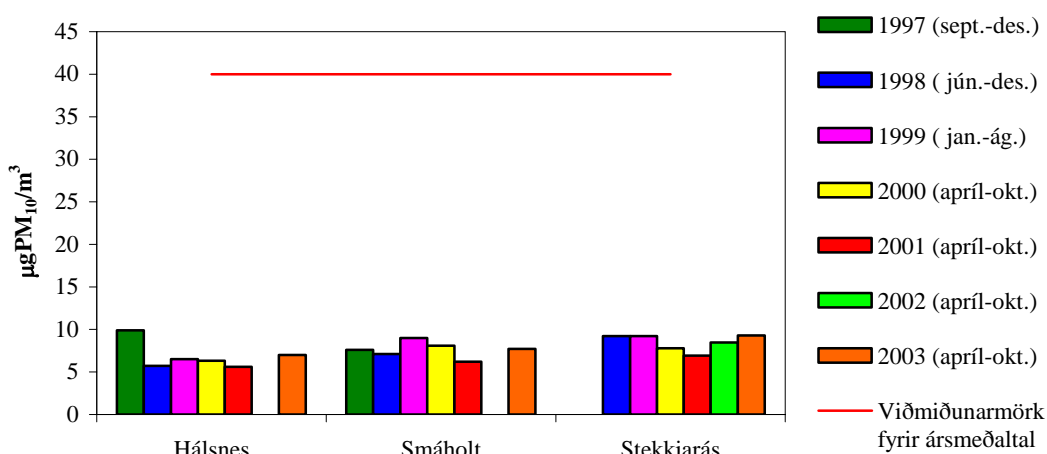
### 3.2.3 SVIFRYK (PM<sub>10</sub>)

Í **töflu 3.3** má sjá ársmeðaltöl svifryks sem safnað var á síur árin 1997-2003 á Stekkjarási og 1997-2001 og 2003 á Hálsnesi og Smáholti. Ryk var ekki mælt með betageislagreini árið 2003. Frá upphafi mælinga hefur magn svifryks ekki farið yfir viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal (40 µg/m<sup>3</sup> utan þynningarsvæðis) á vöktunarstöðvunum.

Tafla 3.3 Ársmeðaltal svifryks á vöktunarstöðvunum 1997-2003, ásamt staðalfrávik mælinga.

Ár (vöktunarmán.)	Stekkjárs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Hálsnes ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Smáholt ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1997 (sept.-des.)	-	$9,9 \pm 7,8$	$7,6 \pm 5,9$
1998 (júní-des.)	$9,2 \pm 3,8$	$5,7 \pm 1,7$	$7,1 \pm 2,7$
1999 (jan.-ágúst)	$9,1 \pm 2,3$	$6,5 \pm 2$	$9,0 \pm 2,5$
2000 (apríl-okt.)	$7,8 \pm 1,6$	$6,3 \pm 1,9$	$8,1 \pm 2,6$
2001 (apríl-okt.)	$6,9 \pm 1,8$	$5,6 \pm 2,9$	$6,2 \pm 3,9$
2002 (apríl-okt.)	$8,5 \pm 0,5$	-	-
2003 (apríl-okt.)	$9,3 \pm 4,5$	$7,0 \pm 2,9$	$7,7 \pm 2,7$

Á mynd 3.7 má sjá niðurstöður svifrykssöfnunar á vöktunarstöðvunum. Ársmeðaltal svifryks telst í meðallagi<sup>3</sup>. Meðaltalið var nokkru hærra á Stekkjarási árið 2003 en árið á undan og á Smáholti og Hálsnesi en árið 2001 þegar þar var mælt síðast. Mikill breytileiki var í mánaðarmeðaltölum svifryks, einkum á Stekkjarási (staðalfrávik hátt: 4,47) þar sem langhæstu meðaltölin voru í apríl og maí ( $15,4$  og  $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Skýringin er huganlega einstaka mjög sólríkir dagar með þurrum vindi. Meginuppspretta svifryks á vöktunarsvæðinu er talin vera utan iðnaðarsvæðisins eins og áður.



Mynd 3.7 Meðaltöl svifryks (PM<sub>10</sub>) í lofti árin 1997-2003 safnað á síur á vöktunarstöðvunum. Viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  utan þynningarsvæðis) eru sýnd með rauðri línu.

### 3.2.4 EFNAINNIHALD Í ÚRKOMU

Í töflu 3.4 og á mynd 3.8 er ársmeðaltal sýrustigs og efna í úrkomu á vöktunarstöðvunum árin 1997-2003.

Ársmeðaltal flúors í úrkomu á mælistöðvunum var með lægsta móti, eins og í lofti, eða svipað og árið 2000. Ársmeðaltal brennisteins (sem súlfat, SO<sub>4</sub>) var einnig svipað og árið 2000, en meðaltal brennisteins á Hálsnesi var þó óvenju hátt miðað við árin á

<sup>3</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.

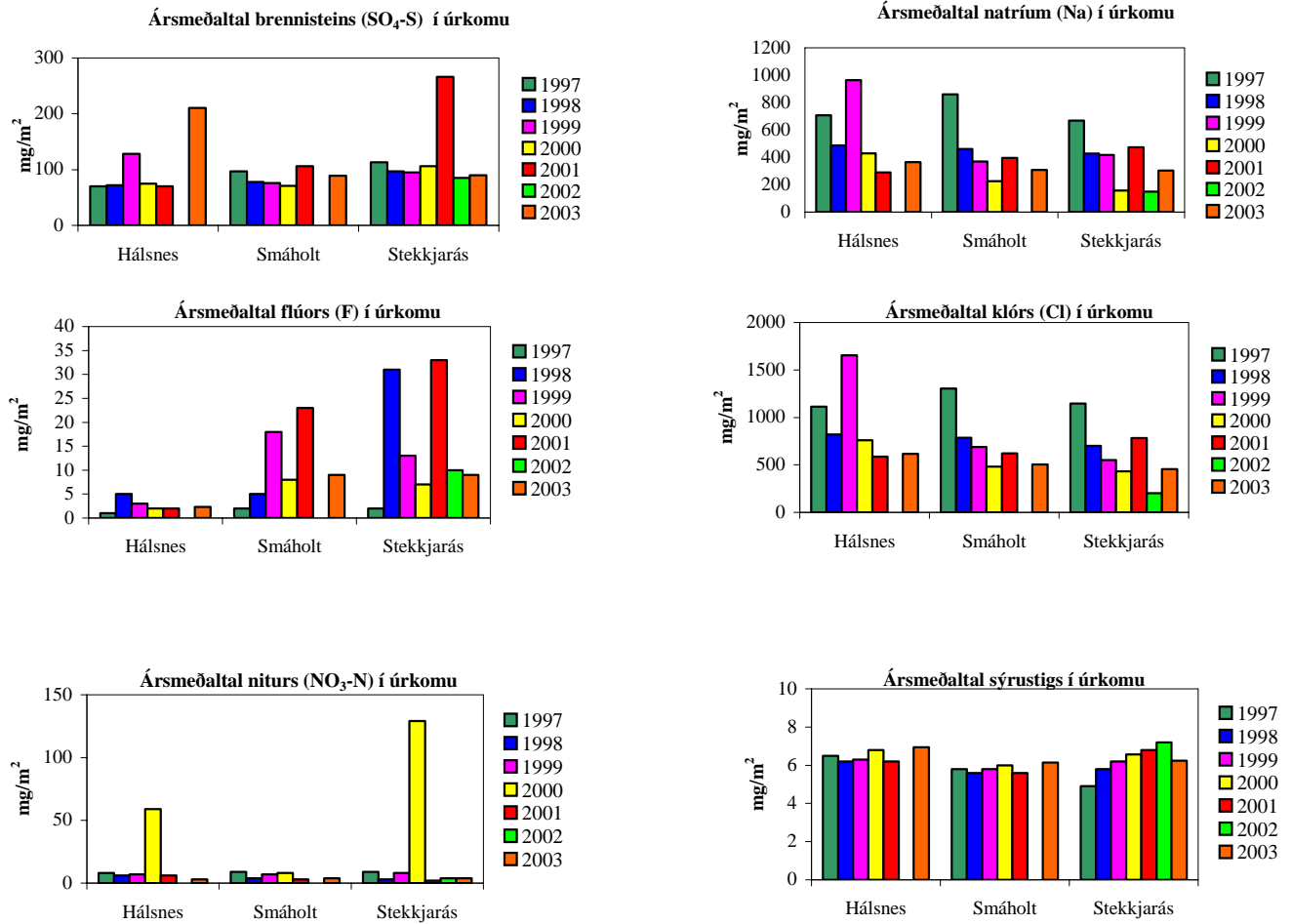
undan<sup>4</sup>. Þetta er í samræmi við mælingar í lofti. Nokkur breytileiki einkenndi mæligildi í úrkomu og getur mikill flugufjöldi í safnlátum haft þar áhrif.

Sýrustig úrkomu við Stekkjarás var heldur lægra en árið 2002, en heldur hærra á Hálsnesi og Smáholti miðað við árið 2001 þegar þar var síðast mælt.

**Tafla 3.4** Ársmeðaltal sýrustigs og efna í úrkomu á vöktunarstöðvunum árin 1997-2003. Styrkur efna er í mg/m<sup>2</sup>/ári og sýrustig sem pH-gildi.

Ár	Hálsnes			Smáholt			Stekkjjarás		
	Na	Cl	NO <sub>3</sub> -N	Na	Cl	NO <sub>3</sub> -N	Na	Cl	NO <sub>3</sub> -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
	SO <sub>4</sub> -S	F	pH	SO <sub>4</sub> -S	F	PH	SO <sub>4</sub> -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

<sup>4</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.



Mynd 3.8 Ársmeðaltöl sýrustigs og efnamælinga í úrkomu árin 1997-2003.



## 4 GRÓÐUR



Mynd 4.1 Vöktunarstaðir fyrir gróður í Hvalfirði.

### 4.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

**Gras, lauf og barr:** Á mynd 4.1 eru vöktunarstaðir fyrir gróður í Hvalfirði. Árið 2003 var styrkur flúors mældur í sýnum af grasi, laufi og barri. Hæsti styrkur flúors er ekki talinn líklegur til að skaða gras, lauf eða barr innan vöktunarsvæðisins og er innan þolmarka viðkvæmustu grasbíta ( $30 \mu\text{g/g}$ ). Styrkur flúors í grasi var yfirleitt innan eða við bakgrunnsgildi ( $10 \mu\text{g/g}$ ), en nokkuð meiri í laufi og barri. Magn flúors í gróðri er í góðu samræmi við magn þess í lofti.

**Mosar og fléttur:** Samanburður mosa og flétta í reitum árið 2003 við sömu reiti árin 1999 og 2000 sýna óbreytt ástand í reitunum, en í reit 33 á Stekkjarási þar sem klettastrý hvarf nánast alveg árið 1997 höfðu hrúðurfléttur og snepaskóf vaxið í auða bletti sem sátu eftir. Styrkur flúors og brennisteins í fléttum var svipaður og árið 1999, og er styrkur flúors því enn mjög hár í fléttum á Stekkjarási.

## 4.2 EFNAMÆLINGAR Í GRÓÐRI

### 4.2.1 FLÚOR Í GRÓÐRI

Þolmörk grasbíta gagnvart flúor í grasi eru á bilinu 30-60  $\mu\text{g/g}$  (í þurrefni)<sup>5</sup>. Flúor getur safnast í gróður yfir sex mánaða tímabil ef styrkur gaskennnds flúors (HF) í lofti fer yfir 0,3  $\mu\text{g/m}^3$ . Þetta eru skilgreind viðmiðunarmörk fyrir

**Tafla 4.1** Þolmörk gróðurs gagnvart gaskennndum flúor, langtímaáhrif (niðurstöður norskra rannsókna).

Loftborið efni	Gróðurgerðir	Þolmörk ( $\mu\text{g/m}^3$ )
Flúor	Fléttur, mosar, barrtré	>0,3
	Lauftré	>0,4
	Grös	>2-3

styrk gaskennnds flúors yfir vaxtartíma gróðurs utan þynningarsvæðis. Samkvæmt starfsleyfi Norðurláls má styrkur flúors fara yfir þessi mörk innan þynningarsvæðis í 0,2% tilfella eða 7 daga á ári. Í loftgæðamælingum árið 2003 var meðaltal gaskennnds flúors á Stekkjarási (staðsettur utan þynningarsvæðis fyrir flúor) frá apríl til október 0,01  $\mu\text{g/m}^3$ , sem er þrisvar sinnum minna en árið 2002 (0,034  $\mu\text{g/m}^3$ ). Vöktun loftgæða hefur sýnt að frá upphafi rekstrar Norðurláls hafa engin sex mánaða meðaltöl gaskennnds flúors farið yfir viðmiðunarmörkin. Þolmörk hinna ýmsu gróðurtegunda gagnvart gaskennndum flúor í lofti má sjá í **töflu 4.1**<sup>6</sup>.

Á **myndum 4.2-4.4** er sýndur styrkur flúors árið 2003 í og á (þurrefni og skol) grasi, laufi (meðaltal af birki og reyni) og barri (meðaltal af greni og furu)<sup>7</sup>. Meðaltal flúors í gróðri var yfirleitt mun lægra og minni breytileiki í mæligildum en árið 2002. Meðaltal flúors var yfirleitt undir bakgrunnsgildi (10  $\mu\text{g/g}$  í þurrefni) að undanskildu í og á haustlaufi og 2ja ára barri frá Stekkjarási þar sem styrkurinn var rétt yfir því. Hæsti styrkur flúors í og á grasi (Fannahlíð að hausti: 5  $\mu\text{g/g}$ ) er mun minni en árið á undan (Stekkjarsás að vori: 16  $\mu\text{g/g}$ ) og vel innan ströngustu skaðsemismarkna viðkvæmustu grasbíta. Styrkur flúors í gróðri eru í góðu samræmi við styrk hans í lofti.

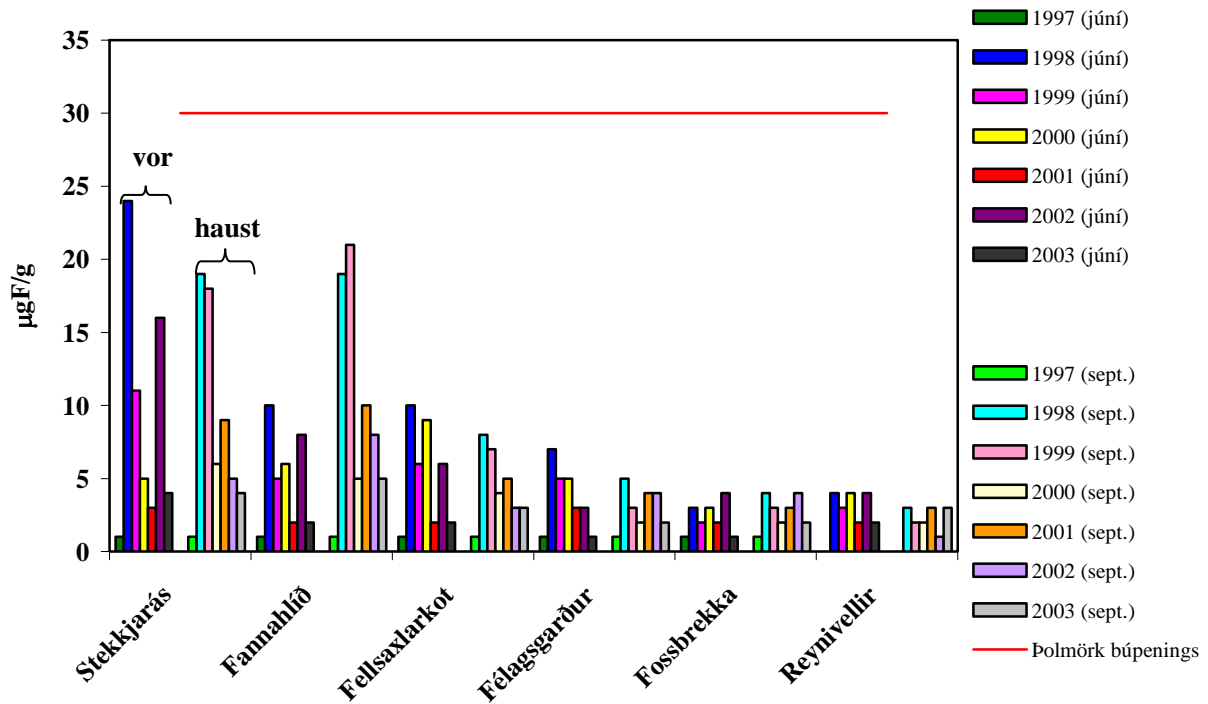
Hæsti styrkur flúors árið 2003 mældist í og á laufi reyniviðs frá Fellsaxlarkoti að hausti, eða 12  $\mu\text{g/g}$ , og næsthæsti í laufi birkis frá Stekkjarási að hausti eða 11  $\mu\text{g/g}$ . Styrkur flúors í laufi og grasi mældist yfirleitt meiri að hausti en að vori á vöktunarstöðvunum.

Árið 2003 jókst munurinn á styrk flúors í eins árs og tveggja ára barri frá Stekkjarási (staðsetning næst iðnaðarsvæðinu) frá árinu á undan. Munurinn á eins og tveggja ára barri var svipaður frá öðrum vöktunarstöðvum og árið 2001. Þetta gefur til kynna að flúor hafi safnast í barrnálar á öllu vöktunarsvæðinu jafnt og þétt yfir sumarið og að styrkur flúors í lofti á vöktunarsvæðinu hafi verið stöðugur á þeim tíma.

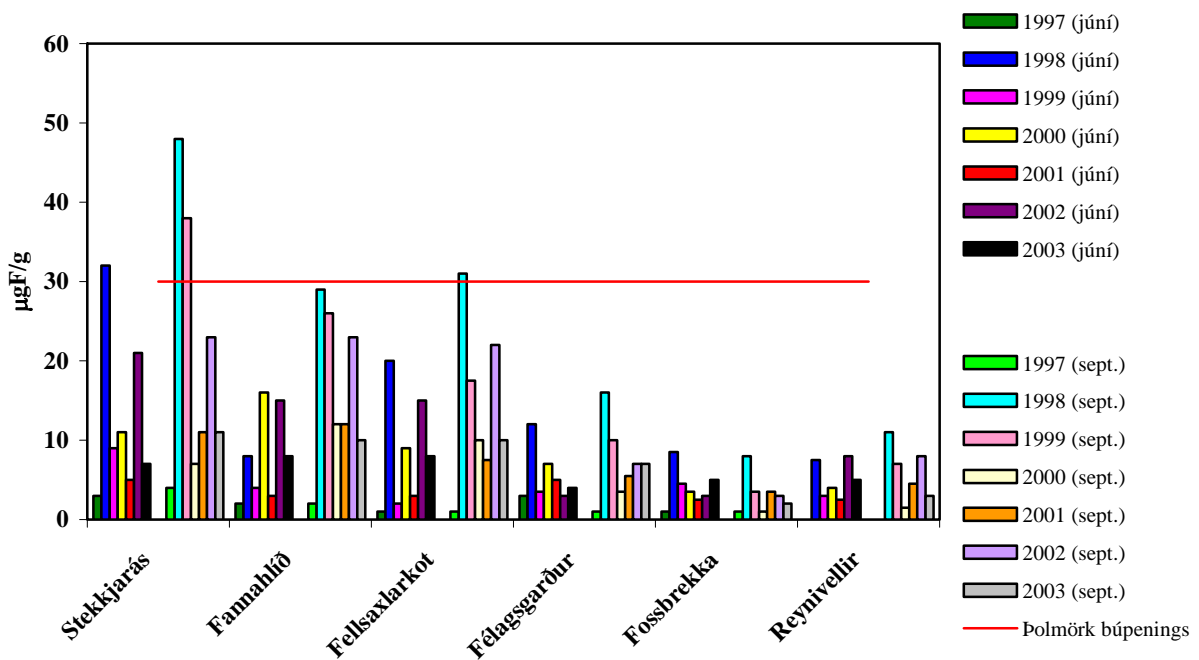
<sup>5</sup> Friðrik Pálmason, 1999.

<sup>6</sup> Ongstad o.fl., 1994.

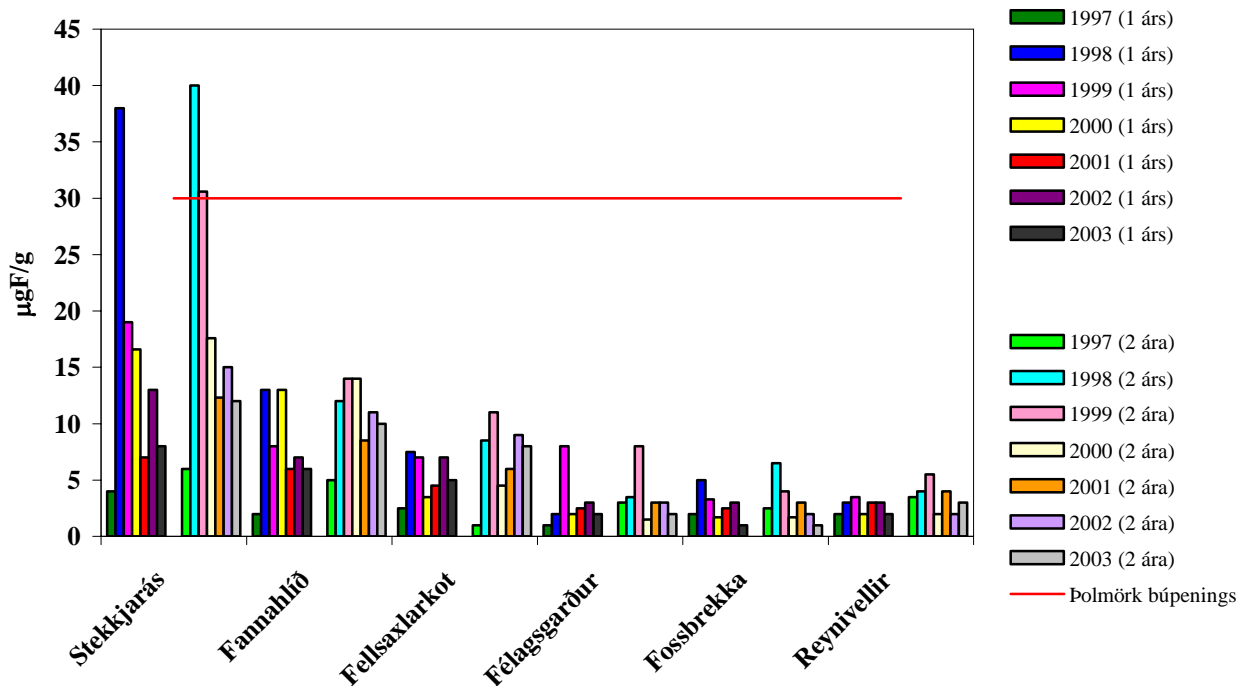
<sup>7</sup> Hörður Þormar, 2003.



Mynd 4.2 Meðaltal flúors í og á grasi vor og haust árin 1997-2003.



Mynd 4.3 Meðaltal flúors í og á laufi af birki og reyni vor og haust árin 1997-2003.



Mynd 4.4 Meðaltal flúors í og á eins og tveggja ára barri af greni og furu árin 1997-2003.

### 4.3 MAT Á ÞEKJU MOSA OG FLÉTTA Í REITUM

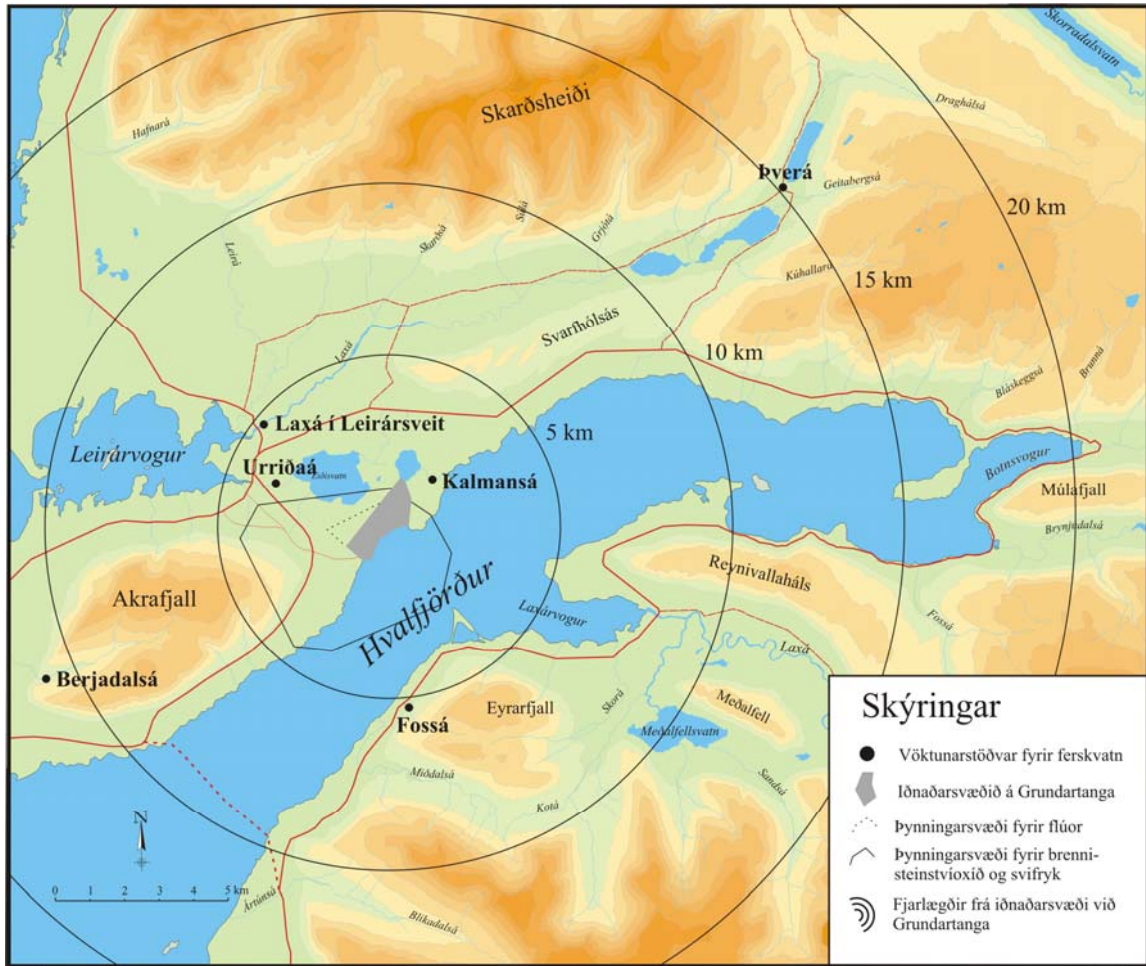
Mosar og fléttur er einn viðkvæmasti gróðurinn gagnvart flúor og brennisteini í lofti því hann tekur alla næringu úr lofti, er mjög hægvoxta og sígrænn (getur ekki losað sig við óæskileg efni). Mengunarefni safnast því smám saman í hann. Í Hvalfirði eru mosar og fléttur á klöppum notaðir sem vísitæki fyrir loftmengun. Vöktun hefur farið fram á fléttum og mosum í 52 reitum á klöppum í Hvalfirði frá árinu 1975. Árið 1999 var 10 reitum bætt við með stefnu frá Grundartanga á Akrafjall. Árið 2000 voru svo fimm reitir (5x5 m) merktir í mólendi (**mynd 4.1**) og verða þeir vaktar næst árið 2006. Margir af reitunum eru innan þynningarsvæðis fyrir brennistein í lofti.

Árið 2003 voru teknar ljósmyndir af 62 reitum á klöppum og út frá þeim metið hvort orðið hafi breyting á þekju og fjölbreytileika mosa og flétta<sup>8</sup>. Einnig fóru fram mælingar á styrk flúors og brennisteins í sýnum af þremur tegundum flétta sem tekin voru frá Stekkjarási og við horn Akrafjalls (við stöð 18) og á samanburðarstað í Grábrókarhrauni við Hreðavatn og á Vattarnesi við Reyðarfjörð.

Samanburður á mosum og fléttum innan reita árið 2003 við sömu reiti árin 1999 og 2000 sýna óbreytt ástand mosa eða flétta þessi ár að undanskildum reit 33 við Stekkjarás. Í þeim reit hvarf klettastrý nánast alveg árið 1997 og skildi eftir sig auða bletti. Árin 1999 og 2000 sáust litlar breytingar í reitnum, en árið 2003 höfðu hrúðurfléttur og snepaskóf hins vegar breitt úr sér og vaxið í auðu blettina. Mælingar á flúor og brennisteini í fléttum sýna svipaða niðurstöðu og árið 1999. Þannig mældist styrkur flúors enn mjög hár í fléttum á Stekkjarási, einkum í klettastrýi og snepaskóf, þótt þess sjáist ekki merki á mosum og fléttum í reitum í nágrenninu.

<sup>8</sup> Hörður Kristinsson, 2004.

## 5 FERSKVATN



Mynd 5.1 Vöktunarstaðir fyrir ferskvatn í Hvalfirði.

### 5.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 5.1 eru vöktunarstaðir fyrir ár í Hvalfirði. Árið 2003 sást mjög litlar breytingar á efna- og eðlisþáttum í ám miðað við árið á undan og frá árinu 1997. Styrkur flúors hefur þó farið lækkandi frá árinu 2000 á meðan styrkur brennisteins hefur farið hækkandi. Frá upphafi vöktunar hefur styrkur flúors, brennisteins og klórs aldrei farið yfir leyfilegan hámarksstyrk samkvæmt reglugerð um neysluvatn. Árið 2003 var styrkur efna sem fyrr hæstur og breytilegastur í Kalmansá og Urriðaá. Ástæðan er uppspretta ána, sem er aðallega yfirborðsvatn við Hólmsvatn og Eiðisvatn. Mælingarnar sýna að  $\text{SO}_2$  frá iðjuverunum á Grundartanga fellur ekki sem súrt regn (brennisteinssýra) á vöktunarsvæðinu. Mikill breytileiki í styrk brennisteins í ferskvatni er að stórum hluta rakinn til ákomu seltu af hafi.

## 5.2 NIÐURSTÖÐUR EINSTAKRA MÆLIÞÁTTA

### 5.2.1 LEIÐNI

Leiðnimælingar gefa vísbendingu um heildarstyrk hlaðinna efna og efnasambanda í vatnslausn. Á mynd 5.2 er leiðni á á vöktunarsvæðinu árin 2003 og 1997. Niðurstöður leiðnimælinga voru mjög áþekkar þessi ár og mjög litlar breytingar mældust milli árana 2002 og 2003. Kalmansá og Urriðaá hafa sem fyrr mun hærra og breytilegri leiðni en hinar árnar, 180-240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (um 70-80  $\mu\text{S}/\text{cm}$  í hinum ánum). Ástæðan er helst rakin til nálægðar sýnatökustaða í ánum við sjó svo að áhrifa frá stórstraumsfjöru gætir<sup>9</sup>.

### 5.2.2 SÝRUSTIG

Á mynd 5.3 er sýrustig í ám árin 2003 og 1997. Niðurstöðurnar benda til þess að um náttúrulegt sýrustig ána sé að ræða. Sýrustigið var að meðaltali það sama árið 2003 og árið á undan en breytileiki var þó heldur minni. Árið 2003 mældist lægsta sýrustigið í Kalmansá þann 8. október (pH 7,22) og hæst í sömu á þann 24. júní (pH 8,03). Berjadalsá hafði sem fyrr jafnasta sýrustigið eða pH 7,55±0,10.

Sýrustigsmælingar segja til um það hvort steintegundir í bergi og jarðvegi leysist upp í vatni. Ef sýrustig vatns fer niður fyrir pH 5,5 er hætta á að magn uppleystra efna, s.s. þungmálma og áls, aukist og geti verið skaðlegt lífverum<sup>10</sup>. Sýrustig ána á vöktunarsvæðinu hefur frá upphafi mælinga verið mun hærra (mynd 5.3) eða innan marka sem sett eru um sýrustig neysluvatns samkvæmt reglugerð nr. 319/1995 (pH 6,5-9,5). Sýrustig hreinnar úrkomu er um það bil pH 5,7.

### 5.2.3 BRENNISTEINN

Á mynd 5.4 er styrkur súlfats ( $\text{SO}_4$ ) í ám árin 2003 og 1997. Tíðarfar getur haft talsverð áhrif á niðurstöður efnamælinga í ferskvatni, einkum ákoma seltu af hafi.

Árið 2003 höfðu Kalmansá og Urriðaá sem fyrr hærra meðaltal brennisteins, 2,2-2,3 mg/l (súlfat: 6,6-6,9 mg/l), en hinar árnar, 0,63-0,77 mg/l (súlfat: 1,89-2,31 mg/l). Brennisteinn í ánum hefur farið hækkandi frá árinu 2000. Þá var ársmeðaltal brennisteins allra ána 1,15 mg/l, en 1,30 mg/l árið 2003.

Hæsti styrkur súlfats árið 2003 (Urriðaá 4. nóv.: 10,77 mg/l) er langt innan viðmiðunarmarka fyrir leyfilegan hámarksstyrk (200 mg/l) samkvæmt reglugerð um neysluvatn. Einnig sýna niðurstöðurnar að  $\text{SO}_2$  frá iðnaðarsvæðinu fellur ekki sem súrt regn á vöktunarsvæðinu.

### 5.2.4 FLÚÖR

Á mynd 5.5 er styrkur flúors í ám árin 2003 og 1997. Frá upphafi mælinga hafa engar marktækar breytingar orðið á styrk flúors. Ársmeðaltal flúors í ánum hefur farið

<sup>9</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.

<sup>10</sup> Sigurður R. Gíslason o.fl., 1998 og 1999.

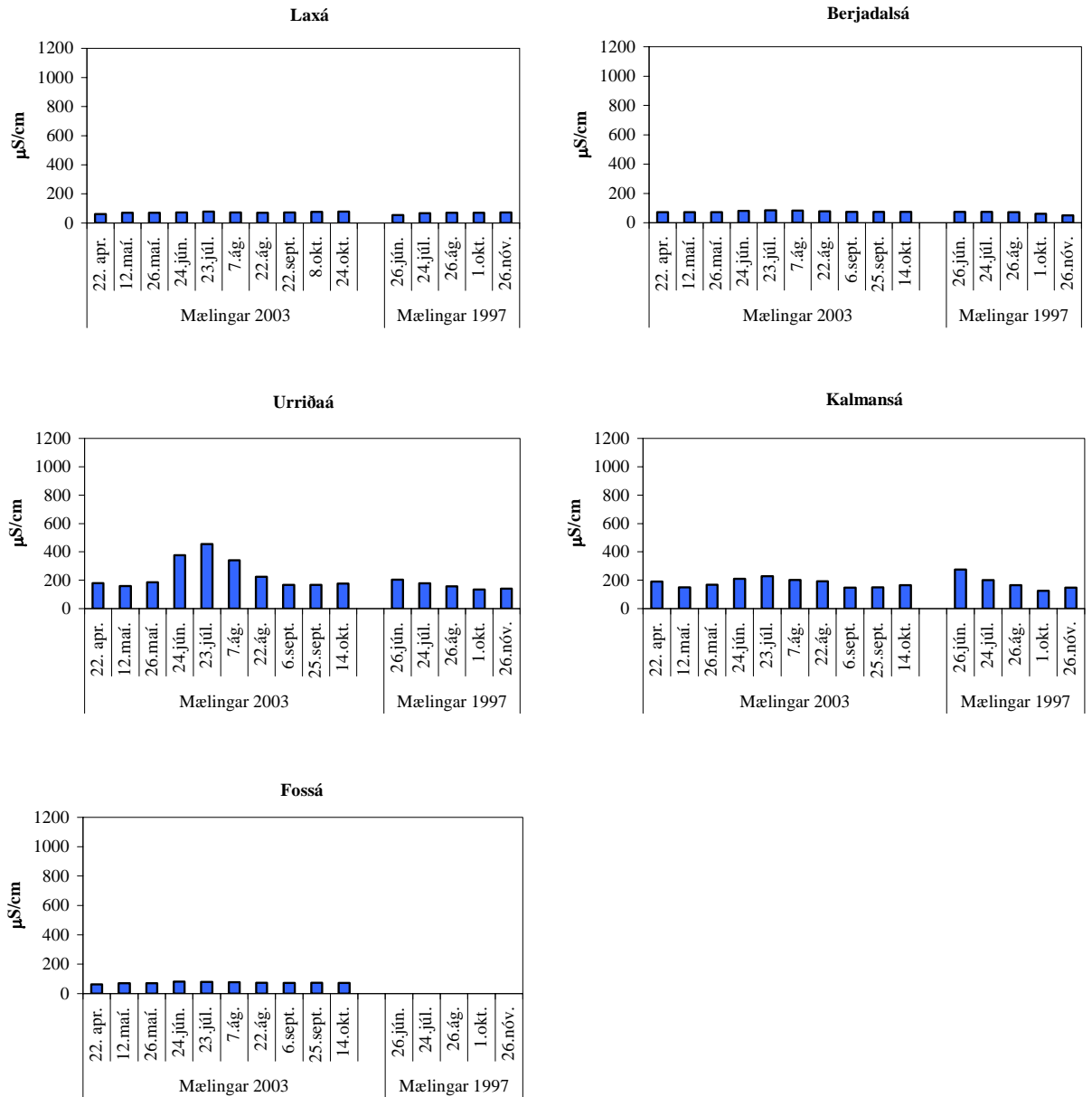
lækkandi frá árinu 2000 (62  $\mu\text{g/l}$  árið 2000 en 52  $\mu\text{g/l}$  árið 2003) og er því svipað og árið 1997. Mestur styrkur flúors árið 2003 mældist sem fyrr í Kalmansá og Urriðaá, eða á bilinu 74-82  $\mu\text{g/l}$  (31-38  $\mu\text{g/l}$  í hinum ánum). Kalmansá og Urriðaá höfðu einnig hæstan styrk flúors fyrir tíma Norðuráls sem skýrist af uppruna Hólmavatns og Eiðisvatns í mýrlendi. Samkvæmt reglugerð nr. 319/1995 á styrkur flúors í neysluvatni að vera innan við 1,5 mg/l við 8-12°C.

### 5.2.5 KLÓR

Á mynd 5.6 er styrkur klórs í ám árin 2003 og 1997. Klórmagn er alls staðar langt innan viðmiðunargilda fyrir neysluvatn (200 mg/l). Sem fyrr skera Kalmansá og Urriðaá sig úr með herra meðaltal klórstyrks, 23-45 mg/l, en hinar árnar, 8-10 mg/l. Ársmeðaltal klórs í Kalmansá og Urriðaá var herra árið 2003 en árið á undan og er ástæðan talin náttúrulegar sveiflur<sup>11</sup>. Magn klórs í ám og vötnum endurspeglar fyrst og fremst hve mikið af sjó ýrist upp í Hvalfirði. Mælingar á klór sýna því að uppruni brennisteins í úrkomu og straumvatni sé úr sjó.

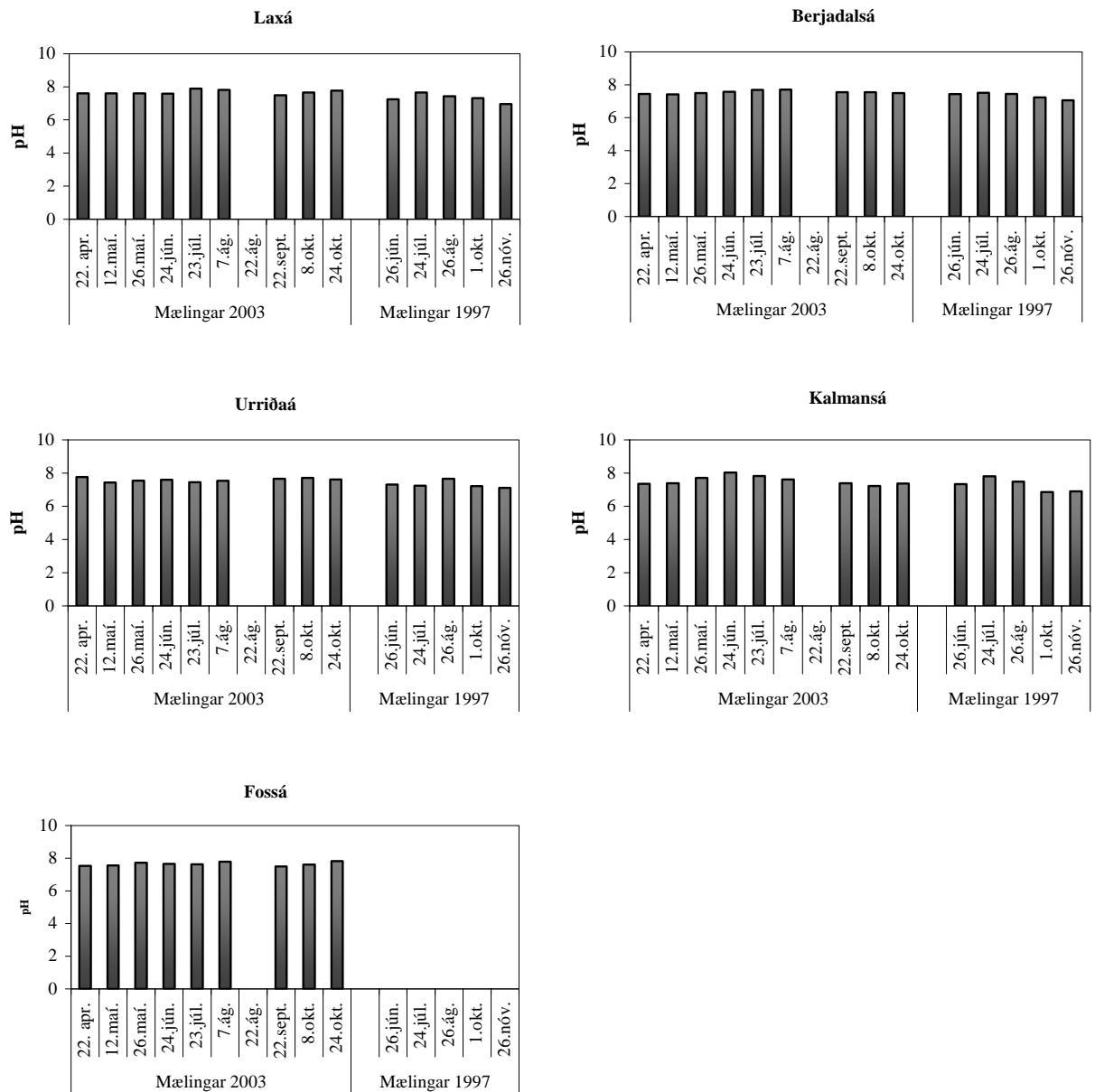
---

<sup>11</sup> Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004.

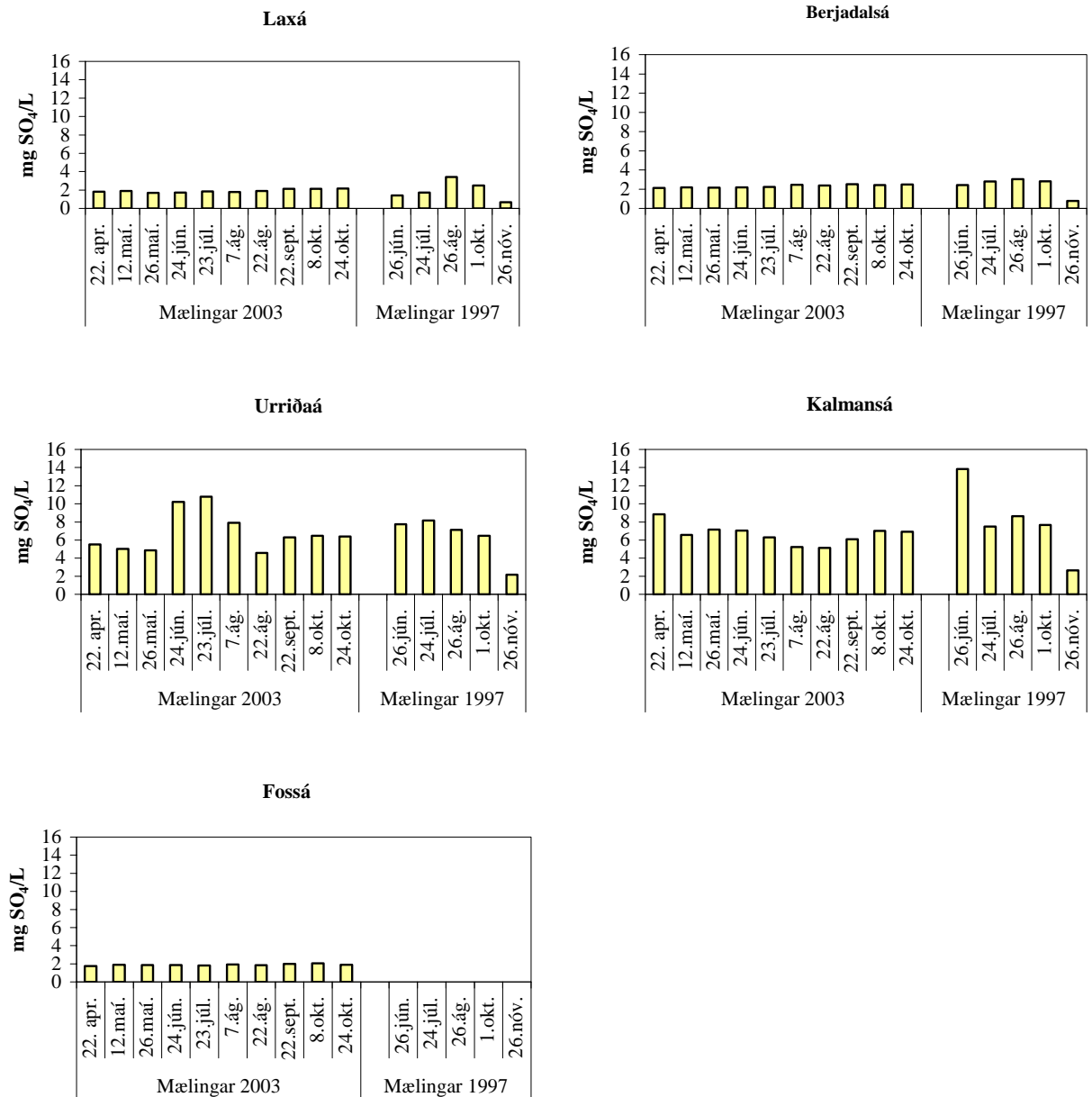


**Mynd 5.2** Niðurstöður leiðnimælinga í ám árin 2003 og 1997. Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin, auk þess sem leiðnimælingar fóru ekki fram í Fossá árið 1997.

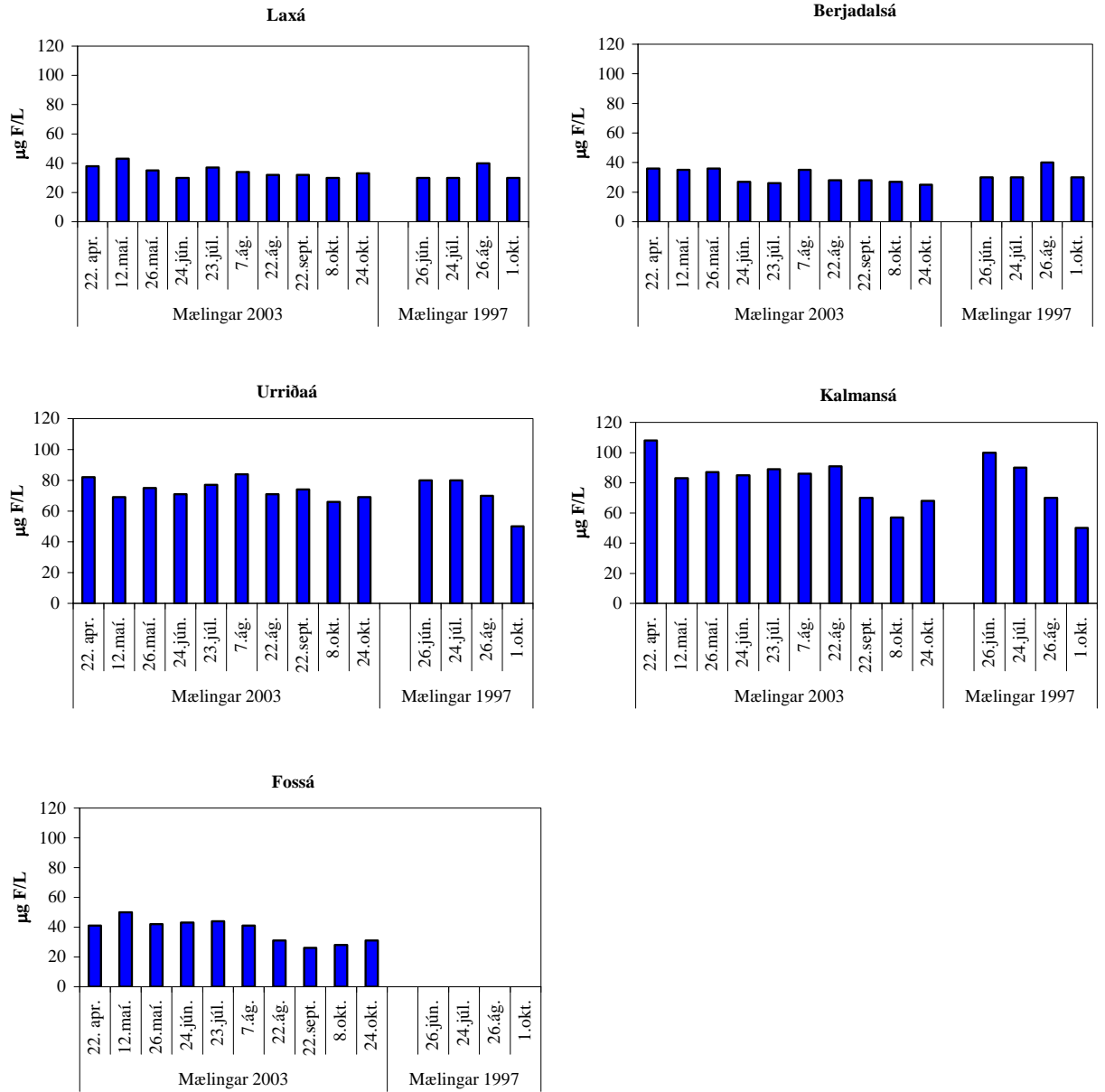




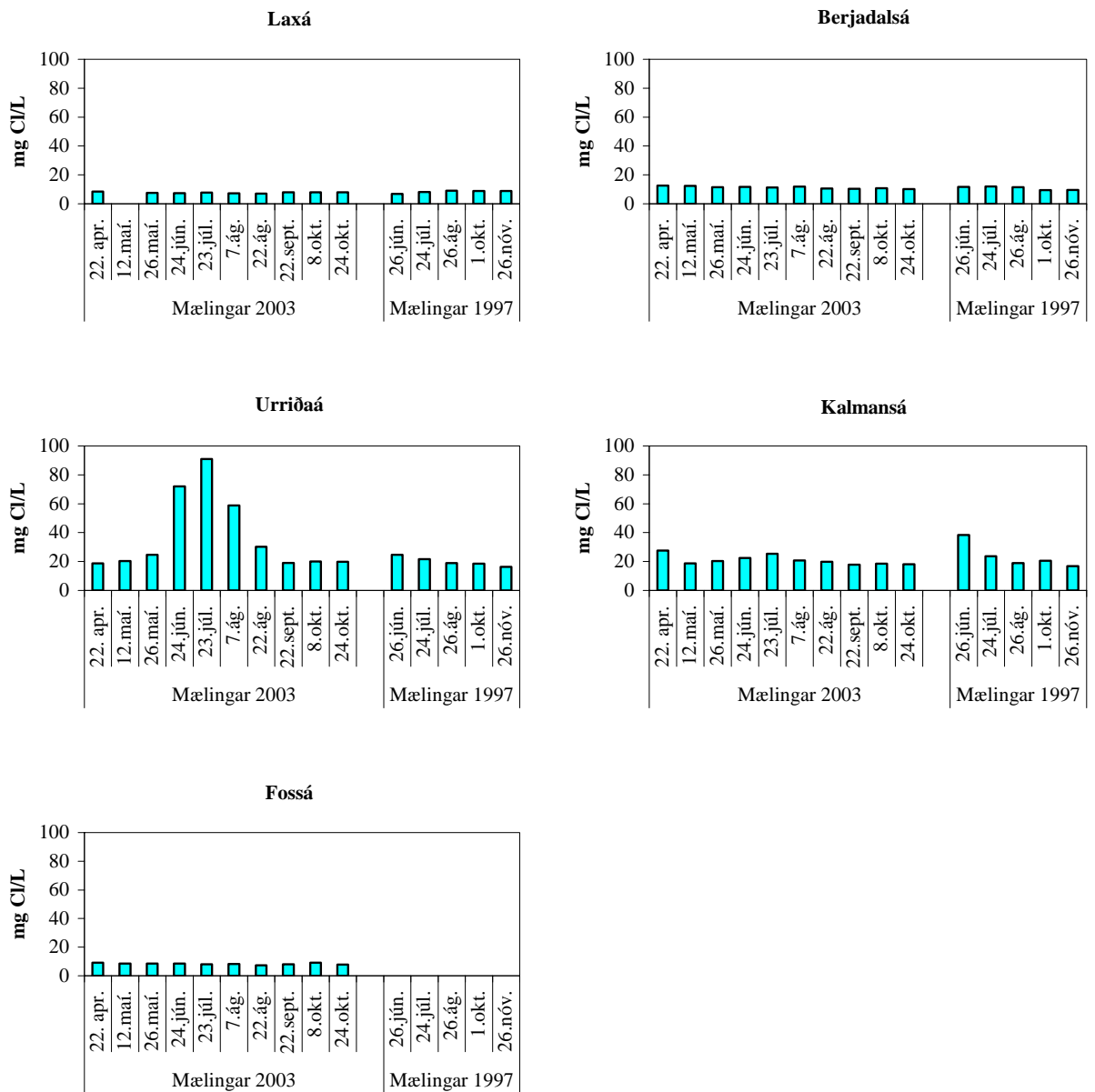
**Mynd 5.3** Niðurstöður mælinga á sýrustigi í ám árin 2003 og 1997. Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin, auk þess sem sýrustigsmælingar fóru ekki fram í Fossá árið 1997.



**Mynd 5.4** Niðurstöður mælinga á sulfati í ám árin 2003 og 1997. Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin, auk þess sem sulfatmælingar fóru ekki fram í Fossá árið 1997.



**Mynd 5.5** Niðurstöður mælinga á flúor í ám árin 2003 og 1997. Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin, auk þess sem flúormælingar fóru ekki fram í Fossá árið 1997.



**Mynd 5.6** Niðurstöður mælinga á klór í ám árin 2003 og 1997. Vöktunartímabilið var ekki það sama bæði árin, auk þess sem klórmælingar fóru ekki fram í Fossá árið 1997.

## 6 SAUÐFÉ



Mynd 6.1 Vöktunarstaðir fyrir sauðfé í Hvalfirði.

### 6.1 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Á mynd 6.1 eru vöktunarstaðir fyrir sauðfé í Hvalfirði. Árið 2003 gaf vöktun á sauðfé ekki til kynna flúorskemmdir á tönnum og kjálkum. Mun lægri styrkur flúors mældist í lömbum á vöktunarsvæðinu en haustið 2002, einkum frá bæjum norðan fjarðar. Þetta sýnir að lömbin endurspeгла fljótt og vel styrk flúors í umhverfinu og að um raunverulega lækun hafi verið að ræða, í það minnsta frá sauðburði fram á haust. Meðalstyrkur flúor var hærri í höfuðbeinum fullvaxta fjár haustið 2003 en 2002 að undanskildu fé frá Skipanesi og Katanesi. Í fullvaxta fé má búast við að á meðan flúor er í umhverfinu haldi hann áfram að safnast ofan á það magn sem fyrir er í tönnum og beinum en með tímanum geti hægt á uppsöfnuninni. Styrkur flúors var yfirleitt innan skaðsemismarka.

## 6.2 ÁSTAND TANNA OG STYRKUR FLÚORS

Haustið 2003 gekk mun betur að fá hausa af sláturfé frá vöktunarbæjunum en árin á undan. Þrír bæir, Ferstikla, Litli Lambhagi og Leirá, hættu þátttöku í vöktuninni. Aðrir þrír bæjir komu inn í staðinn, eða Hrafnabjörg sem er nokkru austan við Ferstiklu, Eystri Leirárgarðar sem er vestan við Leirá og Gröf II sem er suðvestan við iðnaðarsvæðið. Einnig var beðið um helmingi fleiri hausa en áður frá hverjum bæ eða fjóra af lömbum og fjóra af fullvaxta fé. Nokkru fleiri hausar bárust frá hluta bæjanna, en eingöngu þrír frá Grjóteyri. Alls skoðaði dýralæknir tennur og kjálka 63 lamba og 45 fullvaxta fjár, ásamt því að mæla styrk flúors í höfuðbeinum.

Tennur og kjálkar allra dýranna voru eðlileg og ekki sáust merki um áreiti af völdum flúors<sup>12</sup>. Niðurstöður flúormælinga í höfuðbeinum<sup>13</sup> eru teknar saman á myndum 6.2-6.4 (lömb) og 6.5-6.7 (fullvaxta fé). Til samanburðar eru sýndar mælingar fyrri ára.

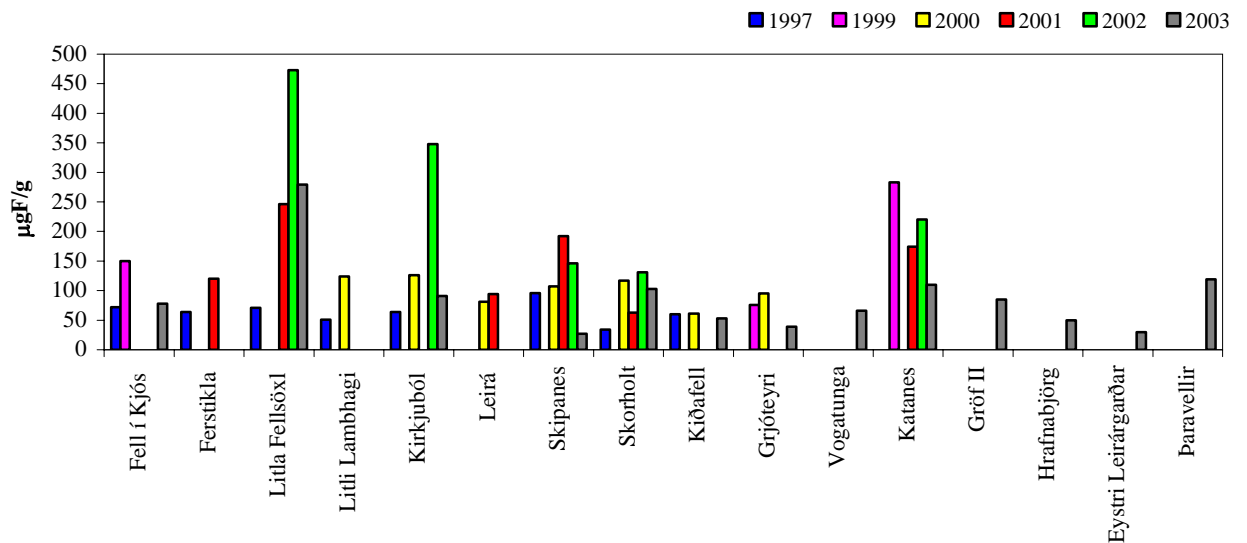
Á myndum 6.3 og 6.6 er tekinn saman meðalstyrkur flúors í höfuðbeinum lamba og fullvaxta fjár frá öllum vöktunarbæjum, báðum megin fjarðar. Á myndum 6.4 og 6.7 er borinn saman meðalstyrkur flúors í höfuðbeinum lamba og fullvaxta fjár frá öllum bæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar.

Á ofangreindum myndum sést að haustið 2003 mældist mun lægri styrkur flúors í lömbum á vöktunarsvæðinu en haustið 2002, bæði frá bæjum norðan og sunnan fjarðar (lambshausar bárust síðast frá bæjum sunnan fjarðar haustið 2001). Lækkunin er þó mun meiri norðan megin. Meðaltal flúors á bæjunum norðan fjarðar var 91 µg/g haustið 2003 en 254 µg/g haustið 2002 sem er 64% lækkun á milli ára. Ef borið er saman meðaltal þeirra bæja sem tóku þátt í vöktun sauðfjár bæði árin (Kirkjuból, Katanes, Litla Fellsöxl og Skipanes) kemur í ljós að það var 124 µg/g haustið 2003 en 289 µg/g haustið 2002 sem er 57% lækkun. Þetta sýnir að lömbin endurspeгла fljótt og vel styrk flúors í umhverfinu og að um raunverulega lækkun hafi verið að ræða, í það minnsta frá sauðburði fram á haust. Mælingar á styrk flúors í lofti og grasi á vöktunarsvæðinu staðfesta þetta (kaflar 3 og 4). Við slíkan samanburð verður þó að hafa í huga að mun færri hausar bárust frá vöktunarbæjunum áður eða fram til haustsins 2003.

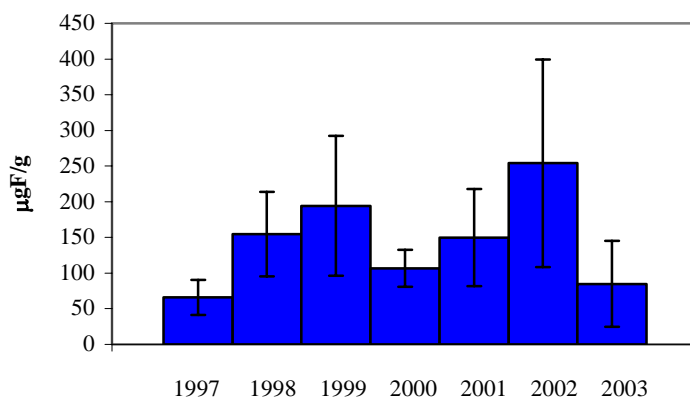
Mælingar á styrk flúors í höfuðbeinum fullvaxta fjár endurspeгла ástand lofts og beitargróðurs ekki eins fljótt og vel og lömbin. Búast má við að í fullvaxta fé haldi flúor áfram að safnast ofan á það magn sem fyrir er í tönnum og beinum en með tímanum hægi þó á uppsöfnuninni ef styrkur flúors í lofti á vöktunarsvæðinu eykst ekki á nýjan leik. Þannig mældist meðaltal flúors í fullvaxta fé hærra en haustið 2002 í fé frá flestum bæjum, það er frá Litlu Fellsöxl, Skorholti og Kirkjubóli, norðan fjarðar, og frá Felli, sunnan fjarðar. Á Skipanesi og Katanesi var meðaltal flúors hins vegar lægra en haustið 2002. Á Skipanesi var meðaltalið svipað og haustið 2000 og sú aukning sem kom fram á styrknum haustið 2002 er ekki lengur mælanleg.

<sup>12</sup> F. h. Sigurðar Sigurðarsonar dýralæknis: Kristín Björg Guðmundsdóttir, dýralæknir, 2004.

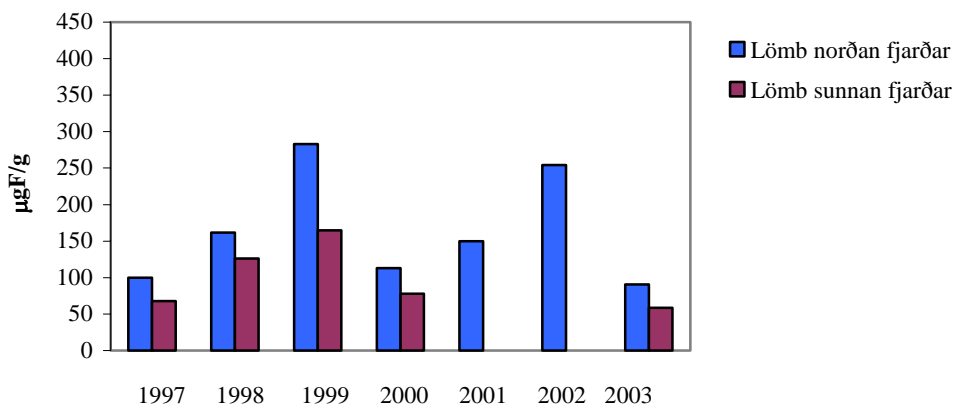
<sup>13</sup> Hörður Þormar, 2004.



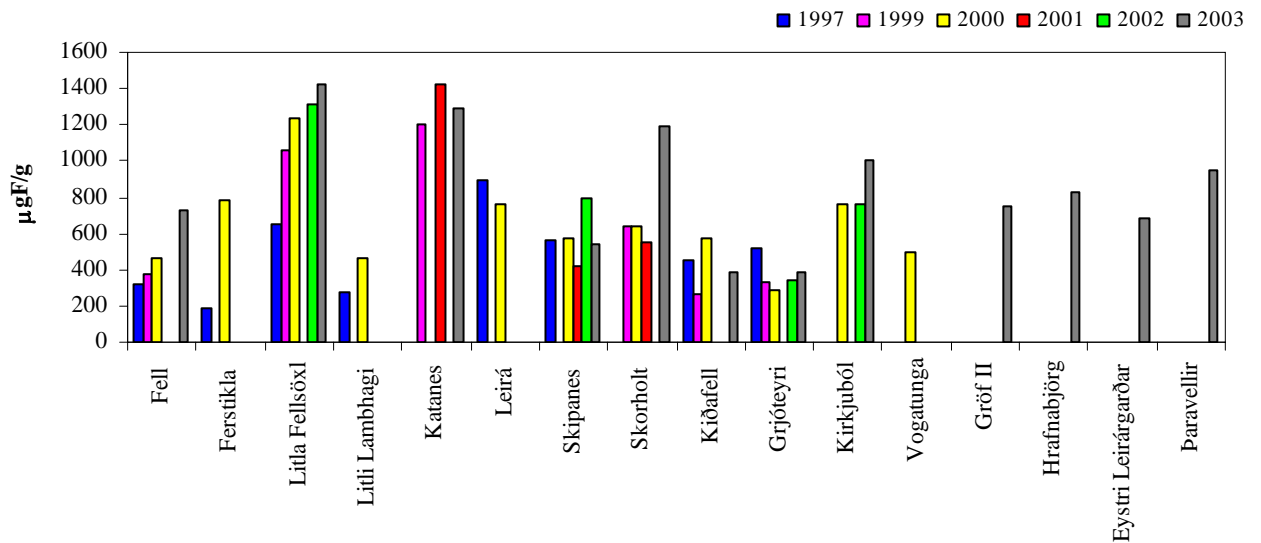
Mynd 6.2 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum lamba árin 1997 og 1999-2003.



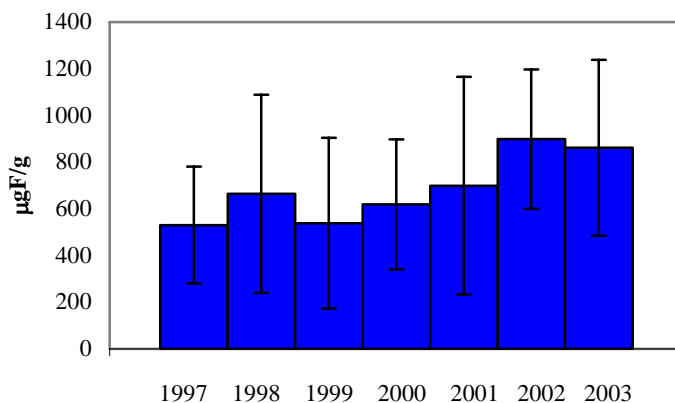
Mynd 6.3 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum lamba frá vöktunarbæjum í Hvalfirði, bæði norðan og sunnan fjarðar, árin 1997-2003.



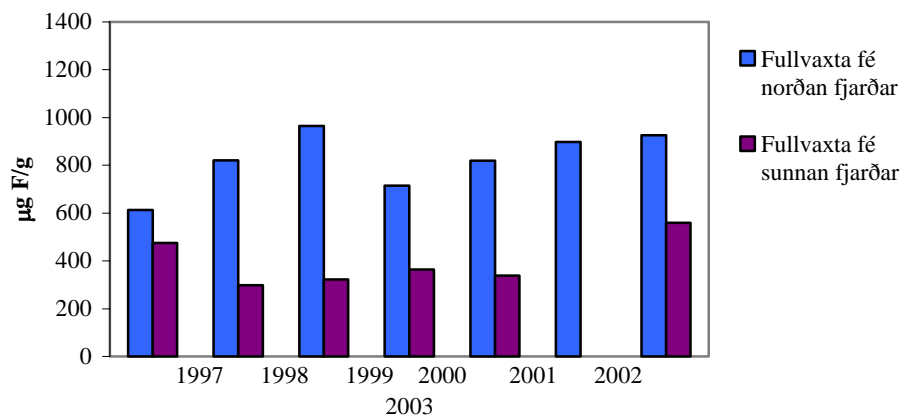
Mynd 6.4 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum lamba frá vöktunarbæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar árin 1997-2003.



Mynd 6.5 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum fullvaxta fjár árin 1997 og 1999-2003.



Mynd 6.6 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum fullvaxta fjár frá vöktunarbæjum í Hvalfirði, bæði norðan og sunnan fjarðar, árin 1997-2003.



Mynd 6.7 Meðaltöl flúors í höfuðbeinum fullvaxta fjár frá vöktunarbæjum norðan fjarðar annars vegar og sunnan fjarðar hins vegar árin 1997-2003.



Ef borin eru saman þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fæðu (**tafla 6.1**<sup>14</sup>) og niðurstöður flúormælinga í gróðri (**kafli 4**) er ljóst að frá því mælingar hófust innan vöktunarsvæðisins í Hvalfirði hefur styrkur flúors í grasi aldrei farið yfir 30 µg/g þolmörkin.

Niðurstöður rannsóknar á íslensku sauðfé<sup>15</sup> gáfu til kynna að búast megi við tannskemmdum af völdum flúors ef styrkur hans í blóði er á bilinu 2000-4000 µg/g. Rannsóknir á áhrifum uppsöfnunar flúors í beinum ungra dádýra hafa sýnt svipaðar niðurstöður (**töflu 6.2**<sup>14</sup>). Haustið 2003 var styrkur flúors í höfuðbeinum sauðfjár frá vöktunarbæjunum undir 2000 µg/g að undanskilinni einni fullvaxta kind frá Litlu Fellsöxl. Í henni mældust 2266 µg/g af flúor. Við skoðun dýralæknir sáust þó ekki merki um tannskemmdir. Sauðfé frá þessum bæ er haft á beit í austurhlíðum Akrafjalls og er augljóst af niðurstöðum flúormælinganna að hin ríkjandi austanátt ber þangað flúor ríkan útblástur frá álverinu.

**Tafla 6.1** Þolmörk grasbíta gagnvart flúor í fæðu.

Dýrategund	Þolmörk flúors í fæðu [µg/g í þurrefni]
Kálfar	40
Mjólkurkýr	≤30
Sauðfé og geitur	30-50

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

Uppsafnað flúor [µg/g]	Áhrif
<1000	Engin
1000-2000	Hætta á tannskemmdum.
>2000	Veldur tannskemmdum (þriðja stigs eða hærra).

<sup>14</sup> Ongstad, L. o.fl., 1994.

<sup>15</sup> Jakob Kristinsson o.fl., 1991.

## 7 HEIMILDIR

- Friðrik Pálmason, 1999. *Rannsóknir á efnamagni í jarðvegi, gróðri og heyjum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga*. Áfangaskýrsla 1999. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.
- Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 1999. *Umhverfissvöktun á Grundartanga og í Hvalfirði. September 1998 – ágúst 1999*. Iðntæknistofnun.
- Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004. *Umhverfissvöktun á Grundartanga og í Hvalfirði. Síðari hluti apríl – fyrri hluti október 2003*. Iðntæknistofnun.
- Hermann Þórðarson og Hörður Þormar, 2004. *Umhverfissvöktun í Hvalfirði, ferskvatnsmælingar*. Iðntæknistofnun.
- Hörður Kristinsson, 2004. *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði*. Framvinduskýrsla fyrir árið 2004. Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hörður Þormar, 2003. *Flúor í gróðri við Hvalfjörð 2003*. Tölvupóstur með niðurstöðum mælinga til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., 19. desember 2003.
- Hörður Þormar, 2004. *Flúor í kindabeinum*. Tölvupóstur til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., 11. febrúar 2004.
- Jakob Kristinsson, Eggert Gunnarsson, Páll A. Pálsson og Hörður Þormar, 1991. Blood plasma levels of fluoride in Icelandic sheep. *Búvísindi* 5: 81-85.
- Kristín Björg Guðmundsdóttir, 2004. *Athugun á beinum og tönnum úr sauðfé vegna álvers á Grundartanga*. Bréf sent til Jóhönnu B. Weissappel, Hönnun hf., 31. mars 2004.
- Ongstad, L., C. I. Stoll og T. Aasland, 1994. *The Norwegian aluminium industry and the local environment*. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway-Summary report. 96 bls.
- 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.