

Könnun á ólífrænum snefilefnum og aromatískum fjölhringjum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, sumarið 2007



**KÖNNUN Á ÓLÍFRÆNUM SNEFILEFNUM OG
ARÓMATÍSKUM FJÖLHRINGJUM (PAH) Í KRÆKLINGI VIÐ
GRUNDARTANGA, HVALFIRÐI, SUMARIÐ 2007**

ÁGRIP	2
1. INNGANGUR.....	3
2. SÝNASÖFNUN OG MEÐHÖNDLUN BÚRA	6
3. AÐFERÐAFRÆÐI SNEFILEFNAMÆLINGA OG GÆÐAEFTIRLIT.....	7
3.1 Mælingar á PAH.....	7
3.2 Ólífrænir snefilefnapættir.....	9
4. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á LÍFFRÆÐILEGUM STÆRDUM.....	10
4.1 Dauðatíðni	10
4.2 Formfræðilegir þættir kræklings og massar	11
4.2.1 Lengd, hæð og breidd.....	11
4.2.2 Heildarþyngd	14
4.2.3 Skeljamassi	16
4.2.4 Holdmassi.....	18
4.2.5 Ástandsstuðlar kræklingssýna	20
4.3 Meginefnapættir kræklingssýna	22
4.4 Líffræðilegir þættir og meginefnapættir, samantekt.....	22
5. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á ÓLÍFRÆNUM SNEFILEFNAPÁTTUM.....	23
5.1 Flúor	23
5.2 Sink	24
5.3 Kopar.....	25
5.4 Arsen	27
5.5 Kadmín	29
5.6 Króm	31
5.7 Nikkel.....	33
5.9 Blý.....	34
5.10 Kvikasilfur.....	36
5.11 Selen.....	37
5.12 Ál	38
5.13 Járn.....	39
5.14 Vanadín	40
6. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á PAH-EFNUM	41
7. LOKAORÐ OG NIÐURSTAÐA.....	43
8. HEIMILDIR.....	44

VIÐAUKI I LÍFFRÆÐILEGIR ÞÆTTIR SÝNA

VIÐAUKI II NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á ÓLÍFRÆNUM SNEFILEFNUM

VIÐAUKI III NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á PAH-EFNUM

ÁGRIP

Markmið þessa verkefnis var að gera grein fyrir því hvort og þá í hversu miklu mæli lífræn og ólífræn snefilefni væru tekin upp í sjávarlífríki við strönd vegna þeirrar iðnaðarstarfsemi, sem fram fer á Grundartanga. Mengunar í sjávarlífríki getur bæði orðið vart vegna losunar með lofti og vegna beinnar losunar í sjó, t.d. vegna skolunar úr kerbrotagryfjum. Þessi rannsókn er hluti þeirrar vöktunar sem fram fer vegna starfseminnar á Grundartanga en rannsóknir hafa áður farið fram með kræklingi á sjávarlífríki við Grundartanga árin 2000 og 2004. Niðurstöður fyrri rannsókna sýndu að efnamengunar, sem tekin er upp af kræklingi, hafði varla orðið vart frá starfseminni á Grundartanga.

Eins og í fyrri rannsóknum voru sett út búr með einsleitum kræklingi (*Mytilus edulis*) innan við 500 m frá landi á sex stöðvum á svæðinu, bæði á 1 m dýpi og 5 m dýpi miðað við stórstraumsfjöruborð. Kræklingnum var komið fyrir í búrum á viðmiðunarstöð austan við Katanes. Þar var hann í 25 daga eða þar til 09/07/2007 að honum var dreift á stöðvarnar. Hvert búr innihélt 110-120 kræklinga og í upphafi voru þeir á bilinu 36-58 mm. Búrin ásamt sýnum á viðmiðunarstöð voru úti í 77 daga eða þar til 24/09/2007. Til mats á náttúrulegum breytingum með tíma, var tekið viðmiðunarsýni úr kræklingabanka á sama tíma og búr voru sett út.

Kræklingssýni voru skilgreind með tilliti til dánartíðni, lengdar skelja, hæðar, þykktar og heildarþyngdar, þyngdar mjúkvöðva og þyngdar skelja. Þessu til viðbótar voru mældir meginefnaþættirnir þurrefni, aska, salt og fita.

Í mjúkvöðva kræklingssins voru mæld ólífrænu snefilefni F, As, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Hg, Se, Pb, V, Al, og Fe. Í mjúkvæf voru einnig mæld eftirtalin 21 PAH-efni: naftalen, acenaftýlen, acenaften, flúoren, dibenzotíófen, fenantren, antracén, fluoranten, pyren, benzo(a)antracén, benzo(k)fluoranten, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren, perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenzo(a,c+a,h)antracén, benzo(ghi)perylene, benzo (b+j)fluoranten og chrysen, en dibenzo(a,c+a,h)antracén og benzo (b+j)fluoranten eru summa tveggja efna.

Kræklingurinn dafnaði þokkalega á flestum stöðvum. Metið út frá holdarfarsstuðlum er kræklingur á stöðvunum 2007 síðri en á stöðvunum 2004. Þessi munur á einnig við um bankasýnin í lok tilrauna en holdarfar hans var talsvert hærri 2004 en 2007. Kræklingurinn 2000 var hins vegar í betri holdum en kræklingurinn bæði 2004 og 2007, stöðvum og í banka. Dauðatíðni var ávallt undir 4% nema á 1 m dýpi á austustu stöðinni, næst banka, þar sem tíðnin var á bilinu 5-6 %.

Almennt má fullyrða að um lítil áhrif verksmiðjurekstrarins sé að ræða í þeim þáttum sem mældir voru í kræklingi í þessari rannsókn en þessir efnaþættir eru taldir líklegastir til að sjást í umhverfi nálægt verksmiðjurekstri sem þessum. Hér koma ugglaut til hinir miklu straumar og vatnsskipti framan við athafnasvæðið og lítil losun frá verksmiðjurekstrinum. Styrkur ólífrænu snefilefnanna var innan marka þess sem sjá má í ómengaðri íslenskri náttúru en hegðun þeirra er hins vegar háð mjög mörgum umhverfisbreytum. Stöðvar 2 og 6 næst verksmiðjusvæðinu sýndu mælanleg en mjög lítil áhrif á styrk PAH-efna.

Þessar niðurstöður eru í samræmi við fyrri rannsóknir á árunum 2000 og 2004. Ástæða er þó til að vakta reglulega vistkerfi sjávar með viðlíka rannsóknum og hér hefur verið lýst en viðmiðunarsöð þyrfti að flytja fjær líklegu áhrifasvæði verksmiðjurekstrarins, t.d. innar í Hvalfjörð.

1. INNGANGUR

Verkefni þetta var unnið fyrir Norðurál ehf, Hvalfirði, með milligöngu VGK-Hönnunar hf þar sem tengiliður var Jóhanna Björk Wisshappel. Markmið þessa verkefnis var að gera grein fyrir því hvort og þá í hversu miklu mæli lífræn og ólífræn snefilefni væru tekin upp í sjávarlífríki við strönd vegna þeirrar iðnaðarstarfsemi, sem fram fer á Grundartanga. Norðurál hóf starfsemi sína um mitt ár 1998 en Íslenska Járblendifélagið hóf starfsemi árið 1979. Fyrsta kerbrotaflæðigryfja Norðuráls hf var tekin í notkun í janúar 2000 (Elísabet Pálmadóttir, Hönnun hf, munnlegar upplýsingar 2000). Mengunar í sjávarlífríki getur bæði orðið vart vegna losunar með lofti og vegna beinnar losunar í sjó, t.d. vegna skolunar úr kerbrotagryfjum. Þessi rannsókn er hluti þeirrar vöktunar sem fram fer vegna starfseminnar á Grundartanga. Rannsóknir hafa áður farið fram með kræklingi á sjávarlífríki við Grundartanga eða árin 2000 og 2004 (14,15). Niðurstöður þessara fyrri rannsókna sýndu að efnamengunar, sem tekin er upp af kræklingi, hafði ekki orðið vart frá starfseminni á Grundartanga.

Eins og í fyrri rannsóknum voru sett út búr með einsleitum kræklingi (*Mytilus edulis*) innan við 500 m frá landi á sex stöðvum á svæðinu, bæði á 1 m dýpi og 5 m dýpi miðað við stórstraumsfjöruþorð, mynd 1 og mynd 1a. Kræklingurinn á tiltölulega þröngu lengdarbili var fenginn frá Norðurskel, Hrísey, og 15/06/2007 var honum komið fyrir í búrum á viðmiðunarstöð austan við Katanes. Þar var hann í 25 daga eða þar til 09/07/2007 að honum var dreift á stöðvarnar. Hvert búr innihélt 110-120 kræklinga og í upphafi voru þeir á bilinu 36-58 mm. Mynd 1b sýnir stöðvarnar næst verksmiðjusvæðinu og afstöðu til núverandi verksmiðja á Grundartanga.

Stöðvar fyrir krækling voru m.a. valdar á grundvelli strauma á svæðinu. Meðalstraumar í Hvalfirði eru með þeim hætti að þeir koma inn að sunnanverðu og út að norðanverðu þar sem hann gengur frá austri til vesturs framhjá Grundartanga. Hvalfjarðareyrin veldur því hins vegar að þvert yfir fjörðinn gengur straumtungu á Katanesið og Grundartanga úr suðri og þaðan vestur [1]. Sjávarfallastraumar eru með þeim hætti að á aðfallinu fylgja þeir legu strandarinnar við Hvalfjarðareyrina en á útfallinu leitar heildarstraumurinn norður yfir fjörðinn á Grundartanga [1]. Um nokkuð mikla meðalstrauma er að ræða eða á bilinu 6-7 cm/sek sem er áþekkt eiginlegum hafstraum úti á Faxaflóa en tíðast eru straumar á bilinu 5-25 cm/sek og allt upp í 40-50 cm/sek [1]. Vatnsskipti ferskvatns eru ör í Hvalfirði og hafa athuganir sýnt að ferskavatnið endurnýist á 2-3 vikum að jafnaði [2]. Samantekið eru því vatnsskipti mjög mikil framan við verksmiðjustæðið og mestar líkur á að sjá ummerki verksmiðjurekstrarins framan við og vestan við athafnasvæðið.

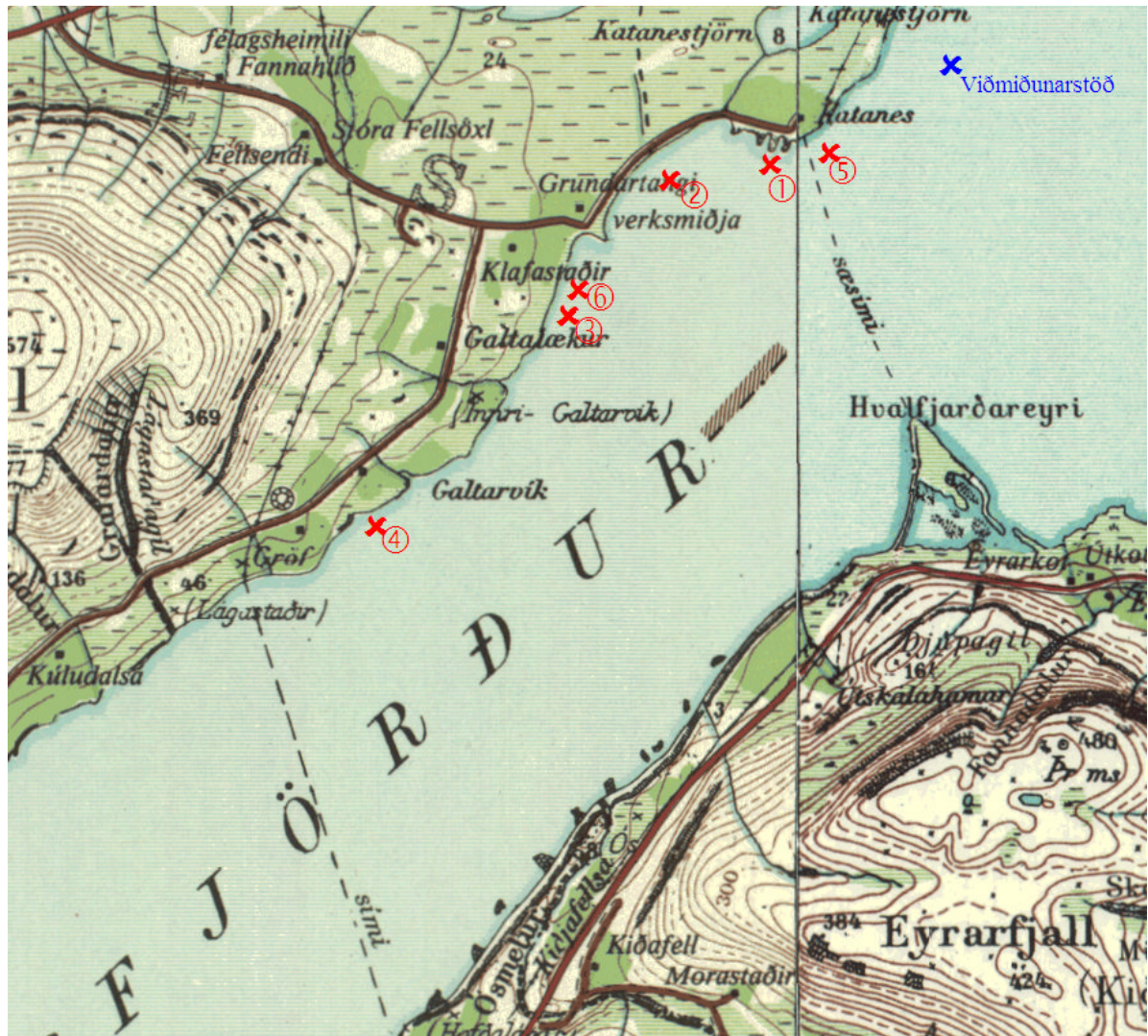
Búrin ásamt sýnum á viðmiðunarstöð voru úti í 77 daga eða þar til 24/09/2007. Til mats á náttúrulegum breytingum með tíma, var tekið viðmiðunarsýni úr kræklingabanka á sama tíma og búr voru sett út.



Mynd 1 Stöðvar kræklings við Grundartanga í Hvalfirði.

Kræklingssýni voru skilgreind með tilliti til dánartíðni, lengdar skelja, hæðar, þykktar og heildarþyngdar, þyngdar mjúkvöðva og þyngdar skelja. Þessu til viðbótar voru mældir meginefnapættirnir þurrefni, aska, salt og fita.

Í mjúkvöðva kræklingsins voru mæld ólífrænu snefilefnin F, As, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Hg, Se, Pb, V, Al, og Fe. Í mjúkvef voru einnig mæld eftirtalin 19 PAH-efni: naftalen, acenaftýlen, acenaften, flúoren, díbenzotíófen, fenantren, antracén, fluoranten, pyren, benzo(a)antracén*, benzo(k)fluoranten*, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren*, perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren*, díbenzo(a,c+a,h)antracén*, benzo(ghi)perýlen, benzo (b+j)fluoranten og chrysen. Athuga þó að díbenzo(a,c+a,h)antracén og benzo (b+j)fluoranten eru summa tveggja efna þ.a. samtals er um að ræða 21 efni. Stjórnumerkta efnin eru talin líkleg til að vera krabbameinsvaldar í fólki skv. IARC 1987 [8,9] og er summa þeirra kölluð CPAH. EPA16, stundum kölluð PAH16, er summa 16 þessara efna: naftalen, acenaftýlen, acenaften, fluoren, fenantren, antracén, fluoranten, pyren, benzo(a)antracén*, benzo(k)fluoranten*, benzo(a)pyren*, indeno(1,2,3-cd)pyren*, díbenzo(a,c+a,h)antracén*, benzo(ghi)perýlen, benzo (b+j)fluoranten og chrysen. M.ö.o. þá er EPA16 öll efnin sem mæld voru utan díbenzotíofen, benzo(e)pyren og perylens. Þetta eru sömu efni og mæld voru í fyrri rannsókn en nú er aðallega efnum með metýlhópa sleppt en þau eru bendiefni á olíu og tjöru. NIVA býður ekki lengur upp á þær mælingar enda EPA16-efnin þau sem mest áhersla er lögð á í dag (umhverfismörk) en meðal þeirra eru 8 CPAH-efnin, sem matvælaeftirlit leitar eftir [24].



Mynd 1a Stöðvar kræklinga.

VGK-Hönnun hf með aðstoð Halldórs Pálmarssonar, Rannsóknastöðinni í Sandgerði, sá um gerð búra og bauja, stofnun kræklingabanka, útsetningu búra og söfnun búra í lok tilraunar. Rannsóknastöðin í Sandgerði í umsjón Guðmundar Víðis Helgasonar og Halldórs P. Halldórssonar sá um vinnslu kræklingssýna fyrir mælingar. Hlutur NMI í þessu verkefni var aðstoð við undirbúning og skilgreiningu sýna fyrir allar mælingar og mælingar á öllum ólífrænum snefilefnum utan Hg, Se og Pb, sem mæld voru á NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning) í Noregi, þar sem tengiliður var Rainer Lichtenthaler. Arómatísk fjölhringa-sambönd voru einnig mæld á NIVA. Úrvinnsla gagnanna og skýrslugerð var í höndum NMI.

Á Nýsköpunarmiðstöð Íslands unnu eftirtaldir starfsmenn við þetta verk: Baldur Þór Vigfússon, Guðmundur Hreinn Sveinsson, Helgi Frímann Magnússon, Malin Sundberg, Nili Ben-Ezra, og Guðjón Atli Auðunsson.



Mynd 1b Stöðvar kræklinga næst verksmiðjussvæðinu.

2. SÝNASÖFNUN OG MEÐHÖNDLUN BÚRA

Miðað er við sömu hönnun rannsóknar og lagt var upp með 2000 (14) að viðbættum tveimur stöðvum, stöðvum 5 og 6 á mynd 1, en þessar stöðvar voru einnig notaðar í rannsókninni 2004. 100-120 einstaklingum af kræklingi var komið fyrir í hverju kræklingsbúri. Þröngt lengdarbil var valið, 36-58 mm, til að minnka líffræðilegan breytileik í samræmi við leiðbeiningar Alþjóðahafrannsóknaráðsins. Þetta er þrengra bil en það var 2004 en þá var kræklingurinn í upphafi á bilinu 24-60 mm. Í fyrstu rannsókninni árið 2000 var kræklingur valinn minni eða 16-34 mm (miðgildi 27 mm) til að tryggja að hlutfallslegur vöxtur yrði sem mestur og þar með uppsöfnun í vöðva. Fyrir það lengdarbil var eðlilegt að miða við 100 einstaklinga í sýni en bæði 2004 og 2007 voru stærri einstaklingar notaðir og því nægjanlegt að notast við 50 einstaklinga. Það var og gert 2004 en vegna misskilnings við sýnaundirbúning að þessu sinni voru 100 einstaklingar notaðir í sýni. Þetta kemur ekki að sök við túlkun niðurstaðna.

Stærri kræklingur eykur hlutfallslega ekki eins mikið við sig vöxt og smærri kræklingur og veikir þannig nokkuð niðurstöðurnar. Stærri kræklingur er ekki eins viðkvæmur fyrir raski og áhrifum umhverfisþátta og mengunar. Þannig verða líffræðilegir mælipættir s.s. dauðatíðni og holdarfarsstuðlar síður til þess fallnir að gefa til kynna ytri áhrif.

Þann 15/06/2007 var banki stofnaður austan við Katanes, mynd 1. Þann 09/07/2007 var kræklingur sóttur í banka og búrum komið fyrir á sex stöðvum við Grundartanga, á 1 og 5m dýpi, mynd 1. Gert er ráð fyrir sömu aðferðafræði við gerð búra og meðhöndlun búra og lýst hefur verið áður (16). Fyrri viðmiðun úr banka var tekin 09/07/2000. Nákvæm hnit stöðvanna eru sýnd í töflu I.

Tafla I Hnit stöðva við Grundartanga

Stöð	Lýsing	N-hnit	V-hnit	Dýpi, m
Stöð 1	Vestan við grynningar frá Katanesi	64°21,631'	21°45,377'	13,7
Stöð 2	≈200 m austan við bryggjukant	64°21,551'	21°46,350'	10,3
Stöð 3	≈650 m vestan grjótagarðs við kerbrotagryfju	64°20,959'	21°47,259'	12,8
Stöð 4	≈3 km vestan við verksmiðjúsæði	64°20,039'	21°49,043'	12,8
Stöð 5	≈450 m austan við stöð 1	64°21,690'	21°44,842'	14,4
Stöð 6	≈400 m vestan við grjótagarð kerbrotagryfju	64°21,072'	21°47,188'	11,0
Banki	Rúmlega 1 km austan við Katanes	64°22,083'	21°43,682'	19,8-21,9

Búr voru sótt að Grundartanga þann 24/09/2007 ásamt viðmiðunarsýni úr Hvalfjarðar-bankanum. Samtals voru búr því á stöðvum sínum í 77 daga eða 10 dögum lengur en 2004 en þá var kræklingur á stöðvum sínum frá 09/07/2004 til 14/09/2004. Sýnunum var komið fyrir í frysti við -25°C fram að undirbúningi sýna fyrir mælingar.

3. AÐFERÐAFRÆÐI SNEFILEFNAMÆLINGA OG GÆÐAEFTIRLIT

3.1 Mælingar á PAH.

Þessar mælingar fóru fram á NIVA en sú stofnun hefur tekið þátt í QUASIMEME með aðferðafræði sína (lokagreining með GC/MS) með góðum árangri. Samfara mælingum á kræklingasýnum er mælt í viðmiðunarefni (kræklingi) frá NIST og er árangur síðustu mælinga NIVA á þessu viðmiðunarefni (SRM 2977) sýndur í töflu II.

Samfara mælingum á kræklingi í þessu verkefni voru PAH-efni einnig mæld í heimastaðli, kræklingi frá Akershuskaia, og eru niðurstöður þeirrar mælingar að finna í töflu III.

Af töflu II og töflu III má sjá að mælingar á kræklingi þessa verkefnis eru af mjög ásættanlegum gæðum.

Tafla II Niðurstöður NIVA á viðmiðunarefni 2977 frá NIST (kræklingur), ng/g þurrvigt.

PAH-þáttur	Vottað gildi	Meðaltal í eftirlitskortí	Staðalfrávik eftirlitskorts, %	Mæling þann 13.3.2008
Naftalen	19±5	16,3	63	18
Acenaftýlen		2,9	40,5	2,1
Acenaften	4,2±0,4	2,7	37,6	3,9
Fluoren	10,24±0,43	8,7	19,8	8,8
Dibenzotiofen				
Fenantren	35,1±3,8	38	7,6	44
Antracén	8±4	4,9	26,1	4,4
Fluoranten	38,7±1,0	37	13,4	31
Pyren	78,9±3,5	76	17,8	68
Benz(a)antracén	20,34±0,78	21	13,3	16
Chrysen	49±2	47	8,2	45
Benzo(b+j*)fluoranten	15,61±0,48	18	12	14
Benzo(k)fluoranten	4±1	6,3	17,4	8,8
Benzo(e)pyren	13,1±1,1	17	10,3	16
Benzo(a)pyren	8,35±0,72	6,1	20,6	3,3
Perylen	3,5±0,76	2,9	18,4	2,5
Indeno(1,2,3cd)pyren	4,84±0,81	4,3	18,9	3
Dibenz(a,c/a,h)antracén	2±0,2	<2	21	<2
Benzo(ghi)perylene	9,53±0,43	10,2	13,8	9

Tafla II Niðurstöður NIVA á heimastaðli NIVA (kræklingur), ng/g votvigt.

PAH-þáttur	Meðaltal eftirlitskort	Staðalfrávik í eftirlitskortí, %	Mæling samfara Grundartangaverkefni
Naftalen	1	42	1,8
Acenaftýlen	1	49	<0,5
Acenaften	6,4	19	6,5
Fluoren	8,4	27	8,6
Dibenzotiofen	2,9	22	2,9
Fenantren	45	16	46
Antracén	8,6	36	6,9
Fluoranten	73	13	68
Pyren	53	15	51
Benz(a)antracén	13	20	11
Chrysen	12	13	12
Benzo(b+j)fluoranten	11	15	8,2
Benzo(k)fluoranten	4	17	3,2
Benzo(e)pyren	14	11	12
Benzo(a)pyren	2,6	20	1,9
Perylen	1,8	24	2
Indeno(1,2,3cd)pyren	2,1	18	1,4
Dibenz(a,c/a,h)antracén	<0,5	28	<0,5
Benzo(ghi)perylene	3,1	17	2,6

3.2 Ólífrænar snefilefnahættir.

Í öllu var farið eftir handbókum efnagreiningardeildar NMÍ um mælingar á ólífrænum snefilefnum. Niðurbrot sýna fyrir ólífræn snefilefni í mjúkvöðva kræklingi fór fram með upphitun þeirra með HNO₃ í teflon-bombum og örbylgjuhitun. Eftir niðurbrot voru málarnir mældir með ICP-OES. Sama sundrun fór fram á NIVA fyrir greiningu Hg, Se og Pb en þar fór lokagreining fram með ICP-MS, Flúor var mældur með flúornæmu rafskauti (Orion) í mjúkvef kræklingisins eftir aðskilnað flúors frá vef með örsveimi.

Ákvarðanir á vatni, ösku, fitu og salti voru gerðar samkvæmt hefðbundnum aðferðum en fita var mæld á NIVA samfara PAH-mælingum (etýlasetat útdráttur).

Gæðaeftirlit snefilefnamælinga efnagreiningardeildar NMÍ fer fram með ýmsum hætti. Með hverri hrinu af sýnum af ákveðinni gerð eru mæld viðmiðunarefni (reference materials) af svipaðri gerð og tegund sýnis hverju sinni.

Af sérhverju sýni eru tekin misstór hlutasýni. Fyrir hvert sýni voru snefilefnin mæld í tveimur hlutasýnum. Þetta er gert m.a. til að unnt sé að gera grein fyrir einsleitni sýnanna sem til rannsóknar eru hverju sinni, til að gera grein fyrir árangri niðurbrots fyrir hverja sýnategund og að umhverfi málmis sé með þeim hætti að það hafi ekki áhrif á lokagreiningu. Hallatala línunnar, þar sem mældur styrkur málmis sem fall af sýnismagni er reiknaður, gefur styrk málmisins í sýninu en út frá skurðpunkti þessarar línu er minnsta mælanlega magn reiknað. Allir ofangreindir þættir eru að lokum notaðir við mat á lokaniðurstöðunni.

Árangur í mælingu viðmiðunarefna samfara mælingu sýna þessa verkefni er að finna í töflu IV en Mussel tissue er frá IRMM (CE278-35), áður BCR, en DORM, TORT og DOLT eru frá NRCC.

Tafla IV Árangur við mælingar viðmiðunarefna á NMI og NIVA.

Styrkur uppgefinn sem µg/g.

	Al µg/g NMI	Fe µg/g NMI	V µg/g NMI	Cr µg/g NMI	Cr µg/g NIVA	Ni µg/g NMI	Cu µg/g NMI	Zn µg/g NMI	As µg/g NMI	As µg/g NIVA	Cd µg/g NMI	Cd µg/g NIVA	Pb µg/g NIVA	Se µg/g NIVA	Hg µg/g NIVA
Mussel tissue															
Vottað	-	-	-	0,78±0,06	-	-	8,9±0,4	83,1±1,7	6,07±0,13	-	0,348±0,007	-	-	-	-
Mælt	46,0±2,1	119,6±7,9	0,47±0,17	1,08±1,35	-	0,78±0,42	9,45±0,13	78,0±0,1	5,93±0,10	-	0,312±0,015	-	-	-	-
DORM-2															
Vottað	10,9±1,7	142±10	-	34,7±5,5	-	19,4±3,1	2,34±0,16	25,6±2,3	18,0±1,1	-	0,043±0,008	-	-	-	-
Mælt	8,9±0,2	138,0±2,9	0,98±0,16	31,90±0,13	-	16,50±0,04	-	21,2±0,6	17,3±0,4	-	-	-	-	-	-
TORT-2															
Vottað	-	105±13	1,64±0,19	0,77±0,15	-	2,5±0,19	106±10	180±6	21,6±1,8	-	26,7±0,6	-	-	-	-
Mælt	16,0±0,4	98,2±1,1	2,20±0,39	0,94±0,85	-	2,95±0,44	104±3	185±4	21,4±14	-	27,5±0,6	-	-	-	-
DORM-3															
Vottað	-	-	-	-	1,89±0,17	-	-	-	-	6,88±0,30	-	0,29±0,02	0,39±0,05	3,3*	0,409±0,027
Mælt	-	-	-	-	1,58±0,03	-	-	-	-	9,64±0,05	-	0,32±0,01	0,33±0,06	4,6±0,2	0,43±0,01
DOLT-3															
Vottað	-	-	-	-	3,5*	-	-	-	-	10,2±0,5	-	19,4±0,6	0,32±0,05	7,06±0,48	3,37±0,14
Mælt	-	-	-	-	3,12±0,04	-	-	-	-	12,2±0,2	-	19,7±0,8	0,25±0,05	8,33±0,15	3,49±0,15

* Indicative value

Við flúormælinguna var notast við annars vegar aðferð viðbóta og hins vegar mælingu viðmiðunarefnisins Leaves of Poplar (NCS DC73350 frá China National Analysis Center for Iron and Steel, 2004), 22±4 mg/kg flúor. Heimtur viðbóta var í samræmi við heimtur fyrir viðmiðunarefni og að meðaltali 96±1%. Klóríð var sömuleiðis metið með viðbótum og viðmiðunarefni, processed meat (reference material LGC7150 frá Promochem, 2,64±0,17 % sem salt. Heimtur voru 98 %.

Samantekið sýnir gæðaeftirlit mælinga á ólífrænum snefilefnum áreiðanlegar niðurstöður.

4. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á LÍFFRÆÐILEGUM STÆRÐUM

4.1 Dauðatíðni

Í hverju búi var talinn heildarfjöldi og fjöldi dauðra einstaklinga og er niðurstöður þessa að finna í töflu V og mynd 2.

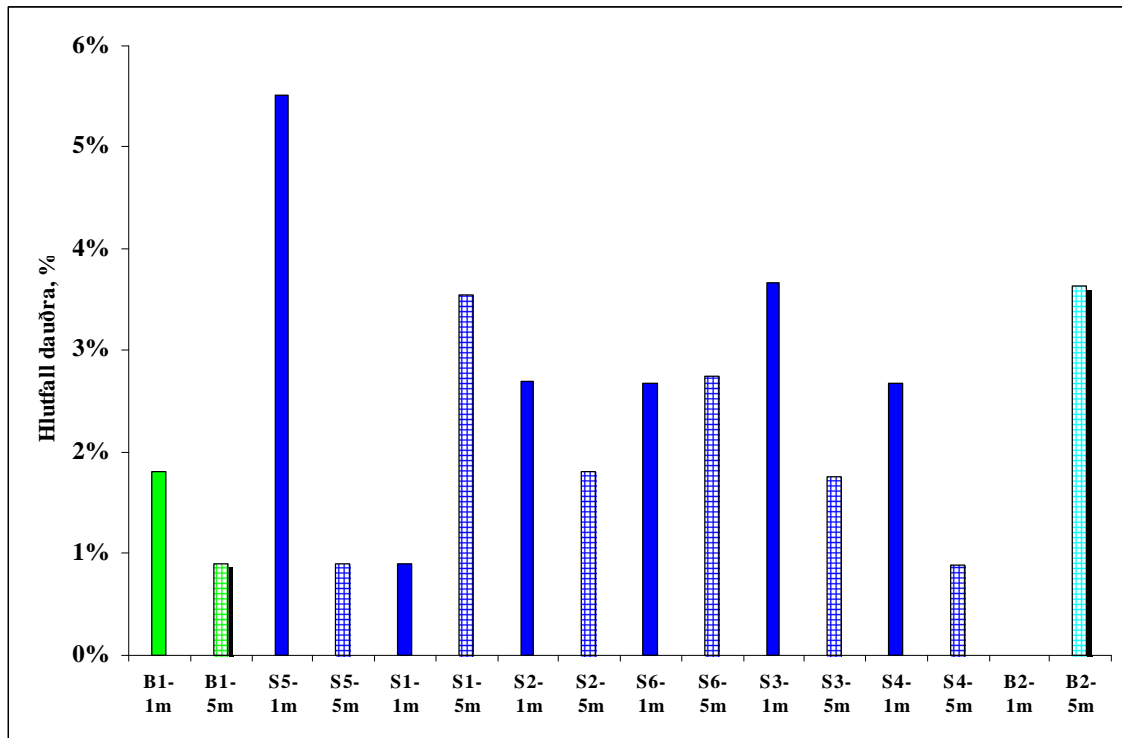
Ekki séwst tilhneiging til aukins fjölda dauðra einstaklinga er nær dregur verksmiðjusvæði og ekki er marktækur munur á búrum á annars vegar 1 og hins vegar 5 dýpi. Þær stöðvar, sem líklegastar eru til að sýna áhrif verksmiðjurekstrarins, eru stöðvar 2, 6 og 3. Þessar stöðvar sýna ekki hærri dauðatíðni en aðrar stöðvar.

Hlutfall dauðra einstaklinga er jafnframt á því bili, sem mjög mikill fjöldi rannsókna með krækling í búrum, sem skýrsluhöfundur hefur stýrt, sýnir. Undan er skilin fyrsta rannsókn með kræklingi við Grundartanga sumarið 2000 (14). Í því tilviki var um mun smærri krækling að ræða en, eins og fram hefur komið, er hann talsvert viðkvæmari fyrir hvers kyns raski en stærri kræklingur (4).

Tafla V Samantekt á heildarfjölda og dauðra einstaklinga í búrum.

Stöð	Heildarfjöldi einstaklinga	Fjöldi dauðra einstaklinga	Hlutfall dauðra %
B1-1m	111	2	1,8%
B1-5m	110	1	0,9%
S5-1m	109	6	5,5%
S5-5m	110	1	0,9%
S1-1m	111	1	0,9%
S1-5m	113	4	3,5%
S2-1m	111	3	2,7%
S2-5m	111	2	1,8%
S6-1m	112	3	2,7%
S6-5m	109	3	2,8%
S3-1m	109	4	3,7%
S3-5m	114	2	1,8%
S4-1m	112	3	2,7%
S4-5m	112	1	0,9%
B2-1m	110	0	0,0%
B2-5m	110	4	3,6%

Einnig er þekkt að sveiflur í seltu vegna ferskvatnsáhrifa geta haft veruleg áhrif á dauðatíðni [10]. Lítil kræklingur vex hlutfallslega mun meira en stærri kræklingur, sem svo aftur veldur því að þrengra verður um hann með tíma í búrum. Úrvinnsla á gögnunum úr 2000-rannsókninni sýndi að afföll urðu í upphafi þess að hann var settur á stöðvar sínar og að bankasýni sýndu lága dauðatíðni, þ.e. hnjask á smáum kræklingi samfara dreifingu búrana var orsök meiri affalla en ekki staðsetning þeirra á stöðvunum.



Mynd 2 Hlutfall dauðra einstaklinga í sýnum.

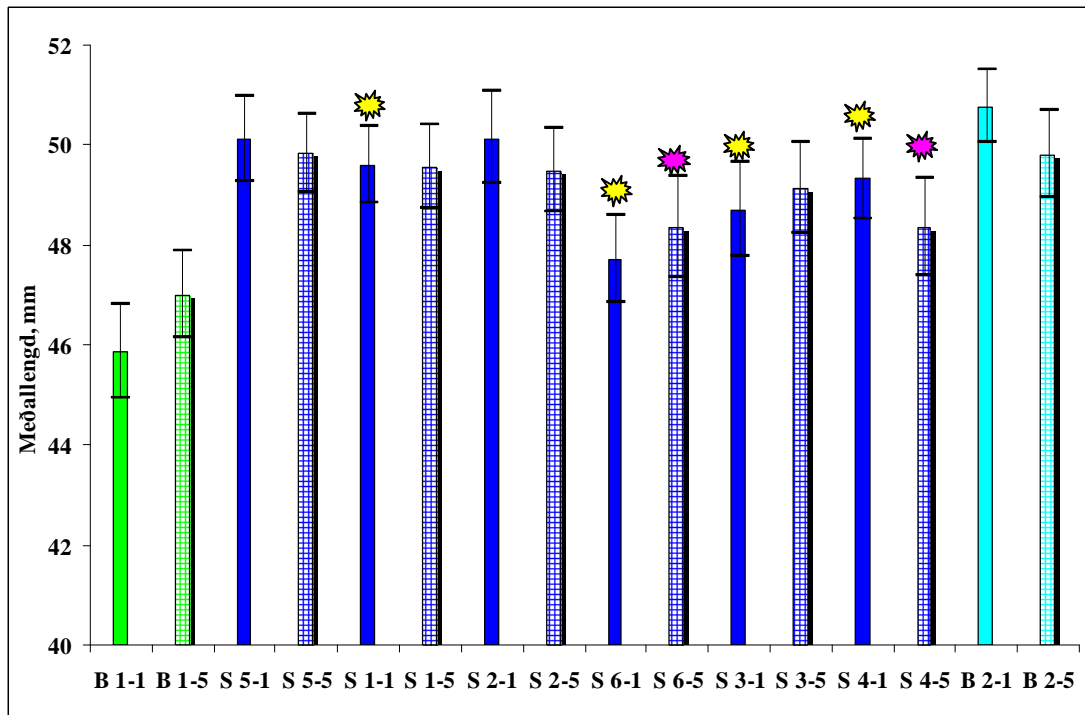
4.2 Formfræðilegir þættir kræklings og massar

Niðurstöður um mælingar á ástandsáttum eru teknar saman í viðauka I. Eftirfarandi skýringarmynd lýsir formfræðilegu þáttunum lengd, hæð og breidd.



4.2.1 Lengd, hæð og breidd

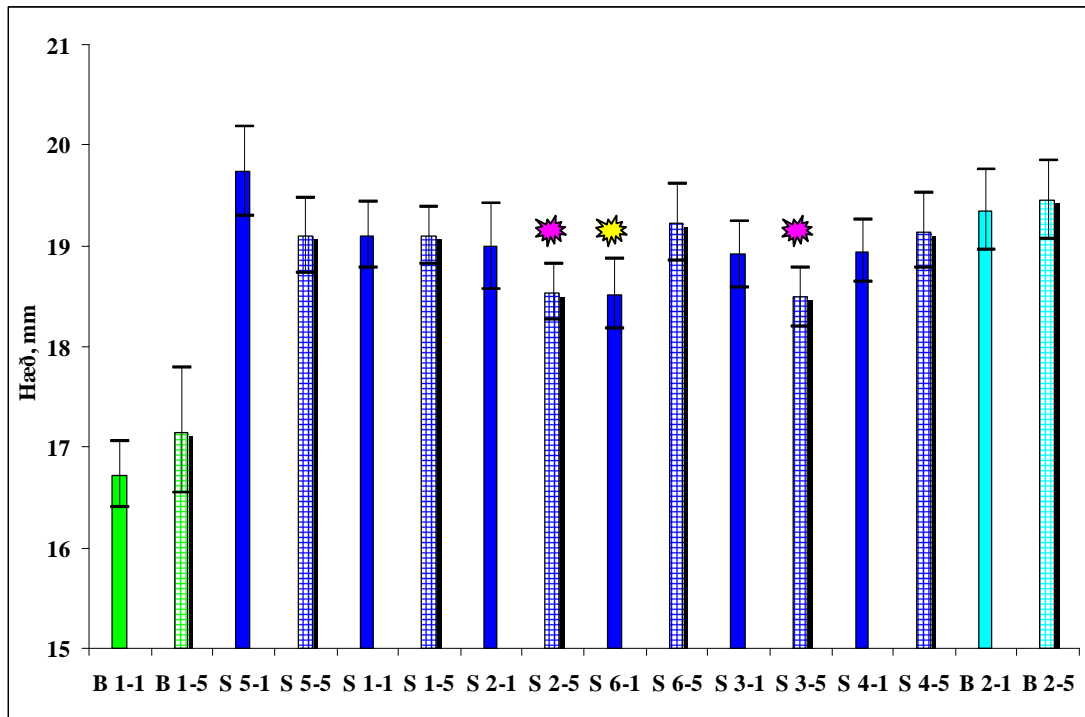
Mynd 3 sýnir meðallengd (log-vörpuð gögn) sýnanna. Sýnin á viðmiðunarstöð höfðu vaxið um $63 \mu\text{m/d}$ (1 m) og $36 \mu\text{m/d}$ (5 m). Til samanburðar lengdist viðmiðunarkræklingur árið 2004 um $37 \mu\text{m/d}$ (1m) og $36 \mu\text{m/d}$ (5 m).



Mynd 3 Meðallengd (geometrísk) skelja með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar eru sýni á 5 m dýpi. Gular stjörnur (1 m) og rauðar (5 m) fyrir ofan súlur sýna lengdir sem eru marktækt styttri en sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

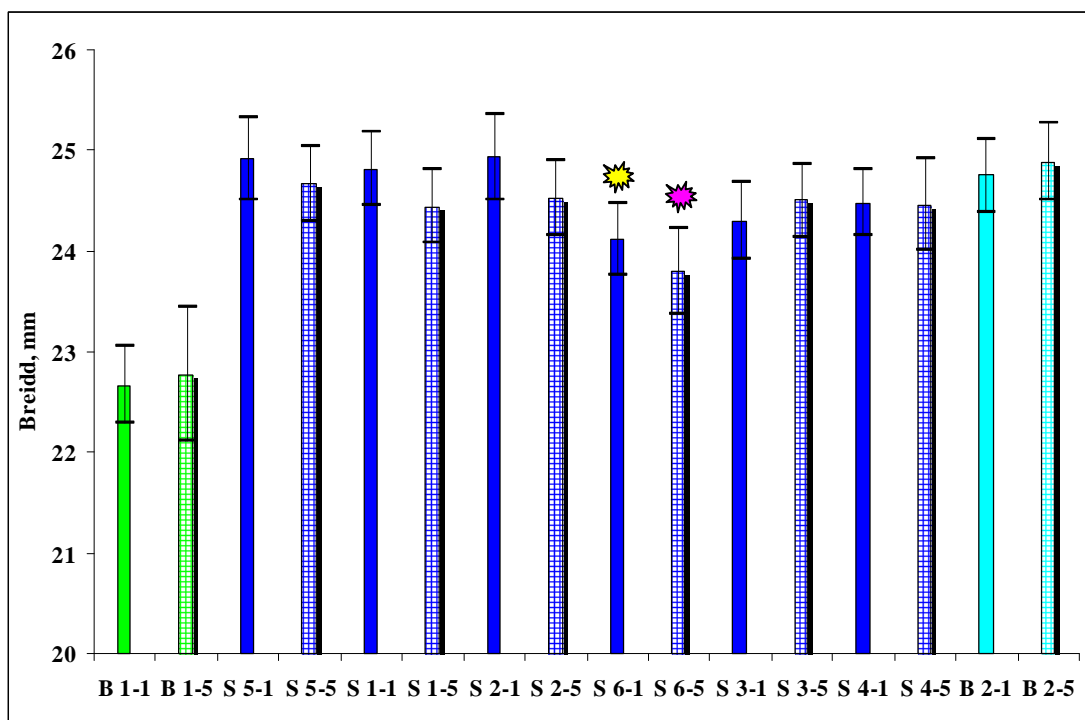
Fyrir hverja stöð er ekki marktækur munur á lengd á annars vegar 1 m dýpi og hins vegar 5 m dýpi (t-próf; $p > 0,05$). Á 1 m dýpi er kræklingurinn á stöðvum 1, 6, 3 og 4 marktækt styttri en á sama dýpi á viðmiðunarstað (t-próf; $p < 0,05$). Stöð 6 sýnir minnstan vöxt ($24 \mu\text{m/d}$) en stöð 3 með næstminnstan vöxt ($36 \mu\text{m/d}$). Sjá má að bæði sýni á stöð 4 hafa vaxið marktækt hægar en á viðmiðunarstöð, mynd 3.

Mynd 4 sýnir hæðir kræklingssýna. Í banka, bæði í upphafi og í lokin, er ekki marktækur munur á sýnum á annars vegar 1 m dýpi og hins vegar 5 m dýpi (t-próf; $p > 0,05$) og höfðu hæðir vaxið $32-34 \mu\text{m/d}$ á tímabilinu. Marktækur munur er á hæð skelja á 1 m og 5 m dýpi fyrir stöðvar 5 ($1 \text{ m} > 5 \text{ m}$) og 6 ($1 \text{ m} < 5 \text{ m}$). Bæði stöð 2 og stöð 3 eru með marktækt minni hæð á 5 m dýpi en á samsvarandi dýpi í banka, 18 og $17 \mu\text{m/d}$, en aðeins stöð 6 er með marktækt minni hæð á 1 m dýpi en í banka eða $23 \mu\text{m/d}$, mynd 4.



Mynd 4 Meðalhæð (geometrískt) skelja með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna hæð sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

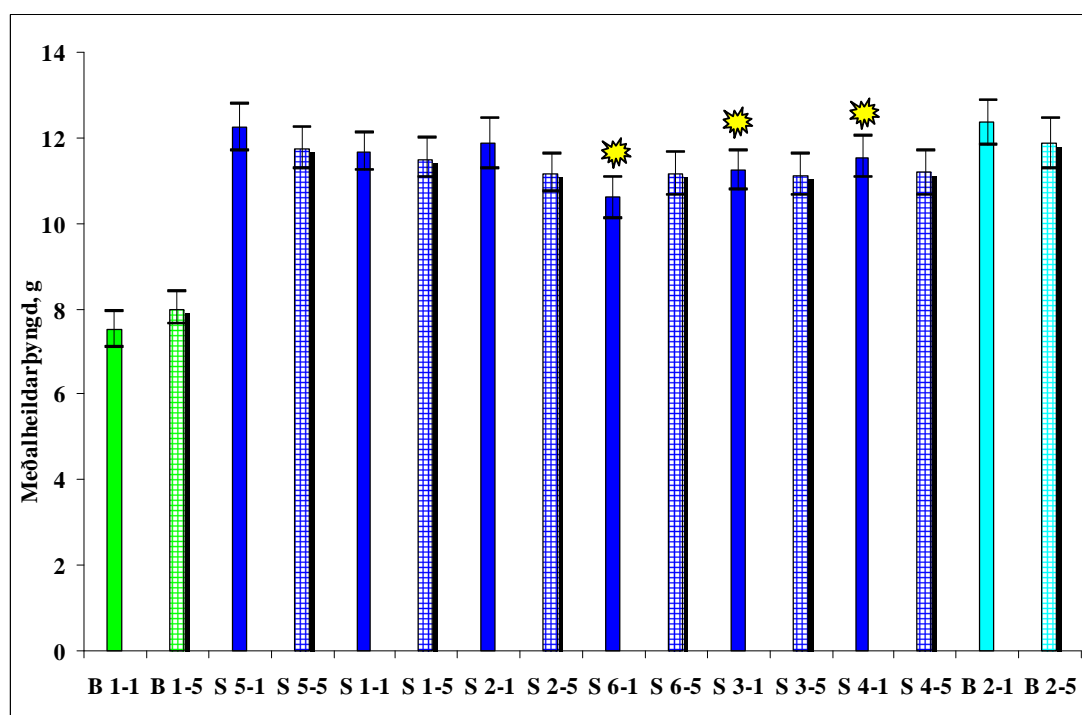
Mynd 5 sýnir breidd skelja í sýnunum. Aldrei er marktækur munur á sýnum á annars vegar 1 m dýpi og á 5 m dýpi hins vegar (t-próf, $p < 0,05$). Vöxtur er 27 og 31 $\mu\text{m}/\text{d}$ á 1 og 5 m dýpi í banka. Sýni á báðum dýpum á stöð 6 eru hins vegar með breidd sem er marktækt minni en á sasmsvarandi dýpum í banka en á stöð 6 er vöxturinn 19 og 13 $\mu\text{m}/\text{d}$ á 1 og 5 m dýpi.



Mynd 5 Meðalbreidd (geometrískt) skelja með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna breidd sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

4.2.2 Heildarþyngd

Mynd 6 sýnir heildarþyngd kræklingssýna.

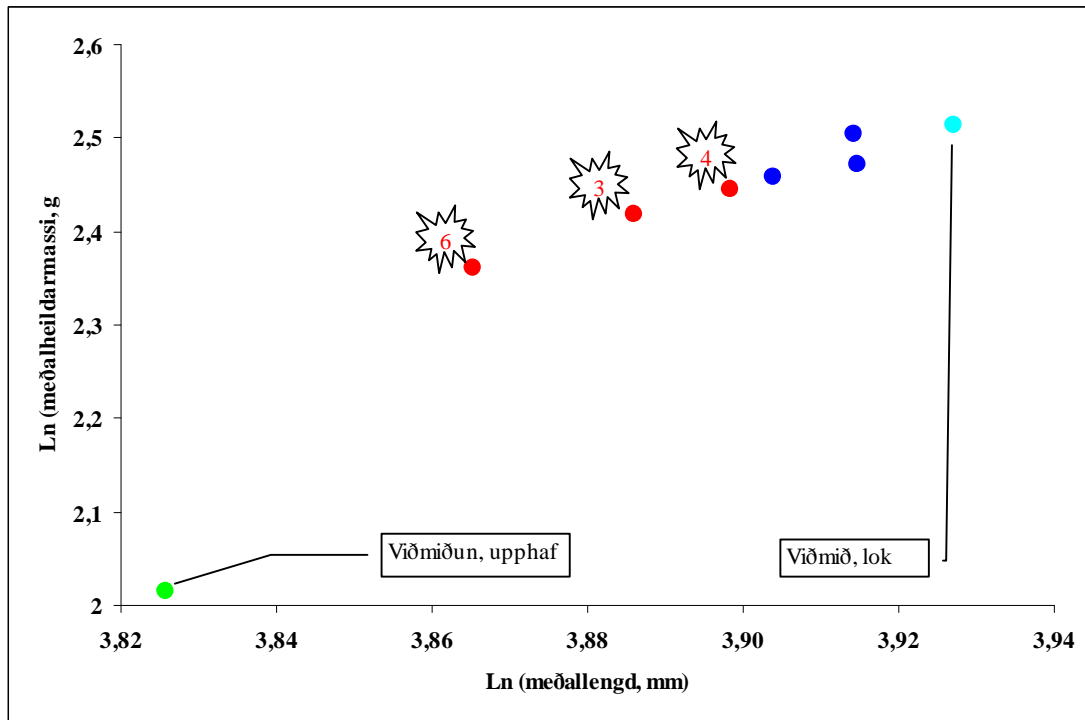


Mynd 6 Meðalheildarþyngd (geómetrískt) kræklingssýna með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna heildarþyngd sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

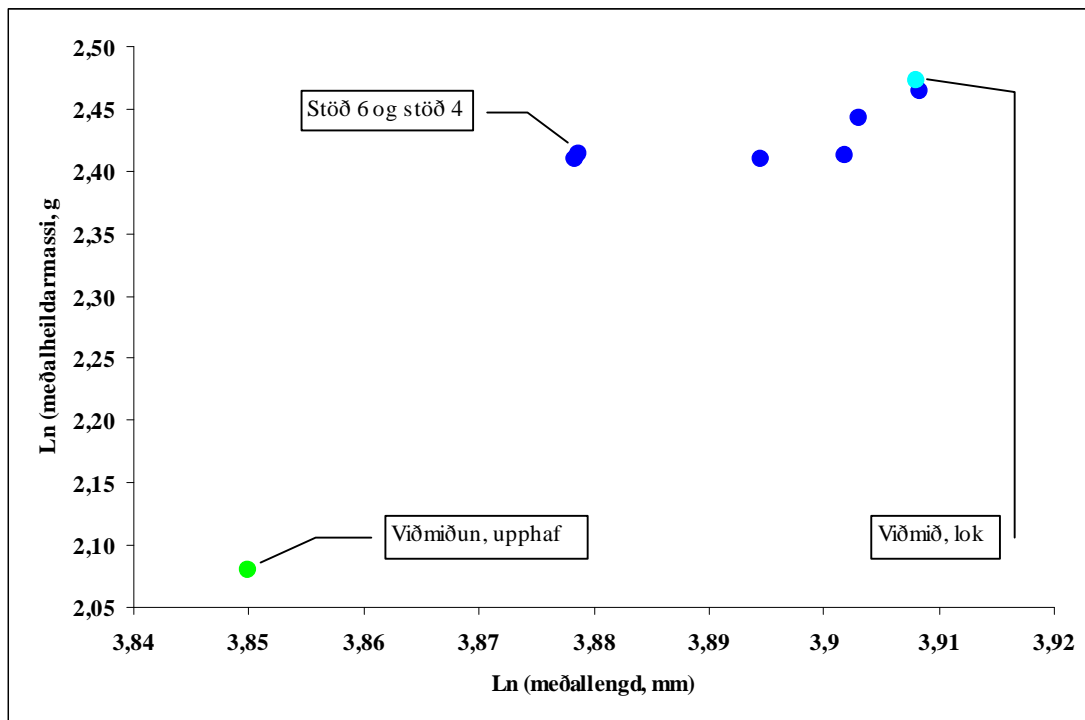
Aldrei er munur í heildarþyngd á annars vegar 1 m og hins vegar 5 m dýpi. Kræklingurinn óx þökkalega á viðmiðunarstöð eða 62 mg/d á 1 m og 47 mg/d á 5 m dýpi. Marktækt minni heildarþyngd er á stöðvum 6, 3 og 4 á 1 m dýpi en á viðmiðunarstöð (ANOVA og t-próf; $p < 0,05$), þ.e. 40 mg/d (stöð 6), 48 mg/d (stöð 3) og 51 mg/d (stöð 4).

Mynd 7 sýnir meðalheildarþyngd sem fall af meðallengd fyrir sýnin á 1 m dýpi og sést þar hvernig stöðvarnar með marktækt minni þyngd en á viðmiðunarstöð raða sér, þ.e. stöð 6 < stöð 3 < stöð 4, og afstöðu þeirra til viðmiðunarsýna í upphafi og lok. Þessar þrjár stöðvar voru einnig með marktækt styttri meðallengdir á 1 m dýpi en á viðmiðunarstöð, mynd 3, og mynd 7 sýnir glögglega.

Mynd 8 sýnir sömu stærðir fyrir sýni á 5 m dýpi en þar var aldrei marktækur munur á heildarmassa á stöðvunum og viðmiðunarstöð. Stöðvar 6 og 4 sýndu hins vegar marktækt styttri lengd, mynd 3, og mynd 8 gerir glögga grein fyrir.



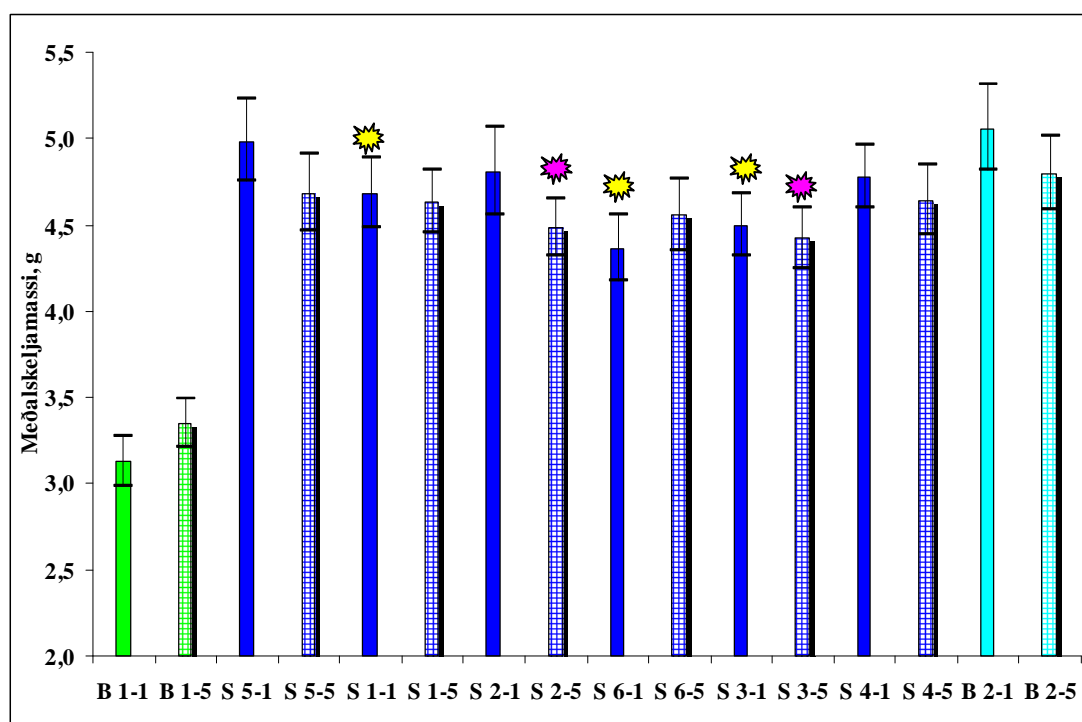
Mynd 7 Meðalheildarþyngd sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 1 m dýpi. Stöðvar 6, 3 og 4 eru með marktækt minni meðalheildarmassa en viðmiðun ($p < 0,05$).



Mynd 8 Meðalheildarþyngd sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 5 m dýpi. Kræklingur á stöðvum reyndust aldrei marktækt minni en á viðmiðun ($p < 0,05$).

4.2.3 Skeljamassi

Mynd 9 sýnir skeljamassa kræklingssýna.

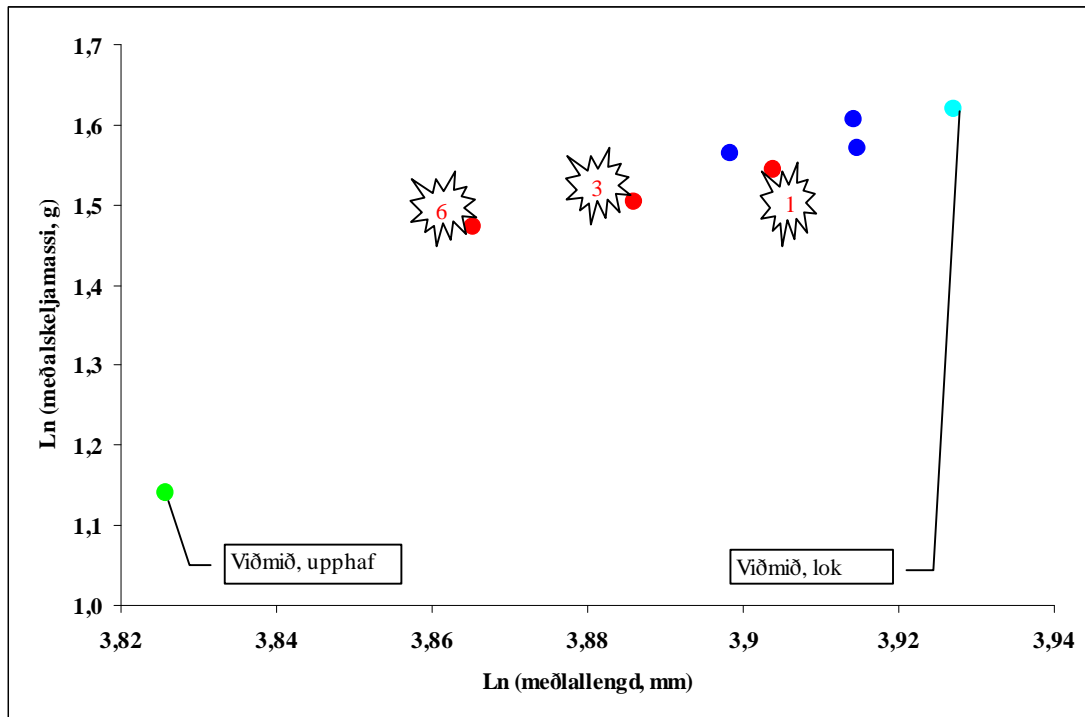


Mynd 9 Meðalskeljamassi (geometrískt) kræklingssýna með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna heildarþyngd sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

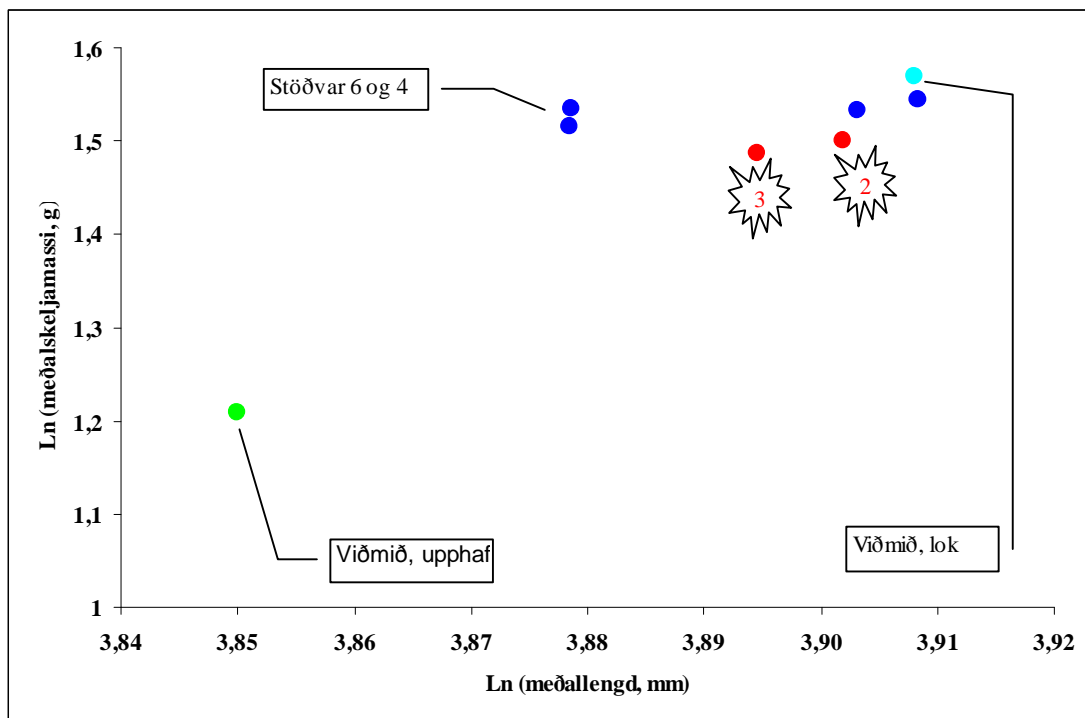
Marktækur munur reynist vera á bankasýni í upphafi fyrir 1 m og 5 m dýpi (5 m > 1 m) og á það reyndar við um stöð 2 einnig (1 m > 5 m). Munrinn er lítill en bendir til að kræklingssýnum hafi ekki verið dreift á einsleitán hátt í búr sín. Athygli vekur einnig að fleiri sýni eru marktækt lægri en á viðmiðunarstöð (ANOVA, $p < 0,05$) en fyrir heildarmassa, mynd 9.

Vöxtur í banka er þokkalegur eða 25 mg/d (1 m) og 18 mg/d (5 m). Fyrir sýni á 1 m dýpi eru þrjár stöðvar með minni vöxt en í banka, þ.e. stöðvar 1 (20 mg/d), 6 (16 mg/d) og 3 (18 mg/d). Fyrir 5 m dýpi eru stöðvar 2 og 3 með marktækt minni massa eða 15 og 14 mg/d.

Mynd 10 sýnir meðalskeljamassa sem fall af meðallengd fyrir 1 m dýpi og mynd 11 sömu stærðir fyrir 5 m dýpi.



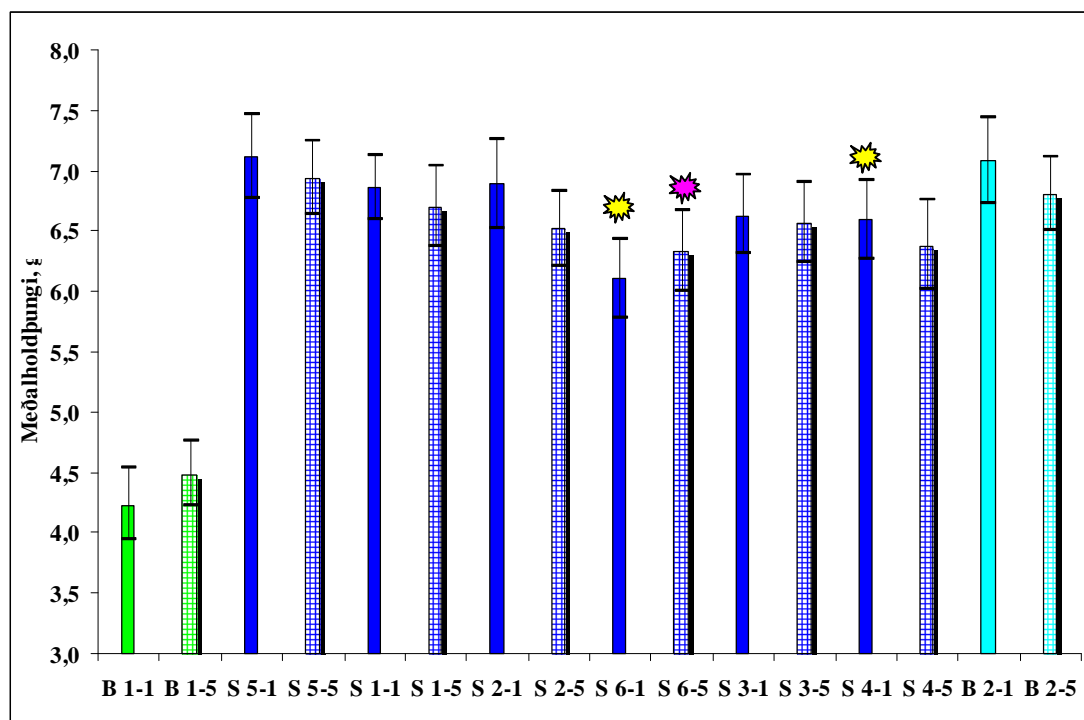
Mynd 10 Meðalskeljamassi sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 1 m dýpi. Stöðvar 6, 3 og 1 eru með marktækt minni meðalskeljamassa en viðmiðun ($p < 0,05$).



Mynd 11 Meðalskeljamassi sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 5 m dýpi. Stöðvar 3 og 2 eru með marktækt minni meðalskeljamassa en viðmiðun ($p < 0,05$).

4.2.4 Holdmassi

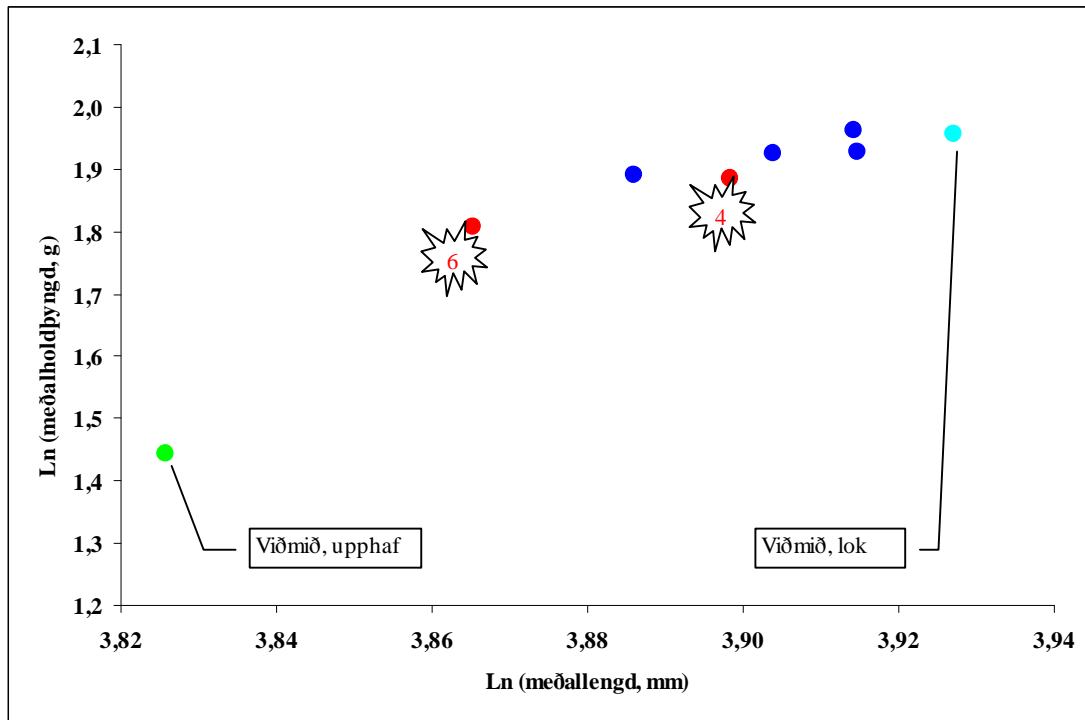
Mynd 12 sýnir meðalholdmassa kræklingssýna. Aldrei reynist vera munur á sýnum af sömu stöð, þ.e. munur milli sýnis á 1 og 5 m dýpi.



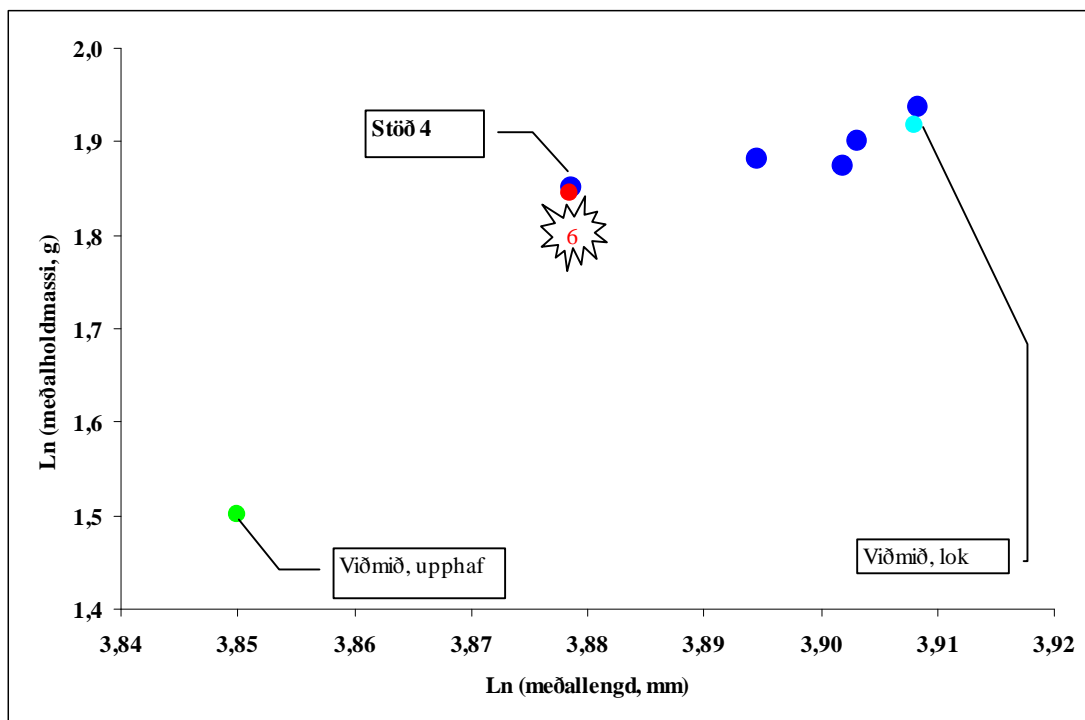
Mynd 12 Meðalholdmassi (geometrískt) kræklingssýna með 95% vikmörkum. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna holdþyngd sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

Holdmassaukning á viðmiðunarstöð er góð eða 29 (5 m) og 36 (1 m) mg/d. Á stöð 6 er marktækt minni holdþungi en á viðmiðunarstöð (ANOVA og t-próf, $p < 0,05$) eða 24 mg/d á báðum dýpum. Á stöð 4 á 1 m dýpi er sýnið marktækt minna en á viðmiðunarstöð á 1 m dýpi en munurinn er mjög lítill 30 mg/d í stað 36 mg/d á viðmiðun.

Á sama hátt og fyrir heildarþyngd og skeljamassa sýna myndir 13 og 14 holdþyngd sem fall af lengd.



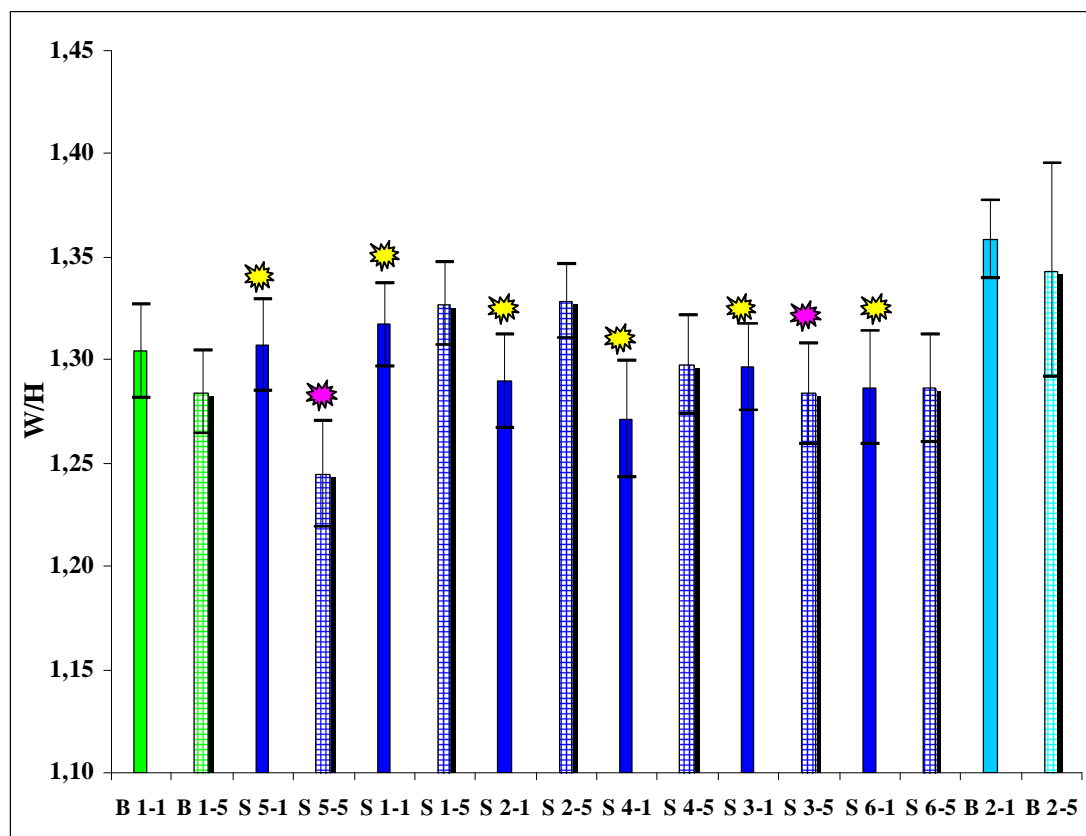
Mynd 13 Meðalholdþyngd sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 1 m dýpi. Stöðvar 6 og 4 eru með krækling með marktækt minni meðalholdmassa en viðmiðun ($p < 0,05$).



Mynd 14 Meðalholdþyngd sem fall af meðallengd fyrir stöðvar á 5 m dýpi. Stöð 6 er með krækling með marktækt minni meðalholdmassa en viðmiðun ($p < 0,05$).

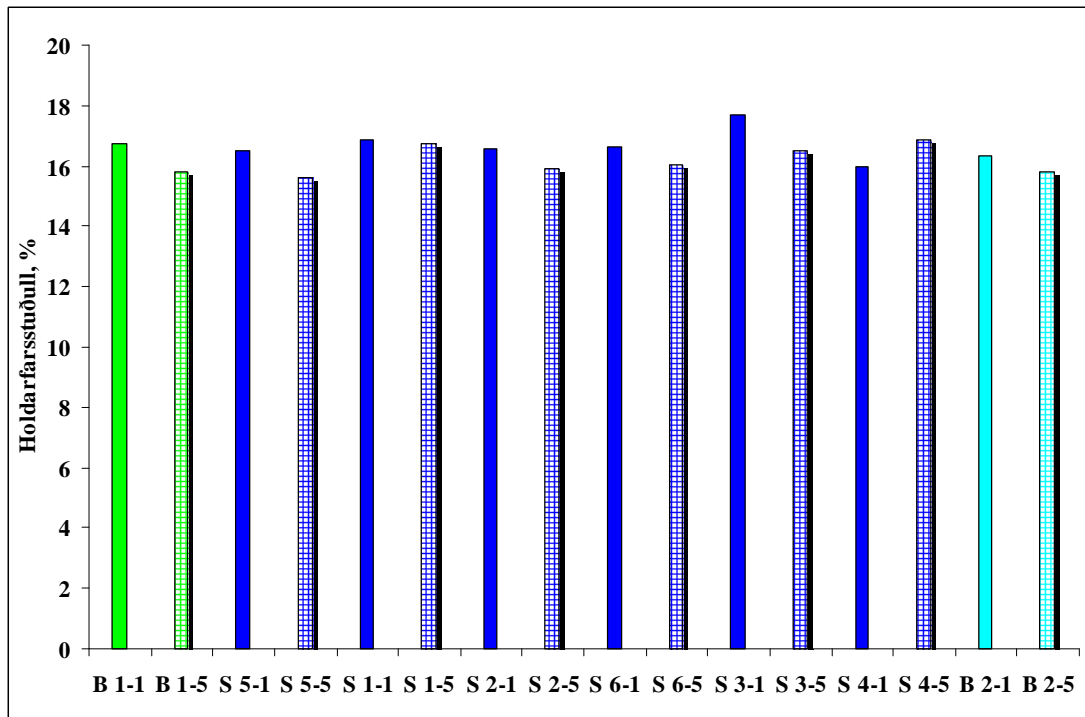
4.2.5 Ástandsstuðlar kræklingssýna

Ástandsstuðull, sem reiknaður er sem hlutfall breiddar og hæðar, getur hækkað með auknum styrk þungmálma [11,12]. Samkvæmt því benda niðurstöðurnar ekki til þungmálmamengunar nem e.t.v. í bankanum sjálfum, mynd 15, en öll sýni á 1 m dýpi eru með lægra hlutfall en á 1 m dýpi í banka og ekkert sýnanna á 1 m dýpi hefur hærra hlutfall en upphaflega í bankanum (ANOVA og t-próf, $p < 0,05$). Á 5 m dýpi reynist breytileiki í banka í lokin vera mikill og gerir það að verkum að aðeins tvö sýna eru marktækt lægri, stöðvar 5 og 3. Stöðvar 1 og 2 á 5 m dýpi hafa hærra hlutfall en upphaflega í banka en stöð 5 með lægra hlutfall en upphaflega í banka. Slíkar niðurstöður eru aðeins vísbending og koma aldrei í stað beinna mælinga á þungmálmum.

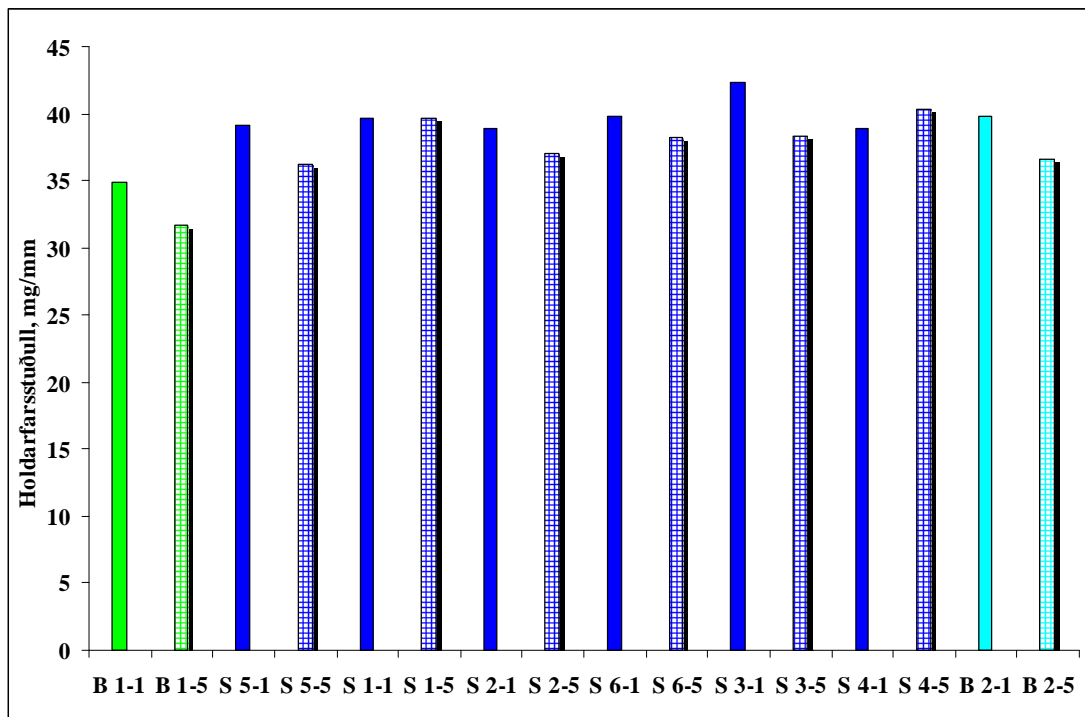


Mynd 15 Meðalhlutfall (geometrískt) breiddar og hæðar (W/H) kræklingssýna. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi. Stjörnur fyrir ofan súlur sýna hlutfall sem er marktækt frábrugðin sýni á sama dýpi á viðmiðunarstöð (95% CI).

Annar ástandsstuðull sem tíðast er notaður til mats á næringarástandi kræklinga er holdarfarsstuðull, sem er reiknaður með ýmsum hætti en oftast sem annaðhvort hlutfall þurrefnisþunga vöðva og heildarþurrefnisþunga kræklinga eða sem hlutfall þurrefnisþunga vöðva og innra rúmmáls kræklinga (stundum áætlað með L^3 eða $L \times H \times W$). Mynd 16 sýnir holdarfarsstuðulinn reiknaðan með fyrri hættinum og má almennt segja að holdarfarsstuðullinn sé þokkalegt eða u.þ.b. 50 % betra en það sem finna má í villtum kræklingi í fjöru. Ekki er að sjá neinar breytingar í banka eða á sniðinu frá stöð 5 til stöðvar 4. Mynd 17 sýnir hlutfall þurrefnis mjúkvöðva og rúmmáls, reiknað sem $L \times H \times W$, og kemur þar fram sama niðurstaða og fyrir holdarfarsstuðul á mynd 16 nema hvað þessi stuðull hefur vaxið í bæði banka og á stöðvunum meðan á eldinu stóð.



Mynd 16 Meðalhlutfall þurrþyngdar mjúkvöðva og heildarþurrþyngdar kræklingssýna. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi.



Mynd 17 Meðalhlutfall þurrþyngdar mjúkvöðva og rúmmáls kræklingssýna. Fylltar súlur eru sýni á 1 m dýpi en rúðustrikaðar sýna sýni á 5 m dýpi.

4.3 Meginefnaþættir kræklingssýna

Meginefnaþættir kræklinga eru mældir þar sem þau eru mikilvæg við skilgreiningu sýnanna og til að nota við túlkun á mun í líffræðilegum þáttum eða styrk snefilefna. Tafla VI sýnir niðurstöður mælinga á vatni, fitu, ösku og salti í mjúkvef kræklingssýnanna.

Tafla VI Meginefnaþættir kræklingssýna (votvigt).

Stöð	Raki %	Aska %	Fita %	Salt %
B 1-1	85,16	2,74	1,3	1,37
B 1-5	85,95	2,67	1,2	1,93
S 1-1	86,14	2,34	1,1	1,88
S 1-5	86,06	2,38	1,1	1,84
S 2-1	86,11	2,35	1,1	1,81
S 2-5	87,00	2,39	1,0	1,87
S 3-1	85,40	2,34	1,2	1,19
S 3-5	86,66	2,40	1,1	1,90
S 4-1	86,24	2,37	1,1	1,87
S 4-5	85,23	2,33	1,2	1,67
S 5-1	86,12	2,37	1,1	1,72
S 5-5	87,50	2,44	0,8	1,98
S 6-1	85,76	2,47	1,2	1,67
S 6-5	86,25	2,43	1,2	1,81
B 2-1	86,07	2,39	1,1	1,79
B 2-5	86,75	2,45	1,0	1,85

Tafla VI sýnir að tiltölulega lítill munur sé á sýnunum og skýrir hann ekki þann mun sem var að finna í líffræðilegum þáttum að ofan. Er varðar þurrefni, þá er ekki munur á sýnum á 1 og 5 m dýpi (parað t-próf; $p < 0,05$). Þurrefnið er lægra 2007 en 2004 og skýrir það minni holdarfarsstuðul 2007 en 2004. Árið 2000 var þurrefnið hins vegar hærra en það var 2004. Ekki er kunn ástæða þessarar minnkunar í þurrefni frá 2000.

Þessar niðurstöður fyrir þurrefni eru þó nokkru hærra en fyrir krækling úr fjöru, sem alla jafna sýnir síðra holdarfar en kræklingur á baujum.

4.4 Líffræðilegir þættir og meginefnaþættir, samantekt

Kræklingurinn dafnaði þokkalega á flestum stöðvum. Metið út frá holdarfarsstuðlum er kræklingur á stöðvunum 2007 síðri en á stöðvunum 2004 (bæði ANOVA ($p < 0,005$) og parað t-próf (95% CI)). Þessi munur á einnig við um bankasýnin í lok tilrauna, þ.e. holdarfarsstuðull bankasýna í lokin var talsvert hærra 2004 en 2007. Þetta er athyglisvert í ljósi þess að kræklingurinn 2007 kom úr kræklingaeldi en villtur kræklingur var notaður 2004 en villtur kræklingur hefur jafnan síðra holdarfar vegna erfiðari lífsskilyrða en baujukræklingur. Kræklingurinn 2000 var hins vegar í betri holdum en kræklingurinn bæði 2004 og 2007, stöðvum og í banka. Að því gefnu að kræklingur hafi verið einsleitur í öllum búrum í upphafi, þá var vöxtur marktækt lakastur á stöð 6 og þarnæst á stöð 3 ($p < 0,05$).

Dauðatíðni var ávallt undir 4% nema á 1 m dýpi á stöð 5 þar sem tíðnin var á bilinu 5-6 %.

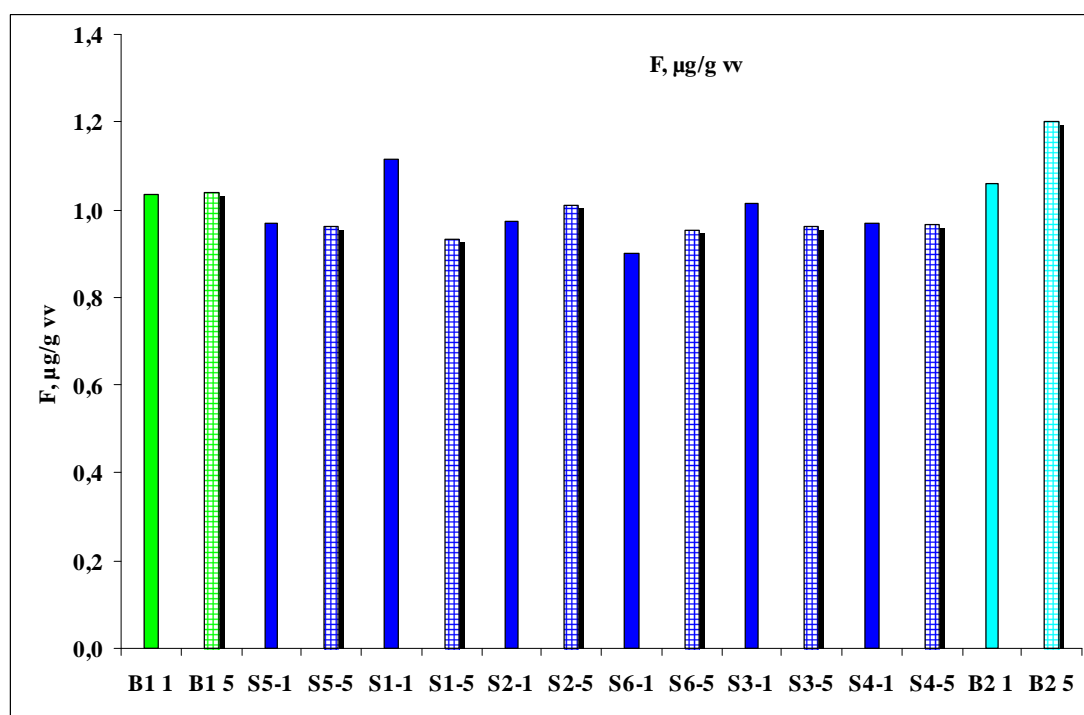
Vöxtur og holdarfar er háður miklum fjölda breyta [4, 13] og án þess að þekkja raunverulegar orsakir mismunar verður túlkun mjög örðug. Mikilvægt er að þekkja vel þær breytur sem ræddar hafa verið að ofan og taka tillit til náttúrulegs breytileika við túlkun á gögnum um mengunarefni. Þekkt er að þessi breytileiki getur gert þeirri túlkun erfitt fyrir en oftast eru niðurstöður mælinga á mengun notaðar til skýringa á líffræðilegum frávikum en ekki öfugt [10].

5. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á ÓLÍFRÆNUM SNEFILEFNAÞÁTTUM

Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum er að finna í viðauka II.

5.1 Flúor

Mynd 18 sýnir styrk flúors á votvigtargrunni.

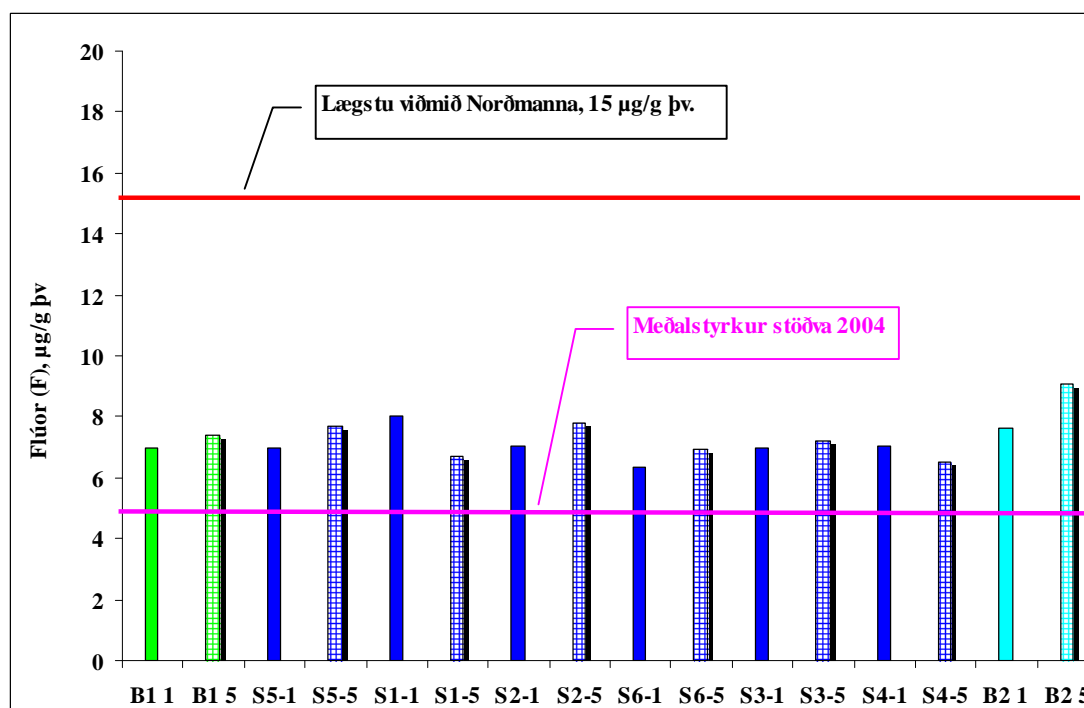


Mynd 18 Styrkur flúors í mjúkvafkræklings á votvigtargrunni.

Ekki er kerfisbundinn munur í styrk flúors eftir dýpi á stöðvunum sex (1 og 5 m) og virðist styrkur flúors á votvigtargrunni ekki hafa vaxið nema á stöð 1 (1 m dýpi) og í bankanum sjálfum. Ekki er marktækur munur á banka í upphafi og á stöðvunum. Viðmiðun í lokin sýnir hins vegar marktækt hærri styrk en á stöðvunum. Miðað við rannsóknina 2004 er um marktækt hærri styrk flúors að ræða á stöðvunum sex og er munurinn um 30% á votvigtargrunni en um 50% á þurrvigtargrunni, sjá mynd 19. Ekki er kunn skýring á þessari hegðun en styrkur flúors á stöðvunum er innan marka viðmiðunarstöðvarinnar fyrir þessa rannsókn. Munur milli ára getur verið mikill í styrk ólífræna snefilefna [18] en hér gæti einnig mæliaðferðafræðilgur munur verið að verki. Af þessum sökum er samanburður við viðmiðunarstöð hverju sinni sterkasta vopnið í rannsóknum sem þessum.

Mynd 19 sýnir styrk flúors á þurrvigtagrunni þar sem jafnframt eru sýnd lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna fyrir flúor í kræklingi [17] en undir þessum styrk er sjórinn álitinn óverulega mengaður (“ubetydlig-lite forurenset”) og setur svæðið í fyrsta flokk af fimm. Almennt er þó ástæða til að fara varlega við samanburð á viðmiðunarmörkum milli hafsvæða því munur á hafsvæðum getur verið umtalsverður af náttúrulegum ástæðum.

Flúor var ekki mældur í mjúkvæf í rannsókninni 2000.

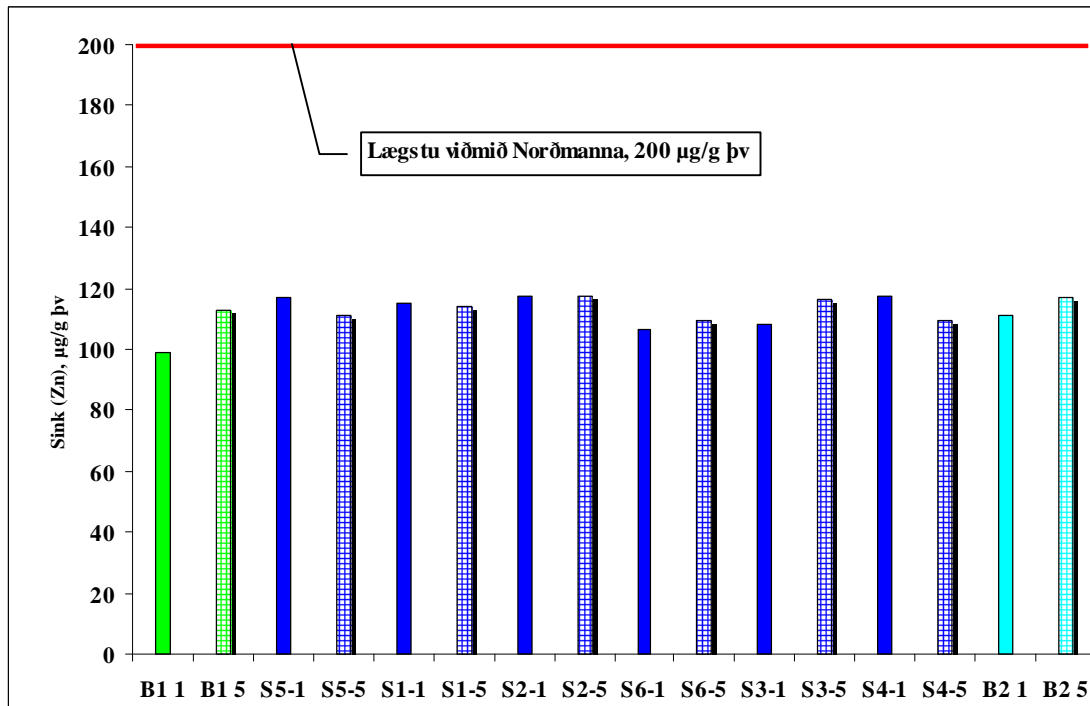


Mynd 19 Styrkur flúors í mjúkvæf kræklinga á þurrvigtagrunni.

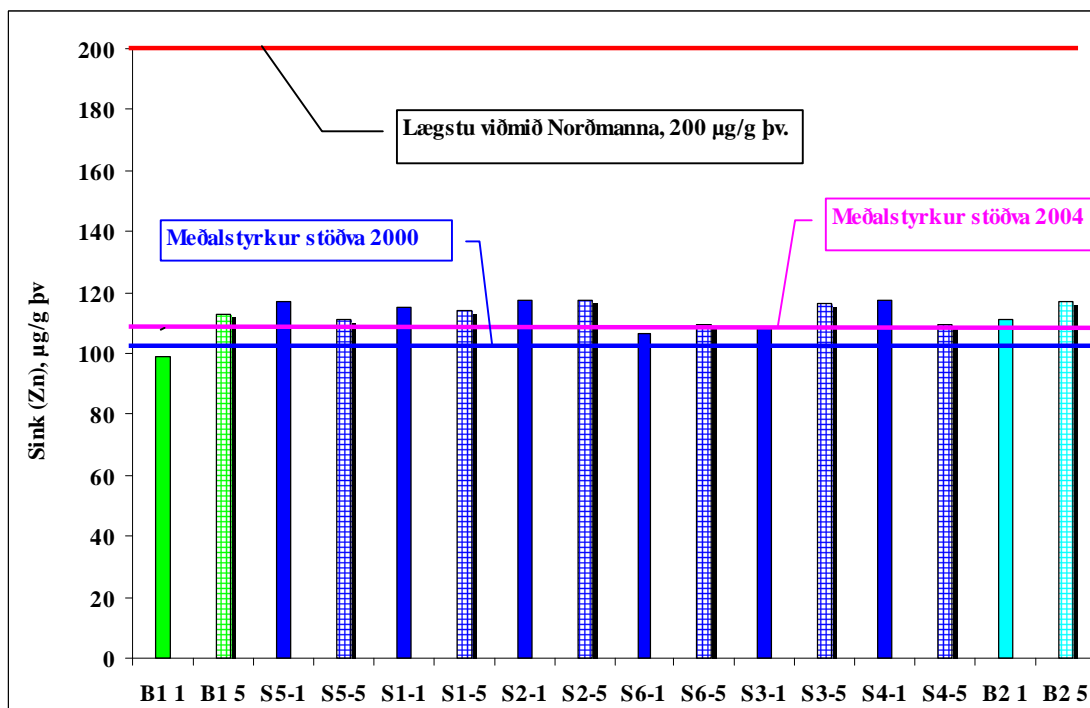
5.2 Sink

Sinkstyrkur í mjúkvöðva kræklinga á þurrvigtagrunni er sýndur á mynd 20a. Ekki er kerfisbundinn munur í styrk sinks eftir dýpi (1 og 5 m) á stöðvunum sex. Miðað við rannsóknina 2000 er hins vegar um marktækt hærra styrk að ræða 2007 sem nemur um 10 %, sjá mynd 20b (parað t-próf; $p < 0,05$). Þessi munur er hins vegar lítill í samanburði við breytingar sem geta orðið á styrk milli ára [18]. Styrkur í öllum sýnum stöðvanna er ómarktækt frábrugðinn styrk viðmiðunar í lokin (ANOVA; $p > 0,05$). Styrkur á þurrvigtagrunni er sá sami og 2004 (parað t-próf; $p > 0,05$).

Miðað við lægstu viðmið fyrir sink í Noregi [17], fellur svæðið í fyrsta flokk, sjá mynd 20.



Mynd 20a Styrkur sinks í mjúkvef kræklings á þurrvígtargrunni.

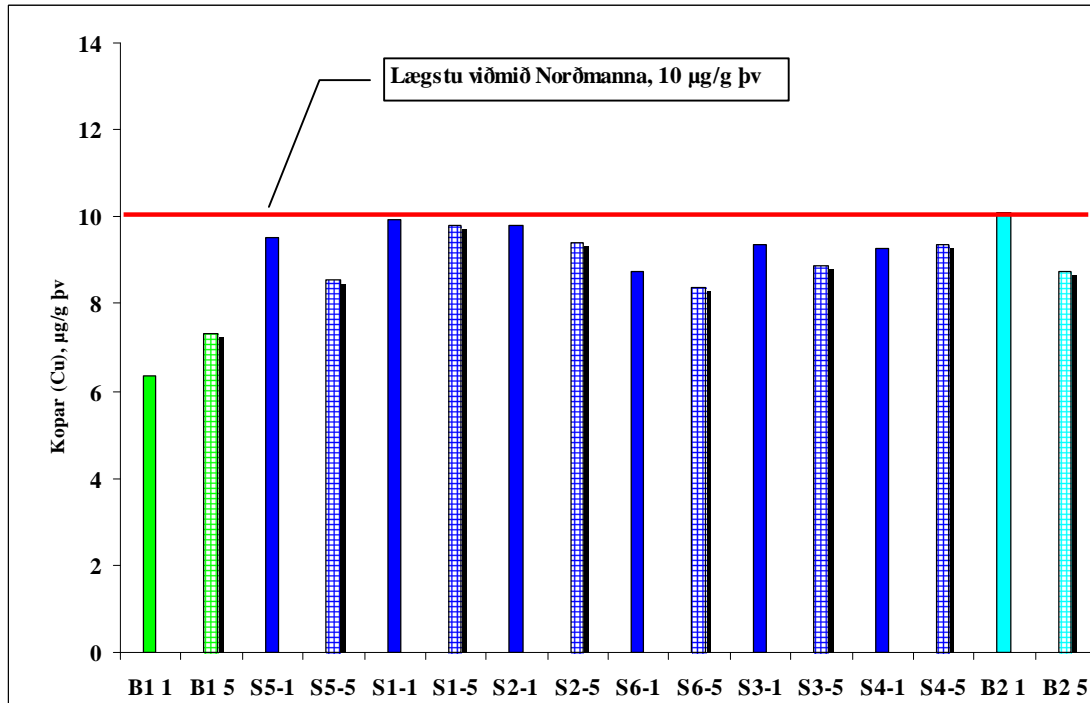


Mynd 20b Styrkur sinks í mjúkvef kræklings á þurrvígtargrunni og meðalstyrkur stöðva 2004 og 2000.

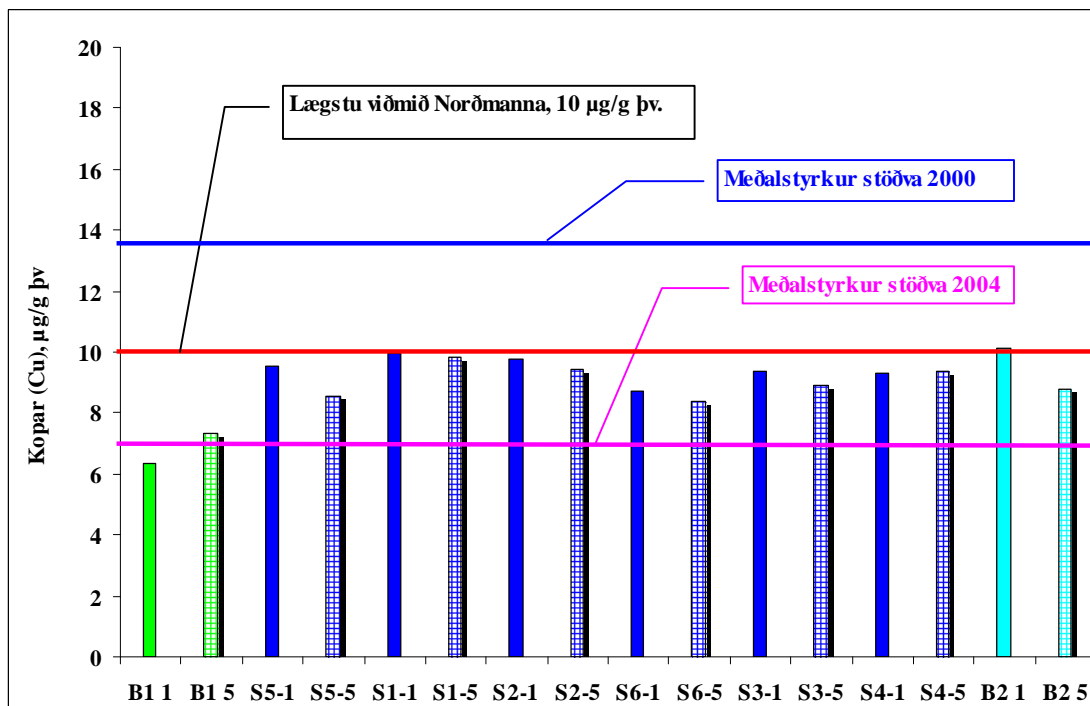
5.3 Kopar

Koparstyrkur í mjúkvef kræklings á þurrvígtargrunni er sýndur á mynd 21a. Ekki er kerfisbundinn marktækur munur á kræklingi á 1 og 5 m dýpi. Sjá má að styrkur kopars hefur hækkað í kræklingnum við eldið á stöðvunum við verksmiðjusvæðið en einnig á viðmiðunarstöðinni. Þetta gerðist einnig 2004 en styrkurinn 2007 er hins vegar marktækt hærri á þurrefnisgrunni en hann var 2004 eða um 30% hærri að meðaltali (parað t-próf; $p < 0,05$), sjá mynd 21b, en munurinn er minni á votvígtargrunni eða um 10%, sem þó er enn marktækt. Í rannsókninni 2000 var meiri

breytileiki á milli stöðva en bæði 2004 og 2007,- styrkurinn 2000 var þó marktækt hærri á þurrefnisgrunni en 2007 (parað t-próf; $p < 0,05$). Meðalstyrkurur stöðvanna 2000 setti svæðið í annan flokk samkvæmt viðmiðunum í Noregi [17] eða svæði undir nokkrum áhrifum (“moderat forurenset”). Kræklingurinn á stöðvunum sex er hins vegar ómarktækt frábrugðinn viðmiðuninni lokin (ANOVA; $p > 0,05$).



Mynd 21a Styrkur kopars í mjúkvaf kræklings á þurrvigtagrunni.

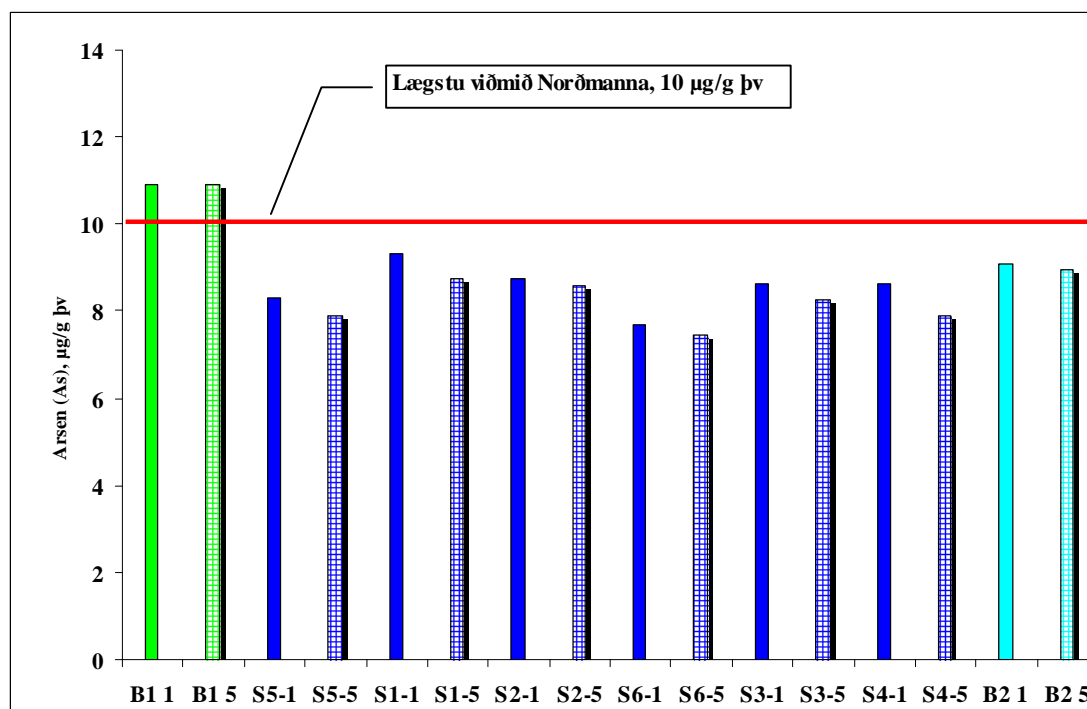


Mynd 21b Styrkur kopars í mjúkvaf kræklings á þurrvigtagrunni og meðalstyrk stöðva 2000 og 2004.

Styrkur kopars 2007 er jafnhár eða lægri en lægsta viðmiðunargildi í Noregi segir til um [17] og setur svæðið í fyrsta flokk samkvæmt því flokkunarkerfi. Það á við um bæði sink og kopar að kræklingurinn getur stjórnað upptöku þeirra fari styrkur sjávarins ekki yfir ákeðin mörk. Styrkur kopars sem og annarra ólífrænna snefilefna í kræklingi getur verið mismunandi frá einu ári til annars [18] og þó svo lægstu viðmiðunarmörk í Noregi séu jöfn hæsta styrk í þessari rannsókn þá er þessi styrkur kopars vanalegur í innlendum sem erlendum gagnagrunnum fyrir krækling af ómenguðum svæðum [18].

5.4 Arsen

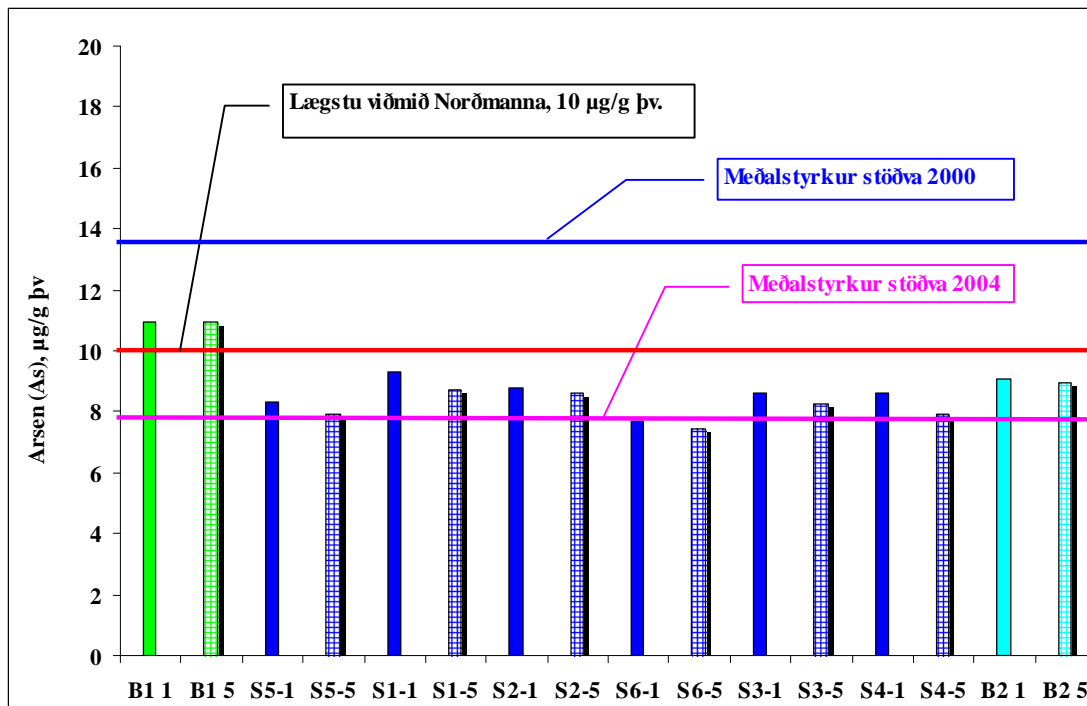
Arsenstyrkur er sýndur á mynd 22a á þurrvigtargrunni og má sjá að styrkur arsens hefur lækkað á stöðvunum sex og í banka meðan á eldinu stóð. Heildarmagn arsens í hverjum meðaleinstakling hefur hins vegar vaxið marktækt í banka meðan á eldinu stóð (t-próf; $p < 0,05$) og er magn arsens á stöðvunum ekki marktækt frábrugðið magni bankans í lokin (t-próf; $p > 0,05$). Einnig sést að bankaviðmiðunin í upphafi er örlítið yfir lægstu viðmiðunarmörkum í Noregi [17] en annars eru sýni og banki í lokin undir þessari lægstu viðmiðun og flokkar svæðið því í fyrsta flokk af fimm. Almennt eru sýni stöðvanna á 1 m dýpi hærri í arseni en kræklingurinn á 5 m dýpi og er munurinn marktækur fyrir öll sýnin tekin saman (parað t-próf; $p < 0,05$). Sýni stöðvanna sex er ómarktækt frábrugðinn bankasýnunum í lokin (ANOVA; $p > 0,05$).



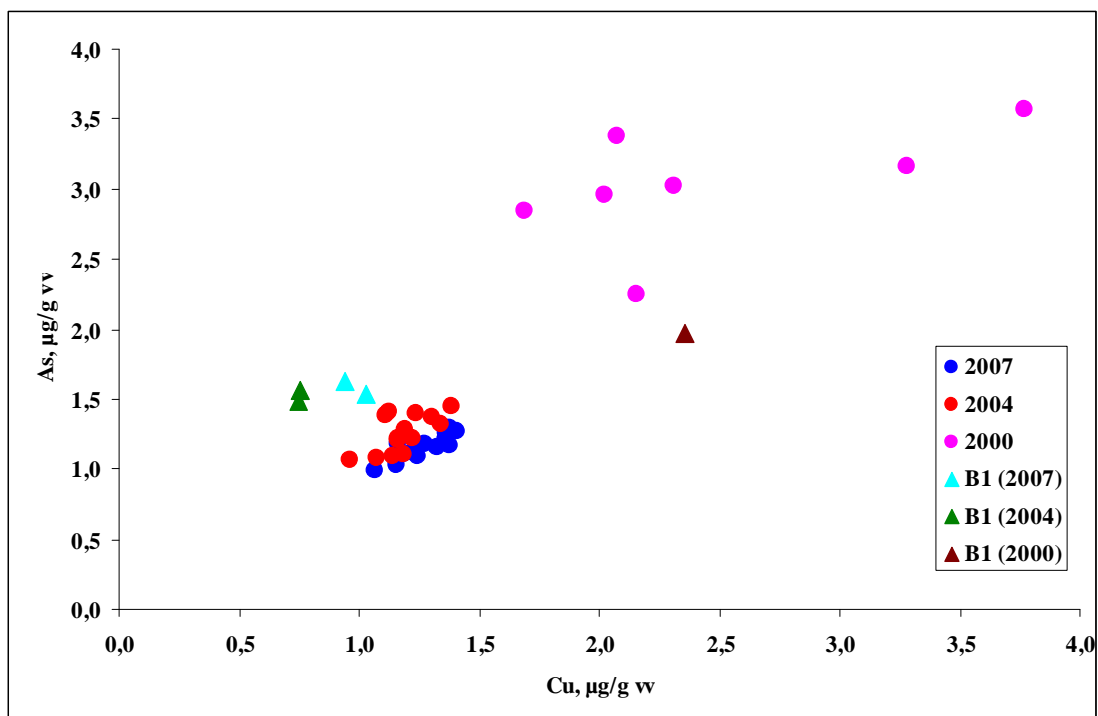
Mynd 22a Styrkur arsens í mjúkvaf kræklinga á þurrvigtargrunni.

Styrkur arsens er almennt örlítið hærri 2007 en 2004, u.þ.b. 10%, marktækt á þurrvigtargrunni en ekki á votvigtargrunni (parað t-próf; 95% CI), sjá mynd 22b. Styrkur arsens á þurr- og votvigtargrunni 2000 var hins vegar talsvert og marktækt hærri en bæði 2004 og 2007 (parað t-próf; $p < 0,05$). Samanburður á myndum 21b og 22b sýnir að arsen og kopar hegða sér svipað á milli ára og í ljós kemur góð fylgni kopars og arsens á stöðvunum og banka í lokin 2007 ($r^2=0,73$) en fylgni var síðri en marktæk ($p < 0,05$) bæði 2004 ($r^2=0,39$) og 2000 ($r^2=0,33$), sjá mynd 22c. Fylgni

kopars og arsens bendir til að kræklingur geti ekki einungis stýrt koparstyrk í vefjum sínum heldur arseni einnig. Stjórnun kræklings á styrk arsens er í samræmi við nýlegar rannsóknir, sem sýna að selta geti haft veruleg áhrif hér á [22,23] en stærsti hluti arsens í kræklingi er óeitrað arsenobetaine, sem kræklingurinn notar við stjórnun á osmótískum þrýstingi.



Mynd 22b Styrkur arsens í mjúkvef kræklings á þurrvigtagrunni og meðalstyrkur stöðva 2000 og 2004.



Mynd 22c Samband styrks arsens og kopars 2000, 2004 og 200. Bankasýni í upphafi (B(1)) eru sérmerkt.

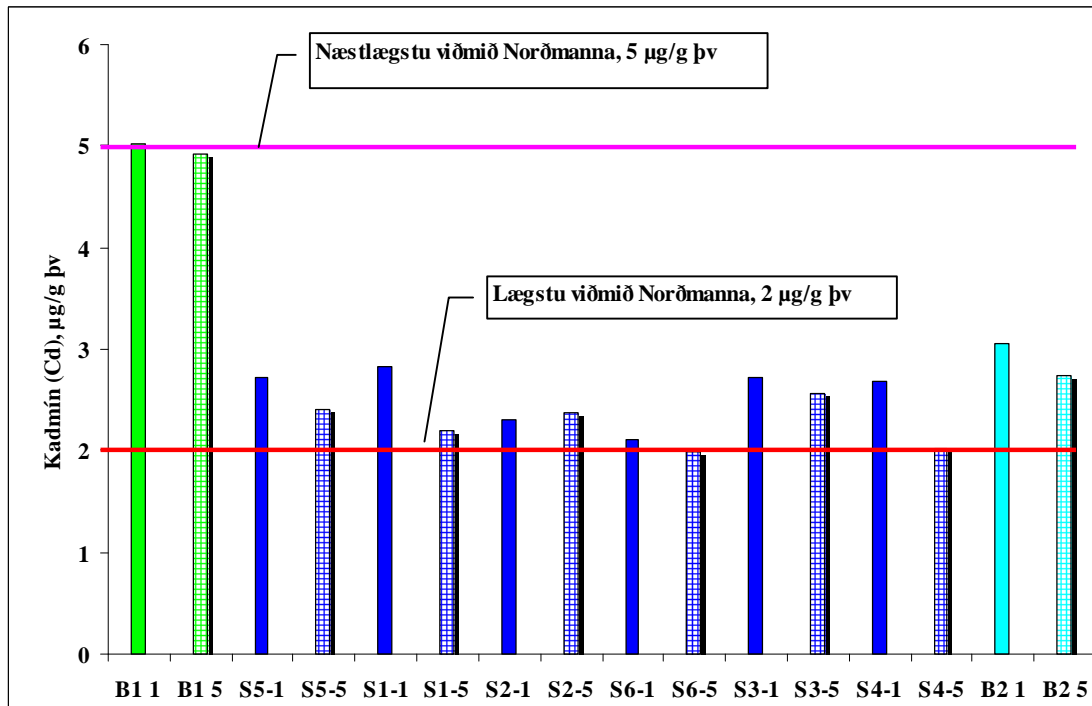
Styrkur arsens sem og annarra ólífræna snefilefna í kræklingi getur verið mismunandi frá einu ári til annars [18] og þó svo lægstu viðmiðunarmörk í Noregi séu nálægt styrk í þessari rannsókn (og yfir þeim árið 2000) þá er þessi styrkur arsens alvanalegur í innlendum sem erlendum gagnagrunnum fyrir krækling af ómengduðum svæðum [18].

5.5 *Kadmín*

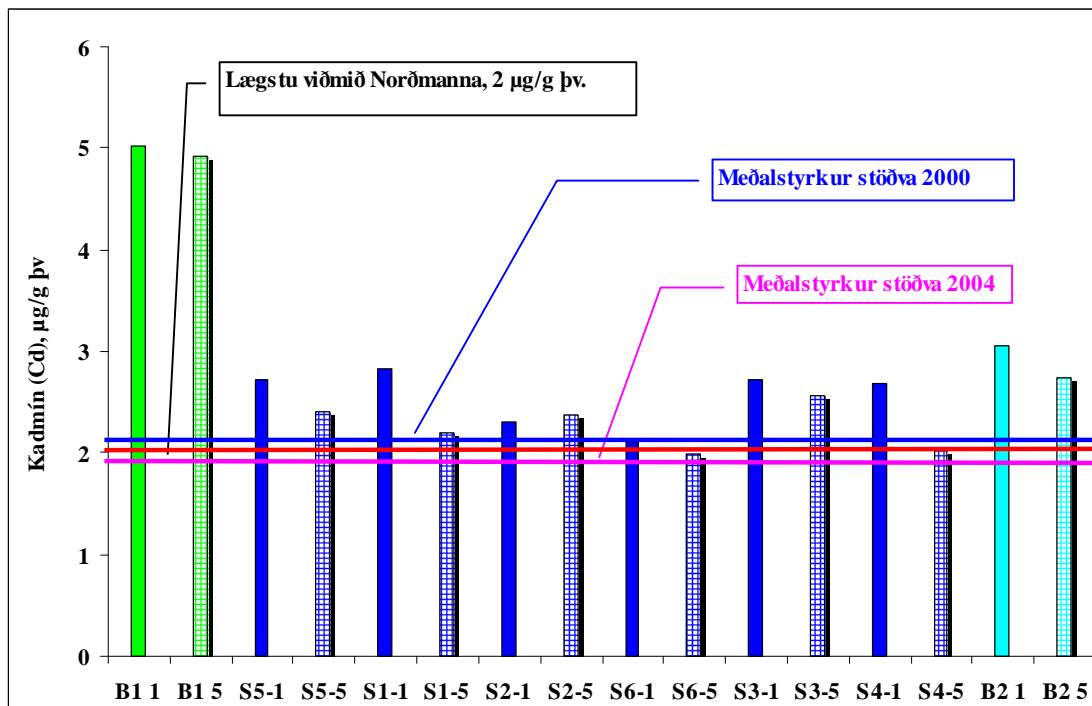
Kadmínstyrkur er sýndur á mynd 22 á þurrvigtagrunni. Styrkur í bankanum í lokinn er örlítið hærri en í sýnunum á stöðvunum sex á þurrefnisgrunni og í heildarmagni (ANOVA; $p=0,048$) en ekki á votvigtagrunni ($p=0,08$). Sýnin á 1 m dýpi eru ekki marktækt hærri en sýnin á 5 m dýpi á þurrvigtagrunni (parað t-próf; $p>0,05$) en þau eru hærri á bæði votvigtagrunni og í heildarmagni. Kadmínstyrkurinn á stöðvunum er marktækt hærri en í rannsókninni 2004 eða um 25% að meðaltali á þurrefnisgrunni ($p<0,05$) en munurinn er minni en marktækur á votvigtagrunni. Styrkurinn 2007 er einnig marktækt hærri en 2000 (á þurrefnisgrunni) en þá voru aðeins þrjár stöðvar til rannsókna (parað t-próf og ANOVA; $p<0,05$), sjá mynd 23a.

Það sem vekur fyrst athygli er að styrkur kadmíns í sýnunum, banka meðtöldum, hefur lækkað um u.þ.b. helming meðan á eldinu við verksmiðjusvæðin stóð. Þetta er sama hegðun og sást 2000 [14] en ekki 2004 [15]. Ef skoðað er heildarmagn kadmíns í hverjum meðaleinstaklingi, mynd 23b, þá sést að magnið hefur ekki minnkað jafnmikið og ekki er um marktæka lækkun í banka að ræða (ANOVA; $p>0,05$) en það á hins vegar við um stöðvarnar, sem eru örlítið lægri en bankinn í lokin. M.ö.o. þá hefur vöxtur kræklinga á eldistímanum þynnt út það kadmín sem fyrir var í kræklingnum. Það er nokkuð algengt að sjá óbreytt magn (byrði) kadmíns þegar kræklingur er settur í búr af fjöru eða úr sjó með hærri styrk kadmíns eins og á við í þessu tilviki því Eyjafjörður sýnir ávallt hærri styrk kadmíns í kræklingi en svæði við t.d. Faxaflóa. Magn kadmíns lækkar hins vegar á löngum tíma og sjá má tilhneigingu í þá veru í þessum niðurstöðum.

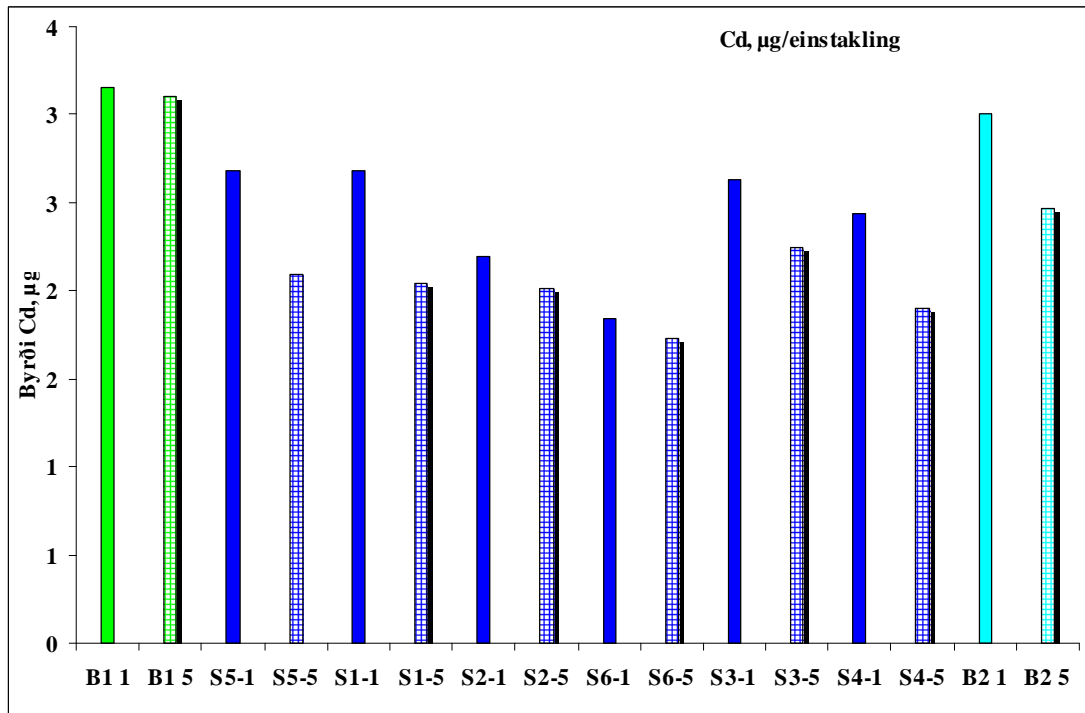
Miðað við viðmiðunarmörk í Noregi [17] lendir svæðið í öðrum flokk sem nokkuð mengað svæði (“Moderat forurenset”) en það á almennt við um krækling úr ómengaðri náttúru Íslands, sem er sérstök m.t.t. kadmíns [18]. Leyfilegt hámarksgildi fyrir kadmín í samlokum er 1 $\mu\text{g/g}$ votvigta [20] en styrkur kadmíns í þessari rannsókn er á bilinu 0,27-0,40 $\mu\text{g/g}$ votvigta á stöðvunum og bankanum í lokin og því ávallt undir neysluviðmiði.



Mynd 22 Styrkur kadmíns í mjúkvef kræklings á þurrvigtargrunni.



Mynd 23a Styrkur kadmíns í mjúkvef kræklings á þurrvigtargrunni og meðalstyrkur stöðva 2000 og 2004.

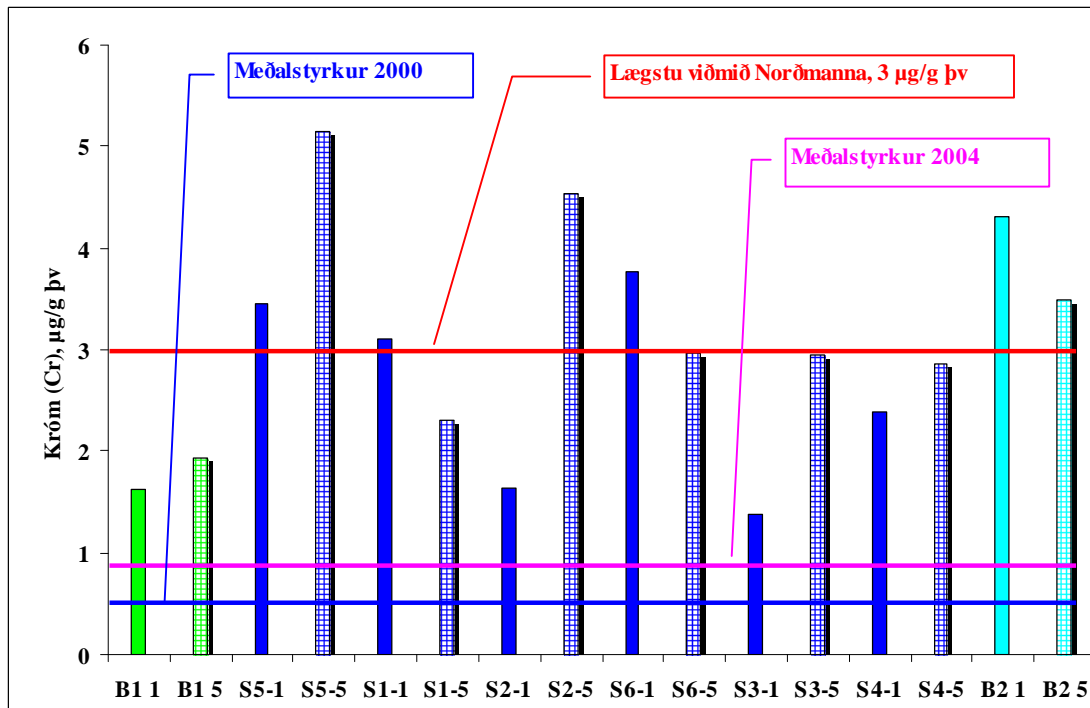


Mynd 23b Byrði eða heildarmagn kadmíns í mjúkvef kræklinga.

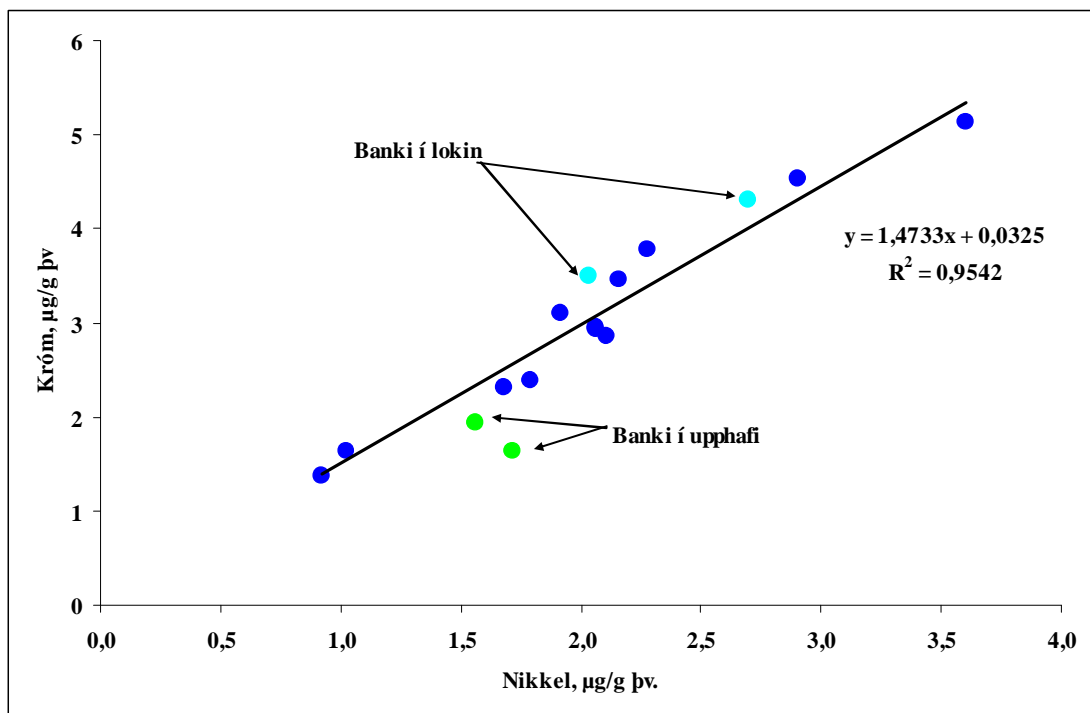
5.6 Króm

Krómstyrkur er sýndur á mynd 24. Króm hegðar sér á ýmsa lund mjög frábrugðið því sem var bæði 2000 og 2004. Í fyrsta lagi er styrkurinn mun breytilegri en fyrri árin en ekki er unnt að sjá tilhneigingu til að styrkurinn hækki eða lækki er nær dregur verksmiðjussvæðinu né er styrkur á 1 m dýpi frábrugðinn styrknum á 5 m dýpi. Í öðru lagi er styrkur í banka í upphafi hærri en styrkur króms á stöðvunum fyrri árin og er styrkur í banka í lokin marktækt hærri en styrkur bankans í upphafi (t-próf; $p < 0,05$). Vegna mikils breytileika í niðurstöðum fyrir króm á stöðvunum er hins vegar ekki marktækur munur á stöðvunum og banka í upphafi eða banka í lokin (ANOVA; $p > 0,05$). Nokkur sýni fara yfir lægstu viðmið Norðmanna fyrir króm í kræklingi af lítt eða óverulega menguðum svæðum ($3 \mu\text{g/g}$ þurrvig) [17], banki í lokinn meðtalinn. Meðalkrómstyrkur stöðvanna og banka í lokin er jafn lægsta viðmiði í Noregi fyrir króm. Krómstyrkur 2004 er nokkuð og marktækt hærri en styrkur króms 2000 (parað t-próf; $p < 0,05$) og krómstyrkur 2007 marktækt hærri en krómstyrkurinn 2004 (parað t-próf; $p < 0,05$). Í ljós kemur að styrkur króms fylgir mjög vel styrk nikkels, sjá mynd 25. Athyglisvert er einnig að sjá þetta samband fyrir fyrri ár einnig, sjá mynd 26, en króm hefur ekki hækkað 2000 þó svo nikkell hafi náð jafnháum styrk (og hærri í banka í lokin) en 2007

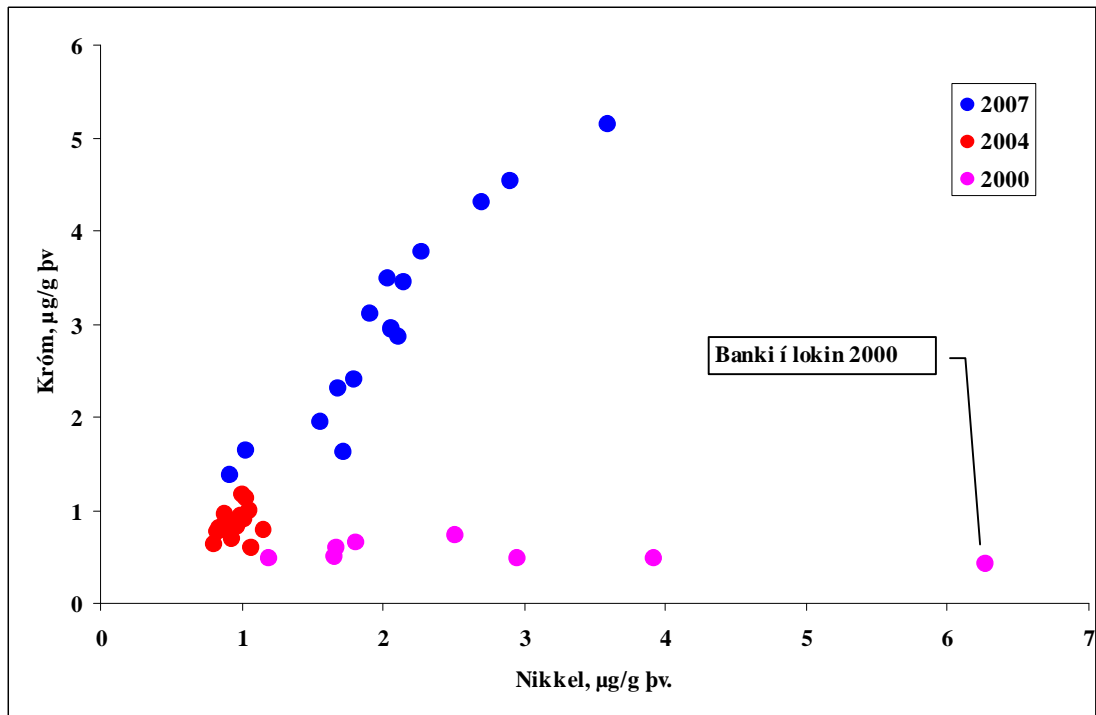
Rannsóknir skýrsluhöfundar á kræklingi úr fjöru við Hvítanes, Hvalfirði, á árunum 2003-2004 sýndi einnig gott samband króms og nikkels (Guðjón Atli Auðunsson, óbirt gögn) og reyndist styrkur bæði króms og nikkels vera hærri en í þessari rannsókn og var styrkur nikkels reyndar hlutfallslega hærri en króms úr fjörunni þó svo margir punktar fjödurannsóknarinnar falli á sama samband og mynd 25 sýnir. Ástæða fyrir þessu er sú að í fjöru er kræklingur í snertingu við agnir botnsets, sem eru ríkar í þessum málum á Íslandi [19]. Skoðun á ösku sýnanna við Grundartanga 2004 og 2007 sýnir að askan 2007 er marktækt hærri 2007 en 2004 (parað t-próf; $p < 0,05$) og hefur króm tilhneigingu til að hækka með hækkaðri ösku (að bankanum í upphafi undanskildum). Þetta bendir til að ástæða fyrir hærri krómstyrks 2007 (og nikkels, sjá að neðan) sé meira upprót af botni 2007 en 2004.



Mynd 24 Styrkur króms í mjúkvafkræklings á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2000 og 2004.



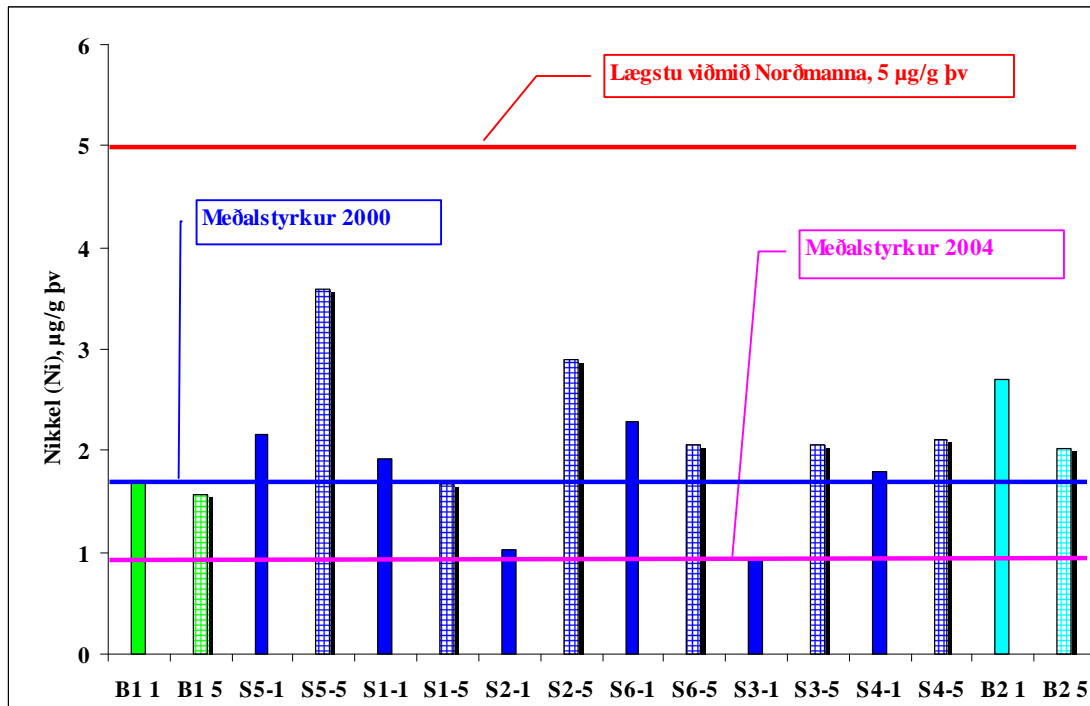
Mynd 25 Samband króms og nikkels í mjúkvafkræklings á þurrvigtagrunni 2007.



Mynd 26 Samband króms og nikkels í mjúkvef kræklinga á þurrvigartarunni, 2000, 2004 og 2007.

5.7 Nikkel

Nikkelstyrkur í kræklingi er sýndur á mynd 27. Eins og í tilviki króms er breytileiki mikill milli sýna á stöðvunum í samræmi við fylgni þessara málma, mynd 25. Styrkur nikkels vex ekki marktækt í bankanum og ekki er marktækur munur á bankanum í lokin/upphafi og sýnum stöðvanna (ANOVA; $p > 0,05$). Ekki er marktækur munur á milli stöðvanna 2000 og 2007 (parað t-próf; $p > 0,05$) en styrkurinn 2007 (og 2000) er marktækt hærri en hann var 2004 (parað t-próf; $p < 0,05$). Þess má geta að sá styrkur sem hér sést í kræklingnum er jafnhár eða lægri en sá styrkur sem er að finna í kræklingi af ströndu við Hvítanes, Hvalfirði, sjá umfjöllun að ofan fyrir króm (Guðjón Atli Auðunsson, óbirtar niðurstöður). Styrkur nikkels er jafnframt lægri en lægstu viðmið í Noregi segja til um, þ.e. lítt eða óverulega mengað svæði [17]. Ástæða hærri styrks nikkels á stöðvunum 2007 en 2004 er að öllum líkindum sú sama og fyrir króm.

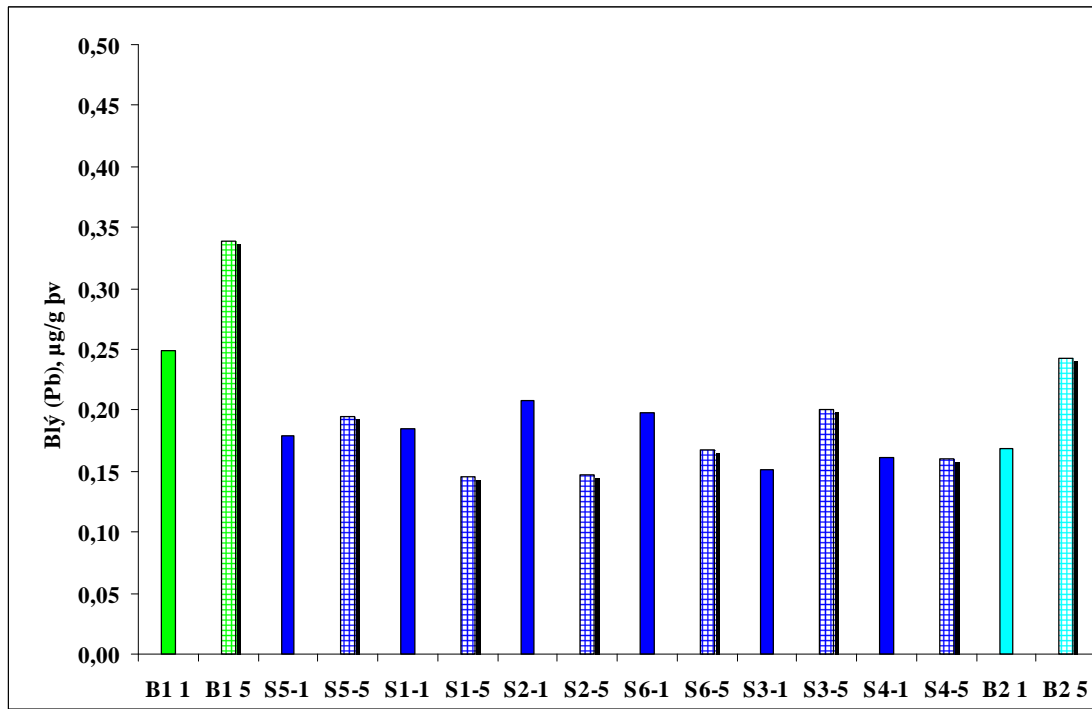


Mynd 27 Styrkur nikkels í mjúkvæf kræklings á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2000 og 2004.

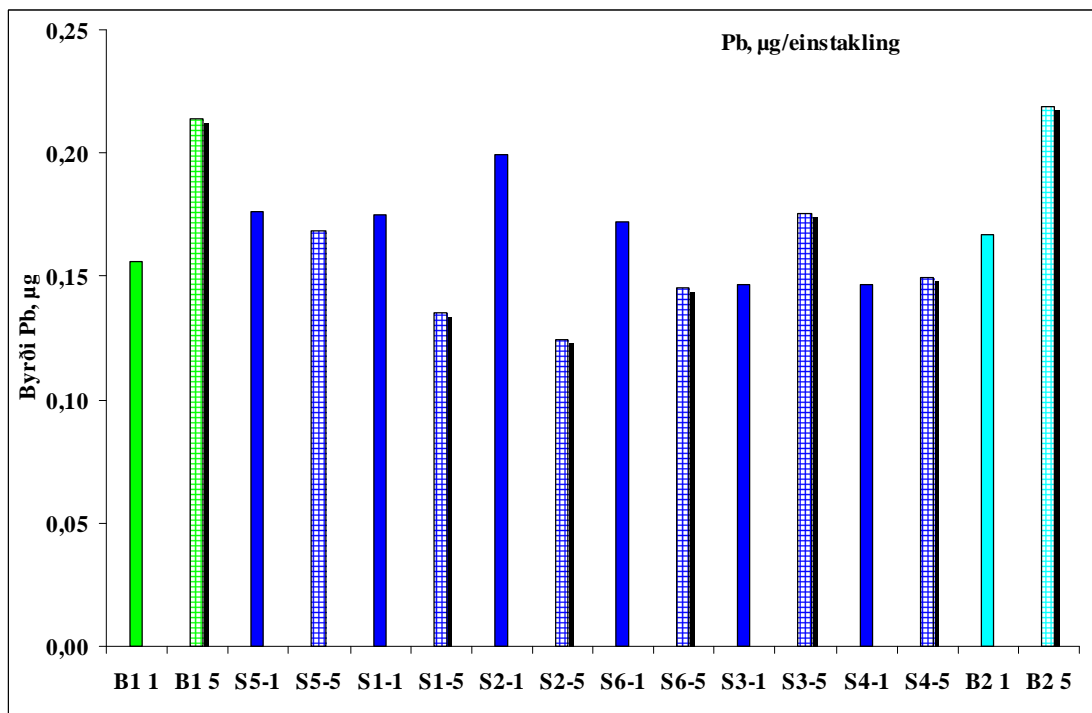
5.9 Blý

Mynd 28 sýnir styrk blýs á þurrvigtagrunni. Enga tilhneigingu er að sjá í styrk blýs er farið er frá austri til vesturs fyrir farman verksmiðjusvæðin. Ekki er kerfisbundinn marktækur munur fyrir sýnin á 1 og 5 m dýpi (parað t-próf; $p > 0,05$). Styrkur á þurrefnisgrunni hefur lækkað marktækt meðan á eldinu stóð en banki í lokin er ófrábrugðinn sýnunum á stöðvunum (ANOVA; $p > 0,05$). Ef skoðað er heildarmagn blýs í hverjum meðaleinstakling, byrðin, má sjá að það hefur haldist óbreytt meðan á eldinu stóð, sjá mynd 29. Mynd 30 sýnir að lokum að styrkurinn 2007 er marktækt lægri en hann var 2004, sem kann að eiga sér skýringu í breytileik styrks milli ára [18] og er styrkur blýs langt undir lágsta viðmiði í Noregi [17]. Blý var ekki mælt í rannsókninni 2000.

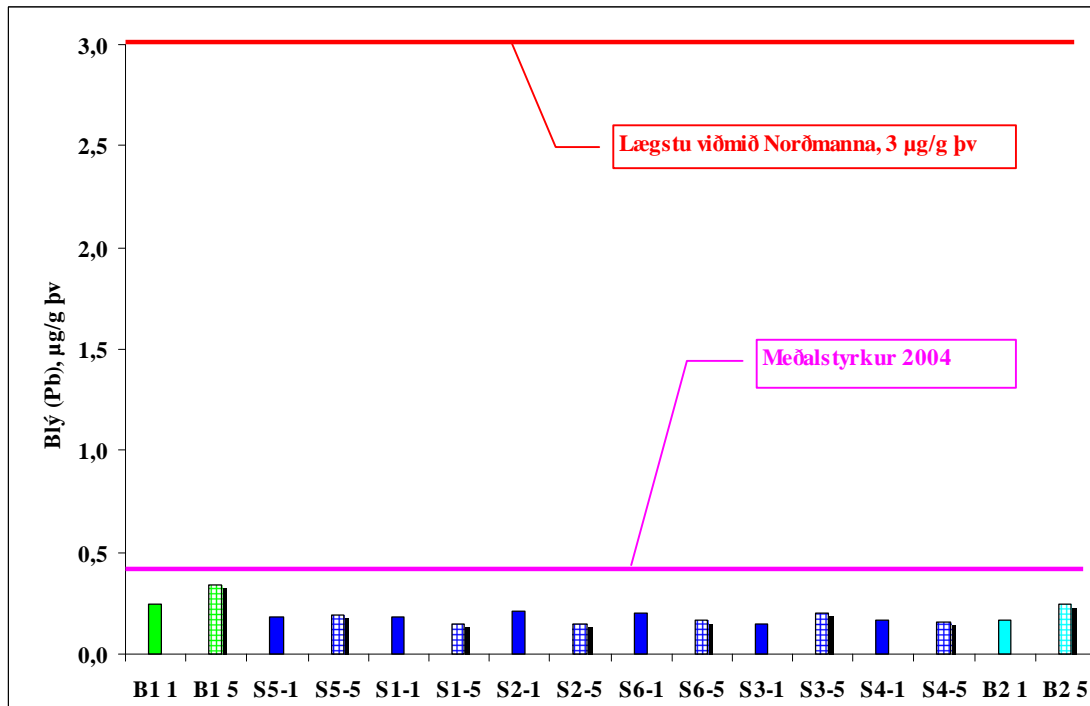
Samlokur til neyslu hafa hámarksgildið $1,5 \mu\text{g/g}$ votvigta fyrir blý [20] og er styrkur blýs í þessari rannsókn og rannsókninni 2004 mjög langt undir því gildi eða rúmlega 50-falt lægri en mörkin kveða á um.



Mynd 28 Styrkur blýs í mjúkvef kræklings á þurrvigtagrunni 2007.



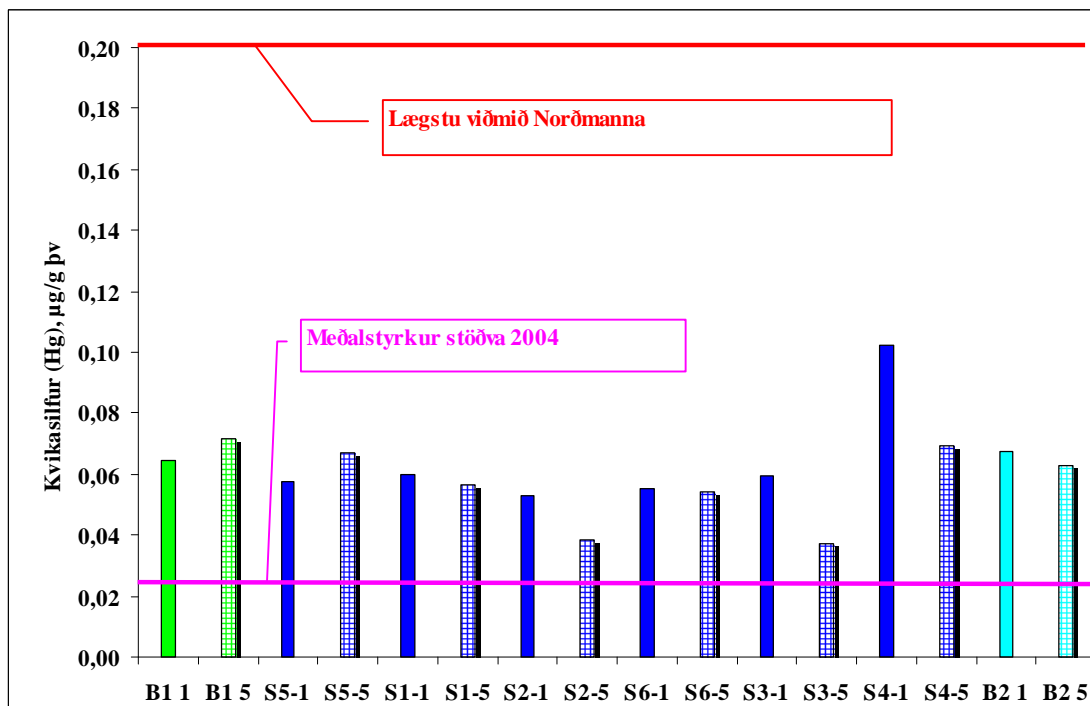
Mynd 29 Heildarmagn blýs eða byrði blýs í mjúkvef kræklings.



Mynd 30 Styrkur blýs í mjúkvaf kræklings á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.

5.10 Kvikasilfur

Mynd 31 sýnir styrk kvikasilfurs á þurrvigtagrunni. Ekki er marktækur og kerfisbundinn munur á sýnum á 1 og 5 m dýpi og hefur styrkur í banka ekki breyst marktækt (parað t-próf; $p > 0,05$). Ekki er marktækur munur milli allra stöðvanna og bankasýnanna en sýni á 1 m dýpi á stöð 4, fjarst verksmiðjusvæðinu, sýnir hærri styrk en bankarnir. Ástæða er til að ætla að þetta komi til af mælifræðilegum orsökum. Svæðið er því ekki undir álagi af völdum kvikasilfurs.



Mynd 31 Styrkur kvikasilfurs í mjúkvaf kræklings á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.

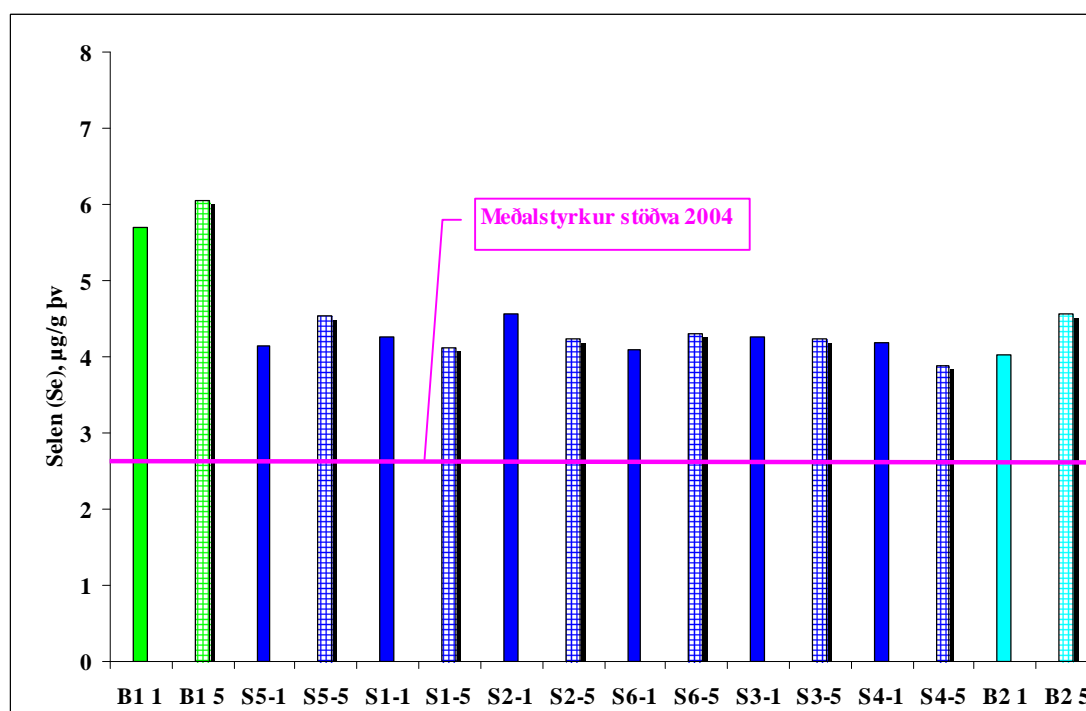
Mynd 31 gerir einnig grein fyrir því að styrkur kvikasilfurs er langt undir lægstu viðmiðun í Noregi fyrir krækling og svæðið að þessu leytnu því ósnortið. Hins vegar er styrkur kvikasilfurs marktækt hærri 2007 en 2004. Styrkurinn, sem mælist 2007 er jafnframt nokkuð hærri en almennt má búast við í eldi við Ísland en náttúrulegur breytileiki milli ára getur verið umtalsverður og styrkurinn 2007 innan þess breytileikabils [18]. Áþekkur styrkur kvikasilfurs mældist í Hvalfirði á árunum 1978-1980, bæði af ströndu og í eldi [21]. Kvikasilfur var ekki mælt í rannsókninni 2000. Kvikasilfur er ásamt kadmíni og blýi með leyfilegna hámarksstyrk kvikasilfurs í kræklingi til manneldis og er það 0,5 µg/g votvigtar [20] eða um 50-falt hærri styrk en um er að ræða í þessari rannsókn.

5.11 Selen

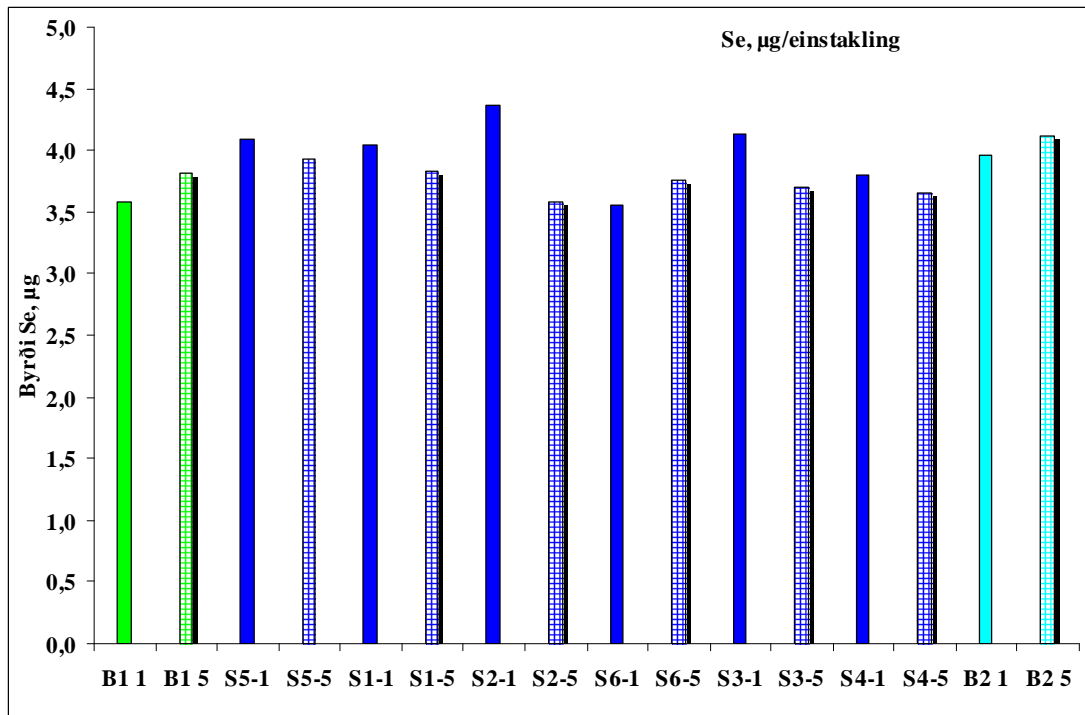
Selenstyrkur á þurrvigtargrunni er sýndur á mynd 32 og sést þar að styrkur selens hefur lækkað meðan á eldinu stóð, banka meðtöldum, en styrkur í banka í lokin er ekki marktækt frábrugðinn styrk stöðvanna (ANOVA; $p > 0,05$). Ekki er kerfisbundinn munur á sýnum á annars vegar 1 m dýpi og 5 m dýpi hins vegar (parað t-próf; $p > 0,05$). Lækkun í styrk meðan á eldi stóð mátti einnig sjá í tilviki arsens, kadmíns og blýs. Heildarmagn selens í meðaleinstaklingi, byrðin, hefur hins vegar ekki breyst marktækt í banka (t-próf; $p > 0,05$), sjá mynd 33. Svæðið er samkvæmt þessu ekki undir álagi selens.

Mynd 32 sýnir hins vegar að styrkur selens 2007 er marktækt hærri en styrkurinn sem mældur var 2004 (parað t-próf; $p < 0,05$) og hærri en almennt hefur mælst af ströndu og í eldi á Íslandi [18]. Styrkurinn sem mældist 2004 var eins og almennt má gera ráð fyrir í íslenskum kræklingi og erlendum gagnabönkum um selen í kræklingi [18]. Ekki er kunn ástæða fyrir þessum mun en selen eins og kvikasilfur og blý var aðeins mælt hjá NIVA en öll önnur frumefni á NMI (Cr, As og Cd bæði á NIVA og NMÍ). Selen var ekki mælt í rannsókninni 2000.

Ekki hafa verið sett viðmiðunamörk fyrir selen í kræklingi eða öðrum lífverum sjávar né eru til hámarksgildi fyrir styrk selens í matvælum.



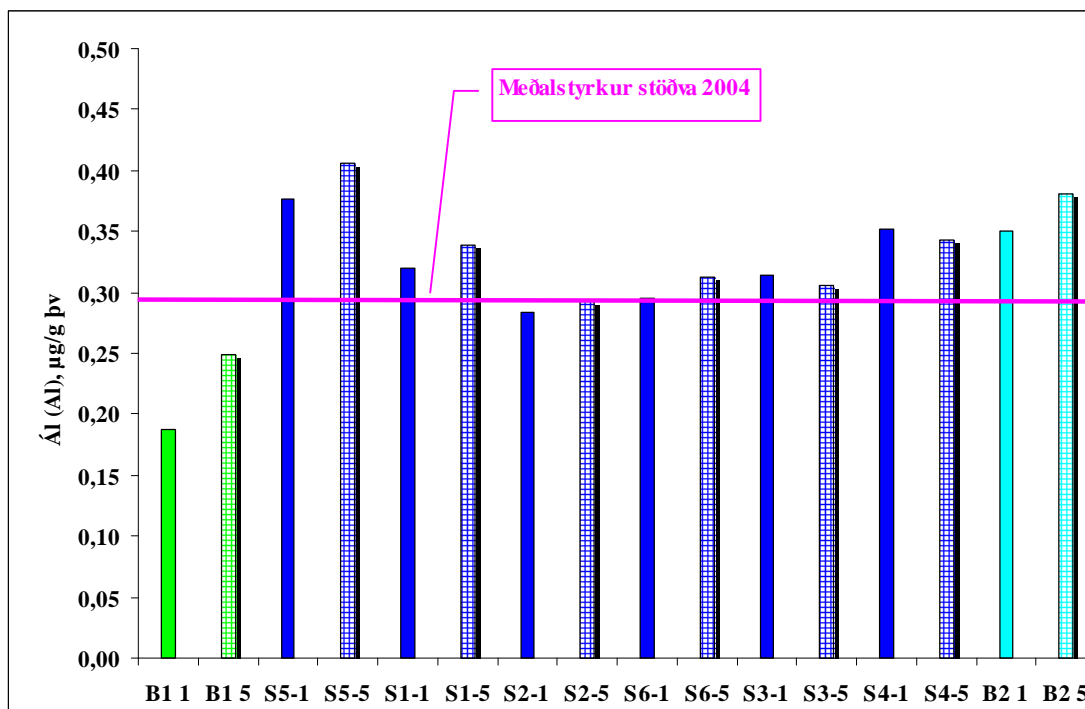
Mynd 32 Styrkur selens í mjúkvaf kræklinga á þurrvigtargrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.



Mynd 33 Heildaragn selens eða byrði selens í mjúkvafkræklings.

5.12 Ál

Mynd 34 sýnir styrk áls í kræklingi á þurrvigtagrunni og má þar sjá að styrkurinn hefur vaxið við eldið, banka meðtöldum. Ekki er kerfisbundinn marktækur munur á stöðvum á 1 og 5 m dýpi (parað t-próf; $p > 0,05$). Ekki er marktækur munur á banka í lokin og sýnum af stöðvunum (ANOVA, $p > 0,05$). Sýni af stöð 5, bæði dýpi, er marktækt herra en af öðrum stöðvum á þurrvigtar- og votvigtagrunni (ANOVA, $p < 0,05$) en stöðin er ekki marktækt frábrugðin banka í lokin (t-próf; $p > 0,05$).



Mynd 34 Styrkur áls í mjúkvafkræklings á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.

Samanburður niðurstaðna 2007 við niðurstöður 2004 sýnir að að meðaltali sé um mjög svipaðan styrk að ræða á stöðvunum en hann reynist marktækt hærri 2007 vegna þessa hærri styrks á stöð 5 (parað t-próf; $p < 0,05$). Án stöðvar 5 er ekki um marktækan mun að ræða. Breytileiki í niðurstöðunm milli stöðva og innan stöðva var hins vegar talsvert meiri 2004 en 2007.

Ekki eru til viðmiðunamörk fyrir ál í kræklingi eða öðrum lífverum sjávar né hafa verið sett hámarksgildi á styrk áls í matvælum.

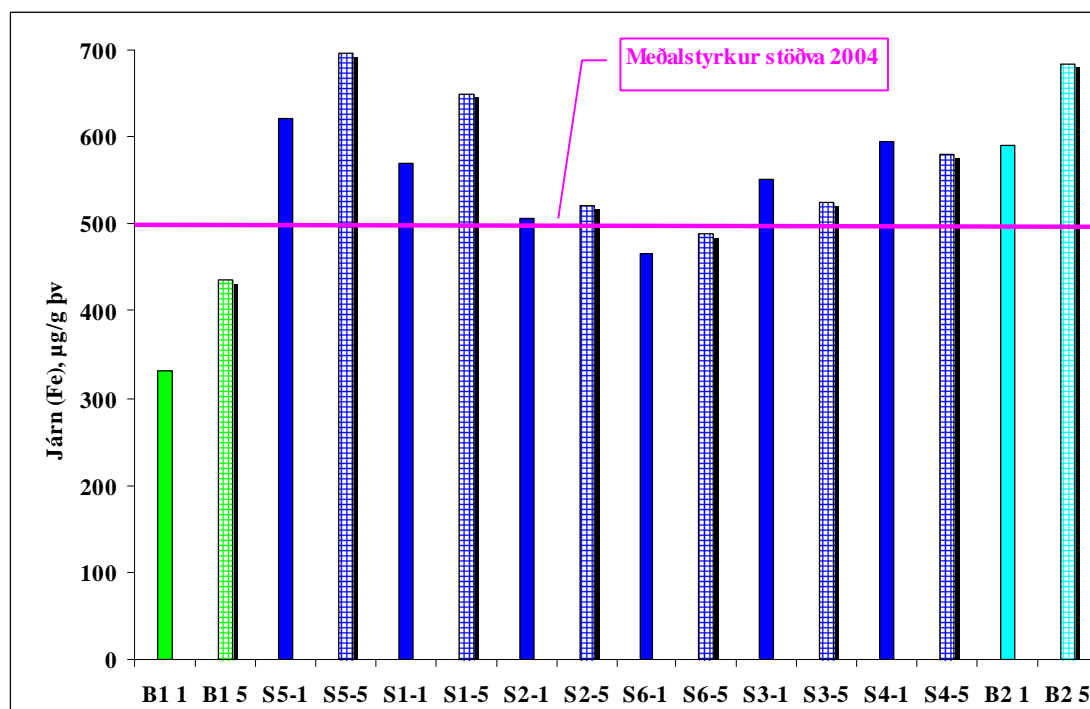
5.13 Járn

Á mynd 35 má sjá styrk járn á þurrvigtagrunni og má sjá annars vegar hækkun í kræklingnum meðan á eldi stóð (eins og fyrir As, Cd, Pb og Al) og mjög áþekka hegðun járnstyrksins eins og fyrir ál. Ekki er kerfisbundinn marktækur munur á stöðvum á 1 og 5 m dýpi (parað t-próf; $p > 0,05$). Ekki er marktækur munur á banka í lokin og sýnum af stöðvunum (ANOVA, $p > 0,05$). Sýni af stöðvum 5 og 1, bæði dýpi, eru marktækt herra en af öðrum stöðvum á þurr- og votvigtagrunni (ANOVA, $p < 0,05$) en þessar tvær stöðvar eru þó ekki marktækt frábrugðnar banka í lokin (t-próf; $p > 0,05$).

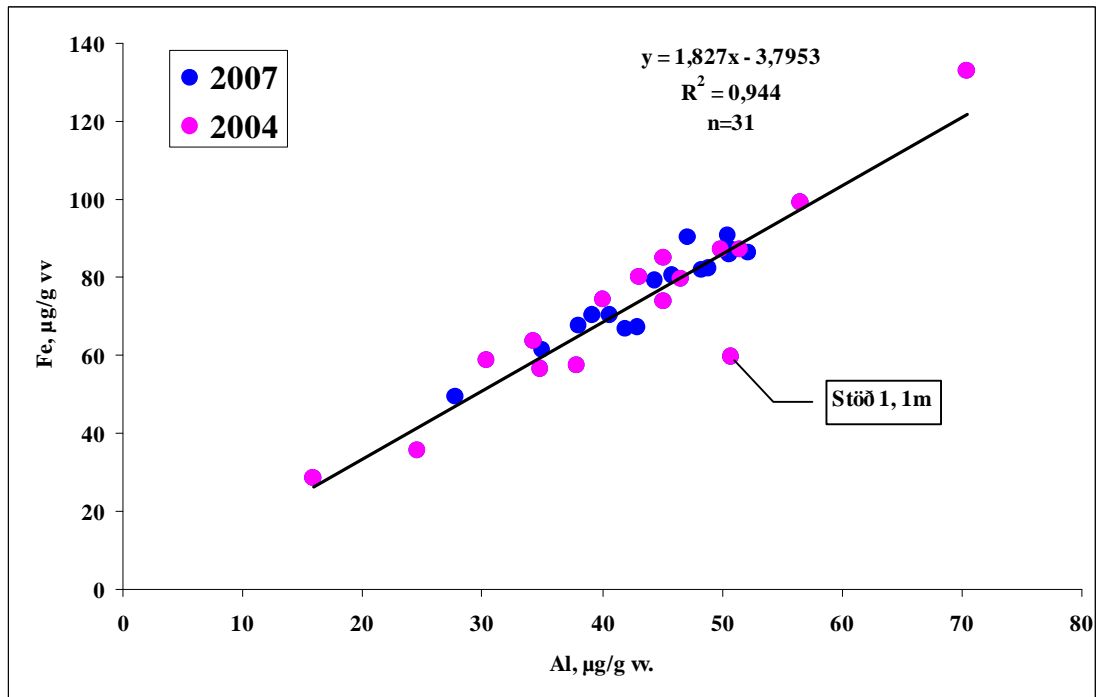
Samanburður niðurstaðna 2007 við niðurstöður 2004 sýnir að ekki er um marktækan mun að ræða (parað t-próf; $p < 0,05$).

Eins og reyndist vera raunin með niðurstöurnar 2004, þá er mikil fylgni milli áls og járn, sjá mynd 36, sem helgast af því að þessi frumefni eiga rætur að rekja til náttúrulegs landræns framburðar og sets [18], en aðeins stöð 1, 1 m dýpi, viku nokkuð frá þessum venslum járn og áls. Af þessum sökum hefur mátt sjá styrk járn falla í eldiskræklingi er frá dregur ströndu [18].

Ekki eru til viðmiðunamörk fyrir járn í kræklingi eða öðrum lífverum sjávar né hafa verið sett hámarksgildi á styrk járn í matvælum enda um nauðsynlegt snefilefni að ræða.



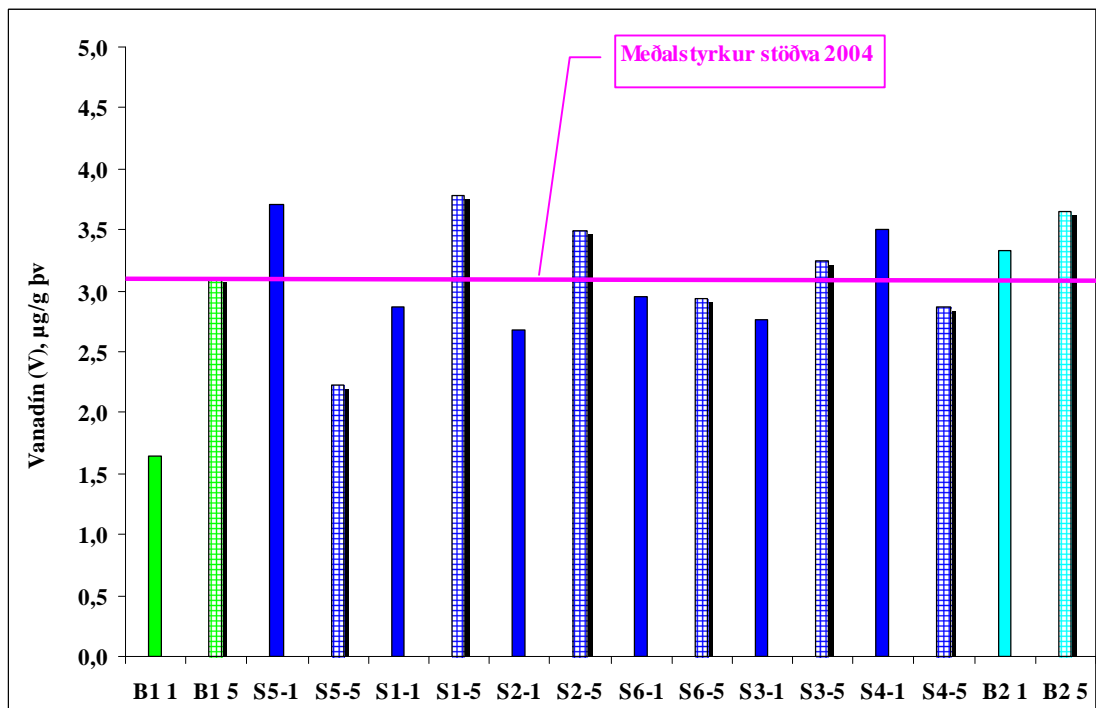
Mynd 35 Styrkur járn í mjúkvef kræklinga á þurrvigtagrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.



Mynd 36 Fylgni í styrk járn og áls í kræklingsýnum á votvigtargrunni fyrir bæði 2004 (bleikir punktar) og 2007 (bláir punktar). Niðurstaða fyrir stöð 1 á 1 m dýpi var ekki höfð með við útreikning á línu.

5.14 Vanadín

Mynd 37 sýnir styrk vanadíns á þurrvigtargrunni og má sjá nokkurn breytileik í niðurstöðum en ekki er kerfisbundinn marktækur munur á 1 og 5 m dýpi á stöðvunum (parað t-próf; $p > 0,05$). Ekki er marktækur munur á banka í lokin og sýnum af stöðvunum (ANOVA, $p > 0,05$). Samanburður niðurstaðna 2007 við niðurstöður 2004 sýnir að ekki er um marktækan mun að ræða (parað t-próf; $p < 0,05$). Vanadín var ekki mælt í rannsókninni 2000.



Mynd 37 Styrkur vanadíns í mjúkvef kræklings á þurrvigtargrunni 2007 og meðalstyrkur stöðva 2004.

6. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á PAH-EFNUM

Niðurstöður mælinga á PAH-efnum í mjúkvef kræklingssins er að finna í viðauka III. PAH-efni eru oftast nefnd sem meginmengunarefni við t.d. álframléiðslu [5,6].

Aðeins sex efni mældust yfir greiningarmörkum og koma þau fram í töflu VII, þ.e. naftalen, fluoranten, pyren, benzo(e)pyren, perylen og benzo(b+j)fluoranten. 13 efni mældust aldrei yfir greiningarmörkunum eða acenaftýlen, acenaften, fluoren, dibenzotiofen, fenantren, antracen, benz(a)antracen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenz(ac+ah)antracen, benzo(ghi)perylene og chrysen. Tafla VII sýnir að fyrir utan naftalen er um mjög lága styrki að ræða, þ.e. aðeins örlítið yfir greiningarmörkum.

Tafla VII Styrkur mælanlegra PAH-efna í mjúkvef kræklingss

Niðurstöður í µg/kg á votvigtargrunni (vv).

Stöð	Naftalen	Fluoranten	Pyren	Benzo(e)pyren	Perylen	Benzo(b+j)fluoranten
B 1-1	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
B 1-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 5-1	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 5-5	8,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 1-1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 1-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 2-1	<1	0,58	0,53	0,56	0,63	0,52
S 2-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,61	<0,5
S 6-1	4,2	0,61	0,59	<0,5	<0,5	<0,5
S 6-5	1,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 3-1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 3-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 4-1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S 4-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
B 2-1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
B 2-5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Naftalen er rokgjarnasta PAH-efnið og gæti t.d. komið til vegna meðferðar á olíu eða tjöru og er víða að finna en athygli vekur að naftalen mælist nú á viðmiðunarstöðinni í upphafi á 1 m dýpi og árið 2000 mældist naftalen á viðmiðunarstöðinni í lok tilraunar og var þá 8 µg/kg vv eða eins og hæsta gildið í rannsókninni nú. Ef um olíulosun í umhverfið er að ræða þá hefur hún líklegast átt sér stað tiltölulega skömmu fyrir sýnatöku því viðverutími PAH-efna almennt og sérstaklega naftalens er skammur í kræklingi, dagar og e.t.v. vikur ef um mikla mengun hefur verið að ræða. Viðmiðunarmörk í Noregi taka til þriggja þátta PAH-efna, þ.e. benzo(a)pyren, krabbameinsframkallandi PAH-efna (CPAH) og EPA16 án naftalens [17]. Umhverfismörk Norðmanna er varðar EPA16 miða við EPA-aðferð 8310. Ástæða þess að viðmiðunarmörkin í Noregi miðast við EPA16 án naftalens er líklegast komin til af lítilli eiturvirkni naftalens og þeirri staðreynd að naftalen er víða að finna.

Tafla VII sýnir að aðeins stöðvar 2 og 6 eru með mælanlega styrki PAH-efna til viðbótar naftaleni. Í báðum tilvikum er aðallega um að ræða búrin á 1 m dýpi sem bendir til að um loftborna mengun sé að ræða eða mengun sem berst með efsta lagi sjávarins. Í rannsókninni 2004 var stöð 6 einnig sú sem PAH-efni mældust helst í (fenantren, fluoranten, pyren og benzo(e)pyren) en þá á 5 m dýpi, en einnig á stöð 3 (5m) (2,6-dímetýlnaftalen og benzo(a)pyren). Þessar niðurstöður fyrir öll þrjú árin

eru í samræmi við þá staðreynd að stöðvar 2 og 6 eru líklegastar til að sýna svörun við umhverfisáhrifum verksmiðjurekstrarins og því næst kæmi stöð 3.

Benzo(a)pyren, eitraðasta PAH-efnið, mælist nú aldrei yfir greiningarmörkum eða minna en 0,5µg/kg vv í öllum sýnunum eins og var raunin 2000 [14] en benzo(a)pyren mældist einu sinni yfir greiningarmörkum 2004 eða 0,84 µg/kg á stöð 3, á 5m dýpi. Lægstu umhverfisviðmið í Noregi fyrir benzo(a)pyren eru 1µg/kg vv [17] eða yfir þeim styrk sem mældur var 2004. Fyrir krækling til mannelis eru mörkin 10 µg/kg vv fyrir benzo(a)pyren [20] og er allur kræklingurinn í þessari rannsókn og fyrri rannsóknum langt undir þeim mörkum. Þess má geta að kræklingur til mannelis í Evrópu var með meðalstyrk 1,5 µg/kg vv benzo(a)pyren (LB og UB, sjá að neðan; n=167) [24] eða meir en þrefalt hærri en í kræklingi þessarar rannsóknar.

Tafla VIII tekur saman CPAH og EPA16 í sýnunum. Reiknaður er lágstyrkur (eða lower bound, LB) og hástyrkur (upper bound, UB) í öllum tilvikum. LB-styrkur er reiknaður þannig að styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn núlli en UB-styrkur er reiknaður þannig að styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn greiningarmörkunum. Aðeins er ástæða til að skoða EPA16 án naftalens og CPAH. Lægstu mörk Norðmanna fyrir EPA16 án naftalens eru 50 µg/kg vv [17] og má sjá að stöðvar 2 og 6, þar sem PAH-efni utan naftalens mælast, eru mjög langt undir þessum lögstu mörkum.

Er varðar CPAH, þá er aðeins um að ræða benzo(b+j)fluoranten á stöð 2 (1 m dýpi), örlítið yfir greiningarmörkum eða 0,52 µg/kg vv. Lægstu umhverfisviðmiðunarmörk í Noregi fyrir þennan flokk efna eru 10 µg/kg vv [17] eða um 20-falt hærri en hér mælist. Þess má geta að í 167 sýnum af kræklingi til mannelis í Evrópu og lágu fyrir hjá Matvælaöryggisstofnun Evrópu (EFSA) 2008 [24], þá reyndist meðalstyrkur CPAH vera 17,31 µg/kg vv (LB) og 17,36 µg/kg vv (UB), vel yfir lögstu umhverfismörkum í Noregi og mjög hátt yfir því sem þessi rannsókn sýnir.

Tafla VIII Styrkur PAH-efnaflokka í mjúkkvef kræklings

Niðurstöður í µg/kg á votvigtargrunni (vv).

Stöð	Summa allra		EPA16		EPA 16		CPAH	
	LB	UB	LB	UB	án naftalens LB	án naftalens UB	LB	UB
B 1-1	1	11,5	1	10,5	0	9	0	4
B 1-5	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 5-1	1,2	11,7	1,2	11,7	0	9	0	4
S 5-5	8,2	18,7	8,2	18,7	0	9	0	4
S 1-1	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 1-5	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 2-1	2,82	11,82	1,63	10,63	1,63	9,13	0,52	4,02
S 2-5	0,61	11,61	0	10,5	0	9	0	4
S 6-1	5,4	14,9	5,4	13,9	1,2	9,2	0	4
S 6-5	1,3	11,8	1,3	10,8	0	9	0	4
S 3-1	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 3-5	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 4-1	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
S 4-5	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
B 2-1	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4
B 2-5	0	11,5	0	10,5	0	9	0	4

7. LOKAORÐ OG NIÐURSTAÐA

Almennt má fullyrða að um lítil áhrif verksmiðjurekstrarins sé að ræða í þeim þáttum sem mældir voru í kræklingi í þessari rannsókn en þessir efnaþættir eru taldir líklegastir til að sjást í umhverfi nálægt verksmiðjurekstri sem þessum. Er um margfalt minni mengun að ræða en þekkt í t.d. Noregi [5,6]. Hér koma ugglaut til hinir miklu straumar og vatnsskipti framan við athafnasvæðið og lítil losun frá verksmiðjurekstrinum. Styrkur ólífænu snefilefnanna var innan marka þess sem sjá má í ómengaðri íslenskri náttúru en hegðun þeirra er hins vegar háð mjög mörgum umhverfisbreytum. Stöðvar 2 og 6 næst verksmiðjusvæðinu sýndu mælanleg en mjög lítil áhrif á styrk PAH-efna.

Þessar niðurstöður eru í samræmi við fyrri rannsóknir árána 2000 og 2004. Ástæða er þó til að vakta reglulega vistkerfi sjávar með viðlíka rannsóknum og hér hefur verið lýst en viðmiðunartsöð mætti gjarnan flytja fjær líklegu áhrifasvæði verksmiðjurekstrarins, t.d. innar í Hvalfjörð.

8. HEIMILDIR

1. Svend-Aage Malmberg og Jóhannes Briem. *Straummælingar í Hvalfirði í júní-ágúst 1978*. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar No. 4/85. Maí 1985.
2. Stefán Kristmannsson 1983. *Hitastig, selta og vatns- og seltubúskapur í Hvalfirði 1947-1978*. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar nr. 9.
3. Guðjón Atli Auðunsson og Hannes Magnússon 1995. *Kræklingsrannsóknir 1994 vegna væntanlegrar losunar frárennslis frá Reykjavík. Framhald-I*. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Skýrsla Rf 96. September 1995.
4. R.Seed 1976. *Ecology í Marine mussels: their ecology and physiology* (B.L.Bayne, ritstjóri). Cambridge University Press 1976. Bls. 13-66.
5. K.Naes, J.Knutzen and L.Berglind 1995. *Occurrence of PAH in marine organisms and sediments from smelter discharge in Norway*. Sci.Tot.Envirón., 163: 93-106.
6. J.Knutzen 1995. *Effects on marine organisms from polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and other constituents of waste water from aluminium smelters with examples from Norway*. Sci.Tot.Envirón., 163: 107-122.
7. J.O.Levin, M.Rhén and E.Sikström 1995. *Occupational PAH exposure: urinary 1-hydroxypyrene levels of coke oven workers, aluminium smelter pot-room workers, road pavers, and occupationally non-exposed persons in Sweden*. Sci.Tot.Envirón., 163: 169-178.
8. International Agency for Research on Cancer (1973). *Monograph on the Evaluation of Carcenogenic Risk of the Chemical to Man: Certain Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heterocyclic Compounds*. Vol. 3 Geneva, Switzerland: World Health Organization.
9. IARC, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcenogenic Risk of Chemicals to Humans. Overall Evaluation of Carcenogenicity: An Updating of IARC Monograph Volumes 1-42*. Suppl. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 1987.
10. A.J.Gunther, J.A.Davis, D.D.Hardin, J.Gold, D.Bell, J.R.Crick, G.M.Scelfo, J.Sericano, and M.Stephenson 1999. *Long-term Bioaccaumulation Monitoring with Transplanted Bivalves in the San Francisco Estuary*. Mar.Poll.Bull., 38: 170-181.
11. N.T.Prakash and K.S.J.Rao 1993. *Relationship between metal content in bivalve shell and its physical parameters*. Fresenius Envirón. Bull., 26: 14-19.
12. P.B.Lobel et. al. 1991. *Improved Protocol for Collecting Mussel Watch Specimens Taking into Account Sex, Size, Condition, Shell Shape, and Chronological Age*. Arch.Envirón.Contam.Toxicol., 21: 409-414.

13. Guðjón Atli Auðunsson 1994. *Kræklingsrannsóknir vegna væntanlegrar losunar frárennslis frá Reykjavík*. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Skýrsla Rf 51. Júní 1994.
14. Guðjón Atli Auðunsson, Elín Árnadóttir, Helga Halldórsdóttir, Joan Ribera Vaño, Martin Eamon Tighe, og Þuríður Ragnarsdóttir. *Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, sumarið 2000*. Skýrsla Rf 3-01. Febrúar 2001.
15. Helga Halldórsdóttir og Guðjón Atli Auðunsson, 2005. *Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringjum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, 2004*. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, verkefnaskýrsla 27 - 05.
16. Jóhanna Björk Weissshappel og Halldór Pálmar Halldórsson 2005. *Mengunarálag í vistkerfi sjávar utan við Grundartanga og Katanes í Hvalfirði vaktað með hjálp kræklinga. Undirbúningur búra, og meðhöndlun og ræktun kræklinga í búrum*. Hönnun hf og Rannsóknastofa í sjávarlíffræði.
17. Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens Fourensningstilsyn (SFT). Veiledning 97:03. Oslo.
18. Guðjón Atli Auðunsson 2005. *Kræklingsrannsóknir: Ánanaust 2000*. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Skýrsla ITÍ0605/EGK02 (6ÞV05186). 150 síður.
19. Guðjón Atli Auðunsson 2005. *Setgildrurannsóknir út af Ánnaustum '00-'01: hafræn meðferð skolps*. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Skýrsla ITÍ0605/EGK01 (6ÞV05186).
20. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
21. Jón Ólafsson 1983. *Þungmálmur í kræklingi við suðvesturland*. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit Nr. 10.
22. Fattorini, D., Notti, A., Di Mento, R., Cicero, A.M., Gabellini, M., Russo, A., and Regoli, F. 2008. *Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic sea: A regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities*. Chemosphere, 72: 1524-1533.
23. Clowes, L.A., and Francesconi, K.A. 2004. *Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel Mytilus edulis is related to salinity*. Comp.Biochem.Physiol C, 137: 35-42.
24. *Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food*. The EFSA Journal (2008) 724, 1-114.

VIÐAUKI I

LÍFFRÆÐILEGIR ÞÆTTIR SÝNA

VIÐAUKI I

Líffræðilegir þættir kræklingssýna

Síða 1 af 4

B 1,1	Fjöldi í búi	111					
9.7.2007	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	2					
	Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd	
	g	g	g	mm	mm	mm	
	median	7,8	4,6	3,2	46,7	17,1	22,9
	geomean	7,5	4,2	3,1	45,9	16,7	22,7
	av	7,8	4,5	3,2	46,1	16,8	22,7
	std	2,0	1,4	0,7	4,7	1,6	1,9
	min	3,8	1,7	1,8	36,2	12,7	18,7
	max	13,8	8,4	5,4	56,2	21,5	28,1

B 1,5	Fjöldi í búi	110					
9.7.2007	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	1					
	Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd	
	g	g	g	mm	mm	mm	
	median	8,0	4,5	3,4	46,8	17,3	22,7
	geomean	8,0	4,5	3,4	47,0	17,2	22,8
	av	8,2	4,7	3,4	47,2	17,4	23,0
	std	1,9	1,3	0,7	4,4	3,5	3,9
	min	4,2	1,5	1,8	37,2	6,3	14,0
	max	13,8	8,2	5,5	58,0	39,0	43,7

S 1,1	Fjöldi í búi	111					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	1					
	Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd	
	g	g	g	mm	mm	mm	
	median	11,6	6,8	4,6	49,5	19,2	24,6
	geomean	11,7	6,9	4,7	49,6	19,1	24,8
	av	11,9	7,0	4,8	49,7	19,2	24,9
	std	2,3	1,4	1,2	3,8	1,7	1,9
	min	7,8	4,7	2,9	41,9	14,9	20,5
	max	20,9	11,5	11,0	60,7	25,6	30,3

S 1,5	Fjöldi í búi	113					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	4					
	Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd	
	g	g	g	mm	mm	mm	
	median	11,8	7,0	4,6	49,9	18,9	24,3
	geomean	11,5	6,7	4,6	49,6	19,1	24,4
	av	11,7	6,9	4,7	49,7	19,1	24,5
	std	2,2	1,5	1,0	4,2	1,5	1,8
	min	6,0	2,8	2,6	39,6	15,9	20,0
	max	18,0	10,2	8,4	63,5	24,0	31,3

VIÐAUKI I

Líffræðilegir þættir kræklingssýna

Síða 2 af 4

S 2,1	Fjöldi í búri	111					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	3					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	12,1	7,2	4,8	50,5	18,8	25,1
	geomean	11,9	6,9	4,8	50,1	19,0	24,9
	av	12,2	7,1	5,0	50,3	19,1	25,0
	std	3,1	1,8	1,5	4,6	2,3	2,2
	min	6,4	3,3	2,8	39,6	14,9	20,5
max	22,5	11,6	12,1	61,9	27,6	30,6	

S 2,5	Fjöldi í búri	111					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	2					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,5	6,9	4,5	50,2	18,6	24,8
	geomean	11,2	6,5	4,5	49,5	18,5	24,5
	av	11,4	6,7	4,6	49,7	18,6	24,6
	std	2,1	1,4	0,8	4,1	1,4	1,8
	min	5,9	2,4	2,9	38,2	14,8	19,1
max	15,9	9,5	6,4	57,9	24,4	28,5	

S 3,1	Fjöldi í búri	109					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	4					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,6	6,8	4,6	49,4	18,9	24,4
	geomean	11,2	6,6	4,5	48,7	18,9	24,3
	av	11,5	6,8	4,6	48,9	19,0	24,4
	std	2,3	1,6	0,9	4,6	1,7	1,9
	min	6,8	3,3	2,9	38,6	14,6	19,5
max	16,4	10,3	7,7	57,9	24,0	28,8	

S 3,5	Fjöldi í búri	114					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	2					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,6	7,0	4,5	50,2	18,5	24,6
	geomean	11,1	6,6	4,4	49,1	18,5	24,5
	av	11,4	6,8	4,5	49,3	18,5	24,6
	std	2,4	1,6	0,9	4,4	1,4	1,8
	min	6,4	3,1	2,7	38,9	15,2	20,1
max	16,6	10,4	6,7	58,1	21,8	28,2	

VIÐAUKI I

Líffræðilegir þættir kræklingssýna

Síða 3 af 4

S 4,1	Fjöldi í búi	112					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	3					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,7	6,6	4,7	49,4	18,9	24,4
	geomean	11,5	6,6	4,8	49,3	18,9	24,5
	av	11,8	6,8	4,9	49,5	19,0	24,5
	std	2,5	1,7	1,0	4,1	1,6	1,7
	min	6,1	3,1	3,0	40,7	15,9	21,5
max	21,1	13,2	8,6	61,0	25,1	30,2	

S 4,5	Fjöldi í búi	112					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	1					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,1	6,5	4,6	48,8	19,1	24,5
	geomean	11,2	6,4	4,6	48,4	19,1	24,5
	av	11,5	6,6	4,8	48,6	19,2	24,6
	std	2,7	1,9	1,0	4,9	1,9	2,2
	min	5,8	2,9	2,8	38,7	15,6	18,3
max	20,6	13,1	7,4	63,9	25,2	31,5	

S 5,1	Fjöldi í búi	109					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	6					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	12,3	7,4	4,8	50,7	19,3	25,2
	geomean	12,2	7,1	5,0	50,1	19,7	24,9
	av	12,6	7,3	5,1	50,3	19,9	25,0
	std	2,9	1,7	1,4	4,2	2,4	2,0
	min	7,0	3,3	3,0	39,1	16,4	19,9
max	21,4	12,2	10,4	59,1	30,0	30,2	

S 5,5	Fjöldi í búi	110					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	1					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,5	7,0	4,6	49,8	18,9	24,6
	geomean	11,8	6,9	4,7	49,8	19,1	24,7
	av	12,0	7,1	4,8	50,0	19,2	24,7
	std	2,7	1,6	1,3	4,0	2,0	1,9
	min	7,1	4,1	2,8	41,9	15,3	20,6
max	20,9	11,9	9,1	62,5	25,9	29,7	

VIÐAUKI I

Líffræðilegir þættir kræklingssýna

Síða 4 af 4

S 6,1	Fjöldi í búi	112					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	3					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	10,97	6,38	4,43	47,90	18,54	24,02
	geomean	10,60	6,10	4,36	47,71	18,52	24,12
	av	10,87	6,31	4,46	47,92	18,60	24,18
	std	2,41	1,61	0,97	4,51	1,75	1,79
	min	5,75	2,58	2,53	38,50	15,24	20,20
max	16,86	10,51	7,00	59,73	24,66	29,09	

S 6,5	Fjöldi í búi	109					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	3					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,6	6,5	4,7	49,1	19,1	23,9
	geomean	11,1	6,3	4,6	48,3	19,2	23,8
	av	11,4	6,5	4,7	48,6	19,3	23,9
	std	2,5	1,7	1,1	5,1	2,0	2,1
	min	6,6	3,2	2,9	37,1	15,0	18,7
max	19,2	11,0	9,4	64,5	25,2	28,5	

B 2, 1 24.9.2007	Fjöldi í búi	110					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	0					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	12,5	7,2	4,9	50,9	19,0	24,7
	geomean	12,4	7,1	5,1	50,8	19,4	24,7
	av	12,6	7,3	5,2	50,9	19,5	24,8
	std	2,7	1,6	1,4	3,7	2,1	1,9
	min	7,1	1,9	2,8	43,2	15,3	21,2
max	20,2	12,1	10,8	62,4	27,3	29,9	

B 2, 5 24.9.2007	Fjöldi í búi	110					
	Fjöldi í sýni	100					
	Fjöldi dauðra	4					
		Þyngd	Þyngd holds	Þyngd skeljar	Lengd	Hæð	Breidd
		g	g	g	mm	mm	mm
	median	11,9	6,8	4,8	50,1	19,4	24,9
	geomean	11,8	6,8	4,8	49,8	19,5	24,9
	av	12,0	7,0	4,9	50,0	19,6	25,0
	std	2,4	1,6	1,2	4,4	2,1	1,9
	min	7,8	4,3	3,1	40,4	16,2	19,7
max	19,0	11,7	9,2	61,2	27,1	30,1	

VIÐAUKI II

NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á ÓLÍFRÆNUM SNEFILEFNUM

VIÐAUKI II

Niðurstöður mælinga ólífrænum snefilefnum

Seinni tala fyrir hvert frumefni er óvissa í mælingu tvísýnis

Mælieining: µg/g votvigt (vv)

Stöð	Al	Fe	V	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	F	Pb	Se	Hg
B 1-1	27,7	1,7	0,24	0,24	0,03	0,00	14,7	0,9	0,745	1,04	0,037	0,85	0,010
B 1-5	35,0	0,7	0,44	0,27	0,07	0,01	15,9	0,4	0,692	1,04	0,048	0,85	0,010
S 5-1	52,2	1,9	0,51	0,48	0,05	0,02	16,2	0,6	0,377	0,97	0,025	0,57	0,008
S 5-5	50,7	3,3	0,28	0,64	0,04	0,00	13,8	0,2	0,302	0,96	0,024	0,57	0,008
S 1-1	44,4	0,4	0,40	0,43	0,25	0,06	16,0	0,1	0,391	1,11	0,026	0,59	0,008
S 1-5	47,2	2,7	0,53	0,32	0,00	0,03	15,9	0,2	0,305	0,93	0,020	0,57	0,008
S 2-1	39,3	2,2	0,37	0,23	0,00	0,01	16,3	0,2	0,319	0,98	0,029	0,63	0,007
S 2-5	38,0	2,1	0,45	0,59	0,09	0,06	15,3	1,0	0,309	1,01	0,019	0,55	0,005
S 6-1	42,0	3,4	0,42	0,54	0,13	0,03	15,1	0,3	0,301	0,90	0,028	0,58	0,008
S 6-5	42,9	4,2	0,40	0,41	0,04	0,01	15,0	0,5	0,274	0,95	0,023	0,59	0,007
S 3-1	45,9	0,4	0,40	0,20	0,01	0,02	15,8	0,1	0,397	1,02	0,022	0,62	0,009
S 3-5	40,6	2,1	0,43	0,39	0,06	0,02	15,5	0,3	0,342	0,96	0,027	0,56	0,005
S 4-1	48,3	2,4	0,48	0,33	0,02	0,02	16,2	0,4	0,370	0,97	0,022	0,58	0,014
S 4-5	50,7	1,3	0,42	0,42	0,00	0,03	16,1	0,2	0,298	0,96	0,024	0,57	0,010
B 2-1	48,9	1,5	0,46	0,60	0,19	0,02	15,5	2,5	0,424	1,06	0,024	0,56	0,009
B 2-5	50,5	2,1	0,48	0,46	0,03	0,03	15,5	0,5	0,363	1,20	0,032	0,61	0,008

VIÐAUKI III

NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á PAH-EFNUM



NORSK
AKKREDITERING
Nr. TEST009

ANALYSE RAPPORT

Norsk Gaustadalléen 21
Institutt 0349 Oslo
for Tel: 22 18 51 00
Vannforskning Fax: 22 18 52 00

Navn **Gudjon Atli Audunsson**
Adresse **Island**

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2008-338

23.08.2011

O.nr. O 26251 06

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	V07163 91903	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
2	V07163 91904	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
3	V07163 91905	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
4	V07163 91906	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
5	V07163 91907	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
6	V07163 91908	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
7	V07163 91909	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5	6	7
Tørrstoff	%	B 3	14	13	13	11	12	12	13
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	1,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acenaftylene	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,58
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,53
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(k) fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,56
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	0,62	<0,5	0,63
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	1	0	0	2,1	0,62	0	2,82
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet	1	0	0	0	0	0	1,63
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	0	0	0	0	0	0	0,52
Sum NPd	µg/kg v.v.		1	0	0	0	0	0	0
Beregnet*									
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,52
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-338

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	V07163 91910	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
9	V07163 91911	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
10	V07163 91912	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
11	V07163 91913	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
12	V07163 91914	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
13	V07163 91915	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
14	V07163 91916	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12	13	14
Tørrstoff	%	B 3	11	14	14	12	14	13	10
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	0,8
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<1	<1	<1	<1	<1	1,2	8,2
Acenaftylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,7
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	0,61	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	0,61	0	0	0	0	1,2	8,2
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet	0	0	0	0	0	1,2	8,2
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	0	0	0	0	0	0	0
Sum NPD	µg/kg v.v.		0	0	0	0	0	1,2	8,2
Beregnet*									
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-338

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	V07163 91917	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06
16	V07163 91918	2007.11.21	2008.02.20	2008.03.26-2008.04.06

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16
Tørrstoff	%	B 3	13	13
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,2	1,2
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	4,2	1,3
Acenaftylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	<2	<2
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	0,61	<0,5
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	0,59	<0,5
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	5,4	1,3
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet	5,4	1,3
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	0	0
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet	4,2	1,3
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5

Norsk institutt for vannforskning

Rainer G. Lichtenthaler
PhD

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-338

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM NPD er summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen, C₁-C₃-naftalener, C₁-C₃-fenantrener og C₁-C₃-dibenzotiofener.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,c+a,h)antracen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

Kommentarer

- 1 * Beregningsmetoder er ikke akkreditert
Rapporteringsgrensen for fenantren er noe høyere enn normalt pga høy blindverdi.
PAH: En hus-standard (blåskjell) ble analysert parallelt med prøvene som en del av kvalitetskontrollen. Resultatet for samtlige forbindelser lå innenfor aksjonsgrensene.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

