

Nýsköpun & neytendur  
Consumers & Products

Vinnsla, virðisauki & eldi  
Value Chain, Processing  
& Aquaculture

Mælingar & miðlun  
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni  
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir  
Food Safety, Environment  
& Genetics



# Grandskoðum þann gula frá miðum í maga - rannsókn á þáttum sem hafa áhrif á verðmæti þorskafla

Helga Gunnlaugsdóttir  
Jónas R. Viðarsson  
Ásta M. Ásmundsdóttir  
Cecilia Garate  
Hrönn Jörundsdóttir  
Ingibjörg G. Jónsdóttir  
Sigurjón Arason  
Vordís Baldursdóttir  
Þorsteinn Sigurðsson  
Sveinn Margeirsson

Öryggi, umhverfi og erfðir

Skýrsla Matís 31-10  
September 2010

ISSN 1670-7192

# Grandskoðum þann gula frá miðum í maga - rannsókn á þáttum sem hafa áhrif á verðmæti þorskafla

September 2010

Helga Gunnlaugsdóttir<sup>1)</sup>  
Jónas R. Viðarsson<sup>1)</sup>  
Ásta M. Ásmundsdóttir<sup>1)</sup>  
Cecilia Garate<sup>1)</sup>  
Hrönn Jörundsdóttir<sup>1)</sup>  
Ingibjörg G. Jónsdóttir<sup>2)</sup>  
Sigurjón Arason<sup>1)</sup>  
Vordís Baldursdóttir<sup>1)</sup>  
Þorsteinn Sigurðsson<sup>2)</sup>  
Sveinn Margeirsson<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Matís ohf,

<sup>2)</sup> Hafrannsóknastofnunin



.....  
FISKISTOFA



## Report summary

Titill / Title	<b>Grandskoðum þann gula frá miðum í maga - rannsókn á þáttum sem hafa áhrif á verðmæti þorskafla / Factors influencing the quality and value of the Icelandic cod; a value chain perspective</b>		
Höfundar / Authors	<i>Helga Gunnlaugsdóttir, Jónas R. Viðarsson, Ásta M. Ásmundsdóttir, Cecilia Garate, Hrönn Jörundsdóttir, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Sigurjón Arason, Vordís Baldursdóttir, Þorsteinn Sigurðsson, Sveinn Margeirsson</i>		
Skýrsla / Report no.	31-10	Útgáfudagur / Date	September 2010
Verknr. / project no.	6020 - 1796		
Styrktaraðilar / funding:	<i>Aukið verðmæti sjávarfangs (AVS), HB-Grandi, Guðmundur Runólfsson hf., Fiskistofa, Hafrannsóknastofnunin, Matís</i>		
Ágríp á íslensku	<p>Markmið þessa verkefnis voru að safna ítarlegri upplýsingum en áður hefur verið gert um efnasamsetningu, vinnslueiginleika og verðmæti þorsks í virðiskeðjunni. Helstu niðurstöður rannsóknarinnar eru:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekki reyndist mikill munur í holdafari þorsks eftir árstíma, en holdastuðullinn var þó aðeins hærrí í desember heldur en í kringum hrygningartímam (febrúar-maí) þegar hann var lægstur. Ekkert samband fannst milli holdafars fisks og fituinnihalds lifrar.</li> <li>• Jákvætt samband var milli lifrarstuðuls og fituinnihalds lifrar (<math>R^2 = 0,55</math>). Sambandið var þó ekki línulegt heldur hækkaði fituinnihaldið hratt við lágan lifrarstuðul en minna eftir því sem lifrarstuðullinn hækkaði. Sömuleiðis hækkaði fituinnihald lifrar með lengd og aldri bæði hjá hængum og hrygnum.</li> <li>• Fituinnihald lifrar, þyngd fisksins eða holdastuðullinn gefa ekki neinar afgerandi vísbendingar um flakanýtingu. Sömuleiðis hafði vatnsinnihald og vatnsheldni flaka lítil sem engin áhrif á vinnslunýtingu eða los.</li> <li>• Samantekin niðurstaða af mati á áhrifum kyns, kynþroska og aldurs á flakanýtingu er sú að það er munur á flakanýtingu milli einstakra veiðiferða, sá munur virðist að einhverju leiti háður kynþroska fisksins og er samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum lægst á kynþroskastigi 4 (þ.e.a.s fiskur í hrygningu eða hrygndur). Rétt er þó að benda á að talsvert ójafnvægi er í gagnasafninu varðandi dreifingu kynþroska í einstakra veiðiferðum og tiltölulega fá sýni eru af fiski af kynþroskastigum 3 og 4 samanborið við kynþroskastig 1 og 2.</li> <li>• Gerður var samanburður á styrk PCB7 í þorski beint úr hafi annars vegar og eftir vinnsluna, þ.e.a.s. í frosnum flökum, hins vegar. Ekki reyndist marktækur munur á styrk PCB7 í heilum fiski og frosnum þorskflökum, fiskvinnslan virðist því ekki hafa áhrif á styrk þessara efna í flökunum.</li> <li>• Ekkert tölfræðilega marktækt samband var milli styrks járn (Fe), selens (Se), blýs (Pb) eða PCB7 og kyns, aldurs eða kynþroska. Tölfræðilega marktækt samband er milli styrks kvikasilfurs í holdi þorsks (þ.e.a.s í flökum) og aldurs, lengdar og kynþroska. Þekkt er að kvikasilfur safnast fyrir í holdi fiska með aldri og niðurstöður þessarar rannsóknar eru í samræmi við og byggja undir þessar niðurstöður.</li> </ul>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Þorskur, holdastuðull, lifrarstuðull, fituinnihald lifrar, vinnslueiginleikar, snefilefnagreiningar</i>		

## Report summary

*Summary in  
English:*

The aim of this project is to collect more detailed data about the factors influencing the quality and value of the Icelandic cod during processing, where the end product is frozen fillet. Data were collected from 2007 to 2008 on fillet yield, water content, water capacity, gaping, parasites as well as the chemical composition (nutrients & undesirable substances). These variables are important for the quality and profitability of the cod industry. Emphasis has been laid on connecting these variables to data about fishing ground, season of fishing, sex, sexual maturity in order to increase our understanding on how it is possible to maximize the value of the catch.

In addition, the liver from each individual cod was collected and the fat and water content analysed. The results from this study show that there is a nonlinear relationship ( $R^2 = 0,55$ ) between the liver condition index and the fat content of the liver.

*English keywords:* *Cod, condition index, liver condition index, fat content of liver, processing parameters, trace analysis*

## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	1
2	Efniviður og aðferðir.....	2
2.1	Sýnatökur.....	3
2.2	Vinnslueiginleikar .....	6
2.3	Aldursgreiningar .....	6
2.4	Efnamælingar á lifur og flökum .....	6
2.5	Snefilefnagreiningar .....	6
2.5.1	Staðlar og efni við mælingar á ólífrænum snefilefnum .....	6
2.5.2	Viðmiðunarsýni og gæðaeftirlit - ólífræn snefilefni .....	7
2.5.3	Aðferðafræði - ólífræn snefilefni .....	7
2.5.4	Tækjaupplýsingar - ólífræn snefilefni.....	8
2.5.5	Staðlar og efni við mælingar á lífrænum snefilefnum (PCB7).....	8
2.5.6	Viðmiðunarsýni og gæðaeftirlit – PCB7 .....	8
2.5.7	Aðferðafræði – PCB7 .....	8
2.5.8	Tækjaupplýsingar – PCB7 .....	9
2.6	Tölfræðileg úrvinnsla .....	9
3	Niðurstöður og umræða.....	9
3.1	Er samband milli holdastuðuls og fituinnihalds lifrar? .....	9
3.2	Er samband milli fituinnihalds lifrar og lifrarstuðuls? .....	10
3.3	Er samband milli fituinnihalds í lifur og nýtingar í vinnslu?.....	12
3.4	Hefur vatnsinnihald og vatnsheldni í flaki áhrif á flakanýtingu? .....	13
3.5	Hefur kyn, aldur og kynþroski áhrif á vinnslueiginleika?.....	14
3.6	Tap í kerfi .....	20
3.7	Niðurstöður snefilefnagreininga.....	22
4	Lokaorð.....	26
5	Þakkarorð .....	27
6	Heimildir .....	28

# 1 Inngangur

Rekjanleiki í fiskvinnslu, sjálfbærni veiða og jákvæð ímynd þorskafurða eru í dag lykilþættir sem hafa veruleg áhrif á afurðaverð og markaðssetningu þorsks og þorskafurða. Á síðastliðnum árum hefur krafa neytenda um matvöru sem framleidd er á vistvænan hátt aukist til muna og erlendir kaupendur á íslenskum fiski leggja því mikla áherslu á gæði og rekjanleika í fiskvinnslu ásamt jákvæðri ímynd um hollan og ómengaðan fisk. Það er því mikilvægt að afla gagna um fyrrgreinda lykilþætti þannig að gögnin geti nýst til að hámarka verðmæti þorskaflans.

Markmið þessa verkefnis voru að safna ítarlegri upplýsingum en áður hefur verið gert um efnasamsetningu, vinnslueiginleika og verðmæti þorsks í gegnum alla virðiskeðjuna „frá miðum í maga“. Endapunktur rannsóknarinnar voru frosin þorsflök og því nær rannsóknin ekki yfir þá hlekki sem snúa að flutningi, smásölu og svo framvegis.

Sem dæmi um gögn sem safnað var má nefna:

- Efnasamsetningu holds s.s. næringarefnainnihald og styrk óæskilegra efna
- Vinnslueiginleika s.s. flakanýtingu, los og magn orma
- Ástand lifrar m.t.t. verðmætasköpunar og mat á ástandi stofns

Samspil ofangreindra eiginleika; auk þátta eins og árstíma, veiðisvæðis, kyns, kynþroska, aldurs og aðstæðna við veiðar; með það fyrir augum að hámarka verðmæti þorskaflans, voru rannsökuð.

Hafrannsóknastofnunin hefur til margra ára gert mælingar á holdafari og lifrarstuðli (þyngd lifrar/þyngd fisks) í þorskfiskum eftir árstíðum og veiðisvæðum til að leggja mat á ástand þorskstofnsins. Hins vegar hefur samhengið milli holdafars og fituinnihalds lifrar ekki verið rannsakað áður. Með þessu fást t.d. upplýsingar um hvort tengsl séu á milli fituinnihalds lifrar og lifrarstuðuls og annarra breyta sem hafðar eru til hliðsjónar við mat á ástandi þorsks á mismunandi veiðisvæðum. Þessar upplýsingar hafa einnig verið nýttar til að kanna hvort tengsl séu á milli fituinnihalds í lifur og annarra vinnslueiginleika þorsks.

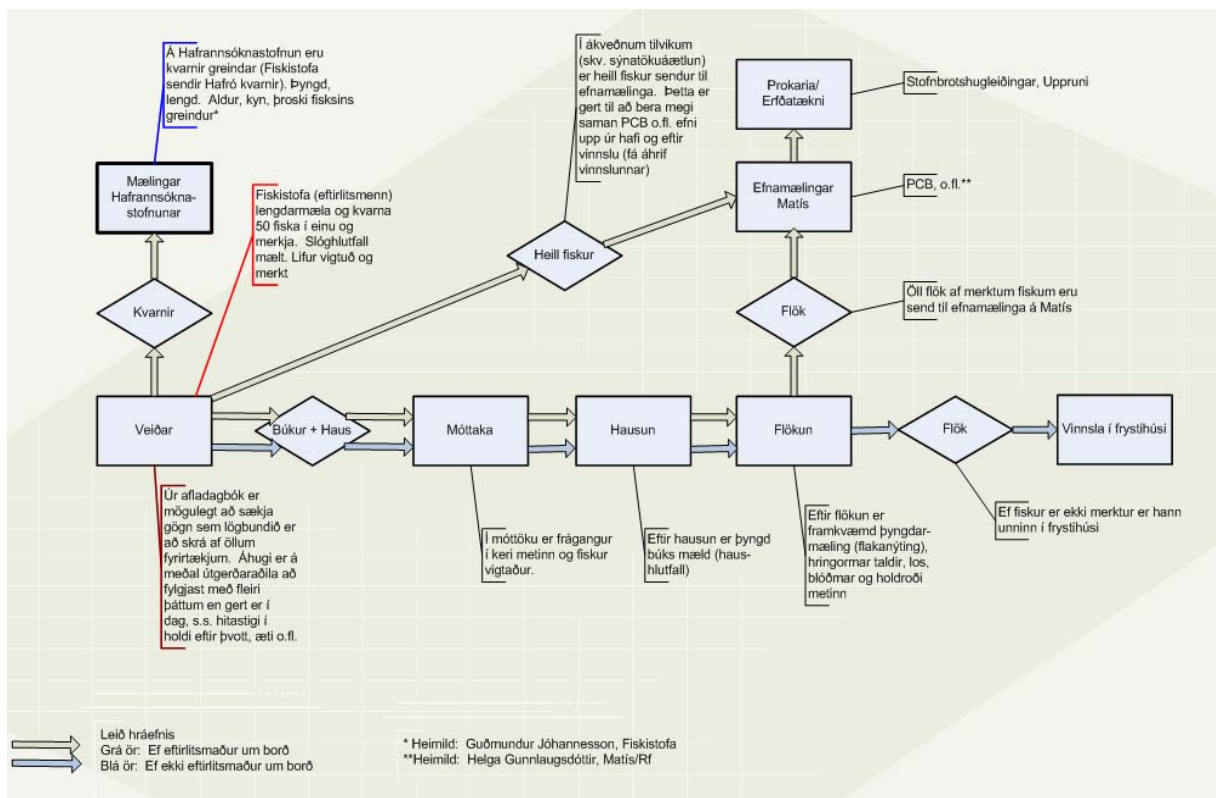
Miklu af upplýsingum um vinnslueiginleika þorsks hefur verið safnað á sl. árum, í samvinnu Matís (áður Rf), Samherja hf, FISK hf, Vísis hf og Guðmundar Runólfssonar hf, m.a. í verkefninu *Vinnsluspá þorskafla*. Niðurstöður þess verkefnis hafa m.a. verið birtar í meistararitgerð (Sveinn Margeirsson, 2003), doktorsritgerð (Sveinn Margeirsson 2008) og ritrýndri grein (Sveinn Margeirsson ofl 2007). Gögnin hafa verið nýtt við hönnun á tölvuforritum (decision support systems) sem auðveldar aðilum í sjávarútvegi að taka upplýstar ákvarðanir er snúa að hráefnisöflun, vinnsluleiðum ofl. (FisHmark og Útgerðastjórnin). Haldgóð vitneskja er því til um vinnslueiginleika þorsks m.t.t. árstíma, veiðislóðar, meðhöndlunar og annarra aðstæðna við veiðar. Kyn, kynþroski, fæðuástand og aldur fisks voru þó ekki mæld í fyrrgreindum verkefnum og hefur því ekki verið hægt að tengja vinnslueiginleika við þá þætti. Þetta rannsóknarverkefni varpar ljósi á mikilvægi þessara breyta á vinnslueiginleika þorsks

Mjög víðtæk gagnasöfnun fór fram þar sem margir aðilar komu að sýnatökum og mælingum á hinum ýmsu stigum í vinnslu þorskins, auk aldursgreiningar og efnamælinga bæði á flökum og lifur. Samstarfi var um sýnatökur og samnýtingu gagna milli Fiskistofu, Hafrannsóknastofnunarinnar, Matís og fiskvinnslufyrirtækjanna HB Granda og Guðmundar Runólfssonar í verkefninu. Þessi samvinna hefur gert kleift að safna ítarlegri og betri gögnum en áður og þannig leitt til verulegra samlegðaráhrifa sem stuðla að bættri nýtingu rannsóknafjármagns.

Niðurstöður verkefnisins hafa verið kynntar á verkefnistímanum m.a. með veggspjaldi á Líffræðiráðstefnu Líffræðifélags Íslands og Háskóla Íslands í nóvember 2009. Sömu leiðis á alþjóðlegri ráðstefnu, PCB Workshop, sem var haldin í Visby, Gotlandi, Svíþjóð, dagana 30. maí til 2. júní 2010. Fjallað var um styrk PCB7 efna í holdi og lifur og samband milli styrks PCB7 efna í þessum tveim mismunandi vefjagerðum. Áætlað er að skrifa grein um þetta samband og birta í alþjóðlegu vísindariti. Hluti af verkefninu hefur verið unninn af meistaranemenda og er ráðgert að nemandinn ljúki MS námi sínu sem byggist á rannsóknum fyrir þetta verkefni í lok september 2010. Frekari greinaskrif úr öðrum verkhlutum þessa rannsóknaverkefnis eru enn fremur ráðgerð.

## 2 Efniviður og aðferðir

Mynd 1 gefur yfirsýn yfir framkvæmd verkefnisins í heild og hvaða upplýsingum var safnað í hverjum hlekk framleiðsluferlisins.



Mynd 1: Yfirlit yfir framkvæmd verkefnisins og hvaða upplýsingum var safnað í hverjum hlekk framleiðsluferlis frosinna þorsklaka.

## 2.1 Sýnatökur

Sýnatökur fyrir verkefnið fóru annars vegar fram í „hefðbundnum“ veiðiferðum togskipa HB Granda og Guðmundar Runólfssonar og hins vegar í könnunarleiðöngrum s.k. „togararöllum“ á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar. Í töflu 1 hér að neðan er yfirlit yfir allar sýnatökur verkefnisins.

Fyrstu tvær sýnatökurnar fyrir „hefðbundnar“ veiðiferðir fóru fram um borð í Sturlaugi H. Böðvarssyni AK-10 og var í upphafi ráðgert að allar sýnatökur, aðrar en í togararöllum, færu fram þar um borð, en þar sem kvótaákvæðanir stjórnvalda fyrir kvótaárið 2008/09 voru ekki í samræmi við væntingar HB Granda, ákvað fyrirtækið að hætta beinum þorskveiðum, þannig að þorskkvótinn myndi nýtast fyrir meðafla við aðrar veiðar. Af þessum sökum var ákveðið að fá fyrirtækið Guðmund Runólfsson hf. (GR) inn í verkefnið þar sem skip þeirra, Helgi SH-135 og Hringur SH-153, hafa verið öflug þorskveiðiskip. Frá þeim tíma fóru vinnslumælingar fram í vinnslu GR á Grundafirði.

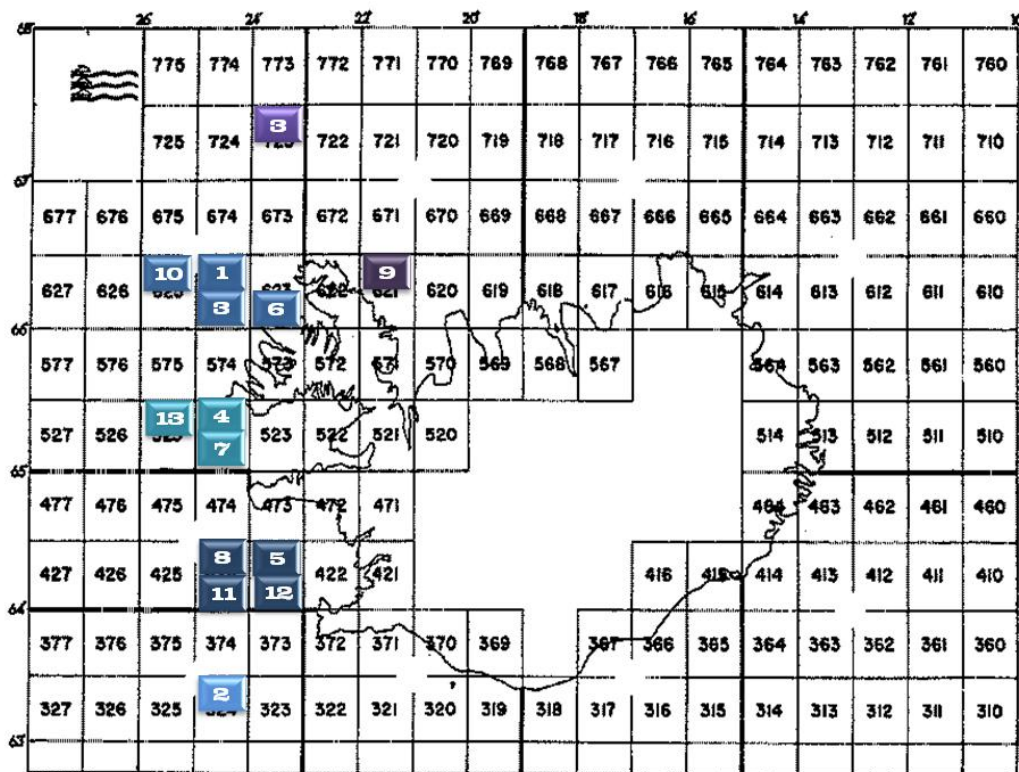
Tafla 1: Sýnatökur fyrir vinnslumælingar í framleiðsluferli frosinna þorskflaka

Ár	Veiðiferð nr.	Mánuður	Skip	Sýni	Veiðisvaði
2007	1	Ágúst	Sturlaugur H. Böðv. AK	30 fiskar og lifrar	66°37' -24°46'
	2	September	Sturlaugur H. Böðv. AK	30 fiskar og lifrar	63°13,691' -24°14,528'
	3	Október	Bjarni Sæmundsson RE	30 fiskar og lifrar*	66°52,96'-24°30,72' & 67°02,14' -23°53,48'
	4	Desember	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	65°23' -24°58'
	5	Mars	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°34' - 23°55' V
	6	Mars	Páll Pálsson ÍS	30 fiskar og lifrar*	66°16,04' N - 23°10,39' V
2008	7	Mai	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	65°43' N - 24°54' V
	8	Ágúst	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°33,929' N 24°41,08' V
	9	September	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	66°57'N -21°27'W
	10	Október	Bjarni Sæmundsson RE	30 fiskar og lifrar*	66°16,40' N - 25°07,91' V
	11	Desember	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°50,45' - 24°26,80'
2009	12	Febrúar	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	64°34' N -23°44' V
	13	Mars	Hafró-Rall	30 fiskar og lifrar*	65°47,16' N - 25°17,63' V

\* Í togararöllum var safnað 30 fiskum og lifrum úr þeim fiski af Vesturmiðum, þessi fiskur fór í gegnum hefðbundna fiskvinnslu, auk þess voru tekin 20 lifrarsýni til viðbótar. Hnitin sem gefin eru upp í töflunni eiga við um fiskana af Vesturmiðum sem fóru í gegnum fiskvinnsluna. Fiskur af Suðvestur-, Norðaustur- og Suðausturmiðum fór ekki í fiskvinnslu heldur var eingöngu mæld; lengd & þyngd fyrir slægingu, slægd þyngd, aldur, kyn, kynproski, þyngd lifrar, vatn- og fituinnihald lifrar.

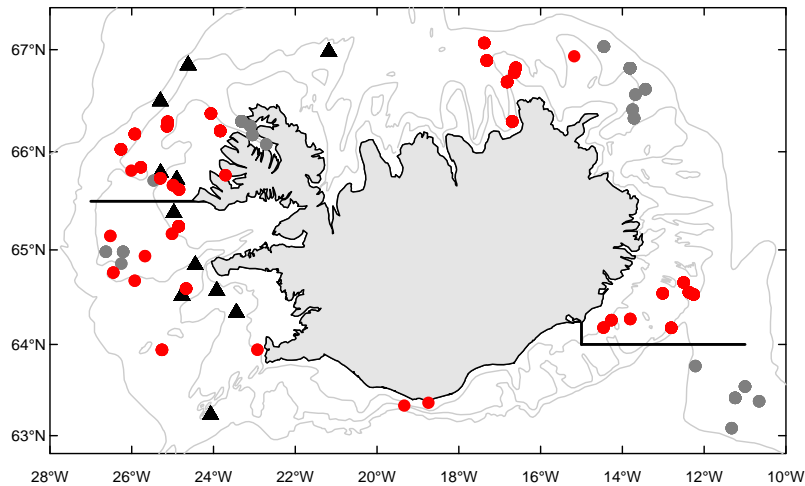
Mynd 2 gefur yfirlit yfir sýnatökustaði fyrir þá fiska sem fóru í gegnum hefðbundna fiskvinnslu. Alls var safnað 392 sýnum af þorski sem fór í gegnum framleiðsluferilinn þ.e.a.s. lokafurðin var frosin flök, ekki reyndist unnt að nýta öll sýnin í allar vinnslumælingar sem rannsakaðar voru og því voru á bilinu 390-347 einstaklingar notaðir við úrvinnsluna. Tekin voru sýni úr tálknum af þorski sem fór í vinnslumælingar, þessi sýni verða geymd, þar sem þau gefa möguleika á að tengja niðurstöður vinnslumælinga við erfðafræðirannsóknir síðar meir. Gerðar voru snefilefnagreiningar í 64 sýnum úr þorskflökum og 26 sýnum úr heilum fiskum af mismunandi veiðisvæðum, samtals 90 sýni. Þetta var gert til að hægt væri að bera saman magn óæskilegra efna í fiskflökum s.s. PCB-efna beint úr hafi annars vegar og eftir fiskvinnslu hins vegar.





Mynd 2: Sýnatökustaðir fyrir þorsk sem fóru í gegnum hefðbundna fiskvinnslu.

Mynd 3 gefur yfirlit yfir sýnatökustaði fyrir alla þorskfiskana sem rannsakaðir voru í verkefninu. Eins og fram kemur í töflu 1 voru tekin lifrarsýni úr fleiri fiskum en þeim sem fóru í gegnum hefðbundna fiskvinnslu, þessi sýni voru fyrst og fremst tekin til að rannsaka ástand þorsks á mismunandi veiðisvæðum m.t.t. fituinnihalds í lifur. Sýnunum var safnað í leiðöngurum Hafrannsóknastofnunarinnar í haustralli í október 2007 & 2008 (rauðir punktar) og vorralli í mars 2008 & 2009 (gráir punktar). Einnig var sýnum safnað í veiðiferðum fiskitogara á ýmsum tíma ársins (svartir þríhyrningar). Alls var safnað 919 sýnum en af þeim voru 851 einstaklingar notaðir við gagnaúrvinnsluna. Einstaklingar þar sem eitthvað hafði misfarist í mælingum, hvort sem var vegna mistaka í mælingum á lengd, þyngd eða lifrarmælingum, voru fjarlægðir út gagnasetti. Af norðursvæði voru 569 einstaklingar en 282 af suðursvæði.



Mynd 3: Sýnatökustaðir fyrir þorsk vegna AVS verkefnisins „Grandskoðum þann gula“.

Sýnin voru annars vegar tekin af eftirlitsmönnum Fiskistofu um borð í togarunum í hefðbundnum veiðiferðum og hins vegar af starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar í könnunarleiðöngurum (togararöllum) á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar. Upphaflega var ætlunin að láta áhafnarmedlimi um borð í fiskiskipunum taka sýnin og fór sérfræðingur frá Matís með í fyrstu veiðiferðina þar sem hann sá um sýnatökur og kenndi völdum áhafnarmedlimum réttu handbrögðin við mælingarnar. Þessa áætlun varð þó endurskoðaða eftir að niðurstöður komu úr veiðiferð nr. 2 þar sem auðséð var að áhafnarmedlimir höfðu ekki vandað sig nægilega við sýnatökuna. Eftir þessa reynslu var það niðurstaða stýrihóps að fá veiðieftirlitsmenn Fiskistofu til þess að taka sýnin í öllum hefðbundnum veiðiferðum þaðan í frá. Þannig myndu gæði gagnanna aukast og óvissa í mælingum minnka.

Á heildina litið gengu sýnatökur vel, ef frá er talið að ekki veiddist neinn þorskur í síðustu veiðiferð Hrings (veiðiferð 14) og því er sú veiðiferð ekki talin upp í töflu 1.

Ávallt voru tekin sýni af 30 fiskum í hverri veiðiferð. Valdir voru 30 fyrstu þorskarnir sem komu upp á aðgerðaborðið (45 cm eða lengri) í einu af síðustu hölum veiðiferðarinnar. Hver fiskur var merktur með númeruðu lambamerki og hann svo veginn og lengdarmældur, eftir það var hann blóðgaður og slægður, lifur vegin, merkt og fryst, fiskurinn var síðan kyngreindur, kynþroski metinn, fiskurinn var svo að lokum vigtaður eftir slægingu áður en að hann var ísaður í sérmerkt ker. Eftir þetta fór fiskurinn í gegnum hefðbundna fiskvinnslu ásamt öðrum afla úr veiðiferðinni. Allir mælipættir voru vandlega skráðir þannig að hægt væri að rekja þá til hvers einstaklings. Lifur úr hverjum einstaklingi var sett í plastdós sem var kirfilega merkt með sama auðkennisnúmeri og hver einstaklingur/fiskur og hún síðan fryst. Þorskflök, lifur og hausar úr hverri veiðiferð voru síðan sendir frystir til rannsóknastofu Matís til mælinga.

Veiðisvæði (lengd og breidd þegar kastað var og híft), togdýpi (kastað og híft), hitastig í sjó, veiðarfæri, lengd holsins þ.e.a.s. hvenær var kastað og hvenær híft, stærð holsins í tonnum og fleiri upplýsingar sem talið var að skipt gætu máli voru fengnar úr afladagbók viðkomandi fiskiskipa og úr gögnum togararallanna.

Til að tryggja gæði vinnslumælinganna sá sami aðilinn um allar mælingarnar (Dórothea Gísladóttir), fiskurinn var allur unnin í sömu vélunum (þ.e.a.s. í fyrstu þrem veiðiferðunum var fiskurinn unnin hjá HB Granda á Akranesi, en í hinum veiðiferðunum var hann unnin í fiskvinnslu GR á Grundarfirði) og var auk þess í flestum tilvikum unnin fjórum dögum eftir að hann var veiddur. Dórothea Gísladóttir var gæðastjóri hjá Samherja og sá um flestar mælingar hjá þeim í verkefnunum Vinnsluspá og Afurðaspá sem voru hluti af doktorsverkefni Sveins Margeirssonar. Til að tryggja samhengi milli þeirra verka og þessarar vinnu var brugðið á það ráð að fá hana til að sjá um þennan verkþátt.

Í nokkrum undantekningartilfellum komu fram flökunargallar í vinnslunni og voru þau gögn þá ekki nothæf við frekari úrvinnslu á vinnslueiginleikum.

## 2.2 Vinnslueiginleikar

Við mælingar á vinnslueiginleikum er sérlega mikilvægt að fiskurinn sé ávallt jafn gamall þegar hann er unnin og að mælingarnar séu gerðar á sama hátt í hvert skipti. Því var reynt að stilla sýnatökur þannig af að fiskurinn væri ávallt unnin á fjórða degi eftir að hann var veiddur. Sýnatökudagar þurfti því að velja með hliðsjón að löndunardegi þ.e.a.s. að sýnin væru ekki orðin of gömul þegar landað var, en auk þess þurfti að hafa í huga að fjórða dag eftir sýnatöku bæri ekki upp á helgi. Þetta gat stundum reynst snúið, en tókst í öllum tilfellum, nema í veiðiferð 2 og veiðiferð 13. Í veiðiferð 2 var fjórði dagur laugardagur, sýnin úr þeirri veiðiferð voru því mæld sex daga gömul. Í veiðiferð 13 voru sýnin mæld þriggja daga gömul. Að öðru leyti gengu vinnslumælingar vel.

Eftirfarandi mælingar voru gerðar í fiskvinnslunni; fiskur veginn heill, fiskur veginn hauseður, flök veginn, hringormar taldir, los metið, blóðmar metið og holdroði metinn. Nánari lýsingar á hvernig þessar vinnslumælingar eru framkvæmdar er að finna í doktorsritgerð Sveins Margeirssonar (2008).

## 2.3 Aldursgreiningar

Aldur fiskanna var ákvarðaður með lestri kvarna. Kvarnirnar voru brotnar í tvennt, sárið bleytt með vatni, kvörnin lögð undir víðsjá og fjöldi áhringja taldir.

## 2.4 Efnamælingar á lifur og flökum

Vatn og fita í sýnum var ákvarðað með faggiltum efnamælingum (ISO 6496, 1999; AOCS, 1997). Vatnsheldni var mæld samkvæmt aðferð Eide o.fl. (1982).

## 2.5 Snefilefnagreiningar

Bæði voru framkvæmdar mælingar á ólífrænum snefilefnum og lífrænum snefilefnum. Nánari lýsing á efnivið og aðferðum fyrir þessar snefilefnagreiningar er að finna í köflum 2.5.1 – 2.5.8.

### 2.5.1 Staðlar og efni við mælingar á ólífrænum snefilefnum

Notað var afjónað vatn (18.2 MΩ/cm), vetnisperoxíð (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30% frá Fluka, af hreinleikagráðunni TraceSelect og saltpéturssýra (HNO<sub>3</sub>) 65% frá Merck af

hreinleikagráðunni Suprapure. Allir staðlar (stök frumefni í lausn) voru keyptir frá Peak Performance (CPI International, Amsterdam, the Netherlands) og eru vottaðir staðlar (Certified Reference Standards).

### 2.5.2 Viðmiðunarsýni og gæðaeftirlit - ólífræn snefilefni

Með hverri snefilefnakeyrslu voru keyrð viðmiðunarsýni með þekktan styrk snefilefna, DORM-2 (National Research Council Canada, Ontario, Canada) til að fylgjast með gæðum niðurstaðanna. Einnig tók Matís þátt í alþjóðlegum samanburðarrannsóknum (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe, QUASIMEME, [www.quasimeme.org](http://www.quasimeme.org)) á því tímabili sem rannsóknin stóð yfir.

Með sýnunum voru líka greind tóm sýni (svk. blankar) til að fylgjast með mögulegri bakgrunnsmengun innan rannsóknastofunnar og mengun sem gæti orsakast af meðhöndlun sýnanna. Greiningarmörk (limit of quantification, LOQ) voru skilgreind sem fjórum sinnum styrkurinn í tómu sýnunum.

Snefilefni í sýnunum voru magngreind frá 10 punkta staðalkúrfu. Ný staðalkúrfa var gerð daglega frá 1000 mg/L byrjunarlausn í 10% HNO<sub>3</sub> (v/v). Indíum (In) er notaður sem innri staðall (internal standard).

### 2.5.3 Aðferðafræði - ólífræn snefilefni

Aðferðin sem notuð var við niðurbrot sýnanna var byggð á (Sloth et al., 2005) og aðferðarlýsingu NMKL nr 186-2007 ([www.nmkl.org](http://www.nmkl.org)) og bestuð miðað við aðstæður hjá Matís, s.s. örbylgjuofn (Mars5, CEM, North Carolina, USA) sem notaður var við niðurbrot sýnanna. Fiskflakið var hakkað niður og gert einsleitt. Að því loknu var sýnið frostþurrkað. Niðurbrotið var framkvæmt með aðstoð örbylgju. Hvert sýni var mælt frá grunni í þrísýni. Hvert þrísýni var 200 mg (nákvæmni upp á 0,1 mg) í þar til gerðar niðurbrotsbombur og bætt við 3 ml HNO<sub>3</sub> og 1,5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Bombunum var því næst lokað og settar inn í örbylgjuofninn þar sem sýnin voru brotin niður. Að loknu niðurbroti voru sýnin færð yfir í 50 ml polypropylen rör og þynnt að 30 ml. Snefilefni í sýnunum voru því næst mæld með inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS).

Hitastigsforritið sem notað var við niðurbrot sýnanna í örbylgjuofninum er sett upp í töflu 2.

Tafla 2. Hitastigsforrit örbylgjuofns

Stig	Afl W	%	Tími hitastigsaukningar mm:ss	Hámarks þrýstingur Psi	Hitastig °C	Hræring	Biðtími mm:ss
1	1600	100	15:00	800	200	Nei	10:00

#### 2.5.4 Tækjaupplýsingar - ólífræn snefilefni

Notað var Agilent 7500ce ICP-MS (Agilent Technologies, California, USA) til að mæla snefilefni. Stillingar massagreinisins eru gefnar upp í töflu 3.

Tafla 3. Stillingar massagreinis (ICP-MS)

<i>ICP-MS stillingar</i>	
RF afl (W)	1500
Flæði sýna gass (L/min)	0.9
Flæði plasma gass (L/min)	12
Flæði viðbótargass (Auxiliary gas) (L/min)	0.17
Nebuliser	Micro mist
Spray klefi	Standard
Sample depth	8 cm
Keilur	Nikkel
Lens voltage (V)	-2 til 3 (tune)

#### 2.5.5 Staðlar og efni við mælingar á lífrænum snefilefnum (PCB7)

Allir leysar og efni voru af hreinleikagráðunni “pro analysis kvalitet” ef ekki er annað gefið upp.

#### 2.5.6 Viðmiðunarsýni og gæðaeftirlit – PCB7

Með öllum sýnum voru greind viðmiðunarsýni til að fylgjast með gæðum mælinganna. Með sýnunum voru líka greind tóm sýni (blankar) til að fylgjast með mögulegri bakgrunnsmengun innan rannsóknarstofunnar og mengun sem gæti orsakast af meðhöndlun sýnanna. Greiningarmörk (limit of quantification, LOQ) voru skilgreind sem fjórum sinnum styrkurinn í tómu sýnunum.

#### 2.5.7 Aðferðafræði – PCB7

Frostþurrkað sýni er vegið nákvæmlega (u.þ.b. 2,5 g) í postulínsskál og bætt út í innri staðli (40 g) og 2,5 g af þurrkefni. Þessu er blandað vel saman með glerstaf. Úthlutun fer fram með Pressurised solvent extraction (PSE) í 33 ml úthlutunarsellum í ASE300 frá Dionex Corporation, Sunnyvale, CA, USA. Fyrst er settur filter í botn sellunnar þá 1 g þurrkefni og 17 g blanda af kísilgel:brennisteinssýra (1:1 w/w) ofan á filterinn, síðan er 5 g af fisk/þurrkefnisblöndunni er vegin nákvæmlega í selluna, filter er settur ofaná og pressað vel. Sellunni er lokað og hún sett í PSE tækið. Sýnið úthlutað með hexani í PSE tæki og safnað í safnflösku.

Tafla 4: Stillingar á PSE tæki

<b>Aðferð PSE</b>	
Þrýstingur psi	1500
Hiti í ofni °C	90
Biðtími mín.	10
Skol %	60
Hringir	2

Að úthlutun lokinni er sýnið fært yfir í TurboVap glas, sýnaflaskan skoluð og sýnið inngufað í 0,5 ml í TurboVap® II Evaporation System (Caliper Life Science, Hopkinton, MA, USA). Sýnið er fært yfir í tilraunarglas og TurboVap flaskan skoluð með 2 ml af hexani. Sýnið er aftur inngufað að 0,5 ml og bætt 2 ml brennisteinssýru er bætt úti. Tilraunarglasið hrist varlega, látið bíða í 20-30 mín og svo eru fasarnir aðskildir með skilvindu (15°C, 4500 rpm, 30 mín). Lífræni fasinn er færður yfir í kvarðað tilraunaglas og leysinum er skipt út fyrir isooktan og inngufað í 0,2 ml. Sýnið er þar á eftir fært yfir í sýnaglas og greint í gasgreini (gas chromatograph/electron capture detector, GC/ECD).

### 2.5.8 Tækjaupplýsingar – PCB7

Notaður var Clarus500 gas-greinir (Perkin Elmer, Waltham, MA, USA) með einum injector og tveimur ECD nemum, Equity-5 og Equity-1701 GC súlur (Supelco, Bellefonte, PA, USA) voru notaðar til að aðgreina efnin. Hitastigsforrit GC ofns var eftirfarandi; Upphafsstaðan er 85°C og biðtími 2 mín. Hitað er upp í 200°C á hraðanum 30°C/mín og biðtími þar er 28 mín. Hitað er upp í 250°C með hraðanum 2°C og biðtími þar er 0 mín. Hitað er upp í 290°C með hraðanum 7°C/min og biðtími þar er 10 mín.

## 2.6 Tölfræðileg úrvinnsla

Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd í MS Excel 2007 og forritinu R þar sem farið er fram á 95% vikmörk til að geta fullyrt að niðurstöður séu tölfræðilega marktækar. Til að geta fullyrt að um fylgni milli tveggja þátta sé að ræða er talið æskilegt að  $R^2$  sé nálægt 0,5.

## 3 Niðurstöður og umræða

Hægt var að framkvæma efnamælingar úr flestum veiðiferðunum, en þó hafa nokkur gögn tapast. Umtalsverð gagnarýrnun var fólgin í því að vatn og fita var mæld í u.þ.b. 60 lífrum úr togararöllum, en skrásetning á sýnunum um borð í viðkomandi rannsóknarskipi var í einhverjum tilvikum ófullnægjandi þannig að ekki reyndist unnt að tengja efnamælingagögnin við rétta einstaklinga með fullri vissu. Þessu til viðbótar reyndist ekki unnt að mæla vatnsheldni í flökunum úr veiðiferð þrjú, þar sem frágangur þeirra var ófullnægjandi. Margir fiskar úr veiðiferð 10 voru mjög smáir (< 50 cm) og nýttust því ekki til vinnslumælinganna.

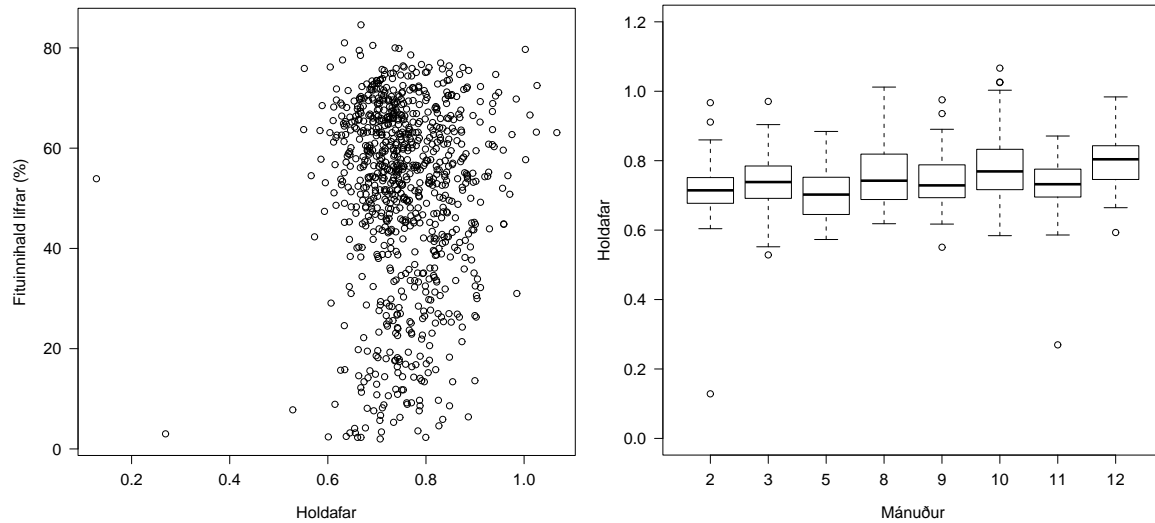
Til einföldunar og kaflaskiptingar eru niðurstöður og umræður úr verkefninu settar fram sem ákveðnar rannsóknarspurningar og leitast við að svara þeim í hverjum kafla.

### 3.1 Er samband milli holdastuðuls og fituinnihalds lifrar?

Holdafar þorsks var reiknað sem Fultons K.

$$FultonsK = \frac{w}{l^3} * 100$$

þar sem  $w$  er slægd þyngd þorsks í grömmum og  $l$  er lengd þorsks í cm. Holdastuðullinn lýsir ástandi fisksins þannig að þyngri fiskur af ákveðinni lengd sé í betra ástandi en léttari fiskur af sömu lengd. Holdafarsstuðullinn segir til aðstæður á hafsvæðum og gefur upplýsingar um fæðuástand hafsvæðisins.



Mynd 4: Meðal holdafar eftir mánuðum og sambandið milli holdafars og fituinnihalds í lifur.

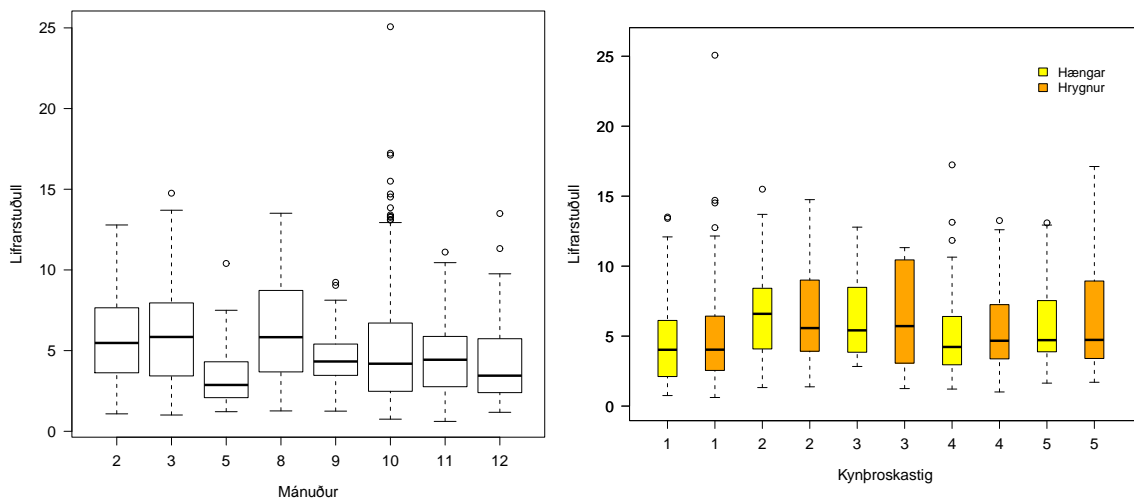
Það var ekki mikill munur í holdafari þorsks eftir árstíma, en holdastuðullinn var þó aðeins hærri í desember heldur en í kringum hrygningartímam (febrúar-maí) þegar hann var lægstur. Ekkert samband fannst milli holdafars fisks og fituinnihalds lifrar.

### 3.2 Er samband milli fituinnihalds lifrar og lifrarstuðuls?

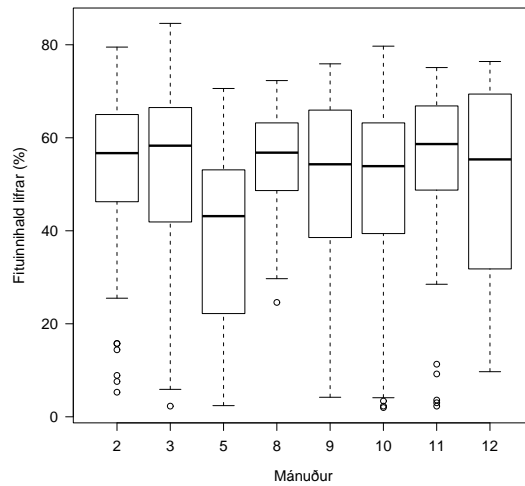
Lifrarstuðull þorsks var reiknaður sem:

$$HSI = \frac{lw}{w} * 100$$

Þar sem  $lw$  er þyngd lifrar í grömmum og  $w$  er þyngd slægð þorsks í grömmum. Lifrarstuðullinn segir til um hlutfallslega stærð lifrarinnar miðað við heildarþyngd fisksins. Það var meiri breytileiki í lifrarstuðli milli mánaða en í holdastuðli. Eins og með holdafar þá var lifrarstuðull lægstur í maí eftir hrygningu (mynd 5). Lifrarstuðullinn var lægstur hjá ókynþroska þorski (kynþroskastig 1) (mynd 5).

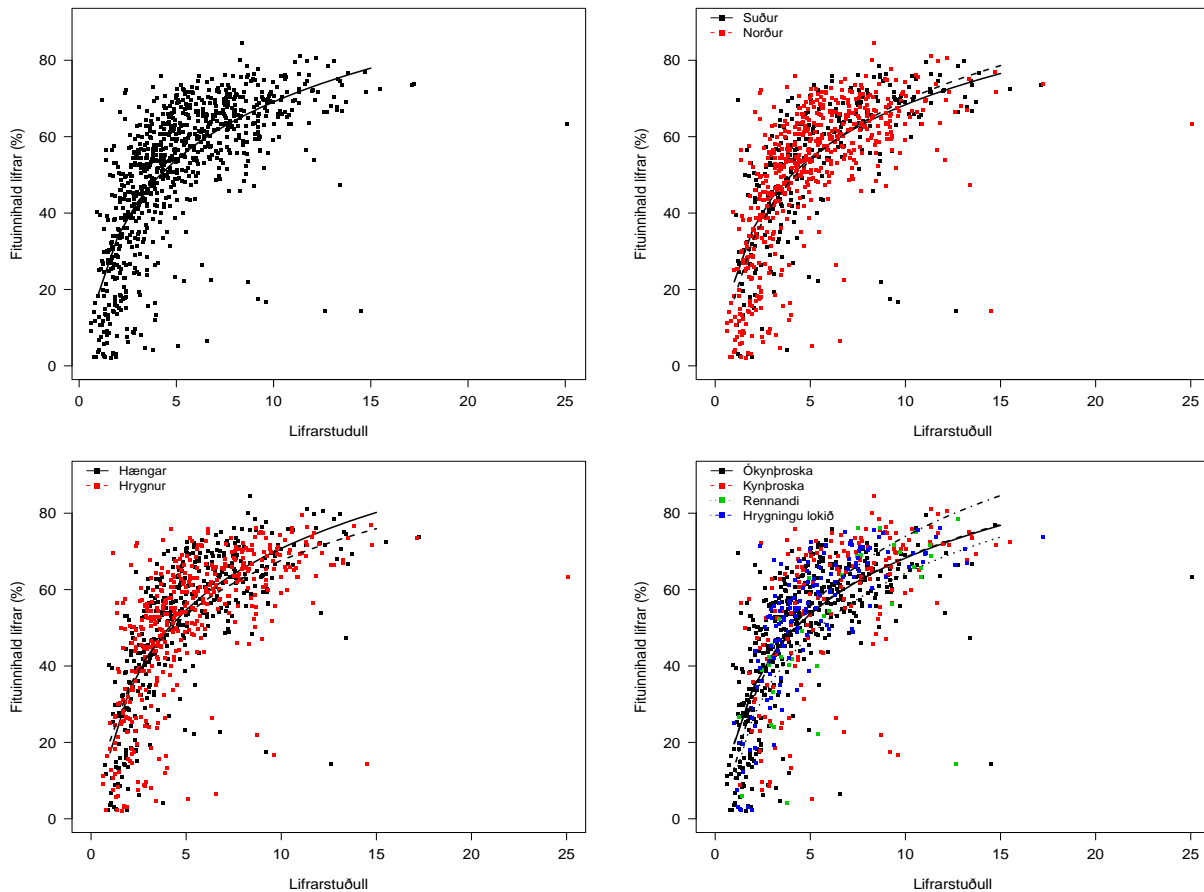


Mynd 5. Meðal lifrarstuðull eftir mánuðum, kynþroskastigi og kynjum. Kynþroskastigin eru skilgreind: 1 = ókynþroska, 2 = kynþroska, 3 = rennandi, 4 = hrygningu lokið, 5 = ógreinanlegt.



Mynd 6. Meðal fitunnihald lifra eftir mánuðum.

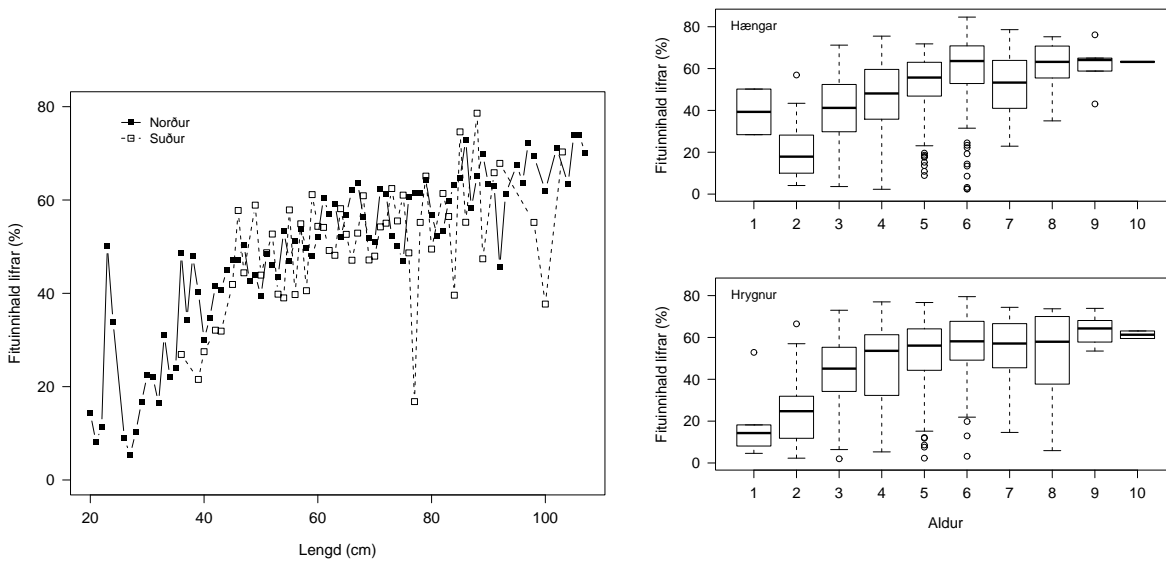
Fitunnihald í lifur var einnig lægra í maí en á öðrum tíma ársins (mynd 6). Það var jákvætt samband milli lifrarstuðuls og fitunnihalds lifrar (mynd 7,  $R^2 = 0,55$ ). Sambandið var þó ekki línulegt heldur hækkaði fitunnihaldið hratt við lágan lifrarstuðul en minna eftir því sem lifrarstuðullinn hækkaði. Það var ekki mikill munur í sambandinu fyrir norðan og sunnan landið. Sambandið milli fitunnihalds og lifrarstuðuls var mismunandi milli kynþroskastiga, þar sem þeir sem höfðu lokið hrygningu eða voru rennandi voru frábrugðnir þeim sem voru ókynþroska og kynþroska.



Mynd 7. Samband milli lifrarstuðuls og fitunnihalds í lifur.



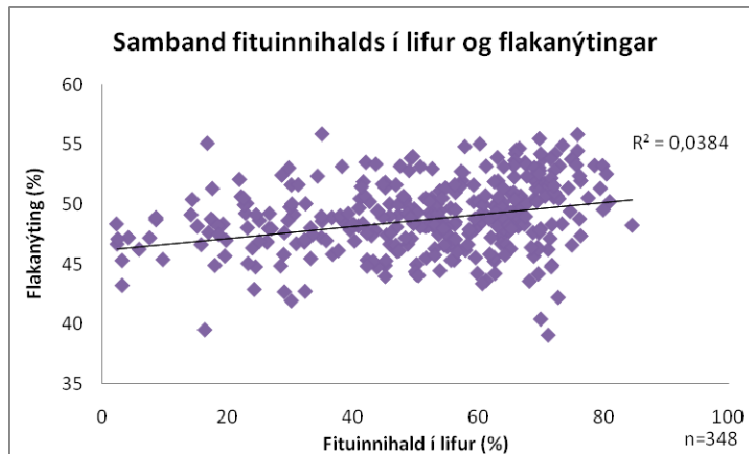
Fituinnihald lifrar hækkaði með lengd en einnig með aldri bæði hjá hængum og hrygnum (mynd 8). Undantekningin var að fituinnihald hjá 1 árs hængum var svipað og hjá 3 ára hængum (aðeins voru 2 eins árs hængar).



Mynd 8: Meðal fituinnihald í lifur eftir lengd fiska og eftir aldri og kynjum.

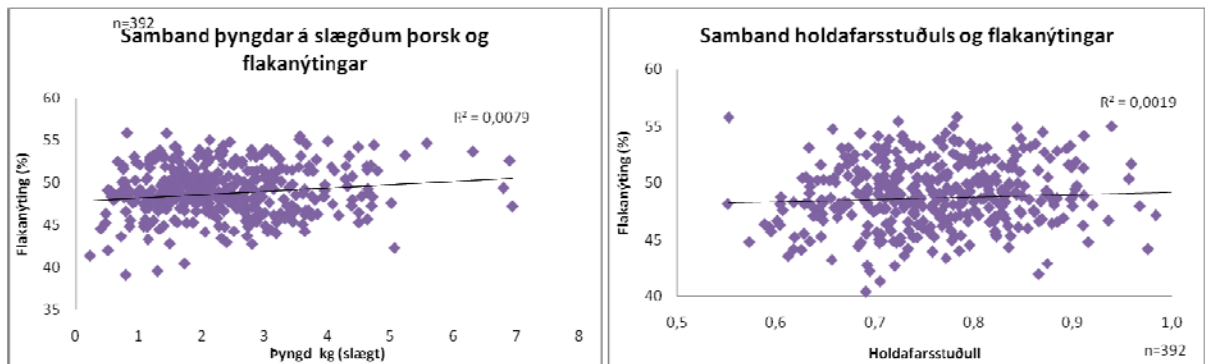
### 3.3 Er samband milli fituinnihalds í lifur og nýtingar í vinnslu?

Gögnin sýna að samband milli fituinnihalds lifrar og flakanýtingar í vinnslu er lítið ( $R^2 = 0,0384$ ) eins og sjá má á mynd 9.



Mynd 9: Samband fituinnihalds í lifur og flakanýtingar.

Mjög mikill breytileiki er í fituinnihaldi í lifur, en fituinnihaldið virðist þó ekki gefa sérstaka vísbendingu um nýtingu í vinnslu. Gögnin benda heldur ekki til þess að samband sé á milli þyngdar á slægðum þorsk og flakanýtingar; og ekki virðist heldur vera mikil fylgni milli holdastuðuls og flakanýtingar eins og sjá má á mynd 10.

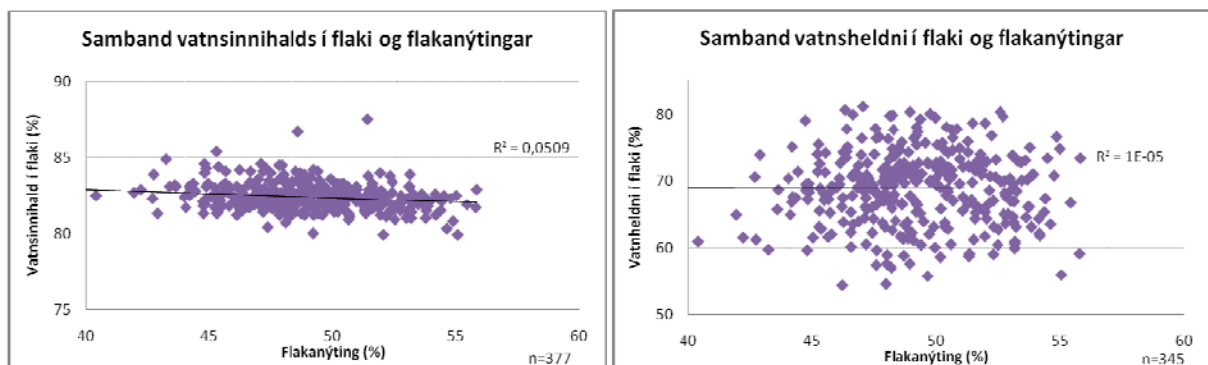


Mynd 10: Samband flakanýtingar við þyngd og holdastuðul.

Fituinnihald lifrar, þyngd fisksins eða holdastuðullinn virðast því ekki gefa neinar afgerandi vísbendingar um flakanýtingu.

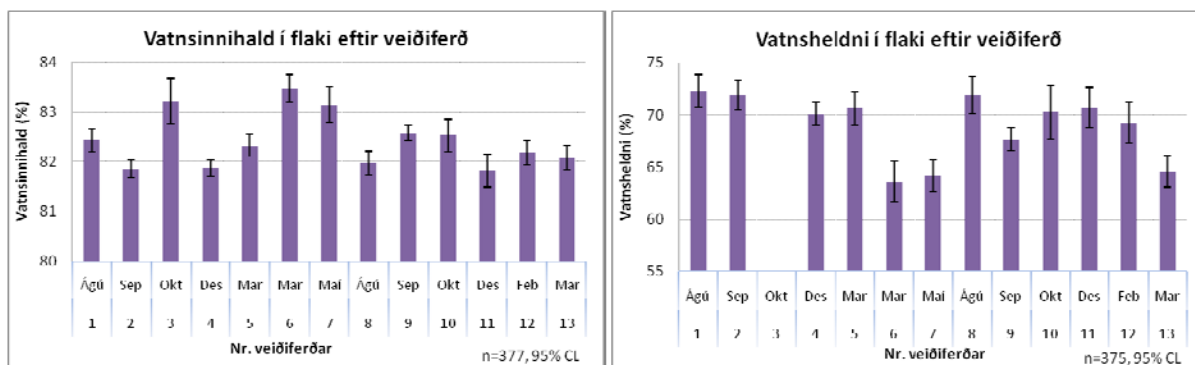
### 3.4 Hefur vatnsinnihald og vatnsheldni í flaki áhrif á flakanýtingu?

Ekki virðist vera neitt samband milli vatnsinnihalds eða vatnsheldin í flaki og flakanýtingar, eins og sjá má á mynd 11.



Mynd 11: Samband vatnsinnihalds og vatnsheldni í flaki við flakanýtingu.

Samkvæmt þessu virðist vatnsinnihald og vatnsheldni því hafa lítil sem engin áhrif á vinnslunýtingu. Þyngd fiskanna hefur heldur ekki áhrif á vatnsheldnina ( $R^2=0,0003$ ).



Mynd 12: Vatnsinnihald og vatnsheldni í flaki eftir veiðiferðum.

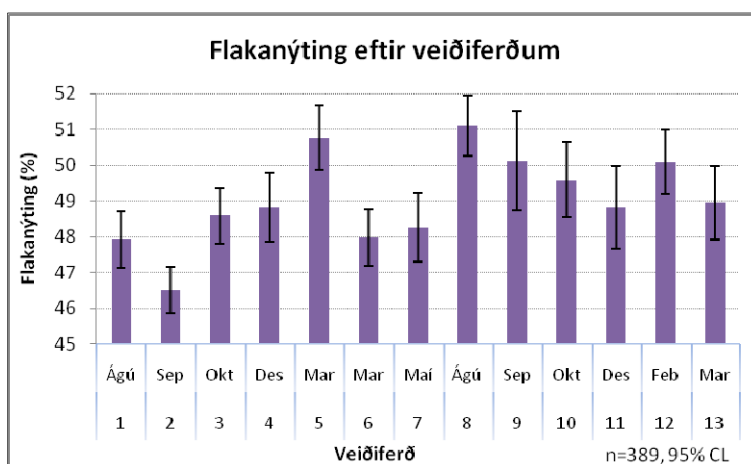
Mynd 12 sýnir vatnsinnihald og vatnsheldni flaka eftir veiðiferðum, úrvinnsla fyrirbyggjandi gagna sýnir að það er tölfræðilega marktækur munur á vatnsinnihald og vatnsheldni flaka í mismunandi veiðiferðum. Niðurstöður benda m.a. til að vatnsinnihald í flaki sé hærra í maí mánuði og samtímis er vatnsheldni minni. Á sama árstíma er fituinnihald lífrar lágt sem skýrist af árstímabundnum sveiflum í ástandi þorsks vegna hrygningar. Rétt er að taka fram að nauðsynlegt er að safna frekri gögnum til að sannreyna þessar niðurstöður, þar sem of fá sýni eru bak við núverandi niðurstöður til þess að hægt sé að framkvæma tölfræðilegan samanburð á áhrifum árstíma á vatnsinnihald og vatnsheldni flaka.

### 3.5 Hefur kyn, aldur og kynþroski áhrif á vinnslueiginleika?

Gögnin sem safnað hefur verið gera okkur kleift að kanna hvort t.d. kyn, aldur og kynþroski hafi áhrif á vinnslueiginleika eins og flakanýtingu, fjölda orma í fiskinum og los.

#### a) Flakanýting

Flakanýting var nokkuð breytileg eftir veiðiferðum, þar sem meðaltalsflakanýting var á bilinu 46,5% og upp í 51%, eins og sjá má á mynd 13.

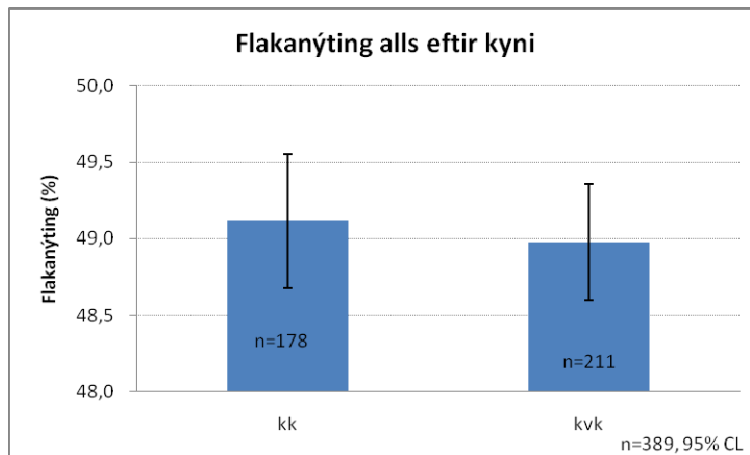


Mynd 13: Flakanýting eftir veiðiferðum.

Þrátt fyrir að búast hefði mátt við að sjá einhverjar árstímabundnar sveiflur í flakanýtingu er í fljótu bragði ekki hægt að sjá á þessum gögnum að árstími hafi afgerandi áhrif á flakanýtinguna. Sem dæmi var lélegasta nýtingin í september 2007, en besta nýtingin í ágúst 2008. Einnig vekur athygli mikill munur á nýtingu milli

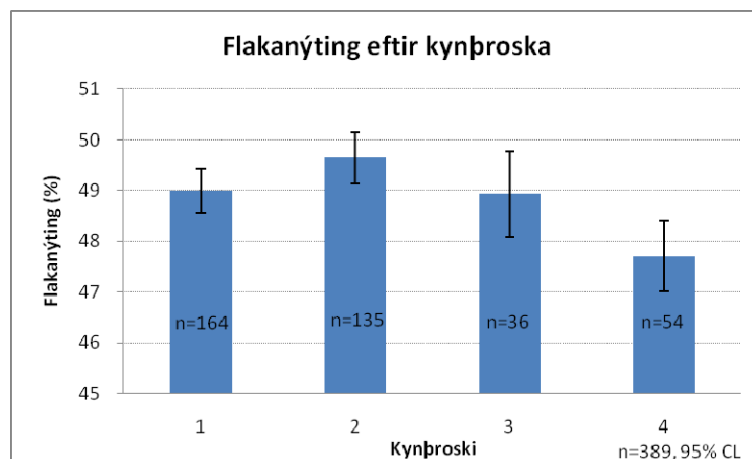
veiðiferðar fimm og sex, þar sem þær fóru fram á svo að segja sama tíma. Annars vegar var um að ræða vorrall Hafró og hins vegar „hefðbundna“ veiðiferð hjá Hring SH. Því er ekki ólíklegt að veiðisvæði hafi í þessu tilviki meiri áhrif á nýtinguna en hugsanleg árstímabundin áhrif.

Gögnin sýna að flakanýting er mjög svipuð hjá hrygnum og hængum. Í heildina eru hængarnir með 0,5% betri nýtingu, en munurinn er þó ekki tölfræðilega marktækur (mynd 14). Eins og áður hefur komið fram getur verið töluverður munur milli meðaltalsflakanýtingar í einstökum veiðiferðum og getur þá munur milli kynja rokkað nokkuð til, en munur á nýtingaprósentu milli hænga og hrygna var þó aldrei tölfræðilega marktækur.

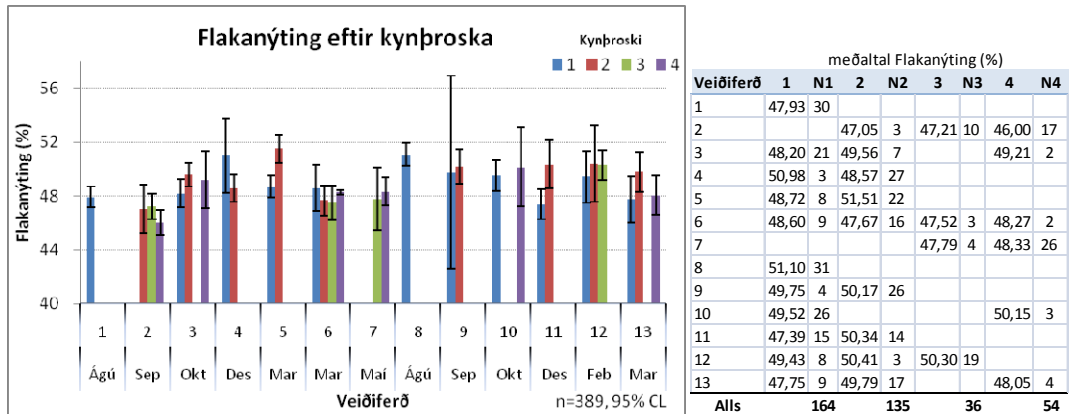


Mynd 14: Flakanýting eftir kyni.

Kynþroski virtist hafa nokkur áhrif á flakanýtinguna þ.s. ókynþroska fiskur er með nokkru betri nýtingu en kynþroska fiskur, eins og sjá má á mynd 15. Tölfræðilega marktækur munur var á flakanýtingunni fyrir fisk á kynþroskastigi 4 samanborði við fisk á kynþroskastigi 1, 2 og 3. Talsvert ójafnvægi er í gögnum í dreifingu kynþroska milli einstakra veiðiferða (mynd 16), sem veldur því að tiltölulega fá eða engin sýni eru frá kynþroskastigum 3 og 4 í sumum veiðiferðum. Þetta ójafnvægi veldur því að ekki er unnt að gera ítarlegri greiningu á áhrifum kynþroska á flakanýtingu á mismunandi árstímum í þessari rannsókn, til þess að varpa ljósi á þetta þyrfti að safna frekari gögnum.

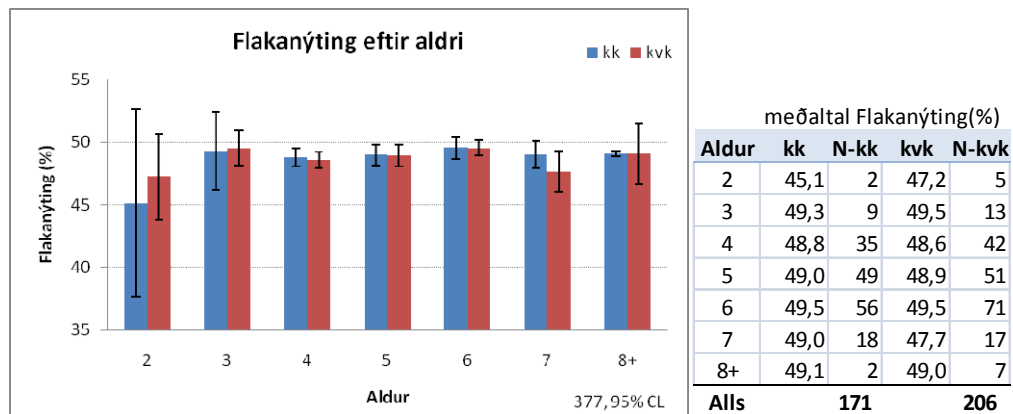


Mynd 15: Flakanýting eftir kynþroska.



Mynd 16: Flakanýting eftir kynþroska og veiðiferðum.

Áhrif aldurs og kyns á flakanýtingu er óverulegur (mynd 17) og mismunurinn ekki tölfræðilega marktækur hjá þeim árgöngum þar sýnifjöldi var nægilegur til unnt væri að leggja mat á það.

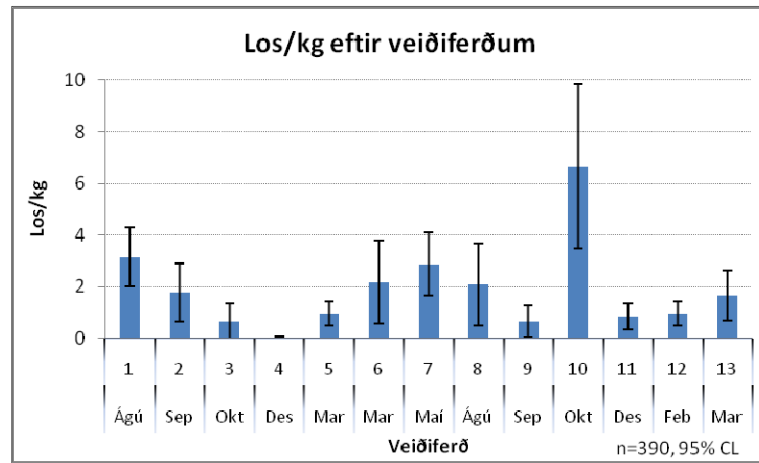


Mynd 17: Flakanýting eftir aldri.

Samantekin niðurstaða af mati á áhrifum kyns, kynþroska og aldurs á flakanýtingu er sú að það er munur á flakanýtingu milli einstakra veiðiferða, sá munur virðist að einhverju leiti háður kynþroska fiskisins og er samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum lægst á kynþroskastigi 4 (þ.e.a.s fiskur í hrygningu eða hrygndur). Rétt er þó að benda á að talsvert ójafnvægi er í gagnasafninu varðandi dreifingu kynþroska í einstaka veiðiferðum og tiltölulega fá sýni eru af fiski af kynþroskastigum 3 og 4 samanborið við kynþroskastig 1 og 2. Þegar vinnslueiginleikar voru metnir var kynþroski flokkaður í fjögur stig: 1) hrogn/svil ekki farin að myndast, 2) hrogn/svil farin að myndast, 3) komið að hrygningu, 4) í hrygningu eða hrygnd.

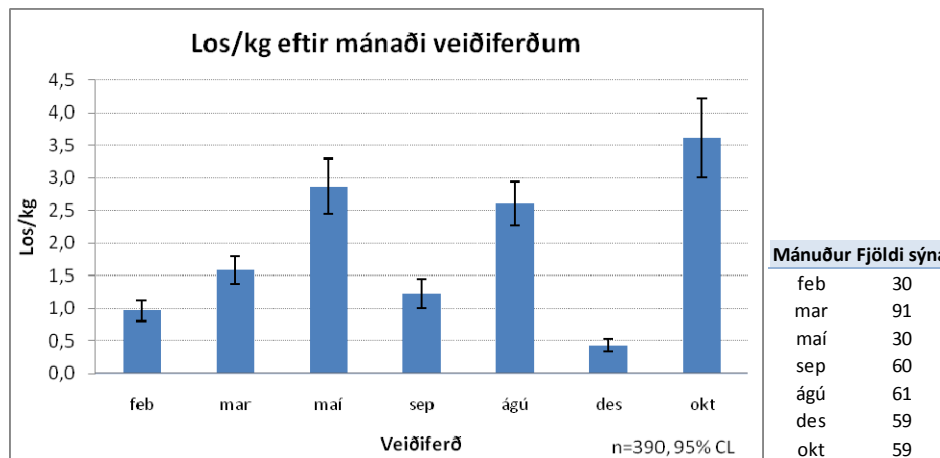
b) Los

Los í fiskholdi er mjög breytilegt milli einstakra veiðiferða eins og sjá má á mynd 18.



Mynd 18: Los í holdi eftir veiðiferðum.

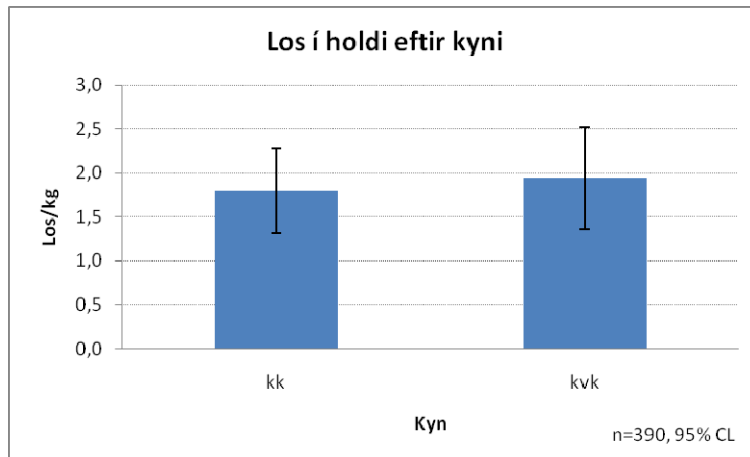
Nokkra athygli vekur að los var ekkert í veiðiferð 4, en áberandi mest í veiðiferð 10. Veiðiferð 4 var farin í desember og var veiðarfærið þá aðeins dregið í tvær klukkustundir og heildaraflinn einungis 500 kg. Veiðiferð 10 var farin í október og var hluti af haustralli Hafró, fiskurinn í þessari veiðiferð var almennt fremur smár en ekki liggja fyrir upplýsingar um hvað dregið var lengi eða hve mikill aflinn var í toginu.



Mynd 19: Los í holdi eftir árstíma veiðiferðum.

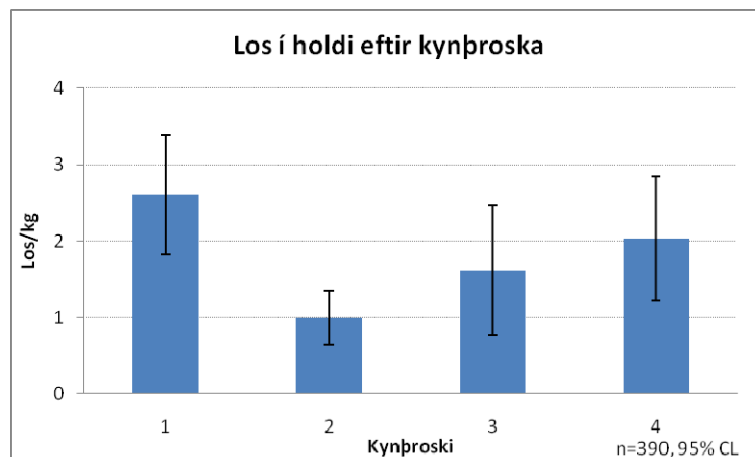
Tölfræðilega marktækur munur reyndist vera í los/kg í flökum fiska sem veiddir voru á mismunandi árstímum, hins vegar var mjög lítil fylgni milli þessar tveggja þátta ( $R^2=0,07$ ). Umtalsvert ójafnvægi er í dreifingu ganga um los í flökum á mismunandi árstímum og vantar gögn um los í flökum fiska sem veiddir eru í t.d. apríl, júní og júlí til þess komast að afgerandi niðurstöðu um mikilvægi þessa þátta (mynd 19). Ítarlegri gögn frá þessum árstíma gæfu t.d. vísbendingu um áhrif hrygningar í maí á los í flökum.

Los var að meðaltali örlítið meira í hrygnum en hængum (mynd 20), en sá munur var þó það lítil að hann er ekki tölfræðilega marktækur.

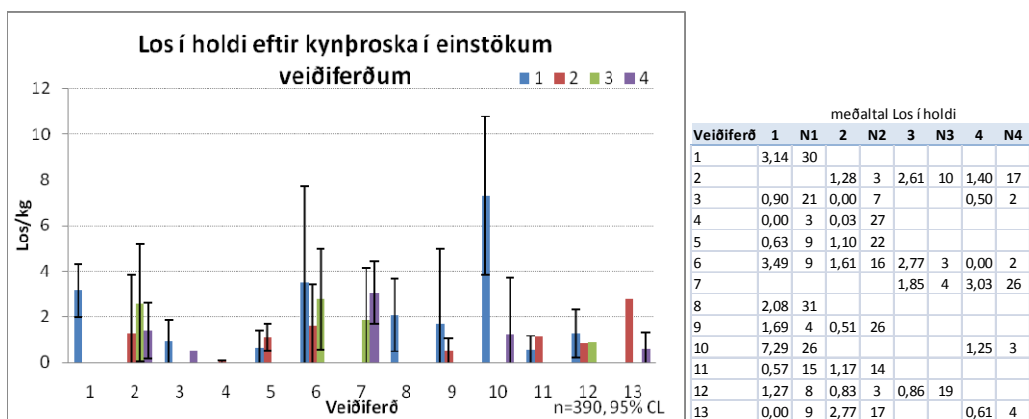


Mynd 20: Los í holdi eftir kyni.

Fyrirliggjandi gögn benda til að kynþroski geti haft áhrif á los (mynd 21). Samkvæmt þessu virðast fiskar á kynþroskastigi tvö hafa áberandi minnst los í holdi. Það gætu hins vegar verið ýmsar aðrar ástæður fyrir losinu en kynþroskastig, sérstaklega þar sem talsvert ójafnvægi er í dreifingu gagna um kynþroska, eins og áður hefur komið fram. Í sumum veiðiferðanna veiddust til dæmis aðeins fiskar á einu eða tveimur kynþroskastigum (mynd 22) og því gætu atriði eins og togtími, magn í holi, sjávarhiti o.s.frv. haft áhrif á los. Samkvæmt vinnureglum Hafrannsóknastofnunarinnar er kynþroski metinn í 5 stigum, en þegar vinnslueiginleikar voru metnir í þessu verkefni var aðeins flokkað í fjögur kynþroska stig: 1) hrogn/svil ekki farin að myndast, 2) hrogn/svil farin að myndast, 3) komið að hrygningu, 4) í hrygningu eða hrygnd.



Mynd 21: Lost í holdi eftir kynþroska.



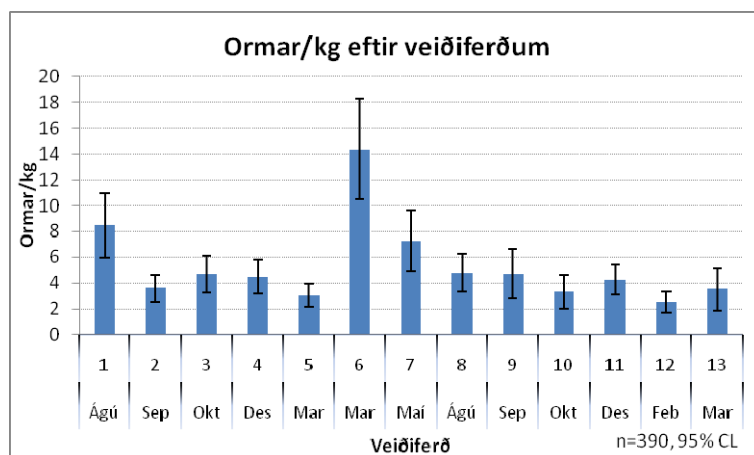
Mynd 22: Los í holdi eftir kynþroska í einstökum veiðiferðum.

Munur á losi í holdi eftir aldri var ekki tölfræðilega marktækur. Sömuleiðis var hvorki fylgni milli loss í holdi og vatnsheldni ( $R^2 = 0,0172$ ) né loss og vatnsinnihaldi í flaki ( $R^2 = 0,0006$ ).

Samantekin niðurstaða úr mati á áhrifum kyns, kynþroska og aldurs á los í holdi er því sú að það er munur á losi milli einstakra veiðiferða, sá munur gæti orsakast að einhverju leiti af kynþroskastigi, en ójafnvægi í dreifingu og skortur á gögnum kom hins vegar í veg fyrir ítarlegri greiningu.

### c) Ormar

Fjöldi orma í flökum/punnildum var mjög breytilegur milli veiðiferða, en meðaltalið fór frá því að vera 3 ormar/kg upp í að vera 14 ormar/kg í einstökum veiðiferðum, eins og sjá má á mynd 23.

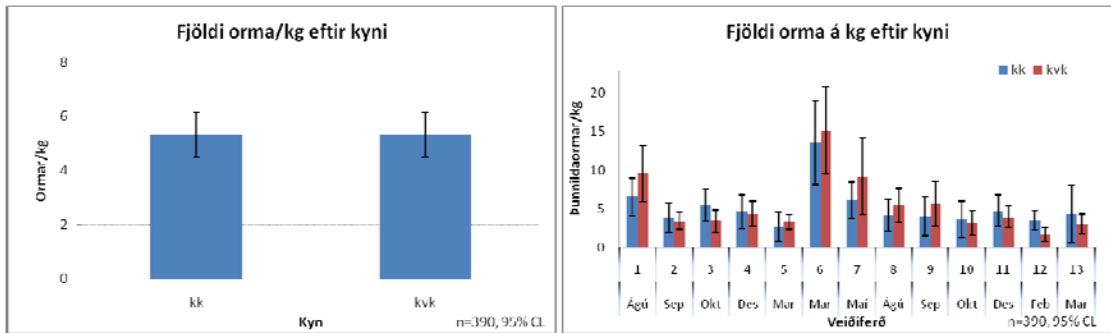


Mynd 23: Fjöldi orma/kg af flaki í einstökum veiðiferðum.

Þessi munur er tölfræðilega marktækur, en þær tvær veiðiferðir sem skera sig mest úr eru veiðiferð eitt sem var á Halamið og veiðiferð sex sem var í vorralli Hafrannsóknastofnunarinnar á Vestfjarðarmið.

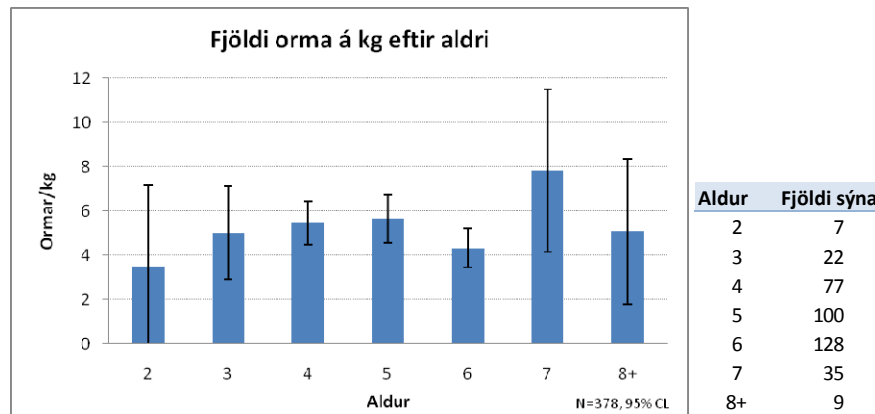
Ekki er tölfræðilega marktækur munur á fjölda orma milli kynja, þar sem meðaltal allra veiðiferða sýnir að hængarnir eru að meðaltali með 5,31 ormar/kg en hrygnurnar með 5,32 ormar/kg. Ekki er heldur munur á fjölda orma milli kynja í einstökum veiðiferðum, en kynin skiptast á að hafa fleiri orma, án þess að munurinn sé nokkru sinni tölfræðilega marktækur (mynd 24). Ekki virðist heldur vera neitt samband milli kynþroska og fjölda orma.





Mynd 24: Fjöldi orma/kg í flaki eftir kyni.

Ekki virðist heldur vera sterkt samband milli aldurs og fjölda orma á kg (mynd 25). Ormum í hverjum fiski fjölgar þó með aldrinum, en vöxtur fisksins helst hins vegar nokkurn vegin í hendur við fjölgun ormannna. Að meðaltali voru rúmlega fimm ormar á hvert kíló af flökum í þeim árgöngum þar sem nægilegt magn sýna fékkst. Mynd 25 virðist gefa til kynna að fjöldi orma á kg í sjö ára gömlum fiskum sé hærra en í öðrum aldurshópum, en í því tilviki eru það tvö sýni úr veiðiferð sex sem skekkja myndina, með 39 og 49 orma/kg af flökum.

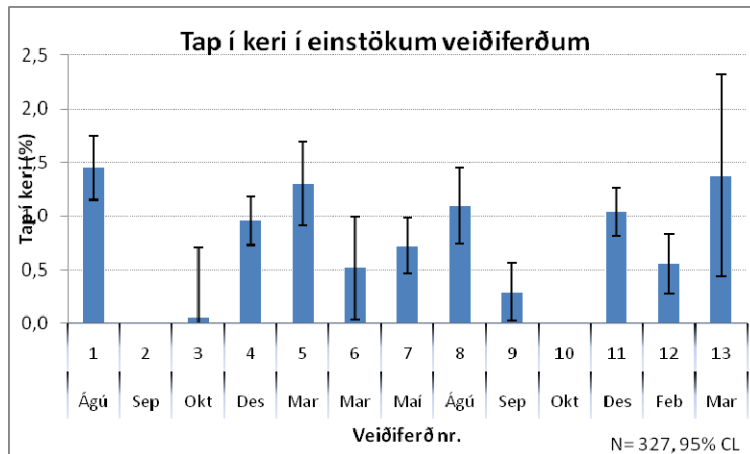


Mynd 25: Fjöldi orma/kg eftir aldri.

Samtekin niðurstaða er að það er greinilegur munur á fjölda orma milli einstakra veiðiferða. Sá munur verður hins vegar ekki útskýrður á tölfræðilega marktækan hátt með því að flokka aflann í gagnasafninu eftir kyni, kynþroska eða aldri.

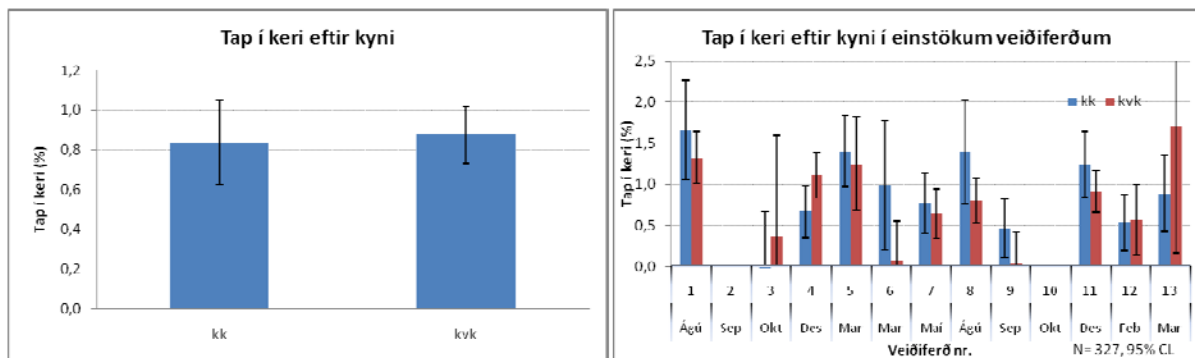
### 3.6 Tap í keri

Þegar sýnataka fór fram úti á sjó var fiskurinn vigtaður og svo var hann endurvigtaður þegar hann fór í vinnslu í landi fjórum dögum síðar. Á þessum tíma er eðlilegt að fiskurinn hafi tapað einhverri þyngd, en samkvæmt gögnunum getur verið nokkur munur á þessari rýrnun milli einstakra veiðiferða. Þess ber þó að geta að gögnin voru í sumum tilfellum ekki nægilega áreiðanleg og því þurfti að fara yfir þau og hreinsa út þau gildi sem voru augþynilega ekki rétt. Sérstaklega voru það mælingar úr veiðiferðum tvö og tíu sem ekki virtust vera í lagi og því voru þær mælingar ekki notaðar við úrvinnsluna. Einnig voru tekin út fimm sýni úr öðrum veiðiferðum sem sýndu meira en 10% rýrnun eða þyngdaraukningu. Líkleg ástæða fyrir óáreiðanlegum mælingum eru mistök í skráningu eða vandamál/ónákvæmni við mælingar úti á sjó. Þegar búið var að sía út óáreiðanleg gildi kom í ljós að meðaltals rýrnun (tap í keri) úr veiðiferðunum var 0,81% á þessum fjórum dögum. Tölfræðilega marktækur munur var á þeim veiðiferðum þar sem rýrnun var mest og minnst. Mest rýrnun var í veiðiferð eitt 1,45% en minnst í veiðiferð þrjú 0,06%, eins og sjá má á mynd 26.



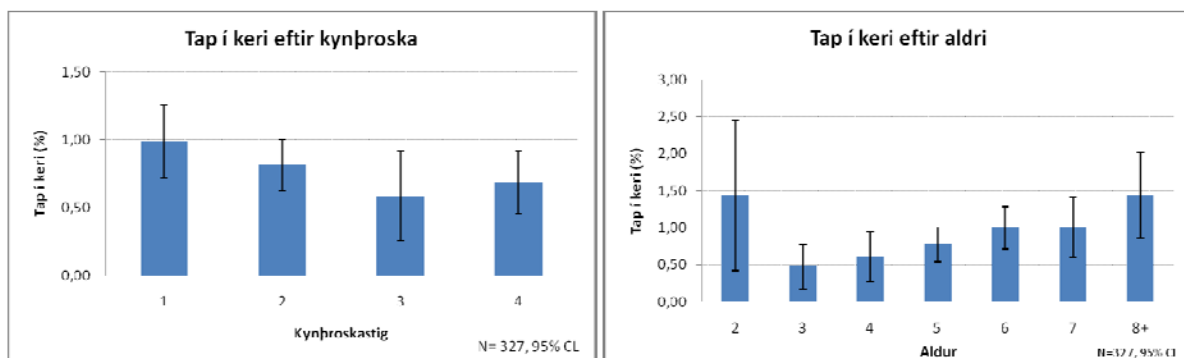
Mynd 26: Tap í kerfi í einstökum veiðiferðum.

Tap í kerfi var nær það sama í heildina litið hjá hængum og hrygnum 0,84% og 0,88% en var nokkuð breytileg innan einstakra veiðiferða. Þessi munur er þó í öllum tilvikum innan skekkjumarka eins og sjá má á mynd 27.



Mynd 27: Tap í kerfi eftir kyni.

Óverulegur munur var á rýrnuninni eftir kynþroska og munur á rýrnun eftir aldri var ekki tölfræðilega marktækur (mynd 28), en talsvert ójafnvægi er í dreifingu gagna í gagnasafninu um kynþroska og aldur eins og áður hefur komið fram



Mynd 28: Tap í kerfi eftir kynþroska og aldri.

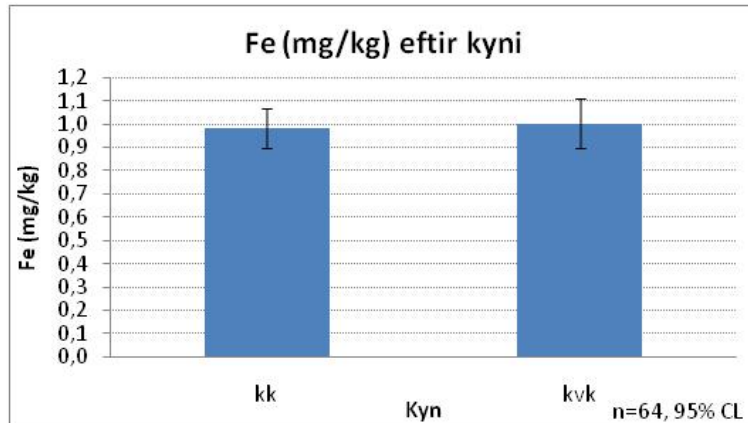
Ekki var hægt að sýna fram á að það væri tölfræðilega marktækt samband milli þyngdar fiska og taps í kerfi ( $R^2=0,018$ ). Sömu sögu var að segja um samband taps í kerfi og los/kg ( $R^2=0,12$ ). Ekki var um neitt samband að ræða milli taps í kerfi og vatnsheldni ( $R^2=0,01$ ) eða vatnsinnihalds ( $R^2=0,01$ ) í flökunum.

### 3.7 Niðurstöður snefilefnagreininga

Niðurstöður greininga á ólífrænum snefilefnum og lífrænum snefilefnum eru teknar saman í sérköflum fyrir hvert snefilefni sem rannsakað var. Þessi gögn um ólífrænum snefilefni í þorsklökum munu að hluta til vera birt í „Íslenska gagnagrunninum um efnainnihald matvæla“ (ÍSGEM).

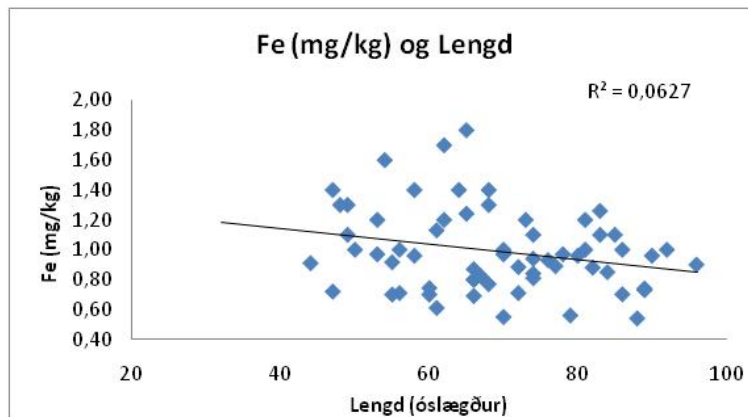
#### a) Járn (Fe)

Styrkur járn í þorsklökum var að meðaltali 0,99 mg/kg votvigt fyrir öll 64 sýnin.



Mynd 29: Fe (mg/kg votvigt) eftir kyni.

Mynd 29 sýnir járnstyrk í þorsklökum eftir kyni, en niðurstöður sýndu að enginn tölfræðilegur munur var á styrks járn milli kynja. Eins var engin fylgni á járnstyrk miðað við kynþroska eða aldur.

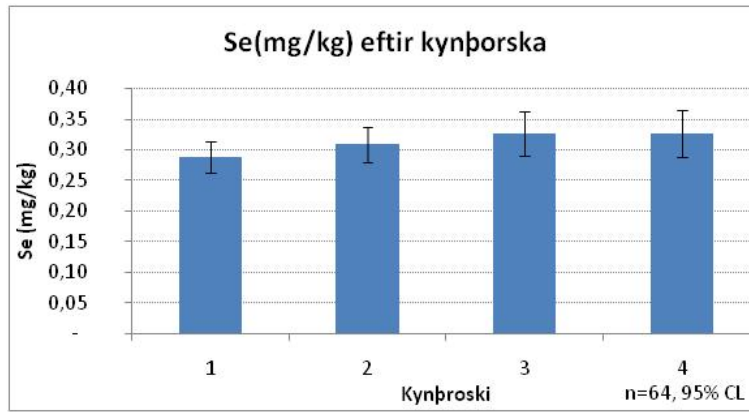


Mynd 30: Fe (mg/kg votvigt) sýnd á móti lengd.

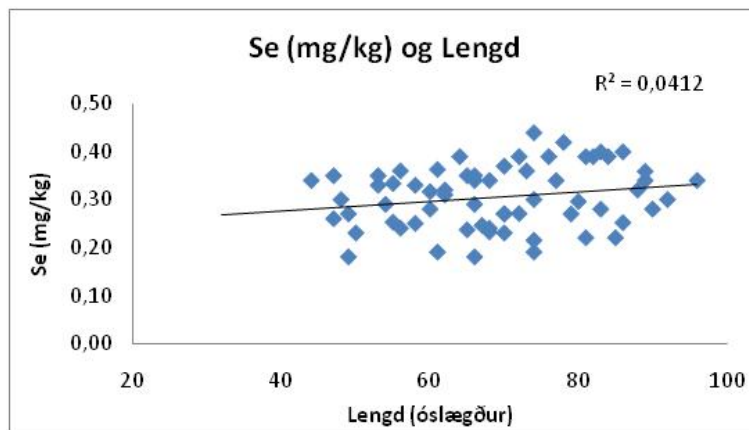
Ekki var fylgni ( $R^2=0,063$ ) milli styrks járn í holdi og lengdar fisks (mynd 30).

#### b) Selen (Se)

Meðaltals styrkur selens í þorsklökum er 0,31 mg/kg votvigt fyrir öll 64 sýnin. Enginn tölfræðilegur munur fannst á styrk selens í holdi miðað við kyn. Engin fylgni fannst milli styrks selens í holdi og aldurs. Hinsvegar virðist vera fylgni milli styrks selens og kynþroska (mynd 31), en sú fylgni er hins vegar ekki tölfræðilega marktæk samkvæmt ANOVA prófi ( $P=0,225$ ).



Mynd 31: Se (mg/kg votvigt) eftir kynþroska.

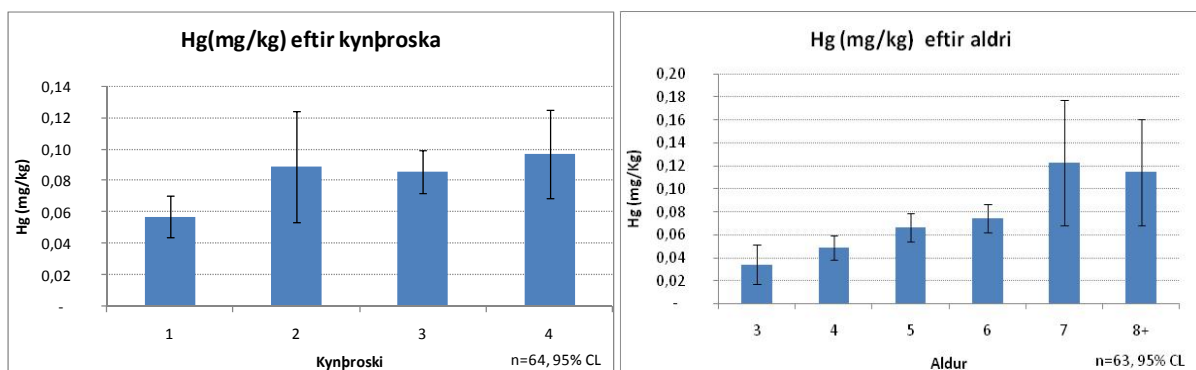


Mynd 32: Se (mg/kg votvigt) á móti lengd.

Mynd 32 sýnir veika fylgni milli selens í holdi og lengdar fisks, þessi fylgni ( $R^2=0,041$ ) er þó ekki tölfræðilega marktæk.

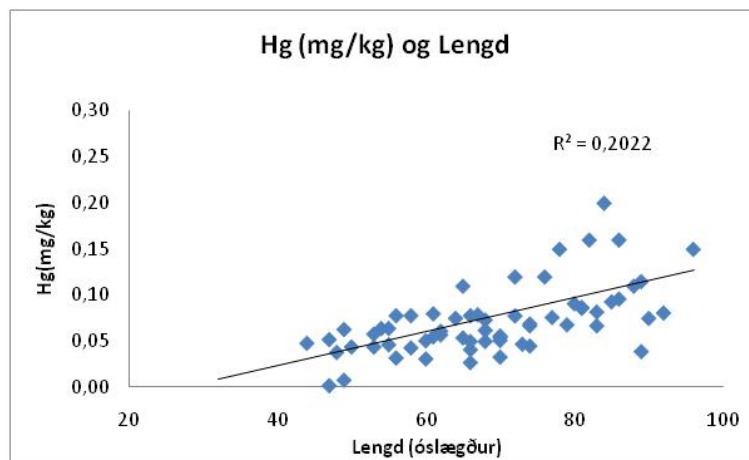
### c) Kvikasilfur (Hg)

Meðaltals styrkur kvikasilfurs í holdi þorsks er 0,08 mg/kg votvigt ( $R^2=0,063$ ). Hámarksgildi Evrópusambandsins fyrir magn kvikasilfurs í matfisk er 0,5 mg/kg votvigt. Styrkur kvikasilfurs í þorski úr íslenskrri lögsögu er því töluvert lægri en hámarksgildið segir til um. Enginn tölfræðilegur munur reyndist vera milli kynjanna á styrk kvikasilfurs í holdi. Hins vegar er nokkuð sterk fylgni milli styrks kvikasilfurs og kynþroska sem og aldurs eins og sýnt er á mynd 33. Þetta hefur verið sýnt fram á áður þar sem kvikasilfur safnast fyrir í lífverum og hækkar þar af leiðandi með hækkingu aldri (Wang et al. 2010).



Mynd 33: Styrkur Hg (mg/kg votvigt) á móti kynþroska annars vegar og aldurs hins vegar.

Fylgni ( $R^2=0,2$ ) er milli styrks kvikasilfurs í holdi þorsks (þ.e.a.s í þorskflaki) og lengdar á óslægðum fiski eins og sést á mynd 34.

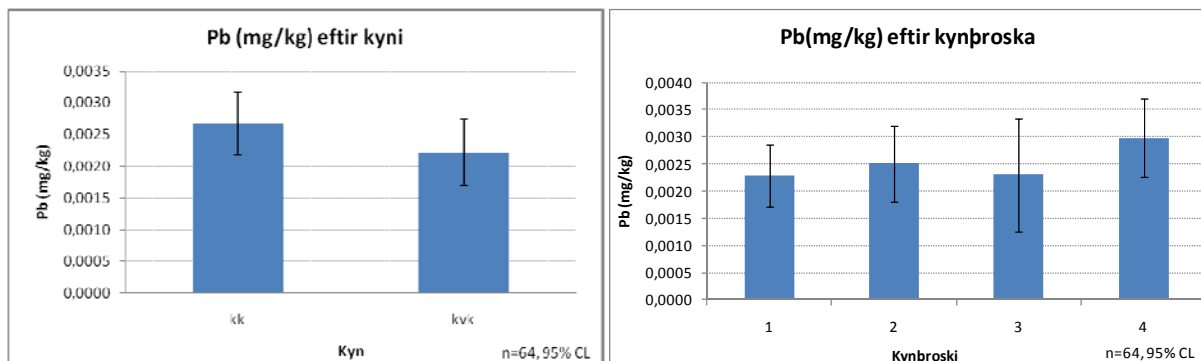


Mynd 34: Fylgni styrks Hg í holdi (mg/kg) og lengdar fisks.

Styrkur kvikasilfurs í lengstu og elstu þorskunum fer þó ekki yfir hámarksgildi Evrópusambandsins.

#### d) Blý (Pb)

Styrkur blýs í þorski frá íslenskri lögsögu er mjög lár (0,002 mg/kg að meðaltali) og langt undir hámarksgildum Evrópusambandsins (0,30 mg/kg).

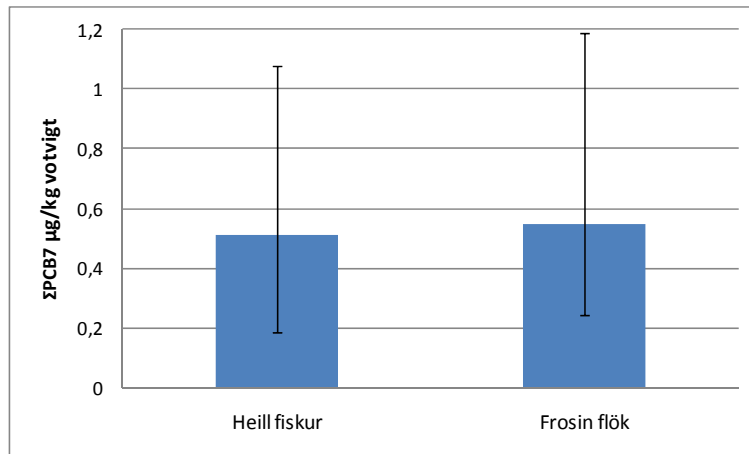


Mynd 35: Styrkur Pb (mg/kg votvigt) í þorskflökum eftir kyni annars vegar og kynþroska hins vegar.

Mynd 35 sýnir styrk blýs í þorskflökum eftir kyni annars vegar og kynþroska hins vegar. Engin tölfræðileg munur er milli styrks blýs og kyns, aldurs eða kynþroska.

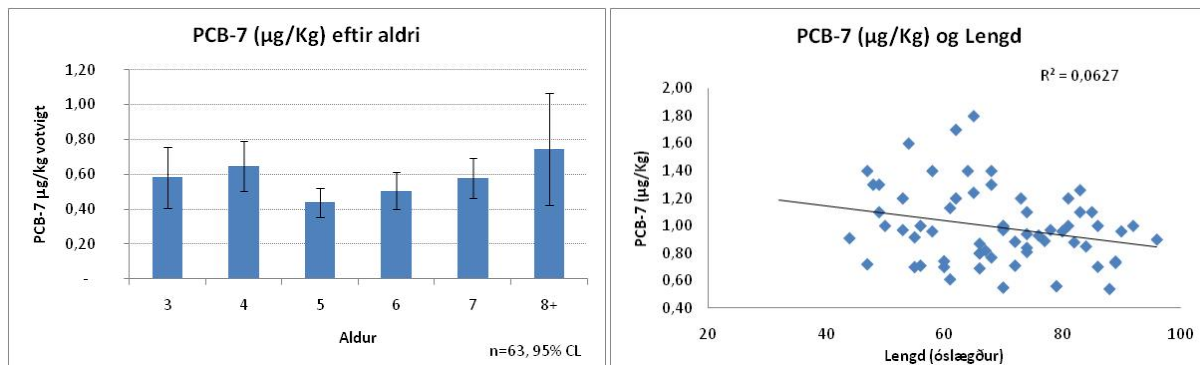
#### e) PCB7

Í þessu verkefni voru einnig mæld fjöklóreruð bifénylýefni (Polychlorinated biphenyls, PCBs). PCB eru þrávirik lífræn mengunarefni sem safnast fyrir í lífríkinu og geta haft slæm áhrif á menn og dýr. Fræðilega eru til 209 mismunandi PCB efni sem eru aðgreind með númeri, en algengt er að þau sjö PCB efni sem eru oftast í hæstum styrk í sýnum séu mæld og fylgst með. Þessi sjö eru gjarnan nefnd PCB7 eða Dutch Seven og eru CB-28, CB-52, CB-101, CB-118, CB-138, CB-153 og CB-180. Summan af PCB7 mældist í mjög lágum styrk í holdi þorsks (flökum) sem veiddur er á Íslandsmiðum (Meðaltal 0,55 µg/kg votvigt?). PCB7 eru fituleysanleg efni og safnast þar af leiðandi fyrir í fituríkum vefjum, þar sem þorskhöld inniheldur mjög litla fitu safnast þar af leiðandi lítið af þessum efnum í holdið.



Mynd 36. Styrkur PCB7 í heilum fiski og frosnum þorskflökum.

Gerður var samanburður á styrk PCB7 í þorski beint úr hafi annars vegar og eftir vinnsluna þ.e.a.s. í frosnum flökum hins vegar. Ekki reyndist marktækur munur á styrk PCB7 í heilum fiski og frosnum þorskflökum, fiskvinnslan virðist því ekki hafa áhrif á styrk þessara efna í flökunum.



Mynd 37: Samband styrks PCB7 í holdi þorsks og lengdar annars vegar og aldurs hins vegar.

Enginn tölfræðilega marktækur munur reyndist vera á milli styrks PCB7 og kyns, aldurs eða kynþroska. Dæmi um niðurstöður fyrir styrk þessara efna eftir aldri fiskins er sýnt í mynd 37. Veik neikvæð fylgni ( $R^2=0,063$ ) er á milli styrks PCB7 í holdi og lengdar fiskis. Þetta gæti stafað af holdafari fiskisins eða vegna aukins rúmmáls líkama fiskis. Lélegt holdafar veldur því að lifur þorsksins tapar fitu og efni sem eru geymd í lifrinni eins og PCB7 færast yfir í holdið.

Samtekin niðurstaða er að ekkert tölfræðilega marktækt samband var milli styrks járn (Fe), selens (Se), blýs (Pb) eða PCB7 og kyns, aldurs eða kynþroska. Tölfræðilega marktækt samband er milli styrks kvikasilfurs í holdi þorsks (þ.e.a.s. í flökum) og aldurs, lengdar og kynþroska. Þekkt er að kvikasilfur safnast fyrir í holdi fiska með aldri. Niðurstöður þessarar rannsóknar byggja undir þá þekkingu.

## 4 Lokaorð

Mjög víðtæk gagnasöfnun hefur farið fram, þar sem margir aðilar hafa komið að sýnatökum og mælingum á hinum ýmsu stigum í vinnslu þorsksins, auk aldursgreiningar og efnamælinga bæði á flökum og lifur. Verkefnið hefur komið á samstarfi um sýnatökur og samnýtingu gagna milli Fiskistofu, Hafró, Matís og fiskvinnslufyrirtækjanna HB Granda og Guðmundar Runólfssonar. Þessi samvinna hefur gert okkur kleift að safna ítarlegri og betri gögnum og þannig leitt til verulegra samlegðaráhrifa og betri nýtingar rannsóknarfjármagns. Þegar er ljóst að verkefnið mun leiða af sér frekara samstarf í framtíðinni.

Helstu niðurstöður rannsóknarinnar eru:

- Ekki var mikill munur í holdafari þorsks eftir árstíma, en holdastuðullinn var þó aðeins hærrí í desember heldur en í kringum hrygningartímam (febrúar-maí) þegar hann var lægstur. Ekkert samband fannst milli holdafars fisks og fituinnihalds lifrar.
- Jákvætt samband var milli lifrarstuðuls og fituinnihalds lifrar ( $R^2 = 0,55$ ). Sambandið var þó ekki línulegt heldur hækkaði fituinnihaldið hratt við lágan lifrarstuðul en minna eftir því sem lifrarstuðullinn hækkaði. Sömu leiðis hækkaði fituinnihald lifrar með lengd en einnig með aldri bæði hjá hængum og hrygnum.
- Fituinnihald lifrar, þyngd fisksins eða holdastuðullinn gefa ekki neinar afgerandi vísbendingar um flakanýtingu.
- Vatnsinnihald og vatnsheldni þorskflaka hafa lítil sem engin áhrif á vinnslunýtingu og los.
- Samantekin niðurstaða af mati á áhrifum kyns, kynþroska og aldurs á flakanýtingu er sú að það er munur á flakanýtingu milli einstakra veiðiferða, sá munur virðist að einhverju leiti háður kynþroska fisksins og er samkvæmt fyrirliggjandi gögnum lægst á kynþroskastigi 4 (þ.e.a.s fiskur í hrygningu eða hrygndur). Rétt er þó að benda á að talsvert ójafnvægi er í gagnasafninu varðandi dreifingu kynþroska í einstaka veiðiferðum og tiltölulega fá sýni eru af fiski af kynþroskastigum 3 og 4 samanborið við kynþroskastig 1 og 2.
- Gerður var samanburður á styrk PCB7 í þorski beint úr hafi annars vegar og eftir vinnsluna, þ.e.a.s. í frosnum flökum, hins vegar. Ekki reyndist marktækur munur á styrk PCB7 í heilum fiski og frosnum þorskflökum, fiskvinnslan virðist því ekki hafa áhrif á styrk þessara efna í flökunum.
- Ekkert tölfræðilega marktækt samband var milli styrks járns (Fe), selens (Se), blýs (Pb) eða PCB7 og kyns, aldurs eða kynþroska. Tölfræðilega marktækt samband er milli styrks kvikasilfurs í holdi þorsks (þ.e.a.s í flökum) og aldurs, lengdar og kynþroska. Þekkt er að kvikasilfur safnast fyrir í holdi fiska með aldri og niðurstöður þessarar rannsóknar eru í samræmi við og byggja undir þessar niðurstöður.

## 5 Þakkarorð

Margir aðilar hafa greitt götu rannsóknarinnar. Styrktarfé til rannsókna fókst frá AVS, einnig styrktu Fiskistofa, Hafrannsóknastofnunin, HB-Grandi, Guðmundur Runólfsson hf. og Matís verkefnið. Öllum starfsmönnum þessara fyrirtækja og stofnana sem komið hafa að þessu rannsóknarverkefni með einum eða öðrum hætti er þakkað fyrir þeirra framlag til verkefnisins. Sérstakar þakkir fá Guðmundur Jóhannesson, Þórhallur Ottesen, Birkir Hrannar Hjálmarsson og Móses Geirmundsson fyrir setu í stýrihópi verkefnisins. Sömu leiðis sérstakar þakkir til Dórotheu Gísladóttur fyrir samvinnuna, en sveigjanleiki og áhugi hennar á verkefninu gerði það að verkum að hægt var að framkvæma vinnslumælingar á tilsettum tíma.



## 6 Heimildir

AOCS Official Method Ba 3-38 and application note Tecator no AN 301, 1997.

Eide, O., Børresen, T., Strøm, T. Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinnin gand removal of fat from small fatty fish species. *J. Food. Sci.* 1982, 47, 347-354.

FisHmark, einblöðungur gefin út af Matís

[http://www.matis.is/media/einblodungar/FisHmark\\_a4\\_eng.pdf](http://www.matis.is/media/einblodungar/FisHmark_a4_eng.pdf)

ISO 6496, Method for analysing the water content in fish and fish meal, 1999.

Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler (NMKL). Trace elements – As, Cd, Hg, P band other elements. Determination by ICP-MS after pressure digestion. Method nr 186-2007.

Quality Assurance of Information form Marine Environmental Monitoring in Europe (QUASIMEME), [www.quasimeme.org](http://www.quasimeme.org).

Útgerðastjórnin, <http://avs.is/verkefni/rannverk/Listi//nr/2006>

Sloth, J.J., Julshamn, K., Lundebye, A.K. Total arsenic and inorganic arsenic content in Norwegian fish feed products. *Aquaculture Nutrition* 2005, 11, 61-66.

Sveinn Margeirsson, Guðmundur R. Jónsson, Sigurjón Arason, Guðjón Þorkelsson. (2003). Nýting, gæði og eðliseiginleikar þorsks. Meistararitgerð Véla-og iðnaðarverkfræðiskor HÍ.

Sveinn Margeirsson, Guðmundur R. Jónsson, Sigurjon Arason, Gudjon Thorkelsson. Processing forecast of cod - Influencing factors on yield, gaping, bruises and nematodes in cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Food Engineering* 2007, 80, 503-508.

Sveinn Margeirsson. (2008). Processing forecast of cod: decision making in the cod industry based on recording and analysis of value chain data. Doktorsritgerð verkfræði, HÍ

Wang, R., Wong, M.H., Wang, W.X. Mercury exposure in the freshwater tilapia *Oreochromis niloticus*. *Environ. Pollut.* 2010, 158, 2694-2701.