

# ÅRSRAPPORT 2010

## MATTILSYNET

**Fremmedstoffer i villfisk med  
vekt på uorganisk arsen,  
metylkvikksølv, bromerte  
flammehemmere og  
perfluorerte alkylstoffer**

Kåre Julshamn, Sylvia Frantzen og Stig  
Valdersnes

N I F E S

NASJONALT INSTITUTT  
FOR ERNÆRINGS- OG  
SJØMATFORSKNING

**Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning**

**Adresse:** Postboks 2029 Nordnes, 5817 Bergen, Norway

**Telefon:** +47 55 90 51 00 **Faks:** +47 55 90 52 99

**E-post:** [postmottak@nifes.no](mailto:postmottak@nifes.no)

## Forord

Denne rapporten beskriver innholdet av fremmedstoffer og fett i en rekke fiskearter. Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) ble analysert for fett, dibenzo-p-dioksiner (PCDD), dibenzofuraner (PCDF), dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, totalarsen, uorganisk arsen, kvikksølv, metylkvikksølv, perfluorerte alkylstoffer (PFAS) og bromerte flammehemmere (BFH) som polybromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA). Norsk-arktisk torsk (*Gadus morhua*) ble analysert for uorganisk arsen i filet samt fett, PFAS, HBCD og TBBPA i lever. Sild (*Clupea harengus*) (NVG-sild og Nordsjø-sild) og makrell (*Scomber scombus*) ble analysert for uorganisk arsen og PFAS i filet. Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*) ble analysert for uorganisk arsen, kvikksølv, metylkvikksølv og PFAS i filet, og brosme (*Brosme brosme*) og sei (*Pollachius virens*) ble analysert for uorganisk arsen i filet.

Prosjektet ble gjennomført etter en bestilling fra Mattilsynet, Hovedkontoret, Seksjon for fisk og sjømat.

Faglig ansvarlig ved Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har vært Kåre Julshamn og Stig Valdersnes. Teknisk ansvarlig for prosjektet har vært Elin Kronstad. Prøvematerialet som har vært benyttet i dette prosjektet har stort sett kommet fra NIFES' basisundersøkelser, med unntak av brosme og atlantisk kveite. Brosme ble samlet inn i forbindelse med prosjektet Sjømatdata, mens Atlantisk kveite ble samlet inn i forbindelse med en planlagt basisundersøkelse som ikke ble gjennomført på grunn av manglende finansiering. Prøveregistrering, prøvesplitting og prøveflyt til de forskjellige laboratoriene har tillagt prøvemottak ved Elin Kronstad, men Anne-Margrethe Aase, Manfred Torsvik, Vidar Fauskanger har også bidratt.

Karstein Heggstad, Tadesse Negash og Jannicke A. Berntsen har vært ansvarlig for bestemmelsene av dioksiner og dioksinlignende PCB. Dagmar Nordgård har vært ansvarlig for bestemmelsene av PCB<sub>7</sub> og Pablo Cortez har vært ansvarlig for bestemmelsene av polybromerte difenyletere (PBDE). Kari Breistein Sæle, Kjersti Pisani, Pablo Cortez og Elilta Hagos har vært ansvarlig for prøveoppbeidelse for analyse for dioksiner, PCB og PBDE. For bestemmelse av HBCD og TBBPA har Joar Fjørtoft Breivik vært ansvarlig for prøveoppbeidelse og analyse. Joar Fjørtoft Breivik og Torill Berg har vært ansvarlig for prøveoppbeidelse og bestemmelse av PFAS. Jorunn Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Berit Solli, Edel Erdal og Laila Sedal har vært ansvarlig for metallbestemmelsene. Siri Bargård og Tonja Lill Eidsvik har vært ansvarlig for bestemmelse av uorganisk arsen. Georg Smidt Olsen, Kari Pettersen og Katrine Louise Andersen sto for bestemmelsene av fett.

Vi takker alle som har deltatt i gjennomføringen av prosjektet.

01.10.2011

## Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Oppsummering</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary</b> .....	<b>8</b>
<b>Innledning</b> .....	<b>12</b>
<b>Analytter</b> .....	<b>13</b>
Om uorganisk arsen .....	13
Om metylkvikksølv .....	13
Om perfluorerte alkylstoffer (PFAS) .....	14
Om bromerte flammehemmere (PBDE/HBCD/TBBPA).....	15
<b>Arter</b> .....	<b>15</b>
Om atlantisk kveite ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ).....	15
Om nordøstarktisk torsk (skrei) ( <i>Gadus morhua</i> ) .....	16
Om sild ( <i>Clupea harengus</i> ).....	16
Om makrell ( <i>Scomber scombus</i> ).....	17
Om blåkveite ( <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> ).....	17
Om brosme ( <i>Brosme brosme</i> ) .....	18
Om sei ( <i>Pollachius virens</i> ) .....	18
<b>Eksperimentelt</b> .....	<b>19</b>
<b>Prøveinnsamling og –opparbeiding</b> .....	<b>19</b>
Generelt .....	19
Atlantisk kveite.....	20
Torskemuskel.....	21
Torskelever .....	21
Sild (NVG-sild og Nordsjøsil).....	23
Makrell .....	23
Blåkveite .....	24
Brosme .....	24
Sei .....	25
<b>Analyser</b> .....	<b>26</b>
Bestemmelse av PBDE, PCB og PCDD, PCDF, non-orto og mono-orto PCB med felles opparbeidelsesmetode (NIFES metode nr. 292).....	26
Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197).....	27

Bestemmelse av uorganisk arsen ved HPLC-ICPMS (NIFES metode nr. 261) .....	28
Bestemmelse av metylkvikksølv med isotopfortynning GC-ICPMS (NIFES metode nr. 390) .....	29
Bestemmelse av PFAS (NIFES metode nr. 349) .....	29
Bestemmelse av HBCD og TBBPA (NIFES metode nr. 350) .....	30
<b>Resultater og kommentarer .....</b>	<b>31</b>
<b>Kveite .....</b>	<b>31</b>
Dioksiner og dioksinlignende PCB .....	31
Polyklorerte bifenyler (PCB <sub>7</sub> ) .....	34
Bromerte flammehemmere .....	36
Metaller inkludert uorganisk arsen og metylkvikksølv .....	37
PFAS .....	41
<b>Torskemuskel .....</b>	<b>44</b>
Uorganisk arsen i torskemuskel .....	44
<b>Torskelever .....</b>	<b>45</b>
PFAS i torskelever .....	45
Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBPA) i torskelever .....	47
<b>Sild (NVG-sild og Nordsjøsild) .....</b>	<b>49</b>
Uorganisk arsen .....	49
PFAS .....	50
<b>Makrell .....</b>	<b>51</b>
Uorganisk arsen .....	51
PFAS .....	52
<b>Blåkveite .....</b>	<b>53</b>
Uorganisk arsen .....	53
Metylkvikksølv .....	53
PFAS .....	56
<b>Brosme .....</b>	<b>57</b>
Uorganisk arsen .....	57
<b>Sei .....</b>	<b>57</b>
Uorganisk arsen .....	57
<b>Referanser .....</b>	<b>58</b>

## Oppsummering

I dette prosjektet ble 20 prøver av filet av Atlantisk kveite analysert for fett, dibenzo-p-dioksiner (PCDD), dibenzofuraner (PCDF) og non-orto- og mono-orto polyklorerte bifenyler (dioksinlignende PCB, dl-PCB), PCB<sub>7</sub>, bromerte flammehemmere (BFH) som polybromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA), totalarsen, uorganisk arsen, kvikksølv, metylkvikksølv og 18 perfluorerte alkylstoffer (PFAS). Videre ble 190 prøver av torskefilet analysert for uorganisk arsen og 200 prøver av torskelever analysert for PFAS og bromerte flammehemmere (HBCD og TBBPA). Filetprøver av 100 nordsjøsild og 100 norsk vårgytende (NVG) sild ble analysert for PFAS, og 50 av prøvene av NVG-sild ble i tillegg analysert for uorganisk arsen. Prosjektet inkluderte også makrellfilet, der 157 prøver ble analysert for uorganisk arsen og 100 ble analysert for PFAS. Av blåkveite ble 117 filetprøver analysert for uorganisk arsen, 200 for metylkvikksølv og 100 for PFAS. Feite prøver som torskelever samt noen prøver av sild og makrell kunne ikke analyseres for uorganisk arsen og ble i stedet erstattet med brosme og sei. Grunnen til dette var at for mye fett i prøvene gav store problemer i forbindelse med kromatograferingen. Dermed ble i stedet 213 prøver av brosme og 179 prøver av sei analysert for uorganisk arsen.

De fleste prøvene ble samlet inn i regi av Havforskningsinstituttet i forbindelse med basisundersøkelsene for de ulike artene, med unntak av torskelever, som ble samlet inn i forbindelse med prosjektet "Forurensede havner og fjorder", brosme, som ble samlet inn som en del av Sjømatdata, og Atlantisk kveite, der innsamling av prøver ble påbegynt i forbindelse med en planlagt basisundersøkelse, som likevel ikke ble gjennomført på grunn av manglende finansiering. For Atlantisk kveite var det derfor behov for data på mange flere ulike fremmedstoffer enn for de andre artene. Med unntak av Atlantisk kveite ble totalarsen bestemt i forbindelse med det opprinnelige prosjektet, men er tatt med her for at uorganisk arsen skal kunne sees i forhold til totalarsen.

Alle bestemmelsene i dette prosjektet ble utført ved NIFES med analysemetoder som er akkrediterte i henhold til NS-EN-ISO 17025. Unntaket er metodene for bestemmelse av HBCD og TBBPA.

### Atlantisk kveite:

Fettinnholdet i prøver fra ryggen av kveite (B-snitt) varierte fra 0,9 til 18,1 g/100g våtvekt, og fettinnholdet i prøver fra buken (I-snitt) varierte fra 0,9 til 36,1 g/100 g våtvekt. Resultatene viser forholdsvis lavt fettinnhold for kveite med vekt mindre enn ca. 20 kg (<3,8 g/100 g) og i denne vektgruppen var det også liten forskjell i fettinnholdet mellom prøver tatt fra ryggen og prøver tatt fra buken. Fettinnholdet økte med fiskens vekt. Innholdet av sum dioksiner og dl-PCB i ryggprøver fra kveite varierte fra 0,14 til 5,5 ng TE/kg våtvekt, mens innholdet i prøver fra buk varierte fra 0,18 til 13,3 ng TE/kg våtvekt. Det var ingen av prøvene tatt fra ryggen som oversteg den øvre grenseverdien for sum dioksiner og dl-PCB på 8 ng TE/kg våtvekt satt av EU og Norge, mens det var tre av prøvene tatt fra buken som viste høyere verdier enn 8 ng TE/kg våtvekt, og disse fiskene veide henholdsvis 53,5, 53,7 og 70,5 kg. Resultatene viste en positiv korrelasjon mellom kveitens vekt og konsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB med  $r=0,74$ . Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> i prøver fra ryggen varierte fra 0,39 til 47 µg/kg våtvekt, mens prøver fra buken varierte fra 0,13 til 110 µg/kg våtvekt. Det var kun én prøve som hadde en konsentrasjon av PCB<sub>7</sub> høyere enn 100 µg/kg våtvekt. Konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> høyere enn 100 µg/kg våtvekt er svært sjelden i marin fisk som ikke er fanget i forurenset miljø. Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i kveite syntes ikke å være korrelert verken til fiskens vekt eller til prøvens fettinnhold. Resultatene for sum PBDE i prøver fra ryggen varierte fra 0,04 til 4,5 µg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av sum PBDE i prøver fra buken varierte fra 0,04 til

36 µg/kg våtvekt. Det var kun én prøve fra buken som hadde et innhold høyere enn 10 µg/kg våtvekt. Konsentrasjonen av totalarsen i prøver fra ryggen varierte fra 2,4 til 15 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen i prøver fra buken varierte fra 2,5 til 14 mg/kg våtvekt. Alle prøvene viste konsentrasjoner av uorganisk arsen som var lavere enn bestemmelsesgrensen på 0,004 mg/kg våtvekt. Innholdet av henholdsvis kadmium og bly var lavere enn kvantifiseringsgrensene for disse to grunnstoffene. Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av kveite tatt på ryggen av fisken varierte fra 0,02 til 0,36 mg/kg våtvekt, mens kvikksølvkonsentrasjonene i prøver tatt fra buken til fisken varierte fra 0,03 til 0,35 mg/kg våtvekt. Ingen av prøvene hadde verdier som var høyere enn EUs og Norges øvre grenseverdi for kvikksølv i kveite på 1 mg/kg våtvekt.

Gjennomsnittlig prosentandel metylkvikksølv i forhold til totalkvikksølv var 95 %. Det så ikke ut til å være forskjell verken mellom B- og I snitt eller mellom stor og liten kveite med hensyn på prosentandel metylkvikksølv.

Det var lave mengder av PFOS i samtlige 20 kveiter som ble analysert (0,4-2,0 µg/kg våtvekt). Det var noe høyere konsentrasjon av PFOS i I-snittet enn i B-snittet hos alle kveitene så nær som tre.

For de bromerte flammehemmerene HBCD og TBBPA var det ingen kvantifiserbare konsentrasjoner i kveite (< 1 µg/kg våtvekt).

#### Torsk:

Konsentrasjonen av totalarsen varierte fra 0,5 til 110 mg/kg våtvekt i torskemuskel. Konsentrasjonen av uorganisk arsen varierte fra <0,002 til 0,006 mg/kg våtvekt. Det var 15 prøver av i alt 190 som hadde konsentrasjoner høyere enn kvantifiseringsgrensen på 0,002 mg/kg våtvekt. Uorganisk arsen var således ikke korrelert til innholdet av totalarsen.

Bestemmelsene av PFAS i 200 torskelever fra ulike havner og fjorder viste at det var kvantifiserbart innhold av PFOS i 72 % av leverne. Høyeste nivå var 21,8 µg/kg i en prøve fra Kragerø. Det var høyere gjennomsnittlig nivå av PFOS i fjordene på Sør-Østlandet enn i fjordene i Nord-Norge. Det var kvantifiserbart innhold av α-HBCD i 69 % av de 198 analyserte torskeleverne fra ulike fjorder og havner. Nivået av α-HBCD var høyest i en prøve fra Hammerfest (20,4 µg/kg). Det var ikke kvantifiserbare nivå av verken TBBPA, β-HBCD eller γ-HBCD i noen av prøvene.

#### Sild (NVG-sild og Nordsjøsild):

I dette prosjektet skulle det analyseres for uorganisk arsen i 200 prøver, fordelt på 100 prøver NVG-sild og 100 prøver Nordsjøsild. Det ble kun analysert 50 prøver av NVG-sild og grunnen var at en fikk analytiske problemer på grunn av høyt fettinnhold. Konsentrasjonen av totalarsen i de undersøkte prøvene varierte fra 1,8 til 3,4 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen var lavere enn kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt.

Det var få kvantifiserbare utslag av PFAS i sildeprøvene. En posisjon med nordsjøsild fra Den engelske kanal skilte seg ut med kvantifiserbart utslag av PFOS i 12 av 23 analyserte prøver.

#### Makrell:

I dette prosjektet skulle det analyseres 200 prøver av makrell for uorganisk arsen, men det har blitt analysert 157 prøver. 43 av prøvene var så feite at analysemetoden ikke fungerte. Konsentrasjonen av totalarsen i de undersøkte prøvene varierte fra 1,1 til 4,7 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen varierte fra mindre enn kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt til 0,006 mg/kg våtvekt.

PFAS ble bestemt i 100 prøver av makrell fordelt på åtte posisjoner. Tre posisjoner hadde kvantifiserbart utslag for PFOSA i til sammen 12 fisk. De andre PFAS var stort sett under kvantifiseringsgrensen.

#### Blåkveite:

Konsentrasjonen av totalarsen i 117 undersøkte prøver varierte fra 2,1 til 48 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen var for alle prøvene mindre enn kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonen av uorganisk arsen er altså lav selv i en sentvoksende art som blåkveite.

Metylkvikksølv ble bestemt i filet fra 200 blåkveiter prøvetatt ved fem ulike posisjoner. Det ble valgt ut posisjoner som viste varierende innhold av totalkvikksølv i basisundersøkelsen. I gjennomsnitt var den prosentvise andelen metylkvikksølv av totalkvikksølv 90,9 % med et standardavvik på 9,3 %. Det var ikke signifikante forskjeller i andelen metylkvikksølv mellom posisjonene eller mellom fisk med høyt og lavt innhold av totalkvikksølv. For blåkveite med lavt innhold av totalkvikksølv varierte den prosentvise andelen av metylkvikksølv mer enn for blåkveite med høyt innhold av totalkvikksølv, men dette kan komme av den kombinerte effekten av at både bestemmelsen av totalkvikksølv og metylkvikksølv får en relativt sett høyere usikkerhet i bestemmelsen når verdiene bli lavere.

Det var kvantifiserbart innhold av PFOS i 80 % av blåkveiteprøvene. Alle konsentrasjonene av PFOS var i det lave området ( $\leq 1,1$  µg/kg våtvekt). For PFOSA var det færre prøver med kvantifiserbart innhold, men her var det høyeste nivået 10,5 µg/kg våtvekt i en av prøvene tatt sør for Lofoten.

#### Brosme:

Uorganisk arsen i brosme var ikke med i den opprinnelige prosjektplanen, men på grunn av analytiske problemer med fete prøver ble disse erstattet med brosme. De 212 analyserte prøvene av brosmefilet viste konsentrasjoner av uorganisk arsen fra under kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt til 0,006 mg/kg våtvekt. Seks prøver viste konsentrasjoner over kvantifiseringsgrensen. Konsentrasjonen av totalarsen i brosmep prøvene varierte fra 0,26 til hele 89 mg/kg våtvekt.

#### Sei:

Uorganisk arsen i sei var ikke med i den opprinnelige prosjektplanen, men ble likevel inkludert som erstatning for fete silde- og makrellprøver som ikke lot seg analysere. Av 179 analyserte prøver av seifilet viste én prøve kvantifiserbar konsentrasjon av uorganisk arsen. Innholdet av totalarsen i prøvene varierte fra 0,01 til 6,5 mg/kg våtvekt.



## Summary

In this project, 20 samples of fillet of Atlantic halibut were analyzed for fat, dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDF) and non-ortho and mono-ortho polychlorinated biphenyls (dioxin-like PCBs, dl-PCBs), PCB<sub>7</sub> and the brominated flame retardants (BFRs) polybrominated diphenylethers (PBDEs), heksabromocyclododecane (HBCD) and tetrabromobisphenol A (TBBPA), arsenic, inorganic arsenic, mercury, methyl mercury, and perfluorinated compounds (PFCs). Furthermore, 190 samples of cod fillets were analysed for inorganic arsenic and 200 samples of cod liver were analysed for PFCs and BFRs (HBCD and TBBPA). Fillet samples of 100 Norwegian Spring Spawning (NSS) herring and 100 North Sea herring were analyzed for PFCs and 50 of the NSS herring samples were also analysed for inorganic arsenic. The project also included mackerel, where 157 were analyzed for inorganic arsenic and 100 samples were analysed for PFCs. Of Greenland halibut 117 fillet samples were analysed for inorganic arsenic, 200 for methyl mercury and 100 for and PFCs . . Oily samples such as cod liver and some herring and mackerel samples were not possible to analyse for inorganic arsenic. The reason why the oily samples could not be analyzed for inorganic arsenic was that too much fat resulted in problems with the chromatography. To replace these samples, 213 samples of tusk and 179 samples of saithe were analysed for inorganic arsenic

Most samples were collected during the baseline studies for the respective species, except cod livers, which were collected during the project “Polluted fjords and harbours”, tusk, which were collected as a part of the “Seafood data” monitoring, and Atlantic halibut, where samples collection was initiated in connection with a planned baseline study which was canceled due to lack of funding. For Atlantic halibut it was therefore a need for data on many different undesirable substances than for the other species. Except Atlantic halibut, totalarsenic was determined during the original project, but has been included here so that inorganic arsenic in the samples can be compared with the totalarsenic level.

All determinations for this project were conducted by NIFES with methods that are accredited according to EN-ISO 17025, except for the methods determining HBCD and TBBPA.

### Atlantic halibut:

The fat content in samples taken from the back (dorsal side) of the halibut (B-cut) ranged from 0.9 to 18.1 g/100 g wet weight, and fat contents in samples from the abdomen (I-cut) ranged from 0.9 to 36.1 g/100 g wet weight. The results show relatively low fat content of halibut weighing less than approximately 20 kg (<3.8 g/100 g), and in this weight group there was also little difference in the fat content between samples taken from the back and the samples taken from the abdomen. The fat content increased with increasing fish weight. The content of the sum of dioxins and dl-PCBs in samples of halibut taken from the back ranged from 0.14 to 5.5 ng TEQ/kg wet weight, while content of sum of dioxins and dl-PCBs in samples taken from the abdomen ranged from 0.18 to 13.3 ng TEQ/kg wet weight. None of the samples taken from the back exceeded the upper limit for the sum of dioxins and dl-PCBs of 8 ng TE / kg wet weight set by the EU and Norway, while there were three samples taken from the abdomen that showed higher values than 8 ng TEQ/kg wet weight (fish weighing 53.5, 53.7 and 70.5 kg, respectively). There was a positive correlation between fish weight and the sum of dioxins and dl-PCBs, with  $R = 0.74$ . The content of sum PCB<sub>7</sub> in samples from the back ranged from 0.39 to 47 µg/kg wet weight, while samples from the abdomen ranged from 0.13 to 110 µg/kg wet weight. Only one sample showed a concentration of PCB<sub>7</sub> higher than 100 µg/kg wet weight. Concentrations of PCB<sub>7</sub> higher than 100 µg/kg wet weight



are extremely rare in marine fish not caught in a polluted environment. The concentration of PCB<sub>7</sub> in halibut was neither correlated to the fish's weight nor fat content. The results for the sum of PBDEs in samples from the back ranged from 0.04 to 4.5 µg/kg wet weight, while the concentrations of the sum of PBDEs in samples from the abdomen ranged from 0.04 to 36 µg/kg wet weight. Only one sample taken from the abdomen had a content of the sum of PBDEs higher than 10 µg/kg wet weight. The concentration of total arsenic in samples from the back ranged from 2.4 to 15 mg/kg wet weight, whereas concentrations in samples from the abdomen was slightly lower and ranged from 2.5 to 14 mg/kg wet weight. All the samples showed concentrations of inorganic arsenic below the limit of quantification at 0.004 mg/kg wet weight. The contents of cadmium and lead were also lower than the limits of quantification for these two elements. Mercury concentrations in fillets of halibut taken from the back of the fish ranged from 0.02 to 0.36 mg/kg wet weight, and mercury concentrations in fillets taken from the abdomen ranged from 0.03 to 0.35 mg/kg wet weight. None of the samples had values exceeding the EU's and Norway's upper limit for mercury in Atlantic halibut at 1 mg/kg wet weight.

The average percentage of methyl mercury in relation to total mercury was 95%. It did not seem to be any difference neither between B- and I-cut nor between large and small halibut in terms of percentage of methyl mercury.

The level of PFOS was low in all of the 20 halibuts analysed (0.4-2.0 µg/kg wet weight). There was a somewhat higher concentration of PFOS in the I-cut than in the B-cut for all but three of the individual halibuts.

The levels of the BFRs HBCD and TBBPA in halibut were all below the methods limit of quantification (<1 µg/kg).

#### Cod:

Totalarsenic concentrations in cod muscle ranged from 0.5 to 110 mg/kg wet weight. The concentration of inorganic arsenic ranged from <0.002 to 0.006 mg/kg wet weight. Fifteen samples out of a total of 200 had concentrations higher than the limit of quantification. Inorganic arsenic was thus not correlated to the content of totalarsenic.

Determination of PFCs in 200 cod livers from selected harbors and fjords showed that the level of PFOS was quantifiable in 72% of the samples. The highest level of PFOS was 21.8 µg/kg in a liver sample from Kragerø. The average PFOS content was higher in the fjords on the south-east part of Norway than in fjords in the northern part of the country.  $\alpha$ -HBCD was over the method level of quantification in 69% of the 198 analyzed samples. The level of  $\alpha$ -HBCD was highest in the liver of a cod from Hammerfest (20.4 µg/kg). The contents of TBBPA,  $\beta$ -HBCD and  $\gamma$ -HBCD were below the method levels of quantification in all the samples.

#### Norwegian spring spawning (NSS) herring and North Sea herring:

In this project, inorganic arsenic should have been determined in 200 samples, distributed between 100 samples of NSS herring and 100 samples of North Sea herring. Only 50 samples of NSS herring were analyzed because of analytical problems due to high fat content. The concentrations of total arsenic in the investigated samples ranged from 1.8 to 3.4 mg/kg wet weight, while the concentrations of inorganic arsenic were all below the limit of quantification of 0.003 mg/kg wet weight.

There were few quantifiable PFCs in the herring samples. One position with North Sea herring from the English Channel stood out with PFOS levels above the method level of quantification in 12 of 23 analyzed samples.

#### Mackerel:

This project should have analysed 200 samples for inorganic arsenic, but only 157 samples were analysed. The remaining samples, especially samples of North Sea herring, were not analysed due to analytical problems caused by high fat contents. The concentration of total arsenic in the investigated samples ranged from 1.1 to 4.7 mg/kg wet weight, while concentrations of inorganic arsenic ranged from less than the limit of quantification (i.e. 0.003 mg/kg wet weight) to 0.006 mg/kg wet weight.

100 samples of mackerel from eight positions were analysed for PFCs. A total of twelve mackerels from three positions had quantifiable amounts of PFOSA. The other PFCs were mostly below the level of quantification.

#### Greenland halibut:

The concentration of total arsenic in the investigated samples of Greenland halibut ranged from 2.1 to 48 mg/kg wet weight, while concentrations of inorganic arsenic were less than the limit of quantification of 0.003 mg/kg wet weight in all the samples. Thus, the concentration of inorganic arsenic is low even in a slow growing species like Greenland halibut, where some of the fish were almost 30 years of age.

Methyl mercury was determined in fillets of 200 Greenland halibut from five different positions. Positions with varying amounts of total mercury found in the baseline study were selected. The overall average percentage methyl mercury of total mercury was 90.9%, with a standard deviation of 9.3%. There were no significant differences in percentage methyl mercury between positions or between fish with high and low total mercury concentrations. Greenland halibut with low total mercury concentrations showed a larger variation in the percentage methyl mercury than Greenland halibut with high total mercury concentrations, but this could be an effect of the combined uncertainties from the determination of total mercury and methyl mercury and increased uncertainty when the levels determined are low.

There were quantifiable amounts of PFOS in 80% of the Greenland halibut samples. All concentrations found were relatively low ( $\leq 1.1 \mu\text{g/kg}$  wet weight). PFOSA was quantifiable in a lower number of samples, but here the highest level found was  $10.5 \mu\text{g/kg}$  wet weight in a sample taken south of Lofoten.

#### Tusk:

Inorganic arsenic in tusk was not included in the original project plan, but because of analytical problems with fatty samples such as cod liver and herring, these were replaced by tusk and saithe. The 212 samples of tusk fillet which were analysed showed concentrations of inorganic arsenic from below the limit of quantification of 0.003 mg/kg wet weight to 0.006 mg/kg wet weight. Six samples showed concentrations above the limit of quantification. The concentration of total arsenic in the tusk samples varied from 0.26 to as high as 89 mg/kg wet weight.

Saithe:

Inorganic arsenic in saithe was not included in the original project plan, but was included to replace the oily liver, herring and mackerel samples that could not be analysed. Of 179 samples of saithe fillet analysed one sample showed a quantifiable concentration of inorganic arsenic. The content of total arsenic in the saithe samples varied from 0.01 to 6.5 mg/kg wet weight.

## Innledning

Høsting av sjømat har store samfunnsmessige verdier ved at det gir arbeidsplasser og eksportinntekter. Vi er mest opptatt av at det bidrar med sunn mat til den tilgjengelige mengden av mat på kloden. Sjømat er proteinrik mat med god aminosyresammensetning og den bidrar med de viktige marine omega-3 fettsyrene EPA og DHA, sporelementer som jod og selen og fettløselige vitaminer som vitamin D. Det er også en forutsetning for de positive effektene av næringsstoffer i sjømaten at den er trygg å spise med hensyn til miljøgifter. Dette blir ofte målt direkte ved at man sammenligner innholdet av miljøgifter i matvaren med internasjonalt aksepterte grenseverdier for dette. Det er spesielt enkelte tungmetaller som kvikksølv og enkelte organiske miljøgifter som PCB og dioksiner som kan skape problemer i noen sjømatprodukter.

Mattilsynet har i senere år utført årlige overvåknings- eller kartleggingsprogrammer for dioksiner og dioksinlignende PCB i ulike matvarer. Fra 2002 ble dette en del av et felles overvåkningsprogram i EU/EØS området (Commission Recommendation 705/2004). Norske data var med i grunnlaget for utarbeidelse av et nytt regelverk i EU/EØS som inkluderte etablering av øvre grenseverdier for dioksinlignende PCB i forskjellige matprodukter (Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006). Fortsatt er datagrunnlaget for dioksiner og dioksinlignende PCB svært begrenset både i Norge og i EU, og det er således viktig at Norge bidrar til å styrke datagrunnlaget, spesielt på sjømatområdet.

European Food Safety Authority (EFSA) arbeider med å etablere en ny grense for tolerabelt ukentlig inntak (PTWI) for uorganisk arsen, og i den forbindelse trenger de flere pålitelige data på næringsmidler utført med validerte og akkrediterte metoder. EFSA har risikovurdert arsens betydning for human helse. Konklusjonen fra arbeidsgruppen var at PTWI-verdien på 15 µg/kg kroppsvekt som er etablert av FAO/WHO's ekspertgruppe på kontaminanter og tilsetningsstoffer (JECFA) ikke lenger er holdbar og bør senkes. Dette skjedde fordi det er registrert kreft i lunger og urinblære i tillegg til hud ved et ukentlig inntak av uorganisk arsen betydelig lavere enn 15 µg/kg kroppsvekt.

EFSA arbeider også med å innhente data på nyere stoffer fra EU/EØS landene. Dette gjelder for eksempel for bromerte flammehemmere som polybromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA).

### Målsettingene til dette prosjektet var som følger:

- Skaffe til veie mer data på fremmedstoffer i atlantisk kveite (20 fisk hvor prøver fra bryst (B-snitt) og prøver fra buk (I-snitt) analyseres) hvor følgende stoffer skal inkluderes: fett, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE, HBCD, TBBPA, kvikksølv, metylkvikksølv, totalarsen, uorganisk arsen og PFAS.
- Skaffe til veie data for uorganisk arsen i torskefilet (190 fisk).
- Skaffe til veie data for uorganisk arsen (50 prøver) og PFAS (200 prøver) i NVG-sild og Nordsjø-sild.
- Skaffe til veie data for uorganisk arsen (157 prøver) og PFAS (100 prøver) i makrell.
- Skaffe til veie data for uorganisk arsen (117 prøver), metylkvikksølv (200 prøver) og PFAS (100 prøver) i blåkveite.
- Skaffe til veie data for PFAS og bromerte flammehemmere i torskelever fra et utvalg av forurensede havner og fjorder (200 fisk).
- Skaffe til veie data for uorganisk arsen i 213 prøver av brosme og 179 prøver av sei.

## Analytter

### Om uorganisk arsen

Arsen er funnet i biosfæren både som uorganisk og organisk arsen, og det har vært identifisert mer enn 50 forskjellige kjemiske former av grunnstoffet, hvor den vitenskapelige litteraturen benevner disse som arsenspecier. Fisk og annen sjømat har et naturlig høyt innhold av arsen sammenlignet med for eksempel landbruksprodukter. Giftigheten til arsen varierer mye og er avhengig av arsenets kjemiske form. Uorganisk arsen er toksisk for mennesker og dyr og er kjent for å være karsinogent. Den største andelen av arsen i sjømat er til stede som arsenobetain, som er en organisk kjemisk form som er ansett for ikke å være toksisk. Andre kjemiske former av arsen er til stede i mindre konsentrasjoner, som for eksempel de uorganiske kjemiske formene, arsenitt (As(III)) og arsenat (As(V)), som er svært toksiske. I fiskemuskel overskrider ikke uorganisk arsen 1 % av totalarsen i fisk, mens andelen i for eksempel blåskjell kan være betydelig høyere (Sloth and Julshamn, 2009). Eksisterende lovgivning i EU og Norge knyttet til øvre grenseverdier for arsen i fôr og mat tar kun utgangspunkt i konsentrasjoner av totalarsen og ikke i konsentrasjonene av de toksiske uorganiske arsenspeciene. Nylig har det europeiske mattilsynet (EFSA) fokusert på behovet for mer data knyttet til nivåer av organisk og uorganisk arsen i forskjellige matvarer, inkludert sjømat, samt behovet for robuste validerte kjemiske analysemetoder til bestemmelse av uorganisk arsen i matvarer. I 2009 kom EFSA med en risikovurdering knyttet til folks helse ved inntak av arsen fra matvarer, inkludert drikkevann. Av mer enn 100 000 arsendata i mat var om lag 98 % rapportert som totalarsen, og bare noen få undersøkelser hadde inkludert forskjellige arsenspecier. Siden spesieringsdata av arsen var svært begrenset var ikke arbeidsgruppen som var nedsatt av EFSA "Panel on Contaminants in food chain" (CONTAM Panel) i stand til å vurdere hva som kunne være typisk andel av uorganisk arsen i ulike matvarer. For å vurdere eksponeringen for uorganisk arsen ble det gjort en rekke antagelser for å kunne beregne bidraget av uorganisk arsen fra kosten. Andelen uorganisk arsen av totalarsen ble antatt å variere mellom 50 og 100 % i andre matvarer enn sjømat. I fiskemuskel var andelen liten og mindre etter som konsentrasjonene av totalarsen økte. Arbeidsgruppen mente at en realistisk konsentrasjon av uorganisk arsen i fisk som eksponeringskilde kunne settes til 0,03 mg/kg våtvekt og for skaldyr kunne konsentrasjonen settes til 0,1 mg/kg våtvekt (EFSA, 2009). Et tolerabelt ukentlig inntak på 15 µg/kg kroppsvekt ble etablert av Verdens helseorganisasjon (WHO) i 1989 (WHO, 1989). Siden 1989 er det dokumentert at uorganisk arsen forårsaker kreft i lunger, urinrør og hud og har også andre negative effekter ved lavere eksponeringer enn tidligere antatt. Derfor fant EFSA's CONTAM panel det ikke tilrådelig å beholde en PTWI verdi for uorganisk arsen på 15 µg/kg kroppsvekt. Panelet anbefalte å redusere inntaket av uorganisk arsen fra mat, og for å kunne utføre en skikkelig risikovurdering mente panelet at det måtte kreves betydelig mer data på uorganisk arsen i forskjellige matvarer, inkludert fisk.

### Om metylkvikksølv

Kvikksølvforurensning forekommer globalt på grunn av flere naturlige og antropogene utslipp til luft, vann og sedimenter. Kvikksølv finnes naturlig hovedsakelig som de tre formene elementært kvikksølv (Hg(0)), uorganisk kvikksølv (Hg<sup>2+</sup>) og organisk kvikksølv (metylkvikksølv). Når kvikksølv fra atmosfæren går over i akvatiske økosystem kan mikrober omdanne det giftige kvikksølvet til enda giftigere metylkvikksølv som deretter går inn i næringskjedene og oppkonsentreres. Metylkvikksølvnivået øker oppover i næringskjedene og de største nivåene av metylkvikksølv finnes i topp-predatorer.

JECFA, som er FNs mat- og jordbruksorganisasjon (FAO) og verdens helseorganisasjon (WHO) sin ekspertkomité for mattilsetninger, har nylig trukket tilbake PTWI-verdien for totalt kvikksølvinnntak på 5 µg/kg, og gir nå bare PTWI-verdier for hver kvikksølvspecie (FAO/WHO, 2010). PTWI for uorganisk kvikksølv er nå satt til 4 µg/kg kroppsvekt, mens PTWI for metylkvikksølv tidligere har blitt satt ned fra 3,3 til 1,6 µg/kg kroppsvekt (FAO/WHO, 2006).

Foreløpig er det ikke noen spesifikk grenseverdi for metylkvikksølv i sjømat, da eksisterende grenseverdier i EU og Norge på 1,0 og 0,5 mg/kg baserer seg på totalt kvikksølvinnhold. Siden det på kort sikt er lite sannsynlig at det naturlige innholdet av kvikksølv kan reduseres i villfisk, vil myndighetene i første omgang gå ut med spesifikke kostholdsråd for sårbare grupper når dette er nødvendig (European Commission Health and Consumer Directorate-General 2008). Med tanke på en mulig fremtidig innførsel av spesifikke grenseverdier for de to kvikksølvspesiene uorganisk kvikksølv og organisk kvikksølv (metylkvikksølv), er det viktig at norske myndigheter er i forkant av eventuelt fremtidig lovverk med tanke på å dokumentere det faktiske innholdet av metylkvikksølv i norsk sjømat for eksport slik at realistiske generelle grenseverdier kan bli etablert i fremtiden (European Commission Health and Consumer Directorate-General 2011).

### **Om perfluorerte alkylstoffer (PFAS)**

Perfluorerte alkylstoffer (PFAS) er en samlebetegnelse på et stort antall fluorerte menneskeskapt forbindelser med unike egenskaper. Forbindelsene brukes i impregnering, papir til innpakking av mat, brannslukkingsapparater, smøring og polering, da forbindelsene er både vann- og smussavvisende. PFAS består av en perfluorert alkylkjede (karbonkjede der alle hydrogenatomene er byttet ut med fluoratomer) med en funksjonell gruppe i enden (for eksempel sulfonsyre, karboksylsyre eller sulfonamid). De to vanligste PFAS er perfluoroktansulfonsyre (PFOA) og perfluoroktansulfonsyre (PFOS).

FN har gjennom Stockholmkonvensjonen satt PFOS opp på B-listen, som betyr at land som har underskrevet konvensjonen forplikter seg til å begrense produksjon og bruk av denne forbindelsen. Slike begrensninger har blitt implementert i EU gjennom direktiv 2006/122/ECOF (tillegg til direktiv 76/769/EEC) og i Norge gjennom forskrift 2004-06-01 nr. 992 (produktforskriften) som forbyr produksjon, import, eksport og omsetting av tekstiler, impregneringsmidler og brannskum som inneholder mer enn 0,005 vektprosent PFOS. PFOS er også en kandidat for å komme på listen til LRTAP, som er FNs konvensjon for langtransportert forurensning.

I 2008 ga EFSA ut en vitenskaplig vurdering av PFOS og PFOA der det ble påpekt at stoffene har en uavklart påvirkning på organismer og at fisk ser ut til å være en av hovedkildene til eksponering. (EFSA, 2008) EFSA anbefalte derfor at mer data med hensyn på nivå av PFAS i mat og mennesker må fremskaffes. EFSA etablerte samtidig en TDI på 150 ng/kg kroppsvekt for PFOS og 1,5 µg/kg kroppsvekt for PFOA. EU har gjennom kommisjonsanbefaling 2010/161/EU anbefalt at PFOS og PFOA samt forløpere som PFOSA bør overvåkes. I tillegg anbefales det blant annet at varierende kjedelengder (C4-C15) av perfluorerte karboksylsyrer og sulfonsyrer bør overvåkes. I en nylig oppdatering av 2006/1881/EC forordningen kalt 2011/420/EU ber også EU om at funn av PFAS i medlemsland rapporteres til EFSA. EFSA har derfor etter henstilling fra EU (EFSA-Q-2010-00788) sendt ut en call for data til medlemslandene med frist 31.januar 2012. Det har så langt ikke blitt satt grenseverdier for maksimalt innhold av PFAS i fisk og annen sjømat.



## Om bromerte flammehemmere (PBDE/HBCD/TBBPA)

Bromerte flammehemmere (BFH) er menneskeskapt forbindelser som brukes i ulike forbrukerprodukter på grunn av forbindelsenes brannhemmende virkning. Det finnes tre hovedtyper BFH i bruk i dag; polybromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA).

Tetra-, penta-, hekso- og heptabromerte difenyletere (f.eks. PBDE 47, 99, 153, 154, 175, 183) er allerede på A-listen til Stockholmkonvensjonen, noe som betyr at dette er forbindelser som medlemslandene forplikter seg til å opphøre produksjon og bruk av. PBDE har også vært gjennom review av FNs konvensjon for langtransportert forurensning (LRTAP).

HBCD er under revisjon i forbindelse med REACH-regulativet og har blitt identifisert som en ”Substance of Very High Concern (SVHC)”. LRTAP anser at det foreligger nok informasjon for å liste HBCD som en persistent organisk miljøgift (POP). Siden det foreløpig er vanskelig å finne alternativer til HBCD er oppføring av HBCD på listen til Stockholmkonvensjonen utsatt til risikovurdering foreligger og eventuelle unntak er vurdert. HBCD er ansett som kandidat for utfasing av Stockholmkonvensjonen og HBCD blir nå risikovurdert før endelig anbefaling foreligger.

TBBPA er den bromerte flammehemmeren med størst produksjonsvolum i dag og brukes hovedsakelig i elektrisk og elektronisk utstyr. TBBPA er en såkalt reaktiv flammehemmer, som vil si at TBBPA ikke eksisterer som et fritt kjemikalie i produktet den inngår i, men at forbindelsen bindes kjemisk inn i polymeren i produktet den skal beskytte mot brann. Eksponering for denne bromerte flammehemmeren er derfor ansett for å være lav, men dette bygger på et begrenset datagrunnlag.

Mangelfullt datagrunnlag med hensyn på nivå av BFH i både fôr og mat vanskeliggjør risikovurderingsarbeidet for europeiske myndigheter. EFSA sendte derfor ut en ”call for data” på BFH til medlemslandene i 2010. Med tilgang til nye data har EFSA nylig sluttført en risikovurdering for PBDE (EFSA, 2011), men ikke for HBCD og TBBPA. I påvente av at EFSA skal sluttføre risikovurderingsarbeidet er det derfor ennå ikke fastsatt grenseverdier for innholdet av BFH i fisk og sjømat.

## Arter

### Om atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*)

Atlantisk kveite er blant de største beinfiskene i våre farvann. Den har grå øyeside og hvit blindside, og det er usikkert hvor stor og gammel den kan bli. Det har blitt fanget kveiteeksemplarer med vekt på 350 kilo og lengde på 3,6 meter. Selv om mystikken og overtroen ikke gjør seg gjeldende lenger, bør vi heller ikke i dag spise de største individene. Kjøttet er grovt og blir gjerne litt tørt, og på grunn av den høye alderen kan stor kveite samle opp en del miljøgifter, for eksempel dioksiner, PCB og kvikksølv. Per i dag er det derfor ikke anbefalt å spise kveite over 40 kilo. Kveita er stedbunden og gyter ofte innenfor et svært begrenset område. Hunnen kan legge opptil 3,5 millioner egg som er 3,5–4,2 mm store. Eggene gytes på eller nær bunnen, og stiger oppover i vannsøylen. Klekkingen skjer etter 9–16 døgn, og larvene er 6,5–7 mm lange. Når kveita samler seg i gytegrøpene på gytefeltet, er de et lett bytte for fiskerne. Kveita er svært følsom for beskatning på grunn av sen vekst, høy alder ved kjønnsmodning og ansamling i gytegrøper. Foruten minstemål og maskeviddebegrensninger, er fiske av kveite med garn, trål og snurrevad forbudt i tidsrommet 20. desember til 31. mars. Effektive tiltak for å sikre at bestanden kommer opp på et



bærekraftig nivå igjen krever detaljert kunnskap om artens/populasjonenes utbredelse, vandringsmønster, gyteadferd og lignende. I dag vet vi dessverre svært lite om kveita sin biologi og utbredelse. Særlig har gyteadferd og larvedrift vært et mysterium.

### **Om nordøstarktisk torsk (skrei) (*Gadus morhua*)**

Torsk er en rovfisk som stort sett lever på bunnen, men i Barentshavet kan den i deler av året oppholde seg mye i de frie vannmassene ([www.imr.no](http://www.imr.no)). Ungfisk (0–2 år) spiser mye dyreplankton, mens fisk og bunnorganismer er de viktigste matorganismene for eldre torsk. De viktigste gytefeltene for nordøstarktisk torsk er i Lofoten og Vesterålen. Eggene blir gytt i de frie vannmassene i februar–april. Både egg og larver driver med strømmen inn i Barentshavet, og yngelen fester seg til bunnen sent på høsten. Mesteparten av torskebestanden finner en i Barentshavet, på den varme siden av Polarfronten (til ca. 76°N og 50°Ø). I varme år går utbredelsen lenger nord og øst. For eksempel fant man høsten 2007 torsk helt nord til 81°N (nord for Svalbard) og øst til 56°Ø (ved sørspissen av Novaja Semlja). Den nordøstarktiske torsken er den største torskebestanden i verden. Andre havbestander av torsk finner man ved Island, Færøyene, i Østersjøen, Nordsjøen og Irskesjøen, vest av Skottland og i områdene ved Georges Bank og Newfoundland i Nordvest-Atlanteren. I tillegg finnes det lokale kyst- og fjordbestander langs kysten av Norge, Sør-Grønland og Canada. ICES klassifiserer den nordøstarktiske torskebestanden til å ha god reproduksjonsevne, og beskatningen er bærekraftig. Gytebestandens størrelse er over føre-var-nivået, noe den har vært siden 2002. Fiskedødeligheten ble redusert betydelig fra godt over kritisk nivå i 1999 til under føre-var-nivået i 2007, og er nå nær den laveste verdien som er observert i etterkrigstiden. Toktene indikerer at størrelsen på 2007-2009-årsklassene er under gjennomsnittet. Anbefalt kvote i 2011 er 703000 tonn.

Gjennom basisundersøkelsen for torsk (ennå ikke publisert) er innholdet av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly godt dokumentert i nordøstarktisk torsk. Blant det som ikke er godt dokumentert er uorganisk arsen.

### **Om sild (*Clupea harengus*)**

Sild er pelagisk stimfisk som lever av plankton, med hoppekreps (copepoder) som viktigste næringsorganisme. I norske havområder finner vi flere ulike sildebestander, der norsk vårgytende (NVG-) sild og nordsjøild er de viktigste. I 2010 ble det eksportert sild for rundt 3,7 milliarder kroner til utlandet, med Russland som viktigste eksportland med en fjerdedel av eksporten (Eksportutvalget for fisk, 2010). Sild er også en nøkkelart i havområdene, og er viktig både som predator og bytte for andre fiskearter, sjøfugl og sjøpattedyr.

NVG-sild er vår største fiskebestand, med en beregnet gytebestand i på 9 millioner tonn, og et fangstvolum på over 850 000 tonn i 2010. NVG-sild er en pelagisk stimfisk som har sin utbredelse i hele Norskehavet der den beiter om sommeren, og om høsten vandrer den til områdene utenfor Lofoten for å overvintre (Skjoldal et al., 2004). Etter nyttår vandrer den videre til gyteområdene langs norskekysten før den etter gyting igjen vandrer ut i havet for å beite. Oppvekstområdet til NVG-sild er i Barentshavet.

Nordsjøild finnes i Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat. Det er både høst-, vinter- og vårgytende sild i området, men den høstgytende nordsjøilden dominerer. I tillegg finnes vestbaltiske vårgytere og mindre bestander av lokale vår- og høstgytere i Skagerrak og Kattegat. Nordsjøilda blir kjønnsmoden når den er 2-3 år, men andelen kjønnsmoden fisk vil variere fra år til år, avhengig av fødetilgang og vekst. Silda gyter på bunnen. Hver hunn produserer 10000 til 60000 egg. Larvene klekkes etter 15-20 døgn, og de nyklekkede larvene

stiger opp i de øvre vannlagene. Totalfangsten av Nordsjøsilvar var i 2008 på 165522 tonn, og i 2010 var fangstuttaket ca. 50000 tonn.

Gjennom basisundersøkelsene for NVG-sild (Frantzen et al., 2009; 2011) og Nordsjøsilvar (ennå ikke publisert) er innholdet av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly godt dokumentert i de to sildebestandene. Blant det som ikke er godt dokumentert er uorganisk arsen og perfluorerte alkylstoffer.

### **Om makrell (*Scomber scombus*)**

Makrell er en hurtigsvømmende, pelagisk stimfisk som har kapasitet til å vandre over store områder. Utbredelsesområdet til makrell går fra Nord-Afrika til Barentshavet, inkludert Middelhavet, Svartehavet, Østersjøen og Skagerrak. Vår makrell (*Scomber scombus*, nordøstatlantisk makrell) mangler svømmeblære og må bevege seg hele tiden for ikke å synke. Den trenger mye næring til bevegelse, vekst og utvikling av kjønnsprodukter. Den spiser plankton, små fisk som tobis, brisling og sild samt yngel av andre arter. Norske fartøyer leverte omlag 250 000 tonn makrell i 2010, noe som tilsvarte en fangstverdi på 1,8 milliarder kr og en eksportverdi på ca. 3 milliarder kroner. Selv om størstedelen av denne makrellen blir eksportert, blir også en del konsumert innenlands, i hovedsak som prosesserte produkter.

Gjennom basisundersøkelsen for makrell (Frantzen et al., 2010) er innholdet av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly godt dokumentert. Blant det som ikke er godt dokumentert er uorganisk arsen og perfluorerte alkylstoffer.

### **Om blåkkeite (*Reinhardtius hippoglossoides*)**

Blåkkeite (*Reinhardtius hippoglossoides*) er en viktig fiskeressurs i Norskehavet og Barentshavet. Arten har et stort utbredelsesområde over hele det nordlige Atlanterhav og i nordlige deler av Stillehavet, med en egen nordøstarktisk bestand på ca. 100 000 tonn. Fangstvolumet i 2009 og 2010 var henholdsvis ca. 10 000 og 9700 tonn ([www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no)), og i 2008 ble det eksportert 9 500 tonn blåkkeite til en verdi av ca. 244 millioner kroner til utlandet (Eksportutvalget for fisk 2008, [www.seafood.no](http://www.seafood.no)). Blåkkeite er en flatfisk som lever i skråninger på dypt vann (ca 200-1500 m) og ved vanntemperaturer mellom 0 og 4 °C. Den nordøst-arktiske blåkkeitebestanden har sin utbredelse langs hele kontinentalskråningen (eggakanten) i Norskehavet og Barentshavet til Frans Josefs land og i dypere områder av Barentshavet. Størstedelen av bestanden med voksen fisk finnes langs eggakanten mellom fastlands-Norge og Svalbard gjennom hele året, mens ungfisken finnes hovedsakelig nord og øst for Svalbard til Kvitøya og Frans Josefs Land. Det viktigste gyteområdet ligger langs eggakanten mellom Vesterålen og Spitsbergen (69-75°N) der hovedperioden for gyting er om høsten og vinteren. Blåkkeite er rovfisk med både fisk (som torsk, polartorsk, sild og lodde) og krepsdyr (f.eks. reker) som byttedyr (Vollen et al. 2004, Woll og Gundersen 2004). Mange av byttedyr-artene er pelagiske, og det er vist at blåkkeite vandrer vertikalt i vannsøylen under beiting. Blåkkeite kan trolig bli mer enn 30 år gammel, og hunner kan oppnå en lengde og vekt på opptil 120 cm og 20 kg. Hanner har kortere levetid enn hunnene og blir sjelden større enn 80 cm.

Gjennom basisundersøkelsen for blåkkeite (Nilsen et al., 2010) er innholdet av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly godt dokumentert. Det som ikke er godt dokumentert er uorganisk arsen, metylkvikksølv og perfluorerte alkylstoffer.

### **Om brosme (*Brosme brosme*)**

Brosme er brun eller gulbrun på ryggen med lysere buk. Unge individer har brede gule tverrbånd. Finnene har en hvit kant ytterst. Den har litt overbitt og tydelig skjeggtråd. Brosme skilles lett fra andre arter ved en lang sammenhengende ryggfinne som er forbundet med den avrundede halefinnen og gattfinnen. Vanlig størrelse er 70 cm lang og 3 kg, men brosme kan bli opptil 110 cm og 15 kg. Brosme liker seg best på hardbunn og finnes fra 50-1000 m, men er mest vanlig fra 200-500 m i dype fjorder og langs kontinentalskråningen. Den lever i små stimer eller enkeltvis og spiser bunndyr som krepsdyr og mangebørsteormer. Brosme blir kjønnsmoden i 6-10 års-alderen. De viktigste gyteområdene er mellom Skottland, Færøyene og Island, der gytingen forgår mellom april og august. En gjennomsnittlig brosmehunn kan legge to millioner egg. Yngelen lever pelagisk til de blir omtrent 5 cm lange og slår seg ned nær bunnen. Brosme er vanlig på begge sider av Atlanteren. I vest langs kysten av Amerika fra Cape Cod og nordover. I øst fra De britiske øyer og nordover til Barentshavet. I Norge er den vanlig langs hele kysten. Brosme er en god matfisk. I Norge forgår fangsten hovedsakelig som line- og garnfiske, men det tas også litt som bifangst i trål. I 2009 og 2010 ble det fisket i underkant av henholdsvis 14000 og 17000 tonn brosme ([www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no)).

### **Om sei (*Pollachius virens*)**

Sei har en kraftig og muskuløs kropp og er en god svømmer ([www.imr.no](http://www.imr.no)). Den er svakt underbitt og har en rett sidelinje. Den kan bli opp til 130 cm og 20 kg. Sei kan leve både på bunnen og pelagisk, på dyp fra 0 til 300 m. Det er en vandrende fisk som foretar gyte- og beitevandring over store områder. Stor sei følger NVG-sild langt ut i norskehavet, av og til helt til Island og Færøyene. Mindre fisk i kystområdene lever i hovedsak av små krepsdyr som råudåte og krill, mens større og eldre fisk i økende omfang spiser annen fisk som sild, lodde, kolmule, hyseyngel og øyepål. Sei gyter om vinteren, i februar. Sei har en utbredelse i nordlige deler av Nordatlanteren, inkludert Biscayabukta. I norske havområder har vi to ulike bestander av sei, nordøstarktisk sei og nordsjøsei. Sei er en viktig art for norske fiskerier, med en årlig fangst på rundt 200 000 tonn, der størstedelen er nordøstarktisk sei, det vil si sei fanget nord for 62°N.

Gjennom basisundersøkelsen for sei (ikke ennå publisert) blir innholdet av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly godt dokumentert. Blant det som ikke er godt dokumentert er uorganisk arsen.

## Eksperimentelt

### Prøveinnsamling og –opparbeiding

#### Generelt

I dette prosjektet er følgende arter inkludert: Atlantsk kveite, torsk, sild (NVG-sild og nordsjø-sild), makrell, blåkveite, brosme og sei. Prøvetakingsposisjonene er vist i figure 1.

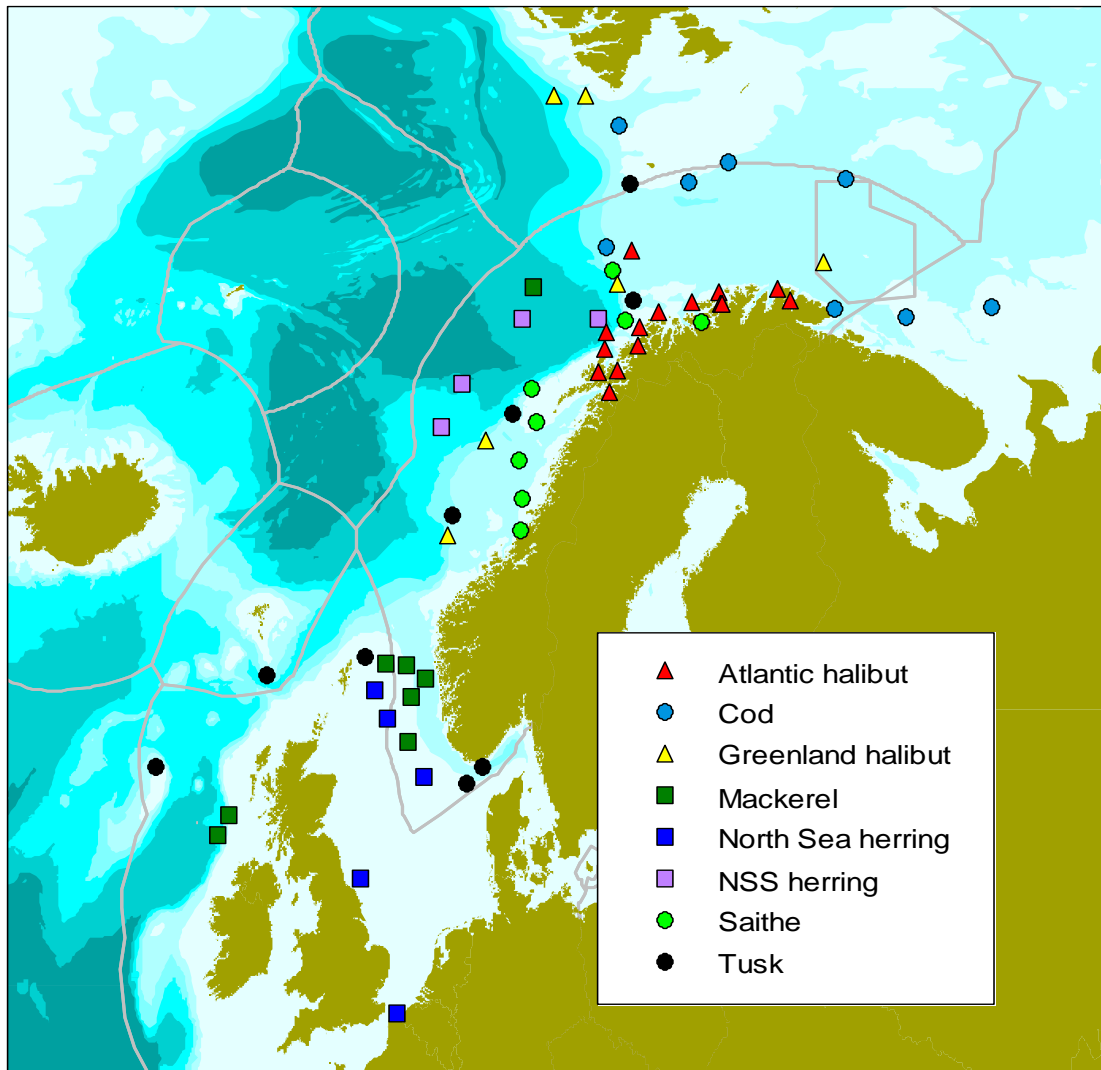


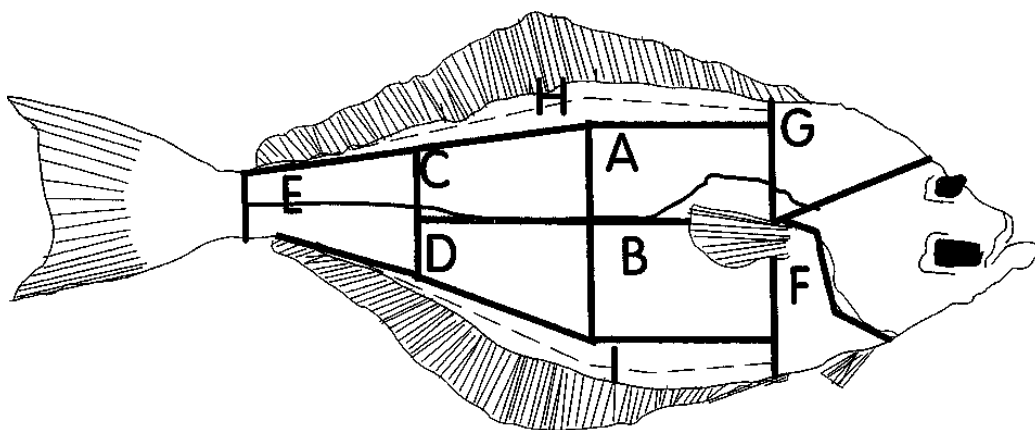
Figure 1: Sampling positions for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), cod (*Gadus morhua*), Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*), mackerel (*Scomber scombrus*), North Sea herring (*Clupea harengus*), NSS herring (*C. harengus*), saithe (*Pollachius virens*) and tusk (*Brosme brosme*).

## Atlantisk kveite

Dette prosjektet inkluderte 20 kveiteprøver (table 1). Kveite ble fanget i perioden fra 22. februar 2008 til 6. mai 2010. Alle kveitene ble fanget nord for 69°N. Fiskens lengde varierte fra 58 til 144 cm og vekten varierte fra 1,7 til 70,5 kg (table 1). Det ble tatt muskelprøver på ca. 100 g fra henholdsvis ryggside (B-snitt) og buksiden (I-snitt) på fisken (figure 2). Hver av de 40 prøvene fra de 20 fiskene ble homogenisert og gitt en egen kode og ført inn i laboratedatasystemet, og informasjon knyttet til hvor og når prøvene var skaffet ble registrert. Prøvene ble homogenisert og frysetørket og den tørre prøven ble malt til et fint pulver og fordelt til laboratoriene for bestemmelse av fett og fremmedstoffer. Prøvene ble oppbevart i tett emballasje ved -20 °C frem til analyse.

**Table 1: Sampling position, NIFES journal number, sampling date, length (cm) and weight (kg) (increasing weight) of individual Atlantic halibut sampled in North Norway during 2008-2010.**

Sampling site	Journal no.	Sampling date	Length (cm)	Weight (kg)
70°25'N 19°28'E	2008-612 (4)	22.02.08	58	1.7
70°25'N 19°28'E	2008-612 (3)	22.02.08	63	2.0
70°41'N 21°43'E	2008-610	20.02.08	67	2.6
Hammerfest havn	2010-930	01.05.09	64	3.2
69°24'N 15°52'E	2008-608/1	27.02.08	70	3.4
70°45'N 28°08'E	2008-733	24.04.08	74	3.6
69°24'N 15°52'E	2008-608/3	27.02.08	76	4.3
70°59'N 23°29'E	2010-934	06.05.10	78	5.3
70°59'N 23°29'E	2010-935	06.05.09	90	7.2
70°40'N 23°41'E	2010-939	06.06.09	88	8.0
71°05'N 27°17'E	2008-1378	25.08.08	93	8.1
71°05'N 27°17'E	2008-1379	25.08.08	91	8.3
69°52'N 15°57'E	2008-734	04.09.08	117	18.3
70°00'N 18°15'E	2008-607	07.04.08	123	19.5
72°07'N 17°40'E	2009-239	21.01.09	144	41.5
Vesterålen	2008-1412 (2)	04.09.08	ukjent	45.0
Troms	2008-1412 (4)	20.09.08	ukjent	53.5
Nordland	2008-1412 (3)	19.09.08	ukjent	53.7
Vesterålen/Troms	2008-1647	09.08.08	ukjent	60.3
Vesterålen	2008-1412 (1)	04.09.08	ukjent	70.5



**Figure 2: Different cuts from Atlantic halibut (R. Nortvedt og S. Tuene. Aquaculture 161 (1998) 295-313).**

## Torskemuskel

I dette prosjektet ble det anvendt 190 torsk fra åtte tilfeldige posisjoner fra den pågående basisundersøkelsen for torsk (figur 1; table 2). Prøvetakingen er utført i regi av Havforskningsinstituttet. Fisken som ble valgt ut var prøvetatt fra åtte forskjellige posisjoner i Barentshavet i perioden fra februar 2009 til april 2010. Fiskene ble sendt til NIFES i rund og nediset tilstand. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken registrert, veid, målt, filetert, avskinnert og homogenisert. Fysiske data som alder, lengde og vekt av fisken fra hver posisjon er gitt i table 2. Alderen varierte fra 4 til 10 år, lengden varierte fra 40 til 110 cm og vekten varierte fra 0,7 til 14,3 kg. Til dette prosjektet ble det tatt ut ca. 50 gram homogenisert filetp prøve fra hver fisk for frysetørking. Tørrestoffinnholdet ble beregnet, og den tørre prøven ble homogenisert før prøvematerialet ble oversendt laboratorium for fremmedstoffer for bestemmelse av uorganisk arsen. Prøvene ble oppbevart i tett emballasje ved -20 °C frem til analyse. Resultatene for totalarsen i de 190 fiskene var allerede bestemt i basisundersøkelsen for torsk.

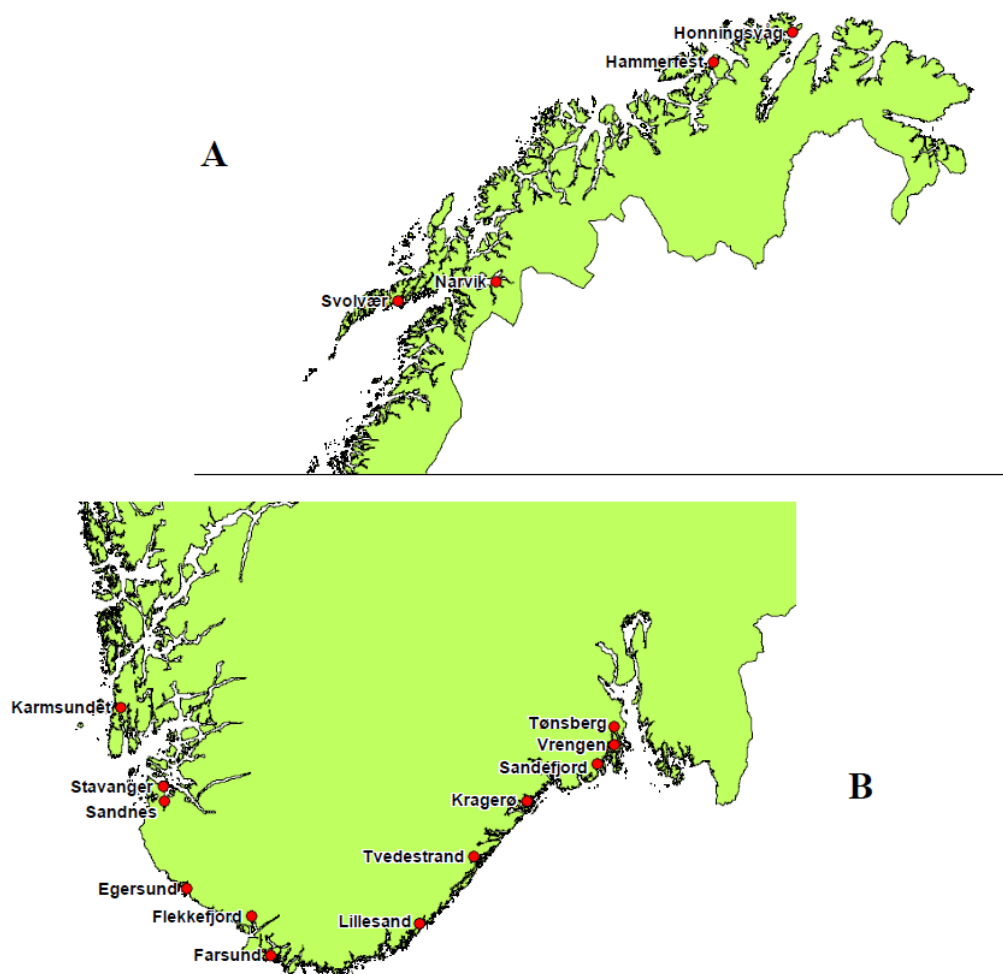
**Table 2. Sampling position (from east to west), age (year), length (cm) and weight (kg) (mean, min - max) of samples of cod captured in the Barents Sea in 2009. From each position, 25 fish were analysed (N=25).**

Sampling site	# samles (N)	Age (year)	Mean length (cm)	Mean weight (kg)
70°34'N 41°33'E	25	6.0 (4-10)	70 (52-105)	3.3 (1.1-9.4)
70°17'N 35°50'E	25	6.7 (4-13)	69 (44-110)	3.9 (0.7-14.3)
74°07'N 31°50'E	15	5.4 (4-10)	62 (48-85)	2.2 (0.9-5.3)
70°31'N 31°09'E	25	5.0 (4-7)	54 (49-93)	1.6 (0.7-8.5)
74°34'N 24°05'E	25	5.3 (4-7)	55 (40-98)	1.7 (0.7-10.3)
74°00'N 21°30'E	25	6.0 (4-8)	71 (62-89)	3.3 (2.1-4.8)
75°33'N 16°53'E	25	n.d.	59 (47-80)	1.8 (2.1-4.8)
72°13'N 15°58'E	25	6.1 (4-9)	63 (49-80)	2.2 (0.9-5.2)

## Torskelever

Til analyse for PFAS og bromerte flammehemmere ble det anvendt 200 torskelever fra det avsluttede prosjektet "Fremmedstoffer i villfisk, med vekt på kystnære farvann". Prøvetakingen ble utført av fartøyer fra Havforskningsinstituttets referanseflåte i en rekke ulike havner og fjorder (figure 3). En oversikt over fysiske data som vekt og levervekt på fisken er gitt i table 3. Levervekten spente fra 21 g (Stavanger) til 489 g (Svolvær), og vekten på torsken varierte mellom 680 g (Karmsundet) og 7320 g (Narvik) (figure 3). Lengden på fisken varierte mellom 39 cm (Honningsvåg) og 95 cm (Narvik) (resultat ikke vist).





**Figure 3: Map of fjords and harbors where the cod were sampled from which liver samples were analysed for PFCs, HBCD and TBBPA.**

**Table 3: Overview of fjords and harbors where cod were sampled for analysis of PFCs, HBCD and TBBPA in liver. Number of fish livers, liver weights and whole fish weights are given (mean, min-max).**

Fjord/Harbor	Number of livers	Liver weight, g	Whole fish weight, g
Honningsvåg	12	53.4 (21.6-86.1)	1240 (689-1938)
Hammerfest	20	63.8 (30.7-183.4)	2247 (809-3483)
Narvik	9	56.7 (24.1-88.5)	4609 (2260-7320)
Svølvær	26	185.1 (40.3-489.0)	3108 (1440-5940)
Karmsundet	19	73.5 (28.7-135.7)	2454 (680-4460)
Flekkefjord	17	53.6 (27.2-106.0)	2393 (880-3860)
Stavanger	11	39.9 (21.0-69.9)	1755 (963-3360)
Sandnes	3	44.7 (34.8-61.7)	2175 (1547-3009)
Egersund	13	43.8 (24.8-79.8)	2012 (1240-3060)
Farsund	23	46.7 (28.1-101.0)	1574 (840-3260)
Lillesand	3	36.4 (28.4-52.1)	1463 (890-1950)
Tvedestrand	7	48.0 (28.9-80.1)	1839 (1350-2280)
Kragerø	30	68.2 (31.7-185.7)	2895 (970-6860)
Sandefjord	1	33.5	1080
Vrengen	4	33.1 (27.0-40.9)	1585 (720-2540)
Tønsberg	2	47.8 (32.9-62.6)	1550 (1180-1920)



## Sild (NVG-sild og Nordsjø-sild)

I dette prosjektet ble det anvendt sild fra ni tilfeldige posisjoner fra den nå avsluttede basisundersøkelsen for NVG-sild og den pågående basisundersøkelsen for nordsjø-sild (figur 1). Prøveinnsamlingen av NVG-sild ble gjennomført av Havforskningsinstituttet i perioden september 2006 til oktober 2007 og for nordsjø-sild fra mars 2009 til oktober 2010. Ved hver prøvetaking ble det tatt ut 25 sild. Ved prøvetaking ble det for hver fisk bestemt lengde, vekt, alder og kjønn, og disse resultatene er vist i table 4. Aldersbestemmelse ble gjort ved lesing av otolitter. Fisken ble frosset før den ble sendt/levert til NIFES. Ved NIFES' prøvemottak ble det fra hver fisk tatt ut en filetprøve som ble homogenisert, og mesteparten ble deretter frysetørket. Fra det frysetørkede materialet ble det tatt ut en prøve til bestemmelse av PFAS og en til bestemmelse av uorganisk arsen, men det var bare sild fra de to nordligste posisjonene som ble analysert for uorganisk arsen.

**Table 4. Sampling position (from south to north), number of fish (N), age (year), length (cm) and weight (g) (mean, min - max) of samples of herring captured in the North Sea (North Sea herring) and the Norwegian Sea (Norwegian Spring Spawning (NSS) herring) during 2007 - 2010.**

Species	Sampling site	# samples (N)	Age (year)	Length (cm)	Weight (g)
NSS herring	67°15'N 5°03'E	25	6.1 (4-10)	32 (30-36)	345 (277-426)
	68°26'N 6°26'E	25	8.5 (5-16)	33 (31-35)	392 (310-474)
	70°14'N 10°28'E	25*	6.2 (4-9)	31 (28-33)	278 (188-363)
	70°15'N 15°28'E	25*	5.2 (3-9)	31 (27-32)	278 (156-454)
North Sea herring	57°38'N 3°56'E	25	1.4 (1-2)	21 (18-25)	109 (53-197)
	59°15'N 1°30'E	4	7 (6-8)	29 (28-30)	270 (230-311)
	60°02'N 0°43'E	24	5.8 (2-10)	28 (25-30)	230 (166-302)
	54°50'N 0°14'W	24	4 (2-9)	28 (25-31)	221 (152-293)
	51°08'N 2°08'E	23	-	59 (32-87)	205 (175-225)

\*Analysed for inorganic arsenic

## Makrell

I dette prosjektet ble det anvendt makrell fra syv tilfeldige posisjoner prøvetatt for den nå avsluttede basisundersøkelsen for makrell (figur 1). Prøvetakingen ble utført av Havforskningsinstituttets forskningsfartøy og deres referanseflåte. Fisken som ble valgt ut i dette prosjektet var prøvetatt fra fem forskjellige posisjoner i Nordsjøen, en posisjon i Norskehavet og to posisjoner i Atlanterhavet vest av Skottland. Prøvene ble tatt i perioden fra august 2008 til april 2009. Makrellprøvene ble oppbevart frosset frem til de ble levert til HI og deretter til NIFES. Ved et av HIs laboratorier ble vekt, lengde og kjønn bestemt for hver enkelt makrell, og otolitter ble tatt ut til aldersbestemmelse. Disse resultatene er gitt i table 5. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken filetert, og de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert ved hjelp av en food processor. Til dette prosjektet ble det fra hver prøve tatt ut to delprøver, en til bestemmelse av PFAS og en til bestemmelse av uorganisk arsen, men kun 100 av de 157 prøvene ble analysert for PFAS (table 5).

**Table 5. Sampling position, number of fish (N) age (year), length (cm) and weight (g) (mean, min - max) of mackerel samples caught in the North Sea, the Norwegian Sea and the Atlantic west of Scotland during 2008 and 2009. The number of samples analysed for PFCs are given in parenthesis.**

Sampling site	# samples (N)	Age (year)	Length (cm)	Weight (g)
60°20'N 4°00'E	13	2.5 (2-4)	28 (27-31)	269 (188-373)
71°08'N 11°11'E	25 (13)	7.8 (5-14)	39 (36-42)	552 (419-670)
60°46'N 01°27'E	25 (12)	5.8 (4-8)	36 (32-40)	406 (265-571)
56°35'N 9°02'W	25 (13)	8.5 (3-15)	37 (30-41)	422 (212-595)
58°35'N 02°55'E	(12*)	1.2 (1-2)	22 (21-25)	84 (51-119)
60°41'N 02°44'E	19 (12)	3.5 (2-6)	33 (31-36)	367 (283-515)
59°51'N 03°07'E	25 (13)	6.5 (3-10)	38 (34-44)	539 (403-774)
56°01'N 09°43'W	25 (12)	5 (4-7)	35 (31-37)	334 (241-418)

\*Analysed for PFCs only

## Blåkveite

I dette prosjektet ble det anvendt 200 blåkveiter fra seks forskjellige posisjoner fra den avsluttede basisundersøkelsen for blåkveite (table 6, figur 1). Prøvetakingen ble utført i regi av Havforskningsinstituttet. Fisken som ble valgt ut til dette prosjektet var prøvetatt fra seks forskjellige posisjoner i Norskehavet og Barentshavet i perioden fra 2006 til april 2008. Ved prøvetaking ble det for hver fisk bestemt lengde, vekt og kjønn, og resultater for lengde og vekt er vist i table 6. Øresteiner (otolitter) ble tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på Havforskningsinstituttet ved telling av årringer i øresteinene. Fra hver fisk ble det tatt ut en filetp prøve på ca 200 g. Filetprøven ble tatt på oversiden av fisken, ca. 10 cm fra hodet og på begge sider av midtlinjen bakover mot halen. Filetprøven ble pakket i aluminiumsfolie, plassert i plastpose og frosset ned før levering til NIFES.

Ved NIFES' prøvemottak ble filetprøvene homogenisert og størstedelen av den homogeniserte prøven ble frysetørket. Homogenisert, vått materiale og frysetørket materiale fra hver filetprøve ble deretter fordelt til de ulike analysene. Til bestemmelse av metaller og PFAS ble det benyttet frysetørket materiale.

**Table 6. Sampling position (from south to north), area, number of fish (N), length (cm) and weight (kg) (mean, min - max) of samples of Greenland halibut captured in the Norwegian Sea and the Barents Sea.**

Sampling site	Area	# samples (N)	Length (cm)	Weight (g)
63°76'N 5°27'E	Sør for Lofoten	20 (44*)	64 (55-78)	2895 (1438-5756)
66°53'N 08°00'E	Sør for Lofoten	17**	67 (60-85)	2790 (1909-5990)
71°13'N 16°44'E	Lofoten til Tromsøflaket	20 (30*)	69 (55-84)	3228 (1340-5910)
71°48'N 30°23'E	Øst-Finnmark	20 (50*)	62 (48-77)	2447 (1070-5020)
76°22'N 14°35'E	Bjørnøya vest til Svalbard	20 (50*)	75 (63-87)	4253 (2130-8505)
76°23'N 12°29'E	Bjørnøya vest til Svalbard	20 (26*)	69 (57-84)	3460(1830-6285)

\*Number of samples analysed for methyl mercury

\*\* Analysed for inorganic arsenic only

## Brosme

I dette prosjektet ble det anvendt 213 prøver av brosme fra ni forskjellige posisjoner (figur 1). Prøvene ble hentet inn og analysert som en del av overvåking av fisk i forbindelse med Sjømatdata, og resultatene ble blant annet presentert i masteroppgaven til Kristine Kvangarsnes (Kvangarsnes, 2010). Prøvetakingen ble utført i regi av Havforskningsinstituttet.

Fiskene som ble valgt ut var tatt fra forskjellige posisjoner i Nordsjøen, Atlanterhavet vest for Skottland, Norskehavet og Barentshavet i 2008 og 2009 (table 7, figure 1). Ved prøvetaking ble det for hver fisk bestemt lengde, vekt og kjønn. Øresteiner (otolitter) var tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på Havforskningsinstituttet. Fisken ble frosset før den ble sendt/levert til NIFES. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken filetert, og de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert ved hjelp av en food processor. De våte homogeniserte prøvene ble frysetørket, tørrstoffinnholdet beregnet, og den tørre prøven ble malt til fint pulver og oppbevart i tett emballasje til analyse ble utført. I dette prosjektet ble uorganisk arsen bestemt. Grunnen til at brosme ble inkludert i dette prosjektet var at metoden gav problemer med analyser av svært fete prøver som torskelever, sild og makrell.

**Table 7. Sampling position (south to north), number of fish (N), length (cm) and weight (kg) (mean, min - max) of samples of tusk (*Brosme brosme*) captured in the North Sea, Norwegian Sea and the Barents Sea.**

Sampling site	# samples (N)	Length (cm)	Weight (kg)
57°27'N 6°44'E	3	64 (51-73)	2.7 (1.4-3.6)
57°55'N 7°48'E	45	61 (51-78)	2.5 (1.3-4.8)
57°55'N 13°48'W	25	57 (44-69)	1.9 (0.9-3.5)
60°25'N 6°30'W	25	50 (37-69)	1.3 (0.5-2.2)
60°55'N 0°01'E	15	72 (47-81)	4.4 (1.0-5.7)
64°50'N 5°49'E	25	49 (38-61)	1.4 (0.7-2.7)
67°37'N 9°48'E	25	46 (37-56)	1.1 (0.76-2.1)
70°45'N 17°50'E	25	45 (38-54)	1.1 (0.6-1.8)
73°57'N 17°35'E	25	52 (41-68)	1.7 (0.7-4.1)

## Sei

I dette prosjektet ble det anvendt 179 sei fra åtte tilfeldige posisjoner fra den pågående basisundersøkelsen for sei nord for 62 °N (figur 1; table 8). Prøvetakingen er utført i regi av Havforskningsinstituttet. Fisken som ble valgt ut var prøvetatt fra posisjoner i Barentshavet og Norskehavet i 2009 og 2010. Fiskene ble sendt til NIFES i rund og nediset tilstand. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken registrert, veid, målt, filetert, avskinnnet og homogenisert. Fysiske data som alder, lengde og vekt av fisken fra hver posisjon er gitt i 8. Alderen varierte fra 4 til 9 år (få fisk er aldersbestemt), lengden varierte fra 39 til 75 cm og vekten varierte fra 0,6 til 5,3 kg. Til dette prosjektet ble det tatt ut ca. 50 gram homogenisert filetp prøve fra hver fisk for frysetørking. Tørrstoffinnholdet ble beregnet, og den tørre prøven ble homogenisert før prøvematerialet ble oversendt laboratorium for fremmedstoffer for bestemmelse av uorganisk arsen. Prøvene ble oppbevart i tett emballasje ved -20 °C frem til analyse. Resultatene for totalarsen i de 179 fiskene var allerede bestemt i basisundersøkelsen for sei.

**Table 8. Sampling position, number of fish (N), age (year), length (cm) and weight (kg) (mean, min - max) of samples of saithe (*Pollachius virens*) captured in the Norwegian Sea.**

Position	# samples (N)	Age (year)	Length (cm)	Weight (kg)
64°25'N 10°20'E	22	n.d.	64 (55-75)	3.1 (1.7-4.5)
65°18'N 10°28'E	22	7.7±1.1 (4-9)	64 (57-71)	2.6 (1.9-2.9)
66°21'N 10°12'E	23	n.d.	66 (57-74)	3.7 (2.9-5.3)

Position	# samples (N)	Age (year)	Length (cm)	Weight (kg)
67°24'N 11°23'E	23	n.d.	67 (62-72)	3.6 (3.0-4.3)
68°18'N 11°03'E	25	4.9±0.7 (4-6)	49 (43-57)	1.2 (0.7-1.8)
70°08'N 22°18'E	20	n.d.	49 (39-58)	1.4 (0.6-2.6)
70°17'N 17°13'E	22	n.d.	47 (42-52)	1.1 (0.8-1.5)
71°33'N 16°25'E	22	n.d.	53 (48-58)	1.8 (1.2-2.3)

## Analyser

Følgende analytter ble inkludert i de kjemiske undersøkelsene som inngikk i prosjektet: PCDD, PCDF og dl-PCB (PCDD/F og dl-PCB) og bromerte flammehemmere (PBDE, HBCD, TBBPA), arsen, uorganisk arsen, kadmium, kvikksølv, metylkvikksølv, bly og PFAS. I tillegg ble prøvene av kveitefilet analysert for fettinnhold. Hver av analysemetodenes prinsip, status og kvantifiseringsgrense (LOQ) er gitt i table 9. Analysemetodene som anvendes er akkreditert i henhold til NS-EN-ISO 17025 unntatt metodene for bestemmelse av HBCD og TBBPA.

**Table 9. Undesirable substances included, analytical methods used, status of the methods in terms of accreditation, and limits of quantification (LOQ).**

Analyte	Method	Accreditation	LOQ <sup>a)</sup>
Arsenic	ICP-MS	Ja/Yes	0.03 mg/kg
Inorganic arsenic	HPLC-ICPMS	Ja/Yes	0.005 mg/kg
Cadmium	ICP-MS	Ja/Yes	0.01 mg/kg
Mercury	ICP-MS	Ja/Yes	0.03 mg/kg
Methylmercury	GC-ICPMS	Ja/Yes	0.005 mg/kg
Lead	ICP-MS	Ja/Yes	0.04 mg/kg
PCDD/PCDF	HRGC/HRMS	Ja/Yes	0.008-0.4 pg/g (matriseavhengig)
dl-PCB	HRGC/HRMS	Ja/Yes	0.01-0.5 pg/g
PBDE	GC-MS	Ja/Yes	30 pg/g
HBCD/TBBPA	LC-MS/MS	Nei/No	1 µg/kg
PFCs	LC-MS/MS	Ja/Yes	0.3 µg/kg <sup>b)</sup> (matrise/analyttavhengig)
Fat	Gravimetry	Ja/Yes	10 mg/100 g

a) Basert på tørr prøve. LOQ er matriseavhengig for de organiske halogenerede forbindelsene. Based on dry sample. LOQ is matrix dependent for the halogenated organic compounds. b) Basert på våtvekt. Based on wet weight.

## Bestemmelse av PBDE, PCB og PCDD, PCDF, non-orto og mono-orto PCB med felles opparbeidelsesmetode (NIFES metode nr. 292)

Prøven ble blandet med hydromatriks og tilsatt internstandard for dioksiner og furaner, PCB og PBDE. Prøvene ble ekstrahert med heksan ved hjelp av Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) eller Pressurized Liquid Extraction (PLE). Fettet ble nedbrutt online med svovelsyreimpregnert kiselgel i cellene. Ekstraktet ble videre renset kromatografisk på kolonner pakket med henholdsvis multilayer silica, alumina og karbon på en Power Prep. Det

samlet seg to fraksjoner. Fraksjon 1 inneholdt PBDE, PCB<sub>7</sub> og mono-orto PCB, mens fraksjon 2 inneholdt dioksiner, furaner og non-orto PCB.

PBDE ble analysert på GC-MS NCI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og en fempunkts kalibreringskurve. Metoden kvantifiserer ti ulike kongener av PBDE, inkludert syv kongener som summeres til en "standard sum PBDE" (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). I tillegg kvantifiseres PBDE-66, 119, og 138. Kvantifiseringsgrensene er henholdsvis 0,005 og 0,01 µg/kg for de ulike PBDE-kongenerne.

PCB<sub>7</sub> ble analysert på GC-MS EI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ettpunkts kalibreringskurve gjennom origo. Metoden kvantifiserer PCB<sub>7</sub> (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180). Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt PCB<sub>7</sub>-kongener var 0,03 µg/kg våtvekt.

**Table 10. Results for PCBs reported from the proficiency test (µg/kg) (found value, average value calculated from the organizer and z-score).**

PCB-kongener/ PCB congener	Sample	Found (mg/kg)	Calculated (mg/kg)	Z-score
28	Ørret/Trout	0.15	0.23	-0.85
52	Ørret/Trout	0.41	0.54	-0.77
101	Ørret/Trout	2.63	2.64	-0.01
118	Ørret/Trout	2.92	3.16	+0.26
138	Ørret/Trout	11.9	8.23	+1.37
153	Ørret/Trout	11.1	9.95	+0.43
180	Ørret/Trout	4.58	3.77	+0.72

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble analysert på høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Toksiske ekvivalent verdier (TEQ), ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalent faktorer (TEF) fra 1998. Kvantifiseringsgrensen for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB varierte mellom 0,008 og 0,4 pg/g.

Metoden ble prøvd ved ringtestdeltakelse våren 2009 med ørret som prøvemateriale og Folkehelseinstituttet som ringtestarrangør. Av de 29 kongenerne viste alle en tilfredsstillende Z-score ( $-2 < Z < 2$ ), unntatt PCB-189, som viste en Z-score på 2,2. Tilsvarende gode ringtestresultater ble også oppnådd for PCB<sub>7</sub> (table 10).

### Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)

Det ble veid inn to paralleller fra hvert prøvemateriale til bestemmelse av metaller. Før sluttbestemmelsen ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Alle målingene ble utført med bruk av Agilent 7500c induktiv koplest plasmamassespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Det ble anvendt kvantitativ ICPMS med ekstern kalibrering til bestemmelse av arsen, kadmium, kvikksølv og bly. Rhodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet, og gull ble tilsatt for å stabilisere kvikksølvsignalene. Kontroll av riktighet og presisjon for metallbestemmelsene ble utført ved å analysere det sertifiserte referansematerialet (CRM) Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada). Metoden er akkreditert for arsen, kadmium, kvikksølv og bly.

Kvantifiseringsgrensen beregnet på tørr prøve for hvert av disse grunnstoffene er vist i table 9.

**Table 11. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead (means  $\pm$  SD) in Certified Reference Materials (Tort-2, National Council of Canada) carried out in 2010.**

Analyte	Number (N)	Mean (mg/kg)	SD (mg/kg)	RSD (%)	Certified value <sup>a)</sup> (mg/kg)
Arsen	12	22.4	2.2	10	21.6 $\pm$ 1.8
Kadmium	12	27.1	2.7	10	26.7 $\pm$ 0.6
Kvikksølv	12	0.28	0.03	11	0.27 $\pm$ 0.06
Bly	12	0.33	0.04	12	0.35 $\pm$ 0.13

<sup>a)</sup> Mean and 95% uncertainty

**Table 12. Proficiency test results for arsenic, mercury, cadmium and lead (found value, average value calculated from the organizer and z-score)**

Analyte	Sample	Found (mg/kg)	Calculated (mg/kg)	Z-score
Arsen	Sverdfisk/Swordfish	1.38	1.08	+1.3
Kvikksølv	Sverdfisk/Swordfish	0.70	0.77	-0.65
Kadmium	Fiskelever/Fish liver	0.030	0.027	+0.99
Bly	Fiskelever/Fish liver	0.018	0.020	+0.29

Gjennomsnitt av analyserte verdier og relativt standardavvik, samt de sertifiserte referanseverdiene for hummer hepatopankreas (Tort-2, n=5) er vist i

table 11. Alle de kvantifiserte spormetallene viste resultater der verdiene lå innenfor de akseptable konsentrasjonsområdene for CRM. Riktighet for henholdsvis arsen, kadmium, kvikksølv og bly er også dokumentert ved deltagelse i ringtester arrangert av Quasimeme i 2010 (table 12). Resultatene gitt som z-score er alle innenfor  $\pm 2$  som regnes som godkjente resultater.

For disse fire spormetallene synes både systematiske feil og tilfeldige feil å være under kontroll.

### Bestemmelse av uorganisk arsen ved HPLC-ICPMS (NIFES metode nr. 261)

Frysetørket prøve ble veid inn og tilsatt 0,9 mol/l NaOH i 50 % (v/v) etanol og ekstrahert i mikrobølgeovn i 20 minutter ved 90 °C (CEM MARS5 Microwave Accelerated Reaction System, GreenChem Plus Teflonbomber). Før analyse ble prøven avkjølt, sentrifugert og filtrert. Uorganisk arsen ble separert på en polymerbasert sterk anionbytter-kolonne, (ICSep ION-120) og bestemt som <sup>75</sup>As<sup>+</sup> ved bruk av HPLC-ICPMS.

Uorganisk arsen kan finnes både som As(III) og As(V), men i mikrobølgeovn blir As(III) oksidert til As(V). Uorganisk arsen bestemmes derfor som As(V). Stabiliteten til de organiske arsenspeciene har vært studert og ingen degradering/omdannelse til uorganiske arsenspecier ble oppdaget. Det brukes aldri glass ved ekstraksjon av uorganisk arsen, da glass kan inneholde arsen og dermed kontaminere prøven.



Ingen standard referansematerialer for uorganisk arsen er foreløpig kommersielt tilgjengelig og derfor er de systematiske feilene beregnet ved gjenvinningsforsøk. Resultater viser at gjenvinningen er god og ikke signifikant forskjellig fra 100 % (

table 13). Kvantifiseringsgrensen har blitt beregnet til 10 µg/kg tørr prøve.

**Table 13. Method for the determination of inorganic arsenic. Results from recovery experiments using selected marine samples spiked with As(III) and As(V) (50 ng of each). Data from the validation report.**

Sample	Recovery (ng)		Recovery (%)	
	As(III)	As(V)	As(III)	As(V)
Tort-2 (Lobster hepatopaneas)	48	51	96	102
Dorm-2 (muscle of dogfish)	46	46	91	92
Blue mussel	46	50	91	100
Crab meat	56	53	112	107
Lobster meat	47	54	94	108
Cod fillet	51	50	102	100
Herring fillet	45	55	90	110
Mackerel fillet	48	52	95	104
Mean ± standard deviation	48 ± 7	51 ± 6	97 ± 15	103 ± 12

### Bestemmelse av metylkvikksølv med isotopfortynning GC-ICPMS (NIFES metode nr. 390)

Innveid prøvemengde ble tilsatt spikeløsning anrikt i Me<sup>201</sup>Hg og dekomponert med tetrametylammonium hydroksid (TMAH) på rotator. Etter sentrifugering ble løsningen pH-justert før derivatisering og ekstraksjon over i heksan. Prøvene ble tilslutt analysert på GC-ICPMS og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning. Flere relevante sertifiserte referansematerialer inngår alltid i en sekvens av opparbeidete prøver for å bekrefte riktigheten til metoden. Metoden deltar jevnlig i ringtester med resultat Z-score <|1,5|.

### Bestemmelse av PFAS (NIFES metode nr. 349)

Innveid prøve (0,5 g for lever og tørre prøver og 1 g for våt prøve av muskel) ble tilsatt internstandardløsning og ekstrahert med metanol i ultralydbad. Etter sentrifugering ble prøven filtrert og vann tilsatt før opprensing med ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble renset videre ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MS/MS i ESI negativ modus og kvantifisert ved hjelp av intern standard og syvpunkts eksternt standard kurve. Metoden kvantifiserer følgende 18 PFAS-forbindelser; PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS, PFOSA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDODA, PFTrDA, PFTeA, PFHxDA, PFODA. Kvantifiseringsgrensene i fiskemuskel varierer mellom 0,3 og 1,5 µg/kg for de fleste analytter (unntatt PFHxDA og PFODA). Metoden ble prøvd ved ringtestdeltakelse i 2009 med fisk som prøvemateriale og Quasimeme som ringtestarrangør med godkjent resultat. Ringtestmaterialet benyttes som kontrollmateriale i hver analyseserie.



**Bestemmelse av HBCD og TBBPA (NIFES metode nr. 350)**

Innveid prøve (5 g for leverprøver) ble tilsatt internstandardløsning og ekstrahert med en blanding av sykloheksan og aceton. Etter inndamping av ekstraktet ble løsemiddelet byttet til heksan og ekstraktet ble vasket med svovelsyre for å fjerne fett. Tilslutt ble heksanen dampet vekk og det rensede ekstraktet løst i sluttløsningen før analyse på LC-MS/MS. Metoden kvantifiserer  $\alpha$ -,  $\beta$ -, og  $\gamma$ -HBCD samt TBBPA ved hjelp av internstandard og fem punkts ekstern standardkurve. Kvantifiseringsgrensen er 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for samtlige analytter.

Metoden deltar i ringtester arrangert av Folkehelseinstituttet hvert år med godkjent resultat. Kontrollmateriale med tilsatt analytt inngår i hver serie for å bekrefte riktigheten til metoden.

## Resultater og kommentarer

### Kveite

#### Dioksiner og dioksinlignende PCB

Innholdet av fett, sum dibenzo-p-dioksiner (PCDD), sum dibenzofuraner (PCDF), sum PCDD/F og sum dioksinlignende PCB (non-orto- og mono-orto PCB; dl-PCB) samt innholdet av sum PCDD/F og dl-PCB i prøver fra B-snitt og I-snitt av atlantisk kveite er gitt i table 14. Innholdet av sum PCDD/F i prøver fra B-snittet varierte fra 0,04 til 1,24 ng TE/kg våtvekt, mens innholdet i prøver fra I-snittet varierte fra 0,04 til 2,86 ng TE/kg våtvekt. Ingen av prøvene oversteg den øvre grenseverdien for sum PCDD/F satt av EU og Norge på 4 ng TE/kg våtvekt. Innholdet av sum PCDD/F og dl-PCB i prøver fra B-snittet varierte fra 0,14 til 5,5 ng TE/kg våtvekt, mens innholdet i prøver I-snittet varierte fra 0,18 til 13,3 ng TE/kg våtvekt. Det var ingen av prøvene tatt fra B-snittet som oversteg den øvre grenseverdien for sum PCDD/F og dl-PCB på 8 ng TE/kg våtvekt satt av EU og Norge, mens fire av prøvene tatt fra I-snittet viste høyere verdier enn 8 ng TE/kg våtvekt. Disse fiskene veide henholdsvis 3,2, 53,5, 53,7 og 70,5 kg. De andre tunge kveitene på henholdsvis 41,5, 45 og 60,3 kg hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F og dl-PCB i I-snittet lavere enn 8 ng TE/kg våtvekt, med konsentrasjoner mellom 5,7 og 6,2 ng TE/kg våtvekt.

Kveitene kan deles i to grupper, den ene gruppen er fisk opp til ca. 20 kg og den andre gruppen er fisk fra ca. 40 kg og opp til 70,5 kg. I den lave vektgruppen var konsentrasjonene av sum PCDD/F og dl-PCB lave og forholdet mellom konsentrasjonene i B-snitt og I-snitt var svært varierende (fra 0,32 til 6,0 med et gjennomsnitt på 2,3). For den høye vektgruppen var konsentrasjonene i I-snitt 1,5 til 3,2 ganger høyere enn i B-snittet med et gjennomsnitt på 2,3. I en undersøkelse som ble utført i 2008 for Mattilsynet ble det funnet et forhold på 2,5 mellom konsentrasjon av sum PCDD/F og dl-PCB i I-snittet og B-snittet fra kveite (Julshamm og medarbeidere, 2008).

Resultatene i tabell 13 viser videre at dl-PCB (non-orto- og mono-orto PCB) utgjorde fra 57 til 95 % av sum PCDD/F og dl-PCB med et gjennomsnitt på 76 %. Det var ingen forskjell i andelen dl-PCB mellom B-snitt og I-snitt. Non-orto PCB bidro mest til summen med en andel på mer enn 50 %, fulgt av mono-orto PCB med en andel på ca. 20 %. Unntaket var en kveite på 3,17 kg fanget ved Hammerfest hvor bidraget fra mono-orto PCB var 67 % i B-snittet og 78 % i I-snittet, og bidraget fra non-orto PCB var 24 % i B-snittet og 19 % i I-snittet. PCDD bidrar minst til sum PCDD/F og dl-PCB.

Det var en positiv korrelasjon mellom kveitens vekt og sum PCDD/F og dl-PCB i filetp prøver fra buken, med  $r=0,74$  (figure 4).

Fettinnholdet i B-snittet varierte fra 0,9 til 18,1 g/100g våtvekt, og fettinnholdet i I-snittet varierte fra 0,9 til 36,1 g/100 g våtvekt (tabell 13). Table 14 viser forholdsvis lavt fettinnhold for kveite med vekt mindre enn 20 kg ( $\leq 3,8$  g/100 g i B-snitt,  $\leq 7,1$  g/100 g i I-snitt). Fettinnholdet økte med fiskens vekt (Table 14). Fettinnholdet i B-snitt av fisk større enn 40 kg varierte fra 7,7 til 18,1 g/100 g mens fettinnholdet i prøver av I-snitt varierte fra 14,2 til 36,1 g/100 g. Figure 5 viser en positiv korrelasjon ( $r=0,85$ ) mellom fettinnholdet av prøvene (g/100 g) og konsentrasjonen av sum PCDD/F og dl-PCB (ng TE/kg våtvekt) i prøver både fra B- og I-snitt.

**Table 14. Content of fat, dioxins (PCDD), furans (PCDF), sum PCDD/F, non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, sum of dl-PCBs as well as sum of PCDD/F + dl-PCB (ng WHO-TEQ/kg wet weight, using TEF-1998; upper bound LOQ) in Atlantic halibut caught in the period 2008-2010.**

Position	Cut	Fat (g/100 g)	PCDD	PCDF	Sum PCDD/F	Non-	Mono-	Sum	Sum PCDD/F + dl-PCB
						ortho	ortho	dl-	
					ng TEQ/kg w.w.				
70°25'N 19°28'E (1)	B	0.9	0.02	0.02	0.04	0.12	0.04	0.16	0.20
70°25'N 19°28'E (2)	B	1	0.03	0.03	0.06	0.06	0.02	0.08	0.14
70°41'N 21°43' (3)	B	1.3	0.03	0.04	0.07	0.09	0.03	0.11	0.18
Hammerfest (4)	B	1.1	0.09	0.13	0.22	0.66	1.84	2.50	2.72
69°24'N 15°52'E (5)	B	2.2	0.07	0.05	0.12	0.14	0.05	0.19	0.31
70°45'N 28°08'E (6)	B	2.7	0.04	0.06	0.10	0.81	0.3	1.11	1.21
69°24'N 15°52'E (7)	B	2.2	0.07	0.05		0.14	0.05	0.19	0.31
70°59'N 23°29'E (8)	B	1.9	0.05	0.11	0.16	0.24	0.09	0.33	0.49
70°59'N 23°29'E (9)	B	2.1	0.06	0.06	0.12	0.33	0.11	0.44	0.56
70°40'N 23°41'E (10)	B	1.5	0.05	0.06	0.11	0.49	0.65	1.14	1.25
71°05'N 27°17'E (11)	B	0.9	0.03	0.03	0.06	0.3	0.09	1.2	1.26
71°05'N 27°17'E (12)	B	1.3	0.03	0.03	0.06	0.32	0.11	0.43	0.49
69°52'N 15°57'E (13)	B	3.8	0.11	0.12	0.23	0.31	0.1	0.41	0.64
70°00'N 18°15'E (14)	B	1.1	0.03	0.03	0.06	0.11	0.04	0.15	0.21
72°07'N 17°40'E (15)*	B	10	0.35	0.54	0.89	2.99	0.25	3.24	4.13
Vesterålen (16)*	B	7.7	0.25	0.41	0.66	1.77	0.58	2.35	3.01
Troms (17)*	B	18.1	0.34	0.84	1.18	3.22	1.11	4.33	5.51
Nordland (18)*	B	9.7	0.41	0.7	1.11	2.57	0.86	3.43	4.54
Vesterålen/Troms (19)*	B	12.5	0.15	0.36	0.51	1.1	0.32	1.42	1.93
Vesterålen (20)*	B	8.5	0.36	0.88	1.24	2.72	0.83	3.55	4.79
70°25'N 19°28'E (1)	I	0.9	0.02	0.02	0.04	0.11	0.03	0.14	0.18
70°25'N 19°28'E (2)	I	1	0.04	0.03	0.07	0.15	0.05	0.20	0.27
70°41'N 21°43' (3)	I	1.5	0.04	0.04	0.08	0.09	0.03	0.11	0.19
Hammerfest(4)	I	1.9	0.06	0.15	0.21	1.58	6.37	7.95	8.16
69°24'N 15°52'E (5)	I	3	0.12	0.09	0.21	0.24	0.08	0.32	0.53
70°45'N 28°08'E (6)	I	6	0.18	0.16	0.34	0.98	0.36	1.34	1.68
69°24'N 15°52'E (7)	I	3.0	0.12	0.09	0.21	0.24	0.08	0.32	0.53
70°59'N 23°29'E (8)	I	4.5	0.17	0.37	0.54	0.91	0.29	1.20	1.74
70°59'N 23°29'E (9)	I	10	0.2	0.39	0.59	2.07	0.71	2.78	3.37
70°40'N 23°41'E (10)	I	5.6	0.23	0.31	0.54	2.92	3.99	6.91	7.45
71°05'N 27°17'E (11)	I	1.2	0.03	0.03	0.06	0.26	0.08	0.34	0.40
71°05'N 27°17'E (12)	I	1.6	0.03	0.03	0.06	0.16	0.05	0.21	0.27
69°52'N 15°57'E (13)	I	7.1	0.16	0.32	0.48	0.86	0.26	1.12	1.6
70°00'N 18°15'E (14)	I	1.2	0.02	0.04	0.06	0.15	0.05	0.20	0.26
72°07'N 17°40'E (15)*	I	15.4	0.54	0.91	1.35	4.47	0.38	4.85	6.2
Vesterålen(16)*	I	14.2	0.46	0.78	1.24	3.36	1.05	4.41	5.65
Troms (17)*	I	36.1	0.87	1.99	2.86	7.72	2.68	10.4	13.26
Nordland (18)*	I	25.4	1.01	1.77	2.78	6.45	2.12	8.57	11.35
Vesterålen/Troms(19)*	I	26.1	0.37	0.56	0.93	4.09	1.1	5.19	6.12
Vesterålen (20)*	I	19	0.55	0.84	1.39	6.03	2.03	8.06	9.45

\*Fisk større enn 20 kg

Det tolerable ukentlige inntaket, TWI, er mengden av et gitt stoff som kan inntas hver uke i løpet av hele livet uten å forårsake helsefare. EFSA har etablert en TWI for sum PCDD/F og dl-PCB på 14 pg/kg kroppsvekt. Inntak av 200 g kveite pr. uke med en konsentrasjon av sum PCDD/F + dl-PCB på 1,8 ng TE/kg (gjennomsnittskonsentrasjon for B-snitt) vil gi et inntak på ca. 360 pg/uke, som tilsvarer ca. 50 % av TWI for en 60 kg person, men for et barn som veier 20 kg og inntar 200 g kveite vil det tilsvare ca. 30 % overskridelse av TWI. Hvis en tar utgangspunkt i gjennomsnittet av alle prøvene, både fra B- og I-snitt, vil konsentrasjonen være 2,9 ng TE/kg og det vil gi et inntak av sum PCDD/F og dl-PCB fra 200 g kveite på 580 pg som tilsvarer ca. 80 % av TWI for en voksen person, og for et barn på 20 kg vil overskridelsen bli på 100 % av TWI hvis inntaket pr. uke er 200 g.

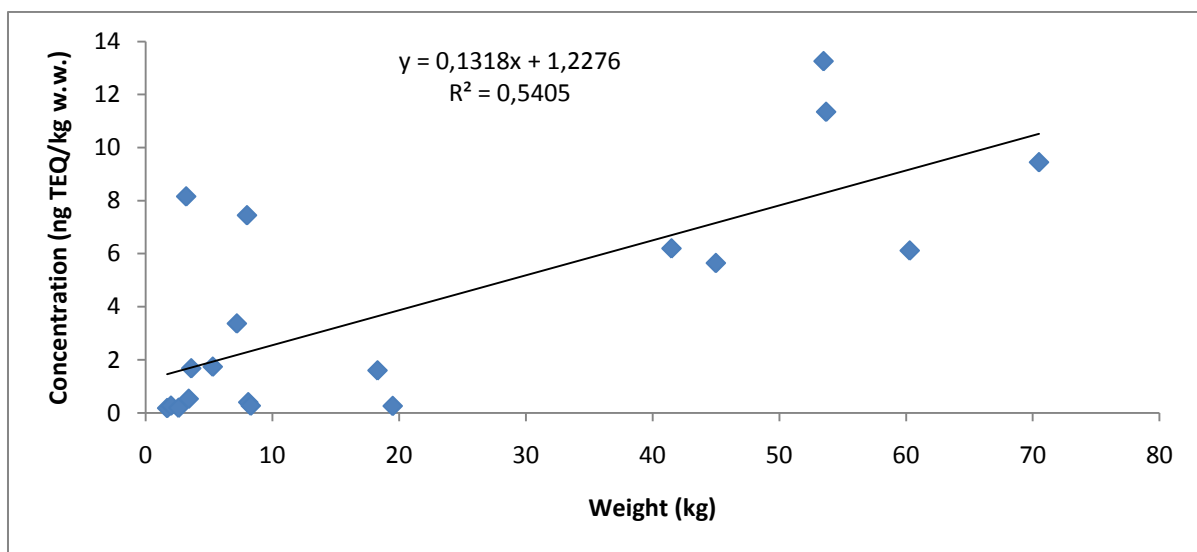


Figure 4. Fish weight (kg) vs. concentration of sum PCDD/F and dl-PCB (ng TEQ/kg ww) in fillet of Atlantic halibut (I-cut).

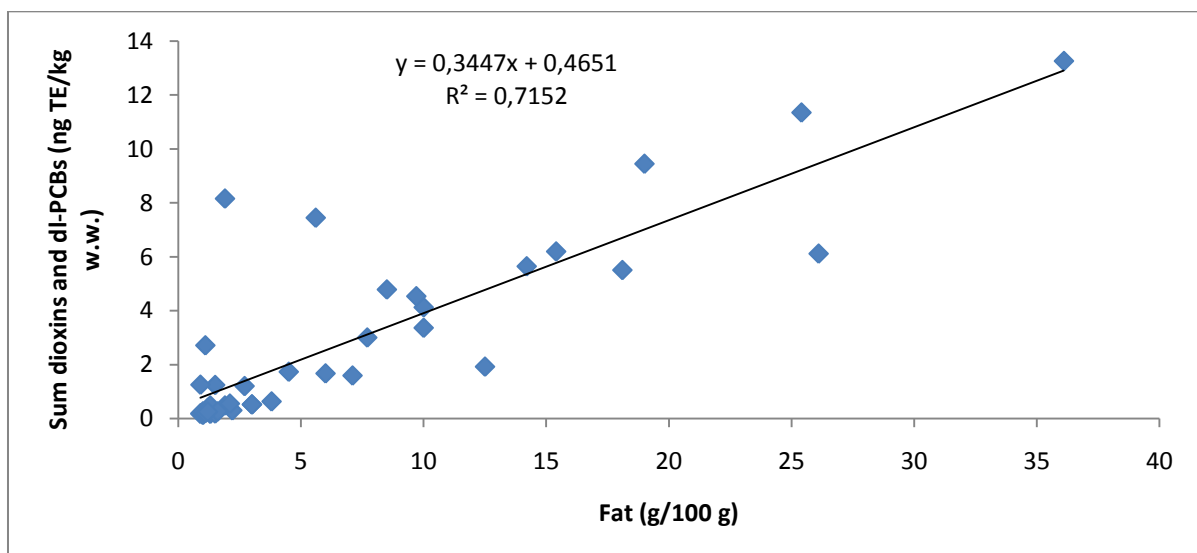


Figure 5. Fat content (g/100 g) vs. concentration of sum PCDD/F and dl-PCB (ng TEQ/kg ww) in fillet of Atlantic halibut, including both B- and I-cuts.

### Polyklorete bifenyler (PCB<sub>7</sub>)

Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> i prøver fra B-snitt og I-snitt av atlantisk kveite er gitt i table 15. Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> i prøver fra B-snitt varierte fra 0,39 til 47 µg/kg våtvekt, mens prøver fra I-snittet varierte fra 0,13 til 130 µg/kg våtvekt. Den høyeste verdien av sum PCB<sub>7</sub> ble funnet i I-snitt fra kveite fanget nær Hammerfest. Fisken veide 8,0 kg og hadde et fettinnhold i I-snittet på 5,6 g/100 g. Konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> høyere enn 100 µg/kg våtvekt er svært sjelden i marin fisk som ikke er fanget i forurenset miljø.

PCB<sub>7</sub>-konsentrasjonen i prøver av filet fra I-snittet var ca. to ganger høyere enn i prøver fra B-snittet (table 15). Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i B-snittet var sterkt korrelert til PCB<sub>7</sub> konsentrasjonen i I-snittet med en korrelasjonskoeffisient på  $r = 0,75$  (figure 6).

Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i kveite syntes ikke å være korrelert verken til fiskens vekt eller til prøvens fettinnhold (beregninger ikke vist). Det er i overensstemmelse med tidligere resultater (Julshamn et al. 2008). PCB-153 og PCB-138 var de dominerende kongenerne av PCB<sub>7</sub>. Dette er den tilsvarende kongenerprofilen som er funnet i filet av kveite i en tidligere undersøkelse (Julshamn et al. 2008), og også i andre fiskearter som for eksempel sild og makrell (Frantzen et al. 2009, 2010, 2011).

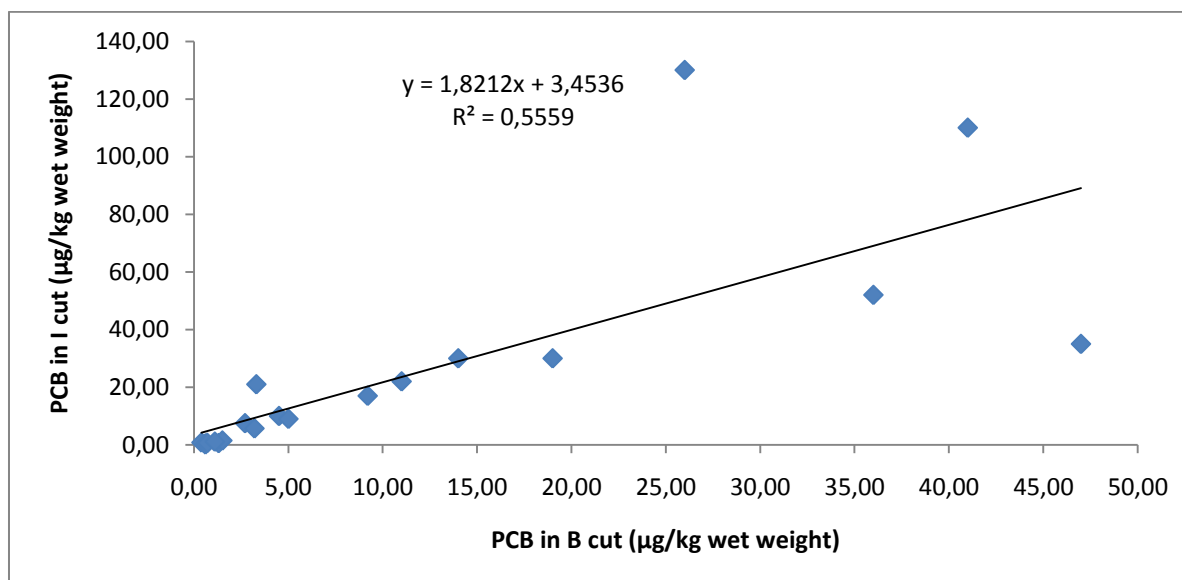


Figure 6. Concentration of PCB<sub>7</sub> in samples of the upper side (B-cut) vs. samples from abdomen (I-cut) of Atlantic halibut.

**Table 15. Weight of the fish (kg) and contents of fat (g/100 g), sum PCB<sub>7</sub> (PCB-28, 52, 101, 118, 138, 153, and 180) and sum PBDE<sub>7</sub> (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183) in Atlantic halibut caught in the period 2008-2010.**

Position	Weight (kg)	Cut	Fat	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	PBDE <sub>7</sub> (µg/kg)
70°25'N 19°28'E (1)	1.7	B	0.9	0.39	0.04
70°25'N 19°28'E (2)	2	B	1	0.60	0.05
70°41'N 21°43' (3)	2.6	B	1.3	1.30	0.08
Hammerfest (4)	3.2	B	1.1	41	2.9
69°24'N 15°52'E (5)	3.4	B	2.2	0.60	0.05
70°45'N 28°08'E (6)	3.6	B	2.7	4.50	0.13
69°24'N 15°52'E (7)	4.3	B	2.2	5.00	0.54
70°59'N 23°29'E (8)	5.3	B	1.9	2.70	0.56
70°59'N 23°29'E (9)	7.2	B	2.1	3.30	0.57
70°40'N 23°41'E (10)	8	B	1.5	26	4.5
71°05'N 27°17'E (11)	8.1	B	0.9	0.70	0.07
71°05'N 27°17'E (12)	8.3	B	1.3	1.50	0.09
69°52'N 15°57'E (13)	18.3	B	3.8	3.20	0.22
70°00'N 18°15'E (14)	19.5	B	1.1	1.10	0.06
72°07'N 17°40'E (15)	41.5	B	10	47	n.d.
Vesterålen (16)	45	B	7.7	19	2.2
Troms (17)	53.5	B	18.1	36	2.5
Nordland (18)	53.7	B	9.7	14	1.2
Vesterålen/Troms (19)	60.3	B	12.5	11	0.94
Vesterålen (20)	70.5	B	8.5	9.20	0.93
70°25'N 19°28'E (1)	1.7	I	0.9	0.81	0.03
70°25'N 19°28'E (2)	2	I	1	0.47	0.05
70°41'N 21°43' (3)	2.6	I	1.5	0.59	0.10
Hammerfest(4)	3.2	I	1.9	110	4.2
69°24'N 15°52'E (5)	3.4	I	3	0.13	0.05
70°45'N 28°08'E (6)	3.6	I	6	10	0.34
69°24'N 15°52'E (7)	4.3	I	3.0	9.00	0.88
70°59'N 23°29'E (8)	5.3	I	4.5	7.50	2.3
70°59'N 23°29'E (9)	7.2	I	10	21	3.2
70°40'N 23°41'E (10)	8	I	5.6	130	36
71°05'N 27°17'E (11)	8.1	I	1.2	0.67	0.07
71°05'N 27°17'E (12)	8.3	I	1.6	1.50	0.08
69°52'N 15°57'E (13)	18.3	I	7.1	5.70	0.50
70°00'N 18°15'E (14)	19.5	I	1.2	1.10	0.07
72°07'N 17°40'E (15)	41.5	I	15.4	35	3.0
Vesterålen(16)	45	I	14.2	30	3.3
Troms (17)	53.5	I	36.1	52	6.0
Nordland (18)	53.7	I	25.4	30	2.9
Vesterålen/Troms(19)	60.3	I	26.1	22	2.2
Vesterålen (20)	70.5	I	19	17	1.7

## Bromerte flammehemmere

### PBDE<sub>7</sub>

Tabell 14 viser innholdet av sum PBDE, det vil si summen av de syv PBDE kongenerne (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183), i filet av atlantisk kveite med rund vekt fra 1,7 til 70 kg. Resultatene for sum PBDE i prøver fra B-snitt varierte fra 0,04 til 4,5 µg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av sum PBDE i prøver fra I-snitt varierte fra 0,04 til 36 µg/kg våtvekt. Det var kun én fisk som hadde et innhold av sum PBDE i prøve fra I-snittet, høyere enn 10 µg/kg våtvekt. Fisken veide 8 kg, fangstposisjon var 70°40'N 23°41'Ø (Hammerfest), og innholdet av sum PBDE var 36 µg/kg våtvekt. Dette var samme individ som hadde den høyeste konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub>. Til sammenligning ble det funnet verdier for sum PBDE i filet av stor atlantisk kveite (> 30 kg) fra 2007 som varierte fra 0,3 til 12,3 µg/kg våtvekt i B-snittet og fra 1,0 til 17,5 µg/kg våtvekt i I-snittet (Julshamn et al. 2008). I en undersøkelse fra 2006 ble det funnet verdier av sum PBDE som varierte fra 1,1 til 4,1 µg/kg våtvekt med en middelværdi av fire prøver på 2,3 µg/kg våtvekt ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)).

I denne undersøkelsen ble det funnet en positiv korrelasjon mellom fettinnholdet i prøvene og konsentrasjonen av sum PBDE når både prøver av B- og I-snitt var inkludert ( $r=0,64$ ) (figure 7). Det var også en svak korrelasjon mellom fiskens vekt og konsentrasjon av sum PBDE i I-snittet ( $r=0,53$ ) (figure 8). I begge korrelasjonene er kveiten med sum PBDE på 36 µg/kg utelatt.

Kongenerprofilen i prøvene av kveitefilet både fra B- og I-snitt viste at PBDE-47 var den mest dominerende PBDE-kongeneren, med en andel på opptil 80 % av sum PBDE. Det er i overensstemmelse med hva som ble funnet i en tilsvarende undersøkelse fra 2007 (Julshamn et al. 2008), samt med andre fiskearter som for eksempel sild og makrell (Frantzen et al. 2009, 2010, 2011).

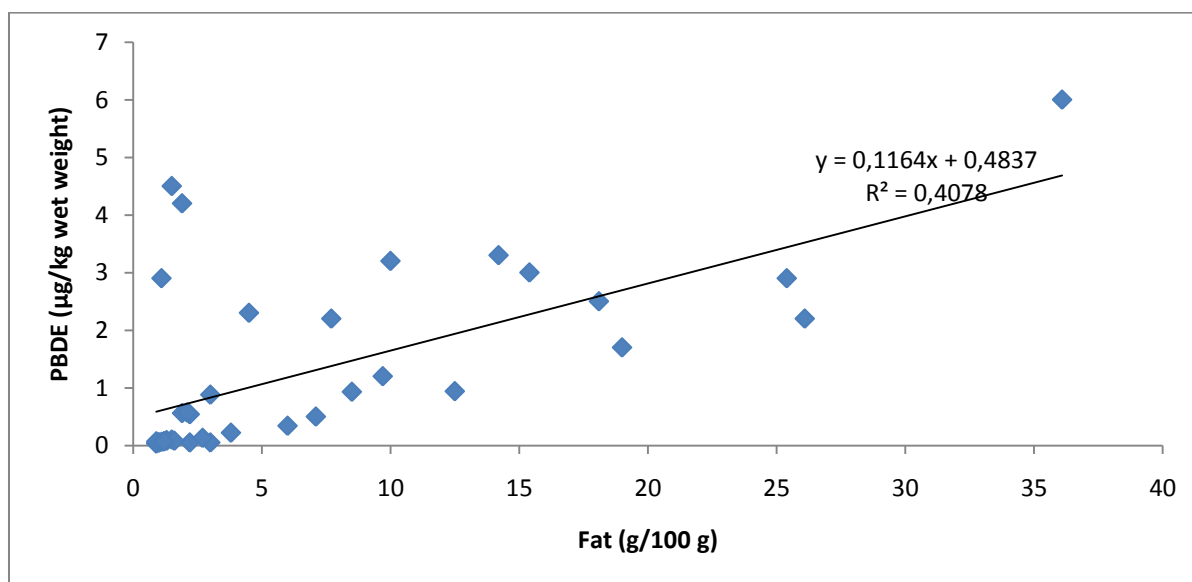


Figure 7. Fat content (g/100 g) vs. concentration of sum PBDE (µg/kg wet weight) in fillet of Atlantic halibut. Both B and I cuts are included.



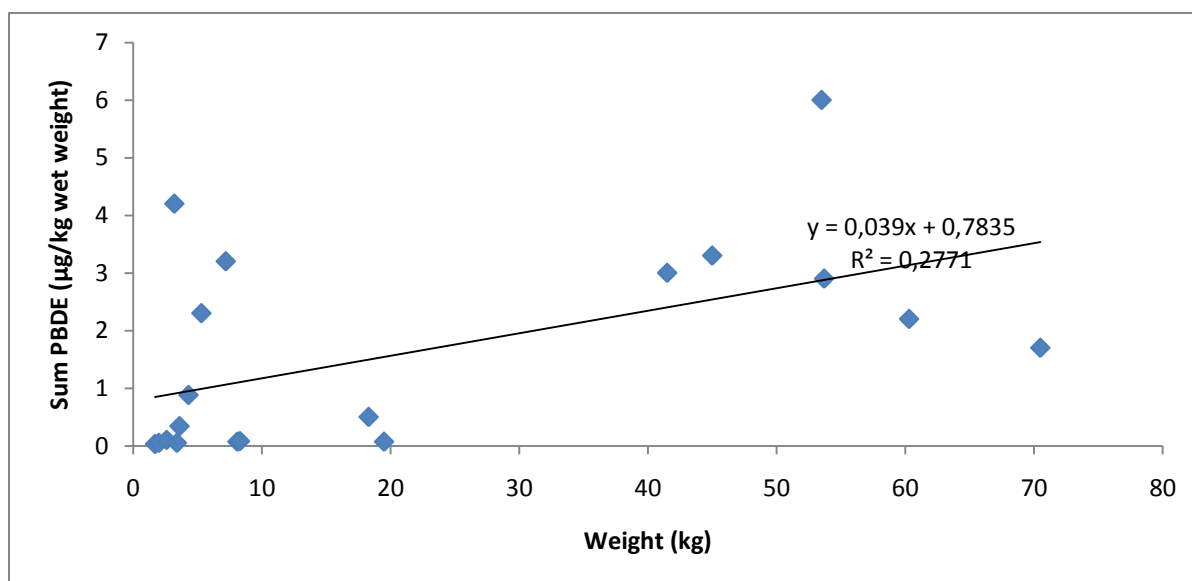


Figure 8. Fish weight (kg) vs. concentration of sum PBDE (µg/kg wet weight) in fillet (I cut) of Atlantic halibut.

### HBCD og TBBPA

Det var ingen konsentrasjoner av HBCD eller TBBPA over kvantifiseringsgrensen på 1 µg/kg i noen av prøvene. Dette gjaldt både prøver fra I-snitt og B-snitt på kveiten.

### **Metaller inkludert uorganisk arsen og metylkvikksølv**

#### Arsen

Arsenkonsentrasjonen i filetprøver av kveite, hvor en prøve er tatt fra B-snitt og en prøve er tatt fra I-snitt, er vist i table 16. Konsentrasjonen av arsen i prøver fra B-snitt varierte fra 2,4 til 15 mg/kg våtvekt (snitt  $6,4 \pm 3,8$  mg/kg), mens konsentrasjonen i prøver fra I-snitt varierte fra 2,6 til 14 mg/kg våtvekt (snitt  $7,2 \pm 4,4$  mg/kg). Dette er noe lavere enn det som ble funnet for arsen i atlantisk kveite fra 2007. I den undersøkelsen varierte konsentrasjonen av arsen i prøver fra B-snitt fra 3 til 48 mg/kg våtvekt med et gjennomsnittsinhold på 11,6 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen i prøver fra I-snitt viste et gjennomsnitt på 8,9 mg/kg våtvekt med en variasjon fra 3,6 til 29 mg/kg våtvekt (Julshamn et al, 2008). Resultatene fra 2007 var også høyere enn de som ble funnet for arsen i kveitefilet fra 2006 og som er vist i Sjømatdata ([www.NIFES.no/sjømatdata](http://www.NIFES.no/sjømatdata)). Her ble det funnet et gjennomsnittsinhold på 4,6 mg/kg våtvekt for fire individer med en variasjon fra 3,3 til 9,0 mg/kg våtvekt.

#### Uorganisk arsen

Alle prøvene fra både B- og I-snitt av kveite viste konsentrasjoner av uorganisk arsen som var lavere enn bestemmelsesgrensen som ble beregnet til 0,004 mg/kg våtvekt (table 16).

Resultatene er i overensstemmelse med de resultatene som ble funnet av Sloth et al. (2005), der det ble funnet konsentrasjoner av uorganisk arsen lavere enn 0,001 mg/kg våtvekt. Dette avviker fra EFSA's rapport fra 2009 hvor gjennomsnittsverdien av uorganisk arsen i fiskefilet ble satt til 0,030 mg/kg våtvekt.

Table 16. Weight of fish (kg) and contents of total arsenic, inorganic arsenic, cadmium, mercury and lead (mg/kg wet weight) in Atlantic halibut caught in the period 2008-2010.

Position	Weight (kg)	Cut	Total arsenic (mg/kg w.w.)	Inorganic arsenic (mg/kg w.w.)	Cadmium (mg/kg w.w.)	Mercury (mg/kg w.w.)	Lead (mg/kg w.w.)
70°25'N 19°28'E (1)	1.7	B	5.10	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
70°25'N 19°28'E (2)	2	B	13	<0.004	<0.003	0.06	<0.01
70°41'N 21°43' (3)	2.6	B	2.90	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
Hammerfest (4)	3.2	B	2.4	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
69°24'N 15°52'E (5)	3.4	B	11	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
70°45'N 28°08'E (6)	3.6	B	3.2	<0.004	<0.003	0.06	<0.01
69°24'N 15°52'E (7)	4.3	B	14	<0.004	<0.003	0.24	<0.01
70°59'N 23°29'E (8)	5.3	B	3.2	<0.004	<0.003	0.02	<0.01
70°59'N 23°29'E (9)	7.2	B	3.4	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
70°40'N 23°41'E (10)	8	B	3.1	<0.004	<0.003	0.07	<0.01
71°05'N 27°17'E (11)	8.1	B	4.2	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
71°05'N 27°17'E (12)	8.3	B	3.6	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
69°52'N 15°57'E (13)	18.3	B	3.9	<0.004	<0.003	0.08	<0.01
70°00'N 18°15'E (14)	19.5	B	10	<0.004	<0.003	0.36	<0.01
72°07'N 17°40'E (15)	41.5	B	12	<0.004	<0.003	0.31	<0.01
Vesterålen (16)	45	B	15	<0.004	<0.003	0.27	<0.01
Troms (17)	53.5	B	13	<0.004	<0.003	0.29	<0.01
Nordland (18)	53.7	B	7.2	<0.004	<0.003	0.21	<0.01
Vesterålen/Troms (19)	60.3	B	4.70	<0.004	<0.003	0.29	<0.01
Vesterålen (20)	70.5	B	9.1	<0.004	<0.003	0.14	<0.01
70°25'N 19°28'E (1)	1.7	I	4.00	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
70°25'N 19°28'E (2)	2	I	12	<0.004	<0.003	0.06	<0.01
70°41'N 21°43' (3)	2.6	I	2.50	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
Hammerfest(4)	3.2	I	2.6	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
69°24'N 15°52'E (5)	3.4	I	10	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
70°45'N 28°08'E (6)	3.6	I	3.1	<0.004	<0.003	0.04	<0.01
69°24'N 15°52'E (7)	4.3	I	12	<0.004	<0.003	0.25	<0.01
70°59'N 23°29'E (8)	5.3	I	2.6	<0.004	<0.003	0.02	<0.01
70°59'N 23°29'E (9)	7.2	I	3.1	<0.004	<0.003	0.03	<0.01
70°40'N 23°41'E (10)	8	I	3	<0.004	<0.003	0.07	<0.01
71°05'N 27°17'E (11)	8.1	I	4.4	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
71°05'N 27°17'E (12)	8.3	I	3.8	<0.004	<0.003	0.05	<0.01
69°52'N 15°57'E (13)	18.3	I	4.5	<0.004	<0.003	0.06	<0.01
70°00'N 18°15'E (14)	19.5	I	8.40	<0.004	<0.003	0.35	<0.01
72°07'N 17°40'E (15)	41.5	I	11	<0.004	<0.003	0.27	<0.01
Vesterålen(16)	45	I	14	<0.004	<0.003	0.23	<0.01
Troms (17)	53.5	I	10	<0.004	<0.003	0.21	<0.01
Nordland (18)	53.7	I	6.6	<0.004	<0.003	0.2	<0.01
Vesterålen/Troms(19)	60.3	I	4.30	<0.004	<0.003	0.33	<0.01
Vesterålen (20)	70.5	I	6.5	<0.004	<0.003	0.09	<0.01

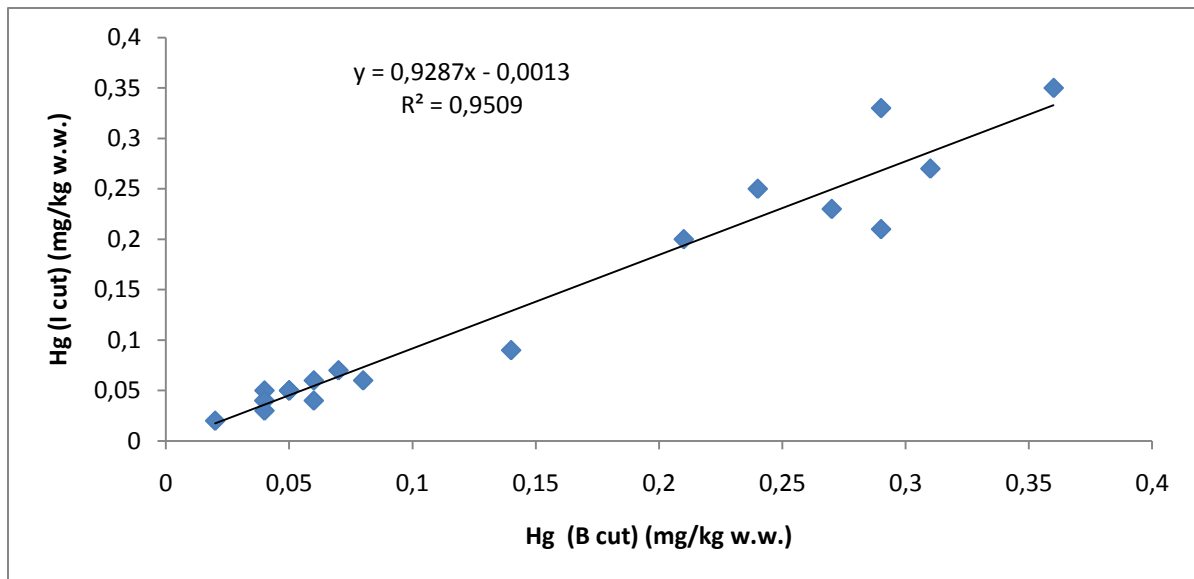


Figure 9. Concentration of mercury in B cut (mg/kg wet weight) vs concentration of mercury in I cut (mg/kg wet weight) in fillet of Atlantic halibut.

### Kadmium

Kadmiumkonsentrasjonen i alle filetp prøvene av atlantisk kveite var lavere enn 0,003 mg/kg våtvekt, som er kvantifiseringsgrensen for metoden med denne type matrise (table 16). Dette var tilfellet for prøver tatt både på brystet og i buken av kveiten. Kadmiumkonsentrasjoner i filet av atlantisk kveite funnet i denne undersøkelsen tilsvarer det som er rapportert i Sjømatdata for 2006 ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)). Det er noe overraskende at kadmiumkonsentrasjonen er så vidt lav i en art som kveite som er sentvoksende og har høy alder. Konsentrasjonene for kadmium funnet i kveitefilet er følgelig betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi som er satt til 0,05 mg/kg våtvekt for de fleste fiskearter også for kveite.

### Bly

Blykonsentrasjonene i alle filetp prøvene av atlantisk kveite i denne undersøkelsen var lavere enn kvantifiseringsgrensen på 0,01 mg/kg våtvekt (table 16). Resultatene fra denne undersøkelsen er i overensstemmelse med de resultatene som ble funnet ved undersøkelser for NIFES' Sjømatdata for 2006, som viste blykonsentrasjoner lavere enn 0,02 mg/kg våtvekt. Alle resultatene funnet for bly i kveitefilet var følgelig lavere enn EUs øvre grenseverdi på 0,3 mg/kg våtvekt.

### Kvikksølv

Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av atlantisk kveite tatt på brystet av fisken (B-snitt) varierte fra 0,02 til 0,36 mg/kg våtvekt, og kvikksølvkonsentrasjonene i prøver tatt fra buken til fisken (I-snitt) varierte fra 0,03 til 0,35 mg/kg våtvekt (table 16). Figure 9 viser en svært god sammenheng mellom konsentrasjon av kvikksølv i prøver fra B-snitt og prøver fra I-snitt ( $r=0,975$ ), med omtrent samme konsentrasjon i B-snitt og I-snitt fra samme fisk. Ingen prøver i denne undersøkelsen hadde kvikksølvverdier som oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi for kvikksølv i filet av kveite som er satt til 1 mg/kg våtvekt. I en undersøkelse fra 2007 viste 1 av 14 kveiter en kvikksølvkonsentrasjon som oversteg 1 mg/kg våtvekt (Julshamn et al. 2008). Vekten til kveitene i 2007-undersøkelsen var alle tyngre enn 30 kg. I denne undersøkelsen var det en positiv sammenheng mellom vekten av kveiten og konsentrasjonen av kvikksølv i filet fra B-snittet ( $r=0,67$ ) (figure 10).

I 2006 ble det funnet kvikksølvkonsentrasjoner i kveite som varierte fra 0,5 til 0,8 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt av fire prøver på 0,7 mg/kg ([www.NIFES.no/Sjømataidata](http://www.NIFES.no/Sjømataidata)). Grunnen til variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonene kan skyldes blant annet fiskens størrelse, alder, leveområde og fødetilgang.

Figure 11 viser en positiv sammenheng mellom arsenkonsentrasjonen og kvikksølvkonsentrasjonen i prøver av kveitefilet ( $r = 0,59$ ). Positiv korrelasjon er også funnet mellom arsen og kvikksølvkonsentrasjonen i fileten av blåkveite (Julshamm et al. 2011).

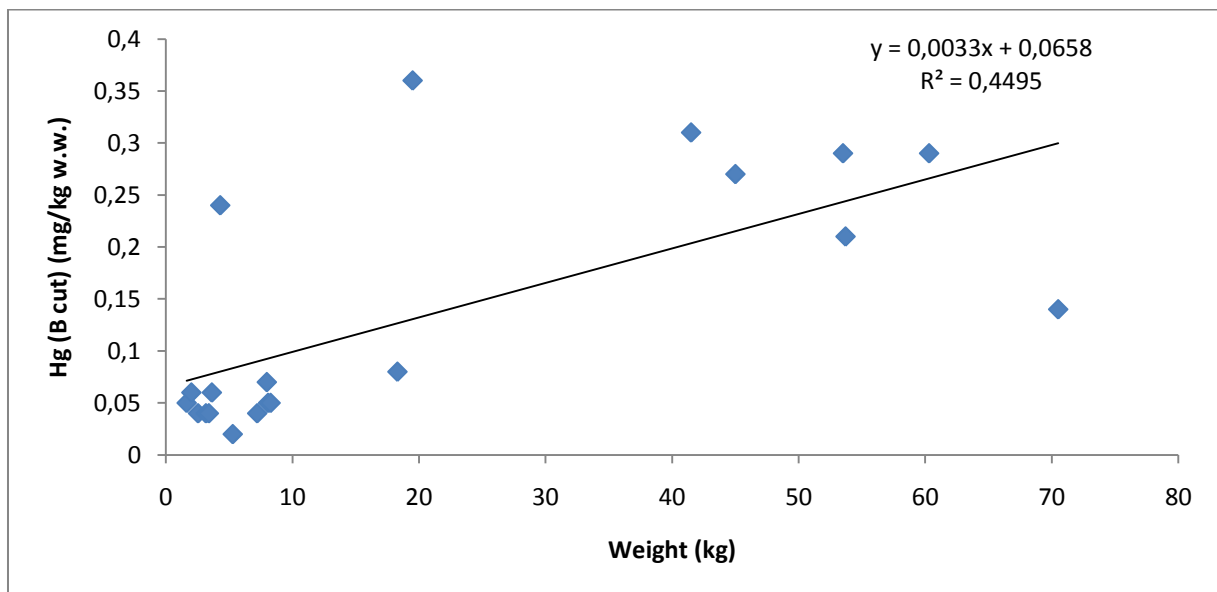


Figure 10. Fish weight (kg) vs. concentration of mercury (mg/kg wet weight) in fillet (B cut) of Atlantic halibut.

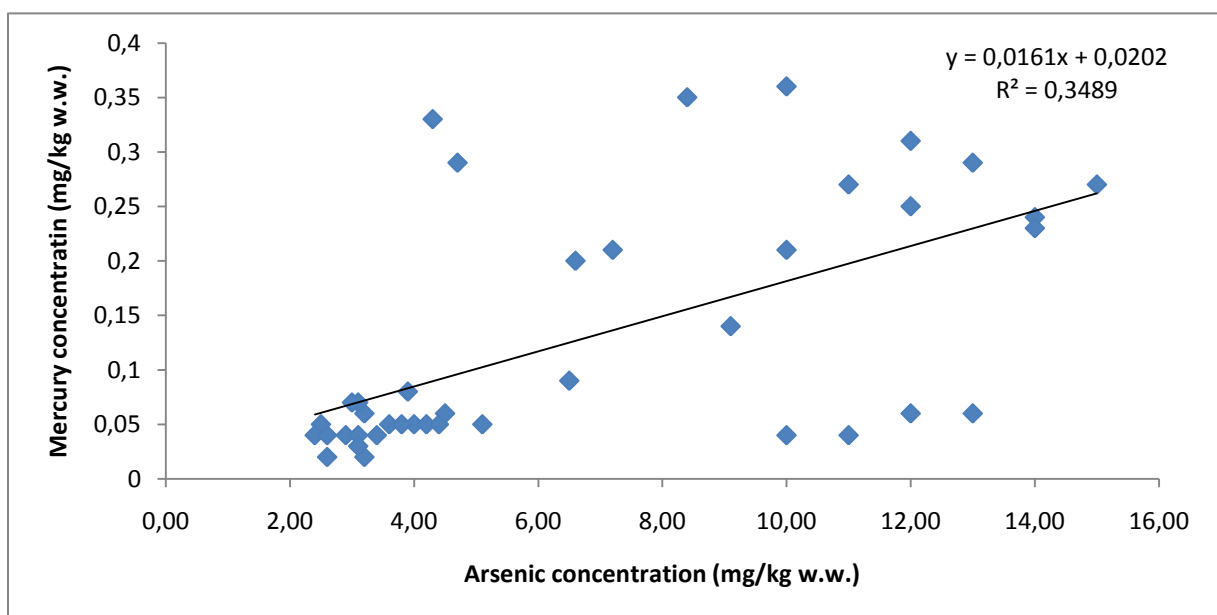


Figure 11. Concentration of arsenic (mg/kg wet weight) vs. concentration of mercury (mg/kg wet weight) in fillet of Atlantic halibut. Results for both B and I cuts are included.

### Metylkvikksølv

Det ble valgt ut ti kveiteprøver for bestemmelse av innholdet av metylkvikksølv. Både I- og B-snittet ble analysert fra de samme fiskene for å undersøke om det var store forskjeller mellom de to snittene (table 17). Det ble valgt ut fem store kveiter (> 40 kg) og fem små kveiter (<10 kg). Ved å inkludere alle de analyserte prøvene ble gjennomsnittlig prosentandel metylkvikksølv i forhold til totalkvikksølv 95 %. Det så ikke ut til å være forskjell verken mellom B- og I snitt eller mellom stor og liten kveite med hensyn på prosentandel metylkvikksølv.

**Table 17: Total mercury and methylmercury content for selected samples of Atlantic halibut.**

Position	Cut	Total mercury, mg/kg ww	Methylmercury mg/kg ww	Methylmercury, %
Hammerfest (4)	B	0.04	0.04	100
69°24'N 15°52'E (5)	B	0.04	0.03	75
69°24'N 15°52'E (7)	B	0.24	0.21	88
70°59'N 23°29'E (8)	B	0.04	0.04	100
70°40'N 23°41'E (10)	B	0.07	0.07	100
Vesterålen (16)	B	0.27	0.29	107
Vesterålen (17)	B	0.29	0.28	97
Vesterålen (18)	B	0.21	0.23	110
Vesterålen/Troms (19)	B	0.29	0.22	76
Vesterålen (20)	B	0.14	0.14	100
Hammerfest (4)	I	0.04	0.04	100
69°24'N 15°52'E (5)	I	0.04	0.03	75
69°24'N 15°52'E (7)	I	0.25	0.21	84
70°59'N 23°29'E (8)	I	0.03	0.03	100
70°40'N 23°41'E (10)	I	0.07	0.07	100
Vesterålen (16)	I	0.23	0.25	109
Vesterålen (17)	I	0.21	0.17	81
Vesterålen (18)	I	0.20	0.20	100
Vesterålen/Troms (19)	I	0.33	0.26	79
Vesterålen (20)	I	0.09	0.11	122

### **PFAS**

Innholdet av de ulike PFAS i prøvene av kveite er vist i table 18. Det var kvantifiserbare mengder av PFOS i samtlige prøver og nivået varierte mellom 0,4 og 2,0 µg/kg. For alle kveitene unntatt tre var det mer PFOS i I-snittet av fisken enn i B-snittet (figure 12). I tillegg var det kvantifiserbare mengder av PFOS-forløperen PFOSA i noen prøver. Det var også kvantifiserbare mengder av PFUDA og PFTrDA i en del prøver.

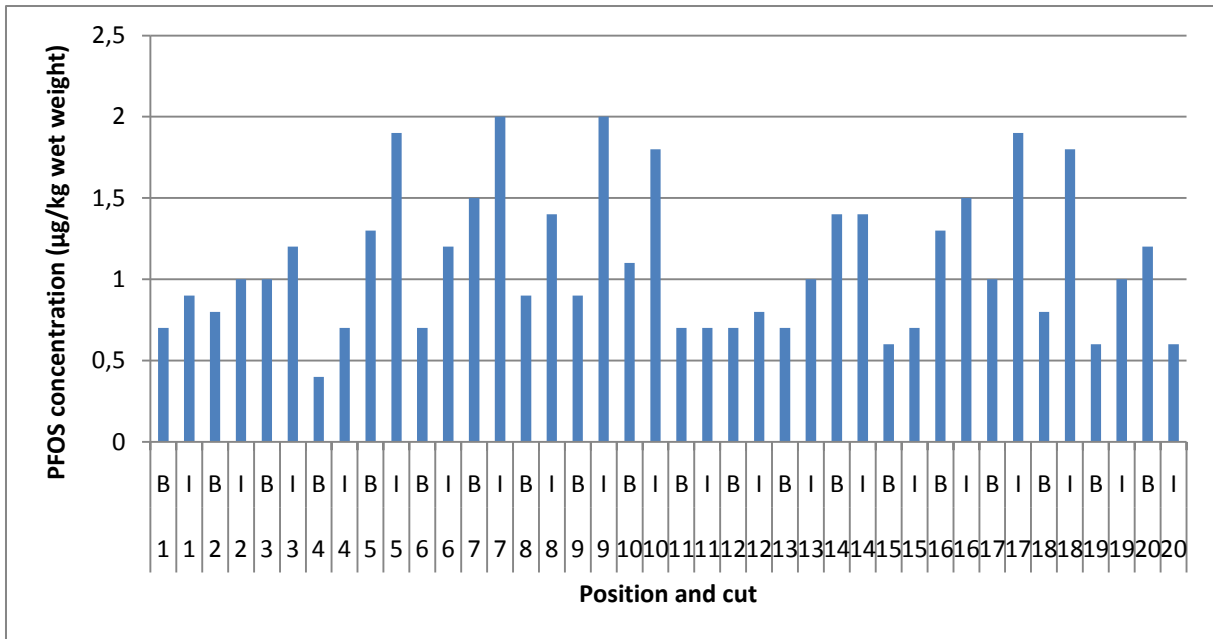


Figure 12. PFOS content in B- and I-cuttings from Atlantic halibut.

**Table 18. Concentration of PFCs (µg/kg w.w) in samples of Greenland halibut (µg/kg w.w).**

Position	Cut	PFBS	PFHXS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFDDA	PFTDA	PFTrDA	PFHxDA	PFODA	
70°25'N 19°28'E (1)	B	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (2)	B	<1.5	<0.3	<b>0.8</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°41'N 21°43' (3)	B	<1.5	<0.3	<b>1.0</b>	<0.3	<b>1.3</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.5</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
Hammerfest (4)	B	<1.5	<0.3	<b>0.4</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°24'N 15°52'E (5)	B	<1.5	<0.3	<b>1.3</b>	<0.3	<b>1.1</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°45'N 28°08'E (6)	B	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<b>1.8</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°24'N 15°52'E (7)	B	<1.5	<0.3	<b>1.5</b>	<0.3	<b>1.0</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°59'N 23°29'E (8)	B	<1.5	<0.3	<b>0.9</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°59'N 23°29'E (9)	B	<1.5	<0.3	<b>0.9</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°40'N 23°41'E (10)	B	<1.5	<0.3	<b>1.1</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
71°05'N 27°17'E (11)	B	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
71°05'N 27°17'E (12)	B	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<b>1.1</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°52'N15°57'E (13)	B	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	1.8	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°00'N 18°15'E (14)	B	<1.5	<0.3	<b>1.4</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
72°07'N 17°40'E (15)	B	<1.5	<0.3	<b>0.6</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
Vesterålen (16)	B	<1.5	<0.3	<b>1.3</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
Troms (17)	B	<1.5	<0.3	<b>1.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
Nordland (18)	B	<1.5	<0.3	<b>0.8</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (1)	B	<1.5	<0.3	<b>0.6</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (2)	B	<1.5	<0.3	<b>1.2</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (1)	I	<1.5	<0.3	<b>0.9</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (2)	I	<1.5	<0.3	<b>1.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°41'N 21°43' (3)	I	<1.5	<0.3	<b>1.2</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.6</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
Hammerfest(4)	I	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°24'N 15°52'E (5)	I	<1.5	<0.3	<b>1.9</b>	<0.3	<b>1.2</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.4</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°45'N 28°08'E (6)	I	<1.5	<0.3	<b>1.2</b>	<0.3	<b>2.6</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°24'N 15°52'E (7)	I	<1.5	<0.3	<b>2.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°59'N 23°29'E (8)	I	<1.5	<0.3	<b>1.4</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.5</b>	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°59'N 23°29'E (9)	I	<1.5	<0.3	<b>2.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.4</b>	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
70°40'N 23°41'E (10)	I	<1.5	<0.3	<b>1.8</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<b>0.6</b>	<0.3	<b>0.4</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
71°05'N 27°17'E (11)	I	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<b>0.9</b>	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
71°05'N 27°17'E (12)	I	<1.5	<0.3	<b>0.8</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
69°52'N15°57'E (13)	I	<1.5	<0.3	<b>1.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°00'N 18°15'E (14)	I	<1.5	<0.3	<b>1.4</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
72°07'N 17°40'E (15)	I	<1.5	<0.3	<b>0.7</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
Vesterålen(16)	I	<1.5	<0.3	<b>1.5</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.5	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
Troms (17)	I	<1.5	<0.3	<b>1.9</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.7	<0.3	<b>0.5</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
Nordland (18)	I	<1.5	<0.3	<b>1.8</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.6	<0.3	<b>0.3</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (1)	I	<1.5	<0.3	<b>1.0</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.6	<0.3	<b>0.4</b>	<0.3	<0.3	<24	<24
70°25'N 19°28'E (2)	I	<1.5	<0.3	<b>0.6</b>	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24



## Torskemuskel

### Uorganisk arsen i torskemuskel

Uorganisk arsen og totalarsen er bestemt i prøver av torsk fra Barentshavet. Prøvene ble hentet inn i forbindelse med prosjektet "Basisundersøkelser" i 2009. I dette arbeidet ble det valgt ut prøver fra åtte posisjoner som dekker store deler av Barentshavet, fra 16 til 41°Ø (table 2, figur 1). Det var et poeng å inkludere prøver med en stor variasjon av totalarsen-konsentrasjoner. Totalarsen-konsentrasjon i prøvene varierte fra 0,38 til 110 mg/kg våtvekt (Table 19). Konsentrasjonen av uorganisk arsen varierte fra <0,002 til 0,006 mg/kg våtvekt. Det var kun femten prøver av i alt 190 som hadde konsentrasjoner av uorganisk arsen høyere enn kvantifiseringsgrensen på 0,002 mg/kg våtvekt (Table 19; figure 13).

**Table 19. Concentrations of totalarsen and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of cod sampled at eight different positions in the Barents Sea. For inorganic arsenic, the number in parenthesis indicates the number of fish with concentrations higher than the limit of quantification.**

Sampling positions	Number (N)	Totalarsen mean±SD (mg/kg)	Totalarsen range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
70°17'N 35°50'E	25	24.0±23.2	3.2-88	<0.002
70°31'N 31°09'E	25	4.8±4.2	1.3-13	<0.002
70°34'N 41°33'E	25	13.0±13.6	2.5-70	<0.002
72°13'N 15°58'E	25	2.4±2.9	0.38-8.6	<0.002
74°00'N 21°30'E	25	15.4±28.0	1.4-110	<0.002-0.006 (13)
74°07'N 31°50'E	15	7.1±8.0	2.0-34	<0.002
75°33'N 16°53'E	25	5.2±3.8	1.4-19	<0.002-0.004 (2)
74°34'N 24°05'E	25	12.1±12.6	1.2-53	<0.002

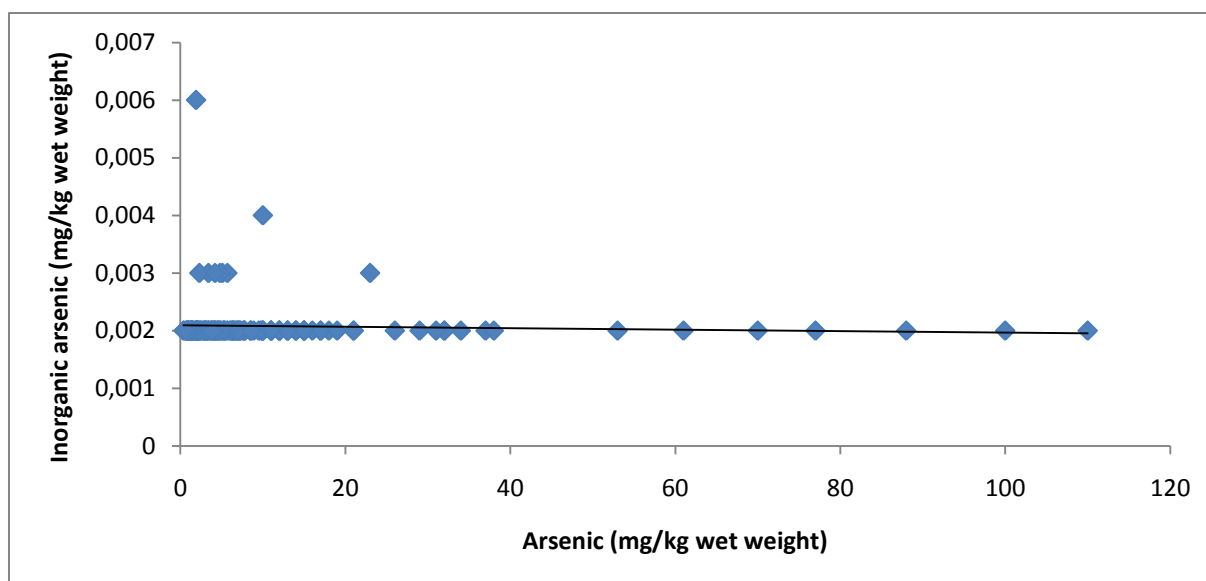


Figure 13. Concentration of arsenic (mg/kg wet weight) vs. concentration of inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in cod muscle.

Figure 13 viser at konsentrasjonen av uorganisk arsen ikke er korrelert til prøvenes innhold av totalarsen. Konsentrasjonene av uorganisk arsen under kvantifiseringsgrensen ble satt til 0,002 mg/kg våtvekt (upper bound LOQ). Resultatene er i overensstemmelse med de resultatene som ble funnet av Sloth et al. (2005). De rapporterte konsentrasjoner lavere enn 0,001 mg/kg våtvekt i to prøver av torskefilet med totalarsen-konsentrasjoner på henholdsvis 15 og 17 mg/kg våtvekt. Dette avviker fra EFSA's rapport fra 2010 hvor gjennomsnittsverdien av uorganisk arsen i fiskefilet ble satt til 0,030 mg/kg våtvekt.

## Torskelever

Torskelever fra en rekke ulike havner og fjorder (200 prøver) ble analysert for PFAS (figure 3). På grunn av liten prøvemengde for to av prøvene ble bare 198 av de 200 prøvene også analysert for  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HBCD og TBBPA. De to prøvene som ikke hadde tilstrekkelig prøvemateriale til HBCD-analyse var fra Flekkefjord.

### PFAS i torskelever

Resultatene fra analysene for PFAS i leverprøvene fra de ulike fjordene er vist i table 20. PFOS ble funnet i lever fra samtlige fjorder. Totalt var det kvantifiserbare mengder av PFOS i 144 prøver, dvs. at 72 % av prøvene var over kvantifiseringsgrensen. Høyeste nivå av PFOS var 21,8  $\mu\text{g/kg}$  våtvekt i en prøve fra Kragerø. Det var høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av PFOS i fjordene på Sør-Østlandet enn i fjordene på Vestlandet og i Nord-Norge (Figure 14). Ellers var det enkelte kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOSA (4 prøver), PFOA (2 prøver), PFNA (1 prøve), PFDA (11 prøver), PFUdA (35 prøver), PFDoDA (3 prøver) og PFTrDA (21 prøver). Det var ingen signifikant sammenheng mellom størrelse på verken torsken eller leveren og innholdet av PFOS.

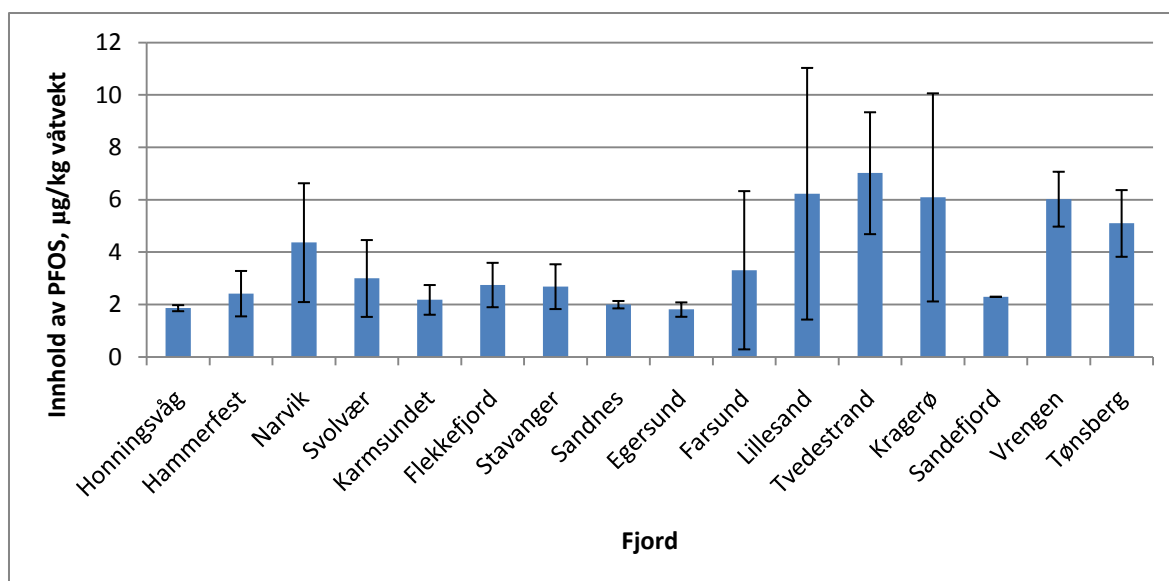


Figure 14: Average PFOS content with standard deviation (µg/kg) in liver of cod from several fjords and harbors.

Table 20: Content of PFCs (µg/kg) in liver of cod from various fjords and harbors (mean, min-max).

Havn	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPea	PFHxA	PFHpA	PFDA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFbDA	PFtDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA
Honningsvåg	<4.5	<0.9	1.9 (1.8-2) N=3	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Hammerfest	<4.5	<0.9	2.4 (1.5-3.7) N=10	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	1.7 N=1	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Narvik	<4.5	<0.9	4.4 (1.9-9.4) N=9	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	0.9 N=1	2.0 (1.9-2.1) N=2	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Svolveær	<4.5	2.3 (1.5-3.0) N=2	3.0 (1.5-5.1) N=9	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	1.6 N=1	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Karmsundet	<4.5	<0.9	2.2 (1.5-3.4) N=12	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Flekkefjord	<4.5	<0.9	2.8 (1.5-4.3) N=16	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	2.4 (1.6-3.7) N=8	3.1 (3.0-3.1) N=2	4.8 (2.8-8.8) N=8	<2.4	<2.4	<2.4
Stavanger	<4.5	<0.9	2.7 (1.5-4.2) N=8	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	1.6 (1.6-1.6) N=2	2.6 N=1	3.9 (3.4-4.3) N=2	<2.4	<2.4	<2.4
Sandnes	<4.5	<0.9	2.0 (1.9-2.1) N=2	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	2.8 N=1	<2.4	<2.4	<2.4
Egersund	<4.5	<0.9	1.8 (1.5-2.2) N=8	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	2.6 (2.3-2.9) N=2	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	2.4 N=1	<2.4	<2.4	<2.4
Farsund	<4.5	<0.9	3.3 (1.5-15.6) N=21	<0.9	2.9 N=1	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	2.7 N=1	2.5 (1.5-3.6) N=4	<2.4	3.0 (2.5-3.5) N=2	<2.4	<2.4	<2.4
Lillesand	<4.5	<0.9	6.2 (2.7-11.7) N=3	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Tvedestrand	<4.5	<0.9	7.0 (3.1-9.3) N=6	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Kragerø	<4.5	<0.9	6.1 (1.8-21.8) N=30	<0.9	3.1 (2.7-3.4) N=2	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	2.4 N=1	1.4 (3.1-7.0) N=7	2.5 (1.6-3.2) N=14	<2.4	3.2 (2.8-3.5) N=5	<2.4	<2.4	<2.4
Sandefjord	<4.5	<0.9	2.3 N=1	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	<0.9	<1.5	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4
Vrengen	<4.5	<0.9	6.0 (4.5-6.8) N=4	<0.9	7.0 N=1	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	0.9 N=1	1.9 (1.7-2.0) N=2	<2.4	2.4 N=1	<2.4	<2.4	<2.4
Tønsberg	<4.5	<0.9	5.1 (4.2-6) N=2	<0.9	<2.7	<3	<3	<1.5	<3	<1.8	<1.5	1.0 N=1	1.9 N=1	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4	<2.4

### Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBPA) i torskelerver

Innholdet av HBCD og TBBPA i torskelerver fra ulike fjorder og havner er vist i table 21. Det var kun  $\alpha$ -HBCD som viste kvantifiserbare mengder, da verken  $\beta$ - eller  $\gamma$ -HBCD eller TBBPA kunne påvises i noen av prøvene.  $\gamma$ -HBCD er den isomeren som dominerer i produksjonen av HBCD, men  $\alpha$ -isomeren er den som vanligvis gjenfinnes i prøver fra biota blant annet på grunn av selektivt opptak av  $\alpha$ -isomeren eller omdanning/utskillelse av  $\gamma$ -isomeren. Det var kvantifiserbare mengder av  $\alpha$ -HBCD i 136 av 198 prøver (69 %). Nivået av  $\alpha$ -HBCD var høyest i en prøve fra Hammerfest med 20.4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Ellers var det Kragerø, Lillesand, Sandnes, Stavanger og Tvedestrand som skilte seg ut med de høyeste verdiene for  $\alpha$ -HBCD i enkeltprøver.

**Table 21: Content of HBCD-isomers and TBBPA in cod liver (in  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; mean, min-max) from the investigated fjords and harbors. Fish weight and liver weight are also given.**

Fjord	# samples	Whole fish					
		weight, g	Liver weight, g	$\alpha$ -HBCD	$\beta$ -HBCD	$\gamma$ -HBCD	TBBPA
Honningsvåg	12	1240 (689-1938)	53.4 (21.6-86.1)	1.4 (0.0-3.0) N=11	<1	<1	<1
Hammerfest	20	2247 (809-3483)	63.8 (30.7-183.4)	3.6 (1.0-20.4) N=14	<1	<1	<1
Narvik	9	4609 (2260-7320)	56.7 (24.1-88.5)	3.0 (2.5-3.7) N=3	<1	<1	<1
Svolvær	26	3108 (1440-5940)	185.1 (40.3-489.0)	1.8 (1.0-3.5) N=19	<1	<1	<1
Karmsundet	19	2454 (680-4460)	73.5 (28.7-135.7)	2.8 (1.2-6.3) N=16	<1	<1	<1
Flekkefjord	15	2527 (880-3860)	56.3 (27.2-106.0)	2.4 (1.0-5.5) N=9	<1	<1	<1
Stavanger	11	1755 (963-3360)	39.9 (21.0-69.9)	5.6 (2.5-14.9) N=10	<1	<1	<1
Sandnes	3	2175 (1547-3009)	44.7 (34.8-61.7)	8.6 (3.5-17.2) N=3	<1	<1	<1
Egersund	13	2012 (1240-3060)	43.8 (24.8-79.8)	2.4 (1.0-3.7) N=9	<1	<1	<1
Farsund	23	1574 (840-3260)	46.7 (28.1-101.0)	2.8 (1.2-5.5) N=13	<1	<1	<1
Lillesand	3	1463 (890-1950)	36.4 (28.4-52.1)	6.3 (1.2-11.4) N=2	<1	<1	<1
Tvedestrand	7	1839 (1350-2280)	48.0 (28.9-80.1)	5.2 (1.3-9.3) N=7	<1	<1	<1
Kragerø	30	2895 (970-6860)	68.2 (31.7-185.7)	7.4 (1.0-19.4) N=16	<1	<1	<1
Sandefjord	1	1080 (1080-1080)	33.5 (33.5-33.5)	1.2 N=1	<1	<1	<1
Vrengen	4	1585 (720-2540)	33.1 (27.0-40.9)	1.3 (1.2-1.4) N=2	<1	<1	<1
Tønsberg	2	1550 (1180-1920)	47.8 (32.9-62.6)	2.6 N=1	<1	<1	<1

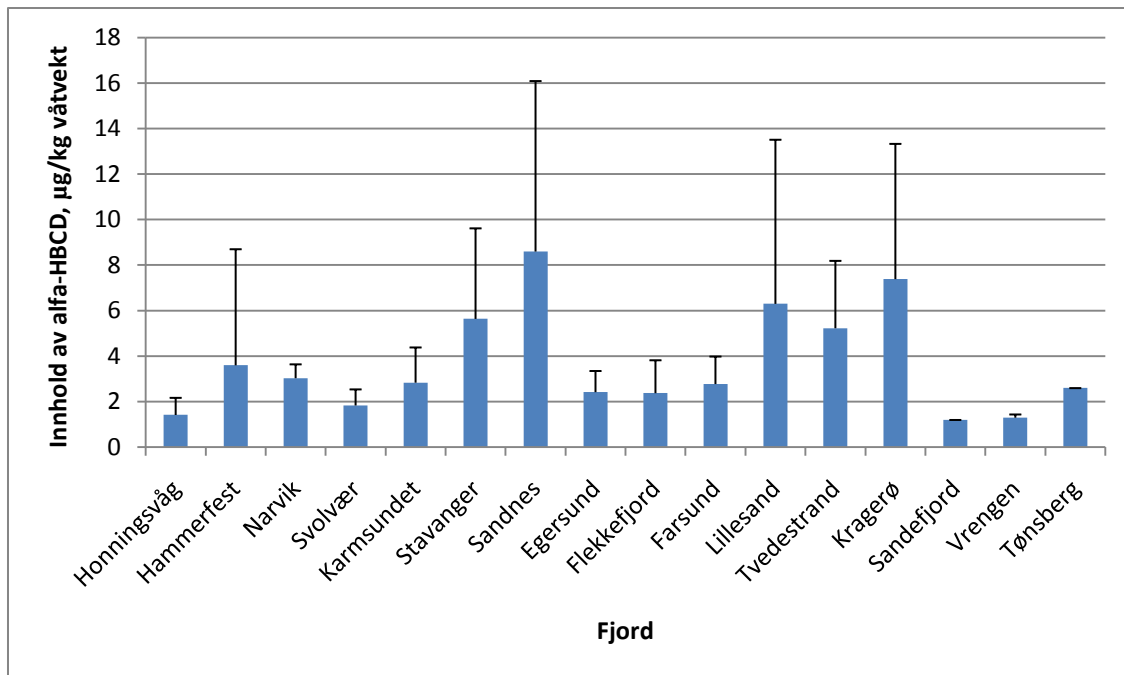


Figure 15: Average content with standard deviation of  $\alpha$ -HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in samples of cod liver from various fjords and harbors.

Det var flest prøver med høyt innhold av  $\alpha$ -HBCD fra Kragerø, men dette var også posisjonen med flest prøver (N=30). Selv om fisken fra Svolvær var blant de største og fiskene her hadde høyest levervekt var ikke nivåene av  $\alpha$ -HBCD større for denne fjorden enn for de andre. Det var ingen sammenheng mellom innhold av  $\alpha$ -HBCD og vekt til verken leveren eller fisken når man så hele datasettet under ett.

Ved å se på hver havn var det bare signifikant sammenheng mellom levervekt og innhold av  $\alpha$ -HBCD i Egersund (p-verdi < 0,005) (figure 16).

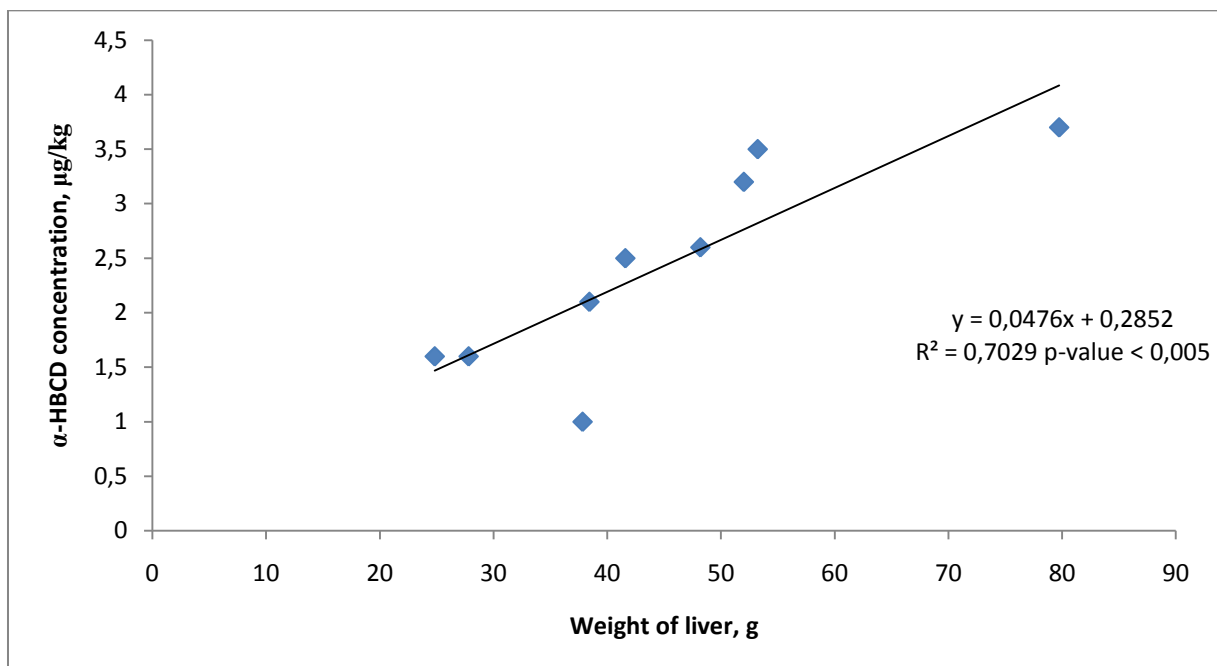


Figure 16: Relationship between weight of cod liver and concentration of  $\alpha$ -HBCD in Egersund.

En oversikt over innholdet av  $\alpha$ -HBCD i lever av torsk fanget ved de ulike posisjonene ved Kragerø er vist i figure 17. Ved å se på fordelingen mellom de ulike posisjonene kan det se ut til at det var relativt sett mer  $\alpha$ -HBCD i prøver nært fastlandet enn i de ytre posisjonene, men tallmaterialet er for lite til å si om det var signifikante forskjeller.

Det var ingen sammenheng mellom innholdet av PFOS og  $\alpha$ -HBCD i torskelever ved å se på alle prøvene samlet. Dette er som ventet siden forbindelsene er svært ulike med hensyn på grunnleggende kjemiske/fysiske egenskaper som for eksempel fettløselighet.

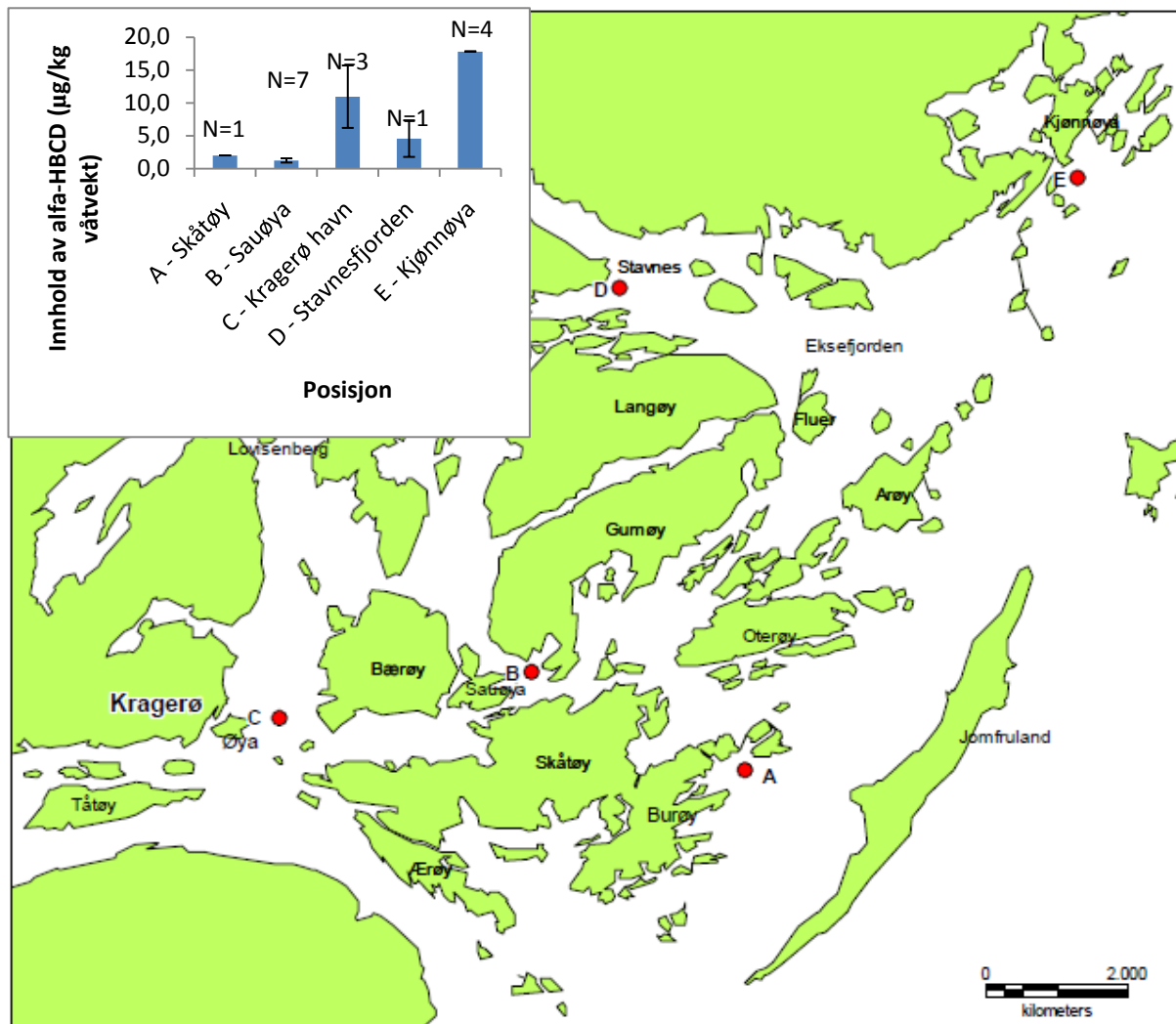


Figure 17: Content of  $\alpha$ -HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in livers of cod sampled at different positions in the Kragerø area. A = Skåtøy, B = Sauøya, C = Kragerø havn, D = Stavnesfjorden, E = Kjønnøya

## Sild (NVG-sild og Nordsjøsild)

### Uorganisk arsen

I dette prosjektet skulle det analyseres for uorganisk arsen i 200 filetp prøver av sild, fordelt på 100 prøver av NVG-sild og 100 prøver av Nordsjøsild. Det ble kun analysert 50 prøver av NVG-sild og grunnen var at det oppsto analytiske problemer på grunn av høyt fettinnhold, og brosme og sei ble analysert i stedet. Konsentrasjonen av totalarsen i de undersøkte prøvene av

sild varierte fra 1,8 til 3,4 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen var lavere enn kvantifiseringsgrensen på 0,004 mg/kg våtvekt (table 22).

**Table 22. Concentrations of totalarsenic and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of NSS herring sampled at two different positions in the Norwegian Sea.**

Sampling site	Number (N)	Totalarsenic mean±SD (mg/kg)	Totalarsenic range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
70°14'N 10°28'E	25	2.5±0.4	1.8-3.3	<0.004
70°15'N 15°28'E	25	2.7±0.4	2.0-3.4	<0.004

## PFAS

Innholdet av PFAS i filetprovne av NVG-sild er vist i table 23. Det ble analysert 25 fisk fra fire ulike posisjoner i Norskehavet. Undersøkelsen inkluderte fisk fra 3-16 års alder med vekt fra 156 til 474 g. Forbindelsen PFPeA viste flest kvantifiserbare konsentrasjoner, totalt fem prøver fra to posisjoner (table 19). Derimot var det ingen kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS som er den av PFAS-forbindelsene som vanligvis finnes i kvantifiserbare mengder i sjømat. I tillegg var det enkelte fisk fra de ulike posisjonene som viste kvantifiserbare verdier for noen av de andre analyttene.

**Table 23. Content of PFCs in samples of NSS herring fillet (µg/kg wet weight; mean, min-max).**

Position	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFDDA	PFTDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA
67°15'N 5°03'E (N=25)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°14'N 10°28'E (N=25)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	0.8 (0.4-1.3) N=3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
70°15'N 15°28'E (N=25)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	1.0 (0.7-1.2) N=2	<0.3	<0.3	0.35 (0.3-0.4) N=2	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
68°26'N 6°26'E (N=25)	<1.5	<0.3	<0.3	0.4 N=1	0.7 (0.4-0.9) N=2	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3 N=2	<0.3	<0.3	<24	<24

Innholdet av PFAS i prøvene av nordsjø-sild er vist i table 24. Det ble analysert 23-25 fisk fra fire av posisjonene. I tillegg ble det analysert fire prøver utvalgt på bakgrunn av høy alder fra en femte posisjon for å komme opp i et totalt antall på 100 prøver. Fisken varierte i alder fra 1-10 år og vekten varierte mellom 53 og 311 g. Det var bare kvantifiserbare konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i prøver fra Den engelske kanal (51°N 2°Ø). Det var kvantifiserbare utslag for PFOS i 12 av 23 prøver i tillegg til at en prøve hadde kvantifiserbart utslag for PFOS-forløperen PFOSA. Det var ikke kvantifiserbare utslag i de fire prøvene analysert på bakgrunn av høy alder, men disse kom fra en posisjon lengre nord i Nordsjøen på linje med de resterende posisjonene. Siden det bare var kvantifiserbare verdier i prøven fra Den engelske kanal kan man spekulere på om sild fra dette området er mer utsatt for utslipp av PFOS fra kontinentet og Storbritannia enn sild fanget lengre nord i Nordsjøen.



**Table 24. Content of PFCs in fillet samples of North Sea herring ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  wet weight; mean, min-max).**

Position	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFDoDA	PFTeDA	PFTrDA	PFHxDA	PFODA	
57°38'N 3°56'E (N=25)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
59°15'N 1°30'E (N=4)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
60°02'N 0°43'E (N=24)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
54°50'N 0°14'W (N=24)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
51°08'N 2°08'E (N=23)	<1.5	<0.3	0.4 (0.3-0.6) N=12	<0.3	0.9 N=1	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24

## Makrell

### Uorganisk arsen

I dette prosjektet skulle det analyseres 200 prøver av makrell fra syv ulike posisjoner for uorganisk arsen, men det har bare blitt analysert 157 prøver. 43 av prøvene var så feite at analysemetoden ikke fungerte, og disse er erstattet med prøver av brosme og sei. Prøver fra to av posisjonene (50 fisk) ble ikke analysert for totalarsen. Konsentrasjonen av totalarsen i de 107 undersøkte prøvene varierte fra 1,1 til 4,3 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen varierte fra mindre enn kvantifiseringsgrensen på 0,003 eller 0,004 mg/kg våtvekt til 0,006 mg/kg våtvekt (table 25; figure 18). I alt 31 prøver av makrellfilet hadde konsentrasjoner av uorganisk arsen over kvantifiseringsgrensen.

**Table 25. Concentrations of totalarsen and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of mackerel sampled at five different positions in the North Sea and two positions in the Atlantic Ocean west of Scotland. For inorganic arsenic, the number in parenthesis indicates the number of samples with concentrations above the LOQ.**

Sampling site	Number (N)	Totalarsen mean $\pm$ SD (mg/kg)	Totalarsen range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
56°35'N 9°02'W	25	2.1 $\pm$ 0.7	1.3-3.5	<0.003-0.004 (4)
56°01'N 9°43'W	25	1.7 $\pm$ 0.8	1.1-3.8	<0.004-0.006 (6)
60°20'N 4°00'E	13	3.3 $\pm$ 0.7	2.1-4.2	<0.004
60°41'N 2°44'E	19	3.3 $\pm$ 0.8	2.3-4.3	<0.004
71°08'N 11°11'E	25	2.5 $\pm$ 0.7	1.4-3.4	<0.004-0.005 (6)
59°51'N 3°07'E	25	-	-	<0.004-0.005 (13)
60°46'N 1°27'E	25	-	-	<0.004-0.005 (2)

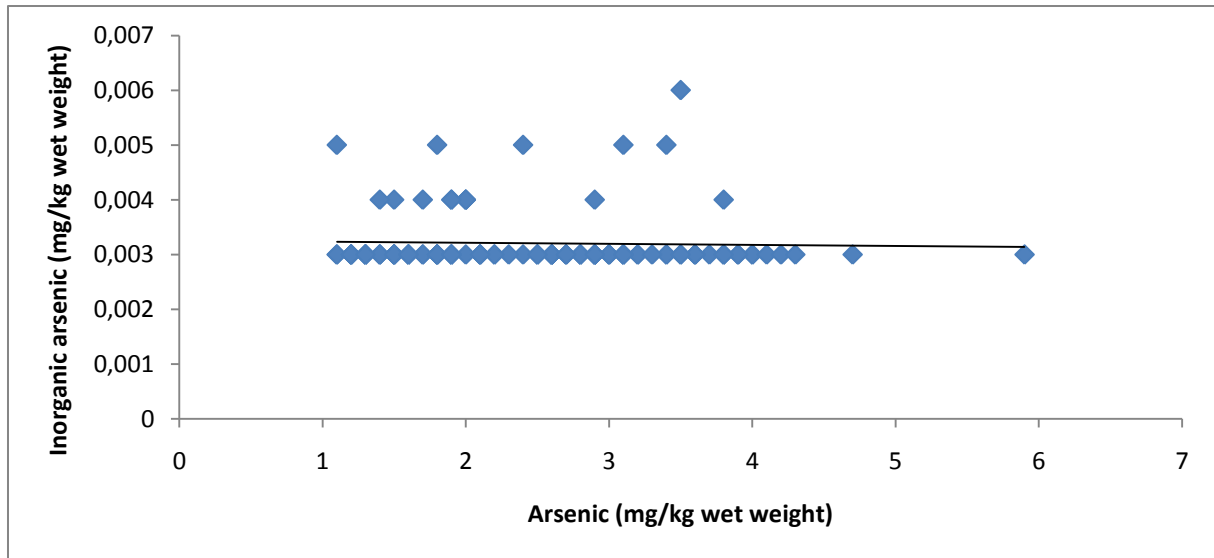


Figure 18. Concentration of total arsenic (mg/kg wet weight) vs concentration of inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of mackerel.

## PFAS

Innholdet av PFAS i filetprøver av makrell fra de åtte undersøkte posisjonene er vist i table 26. Det var kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOSA ved tre av posisjonene: 56°35'N 9°02'V, 58°35'N 02°55'Ø og 60°20'N 4°00'Ø. To av disse posisjonene var posisjonene med både den eldste (15 år) og den yngste (1 år) fisken. Det var kun to av disse posisjonene som også hadde kvantifiserbare konsentrasjoner av PFUDA i til sammen fem prøver. Generelt må allikevel nivåene av PFAS i de undersøkte makrellprøvene sies å være lave.

Table 26. Content of PFCs in fillet of mackerel ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  wet weight; mean, min-max).

Position	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFDDA	PFTDA	PTeDA	PFHxDA	PFODA
60°20'N 4°00'E (N=13)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	4.6 N=1	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
71°08'N 11°11'E (N=13)	<1.5	<0.3	0.5 N=1	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
60°46'N 01°27'E (N=12)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	0.3 N=1	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
56°35'N 9°02'W (N=13)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	1.75 (0.7-4.4) N=4	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3 N=3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
58°35'N 02°55'E (N=12)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	1.6 (0.9-2.5) N=7	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3 N=2	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
60°41'N 02°44'E (N=12)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
59°51'N 03°07'E (N=13)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24
56°01'N 09°43'W (N=12)	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24

## Blåkveite

### Uorganisk arsen

I dette prosjektet ble 117 prøver av blåkveitefilet analysert for uorganisk arsen (table 27). Prøvene ble tatt fra seks posisjoner; fem posisjoner langs eggakanten i Norskehavet og Barentshavet og en posisjon utenfor Finmarkskysten, med 17-20 fisk fra hver posisjon. Konsentrasjonen av totalarsen i de undersøkte prøvene varierte fra 2,1 til 48 mg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av uorganisk arsen i alle prøvene så nær som én var under kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt (7). Dette viser at konsentrasjonen av uorganisk arsen er lav selv i en sentvoksende art som blåkveite.

**Table 27. Concentrations of total arsenic and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of Greenland halibut sampled at six different positions in the Norwegian and Barents Seas. For inorganic arsenic, the number in parenthesis indicates the number of samples with concentrations above the LOQ.**

Sampling site	Number (N)	Total arsenic mean±SD (mg/kg)	Total arsenic range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
63°76'N 5°27'E	20	7.9±4.7	2.1-22	<0.003
66°53'N 08°00'E	17	11.2±10.4	5.0-48	<0.003
71°13'N 16°44'E	20	10.9±7.0	2.8-32	<0.003-0.004 (1)
71°48'N 30°23'E	20	8.2±2.3	2.7-11	<0.003
76°22'N 14°35'E	20	18.3±7.9	8.4-40	<0.003
76°23'N 12°29'E	20	11.2±8.2	3.3-30	<0.003

### Metylkvikksølv

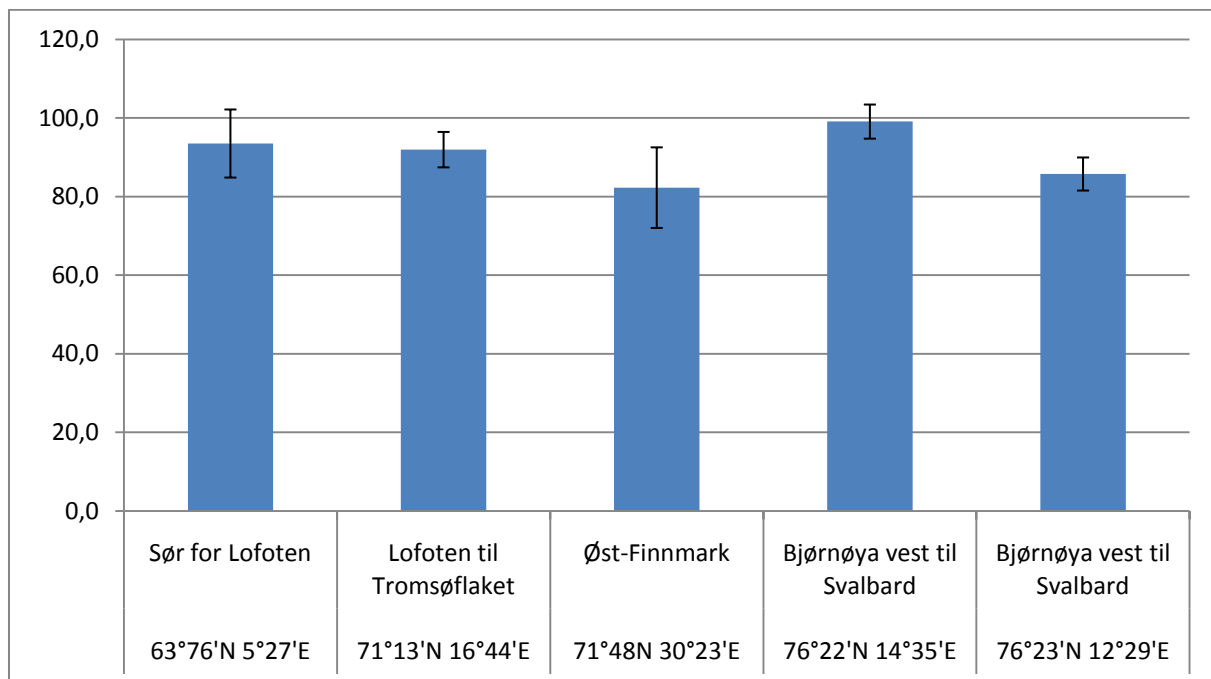
Innholdet av kvikksølv i blåkveite har vært utsatt for en grundig undersøkelse gjennom "Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite" hvor det ble bestemt kvikksølv i fisk fra 27 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Det ble funnet at 7,7 % av fiskene (N=1288) overskred gjeldende grenseverdi for kvikksølv på 0,5 mg/kg våtvekt. Spesielt var det mange overskridelser (20 %) hos fisk fanget i området Bjørnøya vest til Svalbard. Fra området i Øst-Finnmark ble det ikke funnet noen overskridelser. Siden det er stor forskjell i toksisitet mellom de ulike formene av kvikksølv, var det av interesse å avdekke hvor mye av totalt kvikksølvinnhold som forelå som metylikvikksølv som er den mest toksiske formen av kvikksølv man finner i fisk. Samtidig var det interessant å se om det var geografiske forskjeller for eksempel mellom øst og vest med hensyn på fordelingen mellom uorganisk kvikksølv og metylikvikksølv.

Det ble valgt ut 200 enkeltfisk fra fem posisjoner med varierende innhold av totalkvikksølv. En oversikt over posisjonene er vist i table 6 og table 28 og figure 1. Fisken varierte i vekt fra 1,07 til 8,51 kg, mens totalkvikksølvinnholdet varierte fra 0,03 til 0,95 mg/kg. Metylikvikksølvinnholdet varierte mellom 0,02 og 0,93 mg/kg. Andelen metylikvikksølv av gjennomsnittlig totalkvikksølvinnhold for de ulike posisjonene lå mellom 82,4 og 99,1 %. For alle prøvene ble gjennomsnittet av metylikvikksølv 90,9 % med et standardavvik på 9,6 %. Den laveste prosentandelen metylikvikksølv i forhold til det totale innholdet av kvikksølv var 59,6 % i en prøve fra Øst-Finnmark. Siden innholdet av totalkvikksølv og metylikvikksølv blir målt med ulike metoder og hver metode har usikkerhet forbundet med bestemmelsen vil noen

ganger den prosentvise andelen av metylkvikksølv bli mer enn 100%. Spesielt for lave konsentrasjoner som er assosiert med større måleusikkerhet vil dette kunne gi mer metylkvikksølv enn totalkvikksølv. Dette forklarer hvorfor metylkvikksølvinnholdet kan komme opp i 120 % i tabellen.

**Table 28: Content of total mercury and methylmercury in Greenland halibut sampled at different positions.**

Position	Area	Mercury mg/kg w.w.	Methyl mercury mg/kg w.w.	Methyl mercury % of mercury
63°76'N 5°27'E (N=44)	Sør for Lofoten	0.22 (0.06-0.67)	0.21 (0.06-0.62)	93.5 (60.5-120.0)
71°13'N 16°44'E (N=30)	Lofoten til Tromsøflaket	0.26 (0.04-0.85)	0.24 (0.03-0.80)	91.9 (82.4-101.0)
71°48'N 30°23'E (N=50)	Øst-Finnmark	0.06 (0.03-0.38)	0.05 (0.02-0.32)	82.3 (59.6-120.7)
76°22'N 14°35'E (N=50)	Bjørnøya vest til Svalbard	0.35 (0.05-0.87)	0.35 (0.05-0.93)	99.1 (90.5-113.7)
76°23'N 12°29'E (N=26)	Bjørnøya vest til Svalbard	0.34 (0.06-0.95)	0.29 (0.05-0.77)	85.8 (79.8-96.7)



**Figure 19: Percent methylmercury with standard deviations for each position.**

Korrelasjonen mellom totalt kvikksølvinnhold og vekt har tidligere blitt dokumentert i flere undersøkelser for blåkveite, og er en velkjent sammenheng for mange ulike arter. Denne undersøkelsen viser at det også er god korrelasjon ( $R^2 = 0,99$ , p-verdi  $<0,01$ ) mellom totalkvikksølvinnhold og metylkvikksølvinnhold (figure 20).

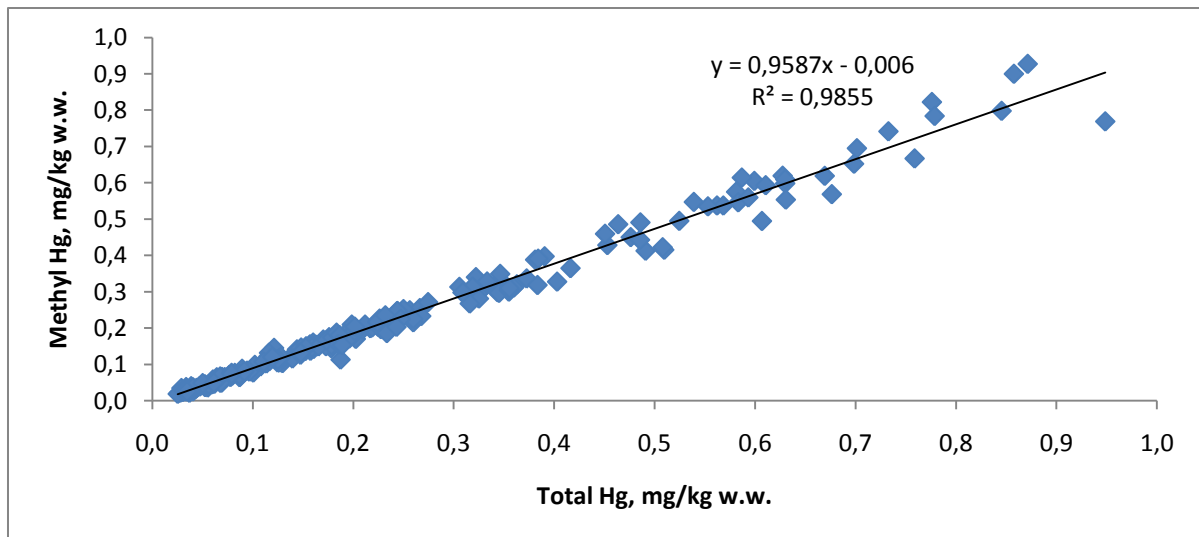


Figure 20: Correlation between total mercury and methyl mercury (mg/kg wet weight) in fillet of Greenland halibut.

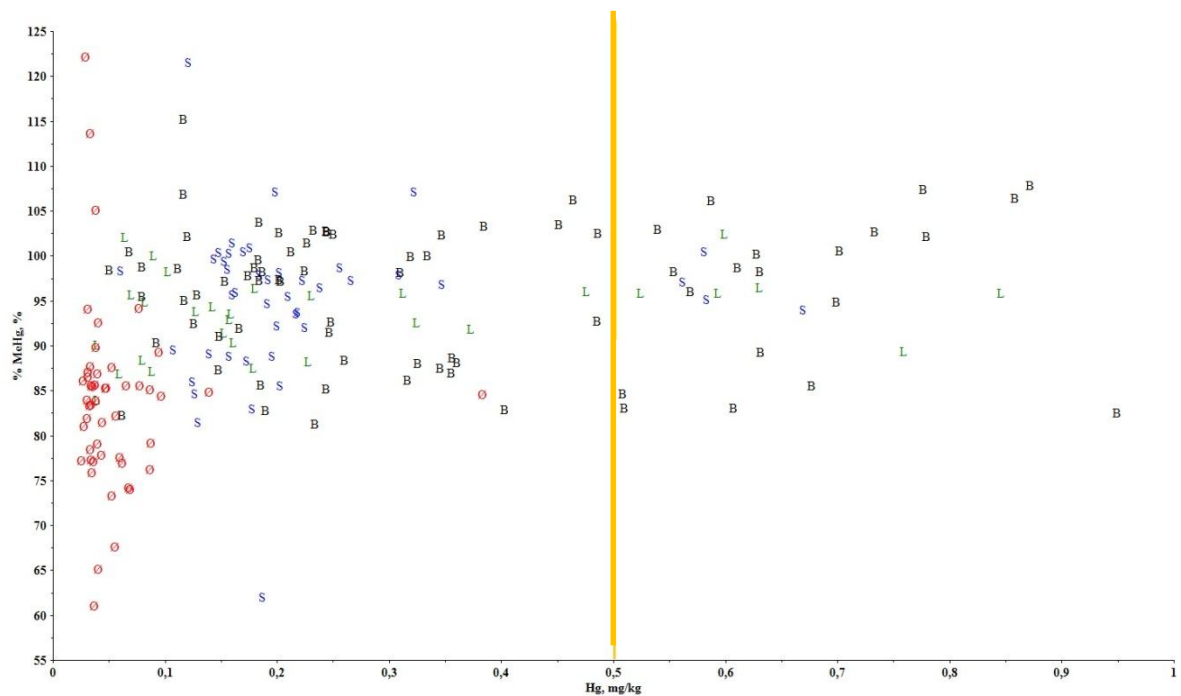


Figure 21: Total mercury vs. % methylmercury (current legislative limit for total mercury in Greenland Halibut given as an orange line)  $\circ$  = Eastern-Finmark, **S** = South of Lofoten, **L** = Lofoten to Tromsø, **B** = Bear Island west to Svalbard.

Ved å se på totalt kvikksølvinnhold i forhold til prosentvis metylkvikksølv (figure 21) blir det tydelig at det bare er for prøver med totalkvikksølvinnhold under 0,2 mg/kg at prosent metylkvikksølv går under 80 %. For konsentrasjoner over 0,2 mg/kg totalkvikksølv, dvs. konsentrasjoner som er relevante med hensyn på lovbestemte grenseverdier, foreligger kvikksølvet i blåkveite i all hovedsak som metylkvikksølv (> 80 % metylkvikksølv). Figuren viser også at det er stort sett bare i øst-Finmark at prosent metylkvikksølv blir mindre enn ca. 80 %.

## PFAS

Tjue blåkeiter fra fem ulike posisjoner ble analysert for PFAS. Blåkeiten varierte i størrelse fra 1,3 til 7,5 kg. Det var kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS i 80 % av prøvene og konsentrasjonene som ble funnet var i området 0,3 til 1,1 µg/kg våtvekt (table 29). Det var også kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOSA i 35 % av prøvene fordelt på tre av posisjonene. Det var ingen signifikant sammenheng mellom innhold av PFOS/PFOSA og vekten til blåkeiteene i de kvantifiserbare prøvene (p-verdi 0,26) (figure 22). Det var seks prøver fra en av posisjonene som også viste kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOA, og en prøve hadde kvantifiserbar konsentrasjon av PFTeDA.

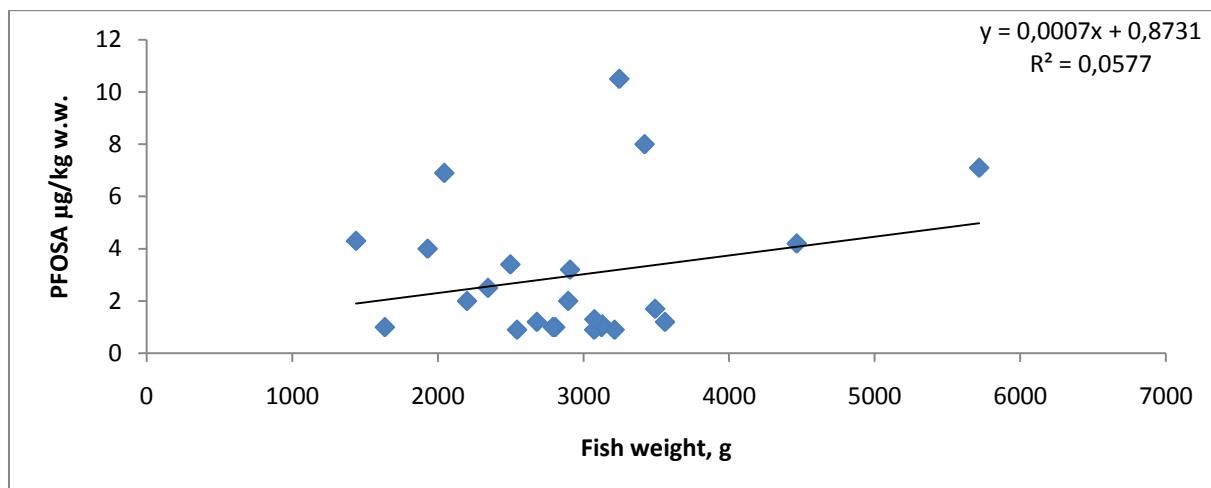


Figure 22: Fish weight (g) vs. concentrations of PFOSA (µg/kg wet weight) in fillet of Greenland halibut. Results are only given for samples where concentrations were  $\geq$  LOQ.

Table 29: Content of PFCs (µg/kg wet weight) in fillet of Greenland halibut from five different positions.

Position	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PEDA	PFUDA	PFDODA	PFTeDA	PFHxDA	PFOA	
<b>Sør for Lofoten</b> 63°46'N 5°27'E (N=20)	<1.5	<0.3	0.5 (0.3-0.8) N=18	<0.3	3.5 (0.9-10.5) N=17	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24	
<b>Lofoten til Tromsøflaket</b> 71°13'N 16°44'E (N=20)	<1.5	<0.3	0.4 (0.3-0.6) N=11	<0.3	1.2 N=2	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24	
<b>Øst-Finnmark</b> 71°48'N 30°23'E (N=20)	<1.5	<0.3	0.5 (0.3-0.9) N=19	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	4.8 N=1	<24	<24
<b>Bjørnøya vest til Svalbard</b> 76°22'N 14°35'E (N=20)	<1.5	<0.3	0.4 (0.3-0.7) N=16	<0.3	<0.9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	0.4 (0.3-0.8) N=6	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24	
<b>Bjørnøya vest til Svalbard</b> 76°23'N 12°29'E (N=20)	<1.5	<0.3	0.6 (0.4-1.1) N=16	<0.3	1.7 (1.0-4.2) N=9	<1.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<24	<24	

## Brosme

### Uorganisk arsen

Uorganisk arsen i brosmme var ikke med i den opprinnelige prosjektplanen, men på grunn av analytiske problemer med fete prøver ble prøver av brosmefilet og seifilet analysert for uorganisk arsen i stedet. Det ble inkludert totalt 212 prøver av brosmefilet fra ni ulike posisjoner til analyse for uorganisk arsen. Vekten til den fisken som ble anvendt varierte fra 0,5 til 5,7 kg (table 7). Konsentrasjonen av totalarsen i brosmefilet varierte fra 0,33 til 89 mg/kg våtvekt med et gjennomsnitt på 6,8 mg/kg våtvekt (table 30). Brosme fra Skagerrak hadde spesielt høye konsentrasjoner av totalarsen, med et gjennomsnitt på 20 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonen av uorganisk arsen var lav og stort sett under kvantifiseringsgrensen på 0,003 mg/kg våtvekt (table 30). Blant brosmene fra Skagerrak hadde fem prøver konsentrasjoner av uorganisk arsen over kvantifiseringsgrensen.

**Table 30. Concentrations of totalarsen totalarsenic and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of tusk sampled at nine different positions. For inorganic arsenic, the number in parenthesis indicates the number of samples with concentrations above the LOQ.**

Sampling site	Number (N)	Totalarsen Totalarsenic mean±SD (mg/kg)	Totalarsen Totalarsenic range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
57°27'N 6°44'E	3	3.5±1.5	1.5-6.9	<0.003
57°55'N 7°48'E	50	19.1±16.8	3.7-89	<0.003-0.006 (5)
57°55'N 13°48'W	25	3.4±1.3	0.78-5.8	<0.003-0.005 (1)
60°25'N 6°30'W	25	1.5±1.2	0.39-5.3	<0.003
60°55'N 0°01'E	15	0.9±0.6	0.26-2.1	<0.003
64°50'N 5°49'E	25	2.3±2.4	0.33-3.6	<0.003
67°37'N 9°48'E	25	3.7±1.5	1.7-6.9	<0.003
70°45'N 17°50'E	25	7.9±4.0	2.3-17	<0.003
73°57'N 17°35'E	25	3.4±1.6	1.5-6.9	<0.003

## Sei

### Uorganisk arsen

Uorganisk arsen i sei var ikke med i den opprinnelige prosjektplanen, men på grunn av analytiske problemer med fete prøver ble prøver av brosmefilet og seifilet analysert for uorganisk arsen i stedet. Totalt 179 sei fra åtte posisjoner med vekt fra 0,6 til 5,3 kg ble tatt ut til analyse for uorganisk arsen i filet (table 8). Konsentrasjonen av totalarsen i seifilet varierte



fra 0,01 til 6,5 mg/kg våtvekt, og gjennomsnittet for de ulike posisjonene varierte fra 1,1 til 2,8 mg/kg våtvekt (table 31). Kun én prøve viste konsentrasjon av uorganisk arsen høyere enn kvantifiseringsgrensen, med en konsentrasjon på 0,015 mg/kg våtvekt.

**Table 31. Concentrations of totalarsen totalarsenic and inorganic arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of saithe sampled at eight different positions. For inorganic arsenic, the number in parenthesis indicates the number of samples with concentrations above the LOQ.**

Sampling site	Number (N)	Totalarsen Totalarsenic mean±SD (mg/kg)	Totalarsen Totalarsenic range (mg/kg)	Inorganic arsenic range (mg/kg)
64°25'N 10°20'E	22	1.5±0.6	0.76-2.7	<0.003
65°18'N 10°28'E	22	2.8±1.3	0.57-6.5	<0.003
66°21'N 10°12'E	23	1.1±0.6	0.01-2.7	<0.003
67°24'N 11°23'E	23	1.1±0.4	0.55-2.2	<0.003
68°18'N 11°03'E	25	2.1±0.8	1.1-4.9	<0.003
70°08'N 22°18'E	20	1.1-0.3	0.71-2.0	<0.003
71°33'N 16°25'E	22	1.1±0.4	0.57-2.2	<0.003
70°17'N 17°13'E	22	1.2±0.2	0.77-1.7	<0.003-0.015 (1)

## Referanser

EFSA, 2008. Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. (Question No EFSA-Q-2004-163). Adopted on 21 February 2008 The EFSA journal, 653, 1-131.

EFSA, 2011. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. (EFSA-Q-2009-00684). Adopted 09 May 2011. The EFSA journal 9 (5), 2156 (274 pp.).

EFSA (European Food Safety Authority) 2009. Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Journal 7(10): 1351.

EU, 2006. Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 28 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, pp. 5-24.

EU, 2010. Commission recommendation of 17 March 2010 on the monitoring of perfluoroalkylated substances in food (2010/161/EU). Official Journal of the European Union, L68, pp. 22-23

EU, 2011. Commission regulation (EU) No 420/2011 of 29 April 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L111, pp. 3-6

European Commission Health and Consumers Directorate-General Information note Subject: Methyl mercury in fish and fishery products European, Brussels. 21.april 2008 D/530286

European Commission Health and Consumers Directorate-General Subject: Request for an update of the EFSA scientific opinion on mercury and methyl mercury in food, Brussels. 26.juli 2011, D (2011) 851903

FAO/WHO, 2006. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Sixty-seventh meeting, Rome.

FAO/WHO, 2010. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Seventy-second meeting, Rome.

Frantzen, S., Måge, A., Iversen, S.A., Julshamn, K. 2011. Seasonal variation in the levels of organohalogen compounds in herring (*Clupea harengus*) in the Norwegian Sea. Chemosphere in press, corrected proof.

Frantzen S., Måge, A., Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse fremmedstoffer i Nordøstatlantisk makrell (*Scomber scombrus*). Sluttrapport. NIFES, Bergen. 33 sider.

Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2009). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i Norsk Vårgytende Sild. NIFES, Bergen. 24 sider.

Julshamn K, Grøsvik BE, Nedreaas K, Maage A. mercury concentration in fillets of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught in the Barents Sea in January 2006. Sci Total Environ 2006;372:345-9.

Julshamn K, Lundebye AK, Heggstad K, Berntssen MH, Bøe B. Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001. Food Add Contam 2004;21:365-76.

Julshamn K; Maage A; Norli HS; Grobecker KH; Jorheim L, Fecher P. (2007). Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL interlaboratory study. J AOAC Int 2007;90: 844-56.

Julshamn K, Øygard J og Måge, A (2008). Årsrapport 2007 Mattilsynet Miljøgifter i fisk, 20. august, 33 sider

Julshamn, Kaare, Sylvia Frantzen, Stig Valdersnes, Bente Nilsen, Amund Maage, Kjell Nedreaas (2011). Concentrations of mercury, arsenic, cadmium and lead in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught off the coast of northern Norway . Accepted Marine Biology Research

Julshamn, Kåre og Sylvia Frantzen. Miljøgifter i fisk og fiskevarer - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer til humant konsum. Mattilsynet, årsrapport 2009, mars 2010, 13 sider.

Julshamn, Kåre, Joar Øygard og Amund Måge (2008). Rapport 2007 for Kartleggingsprosjektene: Dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer, bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat og tungmetaller i sjømat. Mattilsynet, 31 sider.

- Kvangarsnes, K. (2010). Kvikksølv i brosme fiska langs den norske kyststraumen - samanlikning med brosme fiska nær U-864 utanfor Fedje og frå dei opne havområda. Masteroppgave, NIFES/UiB, Bergen.
- Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K., Julshamn, K., 2010. Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*). Sluttrapport, NIFES, Bergen.
- Skjoldal, H.R., Sætre, R., Færnø, A., Misund, O.A., Røttingen, I., 2004. The Norwegian Sea Ecosystem. Tapir academic press, Trondheim.
- Sloth JJ, LarsenEH, Julshamn K. Survey of inorganic arsenic in seafood and marine certified reference materials by anion-exchange HPLC-ICPMS. J Agric Food Chem 2005;53:6011-8.
- Van den berg M, Birnbaum L, Bosveld AT, et al. (1998). Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PBDDs, PCDFs for humans and wildlife. Environ Health Perspect 106, 775-792.