



N I F E S  
NASJONALT INSTITUTT  
FOR ERNÆRINGS- OG  
SJØMATFORSKNING

Rapport  
**2016**

# Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*)

## Sluttrapport for programmet

### «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2013-2015

Bente M. Nilsen, Kjell Nedreaas<sup>1</sup> og  
Amund Måge

**Nasjonalt institutt for ernærings- og  
sjømatforskning (NIFES)**

<sup>1</sup>Havforskningsinstituttet

13.12.2016



på oppdrag fra **Mattilsynet**

Statens tilsyn for fisk, dyr og næringsmidler

ISBN: 978-82-91065-43-4

## INNHALDSFORTEGNELSE

---

<b>Innholdsfortegnelse .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Oppsummering .....</b>	<b>5</b>
<b>2. English summary .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Innledning/Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Materiale og metoder/Materials and methods .....</b>	<b>12</b>
4.1 Innsamling av prøver .....	12
4.2 Opparbeiding av prøver .....	14
4.3 Analysemetoder .....	16
4.3.1. Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197) .....	16
4.3.2. Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091) .....	16
4.3.3. Bestemmelse av PBDE, PCB <sub>6</sub> , PCB <sub>7</sub> , dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB med felles opparbeidelsesmetode (NIFES metode nr. 292) .....	17
4.3.4. Perfluorerte alkylstoffer (NIFES metode nr. 349) .....	17
4.4 Tabell over analyser utført samt akkrediteringsstatus .....	19
<b>5. Resultater/Results .....</b>	<b>20</b>
5.1. Fysiske og biologiske parametre .....	20
5.2. Metaller i muskel (B-snitt) .....	24
5.2.1. Kadmium og bly .....	25
5.2.2. Kvikksølv .....	26
5.2.3. Arsen .....	30
5.2.4. Selen .....	32
5.3. Organiske miljøgifter i muskel (B-snitt og I-snitt) .....	35
5.3.1. Dioksiner og dioksinlignende PCB .....	35
5.3.2. Ikke-dioksinlignende PCB, PCB <sub>6</sub> .....	42
5.3.3. Bromerte flammehemmere, PBDE <sub>7</sub> .....	49
5.4. Poly- og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i muskel (B-snitt og I-snitt) .....	53

<b>6. Diskusjon/Discussion</b> .....	<b>55</b>
6.1. Sammenligning med tidligere resultater for Atlantisk kveite.....	55
6.2. Nivåer av fremmedstoffer i Atlantisk kveite i forhold til andre arter.....	56
6.3. Variasjon i fremmedstoffnivåer mellom ulike geografisk områder .....	59
6.4. Variasjon i fremmedstoffnivåer med størrelse på fisken.....	61
6.5. Vurdering av fremmedstoffnivåer i kveite opp mot tolerabelt ukentlig inntak.....	62
<b>7. Konklusjoner/Conclusions</b> .....	<b>67</b>
<b>8. Referanser/References</b> .....	<b>69</b>
<b>9. Tabeller/Tables/Annex</b> .....	<b>71</b>

## 1. OPPSUMMERING

---

I dette arbeidet er det gjennomført en omfattende kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) fra norske farvann. Det er samlet inn totalt 392 kveiter fra hele norskekysten og i åpent hav fra Barentshavet i nord til Skagerrak i sør i perioden september 2013 til mars 2016. Antallet kveiter fra ulike områder og ulike vektklasser ble fordelt i forhold til fangstatistikk fra Fiskeridirektoratet for det kommersielle fisket etter Atlantisk kveite.

All fisken ble målt og veid, alder og kjønn ble bestemt for de fleste fiskene, og fettinnhold ble bestemt i to ulike deler av muskelen fra hver fisk, en forholdsvis mager del (B-snitt) og en fet del (I-snitt) av kveitemuskelen. Gjennomsnittlig vekt, lengde og alder på innsamlet fisk var henholdsvis 24 kg, 114 cm og 9,3 år, men det var svært stor variasjon i størrelse og alder mellom enkeltfisk.

Kjønnsfordelingen var svært skjev, med 71 % hunner og 29 % hanner, og hunnene var mye større, men ikke vesentlig eldre, enn hannene. Gjennomsnittlig fettinnhold i I-snitt (14 g/100 g) var tre ganger høyere enn i B-snitt (4,6 g/100 g), men det var stor variasjon mellom enkeltfisk. Det var liten eller ingen forskjell i gjennomsnittlig størrelse og fettinnhold for kveite fanget i de fire hovedområdene som ble undersøkt (Barentshavet, Norskehavet-Nord, Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak).

Muskelprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller inkludert arsen, kadmium, kvikksølv og bly, for de organiske fremmedstoffene dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte difenyletere (PBDE<sub>7</sub>), og for poly- og perfluorerte alkylstoffer (PFAS). Metaller ble bestemt kun i B-snitt siden tidligere undersøkelser hadde vist at det ikke var noen forskjell på nivåene av metaller i B-snitt og I-snitt, mens de øvrige fremmedstoffene ble bestemt både i B-snitt og I-snitt.

Innholdet av kadmium og bly i muskel (B-snitt) fra Atlantisk kveite var svært lavt, mens nivået av kvikksølv og arsen var høyt i forhold til mange andre arter med gjennomsnitt/median på 0,21/0,11 mg/kg våtvekt (vv) for kvikksølv og 7,5/5,3 mg/kg vv for arsen. Det var imidlertid svært stor variasjon i nivåene av kvikksølv og arsen mellom enkeltfisk. Åtte kveiter (2,0 %) hadde kvikksølvkonsentrasjon over EUs og Norges grenseverdi på 1,0 mg/kg vv som gjelder for denne arten.

Kvikksølvkonsentrasjonen økte med økende størrelse på fisken, og mens ingen fisk under 39 kg oversteg grenseverdien for kvikksølv, hadde 18-20 % av fisken mellom 61 og 225 kg kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien.

Kvikksølvnivået i kveitemuskel varierte mellom ulike områder og var lavest i Barentshavet og Norskehavet-Nord og høyest i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak. Kvikksølvnivået var særlig høyt i område 06 ved Sklinnabanken utenfor Nordland i Norskehavet-Sør med et gjennomsnitt/median på 0,60/0,50 mg/kg vv. Elleve prosent av fisken i dette området hadde kvikksølvnivåer over grenseverdien.

Innholdet av de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>6</sub> og PBDE<sub>7</sub> var omtrent tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt fra kveitemuskel. Konsentrasjonene i B-snitt var ikke spesielt høye med gjennomsnitt/median på 1,4/0,67 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB, 10/5,4 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub> og 0,65/0,31 µg/kg vv for PBDE<sub>7</sub>. Mindre enn 2 % av kveitene hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB<sub>6</sub> i B-snitt som oversteg grenseverdien for disse stoffene. Konsentrasjonen i I-snitt fra kveitemuskel var imidlertid betydelig høyere med gjennomsnitt/median på 3,8/2,1 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB, 29/17 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub> og 2,1/1,0 µg/kg vv for PBDE<sub>7</sub>. Henholdsvis 15 % og 7,6 % av kveitene hadde konsentrasjoner i I-snitt over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og for PCB<sub>6</sub>. Konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene økte med økende størrelse på fisken både i B-snitt og I-snitt, og mens mindre enn 1 % av kveitene med vekt under 40 kg hadde konsentrasjoner i B-snitt over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub>, hadde 60 % av fisken over 120 kg nivåer over grenseverdiene. For I-snitt var det 10 % eller færre av kveitene under 40 kg som hadde verdier over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub>, mens 80-100 % av prøvene over 120 kg oversteg grenseverdiene.

På samme måte som for kvikksølv varierte nivået av de organiske miljøgiftene mellom ulike områder, nivåene var lavest i Barentshavet og Norskehavet-Nord og høyest i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak, og de aller høyeste nivåene ble funnet i område 06 ved Sklinnabanken utenfor Nordland i Norskehavet-Sør. I I-snitt var konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene svært høye i dette området med gjennomsnitt/median på 8,6/6,7 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB (dvs klart over grenseverdien på 6,5 ng TE/kg vv), 66/58 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub> og 5,5/4,4 µg/kg vv for PBDE<sub>7</sub>. Konsentrasjonene i B-snitt av kveiter fra dette området var imidlertid ikke spesielt høye med gjennomsnitt/median på 2,2/1,8 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB, 19/15 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub> og 1,4/1,2 µg/kg vv for PBDE<sub>7</sub>. Mens 55 % av kveitene i område 06 hadde verdier over grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB i I-snitt, var det bare 4,8 % av kveitene som hadde verdier over denne grenseverdien i B-snitt.

Selv om konsentrasjonen av både kvikksølv og de organiske miljøgiftene økte med økende størrelse på fisken, kunne variasjonen i fremmedstoffinnhold mellom de ulike geografiske områdene ikke forklares med forskjeller i fiskens størrelse. Konsentrasjonen av både kvikksølv og de organiske miljøgiftene økte imidlertid også med økende fettinnhold i kveitemuskel, og forskjeller i fiskens fettinnhold kunne forklare noe av forskjellene i fremmedstoffnivåer mellom områdene. Det var likevel klart at det måtte være flere faktorer enn fiskens fettinnhold som førte til at nivået av fremmedstoffer i kveitemuskel fra Norskehavet-Sør, særlig fra område 06, var høyere enn i kveite fra de andre områdene som ble undersøkt.

## 2. ENGLISH SUMMARY

---

This report describes a comprehensive survey conducted to determine the levels of important undesirable substances in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from Norwegian waters. A total of 392 halibut were collected between September 2013 and March 2016 both in coastal regions and in the open sea from the Barents Sea in the north to Skagerrak in the south. The number of halibut collected from different regions and different weight classes were determined according to fishery statistics for commercial fisheries from the Norwegian Directorate of Fisheries.

All fish were measured and weighed, and age and gender was determined for most of the fish. The average weight, length and age of the fish was 24 kg, 114 cm and 9.3 years, respectively, but there was a wide variation in size and age between individual fish. The gender distribution was skewed with 71% female and 29% male fish, and the females were much larger, but not significantly older, than the males. The fat content was determined in two different parts of the muscle from each fish, a relatively lean part (B-cut) and a fatty part (I-cut). The mean fat content in I-cut (14 g/100g) was three times higher than in B-cut (4.6 g/100 g), but it was a wide variation between individual fish. There was little or no significant variation in size and fat content between halibut sampled in the four main geographical areas investigated (Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak).

Muscle samples from individual fish were analyzed for metals, including arsenic, cadmium, mercury and lead, for the organic contaminants dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs), non-dioxin-like PCBs (PCB<sub>6</sub>) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), and for poly- and perfluorinated alkyl substances (PFAS). Metals were determined in B-cut only, since earlier investigations had shown that there was no difference in the levels of metals in B-cut and I-cut of halibut muscle. Organic contaminants and PFAS were determined in both B-cut and I-cut.

The levels of cadmium and lead in B-cut of muscle from Atlantic halibut were very low. On the other hand, the levels of mercury and arsenic were high compared to the levels in many other species, with mean/median of 0.21/0.11 mg/kg wet weight (ww) for mercury and 7.5/5.3 mg/kg ww for arsenic. It was, however, very large variation in the levels of mercury and arsenic between individual fish. Eight halibut (2.0%) had a concentration of mercury above the EU and Norwegian maximum level of 1.0 mg/kg ww applicable to this species. The mercury concentration increased with increasing size of the fish, and even though no fish under 39 kg exceeded the maximum level for mercury, 18-20% of the fish between 61 and 225 kg had mercury concentrations above the maximum level.

The mercury concentration in halibut muscle varied between different geographical areas and were lowest in the Barents Sea and Norwegian Sea-North, and highest in the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. The mercury level were especially high in area 06, near the Sklinna Bank

outside the coast of Nordland in the Norwegian Sea-South, with a mean/median of 0.60/0.50 mg/kg ww. Eleven percent of the fish in this area had mercury concentrations above the maximum level.

The levels of the organic contaminants dioxins and dioxin-like PCBs, PCB<sub>6</sub> and PBDE<sub>7</sub> in the I-cut were about three times higher than in the B-cut of halibut muscle. The concentrations in B-cut was relatively low with mean/median of 1.4/0.67 ng TEQ/kg ww for dioxins and dioxin-like PCB, 10/5.4 µg/kg ww for PCB<sub>6</sub> and 0.65/0.31 µg/kg ww for PBDE<sub>7</sub>. Less than 2% of the halibut had concentrations of sum dioxins and dioxin-like PCBs and sum PCB<sub>6</sub> in B-cut above the EU maximum levels for these substances. The concentrations of organic contaminants in I-cut of halibut muscle were about three times higher with mean/median of 3.8/2.1 ng TEQ/kg ww for dioxins and dioxin-like PCB, 29/17 µg/kg ww for sum PCB<sub>6</sub> and 2.1/1.0 µg/kg ww for PBDE<sub>7</sub>. In total, 15% and 7.6% of the halibut had concentrations in I-cut above the maximum levels for dioxins and dioxin-like PCBs and sum PCB<sub>6</sub>, respectively. Both in B-cut and I-cut, the concentrations of the organic contaminants increased with increasing fish size. Whereas only less than 1% of the B-cut samples from fish with weight below 40 kg had concentrations of dioxins and dioxin-like PCBs above the maximum levels, 60% of the B-cut samples from fish with weight above 120 kg exceeded the maximum levels. For I-cut samples, 10% or less of the halibut below 40 kg had concentrations of dioxins and dioxin-like PCBs and sum PCB<sub>6</sub> above the maximum levels, while 80-100% of the fish above 120 kg exceeded these maximum levels in I-cut.

As for mercury, the levels of the organic contaminants varied between different geographical areas, with the lowest levels in the Barents Sea and Norwegian Sea-North, and the highest levels in the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. The highest levels of all were found in the area 06, near the Sklinna Bank outside the coast of Nordland within the area Norwegian Sea-South. In I-cut the concentrations of the organic contaminants in this area was very high with mean/median of 8.6/6.7 ng TEQ/kg ww for dioxins and dioxin-like PCBs (clearly above the maximum level of 6.5 ng TEQ/kg ww), 66/58 µg/kg ww for PCB<sub>6</sub> and 5.5/4.4 µg/kg ww for PBDE<sub>7</sub>. The concentrations in B-cut of halibut from this area was much lower, with mean/median of 2.2/1.8 ng TEQ/kg ww for dioxins and dioxin-like PCBs, 19/15 µg/kg ww for PCB<sub>6</sub> and 1.4/1.2 µg/kg ww for PBDE<sub>7</sub>. While 55% of the halibut in area 06 had levels above the maximum level for dioxins and dioxin-like PCBs in I-cut, only 4.8% of the halibut had levels above this maximum level in B-cut.

Even though the concentrations of both mercury and the organic contaminants increased with increasing size of the fish, the variation in contaminant levels between the different geographical areas could not be explained by variation in fish length or weight. On the other hand, variation in fat content, especially in the I-cut, between fish from different areas, could explain some of the variation in the levels of undesirable substances. It was nevertheless clear that also other factors than the fat content led to the observed higher levels of undesirable substances in halibut muscle from the Norwegian Sea-South, especially area 06, compared to the other areas investigated in this study.



### 3. INNLEDNING/INTRODUCTION

---

«Overvåkings- og kartleggingsprogrammet miljøgifter i fisk og fiskerivarer gjennomføres årlig for å framskaffe kunnskap om relevante miljøgifter i fisk og fiskerivarer som konsumeres i Norge eller som fangstes i Norge og eksporteres til konsum i andre land både innenfor og utenfor EU. Det er nødvendig å framskaffe kunnskap om situasjonen når det gjelder fremmedstoffer/miljøgifter for 1) å kunne vurdere risiko forbundet med fisk og sjømat og eventuelt iverksette tiltak i form av regelverk eller råd. Det er ekspertkomiteer nasjonalt og internasjonalt som foretar slike risikovurderinger som må bygge på gode og relevante data, og 2) å kunne dokumentere for konsumenter i Norge og myndigheter i andre land at fisk som er fangstet i Norge er trygg og at fiskerivarer som omsettes i Norge er trygge.» (Utdrag fra kontrakten for programmet miljøgifter i fisk og fiskerivarer 2013-2016).

Programmet «Miljøgifter i fisk og fiskerivarer» har undersøkt ulike typer av sjømat hvert år, og de siste årene har det vært analysert miljøgifter i makrell, ål og svolværpostei (Julshamn og Frantzen, 2009), brisling og brislingprodukter (Julshamn *et al.*, 2011a), dypvannsfisk og skalldyr fra Hardangerfjorden (Måge *et al.*, 2012) og kongekrabbe (Julshamn *et al.*, 2013a).

I perioden 2013-2015 har dette programmet vært benyttet til en stor kartleggingsundersøkelse av innholdet av miljøgifter i Atlantisk kveite. Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) fiskes over store deler av Nord-Atlanteren, og i norske fiskerier var fangsten i 2015 på rundt 2400 tonn med en fangstverdi på ca 100 mill kr (<http://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Statistikk-yrkesfiske/Fangst-og-kvoter/Norges-fiskerier>). Nesten all kveiten som fiskes i norske farvann fanges nord for 62°N i Barentshavet og Norskehavet, mens fangstene i områdene sør for 62°N i Nordsjøen og Skagerrak er svært lave (<http://www.imr.no/filarkiv/2016/05/kveite.pdf/nb-no>). Kveitefisket er ikke kvoteregulert, men regulert ved minstemål (80 cm) og maskeviddebegrensninger (470 mm). I tillegg er det forbudt å fiske etter kveite i perioden 20. desember til 31. mars (med unntak for krokredskaper nord for 62°N). Atlantisk kveite er den største beinfisken i norske farvann. Hunnene kan bli mer enn 3,5 m lange og veie nærmere 300 kg, mens hannene er betydelig mindre og blir opptil 50 kg. Kveite lever lenge, hunnene kan bli opptil 60 år og hannene ca 30 år gamle ([www.imr-no/temasider/fisk/kveite](http://www.imr-no/temasider/fisk/kveite)). Arten er en utpreget rovfisk som både spiser bunnfisk som brosme, ulker og hyser og mer pelagiske arter som torsk, sild, lodde og blekksprut. Siden kveite blir både stor og gammel og er en rovfisk som beiter høyt i næringskjeden, er den utsatt for å akkumulere høye nivåer av enkelte miljøgifter som akkumuleres i den marine næringskjeden. Det har derfor vært knyttet usikkerhet både til innhold av fettløselige organiske miljøgifter (dioksiner og PCB) og kvikksølv i Atlantisk kveite.

På oppdrag fra Mattilsynet, analyserte NIFES i 2003 tre samleprøver (å fem fisk) av kveite, der resultatene viste at en av samleprøvene hadde et innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som var mer enn dobbelt så høyt som den øvre grenseverdien for disse stoffene i fiskemuskel. Disse resultatene ble fulgt opp med en kartlegging der ni kveiter med vekt fra 1,1 kg til 151 kg ble analysert enkeltvis, og resultatene viste at innholdet i små kveiter fra 1-3 kg var lavt, innholdet i kveiter mellom 30 og 35 kg var tilsvarende det som finnes i annen fet fisk, og innholdet i svært store kveiter større enn 120 kg var meget høyt (VKM, 2005). Det manglet imidlertid data for kveite som veide mellom 3 og 30 kg, og mellom 35 og 120 kg.

I 2007 analyserte NIFES 14 kveiter fra Norskehavet med vekt mellom 48 og 80 kg (Julshamn m.fl., 2008). Denne gang ble det tatt ut to prøver fra hver kveite, én prøve fra ryggen til høyre for midtlinjen rett bak hodet (kalt B-snitt) og én prøve fra buken (kalt I-snitt). Dette ble gjort fordi prøver fra buken av kveite har et betydelig høyere fettinnhold enn prøver fra ryggen av kveite (Nortvedt og Tuene, 1998), og siden fettinnholdet kan ha stor betydning for nivået særlig av organiske miljøgifter i muskelen, var det ønskelig å analysere både den fete delen (I-snitt) og den mer magre delen (B-snitt) av fileten. Resultatene fra dette arbeidet viste at prøvene tatt fra buken (I-snitt) hadde svært høye konsentrasjoner av alle de organiske miljøgiftene (dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub> og bromerte flammehemmere, PBDE<sub>7</sub>) med middelverdi mer enn dobbelt så høy som grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Prøvene fra ryggen (B-snitt) hadde imidlertid mye lavere konsentrasjoner av de organiske miljøgiftene. Nivåene i I-snitt var nesten tre ganger høyere enn i B-snitt, og middelverdien i B-snitt lå klart under grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. I dette arbeidet ble prøvene også analysert for metaller, både i B-snitt og I-snitt, og resultatene viste at B-snitt hadde noe høyere konsentrasjoner av kvikksølv enn I-snitt. Middelverdien for kvikksølv i begge typer prøver var klart under grenseverdien, selv om nivået lå høyt i forhold til mange andre fiskearter (Julshamn m.fl., 2008).

I 2010 analyserte NIFES ytterligere 20 kveiter på oppdrag fra Mattilsynet (Julshamn m.fl. 2011b). Kveitene ble fanget i Barentshavet og Norskehavet nord for 69°N, hadde vekt mellom 1,7 og 70,5 kg, og både B-snitt og I-snitt ble analysert. I tillegg til å bekrefte tidligere resultater for kveiter under 3 kg og kveiter mellom 40 og 75 kg, ga resultatene fra denne undersøkelsen ytterligere informasjon om nivåene både av organiske miljøgifter og metaller i vektlassen mellom 3 og 30 kg som manglet i de tidligere undersøkelsene. Som i de tidligere studiene ble det funnet at nivåene av organiske miljøgifter var svært lave i kveiter under 3 kg, og det ble vist at nivåene var høyere, men fremdeles forholdsvis lave, i kveiter mellom 3 kg og 20 kg (med et par unntak for to kveiter med høye verdier fra Hammerfest havn). I vektlassen mellom 40 og 70,5 kg ble det her, som i 2007, funnet høye nivåer av alle de organiske miljøgiftene i I-snitt med middelverdi over grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Nivået i I-snitt var omtrent 2,3 ganger høyere enn i B-snitt, og middelverdiene i B-snitt lå langt under grenseverdien. Fire prøver av I-snitt, men ingen prøver av B-snitt, hadde verdier over

grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Også for kvikksølv ble det i denne undersøkelsen funnet at nivået i kveiter mellom 40 og 70,5 kg var betydelig høyere enn i kveiter mellom 1,7 og 20 kg. Likevel var nivået av kvikksølv også i alle de største kveitene i denne undersøkelsen langt under grenseverdien, og det ble ikke funnet noen forskjeller på nivåene i B-snitt og I-snitt. I denne undersøkelsen ble også innholdet av perfluorerte alkylstoffer (PFAS) bestemt både i B-snitt og I-snitt, og resultatene viste at nivåene av disse stoffene var lave i alle kveiteprøvene. Bare PFOS var tilstede i kvantifiserbare mengder i alle prøvene, og PFOS-verdiene ble funnet å være høyere i I-snitt enn i B-snitt (Julshamn m.fl., 2011b).

Alle disse undersøkelsene som ble gjennomført med et svært begrenset antall fisk, tydet på at nivåene av miljøgifter, særlig organiske miljøgifter, kunne være svært høye i Atlantisk kveite. Mattilsynet ønsket derfor en grundig kartlegging av innholdet av fremmedstoffer i denne arten, og i prosjektet som beskrives i denne rapporten har NIFES i perioden 2013-2105 gjennomført en stor kartleggingsundersøkelse der nesten 400 kveiter fanget langs hele norskekysten og i åpent hav fra Barentshavet i nord til Skagerrak i sør er blitt analysert for metaller i B-snitt og organiske miljøgifter (dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte difenyletere, (PBDE<sub>7</sub>) samt perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i B-snitt og I-snitt av kveitemuskel.

## 4. MATERIALE OG METODER/MATERIALS AND METHODS

---

### 4.1 Innsamling av prøver

Det ble samlet inn totalt 392 prøver av Atlantisk kveite fra 10 ulike områder, dvs fra Fiskeridirektoratets statistikkområder 20, 03, 04, 05, 00, 06, 07, 28, 08 og 09, langs hele norskekysten og i åpent hav (Figur 1). Prøveinnsamlingen ble koordinert av Havforskningsinstituttet (HI) og utført ved hjelp av HIs egne forskningsfartøy, HIs havgående og kystgående referanseflåte og lokale fiskere. Innsamlingen ble gjennomført i henhold til en prøvetakingsplan laget i samarbeid med HI, og antallet prøver fra ulike områder og ulike vektclasser ble fordelt i forhold til fangststatistikk fra Fiskeridirektoratet for det kommersielle fisket etter Atlantisk kveite.

Antall fisk i de ulike områdene er vist i figur 1 og i tabell 1. Det ble samlet inn flest fisk fra område 06, 00, 05 og 04, dvs. fra havområder utenfor Nord-Trøndelag og langs kysten nordover til Nordkapp, siden hovedtyngden av fisket etter Atlantisk kveite foregår i disse områdene. I nord ble det også samlet inn en del fisk i område 03, øst for Nordkapp, og i område 20 ved Bjørnøya. For å dekke hele utbredelsesområdet for kveite i norske farvann ble det også forsøkt å samle inn noen prøver fra område 07, 28, 08 og 09, dvs fra kysten utenfor Møre og Romsdal og sørover til Nordsjøen og Skagerrak. Det fiskes mye mindre kveite i disse områdene og prøveinnsamlingen var vanskelig, men noen få fisk fra hvert av disse områdene er samlet inn.

Fra hvert område ble det forsøkt å samle inn fisk fra fire ulike vektclasser: 0-10 kg, 11-40 kg, 41-60 kg og over 60 kg. Antall fisk i hver vektclasser innenfor hvert område er vist i tabell 1. Antall fisk i hver vektclasser ble planlagt ut fra fangststatistikk, og det ble samlet inn flest fisk i vektclassen 11-40 kg, som er den vektclassen som fiskes mest. Etter planen skulle det tas omtrent like mange prøver i hver av vektclassene 0-10 kg og 41-60 kg, men i flere områder viste det seg vanskeligere å få de største fiskene, og det ble til slutt samlet inn omtrent dobbelt så mange fisk i vektclassen 0-10 kg som i vektclassen 41-60 kg. I område 03, 04, 05, 00 og 06 fikk vi fisk i alle vektclasser, mens i område 20 i nord og i område 07, 28, 08 og 09 i sør der det ble samlet inn få fisk, mangler vi fisk i en eller flere vektclasser. Blant de 22 fiskene over 60 kg var det tre fisk mellom 100 og 180 kg og to fisk på 200 og 225 kg.

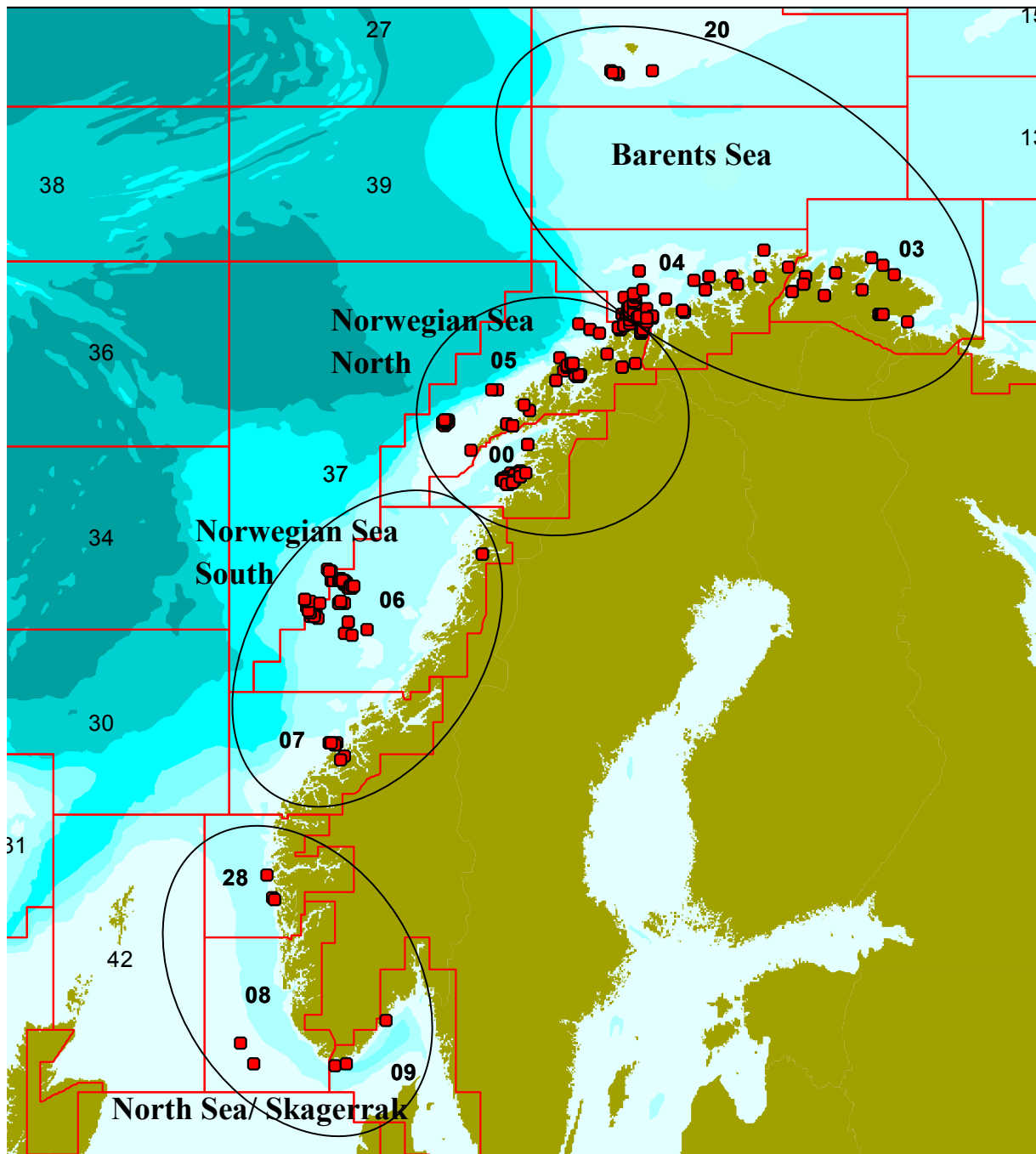


Figure 1. Map of the Barents Sea, Norwegian Sea, North Sea and Skagerrak showing all positions where Atlantic halibut were sampled during the period October 2013 to March 2016. The numbers indicate the statistical areas used by the Norwegian Directorate of fisheries (areas delineated with red lines). The samples are grouped into four larger geographical areas.

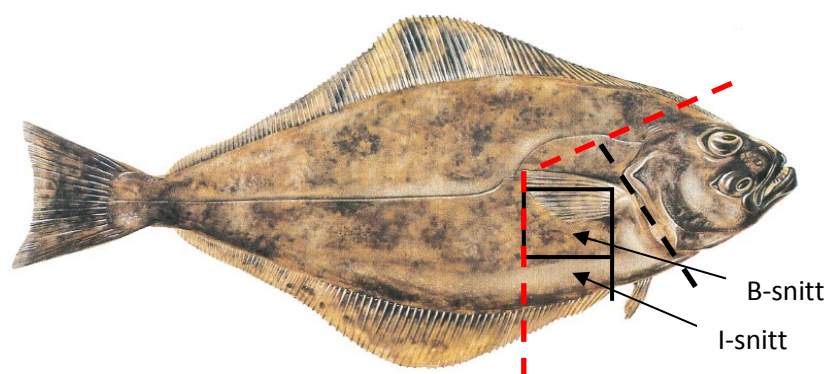
**Table 1. Sampling of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from areas in open sea and along the coast of Norway during the period October 2013 to March 2016. The number of fish in each weight class within each area is shown.**

Area	Sea area	Sampling period	Total number of fish	0-10 kg	11-40 kg	41-60 kg	>60 kg
20	Barents Sea	Oct-Nov 2014	6	4	1		1
03	Barents Sea	Oct-2013-Feb 2016	24	10	9	3	2
04	Barents Sea	Oct-2013- Sep-2015	104	17	69	13	5
05	Norwegian Sea-North	Oct-2013 – Dec-2015	125	27	78	13	7
00	Norwegian Sea-North	Aug-Oct 2013	51	8	33	7	3
06	Norwegian Sea-South	Oct 2013 – Sep-2014	63	10	42	8	3
07	Norwegian Sea-South	Sep-2013	11	8	3		
28	North Sea	Jun-2014 – Mar-2016	3	1	1		1
08	North Sea	Jun 2014	2	1	1		
09	Skagerrak	Jun 2014 – Jun 2015	3	1	2		
<b>Total</b>			<b>392</b>	<b>87</b>	<b>239</b>	<b>44</b>	<b>22</b>

## 4.2 Opparbeiding av prøver

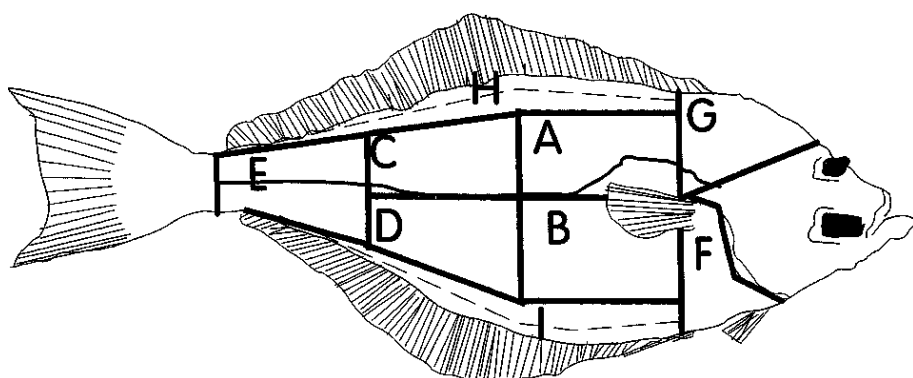
Små kveiter under 6 kg ble frosset ned og sendt som hel, rund fisk til NIFES. Unntaket var noen små fisk fra område 03 og 04 som ved en feil ble kuttet slik det skulle gjøres med større fisk (se under). Ved ankomst NIFES ble vekt, lengde og kjønn registrert, og otolitter ble tatt ut for senere alderslesing.

For store kveiter over 6 kg, ble det ikke sendt inn hel fisk til NIFES. For at resten av fisken skulle kunne omsettes, tok fiskerne i stedet prøver av hodet som ble kappet av bak brystfinnen som vist med rød stiplet linje i figur 2. Disse prøvene inkluderte da i tillegg til hodet både B-snitt (mager del av fileten) og I-snitt (fettrik del av fileten). Fiskere fra HIs referanseflåte sendte ikke inn hele hodet, men tok ut otolittene fra fiskens hode og sendte disse inn i stedet. Hodet ble da kuttet vekk langs den svarte, stiplede linjen som vist i figur 2. Fiskerne noterte vekt, lengde og kjønn for fisken på følgeskjema som ble lagt ved prøven og prøvene ble frosset ned før levering til NIFES. Ved ankomst NIFES ble otolitter tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på HI ved otolittlesning, det vil si telling av årringer i øresteinene.



**Figure 2. Illustration of cutting lines for Atlantic halibut above 6 kg. The fish were cut along the red, dotted line to give a sample including the head of the fish and two different sections of the fillet behind the head, the more lean part of the fillet (B-cut) and the more oily part of the fillet (I-cut). In some cases the head was not included in the sample, but was cut off along the black dotted line. In these cases the otoliths were taken out and sent in together with the sample. The sample was frozen before delivery to NIFES. (Based on illustration from "Facts about fish", Norwegian Seafood Export Council, Norway).**

Ved ankomst NIFES ble prøvene tint og det ble tatt ut både B-snitt og I-snitt av fileten hver for seg. For stor fisk over 6 kg ble B-snitt og I-snitt tatt fra områdene som er vist i figur 2, men dersom fisken var så liten at det ikke ble nok materiale ved å ta fra områdene som er vist i figur 2 ble B-snitt og I-snitt tatt fra de større områdene som er vist i figur 3. Filetprøvene ble tatt på oversiden av fisken, men dersom det var lite prøvemateriale ble også undersiden av fisken tatt med. For seks små fisk under 6 kg som ved en feil var kuttet slik det skulle gjøres med større fisk i stedet for å bli sendt inn som hel fisk, var det ikke tilstrekkelig materiale av I-snitt av fileten til å kunne analysere denne. For disse seks fiskene (én fisk fra område 03 og fem fisk fra område 04) ble kun B-snitt tatt ut til analyse.



**Figure 3: Different cuts from Atlantic halibut (R. Nortvedt og S. Tuene. Aquaculture 161 (1998) 295-313).**

Filetprøver av alle B-snitt og I-snitt ble homogenisert ved hjelp av food processor, og vått, homogenisert materiale ble tatt ut og frosset ned i tett emballasje fordelt til analyser av fettinnhold og perfluorerte alkylstoffer (PFAS). Resten av det homogeniserte materialet av alle B-snitt og 138 I-snitt ble deretter frysetørket og homogenisert igjen til tørt pulver. Tørrestoffinnholdet ble bestemt og prøvene ble oppbevart i tett emballasje fordelt til analyse av metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte flammehemmere (PBDE<sub>7</sub>). På grunn av høyt fettinnhold i I-snitt-prøvene, var frysetørring av disse vanskelig, og de siste 248 prøvene av I-snitt ble derfor ikke frysetørket, men frosset ned som vått materiale i tett emballasje til analyse av dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte flammehemmere (PBDE<sub>7</sub>).

### 4.3 Analysemetoder

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

Frysetørket prøve av B-snitt fra hver fisk ble veid inn til bestemmelse av metaller. Metaller ble bestemt ved hjelp av plasmamassespektrometer (ICPMS) etter dekomponering i mikrobølgeovn som beskrevet av Julshamn m.fl. (2007). Følgende grunnstoff ble kvantifisert: arsen, kadmium, kvikksølv, bly, sølv, kobber, jern, kobolt, sink, selen, mangan, vanadium, strontium, barium, molybden, krom og nikkel. Strontium og barium ble i løpet av prosjektperioden tatt ut av metoden, og krom og nikkel ble lagt til. Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025 for arsen, kadmium, kvikksølv, bly, kobber, sink og selen. Kvantifiseringsgrenser er beregnet på tørr prøve for hvert av grunnstoffene (tabell 2).

**Table 2. Limit of quantification (LOQ; mg/kg dry weight) for arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), lead (Pb), copper (Cu), zinc (Zn) and selenium (Se) determined using NIFES method no 197.**

Element	As	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Se
LOQ (mg/kg dry weight)	0.01	0.005	0.005	0.03	0.1	0.5	0.01

#### 4.3.2. Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091)

Våte prøver av B-snitt eller I-snitt ble ekstrahert med 30% isopropanol i etylacetat, isopropanol og etylacetat ble dampet av og fettene ble veid. Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025, og laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat. Kvantifiseringsgrensen er 0,1g/100g.



#### **4.3.3. Bestemmelse av PBDE, PCB<sub>6</sub>, PCB<sub>7</sub>, dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB med felles opparbeidelsesmetode (NIFES metode nr. 292)**

Frysetørkede prøver av B-snitt og frysetørkede eller våte prøver av I-snitt ble ekstrahert, rensset og analysert for dioksiner og furaner, PCB og PBDE som beskrevet av Julshamn et al., 2013.

Metoden kvantifiserer ti ulike kongenere av PBDE, inkludert syv kongenere som summeres til en upperbound "standard sum PBDE" (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). I tillegg kvantifiseres PBDE-66, 119 og 138. Kvantifiseringsgrensene varierer mellom 0,002 og 0,1 µg/kg våtvekt avhengig av PBDE-kongener og type prøvemateriale. Metoden kvantifiserer PCB<sub>6</sub> (PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180) samt PCB<sub>7</sub> som i tillegg inneholder PCB 118. Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt PCB<sub>6</sub>-kongener varierer mellom 0,012 og 0,3 µg/kg våtvekt. For dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble toksiske ekvivalent verdier (TE), beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalent faktorer (WHO-TEF 2005). Kvantifiseringsgrensen for de ulike kongenere av dioksiner, furaner og non-orto PCB varierer mellom 0,008 og 0,4 pg/g mens mono-orto PCB varierer mellom 4 og 750 pg/g våtvekt. Beregningen av kongenersummer blir utført etter en "upperbound" prosedyre, som beskrevet i EU 2006. Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025, og analysekvaliteten overvåkes jevnlig ved deltakelse i ringtester og ved analyse av sertifiserte prøver.

#### **4.3.4. Perfluorerte alkylstoffer (NIFES metode nr. 349)**

Våte prøver av B-snitt eller I-snitt ble veid inn og tilsatt massemerket intern standard og metanol og ekstrahert i ultralydbad. Etter sentrifugering ble supernatanten dekantert over i en sprøyte og filtrert gjennom 0,45 µm nylonfilter før vann ble tilsatt etterfulgt av opprensing på ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble videre opprenset ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MS/MS og kvantifisert ved hjelp av intern standard. Forbindelsene som kan kvantifiseres med metoden er vist i tabell 3, og der er også vist LOQ og måleusikkerhet for de ulike analyttene, samt hvilke analytter metoden er akkreditert for. Metoden er validert for fiskemuskel, fiskelever og fiskerogn, i konsentrasjonsområdet 0,3 til 100 ng/g prøve. Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025 for fet og mager fisk og lever av disse.

**Table 3. List of poly- and perfluorinated alkyl substances determined by the PFAS method with LOQ (ng/g sample), measurement uncertainty (MU, %) and accreditation status<sup>1</sup> for each compound.**

Abbreviation	Name	Muscle meat of fatty fish		
		LOQ (ng/g)	MU (%)	Accreditation <sup>1</sup>
PFBS	Perfluorobutanesulfonic acid	0.8	80	No
PFHxS	Perfluorohexanesulfonic acid	0.8	40	No
PFOS	Perfluorooctanesulfonic acid	0.8	35	Yes
PFDS	Perfluorodecanesulfonic acid	1	60	No
PFOSA	Perfluorooctanesulfonamide	1.2	80	No
PFBA	Perfluorobutanoic acid	1	35	No
PFPeA	Perfluoropentanoic acid	6	35	No
PFHxA	Perfluorohexanoic acid	0.9	60	No
PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	0.7	50	Yes
PFOA	Perfluorooctanoic acid	1.3	35	Yes
PFNA	Perfluorononanoic acid	0.9	35	Yes
PFDA	Perfluorodecanoic acid	0.5	40	Yes
PFUdA	Perfluoroundecanoic acid	1	40	Yes
PFDoDA	Perfluorododecanoic acid	0.8	40	Yes
PFTrDA	Perfluorotridecanoic acid	1.2	80	Yes
PFTeDA	Perfluorotetradecanoic acid	1.1	80	No
PFHxDA	Perfluorohexadecanoic acid	13	80	No
PFODA	Perfluorooctadecanoic acid	7	80	No

<sup>1</sup>The method is accredited for muscle meat and liver from fatty fish and lean fish.

#### 4.4 Tabell over analyser utført samt akkrediteringsstatus

Table 4. List of methods used in this study including accreditation status for analytes and matrices.

NIFES method no.	Name of method	Accredited analytes	Accredited matrices
197	Multielement determination by ICP-MS	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn	Foodstuffs, feed, solid/liquid biological material
292	Common extraction procedure and analysis using GCMS (PBDE), HRGC-HRMS (dioxins, furans, non-ortho PCBs) and GC-MSMS (mono-ortho PCBs)	PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154, 183 PCB-28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 Mono-ortho PCB Non-ortho PCB PCDF PCDD	Fish and fishery products, oils, bivalves and feed
349	Determination of PFAS by LC-MS/MS	PFOS, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDODA, PFTTrDA	Fatty fish, lean fish and fish liver
377	Determination of dry matter by freeze drying	Dry matter	Foodstuffs, feed, solid/liquid biological material
91	Determination of total fat content by ethyl acetate extraction and gravimetric analysis	Fat	Foodstuffs, feed, solid/liquid biological material

## 5. RESULTATER/RESULTS

### 5.1. Fysiske og biologiske parametre

Det var stor variasjon i størrelse og alder på kveitene som ble samlet inn i dette prosjektet (tabell 5). Totalt ble det samlet inn 392 fisk, og lengde og vekt av disse varierte fra 40 cm og 0,7 kg til 250 cm og 225 kg med et gjennomsnitt på 114 cm og 24 kg. Alderen ble bestemt for 328 fisk og varierte mellom 3 og 32 år med et gjennomsnitt på 9,3 år.

Det var en svært ujevn kjønnsfordeling for kveitene i denne undersøkelsen. Av de 364 kveitene som ble kjønnsbestemt var det 258 hunner (70,9%) og 106 hanner (29,1%). Hunnene var som forventet i gjennomsnitt mye større enn hannene med en gjennomsnittlig lengde/vekt på 123 cm/30 kg for hunnfisk og 100 cm/13 kg for hannfisk (tabell 5). Det var imidlertid ingen vesentlig forskjell på gjennomsnittlig alder for hunnfisk og hannfisk, selv om alle de eldste kveitene (over 15 år) var hunner.

**Table 5. Summary of results for length, weight, age, and fat content in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut collected between August 2013 and March 2016.**

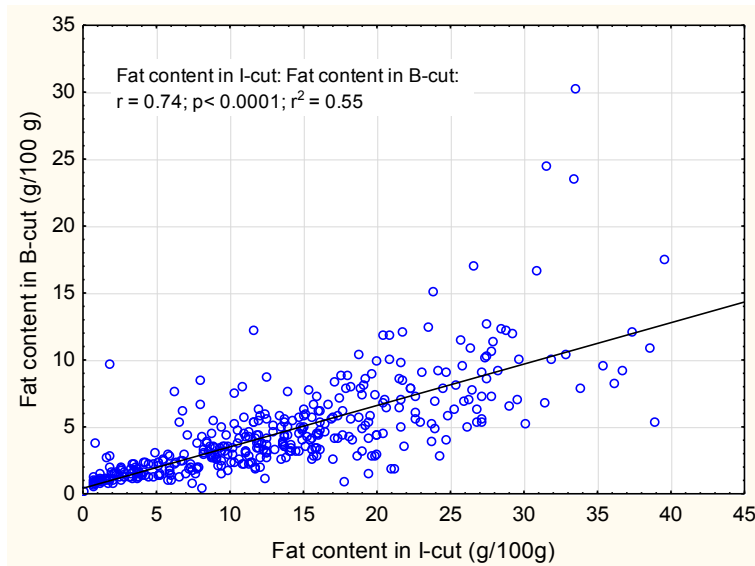
	All fish		Female fish		Male fish	
	N	Mean±SD (Median) Min-max	N	Mean±SD (Median) Min-max	N	Mean±SD (Median) Min-max
<b>Length (cm)</b>	391 <sup>a</sup>	114 ± 32 (111) 40-250	258	123 ± 32 (111) 44-250	106	100 ± 21 (102) 40-150
<b>Weight (kg)</b>	391 <sup>a</sup>	24 ± 25 (16) 0.70-225	258	30 ± 28 (22) 0.83-225	106	13 ± 8 (12) 0.70-48
<b>Age (years)</b>	328	9.3 ± 3.0 (9.0) 3-32	233	9.5 ± 3.3 (9.0) 3-32	91	8.7 ± 2.0 (9.0) 3-15
<b>Fat content in B-cut (g/100g)</b>	392	4.6 ± 3.6 (3.7) 0.15-30	258	5.1 ± 4.0 (4.3) 0.41-30	106	3.9 ± 2.6 (3.4) 0.67-12
<b>Fat content in I-cut (g/100g)</b>	386 <sup>b</sup>	14 ± 9 (12) 0.15-40	253	15 ± 9 (14) 0.88-40	105	12 ± 8 (11) 0.76-39

<sup>a</sup> For one small fish the exact length and weight was not recorded. The fish was registered as: < 6 kg.

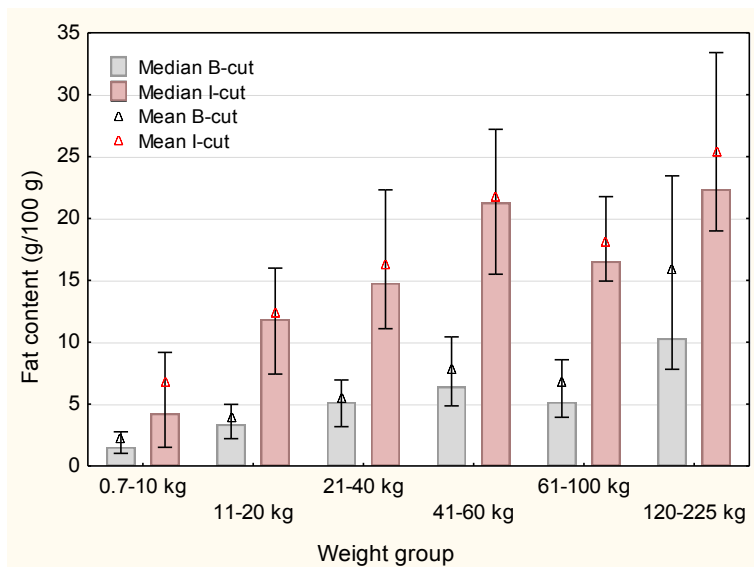
<sup>b</sup> Due to insufficient amount of sample, I-cut from six fish were not available for analysis.

Fettinnholdet ble bestemt i både B-snitt og I-snitt av kveitemuskel, og som forventet var det I-snittet som hadde høyest fettinnhold med median/gjennomsnitt på 12/14 g/100 g, mot 3,7/4,6 g/100 g i B-snitt. Men resultatene viste at det var stor variasjon i fettinnholdet med verdier som varierte fra 0,15 g/100 g (B-snitt og I-snitt) til 30 g/100g (B-snitt) og 40 g/100g (I-snitt). Både i B-snitt og i I-snitt var fettinnholdet noe høyere i hunnfisk enn i hannfisk (tabell 5). Det var en meget god korrelasjon mellom

fettinnholdet i B-snitt og fettinnholdet i I-snitt ( $r=0,74$ ,  $p<0,0001$ ), og i gjennomsnitt var fettinnholdet i I-snitt tre ganger høyere enn i B-snitt (figur 4).



**Figure 4. Correlation between fat content in B-cut and fat content in I-cut of muscle from Atlantic halibut collected in Norwegian waters between August 2013 and March 2016.**

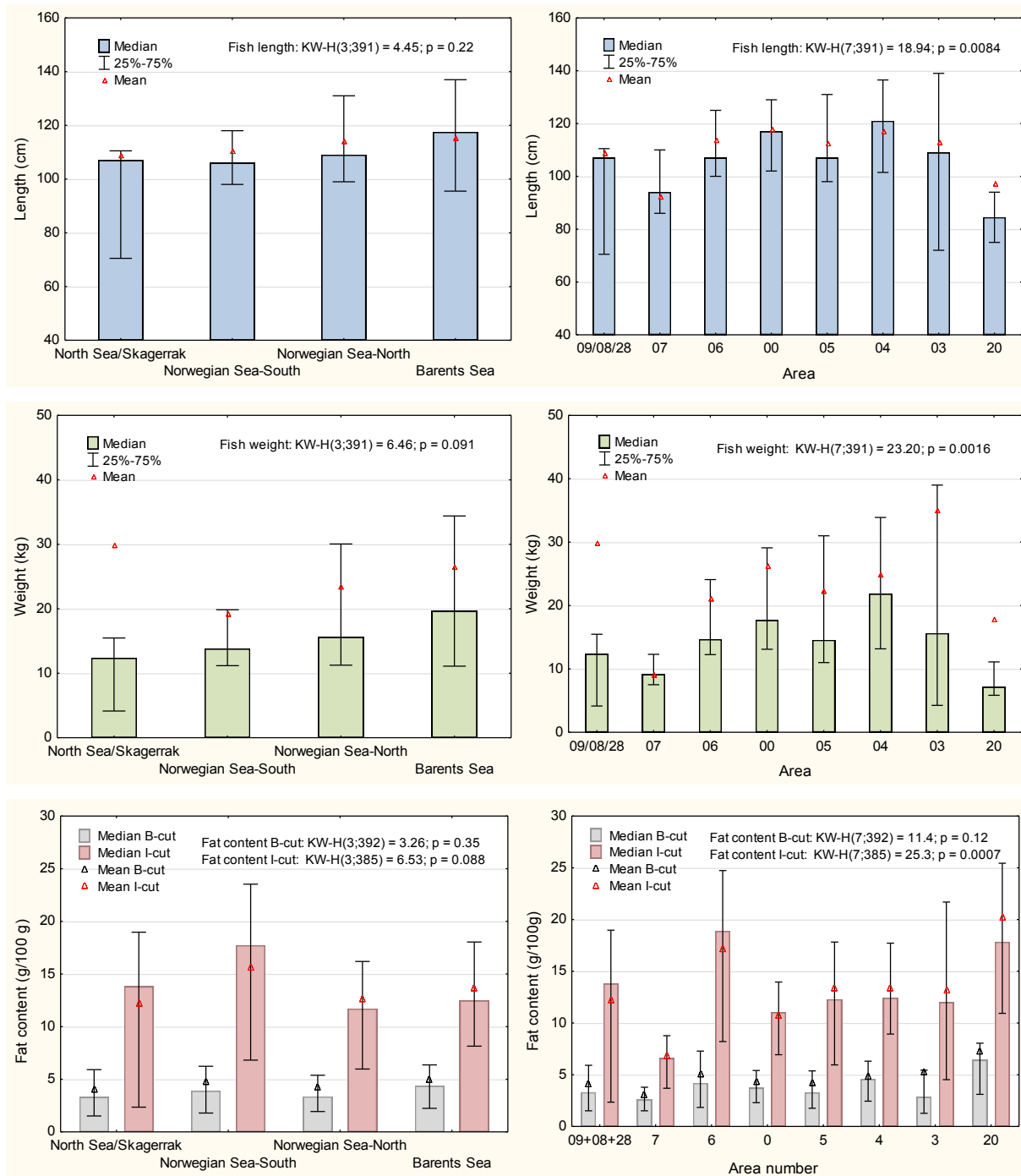


**Figure 5. Fat content in different weight groups of Atlantic halibut collected in Norwegian waters between August 2013 and March 2016. Median concentrations (columns), 25 and 75 percentiles (vertical bars), and mean values (red and black triangles) are shown.**

Fettinnholdet, både i B-snitt og I-snitt økte med økende størrelse på fisken (figur 5). Mens fettinnholdet i fisk med vekt under 10 kg hadde medianverdier på 1,5 g/100g i B-snitt og 4,2 g/100g i I-snitt, økte fettinnholdet jevnt med økende vekt på fisken til 6,4 g/100g i B-snitt og 21 g/100g i I-snitt i vektklassen 41-60 kg. Fisk i vektklassen 61-100 kg hadde et noe lavere fettinnhold enn fisk i vektklassen 41-60 kg, men det høyeste fettinnholdet ble funnet i den største vektklassen, 120-225 kg, med medianverdier på 10 g/100g i B-snitt og 22 g/100g i I-snitt, mer enn fem ganger høyere enn fettinnholdet i den minste vektklassen.

Sammenligning av lengde og vekt for kveite fra de fire geografiske områdene Nordsjøen/Skagerrak, Norskehavet-Sør, Norskehavet-Nord og Barentshavet (se avgrensing av områdene i figur 1) viste ingen signifikante forskjeller mellom områdene (figur 6-venstre). Det ble heller ikke funnet noen signifikante forskjeller i lengde eller vekt mellom kveitene når de ble delt inn i mindre områder i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder (figur 6-høyre, appendixtabell A1), med unntak av at kveitene fra område 07 var mindre (både lengde og vekt) enn kveiter fra område 04 (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA,  $p=0,029$  for lengde og  $p=0,0057$  for vekt) og hadde lavere vekt enn kveiter fra område 00 (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA,  $p=0,019$ ).

Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i fettinnhold i B-snitt eller I-snitt mellom de ulike havområdene Nordsjøen/Skagerrak, Norskehavet-Sør, Norskehavet-Nord og Barentshavet (figur 6-venstre). Det ble heller ikke funnet signifikante forskjeller i fettinnhold i B-snitt eller I-snitt mellom de ulike statistikkområdene (figur 6-høyre, appendixtabell A2), med unntak av at fettinnhold i I-snitt var høyere i kveiter fra område 06 enn i kveiter fra område 07 ( $p=0,0050$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA) og område 00 ( $p=0,0050$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA).



**Figure 6. Length, weight, and fat content in B-cut and I-cut of the fillet from Atlantic halibut collected in different areas within Norwegian waters (see figure 1 for geographical location of the different areas). Median concentrations (columns), 25 and 75 percentiles (vertical bars), and mean values (red and black triangles) are shown. Results from Kruskal-Wallis non-parametric ANOVA are included.**

## 5.2. Metaller i muskel (B-snitt)

Konsentrasjonen av de ulike metallene som ble bestemt i B-snitt av muskel fra de 392 kveitene som ble samlet inn i dette prosjektet er gitt i tabell 6. Resultatene for kvikksølv, kadmium og bly, arsen og selen er presentert i mer detalj i kapittel 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 og 5.2.4, mens det her gis en kort oppsummering for de øvrige metallene.

**Table 6. Concentrations of different metals and arsenic in B-cut of muscle from Atlantic halibut. Mean, standard deviation (SD), median, minimum and maximum values and number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) are given. EU maximum levels for mercury, cadmium and lead in muscle meat from Atlantic halibut is shown in a separate column.**

Element (mg/kg ww)	N	Mean*	SD*	Median	Min	Max	# < LOQ	EU max level
Mercury (Hg)	392	0.21	0.29	0.11	0.019	2.4	0	1.0
Cadmium (Cd)	392			<0.001	<0.0008	0.017	351	0.05
Lead (Pb)	392			<0.007	<0.005	0.12	340	0.3
Arsenic (As)	392	7.5	7.7	5.3	0.89	101	0	-
Selenium (Se)	392	0.47	0.12	0.44	0.16	1.1	0	-
Copper (Cu)	392	0.17	0.044	0.16	0.11	0.44	0	-
Zinc (Zn)	392	4.2	0.86	4.1	2.9	15	0	-
Iron (Fe)	392	1.1	0.66	0.90	0.52	5.1	0	-
Manganese (Mn)	392	0.082	0.034	0.072	0.017	0.32	0	-
Silver (Ag)	392			<0.002	<0.002	0.007	386	-
Molybdenum (Mo)	392			<0.10	<0.020	<0.20	392	-
Cobalt (Co)	392			<0.005	<0.003	0.0053	386	-
Vanadium (V)	392			<0.001	<0.008	0.03	274	-
Barium (Ba)	264			<0.01	<0.009	0.82	226	-
Strontium (Sr)	264	0.48	0.57	0.26	0.08	4.1	0	-
Chromium (Cr)	126			0.005	<0.005	0.21	63	-
Nickel (Ni)	126			<0.07	<0.06	0.084	124	-

\*Mean and standard deviation (SD) were only determined for elements where more than half the number of fish had concentrations above the limit of quantification (LOQ).

De essensielle metallene kobber, sink, jern og mangan var, i tillegg til selen som presenteres i mer detalj i kapittel 5.2.3, alle tilstede i målbare konsentrasjoner i alle prøvene (tabell 6). Metallene sølv,



molybden, kobolt og vanadium som også ble målt i alle kveiteprøvene, var enten under kvantifiseringsgrensen eller tilstede i svært lave konsentrasjoner. De siste fire metallene, barium, strontium, krom og nikkel ble ikke målt i alle kveiteprøvene på grunn av en endring i analysemetoden der barium og strontium ble tatt ut og krom og nikkel ble tatt inn i metoden underveis i prosjektet. Strontium var tilstede i målbare konsentrasjoner i alle prøver som ble målt, mens barium, krom og nikkel var under kvantifiseringsgrensen for minst halvparten av de målte prøvene (tabell 6).

### 5.2.1. Kadmium og bly

Konsentrasjonen av kadmium og bly i B-snitt av muskel var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene for de aller fleste kveitene (tabell 7). Ingen kveiter hadde konsentrasjoner av disse metallene over EUs og Norges grenseverdier på 0,05 mg/kg våtvekt og 0,3 mg/kg våtvekt som gjelder for henholdsvis kadmium og bly i filet av de fleste fiskearter (EU, 2006, Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler).

Nivået av kadmium og bly var like lavt i alle havområdene som ble undersøkt (tabell 7), og i alle områdene hadde mer enn 75 % av prøvene kadmiumkonsentrasjoner under LOQ. Mer enn 80 % av prøvene fra Barentshavet, Norskehavet-Nord og Norskehavet-Sør og 53 % av prøvene fra Nordsjøen/Skagerrak hadde konsentrasjoner av bly under LOQ.

**Table 7. Concentrations of cadmium and lead in B-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, minimum-maximum values and the number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) within each area are given.**

	N	Cadmium (mg/kg ww)			Lead (mg/kg ww)		
		Median	Min-Max	#<LOQ	Median	Min-Max	#<LOQ
<b>Barents Sea</b>	134	<0.001	<0.0009-0.017	122	<0.007	<0.005-0.025	127
<b>Norwegian Sea-North</b>	176	<0.001	<0.0008-0.0082	166	<0.007	<0.005-0.12	142
<b>Norwegian Sea-South</b>	74	<0.001	<0.0009-0.0064	56	<0.007	<0.005-0.020	66
<b>North Sea/Skagerrak</b>	8	<0.001	<0.0009-0.0014	7	<0.007	<0.005-0.016	5
<b>All areas</b>	392	<0.001	<0.0008-0.017	351	<0.007	<0.005-0.12	340

### 5.2.2. Kvikksølv

Det var stor variasjon i kvikksølvkonsentrasjonen i B-snitt av muskel fra de 392 kveitene som ble analysert i dette prosjektet. Konsentrasjonen varierte fra 0,019 til 2,4 mg/kg vv med median/gjennomsnitt på 0,11/0,21 mg/kg vv (tabell 8). Grenseverdien for kvikksølv i filet fra Atlantisk kveite er høyere enn for de fleste andre fiskeslag og er fastsatt til 1,0 mg/kg vv både i EU og Norge (EU, 2006, Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler). Åtte kveiter (2,0 %) hadde en konsentrasjon av kvikksølv i B-snitt over denne grenseverdien. I tillegg var det to kveiter som tangerte grenseverdien på 1,0 mg/kg vv.

Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i B-snitt fra kveite varierte mellom ulike havområder (tabell 8), og var lavest i kveite fra Barentshavet, noe høyere i Norskehavet-Nord, enda høyere i Nordsjøen/Skagerrak og høyest i kveite fanget i Norskehavet-Sør (se figur 1 for inndeling av de ulike områdene). Forskjellene mellom havområdene var statistisk signifikant for alle områder (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA,  $p < 0,005$ ), med unntak av Nordsjøen/Skagerrak som var signifikant forskjellig fra Barentshavet ( $p = 0,014$ ), men ikke signifikant forskjellig fra Norskehavet-Nord eller Norskehavet-Sør.

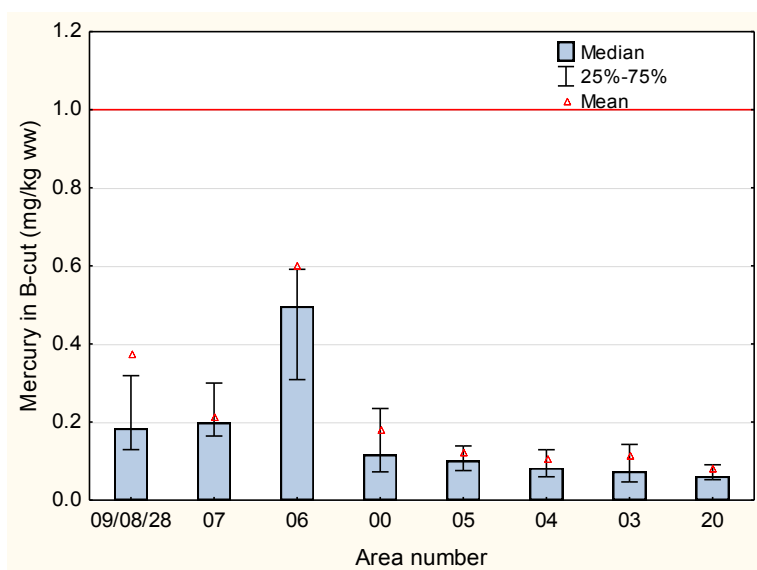
**Table 8. Concentrations of mercury in B-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), and minimum-maximum values within each area are given. The number of fish with concentrations above the EU maximum level for mercury in halibut muscle (1.0 mg/ml ww) is shown in a separate column.**

	Mercury (mg/kg ww)				
	N	Median	Mean $\pm$ SD	Min-Max	# >EU max level
<b>Barents Sea</b>	134	0.080	0.11 $\pm$ 0.08	0.019 - 0.61	0
<b>Norwegian Sea-North</b>	176	0.11	0.14 $\pm$ 0.11	0.021 - 0.80	0
<b>Norwegian Sea-South</b>	74	0.41	0.54 $\pm$ 0.50	0.034 - 2.4	7
<b>North Sea/Skagerrak</b>	8	0.18	0.38 $\pm$ 0.53	0.072 - 1.7	1
<b>All areas</b>	392	0.11	0.21 $\pm$ 0.29	0.019 - 2.4	8

En videre inndeling av områdene i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder (se figur 1), viste at det var særlig kveite fra område 06 i Norskehavet-Sør som hadde de høyeste kvikksølvkonsentrasjonene med median/gjennomsnitt på 0,50/0,60 mg/kg vv (figur 7, appendixtabell A3). Kvikksølvinnholdet i kveite fra område 06 var signifikant høyere enn i kveite fra alle de andre områdene som ble undersøkt ( $p < 0,0001$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA), med unntak av område 07 og område 09/08/28 (område 08, 09 og 28 er slått sammen i figur 7 pga svært få fisk i hvert

av områdene). Også i område 07 og område 09/08/28 var kvikksølvnivåene lavere enn i område 06, men forskjellen var ikke statistisk signifikant, trolig på grunn av det lave antallet fisk i disse områdene (11 fisk i område 07; 8 fisk i område 09/08/28).

Syv av de åtte kveitene med kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien ble fanget i område 06 i Norskehavet-Sør (appendixtabell A3). Dette utgjorde 11% av de 63 kveitene som ble fanget i dette området. Også de to kveitene som tangerte grenseverdien kom fra område 06. Den siste kveiten med kvikksølv over grenseverdien var en stor kveite på 173 kg som ble fanget i område 28 i Nordsjøen (appendixtabell A3).



**Figure 7. Concentrations of mercury in B-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by red triangles. The red horizontal line indicates the EU maximum level for mercury in muscle meat from Atlantic halibut.**

Konsentrasjonen av kvikksølv økte med økende størrelse på fisken, og en inndeling av kveitene i seks ulike vektklasser viste at kvikksølvkonsentrasjonen i den største vektklassen (120-225 kg) var omtrent åtte ganger høyere enn kvikksølvkonsentrasjonen i den minste vektklassen (0,7-10 kg) (tabell 9).

Også prosentandelen av kveitene med konsentrasjoner av kvikksølv over grenseverdien økte med økende vektklasse. I de to minste vektklassene var det ingen fisk som oversteg grenseverdien, og i vektklassen 21-40 kg hadde kun 1,2 % av fisken verdier over grenseverdien. I vektklassen 41-60 kg

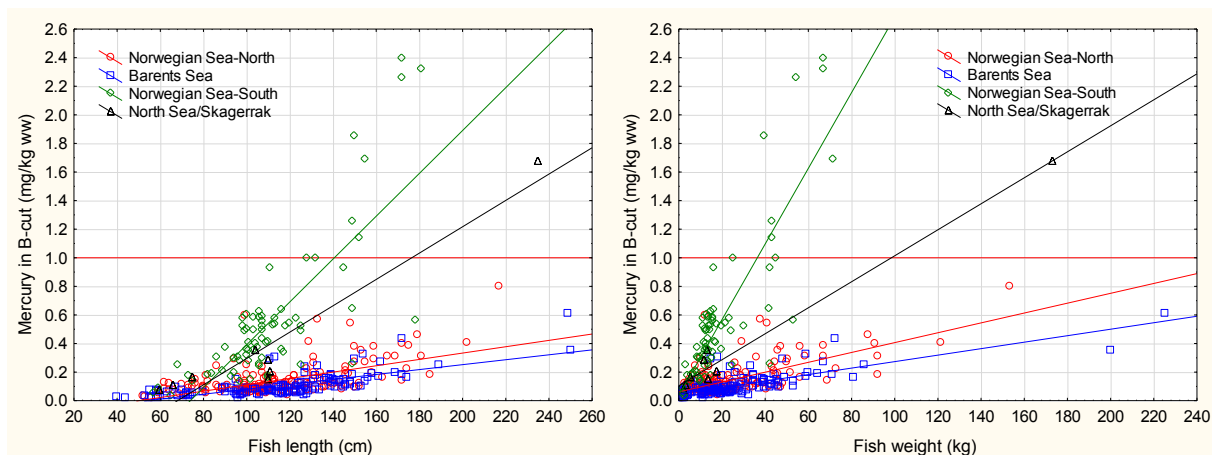
hadde mer enn 6,8 % av fisken verdier over grenseverdien, og i de to største vektklassene var prosentandelen som oversteg grenseverdien 18-20 % (tabell 9).

Syv av de åtte kveitene som oversteg grenseverdien kom fra område 06, og dersom man ser på dette området alene var prosentandelen som oversteg grenseverdien i dette området 14 % i vektklassen 21-40 kg, 38 % i vektklassen 41-60 kg og 100 % i vektklassen 62-100 kg. Det ble ikke fanget fisk i vektklassen 120-225 kg i område 06.

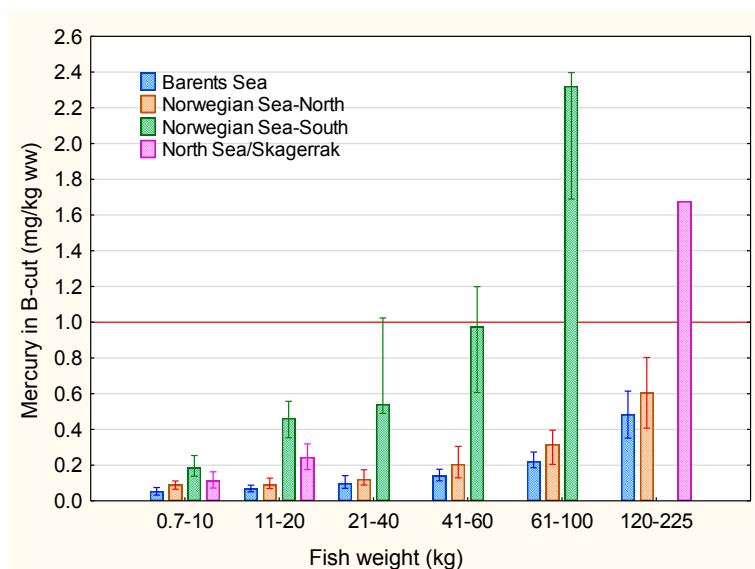
**Table 9. Concentrations of mercury in B-cut of muscle from Atlantic halibut of different weight groups. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), minimum-maximum values, and number and percentage of fish with concentrations above the EU maximum level for mercury in halibut muscle (1.0 mg/kg ww) are shown.**

Weight group (kg)	Mercury (mg/kg ww)				
	N	Median	Mean $\pm$ SD	Min-Max	# >EU max level
0.7-10	87	0.077	0.10 $\pm$ 0.08	0.019 - 0.37	0
11-20	154	0.098	0.19 $\pm$ 0.18	0.021 - 0.93	0
21-40	85	0.12	0.18 $\pm$ 0.24	0.042 - 1.9	1 (1.2%)
41-60	44	0.19	0.35 $\pm$ 0.41	0.081 - 2.3	3 (6.8%)
61-100	17	0.31	0.61 $\pm$ 0.75	0.14 - 2.4	3 (18%)
120-225	5	0.61	0.77 $\pm$ 0.54	0.35 - 1.7	1 (20%)

Kvikksølvkonsentrasjonen i B-snitt fra Atlantisk kveite økte med økende lengde og vekt på fisken i alle de fire hovedområdene som ble undersøkt (figur 8). Korrelasjonen mellom kvikksølv og lengde/vekt var sterk i alle områder med  $r=0,72/0,78$ ,  $p<0,0001$  i Barentshavet,  $r=0,58/0,67$ ,  $p<0,0001$  i Norskehavet Nord,  $r=0,78/0,84$ ,  $p<0,0001$  i Norskehavet-Sør og  $r=0,96/0,99$ ,  $p<0,001$  i Nordsjøen/Skagerrak. Kvikksølvkonsentrasjonen økte mye raskere med økende størrelse på fisken i Norskehavet-Sør enn i Norskehavet-Nord og i Barentshavet (figur 8), og sammenligning av fisk med samme størrelse fra de ulike områdene viste at fisk fra Norskehavet-Sør generelt hadde betydelig høyere konsentrasjon av kvikksølv enn fisk av samme størrelse fra de to nordligste områdene (figur 9). Også fisk fra Nordsjøen/Skagerrak hadde høyere kvikksølvkonsentrasjon enn fisk fra de to nordligste havområdene (figur 9), men siden det ble samlet inn kun åtte fisk i havområdet Nordsjøen/Skagerrak, syv fisk fra de to minste vektklassene og én fisk fra den største vektklassen, er resultatene for dette området beheftet med større usikkerhet.



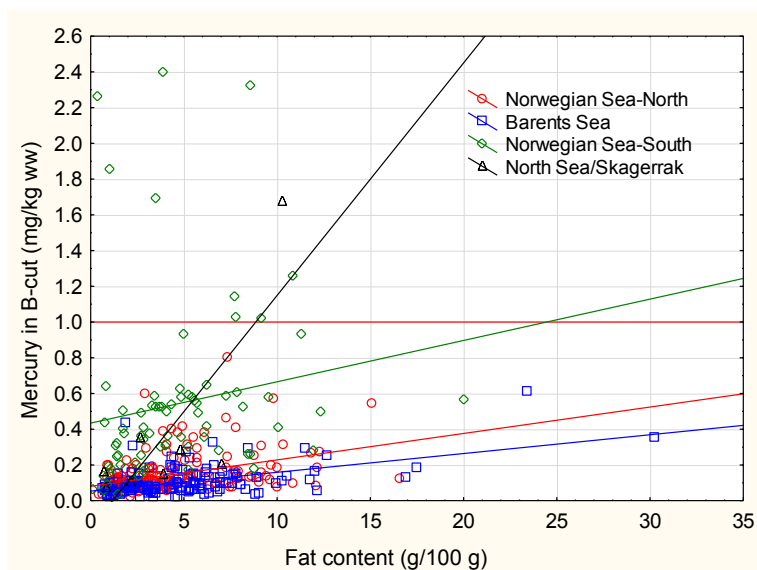
**Figure 8.** Correlation between mercury concentration in muscle (B-cut) and length (left) and weight (right) of Atlantic halibut from different geographical areas. The red horizontal line indicates the EU maximum level for mercury in muscle meat from Atlantic halibut.



**Figure 9.** Concentration of mercury in muscle (B-cut) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak grouped according to fish weight. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each weight group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for mercury in muscle meat from Atlantic halibut.

I tre av havområdene ble det også funnet en sammenheng mellom kvikksølv og fettinnhold ved at kvikksølvkonsentrasjonen økte med økende fettinnhold i B-snittet (figur 10). Denne samvariasjonen kan skyldes at både kvikksølv og fettinnhold økte med økende størrelse på fisken. Korrelasjonen mellom kvikksølv og fettinnhold var sterk i Barentshavet ( $r=0,52$ ,  $p<0,0001$ ) og Nordsjøen/Skagerrak ( $r=0,80$ ,  $p=0,017$ ) og moderat i Norskehavet-Nord ( $r=0,39$ ,  $p<0,0001$ ), men i Norskehavet-Sør ble det ikke funnet noen signifikant korrelasjon mellom kvikksølv og fettinnhold i B-snitt ( $p=0,16$ ).

Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er også her beheftet med større usikkerhet pga lavt antall fisk i dette området.



**Figure 10. Correlation between mercury concentration and fat content in B-cut of Atlantic halibut from different geographical areas. The red horizontal line indicates the EU maximum level for mercury in muscle meat from Atlantic halibut.**

### 5.2.3. Arsen

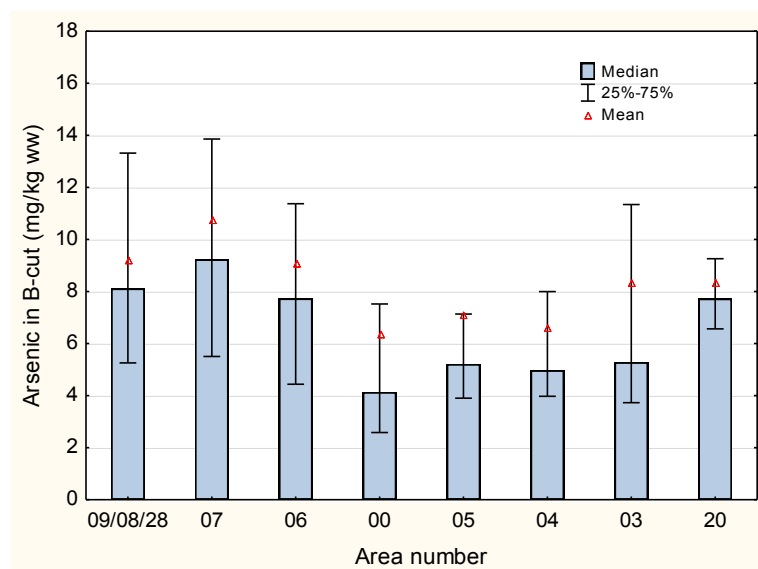
Det var stor variasjon i konsentrasjonen av arsen i muskel (B-snitt) fra kveite fra en minste verdi på 0,89 mg/kg vv til en svært høy verdi på 101 mg/kg vv (tabell 10). Det var kun et fåtall fisk som hadde de aller høyeste arsenkonsentrasjonene (se figur 12), men innholdet av arsen i kveite var likevel høyt i forhold til mange andre arter med median og gjennomsnitt på 5,3 og 7,5 mg/kg vv (tabell 10).

**Table 10. Concentrations of arsenic in B-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), and minimum-maximum values within each area are given.**

	Arsenic (mg/kg ww)			
	N	Median	Mean $\pm$ SD	Min-Max
<b>Barents Sea</b>	134	5.2	7.0 $\pm$ 5.0	1.1 - 28
<b>Norwegian Sea-North</b>	176	5.1	6.9 $\pm$ 8.9	0.89 - 101
<b>Norwegian Sea-South</b>	74	7.9	9.4 $\pm$ 8.4	1.5 - 66
<b>North Sea/Skagerrak</b>	8	8.1	9.2 $\pm$ 4.7	4.3 - 16
<b>All areas</b>	392	5.3	7.5 $\pm$ 7.7	0.89 - 101

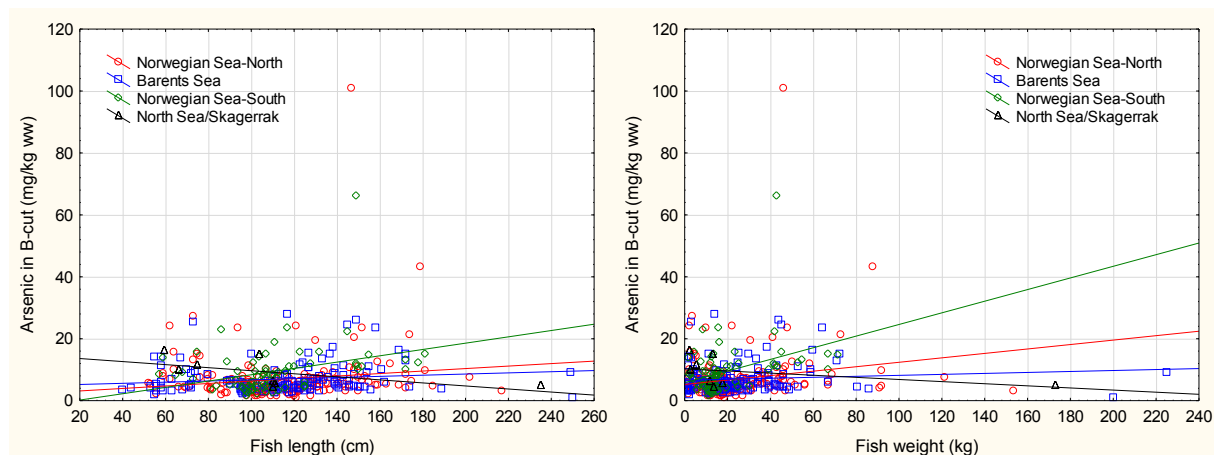
Median og gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon varierte mellom havområdene (tabell 10) og var signifikant høyere i Norskehavet-Sør enn i Barentshavet ( $p=0,033$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA) og Norskehavet-Nord ( $p<0,0002$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA). Også arsennivået i Nordsjøen/Skagerrak var høyere enn i Barentshavet og Norskehavet-Nord (tabell 10), men få fisk i området Nordsjøen/Skagerrak gjør usikkerheten større og forskjellen var ikke statistisk signifikant. De tre høyeste arsenkonsentrasjonene ble funnet i to kveiter fra Norskehavet-Nord (101 og 43 mg/kg vv) og én kveite fra Norskehavet-Sør (66 mg/kg vv).

Det var liten forskjell i arsenkonsentrasjon mellom ulike områder innenfor havområdene (figur 11, appendixtabell A4). Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA viste at arsenkonsentrasjonen i område 06 og 07 var signifikant høyere enn arsenkonsentrasjonen i område 00 ( $p<0,005$ ), men det ble ikke funnet andre signifikante forskjeller mellom områdene.



**Figure 11. Concentrations of arsenic in B-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by red triangles.**

I motsetning til resultatene for kvikksølv, var det liten eller ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av arsen i B-snitt fra Atlantisk kveite og lengde og vekt på fisken i de ulike havområdene (figur 12). Det var ingen signifikant korrelasjon mellom arsen og lengde/vekt i Barentshavet eller Nordsjøen/Skagerrak og i Norskehavet-Nord var det en svak positiv korrelasjon mellom arsen og vekt ( $r=0,18$ ,  $p=0,019$ ), men ingen signifikant korrelasjon med lengde ( $r=0,13$ ,  $p=0,079$ ). Bare i Norskehavet-Sør ble det funnet en middels positiv korrelasjon mellom arsen og både lengde ( $r=0,31$ ,  $p<0,01$ ) og vekt ( $r=0,35$ ,  $p<0,005$ ).



**Figure 12. Correlation between arsenic concentration in muscle (B-cut) and length (left) and weight (right) of Atlantic halibut from different geographical areas.**

#### 5.2.4. Selen

Konsentrasjonen av selen i B-snitt fra kveitene varierte mellom 0,16 og 1,1 mg/kg vv med median/gjennomsnitt på 0,44/0,47 mg/kg vv (tabell 11).

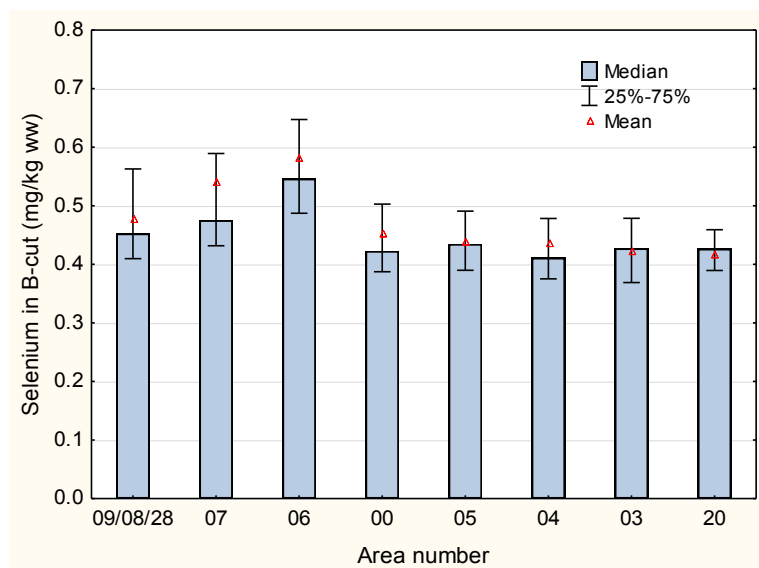
Selenkonsentrasjonen varierte lite mellom havområdene, men var noe høyere i Norskehavet-Sør enn i de andre havområdene (tabell 11). Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA viste at selenkonsentrasjonen var signifikant høyere i Norskehavet-Sør enn i Barentshavet ( $p < 0,0001$ ).

Område 06 innenfor Norskehavet-Sør hadde den høyeste selenkonsentrasjonen med median/gjennomsnitt på 0,55/0,59 mg/kg vv (figur 13, appendixtabell A4), og selenkonsentrasjonen i dette området var signifikant høyere enn i alle andre områder unntatt område 07 og område 09/08/28 ( $p = 0,041$  for område 20 og  $p < 0,0001$  for alle andre områder unntatt område 07 og 98/08/28).

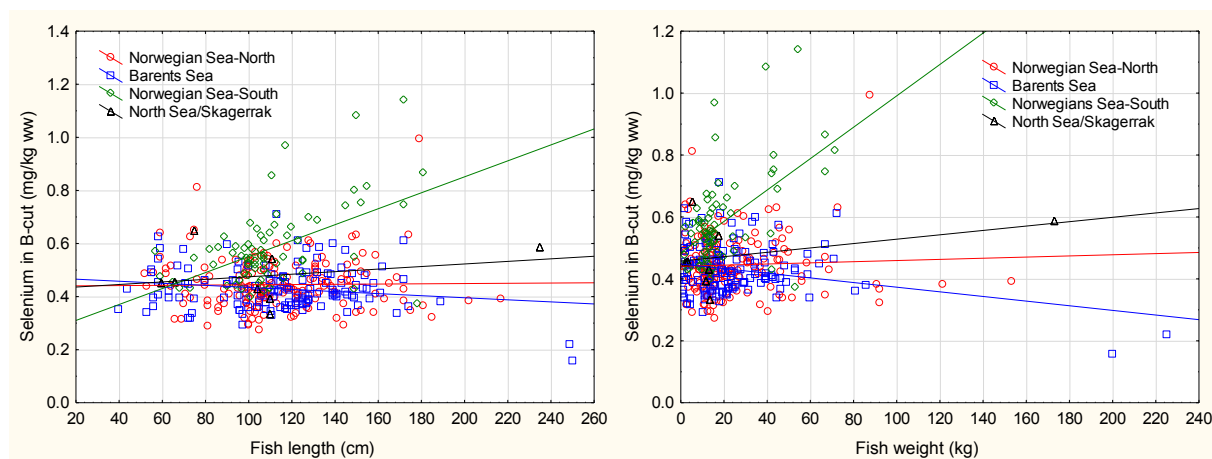
**Table 11. Concentrations of selenium in B-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), and minimum-maximum values within each area are given.**

	Selenium (mg/kg ww)			
	N	Median	Mean $\pm$ SD	Min-Max
<b>Barents Sea</b>	134	0.42	0.43 $\pm$ 0.08	0.16 – 0.71
<b>Norwegian Sea-North</b>	176	0.43	0.44 $\pm$ 0.09	0.27 – 0.99
<b>Norwegian Sea-South</b>	74	0.55	0.58 $\pm$ 0.15	0.35 – 1.1
<b>North Sea/Skagerrak</b>	8	0.45	0.48 $\pm$ 0.10	0.33 – 0.65
<b>All areas</b>	392	0.44	0.47 $\pm$ 0.12	0.16 – 1.1





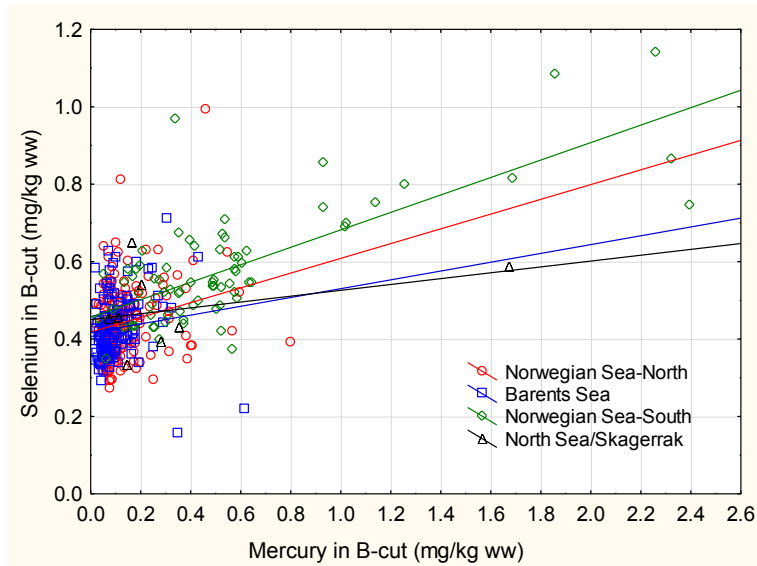
**Figure 13.** Concentrations of selenium in B-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by red triangles.



**Figure 14.** Correlation between selenium concentration in muscle (B-cut) and length (left) and weight (right) of Atlantic halibut from different geographical areas.

Selenkonsentrasjonen i B-snitt fra Atlantisk kveite økte signifikant med økende lengde ( $r=0,52$ ,  $p<0,0001$ ) og vekt ( $r=0,53$ ,  $p<0,0001$ ) på fisken i området Norskehavet-Sør, men ikke i de tre andre hovedområdene som ble undersøkt (figur 14). Det var ingen signifikant korrelasjon mellom selen og lengde/vekt i Norskehavet-Nord eller i Nordsjøen/Skagerrak, og i Barentshavet var det en svak negativ korrelasjon med lengde ( $r= -0,17$ ,  $p=0,049$ ) og vekt ( $r= -0,27$ ,  $p=0,0014$ ). Sammenligning av fisk med samme størrelse viste at fisk fra Norskehavet-Sør generelt hadde høyere selenkonsentrasjon enn fisk

av samme størrelse fra de andre tre hovedområdene (figur 14), med unntak av de minste fiskene (under 10 kg og 100 cm) som viste liten forskjell i selenkonsentrasjon mellom områdene.



**Figure 15. Correlation between selenium and mercury concentrations in B-cut of Atlantic halibut from different geographical areas.**

Selenkonsentrasjonen i B-snitt økte med økende kvikksølvkonsentrasjon i B-snitt i Norskehavet-Sør ( $r=0,74$ ,  $p<0,0001$ ), og det var også en svak, men signifikant positiv korrelasjon mellom selen og kvikksølv i Norskehavet-Nord ( $r=0,23$ ,  $p=0,002$ ) (figur 15). I Barentshavet og Nordsjøen/Skagerrak var det imidlertid ingen signifikant korrelasjon mellom selen og kvikksølv i B-snitt av kveitemuskel.

### 5.3. Organiske miljøgifter i muskel (B-snitt og I-snitt)

#### 5.3.1. Dioksiner og dioksinlignende PCB

Både B-snitt og I-snitt av muskel fra kveiteprøvene ble analysert for dioksiner (PCDD), furaner (PCDF) og dioksinlignende PCB (mono-orto-PCB og non-orto PCB; dl-PCB), og resultatene for sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB er oppsummert i tabell 12.

**Table 12. Concentrations of sum dioxins and furans (PCDD/F), sum mono-ortho and non-ortho PCB (dl-PCB), and sum PCDD/F+dioxin-like PCBs (PCDD/F+dl-PCB) in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), minimum-maximum values and the percentage of fish with concentrations above the EU maximum levels are shown.**

	N	Sum PCDD/F (ng TEQ/kg ww)		Sum dl-PCB (ng TEQ/kg ww)		Sum PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)	
		Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max (%> EU max level) <sup>a</sup>	Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max	Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max (%> EU max level) <sup>b</sup>
<b>B-cut</b>							
Barents Sea	133	0.18 (0.32 $\pm$ 0.67)	0.033-6.5 (1.5%)	0.37 (1.3 $\pm$ 6.4)	0.026-67	0.56 (1.6 $\pm$ 7.1)	0.065-73 (1.5%)
Norwegian Sea-North	176	0.19 (0.27 $\pm$ 0.31)	0.023-2.9 (0%)	0.38 (0.66 $\pm$ 0.81)	0.023-6.0	0.59 (0.93 $\pm$ 1.1)	0.048-9.0 (0.6%)
Norwegian Sea-South	73	0.49 (0.73 $\pm$ 0.84)	0.032-4.0 (4.1%)	1.0 (1.3 $\pm$ 1.2)	0.012-6.5	1.5 (2.0 $\pm$ 2.0)	0.044-11 (4.1%)
North Sea/Skagerrak	8	0.27 (0.46 $\pm$ 0.65)	0.060-2.0 (0%)	0.51 (1.9 $\pm$ 4.1)	0.022-12	0.80 (2.4 $\pm$ 4.7)	0.082-14 (1.3%)
All areas	390	0.22 (0.38 $\pm$ 0.60)	0.023-6.5 (1.3%)	0.45 (1.0 $\pm$ 3.9)	0.012-67	0.67 (1.4 $\pm$ 4.4)	0.044-73 (1.8%)
<b>I-cut</b>							
Barents Sea	126	0.54 (0.71 $\pm$ 0.78)	0.11-6.0 (1.6%)	1.1 (2.3 $\pm$ 6.5)	0.026-58	1.7 (3.0 $\pm$ 7.2)	0.13-64 (5.6%)
Norwegian Sea-North	176	0.55 (0.75 $\pm$ 0.75)	0.060-5.8 (1.7%)	1.4 (1.9 $\pm$ 2.1)	0.024-16	2.0 (2.7 $\pm$ 2.7)	0.084-21 (6.8%)
Norwegian Sea-South	73	2.0 (2.7 $\pm$ 3.0)	0.059-17 (21%)	4.2 (5.0 $\pm$ 4.4)	0.025-28	6.2 (7.7 $\pm$ 7.3)	0.084-45 (48%)
North Sea/Skagerrak	8	0.76 (1.4 $\pm$ 1.5)	0.23-4.2 (13%)	2.3 (4.1 $\pm$ 6.2)	0.055-19	3.5 (5.5 $\pm$ 7.5)	0.29-23 (25%)
All areas	383	0.63 (1.1 $\pm$ 1.7)	0.059-17 (5.5%)	1.4 (2.7 $\pm$ 4.6)	0.024-58	2.1 (3.8 $\pm$ 5.9)	0.084-64 (15%)

<sup>a</sup> The EU maximum level for sum PCDD/F in muscle meat of fish is 3.5 ng TEQ/kg w.w.

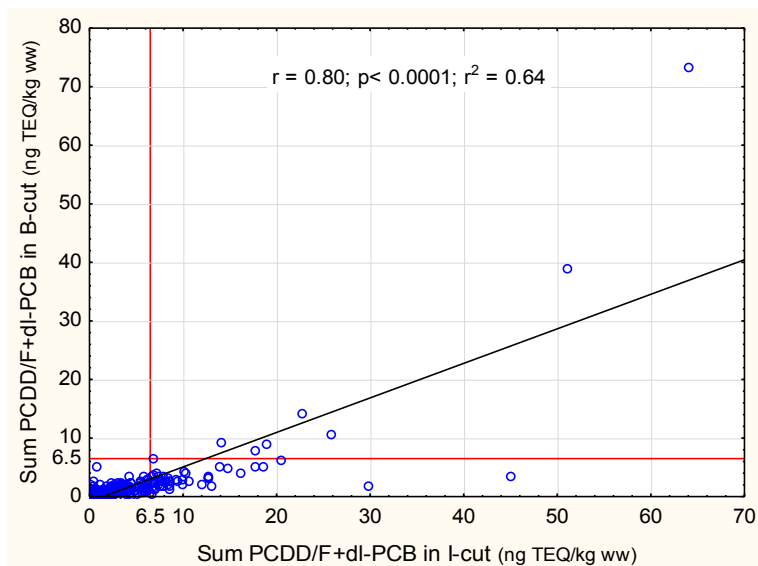
<sup>b</sup> The EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in muscle meat of fish is 6.5 ng TEQ/kg w.w.

Det var stor variasjon i konsentrasjonen av disse organiske miljøgiftene både i B-snitt og I-snitt.

Konsentrasjonen av sum PCDD/F varierte fra 0,023 til 6,5 ng TE/kg vv i B-snitt og fra 0,059 til 17 ng

TE/kg vv i I-snitt, mens konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB varierte fra 0,044 til 73 ng TE/kg vv i B-snitt og fra 0,084 til 64 ng TE/kg i I-snitt (tabell 12). Maksimumsverdiene både for sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB var svært høye både i B-snitt og I-snitt, men det var bare et fåtall fisk som hadde de aller høyeste verdiene (figur 16). To svært store kveiter på 200 og 225 kg fanget i Varangerfjorden i område 03, hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over 38 ng TE/kg vv både i B-snitt og I-snitt, og ytterligere ti kveiter med vekt mellom 40 og 173 kg hadde konsentrasjoner i I-snitt over 15 ng TE/kg vv (figur 16). Median og gjennomsnittlig konsentrasjon av både sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB var nær tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt (tabell 12).

Det var en svært god korrelasjon mellom konsentrasjonene i B-snitt og I-snitt både for sum PCDD/F ( $r=0,69$ ,  $p<0,0001$ ), sum dl-PCB ( $r=0,86$ ,  $p<0,0001$ ) og sum PCDD/F+dl-PCB ( $r=0,80$ ,  $p<0,0001$ ). Korrelasjonsplot for sum PCDD/F+dl-PCB er vist i figur 16.



**Figure 16. Correlation between concentration of sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut and concentration of sum PCDD/F+dl-PCB in I-cut of muscle from Atlantic halibut. The red horizontal and vertical lines indicate the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

Grenseverdien for sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB i fiskemuskel er henholdsvis 3,5 ng TE/kg vv og 6,5 ng TE/kg vv både i EU og Norge (EU, 2006, Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler). Det var kun et lite antall kveiter som hadde konsentrasjoner i B-snitt over disse grenseverdiene. Fem (1,3%) og syv (1,8%) kveiter hadde konsentrasjoner i B-snitt som oversteg grenseverdiene for henholdsvis sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB (tabell 12). En mye større andel av kveitene hadde imidlertid konsentrasjoner i I-snitt som oversteg grenseverdiene; henholdsvis

21 (5,5%) og 56 (15%) kveiter hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB i I-snitt over grenseverdiene (tabell 12).

Alle fisk som hadde overskridelser i B-snitt hadde samtidig overskridelser i I-snitt (figur 16), og både for B-snitt og I-snitt viste resultatene at alle fisk som hadde konsentrasjoner over grenseverdien for sum PCDD/F, samtidig hadde konsentrasjoner over grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Det var bare en svak korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB og konsentrasjonen av kvikksølv i B-snitt fra kveitene ( $r=0,28$ ,  $p<0,0001$ ), og av de åtte kveitene som oversteg grenseverdien for kvikksølv og de syv kveitene som oversteg grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB i B-snitt, var det kun tre kveiter som oversteg begge grenseverdier samtidig.

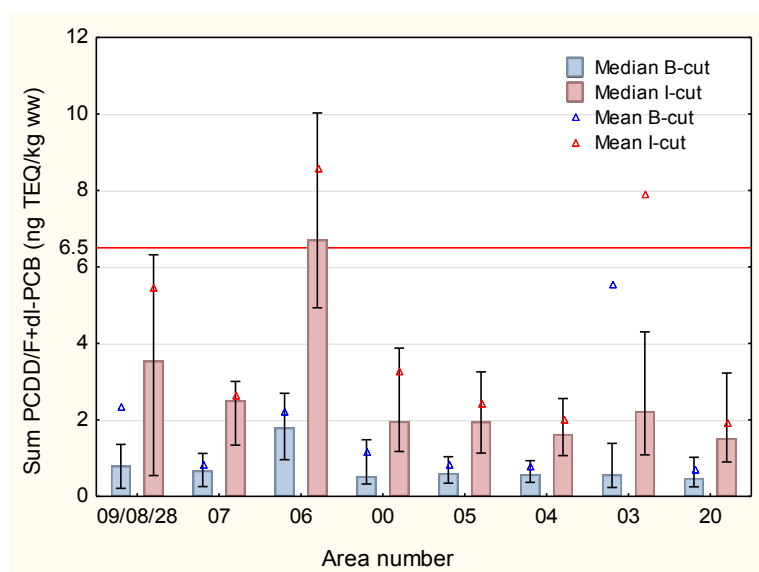
Nivået av sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB, både i B-snitt og I-snitt, varierte mellom de ulike havområdene og var lavest i kveite fra Barentshavet og Norskehavet-Nord, noe høyere i Nordsjøen/Skagerrak og klart høyest i kveite fanget i Norskehavet-Sør (tabell 12). Både for B-snitt og I-snitt ble det funnet at nivået av sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB var signifikant høyere i Norskehavet-Sør enn i Barentshavet og Norskehavet-Nord ( $p<0,0001$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA). Det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell på nivået i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak, men dette kan skyldes det lave antallet fisk (med stor variasjon i nivåer) fra området Nordsjøen/Skagerrak.

Ingen av havområdene hadde median eller gjennomsnitt for B-snitt eller I-snitt over grenseverdiene for sum PCDD/F eller sum PCDD/F+dl-PCB, med unntak av Norskehavet-Sør som hadde median på 6,2 ng TE/kg vv og gjennomsnitt på 7,7 ng TE/kg vv for sum PCDD/F+dl-PCB i I-snitt, det siste klart over grenseverdien på 6,5 ng TE/kg vv (tabell 12). Førtiåtte prosent av kveitene fra Norskehavet-Sør hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB i I-snitt over grenseverdien (tabell 12).

En videre inndeling av områdene i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder, viste at det var kveite fra område 06 i Norskehavet-Sør som hadde de høyeste konsentrasjonene av disse miljøgiftene (figur 17, appendixtabell A5, A6 og A7). Både for B-snitt og I-snitt var nivået av sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB signifikant høyere i kveite fra område 06 enn i kveite fra alle de andre områdene (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA,  $p<0,05$  for område 03,  $p<0,002$  for andre områder), med unntak av område 07, område 09/08/28 og område 20. Også i de tre siste områdene var nivåene av disse miljøgiftene lavere enn i område 06, men forskjellen var ikke statistisk signifikant noe som kan skyldes at få fisk i disse områdene (11 fisk i område 07, 8 fisk i område 09/08/28 og 6 fisk i område 20) gjør det vanskeligere å påvise signifikante forskjeller.

Selv om nivåene i område 06 var høyere enn i de andre områdene, var nivåene i B-snitt ikke spesielt høye, med median/gjennomsnitt på 0,55/0,81 ng TE/kg vv for sum PCDD/F og 1,8/2,2 ng TE/kg vv for sum PCDD/F+dl-PCB. Nivåene i I-snitt var imidlertid høye i dette området med

median/gjennomsnitt for sum PCDD/F på 2,1/3,1 ng TE/kg vv og median/gjennomsnitt for sum PCDD/F+dl-PCB på 6,7/8,6 ng TE/kg vv (figur 17, appendixtabell A5 og A7), det siste klart over grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Også i område 03 ble det funnet høye gjennomsnittsverdier for sum PCDD/F+dl-PCB både i B-snitt (5,6 ng TE/kg vv) og i I-snitt (7,9 ng TE/kg vv). Dette skyldtes imidlertid kun to svært store fisk (200 og 225 kg) med meget høye konsentrasjoner som trakk opp gjennomsnittsverdiene i dette området, og medianverdiene for sum PCDD/F+dl-PCB i område 03 var betydelig lavere, henholdsvis 0,56 og 2,2 ng TE/kg vv i B-snitt og I-snitt (figur 17, appendixtabell A5 og A7).



**Figure 17. Concentrations of sum dioxins and dioxin-like PCBs (sum PCDD/F+dl-PCB) in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by blue and red triangles. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

De syv kveitene som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB i B-snitt over grenseverdien var fordelt over flere områder, tre ble fanget i område 06, to i område 03, én i område 00 og én i område 28 (appendixtabell A7). De 56 kveitene som hadde overskridelser i I-snitt var fordelt over de fleste av områdene som ble undersøkt (unntatt område 20 og område 08), men de langt fleste kveitene med overskridelser kom fra område 06, der 34 av 62 kveiter (55%) hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB i I-snitt over grenseverdien (appendixtabell A7).

Konsentrasjonen av sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB økte med økende størrelse på fisken, og en inndeling av kveitene i seks ulike vektclasser viste at konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB var mer enn 60 ganger høyere i B-snitt og 21 ganger høyere i I-snitt i den største vektclassen (120-225 kg) i forhold til den minste vektclassen (0,7-10 kg) (tabell 13). Konsentrasjonen

av sum PCDD/F+dl-PCB i de to vektclassene mellom 41 og 100 kg var rundt 2-3 ganger høyere enn konsentrasjonen i de to vektclassene mellom 11 og 40 kg (tabell 13).

Også prosentandelen av kveitene med konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien økte med økende vektklasse. For B-snitt var det ingen fisk som oversteg grenseverdien i de tre minste vektclassene, i vektclassene 41-60 kg og 61-100 kg var det kun 6-7 % av fisken som oversteg grenseverdien, men i den største vektclassen (som besto av kun 5 fisk) var prosentandelen som oversteg grenseverdien 60 % (tabell 13). For I-snitt var det enkeltfisk som oversteg grenseverdien i alle vektclasser, kun 2,5 % i den minste vektclassen, men 9-14 % i vektclassene mellom 11 og 40 kg, rundt 30 % i vektclassene mellom 41 og 100 kg og 100 % av fisken over 120 kg oversteg grenseverdien i I-snitt (tabell 13).

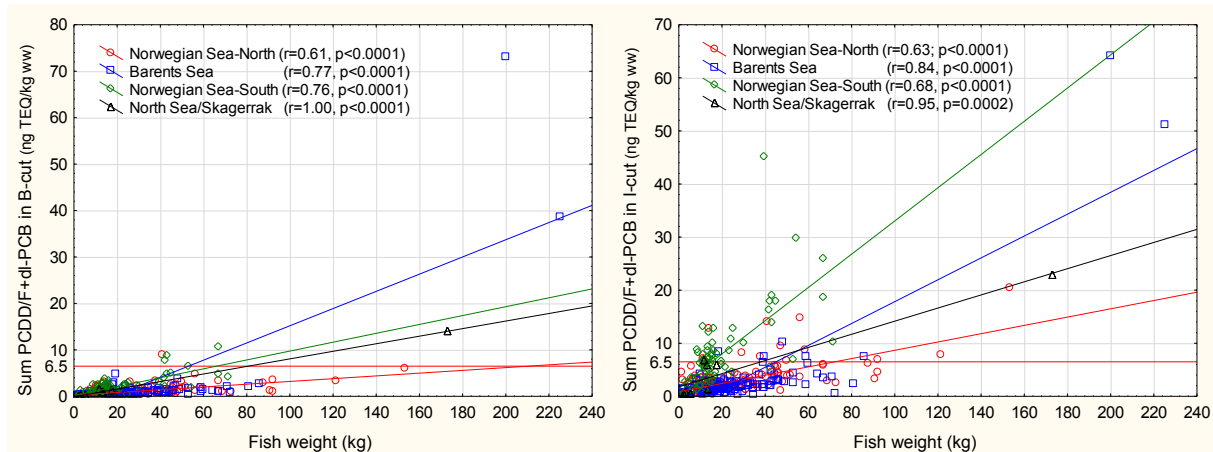
**Table 13. Concentrations of sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut of different weight groups. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), minimum-maximum values, and number and percentage of fish with concentrations above the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in halibut muscle (6.5 ng TEQ/kg ww) are shown.**

Weight group (kg)	Sum PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)				
	N	Median	Mean $\pm$ SD	Min-Max	# >EU max level
<b>B-cut</b>					
<b>0.7-10</b>	86	0.22	0.36 $\pm$ 0.39	0.044 – 2.5	0
<b>11-20</b>	153	0.57	0.92 $\pm$ 0.84	0.097 – 4.9	0
<b>21-40</b>	85	0.80	1.0 $\pm$ 0.72	0.14 – 3.3	0
<b>41-60</b>	44	1.5	2.4 $\pm$ 2.1	0.45 – 9.0	3 (6.8%)
<b>61-100</b>	17	2.0	2.6 $\pm$ 2.4	0.85 - 11	1 (5.9%)
<b>120-225</b>	5	14	27 $\pm$ 29	3.3 - 73	3 (60%)
<b>I-cut</b>					
<b>0.7-10</b>	79	1.1	1.6 $\pm$ 1.7	0.084 – 8.7	2 ( 2.5%)
<b>11-20</b>	153	1.8	3.0 $\pm$ 2.8	0.25 - 13	22 (14%)
<b>21-40</b>	85	2.1	3.4 $\pm$ 5.1	0.35 - 45	8 (9.4%)
<b>41-60</b>	44	4.4	6.9 $\pm$ 6.0	1.1 - 30	14 (32%)
<b>61-100</b>	17	4.5	6.8 $\pm$ 6.4	0.50 - 26	5 (29%)
<b>120-225</b>	5	23	33 $\pm$ 23	7.9 - 64	5 (100%)

De fleste kveitene som oversteg grenseverdien kom fra område 06, og dersom man ser på dette området alene var prosentandelen som oversteg grenseverdien for B-snitt 25 % for vektclassen 41-60 kg og 33 % for vektclassen 61-100 kg. (Det ble ikke fanget fisk i den største vektclassen i område 06.) For I-snitt var det 10 % i vektclassen 0,7-10 kg, 51% i vektclassen 11-20 kg, 70 % i vektclassen 21-40

kg, 88 % i vektclassen 41-60 kg og 100 % i vektclassen 61-100 kg som oversteg grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB i område 06.

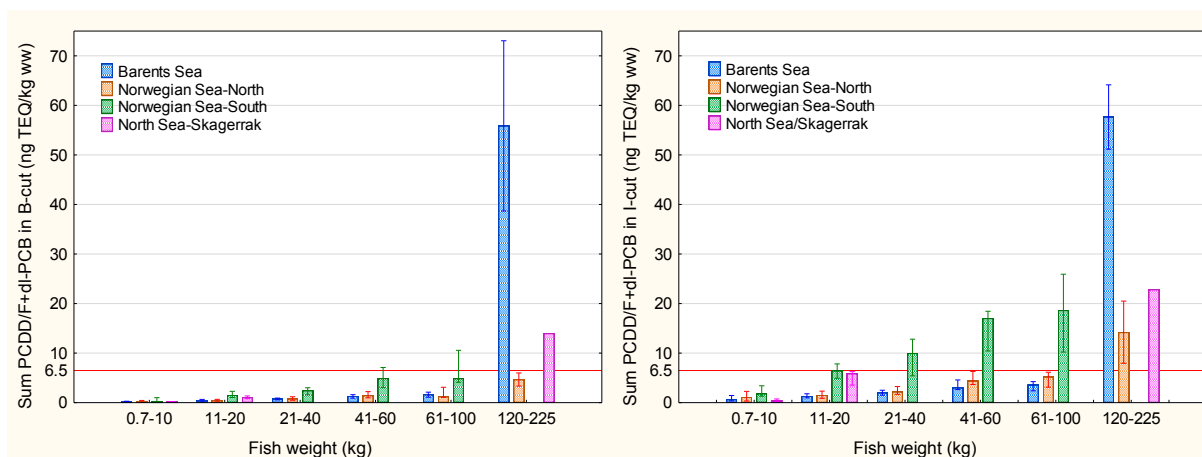
Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB økte med økende lengde og vekt på fisken i alle de fire hovedområdene som ble undersøkt, og det var en sterk korrelasjon mellom sum PCDD/F+dl-PCB og vekt ( $r=0,61-1,00$ ,  $p \leq 0,0002$ ) og lengde ( $r=0,50-0,97$ ,  $p \leq 0,0002$ ) i alle områder både for B-snitt og I-snitt (figur 18).



**Figure 18. Correlation between concentration of sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut (left) and I-cut (right) and weight of Atlantic halibut from different geographical areas. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

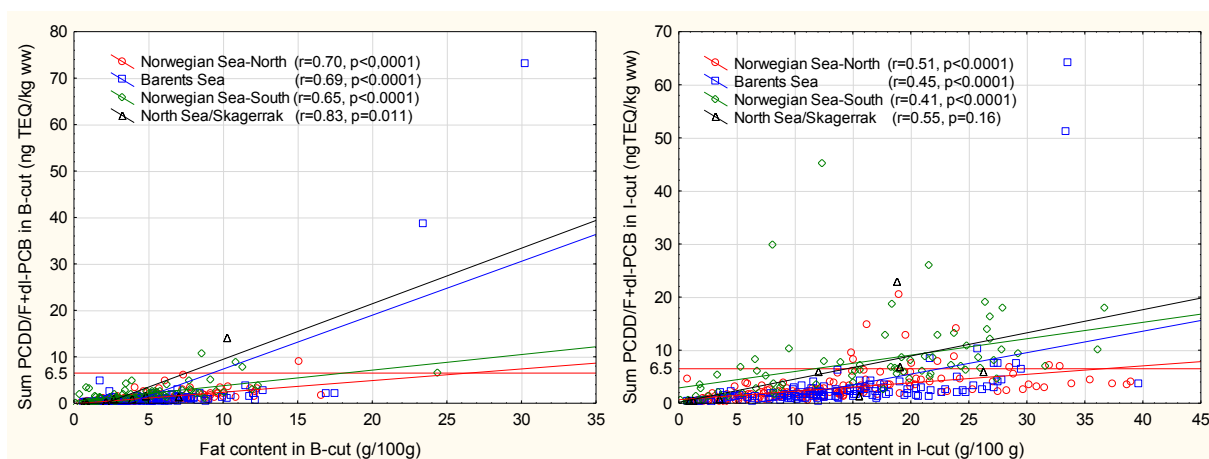
Sammenligning av fisk med samme størrelse viste på lignende måte som for kvikksølv at fisk fra Norskehavet–Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste vektclasser hadde betydelig høyere konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB enn fisk av samme størrelse fra begge de to nordligste områdene. Dette var særlig tydelig for I-snitt, men gjaldt også for B-snitt (figur 19). Unntakene var den minste vektclassen der det ikke ble funnet noen forskjell i konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB mellom havområdene, og den største vektclassen der fisk fra Barentshavet hadde høyest nivåer på grunn av to svært store fisk med svært høye konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB (figur 19). Siden det ble samlet inn kun åtte fisk i havområdet Nordsjøen/Skagerrak er resultatene for dette området beheftet med større usikkerhet enn for de andre områdene.





**Figure 19. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak grouped according to fish weight. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each weight group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

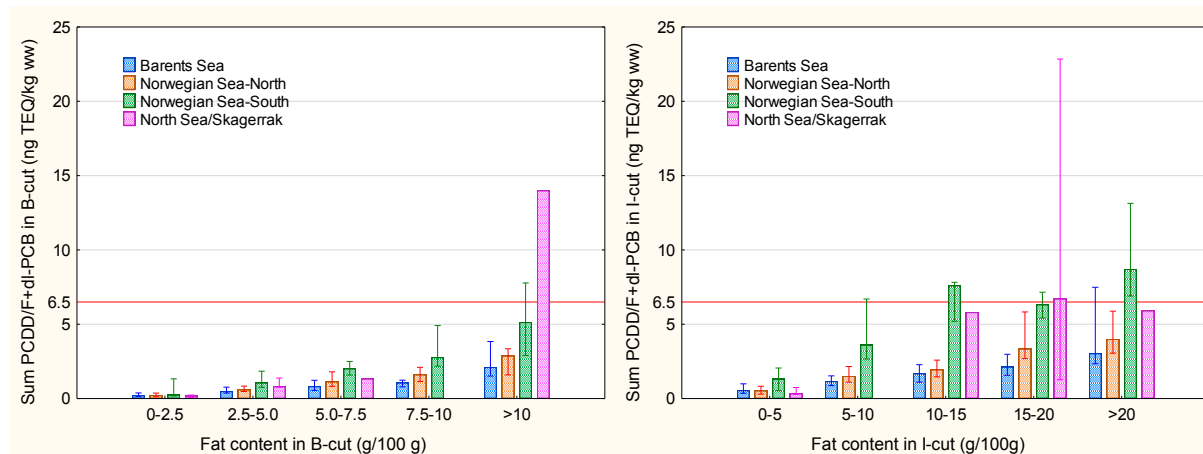
Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB økte også med økende fettinnhold i fisken både i B-snitt og I-snitt (figur 20). I B-snitt var korrelasjonen mellom sum PCDD/F+dl-PCB og fettinnhold sterk i alle de fire havområdene ( $r=0,65-0,83$ ,  $p \leq 0,011$ ). I I-snitt var korrelasjonen svakere, med moderat korrelasjon i Barentshavet, Norskehavet-Nord og Norskehavet-Sør ( $r=0,41-0,51$ ,  $p < 0,0001$ ), og ingen signifikant korrelasjon mellom sum PCDD/F+dl-PCB og fettinnhold i Nordsjøen/Skagerrak (figur 20). Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er mer usikre på grunn av få fisk i dette området.



**Figure 20. Correlation between concentration of sum PCDD/F+dl-PCB and fat content in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from different geographical areas. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

Sammenligning av fisk med samme fettinnhold (figur 21), viste at kveite fra Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste fettinnhold-klasser hadde høyere konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-

PCB enn fisk med samme fettinnhold fra begge de to nordligste områdene. Dette var særlig tydelig for I-snitt, mens for B-snitt var det mindre forskjeller mellom havområdene (figur 21).



**Figure 21. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCB against fat content in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each fat content group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle.**

### 5.3.2. Ikke-dioksinlignende PCB, PCB<sub>6</sub>

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub> i kveitemuskel (B-snitt og I-snitt) ble analysert i 390 prøver av B-snitt og 383 prøver av I-snitt, og resultatene er oppsummert i tabell 14. Sum PCB<sub>6</sub> er summen av de seks ikke-dioksinlignende PCBene PCB-28, 52, 101, 138, 153 og 180, og fra 2012 er det i EU fastsatt en øvre grenseverdi for sum PCB<sub>6</sub> i fiskemuskel på 75 µg/kg vv som også er tatt inn i norsk rett (EU, 2006, Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler). Det er ikke fastsatt noen slik øvre grenseverdi for sum PCB<sub>7</sub> (som inkluderer den dioksinlignende PCB-118 i tillegg til sum PCB<sub>6</sub>), men konsentrasjonen av sum PCB<sub>7</sub> er likevel av interesse både for sammenligning med tidligere data der sum PCB<sub>7</sub> har vært analysert, og for sammenligning med data fra miljøovervåking som fremdeles rapporterer sum PCB<sub>7</sub> og ikke sum PCB<sub>6</sub>.

Det var svært stor variasjon i konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub> både i B-snitt og I-snitt av Atlantisk kveite (tabell 14). Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> varierte fra 0,12 til 400 µg/kg vv i B-snitt og fra 0,29 til 390 µg/kg vv i I-snitt, med median/gjennomsnitt på 5,4/10 µg/kg vv i B-snitt og 17/29 µg/kg vv i I-snitt. Som også for dioksiner og dioksinlignende PCB (se avsnitt 5.3.1.) var median og gjennomsnittlig konsentrasjon av både sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub> nær tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt (tabell 14). Det var konsentrasjonen av PCB-153 og PCB-138 som bidro mest til sum PCB<sub>6</sub>. PCB-153 utgjorde rundt 42 % og PCB-138 rundt 28 % av sum PCB<sub>6</sub> både i B-snitt og I-snitt.

Fire kveiter (1,0%) hadde en konsentrasjon av sum PCB<sub>6</sub> over grenseverdien i B-snitt og 29 kveiter (7,6%) hadde konsentrasjon over grenseverdien i I-snitt (tabell 14). Alle fisk som hadde overskridelser i B-snitt hadde samtidig overskridelser i I-snitt.

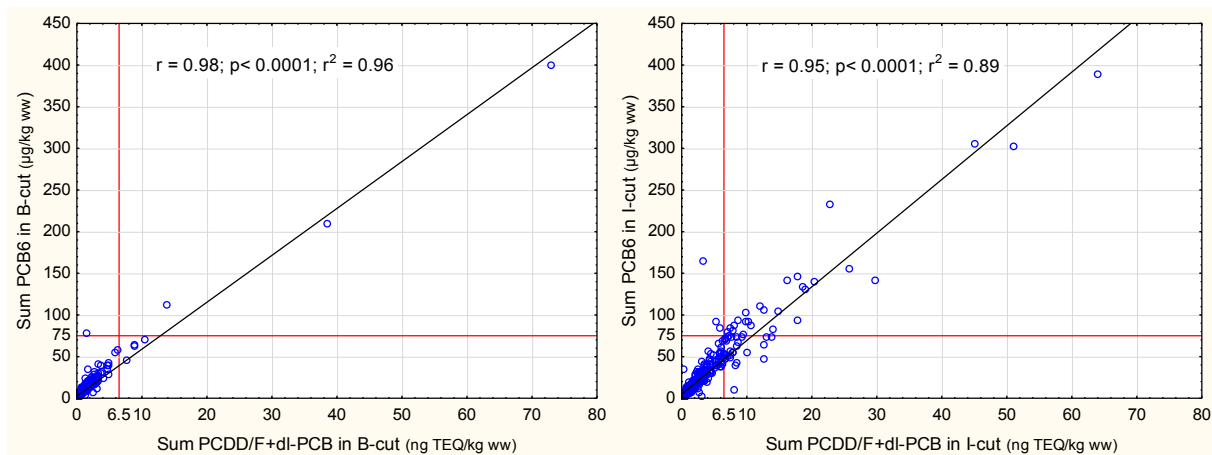
**Table 14. Concentrations of sum PCB<sub>6</sub> and sum PCB<sub>7</sub> in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD), minimum-maximum values and the percentage of fish with concentrations above the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> are shown.**

	N	Sum PCB <sub>6</sub> ( $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ )		Sum PCB <sub>7</sub> ( $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ )	
		Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max (%> EU max level) <sup>a</sup>	Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max
<b>B-cut</b>					
Barents Sea	133	4.7 (10 $\pm$ 39)	0.25-400 (1.5%)	5.3 (12 $\pm$ 48)	0.29-500
Norwegian Sea-North	176	4.9 (7.5 $\pm$ 10)	0.12-77 (0.6%)	5.5 (8.5 $\pm$ 11)	0.12-79
Norwegian Sea-South	73	12 (17 $\pm$ 15)	0.20-70 (0%)	14 (19 $\pm$ 17)	0.23-79
North Sea/ Skagerrak	8	6.1 (20 $\pm$ 38)	0.52-110 (13%)	6.7 (22 $\pm$ 44)	0.57-130
<b>All areas</b>	<b>390</b>	<b>5.4 (10 <math>\pm</math>25)</b>	<b>0.12-400 (1.0%)</b>	<b>6.0 (12 <math>\pm</math>30)</b>	<b>0.12-500</b>
<b>I-cut</b>					
Barents Sea	126	13 (21 $\pm$ 44)	0.34-390 (2.4%)	15 (25 $\pm$ 53)	0.36-480
Norwegian Sea-North	176	16 (22 $\pm$ 23)	0.54-160 (3.4%)	18 (25 $\pm$ 25)	0.63-170
Norwegian Sea-South	73	52 (58 $\pm$ 49)	0.29-310 (25%)	60 (66 $\pm$ 57)	0.32-370
North Sea/ Skagerrak	8	26 (53 $\pm$ 78)	0.90-230 (25%)	29 (60 $\pm$ 88)	0.99-260
<b>All areas</b>	<b>383</b>	<b>17 (29 <math>\pm</math>40)</b>	<b>0.29-390 (7.6%)</b>	<b>19 (34 <math>\pm</math>47)</b>	<b>0.32-480</b>

<sup>a</sup>The EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in muscle meat of fish is 75  $\mu\text{g}/\text{kg w.w.}$

Det var en svært god korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB både i B-snitt og I-snitt (figur 22), og de fleste kveitene med overskridelser for sum PCB<sub>6</sub> hadde samtidig overskridelser for sum PCDD/F+dl-PCB. Kun tre kveiter hadde overskridelser

utelukkende for sum PCB<sub>6</sub>, dette var én kveite med overskridelse både i B-snitt og I-snitt og to kveiter med overskridelser i I-snitt (figur 22). Det var imidlertid langt flere prøver som oversteg grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB, og av de 56 prøvene som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien i I-snitt, var det 30 prøver som ikke samtidig oversteg grenseverdien for PCB<sub>6</sub>. Det var en moderat korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og konsentrasjonen av kvikksølv i B-snitt fra kveitene ( $r=0,35$ ,  $p<0,0001$ ), men av de åtte kveitene som oversteg grenseverdien for kvikksølv var det kun én kveite som samtidig oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub> (resultater ikke vist).



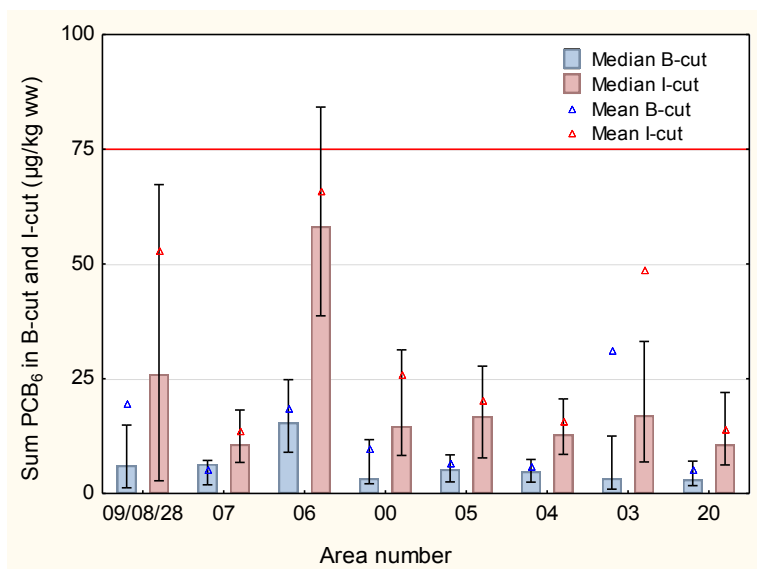
**Figure 22. Correlation between concentration of sum PCB<sub>6</sub> and concentration of sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut (left) and I-cut (right) of muscle from Atlantic halibut. The red horizontal and vertical lines indicate the EU maximum levels in fish muscle for sum PCB<sub>6</sub> and sum PCDD/F+dl-PCB, respectively.**

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub>, både i B-snitt og I-snitt, varierte mellom havområdene og var klart høyest i Norskehavet-Sør med medianverdier nær tre ganger høyere enn medianverdiene for Barentshavet og Norskehavet-Nord og nær to ganger høyere enn medianverdiene for Nordsjøen/Skagerrak (tabell 14). Nivået i Norskehavet-Sør var signifikant forskjellig fra nivåene i Barentshavet og Norskehavet-Nord ( $p<0,0001$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA), men det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell på nivået i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak. Dette kan imidlertid skyldes det lave antallet fisk (med stor variasjon i nivåer) fra området Nordsjøen/Skagerrak. Ingen av havområdene hadde median eller gjennomsnitt for B-snitt eller I-snitt over grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub>.

En videre inndeling av områdene i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder, viste at det var kveite fra område 06 i Norskehavet-Sør som hadde den klart høyeste konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> (figur 23, appendixtabell A8). Både for B-snitt og I-snitt var nivået av sum PCB<sub>6</sub> signifikant høyere i kveite fra område 06 enn i kveite fra de fleste andre områdene (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk

ANOVA,  $p < 0,05$  for område 07 og område 20 (I-snitt),  $p < 0,001$  for andre områder). For område 09/08/28 og for B-snitt fra område 20, som også hadde lavere nivåer av sum PCB<sub>6</sub> enn område 06, var forskjellen ikke statistisk signifikant, trolig på grunn av få fisk i disse områdene (8 fisk i område 09/08/28 og 6 fisk i område 20).

Selv om nivåene i område 06 var høyere enn i de andre områdene, var nivået i B-snitt i område 06 ikke spesielt høye, med median/gjennomsnitt på 15/19 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub> og 17/20 µg/kg vv for sum PCB<sub>7</sub>. Nivåene i I-snitt var imidlertid høye i dette området med median/gjennomsnitt på 58/66 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub> (figur 23, appendixtabell A8) og 66/75 µg/kg vv for sum PCB<sub>7</sub> (appendixtabell A9). Også i 09/08/28 og område 03 ble det funnet høye gjennomsnittsverdier for sum PCB<sub>6</sub> både i B-snitt (20 og 31 µg/kg vv) og i I-snitt (53 og 49 µg/kg vv). Dette skyldtes imidlertid to svært store fisk (200 og 225 kg) i område 03 og én svært stor fisk (173 kg) fra område 28 med meget høye konsentrasjoner som trakk opp gjennomsnittsverdiene, og medianverdiene for sum PCB<sub>6</sub> i disse områdene var betydelig lavere (figur 23).



**Figure 23. Concentrations of sum PCB<sub>6</sub> in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by blue and red triangles. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle.**

De fire kveitene som hadde konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> i B-snitt over grenseverdien var fordelt over flere områder, to i område 03, én i område 00 og én i område 28 (appendixtabell A8). De 29 kveitene som hadde overskridelser i I-snitt var fordelt over de fleste av områdene som ble undersøkt (unntatt område 09, 08, 07 og 20), men de langt fleste kveitene med overskridelser kom fra område 06, der 18 av 62 kveiter (29 %) hadde konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt over grenseverdien (appendixtabell A8).

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> økte med økende størrelse på fisken, og en inndeling av kveitene i seks ulike vektklasser viste i likhet med resultatene for sum PCDD/F+dl-PCB, at konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> var mer enn 60 ganger høyere i B-snitt og mer enn 20 ganger høyere i I-snitt i den største vektklassen (120-225 kg) i forhold til den minste vektklassen (0,7-10 kg) (tabell 15). Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> i de to vektklassene mellom 41 og 100 kg var rundt 2-3 ganger høyere enn konsentrasjonen i de to vektklassene mellom 11 og 40 kg (tabell 15).

**Table 15. Concentrations of sum PCB<sub>6</sub> in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut of different weight groups. Mean ± standard deviation (SD), median, minimum-maximum values, and number and percentage of fish with concentrations above the EU maximum level for PCB<sub>6</sub> in halibut muscle (75 µg/kg ww) are shown.**

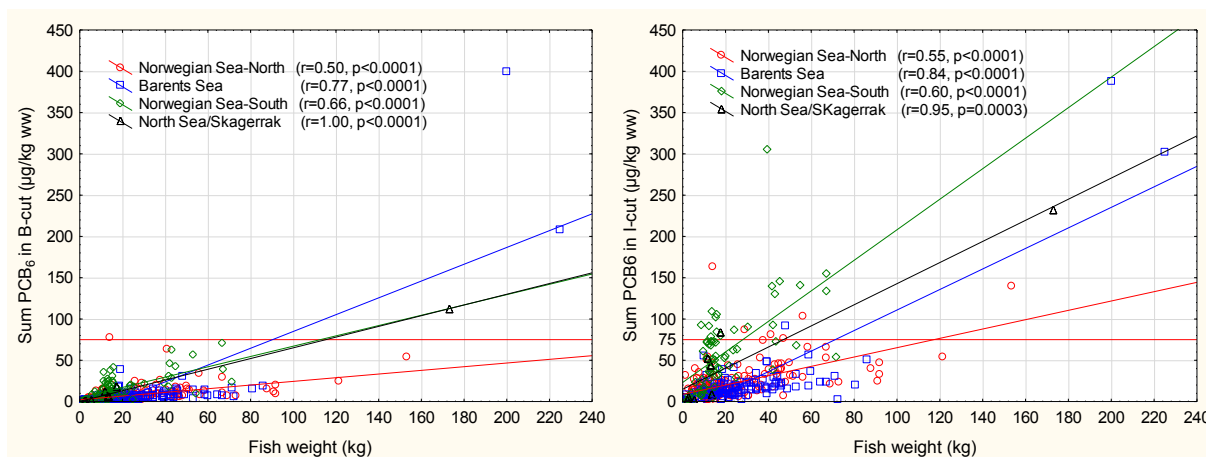
Weight group (kg)	Sum PCB <sub>6</sub> (µg/kg ww)				
	N	Median	Mean ± SD	Min-Max	# >EU max level
<b>B-cut</b>					
0.7-10	86	1.4	2.4 ± 2.6	0.12 - 13	0
11-20	153	4.8	8.4 ± 9.8	0.48 - 77	1 (0.7%)
21-40	85	6.8	8.2 ± 5.7	1.1 - 26	0
41-60	44	12	17 ± 15	3.3 - 63	0
61-100	17	15	18 ± 16	5.6 - 70	0
120-225	5	110	160 ± 150	25 - 400	3 (60%)
<b>I-cut</b>					
0.7-10	79	6.7	11 ± 15	0.29 - 93	1 (1.3%)
11-20	153	16	26 ± 27	0.66 - 160	9 (5.9%)
21-40	85	18	27 ± 36	2.0 - 310	4 (4.7%)
41-60	44	38	49 ± 37	7.4 - 150	9 (20%)
61-100	17	33	47 ± 40	2.9 - 160	2 (12%)
120-225	5	230	220 ± 130	54 - 390	4 (80%)

Også prosentandelen av kveitene med konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> over grenseverdien økte med økende vektklasse. For B-snitt kom tre av de fire kveitene som oversteg grenseverdien fra den største vektklassen. For I-snitt var det enkeltfisk over grenseverdien i alle vektklasser, men prosentandelen økte fra kun 1,3 % i den minste vektklassen, via 5-6 % i vektklassene mellom 11 og 40 kg og 12-20 % i vektklassene 41-100 kg, til 80 % som oversteg grenseverdien i den største vektklassen (tabell 15).

De fleste kveitene som oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt kom fra område 06, og dersom man ser på dette området alene var prosentandelen som oversteg grenseverdien for I-snitt 10 % i

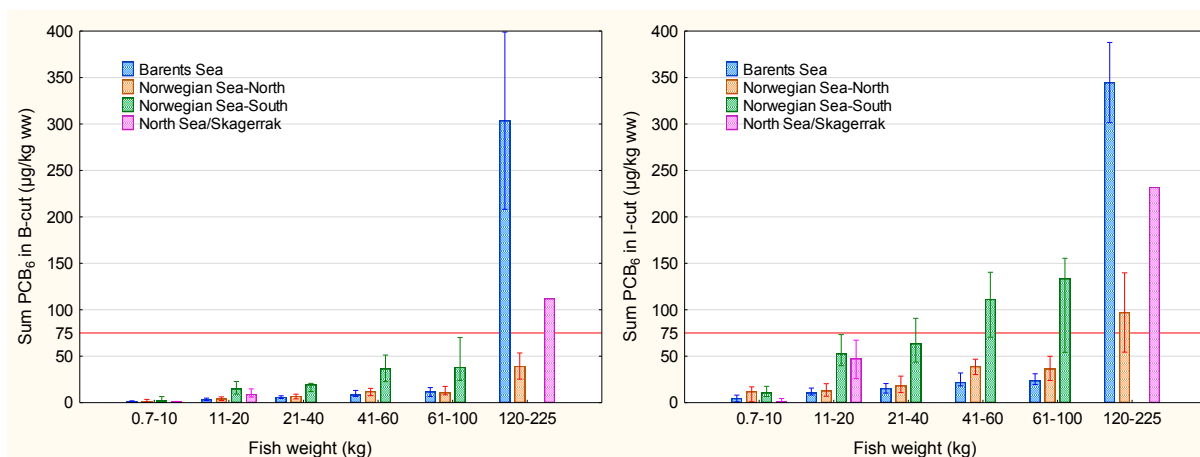
vektklassen 0,7-10 kg, 20 % i vektclassen 11-20 kg, 43 % i vektclassen 21-40 kg, 63 % i vektclassen 41-60 kg og 67 % i vektclassen 61-100 kg.

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> økte med økende lengde og vekt på fisken i alle de fire hovedområdene som ble undersøkt, og det var en moderat til sterk korrelasjon mellom sum PCB<sub>6</sub> og vekt ( $r=0,50-1,00$ ,  $p\leq 0,0003$ ) (figur 24) og lengde ( $r=0,47-0,96$ ,  $p\leq 0,0001$ ) i alle områder både for B-snitt og I-snitt.



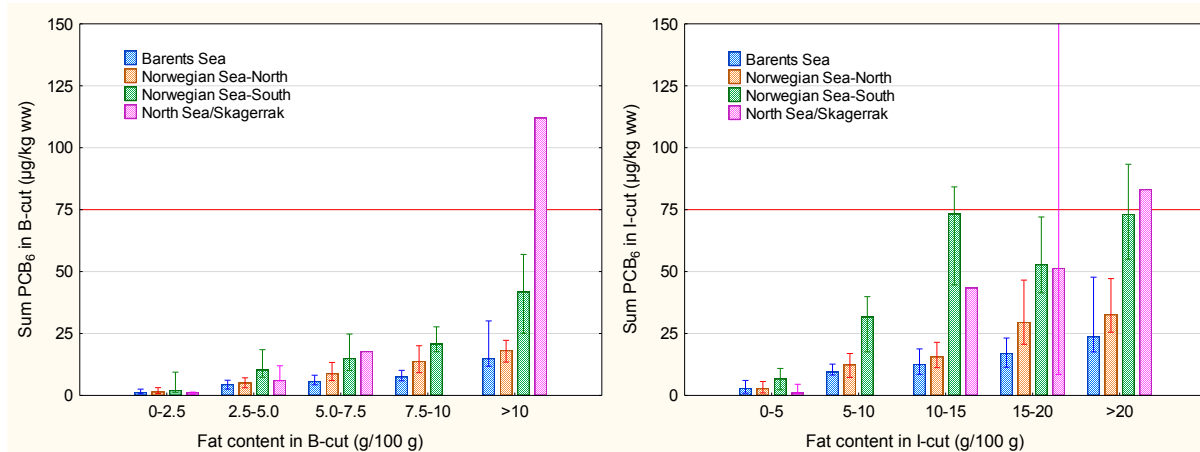
**Figure 24. Correlation between concentration of sum PCB<sub>6</sub> in B-cut (left) and I-cut (right) and weight of Atlantic halibut from different geographical areas. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle.**

Sammenligning av fisk med samme størrelse viste på samme måte som for kvikksølv og sum PCDD/F+dl-PCB at fisk fra Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste vektclasser hadde betydelig høyere konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> enn fisk av samme størrelse fra begge de to nordligste områdene, særlig for I-snitt, men også for B-snitt (figur 25). Unntakene var også her den minste vektclassen der det ikke ble funnet noen forskjell i konsentrasjoner mellom havområdene, og den største vektclassen der fisk fra Barentshavet hadde høyest nivåer på grunn av to svært store fisk med svært høye konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> (figur 25). Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er mer usikre på grunn av få fisk i dette området.



**Figure 25. Concentration of sum PCB<sub>6</sub> in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak grouped according to fish weight. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each weight group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle.**

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> økte også med økende fettinnhold i fisken både i B-snitt og I-snitt. I B-snitt var korrelasjonen mellom sum PCB<sub>6</sub> og fettinnhold sterk i alle de fire havområdene ( $r=0,63-0,86$ ,  $p \leq 0,0065$ ). I I-snitt var korrelasjonen noe svakere enn i B-snitt i Barentshavet, Norskehavet-Nord og Norskehavet-Sør ( $r=0,48-0,59$ ,  $p < 0,0001$ ), og i Nordsjøen/Skagerrak var det ingen signifikant korrelasjon mellom sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt og fettinnhold ( $r=0,59$ ,  $p=0,13$ ). Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er mer usikre på grunn av få fisk i dette området. Sammenligning av fisk med samme fettinnhold (figur 26), viste at kveite fra Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste fettinnhold-klasser hadde høyere konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> enn fisk med samme fettinnhold fra begge de to nordligste områdene. Dette var særlig tydelig for I-snitt, mens for B-snitt var det mindre forskjeller mellom havområdene (figur 26).



**Figure 26. Concentration of sum PCB<sub>6</sub> against fat content in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each fat content group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle.**



### 5.3.3. Bromerte flammehemmere, PBDE<sub>7</sub>

Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> i 390 analyserte prøver av B-snitt og 383 prøver av I-snitt fra Atlantisk kveite er oppsummert i tabell 16.

**Table 16. Concentrations of sum PBDE<sub>7</sub> and the major PBDE congener PBDE-47 in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, mean  $\pm$  standard deviation (SD) and minimum-maximum values are shown.**

	N	Sum PBDE <sub>7</sub> (µg/kg ww)		PBDE-47 (µg/kg ww)	
		Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max	Median (Mean $\pm$ SD)	Min-max
<b>B-cut</b>					
Barents Sea	133	0.20 (0.41 $\pm$ 1.0)	0.018-9.8	0.15 (0.31 $\pm$ 0.86)	0.0067-8.5
Norwegian Sea-North	176	0.31 (0.52 $\pm$ 0.67)	0.027-4.9	0.22 (0.39 $\pm$ 0.50)	0.0050-3.3
Norwegian Sea-South	73	0.88 (1.2 $\pm$ 1.0)	0.007-5.1	0.65 (0.91 $\pm$ 0.77)	0.0025-3.9
North Sea/ Skagerrak	8	0.75 (2.3 $\pm$ 4.7)	0.024-14	0.52 (1.8 $\pm$ 3.8)	0.0072-11
<b>All areas</b>	<b>390</b>	<b>0.31 (0.65 <math>\pm</math>1.1)</b>	<b>0.007-14</b>	<b>0.22 (0.49 <math>\pm</math>0.90)</b>	<b>0.0025-11</b>
<b>I-cut</b>					
Barents Sea	126	0.70 (1.1 $\pm$ 1.5)	0.058-13	0.52 (0.81 $\pm$ 1.3)	0.010-12
Norwegian Sea-North	176	0.96 (1.5 $\pm$ 1.7)	0.039-16	0.72 (1.1 $\pm$ 1.4)	0.015-14
Norwegian Sea-South	73	4.2 (4.9 $\pm$ 4.1)	0.027-21	3.0 (3.7 $\pm$ 3.2)	0.0050-18
North Sea/ Skagerrak	8	3.4 (7.6 $\pm$ 13)	0.092-39	2.4 (6.0 $\pm$ 11)	0.020-33
<b>All areas</b>	<b>383</b>	<b>1.0 (2.1 <math>\pm</math>3.3)</b>	<b>0.027-39</b>	<b>0.76 (1.6 <math>\pm</math>2.7)</b>	<b>0.0050-33</b>

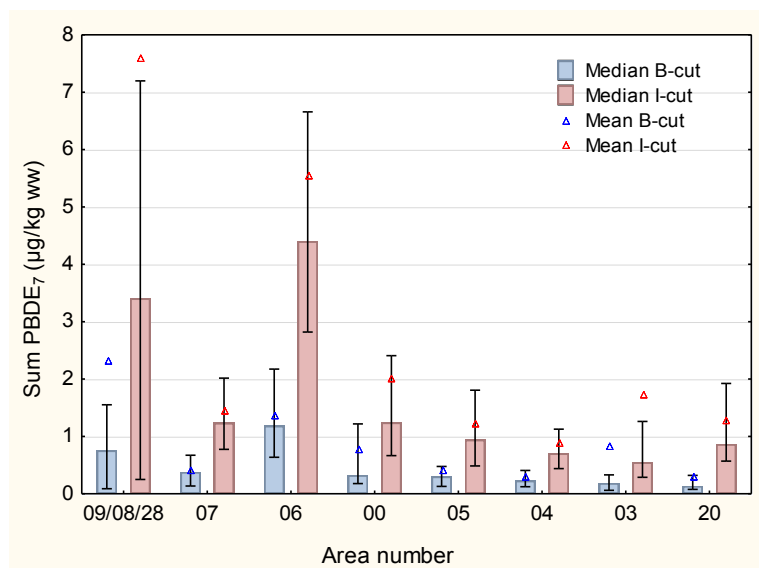
Også for PBDE<sub>7</sub> var det svært stor variasjon i konsentrasjonen både i B-snitt og I-snitt av Atlantisk kveite. Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> varierte fra 0,007 til 14 µg/kg vv i B-snitt og fra 0,027 til 39 ng TE/kg i I-snitt med median/gjennomsnitt på 0,31/0,65 µg/kg vv i B-snitt og 1,0/2,1 µg/kg vv i I-

snitt (tabell 16). Som også for sum PCDDF+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> var median og gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PBDE<sub>7</sub> omtrent tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt (tabell 16). Det var konsentrasjonen av PBDE-47 som bidro mest til sum PBDE<sub>7</sub>, og denne kongeneren utgjorde så mye som 75% av sum PBDE<sub>7</sub> både i B-snitt og I-snitt (tabell 16). Det er ikke fastsatt noen grenseverdier for sum PBDE<sub>7</sub> i fiskemuskel.

Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub>, både i B-snitt og I-snitt, varierte mellom havområdene og var betydelig høyere i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak enn i Barentshavet og Norskehavet-Nord (tabell 16). Nivået i Norskehavet-Sør var signifikant høyere enn nivåene i Barentshavet og Norskehavet-Nord ( $p < 0,0001$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA), og nivået i Norskehavet-Nord var i tillegg signifikant høyere enn nivået i Barentshavet ( $p < 0,02$ , Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA) både for B-snitt og I-snitt. Det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell på nivået i Nordsjøen/Skagerrak og nivået i de andre havområdene, men dette skyldes trolig det lave antallet fisk (med stor variasjon i nivåer) fra området Nordsjøen/Skagerrak.

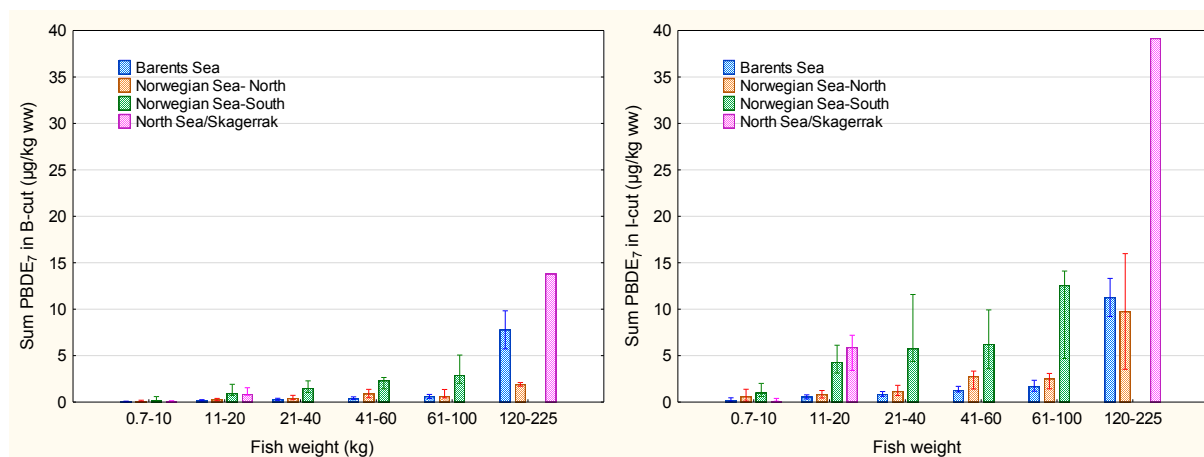
En videre inndeling av områdene i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder, viste at også for sum PBDE<sub>7</sub> var det kveite fra område 06 i Norskehavet-Sør som hadde de høyeste medianverdiene både i B-snitt og I-snitt (figur 27, appendixtabell A10). Også kveite fra området 09/08/28 (=Nordsjøen/Skagerrak) hadde høye konsentrasjoner av PBDE<sub>7</sub>, og gjennomsnittskonsentrasjonene for dette området var høyere enn for område 06. Dette skyldtes imidlertid for en stor del én veldig stor kveite (173 kg) fra område 28 med svært høye konsentrasjoner av PBDE<sub>7</sub> i både B-snitt (14 µg/kg vv) og I-snitt (39 µg/kg vv). Dersom denne ene kveiten ble ekskludert, ble gjennomsnittskonsentrasjonene i område 09/08/28 redusert til 0,69 µg/kg vv i B-snitt og 3,1 µg/kg vv i I-snitt, betydelig lavere enn gjennomsnittskonsentrasjonene i område 06.

Både for B-snitt og I-snitt var nivået av sum PBDE<sub>7</sub> signifikant høyere i kveite fra område 06 enn i kveite fra de fleste andre områdene (Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA,  $p < 0,01$  for B-snitt fra område 00,  $p < 0,0001$  for andre områder). For område 09/08/28, område 07 og område 20, som også hadde lavere nivåer av sum PBDE<sub>7</sub> enn område 06, var forskjellen ikke statistisk signifikant, trolig på grunn av få fisk i disse områdene.



**Figure 27. Concentrations of sum PBDE<sub>7</sub> in B-cut and I-cut of muscle from Atlantic halibut sampled in different areas within Norwegian waters. Area 09/08/28 = North Sea/Skagerrak, area 06 and 07 = Norwegian Sea-South, area 00 and 05 = Norwegian Sea-North and area 04, 03 and 20 = Barents Sea. Median concentrations (columns) and 25 and 75 percentiles (vertical bars) are shown for each area. Mean values are indicated by blue and red triangles.**

Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> økte med økende lengde og vekt på fisken i alle de fire hovedområdene som ble undersøkt, og det var en moderat til sterk korrelasjon mellom sum PBDE<sub>7</sub> og vekt ( $r=0,44-0,99$ ,  $p<0,0001$ ) og lengde ( $r=0,44-0,97$ ,  $p\leq 0,0002$ ) i alle områder både for B-snitt og I-snitt.



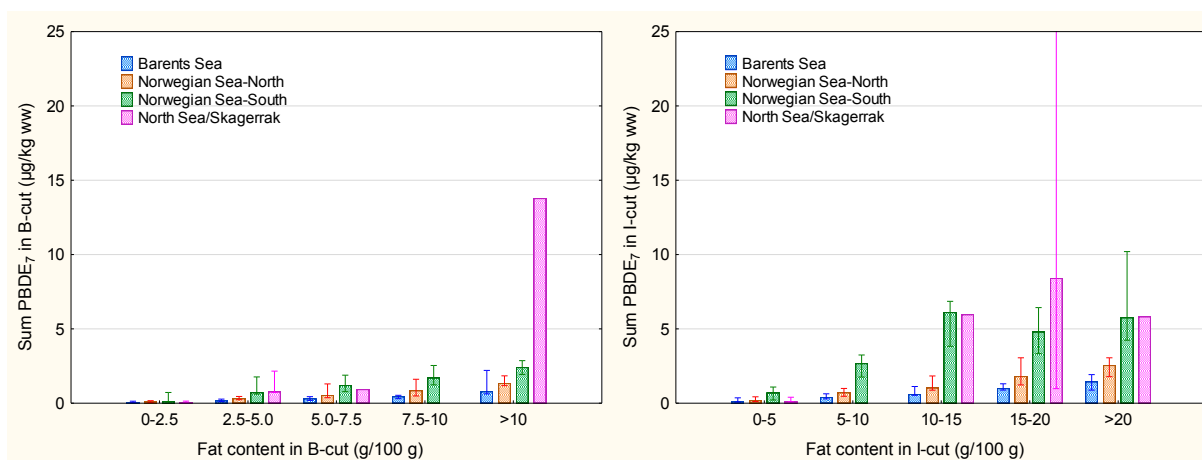
**Figure 28. Concentration of sum PBDE<sub>7</sub> in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak grouped according to fish weight. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each weight group.**

Sammenligning av fisk med samme størrelse viste på samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> at fisk fra Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste vektklasser hadde betydelig høyere konsentrasjoner av sum PBDE<sub>7</sub> enn fisk av samme størrelse fra begge de to nordligste områdene, særlig for I-snitt (figur 28). Også for B-snitt var nivåene av PBDE<sub>7</sub> noe høyere i

Norskehavet-Sør enn de to nordligste havområdene, men forskjellen var liten selv i de største vektklassene (figur 28). Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er mer usikre på grunn av få fisk i dette området.

Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> økte også med økende fettinnhold i fisken både i B-snitt og I-snitt. I B-snitt var korrelasjonen mellom sum PCDD/F+dl-PCB og fettinnhold sterk i alle de fire havområdene ( $r=0,56-0,82$ ,  $p=0,011$  i Nordsjøen/Skagerrak og  $p<0,0001$  i de øvrige områdene). I I-snitt var korrelasjonen noe svakere enn i B-snitt i Barentshavet, Norskehavet-Nord og Norskehavet-Sør ( $r=0,48-0,54$ ,  $p<0,0001$ ), og i Nordsjøen/Skagerrak var det ingen signifikant korrelasjon mellom sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt og fettinnhold ( $r=0,46$ ,  $p=0,25$ ). Resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er mer usikre på grunn av få fisk i dette området.

Sammenligning av fisk med samme fettinnhold (figur 29), viste på samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> at kveite fra Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak i de fleste fettinnhold-klasser hadde høyere konsentrasjoner av sum PBDE<sub>7</sub> enn fisk med samme fettinnhold fra begge de to nordligste områdene. Dette var særlig tydelig for I-snitt, mens for B-snitt var det mye mindre forskjeller mellom havområdene (figur 29).



**Figure 29. Concentration of sum PBDE<sub>7</sub> against fat content in B-cut (left) and I-cut (right) of Atlantic halibut from the Barents Sea, Norwegian Sea-North, Norwegian Sea-South and North Sea/Skagerrak. Median concentrations and 25 and 75 percentiles are shown for each fat content group.**

#### 5.4. Poly- og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i muskel (B-snitt og I-snitt)

Det ble analysert for 18 ulike poly- og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i muskel av Atlantisk kveite (både B-snitt og I-snitt), og resultatene er oppsummert i tabell 17.

**Table 17. Concentrations of poly- and perfluorinated alkyl compounds in B-cut and I-cut of fillet from Atlantic halibut. Median, minimum-maximum values and number of fish with quantifiable concentrations (above LOQ) are given.**

PFAS-compound (µg/kg ww)	B-cut			I-cut		
	N	Median (min-max)	#>LOQ	N	Median (min-max)	#>LOQ
PFBS	387	<0.8 (<0.8 - <1.5 <sup>a</sup> )	0	383	<0.8 (<0.8 - <1.5 <sup>a</sup> )	0
PFHxS	387	<0.8 (<0.3 <sup>a</sup> - 1.1)	1	383	<0.8 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.8)	0
PFOS	387	<0.8 (<0.8 - 2.0)	55	383	<0.8 (<0.8 - 5.2)	116
PFDS	387	<1.0 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.0)	0	383	<1.0 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.0)	0
PFOSA	370	<1.2 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.2)	0	364	<1.2 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.2)	0
PFBA	387	<1.0 (<1.0 - 1.54)	3	383	<1.0 (<1.0 - 1.88)	3
PFPeA	370	<6.0 (<0.3 <sup>a</sup> - <6.0)	0	364	<6.0 (<0.3 <sup>a</sup> - <6.0)	0
PFHxA	387	<0.9 (<0.3 <sup>a</sup> - 1.5)	3	383	<0.9 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.9)	0
PFHpA	387	<0.7 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.7)	0	383	<0.7 (<0.3 <sup>a</sup> - 0.86)	1
PFOA	387	<1.3 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.3)	0	383	<1.3 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.3)	0
PFNA	387	<0.9 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.9)	0	383	<0.9 (<0.3 <sup>a</sup> - 1.8)	1
PFDA	387	<0.5 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.5)	0	383	<0.5 (<0.3 <sup>a</sup> - 1.1)	4
PFUdA	387	<1.0 (<0.3 <sup>a</sup> - 1.6)	2	383	<1.0 (<0.3 <sup>a</sup> - 4.4)	8
PFDoDA	387	<0.8 (<0.3 <sup>a</sup> - <0.8)	0	383	<0.8 (<0.3 <sup>a</sup> - 0.9)	1
PFTTrDA	387	<1.2 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.2)	0	383	<1.2 (<0.3 <sup>a</sup> - 3.5)	3
PFTeDA	387	<1.1 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.1)	0	383	<1.1 (<0.3 <sup>a</sup> - <1.1)	0
PFHxDA	387	<13 (<13 - <24 <sup>a</sup> )	0	383	<13 (<13 - <24 <sup>a</sup> )	0
PFODA	387	<7.0 (<7.0 - <24 <sup>a</sup> )	0	383	<7.0 (<7.0 - <24 <sup>a</sup> )	0

<sup>a</sup> Six B-cut samples and five I-cut samples were analyzed using a different instrument than for the rest of the samples. This resulted in different LOQ values for these 11 samples compared to the rest of the samples (lower LOQ for many PFAS compounds and higher for some).

De aller fleste PFAS-forbindelsene var tilstede i svært lave konsentrasjoner i alle prøver, og for åtte av PFAS-forbindelsene var konsentrasjonene under kvantifiseringsgrensen (LOQ) for alle prøver. For

ytterligere fire PFAS-forbindelser, PFHxS, PFHpA, PFNA og PFDoDa, var det kun én prøve med kvantifiserbare konsentrasjoner, og for de fem forbindelsene, PFBA, PFHxA, PFDA, PFUdA og PFTrDA ble det funnet mellom to og åtte prøver av B-snitt og/eller I-snitt med konsentrasjoner over LOQ. PFOS var den eneste PFAS-forbindelsen som var tilstede i kvantifiserbare konsentrasjoner i et større antall prøver, med 55 B-snitt og 116 I-snitt over LOQ (tabell 17).

**Table 18. Concentrations of PFOS in B-cut and I-cut of fillet from Atlantic halibut collected from the Barents Sea, the Norwegian Sea-North, the Norwegian Sea-South and the North Sea/Skagerrak. Median, minimum-maximum values and number and percentage of fish with concentrations above the limit of quantification (LOQ) within each area are shown.**

	PFOS in B-cut (µg/kg ww)			PFOS in I-cut (µg/kg ww)		
	N	Median (min-max)	#>LOQ (%)	N	Median (min-max)	#>LOQ (%)
<b>Barents Sea</b>	131	<0.8 (<0.8 – 1.6)	15 (11%)	127	<0.8 (<0.8 – 3.2)	34 (27%)
<b>Norwegian Sea-North</b>	176	<0.8 (<0.8 – 2.0)	26 (15%)	176	<0.8 (<0.8 – 5.2)	56 (32%)
<b>Norwegian Sea-South</b>	72	<0.8 (<0.8 – 1.9)	13 (18%)	72	<0.8 (<0.8 – 3.1)	20 (28%)
<b>North Sea/Skagerrak</b>	8	<0.8 (<0.8 – 1.4)	1 (13%)	8	0.97 (<0.8 – 2.3)	6 (75%)
<b>All areas</b>	387	<0.8 (<0.8 – 2.0)	55 (14%)	383	<0.8 (<0.8 – 5.2)	116 (30%)

Prøvene med PFOS-konsentrasjoner over LOQ var fordelt over alle de fire havområdene som ble undersøkt (tabell 18). Med unntak av Nordsjøen/Skagerrak som hadde en høyere prosentandel av I-snitt-prøver med PFOS over LOQ enn de øvrige områdene, var det liten forskjell i prosentandel mellom havområdene (tabell 18). Mellom 11 og 18 % av B-snitt-prøvene og mellom 27 og 32 % av I-snitt-prøvene hadde konsentrasjoner av PFOS over LOQ i de ulike havområdene, med unntak av I-snitt prøver fra Nordsjøen/Skagerrak der 75 % av prøvene hadde PFOS-konsentrasjoner over LOQ. Både prosentandelen av prøver med PFOS-verdier over LOQ og maksimumsverdiene for PFOS var høyere i I-snitt enn i B-snitt i alle de fire havområdene som ble undersøkt.

## 6. DISKUSJON/DISCUSSION

### 6.1. Sammenligning med tidligere resultater for Atlantisk kveite

Innholdet av fremmedstoffer i Atlantisk kveite har tidligere vært undersøkt av NIFES på oppdrag fra Mattilsynet i flere undersøkelser mellom 2003 og 2010 med et begrenset antall fisk hver gang. I disse tidligere undersøkelsene har det vært analysert for metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub> og de bromerte flammehemmerne, PBDE<sub>7</sub> og heksabromosyklododekan (HBCD) samt perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i kveitemuskel (B-snitt og I-snitt) (VKM, 2005, Julshamn m.fl., 2008, Julshamn m.fl., 2011b).

Innholdet av metaller i muskel fra Atlantisk kveite i den foreliggende undersøkelsen ble bestemt kun i B-snitt. Tidligere analyser av både B-snitt og I-snitt av kveitemuskel har vist at innholdet av metaller i B-snitt enten er litt høyere enn i I-snitt (Julshamn m.fl., 2008) eller ligger på akkurat samme nivå som i I-snitt (Julshamn m.fl., 2011b). Resultatene for B-snitt i dette arbeidet stemte godt overens med tidligere resultater fra 2007 og 2010. Konsentrasjonen av kadmium og bly som var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensen for de aller fleste kveitene i denne undersøkelsen, lå også under kvantifiseringsgrensen i alle eller nesten alle prøver i undersøkelsene fra 2007 og 2010 (Julshamn m.fl., 2008, Julshamn m.fl., 2011b). Median og gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv (0,38/0,53 mg/kg vv) og arsen (6,5/12 mg/kg vv) i undersøkelsen fra 2007 var høyere enn de tilsvarende verdiene for hele datamaterialet i den foreliggende undersøkelsen, men sammenligning med en undergruppe av 27 kveiter med vekt mellom 48 og 80 kg (tilsvarende størrelsen på fiskene i 2007), viste at verdiene både for kvikksølv (0,27 /0,54 mg/kg vv) og for arsen (9,9/11 mg/kg vv) stemte godt overens med verdiene fra 2007. Median og gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv (0,065/0,14 mg/kg vv) og arsen (4,9/6,4 mg/kg vv) i B-snitt fra undersøkelsen i 2010 der alle kveitene ble fanget i Barentshavet og Norskehavet nord for 69°N, stemte godt overens med verdiene fra Barentshavet og Norskehavet-Nord i dette arbeidet (se tabell 8 og 10).

Også resultatene for de organiske miljøgiftene i dette arbeidet stemte godt overens med resultater fra tidligere arbeider. Tilsvarende som i undersøkelsen fra 2005 (VKM, 2005), ble det i dette arbeidet funnet at innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i kveiter under 10 kg var lavt, innholdet i kveiter mellom 21 og 40 kg var omtrent tilsvarende det som finnes i annen fet fisk, og innholdet i kveiter over 120 kg var svært høyt (se tabell 13). I undersøkelsen fra 2007 (Julshamn m.fl., 2008) var median og gjennomsnittlig konsentrasjon av de organiske miljøgiftene mye høyere enn i den foreliggende undersøkelsen, men på samme måte som for arsen og kvikksølv kunne dette for en stor del forklares ved at alle kveitene fra 2007 var mellom 48 og 80 kg. Sammenligning med en

undergruppe av 27 kveiter med vekt mellom 48 og 80 kg i den foreliggende undersøkelsen viste at verdiene for de organiske miljøgiftene i denne undergruppen stemte mye bedre overens med verdiene fra 2007 (resultater ikke vist). I undersøkelsen fra 2010 ble det funnet verdier for dioksiner og dioksinlignende PCB (median/snitt 0,93/1,7 ng TE<sub>1998</sub>/kg vv i B-snitt og 1,7/3,8 ng TE<sub>1998</sub>/kg vv i I-snitt) og for PCB<sub>7</sub> (median/snitt 3,9/11 µg/kg vv i B-snitt og 9,5/24 µg/kg vv i I-snitt) som stemte godt overens med verdiene særlig fra Barentshavet i dette arbeidet (se tabell 12 og 14). Nivåene av sum PBDE<sub>7</sub> i Barentshavet og Norskehavet-Nord i den foreliggende undersøkelsen (se tabell 16) var imidlertid noe lavere enn nivåene i undersøkelsen fra 2010 (median/snitt 0,54/0,93 µg/kg vv i B-snitt og 1,3/3,3 µg/kg vv i I-snitt) (Julshamn m.fl., 2011b).

Innholdet av perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i Atlantisk kveite har vært undersøkt en gang tidligere, i 2010 (Julshamn m.fl., 2011b), og resultatene i den foreliggende undersøkelsen stemmer godt overens med resultatene fra dette tidligere arbeidet. I begge undersøkelsene ble det funnet at for de aller fleste PFAS-forbindelsene var konsentrasjonene under LOQ i alle eller de fleste prøvene, og bare PFOS var tilstede i kvantifiserbare konsentrasjoner i et større antall prøver. I undersøkelsen fra 2010 hadde alle de 20 prøvene kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS både i B-snitt og I-snitt, mens det i den foreliggende undersøkelsen ble funnet kvantifiserbare konsentrasjoner i 14 % av B-snitt-prøvene og 30 % av I-snitt-prøvene (se tabell 17). Denne forskjellen kan imidlertid for en stor del forklares ved at LOQ for PFOS var lavere i undersøkelsen i 2010 (0,3 µg/kg vv) enn i dette arbeidet (0,8 µg/kg vv). De høyeste PFOS-konsentrasjonene som ble funnet i dette arbeidet (2,0 µg/kg vv i B-snitt og 5,2 µg/kg vv i I-snitt) var noe høyere enn de høyeste verdiene for PFOS i 2010 (1,5 µg/kg vv i B-snitt og 2,0 µg/kg vv i I-snitt).

## 6.2. Nivåer av fremmedstoffer i Atlantisk kveite i forhold til andre arter

Konsentrasjonen av tungmetallene kadmium og bly i muskel (B-snitt) fra Atlantisk kveite var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensen for de aller fleste fiskene. Lave nivåer av kadmium og bly i fiskemuskel er nå godt dokumentert for mange fiskearter fra norske farvann. Basisundersøkelsene for blåkveite, sild, makrell, sei og torsk viste at nivået av bly i muskelprøver fra alle disse artene lå lavere enn kvantifiseringsgrensen i de fleste eller alle enkeltfisk (Nilsen m.fl., 2010, Frantzen m.fl. 2009 og 2010, Duinker m.fl., 2013, Nilsen m.fl., 2013a,b, Julshamn m.fl., 2013b,c). Likeledes var nivået av kadmium også svært lavt i alle disse artene, med nivåer under kvantifiseringsgrensen i de fleste eller alle enkeltfisk av blåkveite, torsk og sei, og med lave gjennomsnittsverdier på henholdsvis 0,010, 0,016 og 0,008 mg/kg vv for NVG-sild, makrell og nordsjøsild (Frantzen m.fl. 2009 og 2010, Duinker m.fl., 2013).



Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i B-snitt fra kveite (0,21 mg/kg vv) var høyere enn i muskel fra en rekke andre fiskearter som er undersøkt i tidligere basisundersøkelser, slik som torsk (nordøstarktisk torsk: 0,036 mg/kg vv, nordsjøtorsk: 0,11 mg/kg vv), sei (nordøstarktisk sei: 0,041 mg/kg vv, nordsjøsei: 0,066 mg/kg vv), sild (NVG-sild: 0,039 mg/kg vv, nordsjøsil: 0,051 mg/kg vv), og makrell (0,040 mg/kg vv) (Julshamn m.fl., 2013b, Julshamn m. fl., 2013c, Nilsen m.fl., 2013a, Nilsen m.fl., 2013b, Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010).

Gjennomsnittsverdien for kvikksølv i kveite B-snitt var imidlertid svært lik gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv i blåkveite i basisundersøkelsen (0,22 mg/kg vv, Nilsen m.fl., 2010), selv om medianverdien for kvikksølv i kveite (0,11 mg/kg vv) var lavere enn medianverdien i blåkveite (0,18 mg/kg vv). Maksimumsverdien for kvikksølv i Atlantisk kveite (2,4 mg/kg vv) var betydelig høyere enn i blåkveite (1,2 mg/kg vv), men prosentandelen fisk med kvikksølv-verdier over 1,0 mg/kg vv (grenseverdien for Atlantisk kveite både i EU og Norge) og over 0,5 mg/kg vv (grenseverdien for de fleste andre fiskeslag inkludert blåkveite) var ganske lik i de to artene. 1,3 % av kveitene og 0,2 % av blåkveitene hadde kvikksølvkonsentrasjoner over 1,0 mg/kg, og 9,2 % av kveitene og 7,7 % av blåkveitene hadde nivåer over 0,5 mg/kg vv.

Også innholdet av arsen i kveite var høyt i forhold til mange andre arter, med gjennomsnitt på 7,5 mg/kg vv. Dette er omtrent på samme nivå som tidligere er funnet i blåkveite (8,7 mg/kg vv) og torsk (nordøstarktisk torsk: 9,3 mg/kg vv, nordsjøtorsk: 4,7 mg/kg vv, men betydelig høyere enn gjennomsnittsnivåene funnet i sei, sild, og makrell (2,2-2,9 mg/kg vv). For torsk er det tidligere vist at arsenkonsentrasjonen i torskemuskel øker fra sør mot nord, med mye høyere nivåer i nordøstarktisk torsk fra Barentshavet enn i nordsjøtorsk. For kveite i denne undersøkelsen var det imidlertid fisk fra de sørligste områdene som hadde de høyeste arsenverdiene, og nivået i Barentshavet og Norskehavet Nord var signifikant lavere enn i Norskehavet-Sør.

Maksimumsverdien for arsen i B-snitt fra Atlantisk kveite var svært høy (101 mg/kg vv). Bare i nordøstarktisk torsk er det tidligere funnet arsen-nivåer i tre enkeltfisk over 100 mg/kg vv (Julshamn m.fl., 2013b), og maksimumsverdien i blåkveite basisundersøkelsen var på 51 mg/kg vv (Nilsen m.fl., 2010). I alle disse artene var det imidlertid bare et fåtall enkeltfisk som hadde de høyeste arsenverdiene, og prosentandelen av fiskene som hadde arsenverdier i muskel over 20 mg/kg vv var rundt 5-6 % i alle de tre artene (upubliserede data for torsk og blåkveite).

I denne undersøkelsen er det totalarsen som er bestemt. I fisk er det vanligvis den lite giftige organiske formen arsenobetain som dominerer, mens nivået av den svært toksiske uorganiske formen av arsen normalt er svært lavt. Konsentrasjonen av uorganisk arsen i muskel fra Atlantisk kveite er tidligere vist å være lavere enn analysemetodens kvantifiseringsgrense på 0,004 mg/kg vv (Julshamn m.fl., 2012). Også for blåkveite og torsk er det tidligere vist at kun et fåtall av prøvene hadde nivåer av uorganisk

arsen over kvantifiseringsgrensen, og da med nivåer på 0,006 mg/kg vv eller lavere (Julshamn m.fl., 2012).

Konsentrasjonene av de persistente organiske miljøgiftene dioksiner (PCDD), furaner (PCDF) og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i muskel fra Atlantisk kveite ble bestemt både i B-snitt og I-snitt, og resultatene viste at konsentrasjonen av både sum PCDD/F, sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB var omtrent tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt. I B-snitt var nivåene av disse miljøgiftene ikke spesielt høye, og median/gjennomsnitt for sum PCDD/F+dl-PCB i B-snittet (0,67/1,4 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv) lå omtrent på samme nivå som gjennomsnittsverdiene som tidligere er funnet i muskel fra NVG-sild, nordsjøsild og makrell (0,63-1,2 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010). Konsentrasjonene av disse miljøgiftene i kveite I-snitt var imidlertid betydelig høyere enn i sild og makrell, og median/gjennomsnitt for sum PCDD/F+dl-PCB i I-snittet (2,1/3,8 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv) lå nesten like høyt som median/gjennomsnitt som ble funnet i muskel fra blåkveite (3,4/4,4 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv) i basisundersøkelsen for blåkveite (Nilsen m.fl., 2010). Også for sum PCDD/F og sum dl-PCB lå nivåene i kveite B-snitt omtrent på samme nivå som i sild og makrell, mens nivåene i I-snitt lå nesten like høyt som nivåene som tidligere er funnet i blåkveite.

Maksimumsverdiene for sum dl-PCB og sum PCDD/F+dl-PCB var svært høye både i B-snitt og I-snitt av muskel fra Atlantisk kveite i forhold til alle andre fiskearter som hittil har vært grundig kartlagt i norske farvann. De høyeste verdiene for disse stoffene var tidligere funnet i muskel fra blåkveite, men maksimumsverdiene for sum dl-PCB på 67 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv i kveite B-snitt og 58 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv i kveite I-snitt, var svært mye høyere enn maksimumsverdien for dl-PCB i blåkveite på 9,7 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv. Likeledes var maksimumsverdiene for sum PCDD/F+dl-PCB på 73 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv i kveite B-snitt og 64 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv i kveite I-snitt, svært mye høyere enn maksimumsverdien for sum PCDD/F+dl-PCB i blåkveite på 17 ng TE<sub>2005</sub>/kg vv. Det var likevel bare et fåtall kveiter som hadde de aller høyeste konsentrasjonene av disse miljøgiftene, og prosentandelen fisk med konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien på 6,5 ng TE/kg vv var mye lavere for Atlantisk kveite (1,8 % av B-snitt og 15 % av I-snitt over grenseverdien) enn for blåkveite i basisundersøkelsen (25 % over grenseverdien).

På samme måte som for dioksiner og dioksinlignende PCB, lå nivået av de ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) i B-snitt fra Atlantisk kveite (median/gjennomsnitt: 5,4/10 µg/kg vv) omtrent på samme nivå som gjennomsnittsverdiene som tidligere er funnet i muskel fra NVG-sild, nordsjøsild og makrell (4,3-7,8 µg/kg vv), mens median/gjennomsnitt av sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt (17/29 µg/kg vv) lå nesten like høyt som median og gjennomsnitt funnet i blåkveite (24/33 µg/kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010, Nilsen m.fl., 2010). Maksimumsverdiene for sum PCB<sub>6</sub> både i B-snitt og I-snitt fra Atlantisk kveite (400 og 390 µg/kg vv) var omtrent dobbelt så høye som maksimumsverdien funnet i blåkveite (220 µg/kg vv), men igjen var det et fåtall kveiter som hadde de aller høyeste

verdiene. Prosentandelen fisk med konsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> over grenseverdien på 75 µg/kg vv var mye lavere i kveite B-snitt (1,0%) enn i muskel fra blåkveite (7,7 % upubliserede resultater), mens prosentandelen over grenseverdien for kveite I-snitt (7,6 %) var helt på samme nivå som for blåkveite.

For bromerte flammehemmere, sum PBDE<sub>7</sub>, lå median/gjennomsnitt i kveite B-snitt (0,31/0,65 µg/kg vv) omtrent på samme nivå som gjennomsnittsverdiene funnet i NVG-sild og makrell (0,47 og 0,88 µg/kg vv), mens gjennomsnittsverdien i nordsjøisild var noe høyere (1,3 µg/kg vv). Median og gjennomsnitt i kveite I-snitt (1,0 og 2,1 µg/kg vv) lå omtrent på samme nivå som i muskel fra blåkveite (1,5 og 2,0 µg/kg vv). Maksimumsverdien for sum PBDE<sub>7</sub> i kveite B-snitt var litt høyere (14 µg/kg vv) og maksimumsverdien i kveite I-snitt var mye høyere (39 µg/kg vv) enn maksimumsverdien som tidligere er funnet i blåkveite (9,8 µg/kg vv).

### 6.3. Variasjon i fremmedstoffnivåer mellom ulike geografisk områder

Nivået av de fleste fremmedstoffene som ble bestemt i Atlantisk kveite varierte mellom ulike geografiske områder, og i likhet med det som er funnet for mange andre fiskearter i norske farvann, var fremmedstoffnivåene lavere i de nordligste områdene enn i områdene lenger sør. Både nivåene av kvikksølv og arsen i kveite B-snitt og nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F og dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og bromerte flammehemmere (PBDE<sub>7</sub>) i kveite B-snitt og I-snitt var lavest i Barentshavet og Norskehavet-Nord og høyest i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak. Av de to sørligste områdene var nivåene av disse fremmedstoffene noe lavere i Nordsjøen/Skagerrak enn i Norskehavet-Sør. Dette kan imidlertid ha sammenheng med at det i Nordsjøen/Skagerrak ble samlet inn kun åtte fisk, syv relativt små kveiter mellom 2,2 og 13 kg og én veldig stor kveite på 173 kg. Det lave antallet fisk med veldig ujevn størrelsesfordeling gjør at resultatene for Nordsjøen/Skagerrak er usikre.

De høyeste gjennomsnittsnivåene av fremmedstoffer i Atlantisk kveite ble funnet i området Norskehavet-Sør, og en videre inndeling av områdene i henhold til Fiskeridirektoratets statistikkområder, viste at for de fleste av disse fremmedstoffene var det kveite fra område 06 innenfor Norskehavet-Sør som hadde de klart høyeste nivåene, mens kveite fra område 07 også innenfor Norskehavet-Sør, hadde mye lavere konsentrasjoner både i B-snitt og I-snitt. Bare for arsen ble det funnet at nivået var like høyt eller noe høyere i område 07 enn i område 06. Nivåene av kvikksølv i B-snitt og organiske miljøgifter i I-snitt i kveite fra område 06 var høye, med median/gjennomsnitt på 0,50/0,60 mg/kg vv for kvikksølv i B-snitt, 2,1/3,1 ng TE/kg vv for sum PCDD/F i I-snitt, 6,7/8,6 ng TE/kg vv for sum PCDD/F+dl-PCB i I-snitt og på 58/66 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt. Også prosentandelen kveiter med nivåer over grenseverdien for disse fremmedstoffene var mye høyere i område 06 enn i alle andre områder. Elleve prosent av kveitene i dette området hadde kvikksølvnivåer

over grenseverdien i B-snitt, og henholdsvis 24 %, 55 % og 29 % av kveitene hadde nivåer av sum PCDD/F, sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> over grenseverdiene i I-snitt. Også nivået av de organiske miljøgiftene i B-snitt var betydelig høyere i område 06 enn i de andre områdene som ble undersøkt, men verdiene i B-snitt var likevel ikke spesielt høye i dette området.

De fleste kveitene i område 06 ble fanget i åpent hav ved Sklinnabanken utenfor Nordland mellom 65 og 66°N (se kart i figur 1), og vi har per i dag ikke noe sikkert svar på hvorfor nivåene av fremmedstoffer i Atlantisk kveite er høyere i dette området enn i alle de andre områdene som ble undersøkt. Det er tidligere funnet høye nivåer av organiske miljøgifter også i blåkveite fra et havområde utenfor kysten av Nordland. De høyeste nivåene av organiske miljøgifter i blåkveite i basisundersøkelsen (Nilsen m.fl., 2010) ble imidlertid funnet i fisk fanget i et område noe lenger nord og øst (rundt 67°N til 68°30'N) enn området der kveitene ble fanget i denne undersøkelsen. I senere oppfølgingsundersøkelser for blåkveite med prøvetaking i et større område mellom 65°30'N og 68°30'N ble det funnet klart lavere nivåer enn i basisundersøkelsen, men nivået av organiske miljøgifter i blåkveite var likevel forholdsvis høyt i hele dette området, og det var en klar tendens til at nivåene var høyest på de sørligste stasjonene mellom 65°30'N og 67°N (Nilsen og Måge, 2016).

Selv om konsentrasjonen av både kvikksølv og alle de persistente organiske miljøgiftene (PCDD/F, dl-PCB, PCB<sub>6</sub> og PBDE<sub>7</sub>) økte med økende størrelse på fisken, kan variasjonen i fremmedstoffinnhold mellom områdene ikke forklares med forskjeller i fiskens størrelse siden det ikke ble funnet noen signifikante forskjeller i lengde eller vekt på fisken mellom de ulike områdene. Sammenligning av fisk av samme størrelse fra de ulike områdene viste dessuten at fremmedstoffnivået i nesten alle vektklasser fulgte samme mønster med lavest konsentrasjon i Barentshavet og Norskehavet-Nord og høyest konsentrasjon i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak. Bare den minste og den største vektklassen avvek fra dette mønsteret, og da bare for de organiske miljøgiftene. For disse fremmedstoffene var det i den minste vektklassen liten eller ingen forskjell i fremmedstoffnivå mellom områdene, og i den største vektklassen (120-225 kg) var nivået av de organiske miljøgiftene mye høyere i Barentshavet enn i Norskehavet-Nord og Nordsjøen Skagerrak (i Norskehavet-Sør var det ingen kveiter i den største vektklassen). Det høye nivået av organiske miljøgifter i den største vektklassen i Barentshavet skyldtes to svært store kveiter (200 og 225 kg) med svært høyt innhold av organiske miljøgifter som ble fanget i dette området.

Konsentrasjonen av både kvikksølv og de organiske miljøgiftene økte også med økende fettinnhold i kveitemuskel, og det er mulig at forskjellene i fremmedstoffnivåer mellom områdene til dels kan forklares med forskjeller i fiskens fettinnhold. Median og gjennomsnittlig fettinnhold, særlig i I-snitt, var noe høyere i Norskehavet-Sør enn i Barentshavet, Norskehavet-Nord og Nordsjøen/Skagerrak, selv om forskjellen ikke ble funnet å være statistisk signifikant. Fettinnholdet, særlig i I-snitt, var også høyere i område 06 enn de fleste andre statistikkområdene, og fettinnholdet var her signifikant høyere

enn i område 07 og 00. Forskjeller i fettinnhold mellom områdene kan likevel ikke være hele forklaringen på variasjonen mellom områdene. Dette fordi sammenligning av fisk med samme fettinnhold fra de ulike områdene viste at fremmedstoffnivået i alle fettinnhold-grupper fremdeles fulgte det samme mønsteret med lavest konsentrasjon av fremmedstoffer i kveite fra Barentshavet og Norskehavet-Nord og høyest konsentrasjon i Norskehavet-Sør og Nordsjøen/Skagerrak.

#### 6.4. Variasjon i fremmedstoffnivåer med størrelse på fisken

Nivået av de fleste fremmedstoffene som ble bestemt i Atlantisk kveite økte med økende størrelse på fisken. For arsen ble det funnet liten eller ingen sammenheng mellom konsentrasjonen i kveite B-snitt og fiskens størrelse, men både for kvikksølv i B-snitt og de organiske miljøgiftene i B-snitt og I-snitt ble det funnet en moderat til sterk positiv korrelasjon med både lengde og vekt av fisken i alle de fire hovedområdene som ble undersøkt.

Inndeling av kveitene i seks ulike vektclasser viste at det var store forskjeller i konsentrasjonen av fremmedstoffene mellom vektclassene. For kvikksølv i B-snitt var nivået i den største vektclassen (120-225 kg) nesten åtte ganger høyere enn i den minste vektclassen (0,7-10 kg), og for de organiske miljøgiftene sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> var forskjellene enda større med nivåer mer enn 60 ganger høyere i B-snitt og mer enn 20 ganger høyere i I-snitt i den største vektclassen i forhold til den minste.

I denne undersøkelsen ble det samlet inn flest fisk i de tre minste vektclassene, 0,7-10 kg, 11-20 kg og 21-40 kg, til sammen 326 fisk i disse vektclassene mot 66 fisk i de tre største vektclassene. I det kommersielle fisket etter Atlantisk kveite fiskes det mest kveite mellom 11 og 40 kg, og nivået av fremmedstoffer i de tre minste vektclassene, med vekt opp til 40 kg, er derfor av størst interesse i forbindelse med vurderinger av mattrygghet. Resultatene viste at for B-snitt var nivåene av fremmedstoffer lave i de tre minste vektclassene, med median og gjennomsnitt under 0,2 mg/kg vv for kvikksølv, under 1,0 ng TE/kg vv for sum PCDD/F+dl-PCB og under 9 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub>. Også nivåene av organiske miljøgifter i I-snitt var forholdsvis lave i de tre minste vektclassene med median og gjennomsnitt under 3,5 ng TE/kg vv for sum PCDD/F+dl-PCB og under 28 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub>. I B-snitt av muskel var det svært få kveiter i de tre minste vektclassene som hadde konsentrasjoner av fremmedstoffer over grenseverdiene. Kun én kveite hadde kvikksølvnivå over grenseverdien, én kveite hadde PCB<sub>6</sub>-konsentrasjon over grenseverdien, og ingen kveiter hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB i B-snitt over grenseverdien blant de 326 kveitene med vekt opp til 40 kg. For I-snitt var det imidlertid et større antall overskridelser i de minste vektclassene. Til sammen 32 kveiter hadde overskridelser for sum PCDD/F+dl-PCB og 14 kveiter hadde overskridelser for sum PCB<sub>6</sub> i I-snitt blant de 326 kveitene med vekt opp til 40 kg.

I den største vektclassen, 120-225 kg, ble det samlet inn kun fem fisk, men resultatene viste i likhet med tidligere studier (VKM 2005, Julshamn m.fl., 2007) at nivået av fremmedstoffer var svært høyt både i B-snitt og I-snitt fra disse kveitene, særlig for de organiske miljøgiftene. Median og gjennomsnitt for kvikksølv i B-snitt i denne vektclassen var 0,61/0,77 mg/kg vv som er over grenseverdien på 0,5 mg/kg vv som gjelder for de fleste fiskearter, men likevel ikke over grenseverdien på 1,0 mg/kg vv som gjelder for Atlantisk kveite og en del andre fiskearter. Én enkelt kveite (20 %) hadde kvikksølvnivå over grenseverdien (1,7 mg/kg vv). Men det var særlig nivået av de organiske miljøgiftene som var svært høyt i denne vektclassen. For sum PCDD/F+dl-PCB var median/gjennomsnitt både i B-snitt (14/27 ng TE/kg vv) og I-snitt (23/33 ng TE/kg vv) langt høyere enn grenseverdien på 6,5 ng TE/kg vv. Likeledes var median/gjennomsnitt for sum PCB<sub>6</sub> i B-snitt (100/160 µg/kg vv) og I-snitt (230/220 µg/kg vv) betydelig høyere enn grenseverdien på 75 µg/kg vv. Seksti prosent av kveitene i denne vektclassen oversteg grenseverdiene for disse fremmedstoffene i B-snitt og 80-100% oversteg grenseverdiene i I-snitt.

I de to vektclassene 41-60 kg og 61-100 kg var fremmedstoffnivåene klart høyere enn i de tre minste vektclassene, men likevel svært mye lavere enn i den største vektclassen. Mediannivåene både for sum PCDD/F+dl-PCB og for sum PCB<sub>6</sub> lå her under grenseverdiene både i B-snitt og I-snitt. I B-snitt var det ingen kveiter som oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub>, og bare 6-7 % som oversteg grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. For I-snitt var det en større andel som oversteg grenseverdiene, med 12-20 % over grenseverdien for PCB<sub>6</sub> og rundt 30 % over grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB.

## **6.5. Vurdering av fremmedstoffnivåer i kveite opp mot tolerabelt ukentlig inntak.**

Tolerabelt ukentlig inntak (TWI) av metylkvikksølv er fastsatt til 1,3 µg/kg kroppsvekt/uke (EFSA 2012). Dette betyr at en person på 70 kg kan innta inntil 91 µg metylkvikksølv hver uke livet gjennom uten fare for negative helseeffekter. I europeisk kosthold er fisk identifisert som den dominerende kilden til inntak av metylkvikksølv for alle aldersgrupper (EFSA 2012), og nivået av metylkvikksølv i fisk er derfor av stor betydning for mattrygghet. I dette arbeidet ble det bestemt totalt kvikksølv, ikke metylkvikksølv, men tidligere analyser av muskel fra Atlantisk kveite har vist at nær 100 % av kvikksølv i Atlantisk kveite foreligger som metylkvikksølv (Julshamn m.fl., 2011b). Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i B-snitt av muskel fra Atlantisk kveite i dette arbeidet lå på 0,21 mg/kg, og et måltid av kveite på 200 g B-snitt vil derfor i gjennomsnitt gi et inntak på 42 µg (metyl)kvikksølv, som utgjør 46 % av TWI for en person på 70 kg (tabell 19). Gjennomsnittlig innhold av kvikksølv i kveite fra område 06 var imidlertid mye høyere enn dette (0,60 mg/kg vv), og et måltid kveite på 200 g B-snitt fra område 06 vil i gjennomsnitt gi et inntak på 120 µg (metyl)kvikksølv, det vil si 132 % av



TWI. I dette arbeidet ble det bare analysert kvikksølv i B-snitt, ikke i I-snitt, men tidligere resultater har vist at konsentrasjonen av kvikksølv i I-snitt er enten lik eller noe lavere enn konsentrasjonen i B-snitt (Julshamn m.fl., 2008, (Julshamn m.fl., 2011b). Normalt vil I-snittet utgjøre bare en liten del av et måltid kveite, så selv om I-snittet kan ha en noe lavere konsentrasjon av kvikksølv enn B-snittet vil det trolig bli svært liten forskjell i inntaket av kvikksølv fra et måltid kveite på 200 g B-snitt og et måltid kveite på for eksempel 160 g B-snitt og 40 g I-snitt.

**Table 19. Overview of how much halibut fillet (B-cut) with different Hg levels contribute to the tolerable weekly intake (TWI) of 1.3 µg/kg body weight per week for methylmercury, assuming a body weight (bw) of 70 kg, a standard meal size of 200 g fillet (B-cut) and a methylmercury portion of 100%. Calculations are shown for the overall mean of all halibut from the study, for halibut of different weight classes, for halibut from area 06 (the area with the highest mean Hg-levels) and for halibut of different weight classes from area 06.**

	Hg (mg/kg ww)	Hg from one meal (µg)	Hg intake (µg Hg/kg bw)	Fraction of TWI from one meal (% of TWI)	Amount of fish per week at TWI (g)	Number of meals per week at TWI
<b>Halibut, overall mean</b>	0.21	42	0.60	46 %	432	2.2
<b>Halibut, 0,7-10 kg</b>	0.10	20	0.29	22 %	903	4.6
<b>Halibut, 11-20 kg</b>	0.19	38	0.54	42 %	481	2.4
<b>Halibut, 21-40 kg</b>	0.18	36	0.51	40 %	508	2.5
<b>Halibut, 41-60 kg</b>	0.35	69	1.0	77 %	263	1.3
<b>Halibut, 61-100 kg</b>	0.61	122	1.7	134 %	150	0.75
<b>Halibut, 120-225 kg</b>	0.77	154	2.2	169 %	118	0.59
<b>Area 06, mean</b>	0.60	120	1.7	132 %	152	0.76
<b>Area 06, 0,7-10 kg</b>	0.17	33	0.49	37 %	545	2.7
<b>Area 06, 11-20 kg</b>	0.47	94	1.3	103 %	194	0.97
<b>Area 06, 21-40 kg</b>	0.75	150	2.1	165 %	121	0.61
<b>Area 06, 41-60 kg</b>	1.0	202	2.9	220 %	90	0.46
<b>Area 06, 61-100 kg</b>	2.1	427	6.0	462 %	43	0.22

Gjennomsnittlig inntak av metylkvikksølv vil variere avhengig av kveitens størrelse, og for kveite i vektklassene 0,7-10 kg, 11-20 kg, 21-40 kg, 41-60 kg, 61-100 kg og 120-225 kg viste gjennomsnittsverdiene at et måltid på 200 g vil gi et inntak tilsvarende henholdsvis 22 %, 42 %, 40 %, 77 %, 134 % og 169 % av TWI (tabell 19). For kveite under 40 kg vil altså et måltid kveite på 200 g i gjennomsnitt føre til et inntak på mindre enn halvparten av TWI, mens et måltid på 200 g av kveite over 60 kg vil føre til et inntak betydelig høyere enn TWI for en person på 70 kg. For kveite fra område 06, området utenfor kysten av Nordland som hadde høyest gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i kveitefilet i dette arbeidet, var det bare kveiter fra den minste vektklassen opptil 10 kg som ga et inntak under halvparten av TWI (37 %) fra et måltid på 200 g. For vektklassene mellom 11 og 100 kg fra område

06 ville et måltid på 200 g føre til et inntak på mellom 103 % (11-20 kg) og 462 % (61-100 kg) av TWI for en person på 70 kg (tabell 19). Sagt på en annen måte betyr dette at for kveite over 60 kg fra område 06 vil en kunne spise maksimalt 43 g kveitefilet i uken uten å overskride TWI.

De høyeste kvikksølvverdiene som ble funnet i enkeltfisk i dette arbeidet var 2,3-2,4 mg/kg vv, som ble funnet i tre enkeltfisk med vekt mellom 55 og 67 kg fra område 06. Et måltid på 200 g fra en av disse kveitene ville gitt et (metyl)kvikksølvinntak på 460-480 µg, dvs mer enn fem ganger det tolerable ukentlige inntaket for en person på 70 kg. Fisk med kvikksølv over 1,0 mg/kg vv er imidlertid ikke tillatt å omsette.

Av de organiske miljøgiftene som er analysert i dette arbeidet er det dioksiner og dioksinlignende PCB som er ansett for å være mest giftig, og siden det i stor grad også var de samme prøvene som hadde høye nivåer både av dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE, vil denne vurderingen konsentrere seg om nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB. Grensen for tolerabelt ukentlig inntak (TWI) for dioksiner og dioksinlignende PCB er satt til 14 pg TE/kg kroppsvekt per uke etter en vurdering foretatt av EUs vitenskapelige komite i 2001 (SCF, 2001). TWI-verdien er beregnet på grunnlag av toksikologiske data for det mest giftige og best studerte dioksinet 2,3,7,8-tetraklorodibensodioksin (TCDD). Siden giftigheten av de ulike kongenerne av dioksiner og dioksinlignende PCB varierer mye, er det utviklet såkalte toksiske ekvivalensfaktorer (TEF), som uttrykker konsentrasjonen av ulike dioksin-kongener som en vektet konsentrasjon ekvivalent med konsentrasjonen av TCDD, såkalt toksiske ekvivalentverdier eller TE. TEF-verdier revurderes og oppdateres jevnlig av Verdens helseorganisasjon (WHO) på grunnlag av ny informasjon om relativ giftighet av de ulike kongenerne, og verdiene fra den siste oppdateringen som kom i 2005 (Van den Berg m.fl., 2006) er benyttet i dette arbeidet.

En TWI-verdi på 14 pg TE/kg kroppsvekt per uke for dioksiner og dioksinlignende PCB betyr at en person på 70 kg kan innta inntil 980 pg TE av dioksiner og dioksinlignende PCB hver uke livet gjennom uten fare for negative helseeffekter. Gjennomsnittlig innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i henholdsvis B-snitt og I-snitt av kveite var 1,4 og 3,8 ng TE/kg vv. Et måltid av kveite B-snitt på 200 g vil dermed i gjennomsnitt gi et inntak på 280 pg TE, som utgjør 29 % av TWI for en person på 70 kg (tabell 20). I-snittet hadde et høyere innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB enn B-snitt, men normalt vil I-snittet utgjøre bare en liten del av et måltid kveite. Hvis vi regner at et kveite-måltid på 200 g inneholder 160 g B-snitt og 40 g I-snitt, vil et slikt kveitemåltid i gjennomsnitt gi et inntak på 376 pg TE av dioksiner og dioksinlignende PCB, dvs 38 % av TWI for en person på 70 kg (tabell 21). I område 06 var gjennomsnittlig innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB mye høyere, henholdsvis 2,2 og 8,6 ng TE/kg vv i B-snitt og I-snitt. Et måltid av kveite B-snitt på 200 g vil dermed gi et inntak på 440 pg TE dvs 45% av TWI, mens et måltid av 160 g B-snitt og 40 g I-snitt vil gi et inntak på 696 pg TE som utgjør 71 % av TWI for en person på 70 kg.



På samme måte som for kvikksølv, vil gjennomsnittlig inntak av dioksiner og dioksinlignende PCB variere avhengig av kveitens størrelse. For kveite i vektklassene 0,7-10 kg, 11-20 kg, 21-40 kg, 41-60 kg, 61-100 kg og 120-225 kg viste gjennomsnittsverdiene at et måltid på 200 g B-snitt vil gi et inntak på henholdsvis 7 %, 19 %, 20 %, 49 %, 53 % og 551 % av TWI, mens et måltid på 160 g B-snitt og 40 g I-snitt vil gi et inntak på 12 %, 27 %, 30 %, 67 %, 70 % og 576 % av TWI (tabell 20 og 21). For de tre minste vektklassene, dvs kveite under 40 kg, vil altså et måltid kveite på 200 g B-snitt eller 160 g B-snitt/40 g I-snitt føre til et inntak på 30 % eller mindre av tolerabelt ukentlig inntak, mens tilsvarende måltider av kveite mellom 40 og 100 kg vil føre til et inntak på mellom 49 % og 70 % av tolerabelt ukentlig inntak for en person på 70 kg. I den aller største vektklassen, 120-225 kg, var innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB svært høyt og et måltid kveite på 200 g B-snitt eller 160 g B-snitt/40 g I-snitt fra kveiter i denne vektklassen vil medføre et inntak på nesten seks ganger tolerabelt ukentlig inntak. For kveite i denne aller største vektklassen kan en person på 70 kg spise maksimalt 35 g kveitefilet i uken uten å overskride TWI (tabell 20 og 21).

**Table 20. Overview of how much halibut fillet (B-cut only) with different levels of dioxins and dl-PCBs contribute to the tolerable weekly intake (TWI) of 14 pg TE/kg body weight per week for sum dioxins and dl-PCBs, assuming a body weight (bw) of 70 kg and a meal size of 200 g fillet (B-cut). Calculations are shown for the overall mean of all halibut from the study, for halibut of different weight classes, for halibut from area 06 (the area with the highest levels of dioxins and dl-PCBs) and for halibut of different weight classes from area 06.**

	Sum dioxins and dl-PCBs in B-cut (ng TEQ/kg ww)	TEQ from one meal of 200 g B-cut (pg)	TEQ intake (pg per kg bw)	Fraction of TWI from one meal of 200 g B-cut (% of TWI)	Amount of fillet (B-cut) per week at TWI (g)	Number of meals per week at TWI
<b>Halibut, overall mean</b>	1.4	280	4.0	29 %	700	3.5
<b>Halibut, 0,7-10 kg</b>	0.36	72	1.0	7 %	2722	14
<b>Halibut, 11-20 kg</b>	0.92	184	2.6	19 %	1065	5.3
<b>Halibut, 21-40 kg</b>	1	200	2.9	20 %	980	4.9
<b>Halibut, 41-60 kg</b>	2.4	480	6.9	49 %	408	2.0
<b>Halibut, 61-100 kg</b>	2.6	520	7.4	53 %	377	1.9
<b>Halibut, 120-225 kg</b>	27	5400	77	551 %	36	0.2
<b>Area 06, mean</b>	2.2	440	6.3	45 %	445	2.2
<b>Area 06, 0,7-10 kg</b>	0.42	84	1.2	9 %	2333	12
<b>Area 06, 11-20 kg</b>	1.7	340	4.9	35 %	576	2.9
<b>Area 06, 21-40 kg</b>	2.2	440	6.3	45 %	445	2.2
<b>Area 06, 41-60 kg</b>	5.1	1020	15	104 %	192	1.0
<b>Area 06, 61-100 kg</b>	6.5	1300	19	133 %	151	0.8

**Table 21. Overview of how much halibut fillet (B-cut/I-cut in a 4/1 ratio) with different levels of dioxins and dl-PCBs contribute to the tolerable weekly intake (TWI) of 14 pg TE/kg body weight per week for sum dioxins and dl-PCBs, assuming a body weight (bw) of 70 kg and a meal size of 160 g B-cut and 40 g I-cut. Calculations are shown for the overall mean of all halibut from the study, for halibut of different weight classes, for halibut from area 06 (the area with the highest levels of dioxins and dl-PCBs) and for halibut of different weight classes from area 06.**

	Sum dioxins and dl-PCBs in B-cut/I-cut, 4/1 ratio (ng TEQ/kg ww)	TEQ from one meal of 160 g B-cut and 40 g I-cut (pg)	TEQ intake (pg per kg bw)	Fraction of TWI from one meal of 160 g B-cut and 40 g I-cut (% of TWI)	Amount of fillet per week at TWI (g)	Number of meals per week at TWI
<b>Halibut, overall mean</b>	1.9	376	5.4	38 %	521	2.6
<b>Halibut, 0,7-10 kg</b>	0.6	122	1.7	12 %	1612	8.1
<b>Halibut, 11-20 kg</b>	1.3	267	3.8	27 %	734	3.7
<b>Halibut, 21-40 kg</b>	1.5	296	4.2	30 %	662	3.3
<b>Halibut, 41-60 kg</b>	3.3	660	9.4	67 %	297	1.5
<b>Halibut, 61-100 kg</b>	3.4	688	9.8	70 %	285	1.4
<b>Halibut, 120-225 kg</b>	28	5640	80.6	576 %	35	0.2
<b>Area 06, mean</b>	3.5	696	9.9	71 %	282	1.4
<b>Area 06, 0,7-10 kg</b>	0.9	175	2.5	18 %	1119	5.6
<b>Area 06, 11-20 kg</b>	2.7	540	7.7	55 %	363	1.8
<b>Area 06, 21-40 kg</b>	4.5	908	13.0	93 %	216	1.1
<b>Area 06, 41-60 kg</b>	7.3	1452	20.7	148 %	135	0.7
<b>Area 06, 61-100 kg</b>	8.9	1772	25.3	181 %	111	0.6

For kveite fra område 06 var det bare kveiter fra den minste vektklassen som ga et inntak under 30 % av TWI for både 200 g B-snitt (9 %) og 160 g B-snitt/40 g I-snitt (18 %). For vektklassene mellom 11 og 100 kg fra område 06 ville et måltid på 200 g B-snitt føre til et inntak på mellom 35 % (11-20 kg) og 133 % (61-100 kg) av TWI, mens et måltid på 160 g B-snitt/40 g I-snitt av kveite fra område 06 i gjennomsnitt vil gi et inntak på mellom 55 % (11-20 kg) og 181 % (61-100 kg) av TWI.

De høyeste verdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB i enkeltfisk i dette arbeidet var 73 ng TE/kg vv i B-snitt og 64 ng TE/kg vv i I-snitt fra en kveite på 200 kg fanget i Varangerfjorden. Disse verdiene var 10-11 ganger høyere enn den øvre grenseverdien for lovlig omsetning på 6,5 ng TE/kg vv. Et måltid på 200 g B-snitt eller 160 g B-snitt og 40 g I-snitt fra denne kveiten ville gitt et inntak av dioksiner og dioksinlignende PCB på henholdsvis 1490 % og 1453 % av TWI, dvs nesten 15 ganger det tolerable ukentlige inntaket for en person på 70 kg.

## 7. KONKLUSJONER/CONCLUSIONS

I dette arbeidet er det gjennomført en omfattende kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i Atlantisk kveite fra norske farvann med særlig vekt på de områder og vektklasser som er viktigst i det kommersielle fisket etter denne arten. Kveite er en art med svært stor variasjon i størrelse, og i dette arbeidet har vi samlet inn kveite med vekt fra 0,7 til 225 kg.

Nivået av kadmium og bly i muskel (B-snitt) fra kveite var svært lavt med bare få verdier over kvantifiseringsgrensen. Innholdet av kvikksølv var derimot høyt i forhold til andre arter med gjennomsnitt/median på 0,21/0,11 mg/kg vv for hele materialet. Det var svært stor variasjon i nivåene mellom enkeltfisk. Åtte kveiter (2,0%) hadde kvikksølvkonsentrasjon over EUs og Norges grenseverdi for denne arten. Kvikksølvkonsentrasjonen økte med økende størrelse på fisken, og mens ingen fisk under 39 kg oversteg grenseverdien for kvikksølv, hadde 18-20 % av fisken mellom 61 og 225 kg kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien. Kvikksølvnivået varierte også mellom ulike områder og var høyest i et område ved Sklinnabanken utenfor Nordland i Norskehavet. Elleve prosent av fisken i dette området hadde kvikksølvnivåer over grenseverdien.

De organiske miljøgiftene ble målt både i en forholdsvis mager del (B-snitt) og en fet del (I-snitt) av muskelen i kveitene, med gjennomsnittlig fettinnhold på henholdsvis 4,6 og 14 g/100 g. Nivåene av alle de organiske miljøgiftene ble funnet å være omtrent tre ganger høyere i I-snitt enn i B-snitt. For B-snitt ble det funnet et gjennomsnitt/median på 1,4/0,67 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB og 10/5,4 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub>, og mindre enn 2 % av kveitene hadde konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub> i B-snitt som oversteg grenseverdien for disse stoffene.

Konsentrasjonen i I-snitt fra kveitemuskel var imidlertid betydelig høyere med gjennomsnitt/median på 3,8/2,1 ng TE/kg vv for dioksiner og dioksinlignende PCB og 29/17 µg/kg vv for PCB<sub>6</sub>.

Henholdsvis 15 % og 7,6 % av kveitene hadde konsentrasjoner i I-snitt over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og for PCB<sub>6</sub>. Konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene økte med økende størrelse på fisken både i B-snitt og I-snitt, og mens mindre enn 1 % av kveitene med vekt under 40 kg hadde konsentrasjoner i B-snitt over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub>, hadde 60 % av fisken over 120 kg nivåer over grenseverdiene. For I-snitt var det 10 % eller færre av kveitene under 40 kg som hadde verdier over grenseverdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub>, mens 80-100 % av prøvene over 120 kg oversteg grenseverdiene. På samme måte som for kvikksølv varierte nivået av de organiske miljøgiftene også mellom ulike områder, og de høyeste nivåene ble funnet i området ved Sklinnabanken utenfor Nordland i Norskehavet.

Resultatene fra dette arbeidet viste at kun et fåtall store kveiter hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskel (B-snitt) som oversteg grenseverdien, og alle bortsett fra én av disse kveitene ble fanget i område 06 ved Sklinnabanken utenfor Nordland. Siden også kveitene fra område 06 hadde både gjennomsnitt og median godt under grenseverdien for kvikksølv i kveite, vil dette ikke utgjøre et problem for omsetning av kveite. Kvikksølvverdiene i område 06 er imidlertid såpass høye at et kosthold med mye kveite fra dette området vil kunne gi et høyt ukentlig kvikksølvinntak.

For de organiske miljøgiftene viste resultatene at det var dioksiner og dioksinlignende PCB som var hovedutfordringen, og det var langt flere fisk som oversteg grenseverdien for dioksiner og dioksinlignende PCB enn for PCB<sub>6</sub>. I B-snitt av kveitemuskel var det kun et fåtall kveiter som hadde konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB over grenseverdien, men i I-snitt var problemet større med verdier over grenseverdien for 15 % av fisken. Både størrelse og geografi er viktige faktorer som påvirker nivået. Mens alle fisk over 100 kg, uansett fangstområde, hadde for høyt nivå i I-snitt, var det først og fremst fisk fra område 06 som hadde for høye verdier av dioksiner og dioksinlignende PCB i fisk under 100 kg. I-snitt utgjør bare en liten del av kveitemuskelen, så i de fleste tilfeller vil konsentrasjonen i B-snitt være mer bestemmende for inntaket enn konsentrasjonen i I-snitt. Men dersom enkelte spiser mye av I-snittet som er den feteste delen av kveitemuskelen, vil inntaket av dioksiner og dioksinlignende PCB kunne bli høyt.

Funnene i denne undersøkelsen tyder altså på at det er lav sannsynlighet for overskridelse av de øvre grenseverdiene for fremmedstoffer i muskel fra kveite under 40 kg som er den vektclassen som fiskes desidert mest i norske fiskerier. Bare for kveiter fra område 06 ved Sklinnabanken utenfor Nordland var det en noe større andel av kveitene også under 40 kg som oversteg grenseverdiene for lovlig omsetning. For større kveiter, særlig over 100 kg, var det stor sannsynlighet for overskridelse av grenseverdiene, særlig for organiske miljøgifter. - Funnene tyder også på at et kosthold med mye kveite fra område 06 ved Sklinnabanken utenfor Nordland vil kunne gi et uønsket høyt inntak av både kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB, og at et kosthold med mye stor kveite (over 100 kg uansett fangstområde) vil føre til klare overskridelser av tolerabelt ukentlig inntak for både kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB.

## 8. REFERANSER/REFERENCES

---

- Duinker, A., Frantzen, S., Nilsen, B., Måge, A., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2013). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i nordsjøsild (*Clupea harengus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 26 s.
- EU (2006). Commission regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20120901:EN:PDF>
- EFSA (2012). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA J. 10(12):2985, 241 pp.
- Forskrift 27. september 2002 nr. 1028: Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler, § 3 Gjennomføring av forordning (EF) nr. 1881/2006. <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lldles?doc=/sf/sf/sf-20020927-1028.html>
- Frantzen, S., Måge, A., og Julshamn, K. (2009). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i Norsk Vårgytende Sild. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 24 s.
- Frantzen, S., Måge, A. og Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i makrell (*Scomber scombrus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 34 s.
- Julshamn, K., Måge, A., Skaar Norli, H., Grobecker, K., Jorhem, L. og Fecher, P. (2007). Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead by ICP-MS in foods after pressure digestion: NMKL Collaborative study. J AOAC International, 90, 844-856.
- Julshamn, K., Øygard, J. og Måge, A. (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. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 31s.
- Julshamn, K. og Frantzen, S. (2009). Miljøgifter i fisk og fiskevarer - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer, makrell, ål og Svolværpostei. Mattilsynet, årsrapport 2008, 26 sider.
- Julshamn, K., Frantzen, S., Valdersnes, S. og Lunestad, B.T. (2011a). Miljøgifter i fisk og fiskevarer - en rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, polybromerte flammehemmere (PBDE), perfluorerte alkylstoffer (PFAS), tungmetaller og Salmonella i oljer til human konsum, brisling og brislingprodukter. Mattilsynet, årsrapport 2010, 30 sider.
- Julshamn, K., Frantzen, S. og Valdersnes, S. (2011b). Årsrapport 2010 Mattilsynet. Fremmedstoffer i villfisk med vekt på uorganisk arsen, metylkvikksølv, bromerte flammehemmere og perfluorerte alkylstoffer. NIFES-rapport, Bergen, NIFES: 42s.

- Julshamn, K., Nilsen, B., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K. og Sloth, J.J. (2012). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 5, 229-235.
- Julshamn, K., Duinker, A., Valdersnes, S., Lunestad, B.T. og Måge, A. (2013a). Mattilsynets program: Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2012. - Undersøkelse av fremmedstoffer i kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) og oljer. Mattilsynet, årsrapport 2012, 28 sider.
- Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Maage, A., Valdersnes, S. og Nedreaas, K. (2013b). A baseline study of levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. *Mar. Pollut. Bull* 67, 187-195.
- Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M. Nedreaas, K. og Maage, A. (2013c). A baseline study of metals in cod (*Gadus morhua*) from the North Sea and coastal Norwegian waters, with focus on mercury, arsenic, cadmium and lead. *Mar. Pollut. Bull* 72, 264-273.
- Måge, A., Bjelland, O., Olsvik, P., Nilsen, B. og Julshamn, K. (2012) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2011: Kvikksølv i djupvassfisk og skaldyr frå Hardangerfjorden samt miljøgifter i marine oljer. Mattilsynet, årsrapport 2011, 31 sider.
- Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (*Rheinhardtius hippoglossoides*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 42 s.
- Nilsen, B.M., Julshamn, K., Duinker, A., Nedreaas, K. og Måge, A. (2013a). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i sei (*Pollacchius virens*) fra Norskehavet og Barentshavet. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 44 s.
- Nilsen, B.M., Julshamn, K., Duinker, A., Nedreaas, K. og Måge, A. (2013b). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i sei (*Pollacchius virens*) fra Nordsjøen. Sluttrapport for prosjektet «Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann», NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 57 s.
- Nilsen, B.M. og Måge, A. (2016) Oppfølging av basisundersøkelse blåkveite- Juni 2015. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-34-2), 19 s.
- Nortvedt, R. og Tuene, S. (1998) Body composition and sensory assessment of three weight groups of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed three pellet sizes and three dietary fat levels. *Aquaculture* 161, 295-313.
- SCF (2001). Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food. Update based on new scientific information available since the adoption of the SCF opinion of 22nd November 2000 (adopted on 30 May 2001).
- Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R.E. (2006). Review. The 2005 World Health Organization re-evaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol. Sci.* 93, 223-241.
- VKM (2005) Vurdering av dioksiner og dioksinlignende PCB i kveite. Risikovurdering fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM), 05/506-2-endelig, 1.april 2005.

## **9. TABELLER/TABLES/ANNEX**

---

**Table A1. Physical parameters; length (cm), weight (kg), age (years) and sex (% females) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Length (cm)						Weight (kg)						Age (years)						Sex	
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max	N	% females
09	Skagerrak	3	104	96	19	75	110	3	12	10	4.1	5.3	13	1	5.0	5.0		5	5	2	100
08	North Sea	2	88	88	31	66	110	2	8.2	8.2	7.4	2.9	13	0						1	0
28	North Sea	3	111	135	90	60	235	3	18	64	95	2.2	173	2	11	11	9.2	4	17	3	100
07	Norwegian Sea-South	11	94	92	17	59	117	11	9.1	9.1	4.2	1.9	16	0						0	-
06	Norwegian Sea-South	62	107	114	26	57	181	62	15	21	16	2.2	72	56	10	10	2.3	6	16	59	58
00	Norwegian Sea-North	51	117	118	30	52	217	51	18	26	26	1.5	153	40	9.0	10	3.4	7	26	48	67
05	Norwegian Sea-North	125	107	113	29	53	202	125	15	22	20	1.5	121	110	9.0	8.8	2.1	5	17	119	71
04	Barents Sea	104	121	117	29	55	189	104	22	25	18	1.5	86	95	8.0	8.7	2.3	4	16	104	82
03	Barents Sea	24	109	113	55	40	250	24	16	35	58	0.70	225	18	10	11	7.3	3	32	22	68
20	Barents Sea	6	85	97	37	74	172	6	7.2	18	26	4.7	71	6	7.0	7.7	2.3	6	12	6	50
All Grps		391	111	114	32	40	250	391	16	24	25	0.70	225	328	9.0	9.3	3.0	3	32	364	71



**Table A2. Dry matter in B-cut (g/100 g) and fat content (g/100 g) in B-cut and I-cut of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Dry matter in B-cut (g/100 g)						Fat content in B-cut (g/100 g)						Fat content in I-cut (g/100 g)					
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max
09	Skagerrak	3	22	21	2.7	18	23	3	2.7	2.7	2.0	0.75	4.8	3	12	11	9.0	1.2	19
08	North Sea	2	20	20	1.5	19	21	2	3.0	3.0	1.3	2.2	3.9	2	9.5	9.5	8.5	3.5	16
28	North Sea	3	26	25	4.5	20	29	3	7.0	6.1	4.8	0.87	10	3	19	15	13	0.88	26
07	Norwegian Sea-South	11	23	23	2.6	19	28	11	2.6	3.1	2.2	0.92	8.8	11	6.6	6.9	4.8	0.73	18
06	Norwegian Sea-South	63	24	24	3.7	16	40	63	4.2	5.1	4.0	0.15	24	63	19	17	9.5	0.15	37
00	Norwegian Sea-North	51	24	24	2.5	19	33	51	3.7	4.3	2.9	0.46	15	51	11	11	6.1	0.77	29
05	Norwegian Sea-North	125	25	25	3.6	18	37	125	3.3	4.2	3.1	0.67	17	124	12	13	9.4	0.77	39
04	Barents Sea	104	25	25	3.3	18	36	104	4.5	4.8	3.1	0.67	17	99	12	13	7.2	0.76	30
03	Barents Sea	24	23	25	4.8	18	39	24	2.8	5.3	7.2	0.79	30	23	12	13	10	1.2	34
20	Barents Sea	6	26	27	4.7	22	35	6	6.4	7.3	5.5	2.1	17	6	18	20	11	9.7	40
All Grps		392	24	25	3.5	16	40	392	3.7	4.6	3.6	0.15	30	385	12	14	8.7	0.15	40

**Table A3. Concentrations of mercury, cadmium and lead in muscle (B-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values and the number of fish exceeding the EU maximum level for mercury are shown for each area. Numbers in red indicate values above the EU maximum level for mercury in muscle of Atlantic halibut of 1.0 mg/kg ww.**

Area number	Maritime zone	Mercury in B-cut (mg/kg ww)							Cadmium in B-cut (mg/kg ww)					Lead in B-cut (mg/kg ww)				
		N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level	N	Median	min	max	#<LOQ	N	Median	min	max	#<LOQ
09	Skagerrak	3	0.28	0.27	0.097	0.16	0.35	0	3	<0.001	<0.0009	<0.001	3	3	0.006	<0.006	0.007	1
08	North Sea	2	0.13	0.13	0.025	0.11	0.15	0	2	<0.001	<0.0009	<0.001	2	2	<0.006	<0.006	<0.006	2
28	North Sea	3	0.20	0.65	0.89	0.072	1.7	1	3	<0.001	<0.0009	0.0014	2	3	<0.007	<0.005	0.016	2
07	Norwegian Sea-South	11	0.20	0.21	0.077	0.092	0.34	0	11	<0.001	<0.0009	0.0012	10	11	<0.007	<0.005	0.020	8
06	Norwegian Sea-South	63	0.50	0.60	0.51	0.034	2.4	7	63	<0.001	<0.0009	0.0063	46	63	<0.007	<0.005	0.011	58
00	Norwegian Sea-North	51	0.12	0.18	0.16	0.036	0.80	0	51	<0.001	<0.001	0.0082	48	51	0.008	<0.006	0.066	22
05	Norwegian Sea-North	125	0.10	0.13	0.085	0.021	0.59	0	125	<0.001	<0.0008	0.0082	118	125	<0.007	<0.005	0.12	120
04	Barents Sea	104	0.082	0.11	0.073	0.019	0.43	0	104	<0.001	<0.0009	0.017	101	104	<0.007	<0.005	0.025	99
03	Barents Sea	24	0.073	0.11	0.13	0.023	0.61	0	24	<0.001	<0.0009	0.0035	17	24	<0.007	<0.005	0.017	22
20	Barents Sea	6	0.061	0.082	0.054	0.039	0.19	0	6	<0.001	<0.001	0.0015	4	6	<0.008	<0.006	<0.010	6
All Grps		392	0.11	0.21	0.29	0.019	2.4	8	392	<0.001	<0.0009	0.017	351	392	<0.007	<0.005	0.12	340

**Table A4. Concentrations of arsenic and selenium in muscle (B-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Arsenic in B-cut (mg/kg ww)						Selenium in B-cut (mg/kg ww)					
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max
09	Skagerrak	3	12	11	4.5	6.2	15	3	0.43	0.49	0.14	0.39	0.65
08	North Sea	2	7.2	7.2	4.1	4.3	10	2	0.39	0.39	0.09	0.33	0.45
28	North Sea	3	5.6	8.9	6.4	4.9	16	3	0.54	0.53	0.07	0.45	0.59
07	Norwegian Sea-South	11	9.2	11	6.9	2.6	24	11	0.48	0.54	0.16	0.43	0.97
06	Norwegian Sea-South	63	7.7	9.1	8.6	1.5	66	63	0.55	0.59	0.15	0.35	1.1
00	Norwegian Sea-North	51	4.1	6.4	7.1	1.4	43	51	0.42	0.45	0.12	0.27	0.99
05	Norwegian Sea-North	125	5.2	7.1	9.6	0.89	101	125	0.43	0.44	0.08	0.29	0.81
04	Barents Sea	104	5.0	6.6	4.6	2.0	28	104	0.41	0.43	0.08	0.29	0.71
03	Barents Sea	24	5.3	8.4	6.8	1.1	25	24	0.43	0.42	0.10	0.16	0.61
20	Barents Sea	6	7.7	8.4	2.5	6.1	13	6	0.43	0.42	0.05	0.33	0.47
All Grps		392	5.3	7.5	7.7	0.89	101	392	0.44	0.47	0.12	0.16	1.1

**Table A5. Concentrations of sum PCDD/F in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values and the number of fish exceeding the EU maximum level for sum PCDD/F in fish muscle are given for each area. Numbers in red indicate values above the EU maximum level for sum PCDD/F in fish muscle of 3.5 ng TEQ/kg ww.**

Area number	Maritime zone	Sum PCDD/F in B-cut (ng TEQ/kg ww)							Sum PCDD/F in I-cut (ng TEQ/kg ww)						
		N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level	N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level
09	Skagerrak	3	0.30	0.32	0.23	0.10	0.56	0	3	2.0	1.6	1.3	0.23	2.7	0
08	North Sea	2	0.18	0.18	0.13	0.09	0.27	0	2	0.32	0.32	0.13	0.23	0.41	0
28	North Sea	3	0.27	0.79	1.1	0.06	2.0	0	3	1.1	1.9	2.1	0.26	4.2	1
07	Norwegian Sea-South	11	0.21	0.26	0.23	0.06	0.88	0	11	0.59	0.77	0.68	0.06	2.7	0
06	Norwegian Sea-South	62	0.55	0.81	0.88	0.03	4.0	3	62	2.1	3.1	3.1	0.12	17	15
00	Norwegian Sea-North	51	0.18	0.32	0.48	0.03	2.9	0	51	0.41	0.80	1.1	0.06	5.8	3
05	Norwegian Sea-North	125	0.20	0.25	0.19	0.02	0.89	0	125	0.64	0.74	0.52	0.10	2.8	0
04	Barents Sea	104	0.20	0.26	0.22	0.03	1.7	0	99	0.54	0.66	0.42	0.16	2.4	0
03	Barents Sea	23	0.17	0.62	1.5	0.03	6.5	2	21	0.41	1.1	1.7	0.11	6.0	2
20	Barents Sea	6	0.15	0.18	0.15	0.07	0.48	0	6	0.34	0.44	0.24	0.26	0.89	0
All Grps		390	0.22	0.38	0.60	0.02	6.5	5	383	0.63	1.1	1.7	0.06	17	21

**Table A6. Concentrations of sum dl-PCB in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Sum dl-PCB in B-cut (ng TEQ/kg ww)						Sum dl-PCB in I-cut (ng TEQ/kg ww)					
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max
09	Skagerrak	3	0.47	0.46	0.37	0.08	0.82	3	3.8	2.6	2.2	0.05	4.0
08	North Sea	2	0.35	0.35	0.28	0.15	0.55	2	0.69	0.69	0.24	0.52	0.86
28	North Sea	3	1.1	4.4	6.6	0.02	12	3	4.8	7.8	9.6	0.08	19
07	Norwegian Sea-South	11	0.51	0.57	0.46	0.03	1.6	11	1.7	1.9	1.4	0.02	5.5
06	Norwegian Sea-South	62	1.1	1.4	1.2	0.01	6.5	62	4.5	5.5	4.5	0.06	28
00	Norwegian Sea-North	51	0.33	0.85	1.15	0.02	6.0	51	1.4	2.5	2.9	0.02	16
05	Norwegian Sea-North	125	0.40	0.58	0.61	0.02	4.0	125	1.4	1.7	1.6	0.06	13
04	Barents Sea	104	0.36	0.53	0.55	0.03	3.2	99	1.1	1.4	1.2	0.05	8.7
03	Barents Sea	23	0.40	4.9	15	0.04	67	21	1.9	6.9	15	0.03	58
20	Barents Sea	6	0.33	0.55	0.55	0.10	1.5	6	1.2	1.5	0.97	0.57	2.7
All Grps		390	0.45	1.0	3.9	0.01	67	383	1.4	2.7	4.6	0.02	58

**Table A7. Concentrations of sum PCDD/F+dl-PCB in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values and the number of fish exceeding the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle are given for each area. Numbers in red indicate values above the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish muscle of 6.5 ng TEQ/kg ww.**

Area number	Maritime zone	Sum PCDD/F+dl-PCB in B-cut (ng TEQ/kg ww)							Sum PCDD/F+dlPCB in I-cut (ng TEQ/kg ww)						
		N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level	N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level
09	Skagerrak	3	0.77	0.78	0.60	0.18	1.4	0	3	5.8	4.3	3.5	0.29	6.7	1
08	North Sea	2	0.53	0.53	0.41	0.24	0.82	0	2	1.0	1.0	0.37	0.75	1.3	0
28	North Sea	3	1.3	5.1	7.7	0.08	14	1	3	5.9	9.7	12	0.34	23	1
07	Norwegian Sea-South	11	0.67	0.83	0.68	0.09	2.5	0	11	2.5	2.6	2.1	0.08	8.2	1
06	Norwegian Sea-South	62	1.8	2.2	2.1	0.04	11	3	62	6.7	8.6	7.5	0.23	45	34
00	Norwegian Sea-North	51	0.52	1.2	1.6	0.09	9.0	1	51	2.0	3.3	3.9	0.08	21	7
05	Norwegian Sea-North	125	0.61	0.83	0.78	0.05	4.8	0	125	1.9	2.5	2.0	0.16	15	5
04	Barents Sea	104	0.57	0.79	0.75	0.07	4.9	0	99	1.6	2.0	1.6	0.22	10	3
03	Barents Sea	23	0.56	5.6	17	0.07	73	2	21	2.2	7.9	17	0.13	64	4
20	Barents Sea	6	0.48	0.73	0.69	0.17	2.0	0	6	1.5	1.9	1.2	0.83	3.6	0
All Grps		390	0.67	1.4	4.4	0.04	73	7	383	2.1	3.8	5.9	0.08	64	56

**Table A8. Concentrations of sum PCB<sub>6</sub> in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values and the number of fish exceeding the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle are given for each area. Numbers in red indicate values above the EU maximum level for sum PCB<sub>6</sub> in fish muscle of 75 µg/kg ww.**

Area number	Maritime zone	Sum PCB <sub>6</sub> in B-cut (µg/kg ww)							Sum PCB <sub>6</sub> in I-cut (µg/kg ww)						
		N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level	N	Median	Mean	SD	min	max	#> EU max level
09	Skagerrak	3	6.2	6.4	5.4	1.1	12	0	3	43	32	27	1.0	51	0
08	North Sea	2	3.6	3.6	3.2	1.3	5.9	0	2	6.5	6.5	2.8	4.5	8.5	0
28	North Sea	3	18	43	60	0.52	112	1	3	83	105	117	0.90	232	2
07	Norwegian Sea-South	11	6.4	5.3	3.7	0.20	12	0	11	11	14	9.3	0.29	32	0
06	Norwegian Sea-South	62	15	19	15	0.22	70	0	62	58	66	49	0.57	305	18
00	Norwegian Sea-North	51	3.2	9.7	15	0.12	77	1	51	15	26	33	0.54	164	5
05	Norwegian Sea-North	125	5.2	6.6	6.0	0.25	34	0	125	17	20	17	0.79	104	1
04	Barents Sea	104	4.7	5.9	5.6	0.25	39	0	99	13	16	13	0.52	91	1
03	Barents Sea	23	3.3	31	91	0.34	399	2	21	17	49	100	0.34	388	2
20	Barents Sea	6	3.0	5.4	5.7	1.6	16	0	6	11	14	10	4.8	31	0
All Grps		390	5.4	10	25	0.12	399	4	383	17	29	40	0.29	388	29

**Table A9. Concentrations of sum PCB<sub>7</sub> in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Sum PCB <sub>7</sub> in B-cut (µg/kg ww)						Sum PCB <sub>7</sub> in I-cut (µg/kg ww)					
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max
09	Skagerrak	3	6.9	7.1	5.9	1.2	13	3	49	36	30	1.1	57
08	North Sea	2	4.0	4.0	3.5	1.5	6.5	2	7.2	7.2	3.1	5.0	9.3
28	North Sea	3	20	50	69	0.57	129	3	93	118	132	1.0	260
07	Norwegian Sea-South	11	7.4	6.1	4.3	0.23	14	11	12	16	11	0.32	36
06	Norwegian Sea-South	62	17	21	17	0.24	79	62	66	75	57	0.62	366
00	Norwegian Sea-North	51	3.7	11	17	0.12	79	51	17	29	36	0.63	168
05	Norwegian Sea-North	125	5.9	7.5	6.9	0.29	40	125	19	23	19	0.91	120
04	Barents Sea	104	5.4	6.7	6.5	0.29	44	99	15	18	15	0.57	105
03	Barents Sea	23	3.8	38	112	0.36	496	21	20	59	121	0.36	475
20	Barents Sea	6	3.5	6.3	6.5	1.9	19	6	12	17	12	5.6	36
All Grps		390	6.0	12	30	0.12	496	383	19	34	47	0.32	475



**Table A10. Concentrations of sum PBDE<sub>7</sub> in muscle (B-cut and I-cut) of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from 10 different areas in Skagerrak, the North Sea, the Norwegian Sea-South, the Norwegian Sea-North and the Barents Sea. Number of samples (N), median, mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each area.**

Area number	Maritime zone	Sum PBDE <sub>7</sub> in B-cut (µg/kg ww)						Sum PBDE <sub>7</sub> in I-cut (µg/kg ww)					
		N	Median	Mean	SD	min	max	N	Median	Mean	SD	min	max
09	Skagerrak	3	0.73	0.97	1.1	0.03	2.2	3	6.0	4.8	4.3	0.09	8.4
08	North Sea	2	0.46	0.46	0.45	0.14	0.78	2	0.69	0.69	0.41	0.40	0.98
28	North Sea	3	0.94	4.9	7.7	0.02	14	3	5.8	15	21	0.09	39
07	Norwegian Sea-South	11	0.38	0.43	0.29	0.03	0.95	11	1.2	1.5	0.94	0.03	3.2
06	Norwegian Sea-South	62	1.2	1.4	1.0	0.01	5.1	62	4.4	5.5	4.1	0.04	21
00	Norwegian Sea-North	51	0.32	0.79	1.0	0.03	4.9	51	1.2	2.0	2.6	0.04	16
05	Norwegian Sea-North	125	0.30	0.41	0.42	0.03	2.2	125	0.94	1.3	1.0	0.07	5.7
04	Barents Sea	104	0.23	0.31	0.35	0.02	2.4	99	0.70	0.89	0.81	0.07	5.5
03	Barents Sea	23	0.18	0.84	2.3	0.03	9.8	21	0.55	1.7	3.3	0.06	13
20	Barents Sea	6	0.14	0.30	0.40	0.05	1.1	6	0.86	1.3	1.0	0.46	3.0
All Grps		390	0.31	0.65	1.1	0.01	14	383	1.0	2.1	3.3	0.03	39

Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES), Bergen, Norge, 2016

ISBN: 978-82-91065-43-4 (e-bok)

---