



# 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

Kåre Julshamn, Joar Øygard og Amund Måge

Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning

Postboks 2029 Nordnes, 5817 Bergen

E-mail: [kju@nifes.no](mailto:kju@nifes.no)

## FORORD

Denne rapporten beskriver analyseresultater som er funnet knyttet til følgende tre prosjekter på oppdrag fra Mattilsynet utført ved NIFES i 2007: 1) Kartlegging av dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer til humant konsum, 2) Kartlegging av bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat 2007, og 3) Kartlegging av tungmetaller i sjømat 2007. Tidligere år har det blitt utarbeidet egne rapporter for prosjektene 2 og 3, mens resultatene for prosjekt 1 har blitt rapportert på egne skjema for formålet og oversendt EU via Mattilsynet. I år ba Mattilsynet imidlertid om en samlerapport for de tre prosjektene. Dette var ressursbesparende all den tid de samme prøvene inngikk i de tre prosjektene, med unntak av de marine oljene som inngikk i prosjekt 1 og kun skulle analyseres for dioksiner, dioksinlignende PCB og PCB<sub>7</sub>.

I prosjekt 1 ble det analysert 146 prøver for dioksiner, dioksinlignende PCB og PCB<sub>7</sub>. Prøvene fordelte seg slik: Atlantisk kveite (30 prøver, B- og I-snitt), blåkveite (50 prøver), makrell (50 prøver) og 16 prøver av marine oljer til humant konsum. I prosjekt 2 ble det analysert 55 prøver for PBDE: Atlantisk kveite (20 prøver, B- og I-snitt), blåkveite (10 prøver), makrell (25 prøver). I prosjektet 3 ble det analysert 130 prøver: Atlantisk kveite (30 prøver), blåkveite (50 prøver) og makrell (50 prøver).

Prosjektet ble gjennomført etter en bestilling fra Mattilsynet ved Nasjonalt senter for fisk og sjømat i Bergen.

Faglig ansvarlig ved Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har vært Kåre Julshamn med støtte av Amund Måge og Joar Øygard. Teknisk ansvarlig for prosjektet har vært Elin Kronstad, som også har stått for innkjøp av de konsumferdige fiskeoljeprøvene. Elin Kronstad har også vært ansvarlig for prøveregistrering, prøvesplitting og prøveflyt til de forskjellige laboratoriene.

Karstein Heggstad og Tadesse Negash har vært ansvarlig for bestemmelsene av dioksiner og dioksinlignende PCB, Dagmar Nordgård har vært ansvarlig for bestemmelsene av PCB<sub>7</sub> og John Nielsen har vært ansvarlig for bestemmelsene av polybromerte fenyletere (PBDE). Kari Breistein Sele, Kjersti Pisani og Pablo Cortez har vært ansvarlig for prøveopparbeidelse av de organiske miljøgiftene. Jorunn Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Berit Solli, Edel Erdal og Laila Sedal har vært ansvarlig for metallbestemmelsene med ICP-MS og Lene Vallestad stod for bestemmelsene av fett.

Vi takker alle som har deltatt i gjennomføringen av prosjektet.

NIFES, juli 2008

INNHALDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>2</b>
<b>INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
<b>EKSPERIMENTELT</b> .....	<b>5</b>
PRØVETAKINGSPLAN OG OPPARBEIDING .....	5
ANALYSEPARAMETRE .....	6
ANALYSEMETODER .....	7
<b>RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>10</b>
OLJER TIL HUMANT KONSUM .....	10
<i>PCB</i> .....	10
<i>Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)</i> .....	11
MAKRELL (SCOMBER SCOMBRUS) .....	12
<i>Arsen</i> .....	12
<i>Kadmium</i> .....	13
<i>Kvikksølv</i> .....	14
<i>Bly</i> .....	14
<i>Polibromerte difenyletere (PBDE) og heksabromsyklododekan (HBCD)</i> .....	15
<i>PCB<sub>7</sub></i> .....	16
<i>Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)</i> .....	16
BLÅKVEITE (REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES) .....	18
<i>Arsen</i> .....	18
<i>Kadmium</i> .....	18
<i>Kvikksølv</i> .....	19
<i>Bly</i> .....	20
<i>Metylkvikksølv</i> .....	20
<i>Polibromerte flammehemmere polibromerte difenyletere (PBDE), heksabrom syklododekan (HBCD)</i> .....	21
<i>PCB</i> .....	22
<i>Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)</i> .....	23
ATLANTISK KVEITE (HIPPOGLOSSUS HIPPOGLOSSUS) .....	24
<i>Arsen</i> .....	24
<i>Kadmium</i> .....	25
<i>Kvikksølv</i> .....	25
FIGUR 12. VEKT (KG) PLOTTET MOT KVIKKSØLVKONSENTRASJONEN (MG/KG VÅTVEKT) I PRØVER RYGGEN (B-SNITT) .....	26
<i>Bly</i> .....	26
<i>Polibromerte flammehemmere polibromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD)</i> .....	26
<i>PCB</i> .....	28
<i>Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB; dl-PCB)</i> .....	29
<b>OPPSUMMERING</b> .....	<b>31</b>

## INNLEDNING

Mattilsynet har de senere år utført årlige overvåknings- eller kartleggingsprogrammer for dioksiner og dioksinlignende PCB i ulike matvarer. Fra 2002 ble dette en del av et felles overvåkningsprogram i EU/EØS området (Commission Recommendation 705/2004). Norske data var med i grunnlaget for utarbeidelse av nytt regelverk i EU/EØS som inkluderte etablering av øvre grenseverdi for dioksinlignende PCB i forskjellige matprodukter (Commission Regulation (EC) No 199/2006 of 3 february 2006). Fortsatt er datagrunnlaget for dioksiner og dioksinlignende PCB svært begrenset både i Norge og i EU, og det er således viktig at Norge bidrar til å styrke datagrunnlaget, spesielt på sjømatområdet.

Datagrunnlaget for polybromerte flammehemmere i matvarer, inkludert sjømat, er også svært dårlig for å vurdere tilstedeværelse og eventuell risiko. Dette skyldes at fokus på denne gruppen miljøgifter er av forholdsvis ny dato, og at datagrunnlaget for disse stoffene både i miljøprøver og matvarer således er svært begrenset.

Mattilsynets kartleggingsprosjekter: Kartlegging av dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer til humant konsum, Kartlegging av bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat 2007, og Kartlegging av tungmetaller i sjømat 2007 har tidligere år inkludert analyser av dioksiner, dioksinlignende PCB, PBDE og tungmetaller i et stort antall marine arter, men med få prøver av hver art. Målsettingen med denne prøvetakingsstrategien fra både EUs og norsk side har vært å få en oversikt over hvilke arter som kan være problematiske knyttet til sjømattrygghet, med hovedfokus på innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB, men også bromerte flammehemmere og tungmetaller. Blant de sjømatproduktene som har vist seg problematiske for disse analyttene er tran/oljer til humantkonsum, Atlantisk kveite og blåkveite.

Formålet med dette prosjektet var å skaffe til veie mer kunnskap om innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub>, PBDE og metaller (dvs. arsen, kadmium, kvikksølv og bly) i sjømatprodukter som Atlantisk kveite, blåkveite og makrell samt konsumferdige marine oljer til humant konsum. De siste produktene analyseres kun for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>7</sub>.

## EKSPERIMENTELT

### Prøvetakingsplan og opparbeiding

#### Oljer til humant konsum

I prosjektperioden er det innhentet til sammen 16 forskjellige fiskeoljer som ble kjøpt fra forskjellige dagligvareforretninger i Bergens området. Produktbeskrivelse av fiskeoljene er gitt i tabell 1. Informasjon knyttet til hvor og når prøvene var skaffet ble registrert. Prøvene ble etter mottak hos NIFES gitt en egen kode og ført inn i laboratoriedatasystemet. Prøvene ble lagret på kjølerom inntil de ble fordelt til laboratoriet for fremmedstoff (analyser av dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub> og metaller) og laboratorium for næringsstoff (analyse av total fett).

**Tabell 1. Arter, prøvebeskrivelse, fangstområde, evt. leverandør/produsent og fartøy/butikk.**

Prøvetype	Prøvebeskrivelse	Innkjøpt/Kilde
Fiskeolje	Smartfish-Disney Omega 3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Møller's tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Møller's Omega 3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Eldorado tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Møller's tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Omega3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Omega3+ 6	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Eskimo-3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Olimar	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Ruis	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Arctic Omega 3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Amundsen omega-3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Lofot tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Selolje Omega-3	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.
Fiskeolje	Tran	innkjøpt fra diverse butikker i Bergensområdet.

#### Makrell

Prøver av makrell som inngikk i denne undersøkelsen ble fisket nord i Nordsjøen i oktober 2007. Vekten til fisken varierte fra 230 g til 630 g, og alderen varierte fra 2 til 8 år. Fiskene ble sendt NIFES rund og nediset. Fiskene ble filetert, avskinnert og prøvene ble så homogenisert.

### Blåkveite

Prøver av blåkveite ble tatt av fartøyet Flatskjær på Muleegga den 3. august 2006. Vekten av de 50 individene av blåkveite i denne undersøkelsen varierte fra 1870 g til 7080 g og med en lengde som varierte fra 57 cm til 85 cm.. Det var i alt 26 individer som hadde en vekt mindre enn 3 kg. I tidligere undersøkelser ble det funnet at ingen individer under 3 kg hadde konsentrasjoner av kvikksølv som oversteg EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Fiskene ble sendt NIFES rund og på is. Det ble tatt ca 200 grams prøver fra ryggen, ca 10 cm fra hodet på begge sider av midtlinjen. Filetprøvene ble avskinnert og homogenisert.

### Atlantisk kveite

De kveitene som inngikk i denne undersøkelsen var alle fanget i Norskehavet i september 2007 og levert NIFES i desember 2007. Alle kveitene var tyngre enn 30 kg. Vekten varierte fra 47,6 kg til 80 kg. Det ble tatt ut to prøver fra hver kveite, en prøve på ca. 200 g fra ryggen til høyre for midtlinjen (kalt B-snitt), ca. 20 cm fra hodet, og en prøve fra buken (kalt I-snitt). Grunnen til dette var at i tidligere undersøkelser av dioksiner og dioksinlignende PCB i prøver av Atlantisk kveite var det konstatert høyere innhold av disse fettløselige miljøgiftene i prøver fra buken sammenlignet med prøver fra ryggen. Denne forskjellen kunne skyldes at fettinnholdet i prøver fra buken var betydelig høyere enn fettinnholdet i prøver fra ryggen. Filetprøvene uten skinn ble så homogenisert og frosset ved -20 °C inntil videre preparering.

Filetprøvene av de forskjellige fiskeartene ble så delt i to hvor den ene delprøven ble frysetørket til konstant vekt og malt til fint pulver. Det tørre pulveret ble så oppbevart på egnede lukkede flasker og oversendt laboratoriet for fremmedstoffer som anvender tørt materiale for sine analyser. Deler av det våte materialet ble oversendt laboratoriet for næringsstoff for fettbestemmelse.

## Analyseparametre

Følgende analytter ble inkludert i de kjemiske undersøkelsene som inngikk i prosjektet: arsen, kadmium, kvikksølv, metylkvikksølv, bly, PCB<sub>7</sub>, dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB og bromerte flammehemmere (PBDE). I tillegg ble prøvene analysert for fettinnhold. Analysemetodenes prinsipp, status og kvantifiseringsgrense er gitt i tabell 2.

**Tabell 2. Forskjellige kjemiske fremmedstoffer som ble inkludert i undersøkelsen, metoder som anvendes og status for metodens akkreditering..**

Analytt	Metodeprinsipp	Status (Akkreditering)	LOQ <sup>a)</sup>
Arsen	ICP-MS	Ja	0,03 mg/kg
Kadmium	ICP-MS	Ja	0,01mg/kg
Kvikksølv	ICP-MS	Ja	0,03 mg/kg
Metylkvikksølv	GC-ICPMS	Ja	20 ng/g
Bly	ICP-MS	Ja	0,04 mg/kg
PCB <sub>7</sub> (28,52,101,118,138,153,180)	GC/MS	Ja	0,06-0,15 µg/kg
Sum Dioksiner/Furaner	HRGC/HRMS	Ja	0,008-0,4 pg/g (matriksavhengig)
Dioksinlignende PCBer	HRGC/HRMS	Ja	0,01-0,5pg/g
Polibromerte flammehemmere	GC/MS	Ja	30 pg/g

<sup>a)</sup> Basert på innveiet prøve (e.g. tørr eller våt prøve). LOQ er matriseavhengig for de organiske halogenerte forbindelsene.

Analysemetodene som anvendes er akkreditert i henhold til NS-EN-ISO 17025 og vårt akkrediteringsnummer er T 050.

## Analysemetoder

### Bestemmelse av metaller med ICP-MS (197)

Det ble veiet inn to paralleller fra hvert prøvemateriale til bestemmelse av metaller. Alle målingene ble utført med bruk av Agilent 7500c Induktiv koplet plasma-massespektrometer (ICP-MS), med HP-datamaskin. Før sluttbestemmelsen ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid, og deretter oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200 microwave oven). Det ble anvendt kvantitativ ICP-MS til bestemmelse av metallene: arsen, kadmium, kvikksølv og bly (metaller som EU har prioritert), og rhodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet. Riktighet og presisjon for spormetallbestemmelsene ble kontrollert ved å analysere to sertifiserte referanse materialer (SRM) fra National Research Council (Ottawa, Canada), nemlig Tort-2 (hepatopankreas av hummer) og Dorm-3 (muskel av pigghå). Dette er de standardreferansematerialene som er kommersielt tilgjengelig på markedet og som er egnet for denne undersøkelsen.

**Tabell 3. Konsentrasjonen av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (gjennomsnitt ± standardavvik) i sertifisert standardmateriale (Tort-2, National Council of Canada).**

Spormetall	Antall analyser	Gjennomsnitt (mg/kg)	Standardavvik (mg/kg)	RSD (%)	Sertifisert verdi <sup>a)</sup> (mg/kg)
Arsen	5	24,1	0,8	3,3	21,6±1,8
Kadmium	5	27,6	0,8	2,7	26,7±0,6
Kvikksølv	5	0,29	0,02	7,4	0,27±0,06
Bly	5	0,33	0,02	4,6	0,35±0,13

<sup>a)</sup> Gjennomsnitt og 95% konfidens intervall

**Tabell 4. Konsentrasjonen av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (gjennomsnitt ± standardavvik) i sertifisert standardmateriale (Dorm-3, National Council of Canada).**

Spormetall	Antall	Gjennomsnitt (mg/kg)	Standardavvik (mg/kg)	RSD (%)	Sertifisert verdi <sup>a)</sup> (mg/kg)
Kadmium	4	0,31	0,02	6,5	0,29±0,02
Kvikksølv	4	0,43	0,05	12	0,41±0,03
Bly	4	0,42	0,05	12	0,40±0,05

<sup>a)</sup> Gjennomsnitt og 95% konfidens intervall

Gjennomsnitt av analyserte verdier og relativ standardavvik, samt de sertifiserte referanseverdiene for hummer hepatopankreas (Tort-2, n=5) er viste i Tabell 3 og tilsvarende verdier for pigghå muskel (Dorm-3, n=4) er gitt i Tabell 4.

Alle de analyserte spormetallene viste resultater der verdiene lå innenfor de akseptable konsentrasjonsområdene for SRM. Konsentrasjonene av metallene i de aktuelle prøvematerialene som inngår i denne undersøkelsen ligner på de som er sertifisert i Dorm-3, og i tillegg er også matrisene ganske like. For disse fire spormetallene synes både systematiske feil og tilfeldige feil å være under kontroll.

#### Bestemmelse av metylkvikksølv (260)

Metylkvikksølv ble bestemt med bruk av GC-ICP-MS etter at prøvene var dekomponert med tetrametyl ammoniumhydroksid og ekstrahert med DDTc/toluen. Ekstraherte kvikksølvspecier ble tilsatt butylmagnesiumklorid og reaksjonen ga butyl-derivater av kvikksølv. Kvantifiseringen ble utført med en 4-punkts ekstern kalibreringskurve med metylkvikksølv. Instrumentbetingelsene er gitt i tabell 5.

**Tabell 5. Betingelser som anvendes for GC koblet til ICP-MS.**

<b>Parametre</b>	
<b>GC-parametre:</b>	
Injeksjonsvolum	0,2 µl
Bære gass (He)	22 ml/min
Injektortemperatur	180 °C
Ovnstemperatur	Fra 50 °C til 280 °C i løpet av 10 min med forskjellige ramp og hold tider
<b>ICP-MS parametre:</b>	
ICP RF effekt	600 W
Plasmagass	15 l/min
Carriergass	0,9 L/min
Skimmer kon	Nikkel

Riktighet og presisjon for metylkvikksølvbestemmelsen ble utført ved å analysere ett sertifisert referanse materiale (SRM) fra National Research Council (Ottawa, Canada), nemlig Tort-2 (hepatopankreas av hummer) og ett fra NIST, østers vev. Dette er viktige kommersielt tilgjengelige referansematerialer der metylkvikksølv foreligger med sertifisert verdi. Gjennomsnitt av analyserte verdier (n=5) og relativ standardavvik, samt de sertifiserte referanseverdiene for disse to sertifiserte referansematerialene er vist i tabell 6.

**Tabell 6. Konsentrasjonen av metylkvikksølv (gjennomsnitt ± standardavvik) i sertifisert standardmateriale av østersvev, NIST og hummer hepatopankreas (Tort), National Council of Canada).**

<b>Prøve</b>	<b>Antall</b>	<b>Gjennomsnitt (µg/kg)</b>	<b>Standardavvik (µg/kg)</b>	<b>RSD (%)</b>	<b>Sertifisert verdi (µg/kg)</b>
Østersvev	15	13,7	1,8	13	13,2
Hummer hepatopankreas	15	149	9	6	152

Analysene av de to sertifiserte referansematerialene for metylkvikksølv viste resultater der verdiene lå innenfor de sertifiserte materialers måleusikkerhet på 95%. Analysemetoden er akseptabel for disse konsentrasjonsnivåene og både systematiske feil og tilfeldige feil synes å være under kontroll.



### PCB<sub>7</sub> (137)

Prøvene tilsettes intern standard og tørkemiddel for å fjerne vann. Prøvene ekstraheres så med heksan og ekstrahert fett fjernes ved nedbryting med konsentrert svovelsyre i tørket kiselgel. Prosessen er automatisert og foregår på Accelerated Solvent Extractor (ASE 300). Bestemmelsen utføres med koplet gasskromatograf/massespektrometer (GC/MS) i SIM mode. Kvantifiseringen ble gjort med en punkts ekstern kalibrering. I gasskromatografen skjer den analytiske atskillelsen av de enkelte stoffene i prøven, mens massespektrometeret sørger for identifisering og mengdebestemmelse av de enkelte komponentene. PCB<sub>7</sub> består av følgende kongenere: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. Kvalitetssikring av analysemetoden ble gjort ved å analysere sertifiserte referansematerialer sammen med prøvene. Alle analysene gav akseptable resultater vedrørende riktighet og presisjon (intern reproduserbarhet). Metoden for PCB<sub>7</sub> ble prøvd i en europeisk ringtest med godt resultat.

### Dioksiner (PCDD/PCDF), non-ortoPCB og mono-orto-PCB (228)

Metoden er en tilpasning av US-EPA (Environmental Protection Agency) metoder nr 1613 og 1668. Prøven homogeniseres og frysetørkes. En prøvemengde tilsvarende ca. 3 g fett veies inn, og en blanding av <sup>13</sup>C merkete kongenere blandes i som internstandarder. Porøsitetsmiddel (hydromatrix) tilsettes før ekstraksjon med hexan under hevet trykk og temperatur i en ASE 300. I opprensingen på en Power-Prep (FMS-USA) fjernes først fett ved nedbryting på svovelsur silica. Deretter skjer det en suksessiv kromatografisk opprensing ved inn- og utkopling av tre kolonner: "Multi layered silica", basisk alumina og aktivt kull. Mobilfasen skiftes suksessivt: Heksan, 2% DCM i hexan, 50% DCM i heksan, 20% toluen i etylacetat og til slutt backflush med toluen. PCDD/PCDF og non-orto PCB (NO-PCB) elueres i toluenfraksjonen. Mono-orto PCB (MO-PCB) elueres i en DCM/heksan fraksjon. Etter inndamping av aktuell fraksjon til 10 µl tilsettes to <sup>13</sup>C merkete kongenere som "recovery standards" før analyse på høyoppløselig GC/MS (HRGC/HRMS). Metoden kvantifiserer til sammen syv kongenere av PCDD og 10 kongenere av PCDF, fire kongenere NO-PCB -77, 81, 126 og 169 og åtte kongenere MO-PCB -105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189. Kvalitetssikring av metoden er gjort blant annet ved deltagelse i SLP med godt resultat.

### Polybromerte bifenyleter (PBDE) (238)

De homogeniserte prøvene frysetørkes, males opp til fint pulver og lagres på tette flasker til analyse. Før ekstraksjon med heksan og diklormetan tilsettes intern standard (PBDE 139) til prøven. Prøven ekstraheres i en ASE 300 (accelerated solvent extractor). Ekstraktet renses for fett ved at det nedbrytes med konsentrert svovelsyre på silica gel. Renset ekstrakt analyseres på Thermo Quest Trace GC 200/Trace DSQ massespektrometer. Prøveløsningene ble injisert i kolonnen ved hjelp av prøveveksler (Thermo Quest CE Instruments AS 3000). Analysen på GC/MS skjer i SIM mode med negativ kjemisk ionisering. Kvantifiseringen av de syv PBDE kongenere skjer ved bruk av internstandard og en fem punkts eksterne kalibreringskurve. Følgende polibromerte difenyleter (PBDE) ble bestemt: PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183. Riktighet er bestemt ved gjenvinningsforsøk for de seks kongenere, og resultatene ligger mellom 80 og 110%. Systematiske feil har blitt bestemt ved deltagelse i ringtester. Resultatene har gitt z-score mindre enn 2. Presisjonen som intern reproduserbarhet har vært bestemt fra 15 til 25% for de forskjellige kongenere avhengig av konsentrasjonen.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Oljer til humant konsum

#### PCB

Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> samt innholdet av de forskjellige kongenerne i 16 forskjellige produkter av marine tran og oljer til humant konsum er vist i tabell 7. PCB<sub>7</sub> inkluderer følgende kongener PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180. Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> varierte fra 4,3 µg/kg våtvekt til 58 µg/kg våtvekt. Det var 8 produkter som hadde sum PCB<sub>7</sub> høyere enn 10 µg/kg våtvekt og tre produkter hadde høyere innhold enn 50 µg/kg våtvekt. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet i Selolje Omega-3 med en konsentrasjon på 58 µg/kg våtvekt, men også Artic Omega-3 og Lofot tran hadde verdier som oversteg 50µg/kg tran. De dominerende kongenerne var vanligvis PCB-138 og PCB-153, men for enkelte produkter med forholdsvis lavt innhold, f. eks. Omega 3+6 var det PCB-28 og PCB-101 som dominerte, og for andre igjen var det PCB-118 (Møller's tran og Omega 3). De fleste marine feite fiskeslagene har PCB-153 og PCB-138 som sine dominerende kongener.

**Tabell 7 . Innhold av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180, samt sum PCB<sub>7</sub> i diverse olje- og tranprøver. Resultatene er gitt som µg/kg våtvekt.**

Produkt	PCB-28 (µg/kg)	PCB-52 (µg/kg)	PCB-101 (µg/kg)	PCB-118 (µg/kg)	PCB-138 (µg/kg)	PCB-153 (µg/kg)	PCB-180 (µg/kg)	Sum PCB (µg/kg)
Smartfish-Disney Omega 3	0,44	1,7	2,7	0,95	2,2	1,4	1,7	11
Møller's tran	0,12	0,85	0,80	0,88	2,7	2,4	0,82	8,6
Møller's Omega 3	0,14	0,74	0,31	0,48	1,2	0,85	0,86	4,6
Eldorado tran	0,13	1,0	0,30	0,70	2,0	1,5	1,0	6,6
Møller's tran	2,3	1,4	1,2	3,6	3,7	3,3	1,2	17
Omega3	0,39	1,0	1,0	1,3	0,32	0,22	<0,15	4,3
Omega3+ 6	1,5	0,92	1,9	0,56	0,31	0,17	<0,15	5,3
Eskimo-3	0,38	0,62	0,89	0,50	<0,12	0,20	<0,15	2,6
Olimar	0,27	0,83	1,6	1,1	0,94	1,4	1,0	7,1
ruis	0,64	0,73	0,42	1,3	4,6	4,7	2,0	14
Arctic Omega 3	0,25	1,8	2,7	3,4	20	23	4,5	56
Amundsen omega-3	1,3	2,0	2,3	6,2	11	11	5,0	38
Lofot tran	0,91	0,88	2,7	4,8	20	19	8,5	57
Selolje Omega-3	0,54	1,4	2,9	4,0	20	24	5,7	58
Tran	0,19	0,52	1,0	0,62	1,4	1,2	0,80	5,7
Tran	0,70	1,2	2,1	4,8	15	15	6,4	45

## Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)

Dioksiner består av 75 kongenere av polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og 135 kongenere av polyklorerte dibenzofuraner (PCDF). Den mest toksiske kongeneren er 2,3,7,8-tetraklordibenzo-p-dioksin (TCDD) og denne har vist å være humankarsinogen, i tillegg å ha negative effekter både nevrologisk og immunologisk.

Polyklorerte bifenyler er en gruppe forbindelser som består av til sammen 209 forskjellige kongenere som kan deles i to grupper i henhold til kongenernes toksiske egenskaper. Tolv av kongenerne viser toksikologiske egenskaper svært lik de som finnes hos dioksiner, og derfor betegnes de som dioksinlignende PCB (dl-PCB). De øvrige PCB kongenerne viser ikke dioksinlignende toksisitet, men har en annen toksikologisk profil.

Tabell 8 viser konsentrasjonene av PCDD og PCDF og dioksinlignende PCB, dl-PCB (i.e. non-orto PCB og mono-orto PCB) samt sum dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i 16 forskjellige produkter av tran og oljer til humant konsum. Konsentrasjonene er gitt som ng TE/kg våtvekt. Innholdet av sum dioksiner og dl-PCB varierte fra 0,17 ng TE/kg våtvekt til 2,42 ng TE/kg våtvekt, og den høyeste konsentrasjonen ble funnet i produktet Lofot tran. Det var seks produkter som hadde et innhold av sum dioksiner og dl-PCB som oversteg 1,0 ng TE/kg våtvekt, men det var ingen av produktene som hadde konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB som oversteg 10 ng TE/kg som er den øvre grenseverdien som gjelder for sum dioksiner og dl-PCB både i Norge og EU.

Resultatene i tabell 8 viser videre at mono-orto PCB og non-orto PCB bidrar mest til sum TE, dernest PCDD og minst bidrar PCDF. Dette er forskjellig fra det som er funnet i denne undersøkelsen for blåkveite og Atlantisk kveite hvor PCDD bidrar minst til sum TE.

**Tabell 8. Innholdet av dioksiner og furaner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) (ng WHO-TE/kg v.v."upper bound-LOQ") samt sum PCDD/F og dioksinlignende PCB i diverse olje- og tranprøver til humant konsum.**

Produkt	PCDD (ng TE/kg v.v.)	PCDF (ng TE/kg v.v.)	Non-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Mono-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Sum dioksiner og dlPCB (ng TE/kg v.v.)
Smartfish-Disney Omega 3	0,11	0,02	0,02	0,02	0,17
Møller's tran	0,21	0,15	0,22	0,27	0,85
Møller's Omega 3	0,20	0,06	0,18	0,25	0,69
Eldorado tran	0,20	0,16	0,47	0,24	1,07
Møller's tran	0,16	0,07	0,27	0,36	0,86
Omega3	0,11	0,08	0,20	0,02	0,41
Omega3+ 6	0,15	0,07	0,18	0,01	0,41
Eskimo-3	0,16	0,11	0,04	0,01	0,32
Olimar	0,17	0,07	0,34	0,09	0,67
ruis	0,11	0,04	0,06	0,21	0,42
Arctic Omega 3	0,08	0,06	0,26	0,60	1,0
Amundsen omega-3	0,34	0,16	0,50	0,54	1,54
Lofot tran	0,22	0,24	0,52	1,22	2,2
Selolje Omega-3	0,10	0,05	0,27	0,58	1,0
Tran	0,19	0,07	0,39	0,20	0,85
Tran	0,27	0,23	0,73	1,19	2,42

## Makrell (*Scomber scombrus*)

Makrell er en hurtigsvømmende, pelagisk stimfisk som har kapasitet til å vandre over store områder. Utbredelsesområdet til makrell går fra Nord-Afrika til Barentshavet, inkludert Middelhavet, Svartehavet, Østersjøen og Skagerrak. Vår makrell (nordøstlig atlantisk makrell) mangler svømmeblære og må bevege seg hele tiden for ikke å synke. Den trenger mye næring til bevegelse, vekst og utvikling av kjønnsprodukter. Den spiser plankton, små fisk som tobis, brisling, sild samt yngel av andre arter. Norske fartøyer leverte omlag 120 tusen tonn makrell i 2005, noe som tilsvarte en fangstverdi på 1,5 milliarder kr og en eksportverdi på 2,3 milliarder kroner. Selv om størstedelen av denne makrellen ble eksportert, ble også en del konsumert innenlands, i hovedsak som prosesserte produkter. Makrell er en feit fiskeart og derfor er det viktig å få gode data på fremmedstoffer som dioksiner, dioksinlignende PCB, PCB<sub>7</sub> og PBDE. I tillegg ble også metallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly inkludert, og grunnen til det er at EU har etablert øvre grenseverdier for alle disse grunnstoffene, unntatt for arsen.

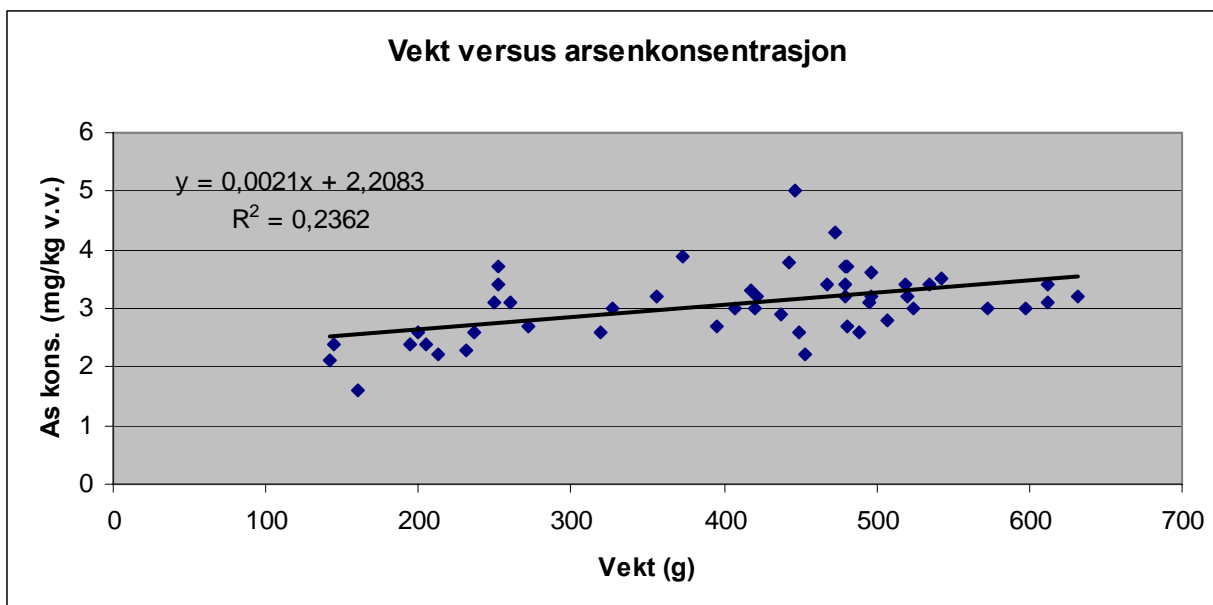
### Arsen

Arseninholdet i 50 filetprøver av makrell fanget i Nordsjøen i oktober 2007 er vist i tabell 9 og figur 1. Gjennomsnittsvekten var 403 gram og med en variasjon fra 142 g til 632 g. Konsentrasjonen av arsen varierte fra 1,6 mg/kg våt vekt til 5,0 mg/kg våtvekt og med et gjennomsnitt på 3,1 mg/kg våt vekt. Arsenkonsentrasjonene i makrell som ble funnet i dette prosjektet er tilsvarende de konsentrasjonene som er vist i Sjømatdata (Miljødatabasen) ([www.NIFES.no/sjømatdata](http://www.NIFES.no/sjømatdata)), selv om spredningen i dataene funnet her er noe større enn det som er vist i Sjømatdata de siste årene. Analyseresultater funnet i 2006 viste en middelverdi på 2,4 mg/kg våtvekt og med en variasjon fra 1,8 til 3,1 mg/kg våtvekt (N=25). EU har foreløpig ikke satt noen øvre grenseverdi for total arsen i matvarer og heller ikke for sjømat. Derimot har FAO/WHO satt en foreløpig akseptabel øvre grenseverdi (PTWI) for inntak av uorganisk arsen på 15 µg/kg kroppsvekt/uke. Uorganisk arsen ble ikke inkludert i denne undersøkelsen.

**Tabell 9. Konsentrasjon av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (mg/kg våt vekt) i 50 makrell fanget i Nordsjøen i oktober 2007**

Metall	Middelverdi (mg/kg v.v.)	Min.-maks. (mg/kg v.v.)	EUsøvre grenseverdi (mg/kg)
Arsen (As)	3,06	1,6-5,0	Ingen
Kadmium (Cd)	0,009	<0,004-0,03	0,05
Kvikksølv (Hg)	0,038	0,018-0,18	0,5
Bly (mg/kg)		<0,02-0,14	0,2

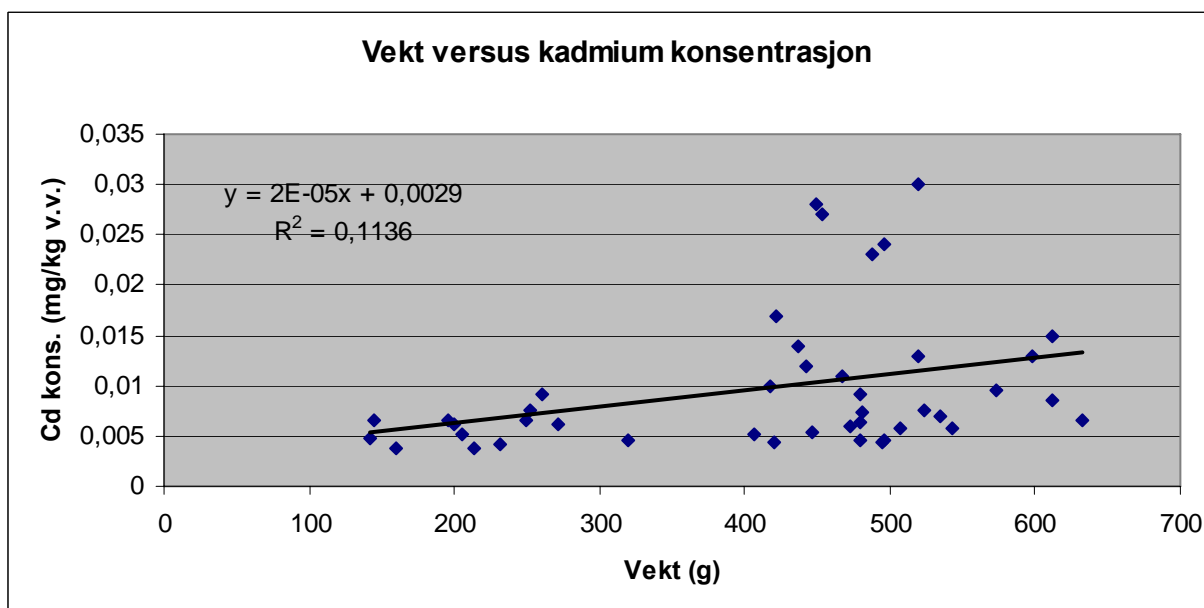
I figur 1 er vekten til enkelt fisk plottet mot arsenkonsentrasjonen gitt som mg/kg våtvekt. Resultatene viser at arsenkonsentrasjonen er svakt positivt korrelert til vekten av fisken i denne undersøkelsen.



Figur 1. Vekten i gram av 50 makrell plottet mot arsenkonsentrasjonen (mg/kg våt vekt).

## Kadmium

Kadmiumkonsentrasjonene i makrellfilet varierte fra <0,004 til 0,03 mg/kg våtvekt (tabell 9). Det var i alt 12 individer som hadde et kadmiuminnhold som oversteg 0,01 mg/kg våtvekt. Kadmiumkonsentrasjoner i makrell gitt i Sjømatdata for årene 1994 til 2006 viser verdier varierende fra <0,004 til 0,023 mg/kg våt vekt. Alle resultatene for kadmium funnet i denne studien var lavere enn EUs øvre grenseverdi som er satt til 0,05 mg/kg våtvekt.



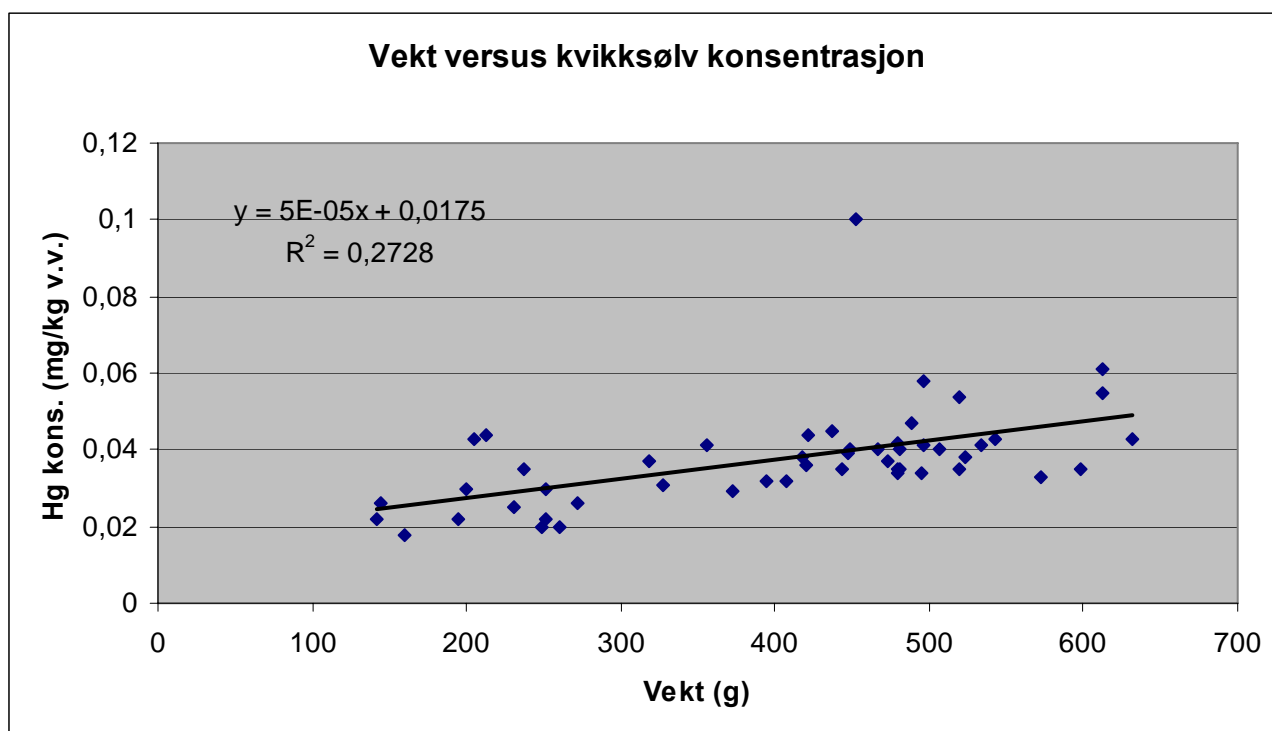
Figur 2. Vekten i gram av 50 makrell plottet mot kadmiumkonsentrasjonen (mg/kg våt vekt).

I figur 2 er vekten til enkelt fisk plottet mot kadmiumkonsentrasjonen gitt som mg/kg våtvekt. Resultatene i figuren viser at det er en svak positiv korrelasjon mellom fiskens vekt og kadmiumkonsentrasjonen i makrellfilet i denne studien, selv om det er fem individer som skiller seg ut ved at de har en høyere kadmiumkonsentrasjon enn de andre individene. En planlagt "baseline studie" vil forhåpentligvis avdekke om disse fem individene tilhører en annen makrellstamme.

### Kvikksølv

Kvikksølvinnholdet i makrellfilet, N=50, varierte fra 0,018 til 0,10 mg/kg våtvekt (tabell 9). Det var kun ett individ som hadde en kvikksølvkonsentrasjon som oversteg 0,07 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjoner i makrell gitt i NIFES' Sjømatdata for årene 1994 til 2006 viser verdier som varierer fra 0,01 til 0,05 mg/kg våtvekt. Alle kvikksølvkonsentrasjoner funnet her var lavere enn EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskearter som makrell på 0,5 mg/kg våtvekt.

I figur 3 er vekten til de 50 enkelt-fiskene plottet mot kvikksølvkonsentrasjonene gitt som mg/kg våtvekt. Resultatene viser en positiv korrelasjon mellom vekten og kvikksølvkonsentrasjonen.



Figur 3. Vekten i gram av 50 makrell plottet mot kvikksølvkonsentrasjonen gitt som mg/kg våt vekt.

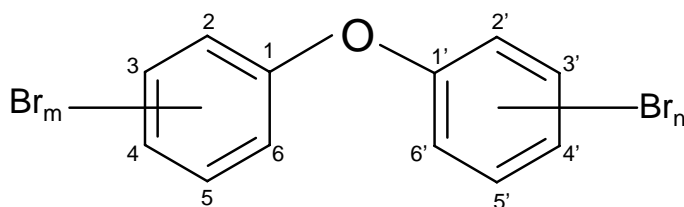
### Bly

Blykonsentrasjonene i 50 enkelt fisk av makrell varierte fra <0,02 til 0,14 mg/kg våt vekt (tabell 9). Det var kun en fisk som hadde blyinnhold som oversteg 0,02 mg/kg våt vekt. Blykonsentrasjoner i makrell gitt i NIFES' Sjømatdata for årene 1994 til 2006 viser verdier lavere enn 0,02 mg/kg våt vekt. Alle resultatene for bly funnet her var betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi som er satt til 0,2 mg/kg våt vekt.

## Polibromerte difenyletere (PBDE) og heksabromsyklododekan (HBCD)

Polybromerte flammehemmere (polybromerte difenyletere; PBDE) brukes som tilsetninger i en rekke produkter, som eksempelvis elektriske artikler, elektroniske kretskort, tekstiler og bygningsmaterialer. Det er overveiende tre kommersielle PBDE-blandinger som produseres, med varierende grad av bromering av de aromatiske ringene. Disse er dekabromdifenyleter, oktobromdifenyleter, og pentabromdifenyleter. Disse blandingene har ulik sammensetning og renhet. I de fleste toksisitetsstudier er en eller flere av disse blandingene brukt. Den fullbromerte PBDE (deka-BDE) absorberes dårlig, elimineres fort og bioakkumulerer lite. Kongenere med lavere molekylvekt (tri- til heksa-BDE) blir nesten fullstendig absorbert, langsamt eliminert, bioakkumulerer og er mer bioaktive enn deka-BDE. Dekka-BDE kan dog omdannes til de mer bioaktive formene. Det er ukjent i hvilken grad de lavbromerte formene i miljøet kommer fra bruk av lavbromerte kommersielle blandinge eller fra nedbrytning av deka-BDE.

Den kjemiske grunnstrukturen av polybromerte difenyletere (PBDE) er vist i Figur 1.



Figur 4. Kjemisk grunnstruktur av PBDE, hvor (m) pluss (n) kan være 1 til 10 bromatomer

Det er i det siste tiåret det er blitt stor interesse omkring spredning og oppkonsentrering av bromerte flammehemmere i miljø og matvarer. I samme periode er analysemetodene blitt bedre og den nødvendige instrumenteringen er blitt mer vanlig. Tidlige analyseresultater var av langt lavere pålitelighet enn de som måles i dag. Det er derfor fortsatt et stort behov for mer bakgrunnsdata for de bromerte flammehemmerne. Dette er nødvendig for å sikre at risikovurdering for miljø og konsumenter er basert på tilstrekkelig mengde av gode data.

Tabell 10. Innholdet av PBDE kongenere og sum PBDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) samt HBCD i filet av 25 makrell fanget høsten 2007.

Parameter	PBDE-28 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-47 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-99 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-153 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-154 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	PBDE-183 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.	$\Sigma_7$ PBDE $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv. <sup>2)</sup>	HBCD $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.
Middelverdi	0,022	0,35	0,13	0,10	0,017	0,043		0,66	<1,0
Median	0,016	0,25	0,09	0,05	0,009	0,03		0,45	
Min.	0,07	0,12	0,029	0,022	0,007	0,016	<0,006	0,21	
Maks.	0,053	1,0	0,40	0,38	0,042	0,11	0,023	2,0	

Tabell 10 viser konsentrasjonen av PBDE kongenere (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183) og sum HBCD i filet av makrell. Resultatene for sum PBDE varierte fra 0,21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, til 2,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, med gjennomsnitt på 0,66  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Det var fem individer som hadde et innhold av sum PBDE høyere enn 1,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Til sammenligning er det funnet verdier for sum PBDE i filet av makrell fra 2006 som varierte fra 0,5 til 4,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$

våtvekt med en middelværdi for 25 prøver på 0,9 µg/kg våtvekt, og i 2004 ble det funnet en gjennomsnittskonsentrasjon for sum PBDE på 1,4 µg/kg våtvekt og med en variasjon fra 0,6 til 3,5 µg/kg våtvekt (N=25)([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)).

Kongenerprofilen viste at PBDE-47 var den dominerende kongeneren for prøvene av makrellfilet. Andel PBDE-47 i forhold til sum PBDE var ca. 50% og det er hva som er funnet for makrell i tidligere undersøkelser. Det er imidlertid betydelig lavere enn det som er funnet for blåkveite og Atlantisk kveite i denne undersøkelsen hvor andelen var hele 70%. Resultatene viste at det ikke var noen korrelasjon mellom makrellens vekt og konsentrasjonen av PBDE (ikke vist).

## PCB<sub>7</sub>

Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> samt innholdet av de forskjellige kongenerne i makrellfilet er vist i tabell 11. PCB<sub>7</sub> inkluderer følgende kongener PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180. Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> varierte fra 1,9 µg/kg våtvekt til 7,6 µg/kg våtvekt og med et gjennomsnitt på 3,9 µg/kg våtvekt. De dominerende kongenerne for PCB i makrellfilet var PCB-138 og PCB-153. De fleste marine feite fiskeslagene har PCB-153 og PCB-138 som sine dominerende kongener.

**Tabell 11. Innhold av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180, samt sum PCB<sub>7</sub> i filetprøver av makrell. Resultatene er gitt som µg/kg våt vekt.**

Parameter	PCB-28 <sup>1)</sup> (µg/kg)	PCB-52 (µg/kg)	PCB-101 (µg/kg)	PCB-118 <sup>2)</sup> (µg/kg)	PCB-138 <sup>3)</sup> (µg/kg)	PCB-153 (µg/kg)	PCB-180 (µg/kg)	Sum PCB <sub>7</sub> (µg/kg)
Middelværdi	0,34	0,37	0,68	0,41	0,94	0,98	0,19	3,9
Median	0,37	0,37	0,65	0,38	0,82	0,85	0,17	3,6
Min.	0,16	0,24	0,34	0,21	0,37	0,32	0,06	1,9
Maks.	0,54	0,53	1,1	0,80	2,2	2,5	0,52	7,6

<sup>1)</sup> PCB28 kan inneholde bidrag fra PCB-106

<sup>2)</sup> PCB-118 kan inneholde bidrag fra PCB-106

<sup>3)</sup> PCB-138 kan inneholde bidrag fra PCB-163 og PCB-164

Konsentrasjonsnivået som ble funnet for PCB<sub>7</sub> i makrellfilet i denne undersøkelsen var tilsvarende det som ble funnet i makrellfilet i 2004 og rapportert i Sjømatdata, med et gjennomsnitt på 4,4 µg/kg våtvekt (N=25)) ([www.NIFES.no/sjomatdata](http://www.NIFES.no/sjomatdata)). Makrell skal inngå i baseline undersøkelsen med 850 prøver, og resultatene i denne undersøkelsen vil avdekke variasjonene i fremmedstoffinnholdet knyttet til lokalitet, alder, årstid, kjønn etc.

## Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)

Tabell 12 viser konsentrasjonene av PCDD og PCDF og dioksinlignende PCB (i.e. non-orto PCB og mono-orto PCB) og sum dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i makrellfilet gitt som ng TE/kg våtvekt. Innholdet av sum dioksiner og dl-PCB varierte fra 0,55 ng TE/kg våtvekt til 2,4 ng TE/kg våtvekt, med en middelværdi på 1,2 ng TE/kg våtvekt og en medianverdi på 1,1 ng TE/kg våtvekt. Det var ingen individer av makrell som hadde et innhold av sum dioksiner og dl-PCB som oversteg 8,0 ng TE/kg våtvekt, som er den øvre grenseverdien satt for sum dioksiner og dl-PCB både i Norge og EU.

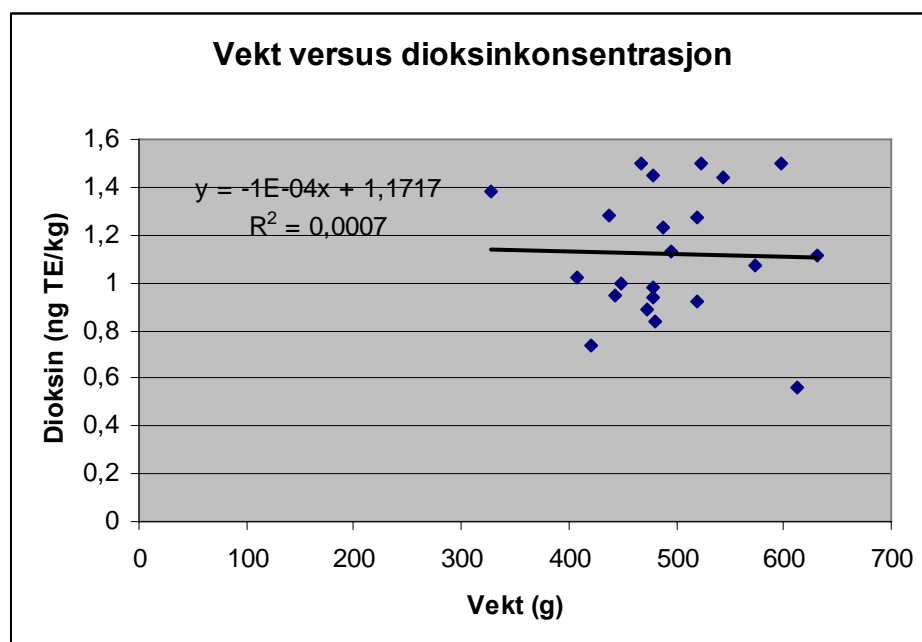


Resultatene i tabell 12 viser videre at PCDD og non-orto PCB bidrar mest til sum TE, dernest mono-orto PCB og minst bidrar PCDF. De konsentrasjonene for sum dioksiner og dl-PCB som er funnet for makrell i dette prosjektet er noe høyere enn de resultatene som er rapportert i Sjømatdata for 2006. Da ble det funnet en middsverdi av sum dioksiner og dl-PCB på 0,8 ng TE/kg våtvekt, med en variasjon fra 0,6 til 1,2 ng TE/kg v.v.; N=24) ([www.nifes.no/Sjømatdata](http://www.nifes.no/Sjømatdata)). Variasjonen mellom sum dioksiner og dioksinlignende PCB i makrellfilet i denne undersøkelsen og undersøkelsen fra 2006 kan forklares ut fra at prøvetakingen er stikkprøve basert. Makrell inngår nå i baselineundersøkelsen og vil bli prøvetatt med 850 prøver i løpet av 2008. Baseline-undersøkelsen vil gi et godt datagrunnlag for fremmedstoffinnholdet i makrellfilet også for dioksiner og dioksinlignende PCB.

**Tabell 12. Innholdet av dioksiner og furaner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) (pg WHO-TE/g v.v."upper bound-LOQ") samt sum PCDD/F og dioksinlignende PCB i høstmakrell (N=25) fanget i 2006.**

Parameter	PCDD (ng TE/kg v.v.)	PCDF (ng TE/kg v.v.)	Non-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Mono-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Sum dioksiner og dlPCB (ng TE/kg v.v.)
Middsverdi	0,43	0,20	0,36	0,21	1,2
Median	0,44	0,20	0,30	0,10	1,1
Min.	0,10	0,05	0,15	0,05	0,55
Maks.	0,69	0,32	0,73	1,2	2,4

Vekten av makrell er plottet mot konsentrasjonen av sum dioksiner og dl-PCB (fig. 5). Resultatene viser at det ikke er noen korrelasjon mellom vekt og dioksininnhold i makrellfilet. Det var heller ingen signifikant korrelasjon mellom fettinnholdet og konsentrasjonen av dioksiner og dioksinlignende PCB i denne studien.



**Figur 5. Vekten i gram av 25 makrell plottet mot dioksinkonsentrasjonen gitt som ng TE/kg våt vekt.**

## Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*)

Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*) er en arktisk art og foretrekker kalde vannmasser. Den lever på varierende dyp fra 200 til 2000 m, men finnes sjelden grunnere enn 400 m. Blåkveite vokser svært sakte og vekten blir sjelden over 10 kg. Hannene har vanligvis lavere vekt enn hunnene. Blåkveite lever både ved bunnen og pelagisk. De norske gytefeltene finnes hovedsakelig i øvre del av kontinentalsokkelen fra Vestrålen til Bjørnøya. Blåkveite kan vandre over store avstander. Fiske etter blåkveite foregår på eggakanten nord til Prins Karls Forland. Blåkveitestammen har vært på et lavmål over lengre tid og fisket har vært sterkt regulert, men i de siste årene har bestanden tatt seg betydelig opp.

### Arsen

Arseninholdet i 50 prøver av blåkveite fanget i området Mulegga i august 2006 er vist i tabell 13. Gjennomsnittsvekten var 3400 g og med en variasjon fra 1870 g til 7100 g. Innholdet av arsen varierte fra 3,1 mg/kg våtvekt til 30 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnittsinhold på 13,8 mg/kg våtvekt. Dette var noe høyere enn det som ble funnet av arsen i blåkveite og som er vist i Sjømatdata ([www.NIFES.no/sjomatdata](http://www.NIFES.no/sjomatdata)). Her ble det funnet et gjennomsnittsinhold på 10 mg/kg våtvekt for 50 individer og med en variasjon fra 3,2 til 18 mg/kg våtvekt. I 2006 ble det rapportert et gjennomsnittsinhold på 8,1 mg/kg våtvekt, men disse dataene baserte seg kun på 8 individer, og med en variasjon fra 4,9 til 14 mg/kg våtvekt.

EU har foreløpig ikke satt noen øvre grenseverdi for total arsen i matvarer og heller ikke for sjømat, men FAO/WHO har som nevnt tidligere satt en foreløpig akseptabel øvre grenseverdi (PTWI) for inntak av uorganisk arsen på 15 µg/kg kroppsvekt/uke. Uorganisk arsen ble ikke inkludert i denne undersøkelsen, men resultater av uorganisk arsen fra tidligere undersøkelser tyder på at selv for blåkveite med et forholdsvis høyt innhold av total arsen så er konsentrasjonen av uorganisk arsen mindre enn 0,01 mg/kg våt vekt. Inntaket av blåkveite vil således være trygt og ikke gi noe næringsmiddel toksikologisk problem.

**Tabell 13. Konsentrasjon av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (mg/kg våtvekt) i filet av 50 blåkveite fanget på Mulegga i august 2006**

Metall	Middelverdi (mg/kg v.v.)	Median (mg/kg v.v.)	Min.-maks. (mg/kg v.v.)	EUsøvre grenseverdi (mg/kg)
Arsen (As)	13,8	13,0	3,1-30	Ingen
Kadmium (Cd)		<0,003	<0,003-0,008	0,05
Kvikksølv (Hg)	0,32	0,32	0,055-0,62	0,5
Bly (mg/kg)			<0,01	0,2

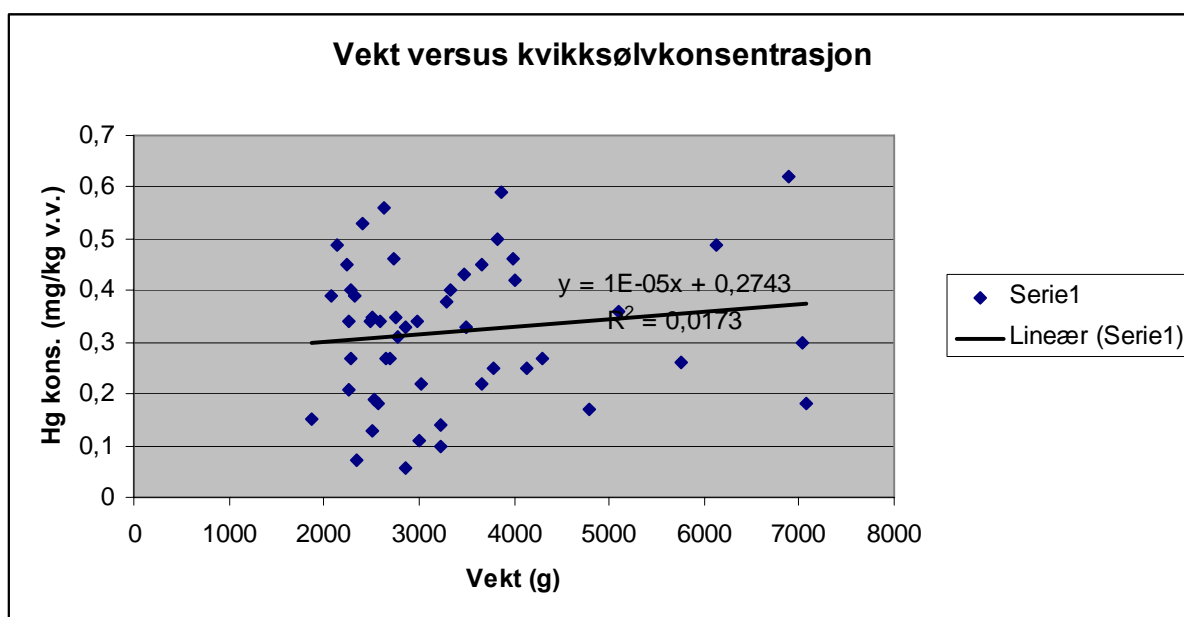
### Kadmium

Kadmiumkonsentrasjonene i filet av blåkveiter varierte fra <0,003 til 0,008 mg/kg våtvekt (tabell 13). Kadmiumkonsentrasjoner i blåkveitefilet funnet i denne undersøkelsen er tilsvarende det som er rapportert i Sjømatdata for prøver analysert i 1999 og 2006 ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)). I 1999 ble det funnet kadmiumkonsentrasjoner i filet av blåkveite som var lavere enn kvantifiseringsgrensen på 0,002 mg/mg våtvekt, mens i 2006 varierte konsentrasjonene fra 0,001 til 0,02 mg/kg våtvekt. Forskjellene kan tilskrives forskjellig

vekt/alder og forskjellige fangstposisjoner. Konsentrasjonene for kadmium funnet i blåkveitefilet er betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi som er satt til 0,05 mg/kg våtvekt.

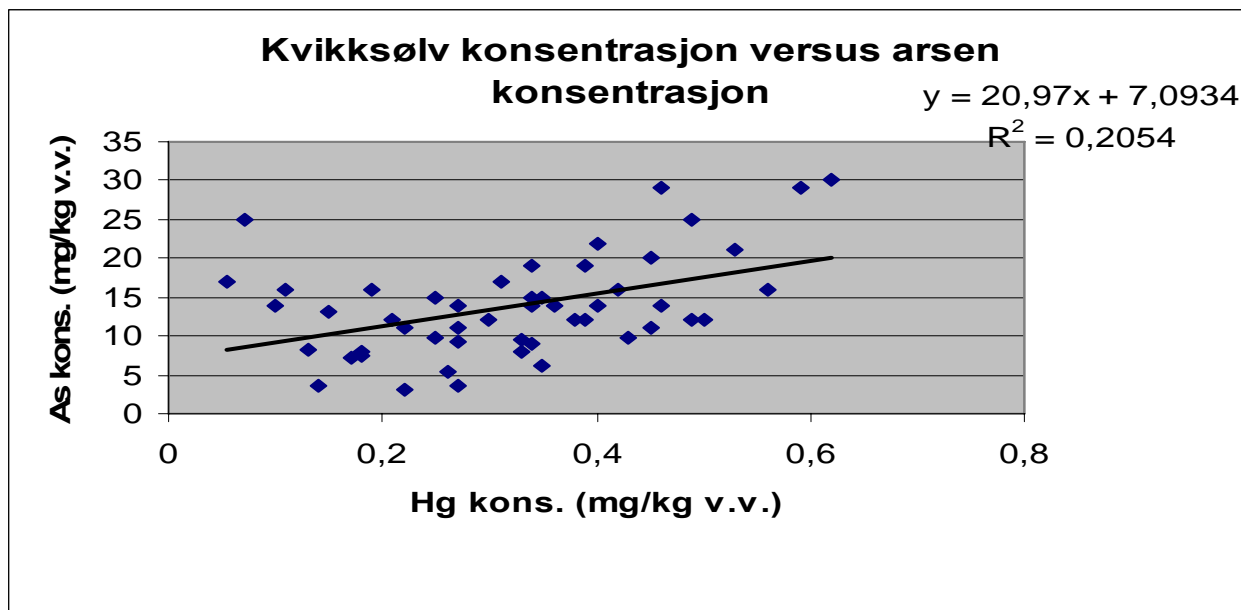
## Kvikksølv

Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av blåkveite varierte fra 0,055 mg/kg til 0,62 mg/kg våtvekt (tabell 13), med en middelværdi på 0,32 mg/kg våtvekt og med en medianverdi også på 0,32 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjonen har vist seg i tidligere studier å være korrelert til fiskens vekt når fiskens vekt er mindre enn 3 kg, men en slik korrelasjon ble ikke funnet i denne undersøkelsen (figur 6). Videre er det vist i en tidligere undersøkelse at kvikksølvkonsentrasjoner over 0,5 mg/kg våtvekt bare er funnet i fisk med vekt over 3 kg, men i denne undersøkelsen var det to blåkveiter av i alt fem som hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt og som hadde vekt mindre enn 3 kg (figur 6). Kvikksølvkonsentrasjoner i blåkveite funnet i Sjømatdatabasen varierte betydelig. I 1999 ble det funnet kvikksølvkonsentrasjoner som varierte fra 0,05 til 0,15 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 0,09, mens i en undersøkelse fra 2006 ble det funnet kvikksølvkonsentrasjoner som varierte fra 0,02 til 1,1 mg/kg våtvekt. Grunnen til variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonene skyldes både fiskens vekt/alder, fangstlokalitet og ikke minst føden til fisken.



Figur 6. Korrelasjon mellom vekten av blåkveite i gram og kvikksølvkonsentrasjonen gitt i mg/kg våtvekt.

Det som er interessant å merke seg er at det er en svak positiv korrelasjon mellom konsentrasjonen av kvikksølv og arsen i filet av blåkveite (fig. 7), mens det ikke ble funnet noen positiv korrelasjon mellom vekt og konsentrasjonen av kvikksølv hos blåkveite i denne undersøkelsen.



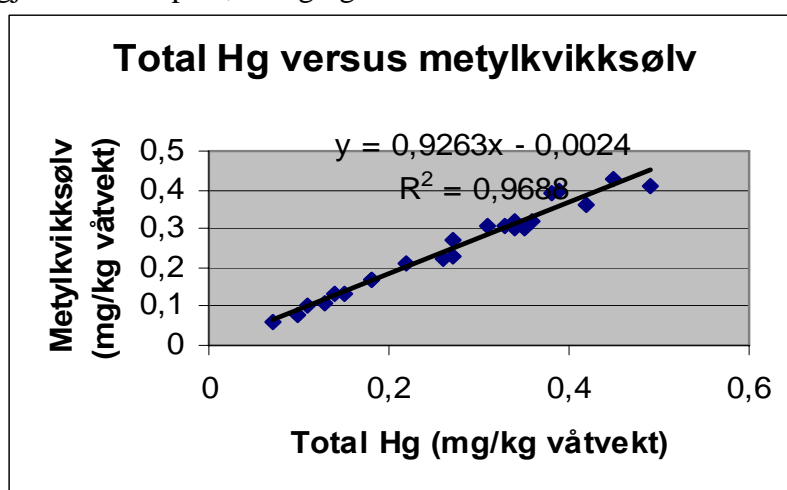
Figur 7. Korrelasjon mellom Hg konsentrasjon og As konsentrasjon i blåkveitefilet.

## Bly

Blykonsentrasjonene i filet av enkelt fisk av blåkveite var mindre enn analysemetodens kvantifiseringsgrense på 0,02 (tabell 13). Resultatene i denne undersøkelsen er imidlertid i overensstemmelse med de resultatene som er funnet i NIFES' Sjømatdata for årene 1999 og 2006, og som også viser blykonsentrasjoner lavere enn 0,02 mg/kg våtvekt. Alle resultatene funnet for bly i blåkveitefilet var betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi på 0,2 mg/kg våtvekt.

## Metylkvikksølv

Metylkvikksølvkonsentrasjonen i filet av 25 enkelt fisk varierte fra 0,06 mg/kg til 0,43 mg/kg våtvekt med et gjennomsnitt på 0,25 mg/kg våtvekt.



Figur 8. Korrelasjon mellom total Hg konsentrasjon og metylikvikksølv konsentrasjon i blåkveitefilet.

Andelen metylkvikksølv i forhold til totalkvikksølv varierte fra 80% til 100% og med en gjennomsnittlig andel på 90%. Dette er også vist i figur 8 hvor vinkelkoeffisienten er funnet å være 0,93 og med en korrelasjonskoeffisient på  $R=0,99$ .

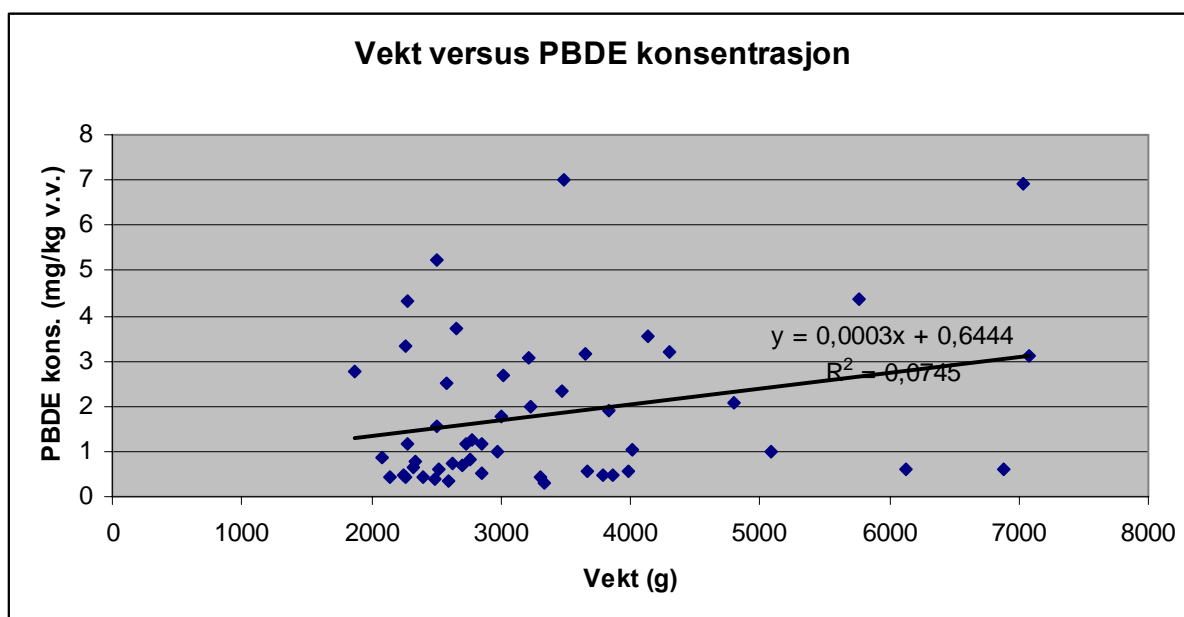
### Polibromerte flammehemmere polibromerte difenyletere (PBDE), heksabrom sykloodekan (HBCD)

Tabell 14 viser innholdet av PBDE kongenere (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183) og sum HBCD i filet av 50 blåkveiter. Resultatene for sum PBDE varierte fra 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt til 7,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og med et gjennomsnitt på 1,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Det var 12 individer som hadde et innhold av sum PBDE høyere enn 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Den høyeste konsentrasjonen av PBDE på 7,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt ble funnet i et individ som veiet 3,5 kg. Det ble også funnet en høy konsentrasjon i den tyngste fisken som ble inkludert i denne undersøkelsen. Figur 9 viser også at det ikke er noen betydelig sammenheng mellom vekten til fisken og fiskens konsentrasjon av PBDE. Til sammenligning er det funnet verdier for sum PBDE i filet av blåkveite fra 2006 som varierte fra 0,7 til 2,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt med en middelværdi for 8 prøver på 1,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)).

Kongeneprofilen viste at PBDE-47 var den dominerende kongeneren i prøvene av blåkveitefilet. Andel PBDE-47 i forhold til sum PBDE var høyere enn 70%. Dette er noe av den høyeste andelen som er funnet i filet av marin fisk. Til sammenligning har makrell og sild en andel av PBDE-47 på ca. 50%.

**Tabell 14** Innholdet av PBDE kongenere og sum PBDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våt vekt) samt HBCD i filet av 50 blåkveite fanget på Mulegga av fartøyet Flatskjær i august 2006.

Parameter	PBDE-28 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-47 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-99 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-100 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-153 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-154 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	PBDE-183 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)	$\Sigma_7$ PBDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.) <sup>2)</sup>	HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.)
Middelværdi	0,15	1,3	0,03	0,19	0,03	0,13		1,8	
Median	0,08	0,76	0,05	0,15	0,06	0,12		1,0	
Min.	0,012	0,23	0,01	0,03	0,003	0,02	<0,002	0,3	<0,25
Maks.	1,4	5,1	0,12	0,73	0,08	0,48	0,005	7,0	0,8



**Figur 9.** Vekt (gram) av blåkveiter plottet mot konsentrasjonen av sum PBDE  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt.

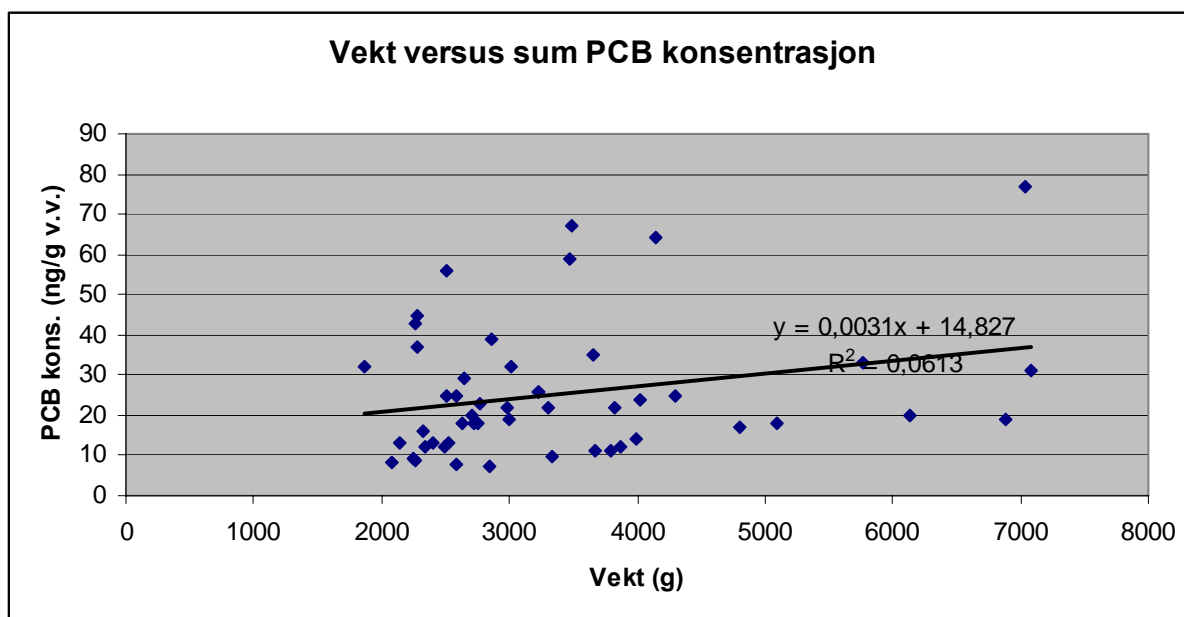
## PCB

Innholdet av PCB<sub>7</sub> samt innholdet av de forskjellige kongenerne i prøver av blåkveite er vist i tabell 15. Sum PCB<sub>7</sub> inkluderer følgende kongener: PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180. Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> varierte fra 7,2 µg/kg til 77 µg/kg våtvekt, 16 individer hadde et innhold som var høyere enn 30 µg/kg våtvekt.

**Tabell 15. Innhold av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180, samt sum PCB<sub>7</sub> i filetprøver av blåkveite. Resultatene er gitt som µg/kg våt vekt.**

Parameter	PCB-28 (µg/kg)	PCB-52 (µg/kg)	PCB-101 (µg/kg)	PCB-118 (µg/kg)	PCB-138 (µg/kg)	PCB-153 (µg/kg)	PCB-180 (µg/kg)	Sum PCB <sub>7</sub> (µg/kg)
Middelverdi	0,50	2,2	3,4	3,4	6,7	7,2	1,9	25
Median	0,56	1,6	2,7	3,0	4,5	6,4	1,2	16
Min.	0,26	1,0	1,3	1,0	1,5	1,5	0,23	7,2
Maks.	1,2	5,1	9,2	13	21	22	6,8	77

Den høyeste konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> på 77 µg/kg våtvekt ble funnet i et individ på 7 kg. Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i blåkveite synes ikke å være korrelert til fiskens vekt (fig. 10). De dominerende kongenerne var PCB-138 og PCB-153. Dette er den tilsvarende kongenerprofil som er funnet i de fleste andre marine fiskearter.



**Figur 10. Vekt (gram) av 50 blåkveite plottet mot konsentrasjonen av sum PCB<sub>7</sub> µg/kg våtvekt).**

Konsentrasjonsnivået som ble funnet for PCB<sub>7</sub> i blåkveite i denne undersøkelsen er tilsvarende det som ble funnet i blåkveitefilet i 1999 og rapportert i Sjømatdata, med et gjennomsnitt på 23 µg/kg våtvekt (N=50). I 2006 ble det imidlertid funnet et gjennomsnitt på 32 µg/kg våtvekt og med en variasjon fra 11 til 50 µg/kg våtvekt (N=8) ([www.NIFES.no/sjomatdata](http://www.NIFES.no/sjomatdata)). Forskjellene kan tilskrives ulik alder, vekt og fødetilgang.

## Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB)

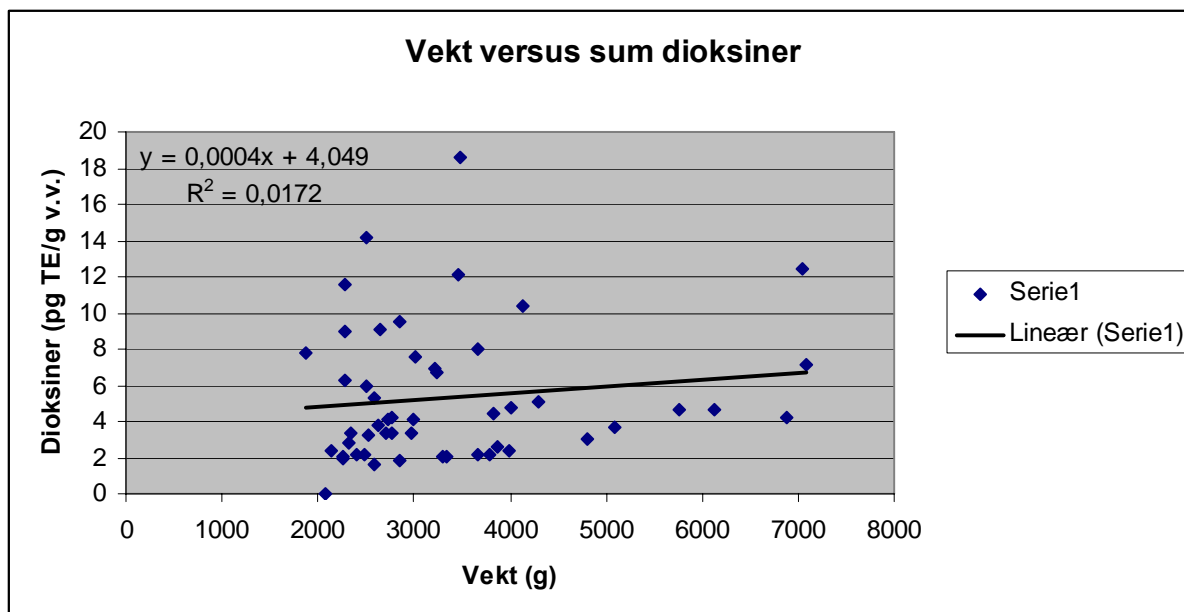
Tabell 16 viser konsentrasjonene av PCDD og PCDF og dioksinlignende PCB (i.e. non-orto PCB og mono-orto PCB) og sum dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i blåkveitefilet gitt som ng TE/kg våtvekt. Innholdet av sum dioksiner og dl-PCB varierte fra 1,7 ng TE/kg våtvekt til 18,6 ng TE/kg våtvekt, med en middelværdi på 5,4 ng TE/kg våtvekt og en medianverdi på 4,1 ng TE/kg våtvekt. Det var åtte individer som hadde et innhold av sum dioksiner og dl-PCB som oversteg 8,0 ng TE/kg våtvekt, som er den øvre grenseverdien satt for sum dioksiner og dl-PCB både i Norge og EU.

Resultatene i tabell 16 viser videre at non-orto PCB og PCDF bidrar mest til sum TE, dernest mono-orto PCB og minst bidrar PCDD. Dette samsvarer med det en kjenner fra feite marine arter som makrell. De konsentrasjonene for sum dioksiner og dl-PCB som er funnet for blåkveite i dette prosjektet er noenlunde tilsvarende de resultatene som er rapportert i Sjømatdata i 2006. Der er det vist en middelværdi av sum dioksiner og dl-PCB på 6,3 ng TE/kg våtvekt, med en variasjon fra 1,9 til 20,4 ng TE/kg v.v.; N=18) ([www.nifes.no/Sjømatdata](http://www.nifes.no/Sjømatdata)) .

**Tabell 16. Innholdet av dioksiner og furaner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) (pg WHO-TE/g v.v."upper bound-LOQ") samt sum PCDD/F og dioksinlignende PCB i blåkveite fanget på Mulegga av fartøyet Flatskjær i august 2006.**

Parameter	PCDD (ng TE/kg v.v.)	PCDF (ng TE/kg v.v.)	Non-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Mono-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Sum dioksiner og dlPCB (ng TE/kg v.v.)
Middelværdi	0,49	1,45	2,36	1,05	5,4
Median	0,52	1,12	2,04	0,99	4,1
Min.	0,10	0,29	0,91	0,30	1,7
Maks.	2,02	6,2	6,95	3,50	18,6

Vekten av blåkveite plottet mot konsentrasjonen av sum dioksiner og dl-PCB (fig. 11), og resultatene viser at det ikke er noen korrelasjon mellom vekt og dioksininnhold.



Figur 11. Vekt (gram) av 50 blåveite plottet mot konsentrasjonen av sum dioksiner og dl-PCB (ng TE/kg våtvekt).

## Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*)

Kveita, også kalt hellefisk, (*Hippoglossus hippoglossus*) er den største beinfisken med fast tilholdssted i Nord-Atlanteren. Hunnene kan bli opp til 50 år gamle, 3 meter lange og veie over 250 kg. Hannene kan bli opp til 1,5 m lange og antagelig sjelden over 30 år. Den finnes på begge sider av Nord-Atlanteren, fra Biscaya nordover til Barentshavet, rundt Grønland, Island, Spitsbergen, Novaja Zemlja og langs hele norske kysten. De store individene finnes normalt på dypt vann fra 200 til 2000 meter dyp, mens yngre, små individer har tilhold på grunt vann langs kysten. I motsetning til andre flatfisker er kveiten en god svømmer, og føden består derfor av ulike bunnlevende fisk som brosme og lange, men også pelagisk fisk. I tillegg spiser den andre bunnlevende dyr som akkar og sjøkreps. Kveiten vandrer inn til kysten på senvinteren for å gyte.

I denne undersøkelsen var gjennomsnittsvekten for kveitene 60 kg og med en variasjon fra 48 kg til 80 kg.

## Arsen

Arsenkonsentrasjonen i filetprøver av Atlantisk kveite, hvor en prøve er tatt fra ryggen (B-snitt) og en prøve er tatt fra buken (I-snitt), er vist i tabell 17. Konsentrasjonen av arsen i prøver fra ryggen (B-snitt) varierte fra 3 mg/kg våtvekt til 48 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnittsinhold på 11,6 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonen i prøver fra buken (I-snitt) var noe lavere (gjennomsnitt 8,9 mg/kg våtvekt og med en variasjon fra 3,6 til 29 mg/kg våtvekt). Dette er noe høyere enn det som ble funnet av arsen i Atlantisk kveite fra 2006 og som er vist i Sjømatdata ([www.NIFES.no/sjømatdata](http://www.NIFES.no/sjømatdata)). Her ble det funnet et gjennomsnittsinhold på 4,6 mg/kg våtvekt for 4 individer og med en variasjon fra 3,3 til 9 mg/kg våtvekt.



**Tabell 17. Konsentrasjon av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (mg/kg våtvekt) i filet av Atlantisk kveite, vekt over 30 kg, fanget i 2007.**

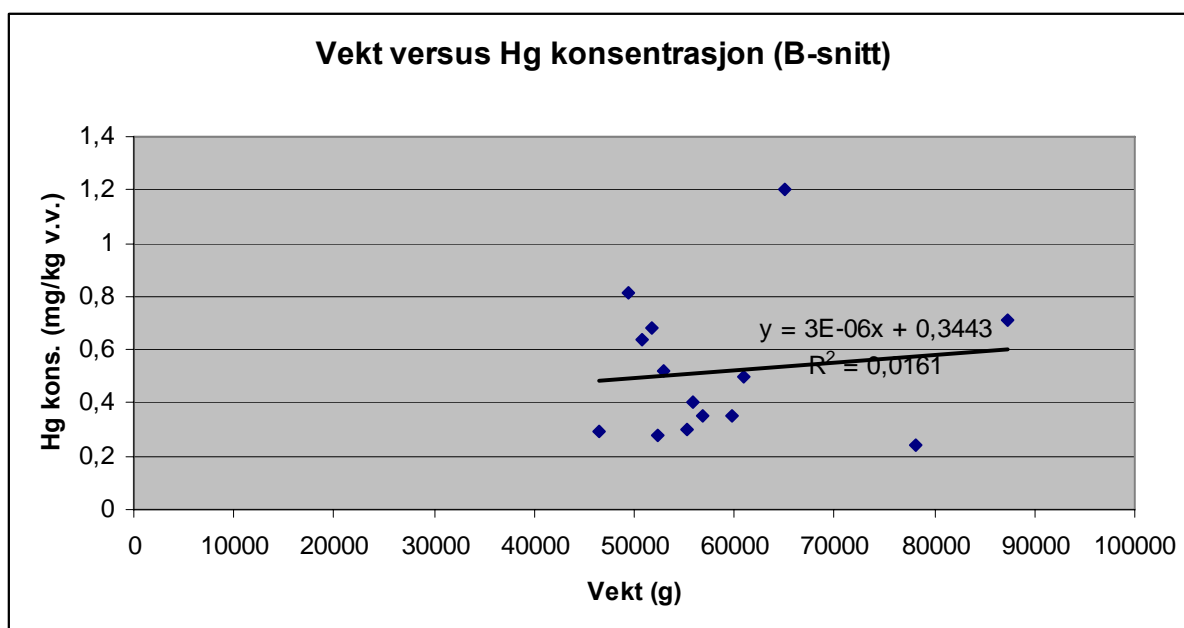
Metall	Middelverdi (mg/kg v.v.)	Median (mg/kg v.v.)	Min.-maks. (mg/kg v.v.)	EUs øvre grenseverdi (mg/kg v.v.)
<b>B-snitt</b>				
Arsen (As)	11,6	6,5	3-48	Ingen
Kadmium (Cd)	<0,003	<0,003		0,05
Kvikksølv (Hg)	0,53	0,38	0,24-1,2	0,5
Bly (Pb)	<0,01	<0,01	<0,01-0,02	0,2
Selen (Se)	0,51	0,48	0,39-0,68	
<b>I-snitt</b>				
Arsen (As)	8,9	6,0	3,6-29	Ingen
Kadmium (Cd)	<0,003	<0,003		0,05
Kvikksølv (Hg)	0,31	0,26	0,11-0,65	0,5
Bly (Pb)	<0,02	<0,02	<0,02-0,06	0,2
Selen (Se)	0,35	0,32	0,26-0,54	

## Kadmium

Kadmiumkonsentrasjonen i filet av Atlantisk kveite var lavere enn 0,003 mg/kg våtvekt, som er kvantifiseringsgrensen for metoden med denne type matrise (tabell 17). Dette var tilfellet for prøver tatt både på ryggen og prøver tatt i buken av kveiten. Kadmiumkonsentrasjoner i filet av Atlantisk kveite funnet i denne undersøkelsen er tilsvarende det som er rapportert i Sjømatdata for 2006 ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)). Det er noe overraskende at kadmiumkonsentrasjonen er så vidt lav i en art som kveite som er sent-voksende og har høy alder. Konsentrasjonene for kadmium funnet i kveitefilet er således betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi som er satt til 0,05 mg/kg våtvekt for de fleste fiskearter også for kveite.

## Kvikksølv

Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av Atlantisk kveite tatt på ryggen av fisken (B-snitt) varierte fra 0,24 mg/kg til 1,2 mg/kg våtvekt med et gjennomsnitt på 0,53 mg/kg våtvekt, mens kvikksølvkonsentrasjonene i prøver tatt fra buken til fisken (I-snitt) varierte fra 0,11 til 0,65 mg/kg våtvekt med et gjennomsnitt på 0,31 mg/kg våtvekt (tabell 17). Medianverdiene for kvikksølv var 0,38 og 0,26 mg/kg våtvekt for henholdsvis B-snittet og I-snittet. Forskjellen i kvikksølvkonsentrasjonen mellom disse to prøvetakingsstedene på fisken kan tilskrives at buken er betydelig mer fettrik enn ryggen, og at fettet har lavt kvikksølvinnhold. Resultatene viste at kun en kveite av i alt 14 hadde kvikksølvkonsentrasjoner (B-snitt) som oversteg EUs øvre grenseverdi på 1,0 mg/kg våtvekt, mens det var ingen prøver (I-snitt) som viste en konsentrasjon over 1,0 mg/kg våtvekt. I denne undersøkelsen var det ingen korrelasjon mellom fiskens vekt og kvikksølvkonsentrasjonen i prøver tatt på ryggen (fig. 12), men dette kan tilskrives at undersøkelsen inkluderte for få prøver og at prøvene kun dekket et begrenset vektområde.



**Figur 12. Vekt (kg) plottet mot kvikksølvkonsentrasjonen (mg/kg våtvekt) i prøver ryggen (B-snitt).**

I 2006 ble det funnet kvikksølvkonsentrasjoner i kveite som varierte fra 0,5 til 0,8 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 0,7 for 4 prøver ([www.NIFES.no/Sjømatdata](http://www.NIFES.no/Sjømatdata)). Grunnen til variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonene skyldes blant annet fiskens vekt/alder, fiskens vekstområde og fødetilgang.

## Bly

Blykonsentrasjonene i alle filetp prøvene av Atlantisk kveite var lavere enn 0,01 mg/kg våtvekt, som er kvantifiseringsgrensen for metoden med denne type matrise, unntatt for en prøve av B-snitt med konsentrasjon 0,02 mg/kg våtvekt og en prøve av I-snitt med konsentrasjon 0,06 mg/kg våtvekt (tabell 17). Resultatene i denne undersøkelsen er imidlertid i overensstemmelse med de resultatene som er funnet i NIFES' Sjømatdata for 2006, og som også viser blykonsentrasjoner lavere enn 0,02 mg/kg våtvekt. Alle resultatene funnet for bly i kveitefilet var lavere enn EUs øvre grenseverdi på 0,2 mg/kg våtvekt.

## Polibromerte flammehemmere polibromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD)

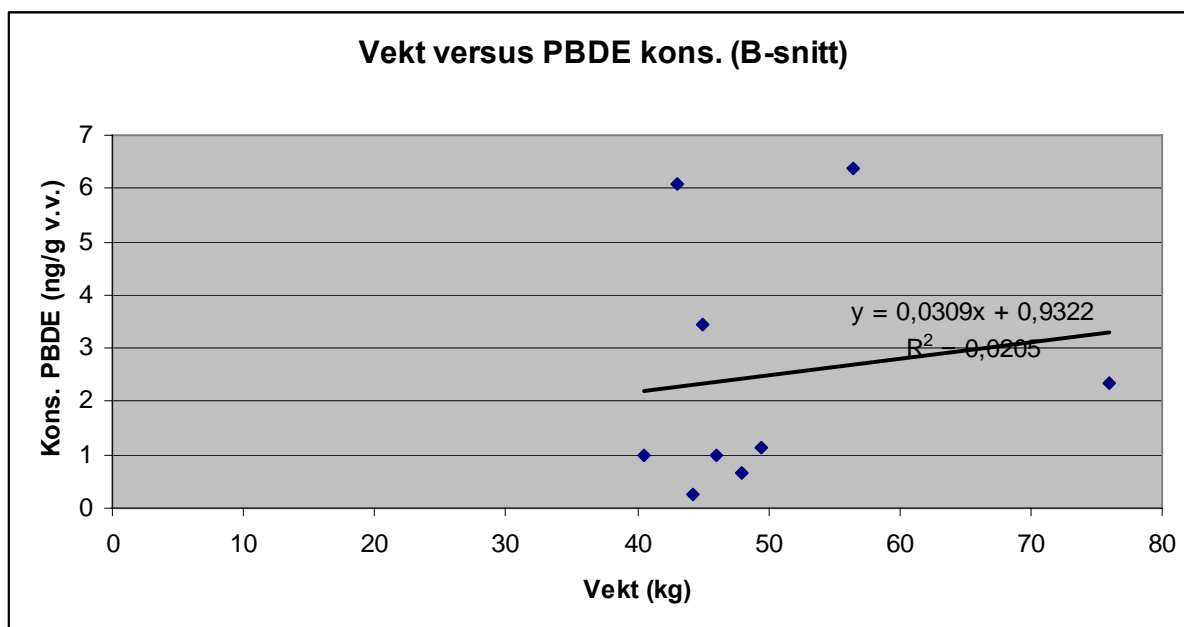
Tabell 18 viser innholdet av PBDE kongenere (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183) og sum HBCD i filet av Atlantisk kveite med rund vekt over 30 kg. Resultatene for sum PBDE i prøver fra ryggen (B-snitt) varierte fra 0,3 µg/kg våtvekt til 12,3 µg/kg våtvekt, mens konsentrasjonen av sum PBDE i prøver fra buken (I-snitt) varierte fra 1,0 µg/kg våtvekt til 17,5 µg/kg våtvekt. Det var to fisk som hadde et innhold av sum PBDE i prøver fra ryggen (B-snitt) og fire fisk med prøver fra buken (I-snittet), som hadde et høyere innhold enn 10 µg/kg våtvekt. Den høyeste PBDE konsentrasjonen som ble funnet var i prøver av I-snitt hvor fisken veide 65 kg. Figur 13 viser at det er en positiv korrelasjon mellom vekten til fisken og fiskens konsentrasjon av sum PBDE i prøver fra ryggen (B-snitt), men det ble ikke funnet tilsvarende korrelasjon for I-snitt. Til sammenligning ble det funnet verdier for sum

PBDE i filet av Atlantisk kveite fra 2006 som varierte fra 1,1 til 4,1 ng/g våtvekt med en middelværdi for 4 prøver på 2,3 ng/g våtvekt ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)).

**Tabell 18. Innholdet av PBDE kongenere og sum PBDE (µg/kg våt vekt) samt HBCD i filet av Atlantisk kveite med vekt over 30kg. B-snitt er filetprøver fra ryggen og I-snitt er prøver fra buken.**

Parameter	PBDE-28 (µg/kg vv.)	PBDE-47 (µg/kg vv.)	PBDE-99 (µg/kg vv.)	PBDE-100 (µg/kg vv.)	PBDE-153 (µg/kg vv.)	PBDE-154 (µg/kg vv.)	PBDE-183 (µg/kg vv.)	Σ <sub>7</sub> PBDE (µg/kg <sup>2</sup> vv.)	HBCD (µg/kg vv.)
<b>B-snitt</b>									
Middelværdi	0,13	3,1	0,07	0,37	0,03	0,25	<0,002	3,9	
Median	0,06	1,2	0,05	0,20	0,02	0,10	<0,002	1,6	
Min.	0,0005	0,19	0,003	0,08	0,004	0,02	<0,002	0,3	<0,25
Maks.	0,46	10,5	0,2	0,86	0,05	0,79	<0,002	12,3	0,4
<b>I-snitt</b>									
Middelværdi	0,28	6,1	0,17	0,78	0,08	0,59	<0,002	8,0	
Median	0,25	5,0	0,11	0,50	0,05	0,30	<0,002	4,0	
Min.	0,03	0,78	0,007	0,11	<0,002	0,06	<0,002	1,0	<0,25
Maks.	0,83	13,2	0,42	2,1	0,32	1,8	<0,002	17,5	2,3

Kongenerprofilen viste for prøvene av både B-snitt og I-snitt av kveitefilet at PBDE-47 var den dominerende kongeneren, med en andel på ca. 80% i gjennomsnitt. Dette er den høyeste andelen som er funnet i filet av marin fisk. Til sammenligning har blåkveite en andel på ca. 70%, mens makrell og sild har en andel av PBDE-47 på ca. 50%.



**Figur 13** Korrelasjon mellom rund vekt av Atlantisk kveite og konsentrasjonen av PBDE i prøver tatt på ryggen (B-snitt) .

## PCB

Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> samt innholdet av de forskjellige kongenerne i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt) av Atlantisk kveite er gitt i tabell 19. PCB<sub>7</sub> inkluderer følgende kongener PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

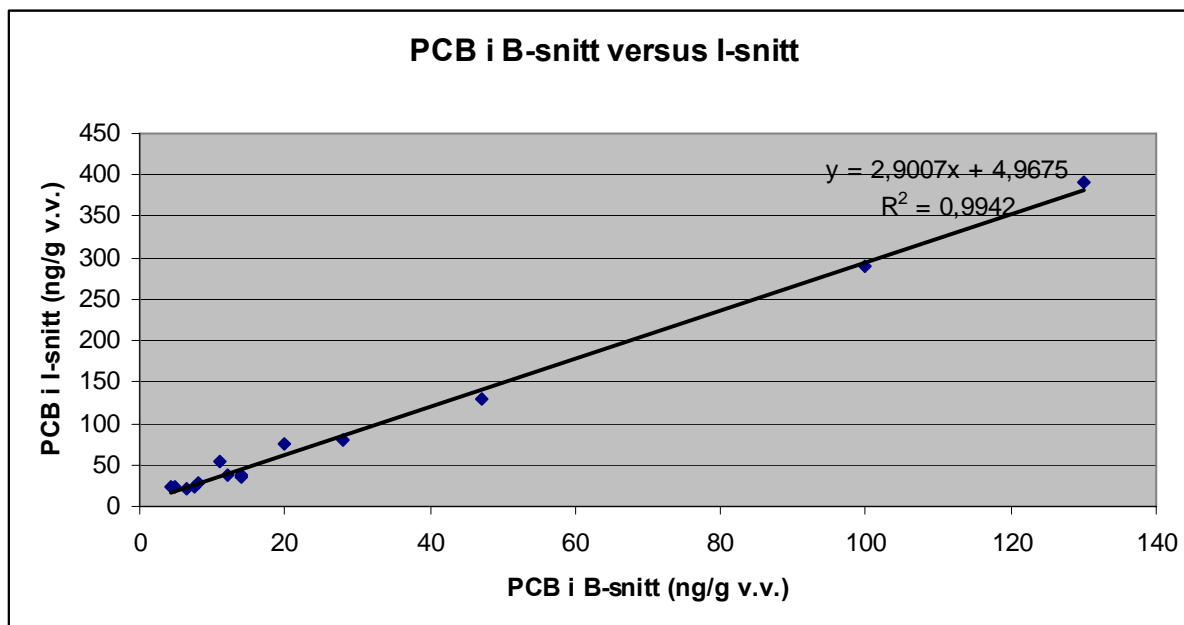
Innholdet av sum PCB<sub>7</sub> i prøver fra B-snitt varierte fra 4,3 µg/kg våtvekt til 130 µg/kg våtvekt, mens prøver fra I-snittet varierte fra 22 µg/kg våtvekt til 390 µg/kg våtvekt.

Konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> høyere enn 100 µg/kg våtvekt er svært sjelden i marin fisk som ikke er fanget i forurenset miljø.

**Tabell 19. Innhold av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180, samt sum PCB<sub>7</sub> i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt). Resultatene er gitt som µg/kg våtvekt.**

Parameter	PCB-28 (µg/kg)	PCB-52 (µg/kg)	PCB-101 (µg/kg)	PCB-118 (µg/kg)	PCB-138 (µg/kg)	PCB-153 (µg/kg)	PCB-180 (µg/kg)	Sum PCB (µg/kg)
<b>B-snitt</b>								
Middelverdi	0,63	2,4	4,3	4,4	6,8	8,7	2,2	29
Median	0,38	1,0	1,8	1,6	2,6	3,0	0,7	12
Min.	0,10	0,47	0,82	0,61	0,9	1,1	0,32	4,3
Maks.	2,0	7,3	24	20	31	36	8,6	130
<b>I-snitt</b>								
Middelverdi	1,9	7,2	13,1	13,2	20,7	26,4	6,8	89
Median	1,4	4,8	5,9	4,2	7,5	11	2,0	37
Min.	0,77	1,9	3,2	3,1	4,2	6,6	1,2	22
Maks.	4,8	25	66	58	93	110	35	390

Det var to filetprøver av B-snitt og seks av I-snitt som hadde sum PCB<sub>7</sub> høyere enn 50 µg/kg våtvekt. PCB<sub>7</sub> konsentrasjonen i filetprøver av I-snitt var ca. tre ganger høyere enn PCB<sub>7</sub> konsentrasjonen i prøver fra B-snittet (fig. 14). Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i filetprøver fra rygg (B-snitt) var sterkt korrelert til PCB<sub>7</sub> konsentrasjonen i prøver fra buk (I-snitt) med en korrelasjonskoeffisient på 0,9971 (figur 14). Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i kveite syntes ikke å være korrelert verken til fiskens vekt eller til prøvens fettinnhold (beregninger ikke vist). De dominerende kongenerne var PCB-153 og PCB-138. Dette er den tilsvarende kongenerprofilen som er funnet i de fleste andre feite marine fiskearter.



Figur 14. Korrelasjon mellom PCB<sub>7</sub> konsentrasjoner i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt).

### Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (non-orto PCB og mono-orto PCB; dl-PCB)

Innholdet av PCDD og PCDF og sum dioksinlignende PCB (non-orto- og mono-orto PCB samt innholdet av sum dioksiner og dioksinlignende-PCB i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt) av Atlantisk kveite er gitt som ng TE/kg våtvekt (tabell 20).

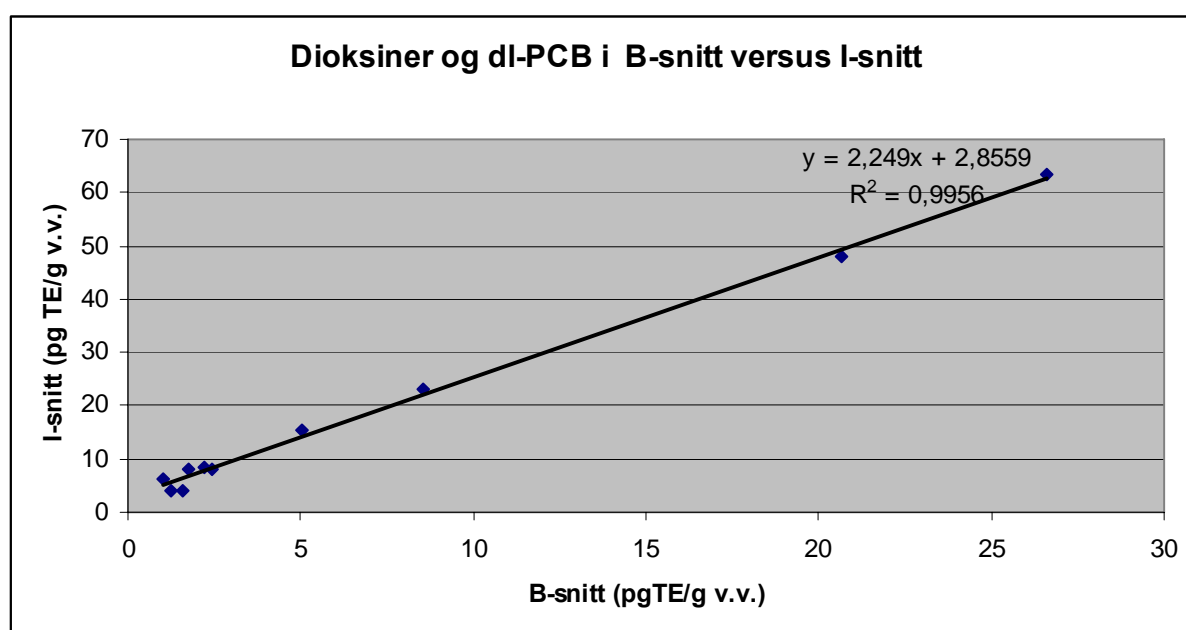
Innholdet av sum dioksiner og dl-PCB i prøver av rygg (B-snitt) varierte fra 1,0 ng TE/kg våtvekt til 27 ng TE/kg våtvekt, med en middelværdi på 6,1 ng TE/kg våtvekt og en medianverdi på 3,0 ng TE/kg våtvekt, mens innholdet av sum dioksiner og dl-PCB i prøver av buk (I-snitt) varierte fra 3,9 ng TE/kg våtvekt til 63 ng TE/kg våtvekt, med en middelværdi på 19 ng TE/kg våtvekt og en medianverdi på 6,0 ng TE/kg våtvekt. Det var henholdsvis tre og syv individer som hadde et innhold av sum dioksiner og dl-PCB i prøver av B-snitt og I-snitt som oversteg 8,0 ng TE/kg våtvekt, som er den øvre grenseverdien satt for sum dioksiner og dl-PCB i både Norge og EU.

Resultatene i tabell 20 viser videre at non-orto PCB og mono-orto PCB bidrar mest til sum TE, dernest PCDF og minst bidrar PCDD. Dette er noe forskjellig fra resultatene for blåkveite og makrell som er rapportert annet steds i denne rapporten. Datagrunnlaget for dioksiner og dioksinlignende PCB i Atlantisk kveite har vært svært begrenset, og spesielt i stor Atlantisk kveite mellom 30 og 120 kg. VKM uttalte i en rapport fra 2005, med bakgrunn i data fra NIFES, at innholdet av dioksiner og dl-PCB i Atlantisk kveite mellom 30 og 35 kg tilsvarer det som finnes i annen feit fisk (2,8 ng TE/kg våtvekt), mens analyser viste et høyt innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB (25 ngTE/kg våtvekt) i svært stor Atlantisk kveite (>120 kg). Resultatene i denne undersøkelsen viste at det gjennomsnittlig var ca. 2,5 ganger så mye dioksiner og dl-PCB i prøver tatt fra I-snittet sammenlignet med prøver tatt fra B-snittet. Det høyeste innholdet av dioksiner og dl-PCB var 27 ng TE/kg våtvekt (B-snitt) og 63 ngTE/kg våtvekt (I-snitt) i en kveite på ca. 50 kg, mens en annen kveite på ca. 50 kg hadde konsentrasjoner som bare var tiendeparten av denne. Åtte prøver av I-snittet av i alt 14 prøver hadde konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB som oversteg EUs øvre grenseverdi på 8,0 ng TE/kg våtvekt, mens kun 3 prøver av B-snittet oversteg EUs øvre grenseverdi (fig. 15).

**Tabell 20. Innhold av dioksiner og furaner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) (ng WHO-TE/kg v.v."upper bound-LOQ") samt sum PCDD/F og dioksinlignende PCB i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt) (n=14).**

Parameter	PCDD (ng TE/kg v.v.)	PCDF (ng TE/kg v.v.)	Non-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Mono-orto PCB (ng TE/kg v.v.)	Sum dioksiner og dlPCB (ng TE/kg v.v.)
<b>B-snitt</b>					
Middelverdi	0,45	1,1	2,9	1,6	6,1
Median	0,30	0,6	1,6	0,6	3,0
Min.	0,11	0,29	0,46	0,17	1,0
Maks.	1,3	3,4	13,8	8,1	27
<b>I-snitt</b>					
Middelverdi	1,4	3,5	9,1	4,9	19
Median	0,7	2,5	4,1	1,5	6,0
Min.	0,35	0,78	1,9	0,67	3,9
Maks.	3,1	8,1	33	19	63

Figur 15 viser korrelasjonen mellom dioksiner og dioksinlignende PCB i prøver fra ryggen (B-snitt) og prøver tatt fra buken (I-snitt). Resultatene viser at gjennomsnittskonsentrasjonen i de 14 prøvene fra buken er 2,3 ganger høyere enn konsentrasjonen i tilsvarende prøver fra ryggen. Korrelasjonen mellom disse to snittene var meget høy uten at dette kan tilskrives alder eller fettinnholdet ( $R=0,998$ ).



**Figur 15. Korrelasjon mellom konsentrasjoner i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt) gitt som ng TE/kg våtvekt.**

## OPPSUMMERING

- Konsentrasjonene av dioksiner og dioksinlignende PCB i oljer til humant konsum var lave, mens konsentrasjonene av PCB<sub>7</sub> i noen av produktene var overraskende høye (> 50 µg/kg våtvekt)
- Konsentrasjonene av de analyserte miljøgiftene i makrell var forholdsvis lave sammenlignet med EUs og Norges øvre grenseverdier der slike finnes.
- Fem av i alt 50 blåkveiter oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi for kvikksølv på 0,5 mg/kg våtvekt. Middelerdien for kvikksølv var 0,32 mg/kg våtvekt. 10 av i alt 50 prøver av blåkveite hadde et innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt. Middelerdien for de 50 blåkveitene var 5,4 ng TE/kg våtvekt.
- Det var kun en prøve av i alt 14 ryggprøver av kveite (vekt mellom 40 og 80 kg) som oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi for kvikksølv på 1,0 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 0,53 mg/kg våtvekt. Prøver fra ryggen (B-snitt) hadde høyere konsentrasjoner av kvikksølv enn prøver fra buken (I-snitt). Det ble ikke funnet noen positiv korrelasjon mellom vekt av kveiten og kvikksølvkonsentrasjonen i denne studien. Gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i prøver av Atlantisk kveite var 29 µg/kg våtvekt (B-snitt) og 89 µg/kg våtvekt (I-snitt), mens gjennomsnittskonsentrasjonen av dioksiner og dl-PCB i prøver av Atlantisk kveite var 6,1 ng TE/kg våtvekt (B-snitt) og 19 ng TE/kg våtvekt (I-snitt). Resultatene viste ingen korrelasjon mellom fiskens vekt og konsentrasjonene av dioksiner og dl-PCB, og heller ikke mellom fettinnhold og konsentrasjonen av dioksiner og dl-PCB i denne studien. Resultatene viste en sterk korrelasjon mellom konsentrasjonene av dioksiner og dl-PCB i prøver fra rygg (B-snitt) og buk (I-snitt), med nesten tre ganger høyere konsentrasjon av dioksiner og dl-PCB i prøver tatt fra buken (I-snitt) enn prøver tatt fra ryggen (B-snitt). Åtte prøver av I-snitt av i alt 14 prøver viste konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB som oversteg EUs øvre grenseverdi på 8,0 ng TE/kg.
- Dataene for Atlantisk kveite viste at prøver tatt fra buken (I-snitt) i denne vektgruppen innholdt svært høye konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB. De omsetningsmessige konsekvensene av disse funnene må Mattilsynet vurdere.