



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

2016

# Sjømat i Oslofjorden – Uønskede stoffer i torsk, makrell og taskekrabbe

Overvåking av forurensede havner og fjorder

2013-2015

Tanja Kögel, Amund Maage og Robin  
Ørnsrud

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

09.12.2016

## På oppdrag fra Mattilsynet

Statens tilsyn for fisk, dyr og næringsmidler

## FORORD

---

Denne studien er del av overvåkings- og kartleggingsprogrammet «Forurensede havner og fjorder» som har som formål å skaffe frem datagrunnlag om miljøgifter i fisk og sjømat som fangstes ved rekreasjonsfiske og til privat konsum i Norge. Prosjektet ble gjennomført med tanke på vurderinger for kostadvarsler. I 2013-2015 ble tre sjømatarter fra Oslofjorden, taskekrabbe, makrell og torsk, undersøkt for miljøgifter. Kontaktperson ved Mattilsynet har vært seniorrådgiver Harald Nordaas, seksjon sjømat. Faglig ansvarlig ved Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har vært Robin Ørnsrud, Tanja Kögel og Amund Maage. Teknisk ansvarlig for prosjektet var Anne Margrethe Aase. Prøvetaking av makrell og taskekrabbe ble organisert og utført av Anders Paulsen, deltager i Havforskningsinstituttets kystreferanseflåte, og prøvetaking av torsk ble utført av Sven Marius Hofgaard.

Alle prøver ble registrert og opparbeidet for analyse ved NIFES' prøvemottak av Aina Bruvik, Vidar Fauskanger, Nawaraj Gautam, Siren Hatland og Manfred Torsvik under ledelse av Anne Margrethe Aase. Opparbeiding og analyse av organiske fremmedstoff ble utført ved NIFES' laboratorier for fremmedstoff av Jannicke Bakkejord Alling, Annie Fürstenberg, Agnethe Hertzberg, Dagmar Nordgaard, Franziska Randers, Per-Ola Rasmussen, Kari Breistein Sæle, Tore Tjensvoll, Teclu Habtemariam Weldegebriel og Britt Elin Øye under ledelse av Anette Bjordal, Kjersti Kolaas og Bergitte Reiersen, og for grunnstoff av Helen Edholm, Tonja Lill Eidsvik, Solgunn Elnes, Siren Hatland, Frida Iden, Vivian Krakeli, Emilie Lie, Georg Olsen, Berit Solli, Nina Margrethe Steinsvik og Gard Østbø under ledelse av Marita Eide Kristoffersen.

Vi takker alle som har bidratt!

Bergen, 15. August 2016

Tanja Kögel

---

**INNHold**

---

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag Norsk</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary English</b> .....	<b>7</b>
<b>Innledning</b> .....	<b>8</b>
Oslofjorden .....	8
Eksisterende advarsler.....	9
<b>Valg av sjømatarter</b> .....	<b>13</b>
Makrell ( <i>Scomber scombrus</i> ; .....	13
Taskekrabbe ( <i>Cancer pagurus</i> ; .....	13
<b>Prøveinnsamling</b> .....	<b>14</b>
Fangstområder av torsk fra Indre Oslofjord.....	14
Fangstområder av makrell fra Indre Oslofjord.....	14
Fangstområder av taskekrabbe fra Ytre Oslofjord .....	16
<b>Opparbeiding</b> .....	<b>18</b>
Opparbeiding torsk.....	18
Opparbeiding makrell .....	18
Opparbeiding taskekrabbe .....	18
<b>Kommenterte Resultater</b> .....	<b>19</b>
Overordnet vurdering av sjømat fra Oslofjorden og artssammenligning.....	19
Analyse av uønskede stoffer i geografisk perspektiv etter art.....	25
<b>Overskridelser, konklusjoner og Håndtering</b> .....	<b>44</b>
<b>Metoder</b> .....	<b>48</b>
Praktisk analyse .....	48
Tallbehandling og statistiske tester.....	52

---

---

<b>Tillegsinformasjon .....</b>	<b>55</b>
<b>Ordforklaring.....</b>	<b>56</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>60</b>

---

## SAMMENDRAG NORSK

I dette prosjektet har vi undersøkt arsen, bly, kadmium, kvikksølv, dioksiner, furaner, PCBer, bromerte flammehemmere, PFASer, PAHer og pesticider i prøver av torskfilet og –lever, makrellfilet og taskekrabbe (klokjøtt og brunmat) fra Oslofjorden mellom 2013 og 2015. Det var **ingen overskridelser av EU og Norges grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt for kvikksølv i torskfilet, mens fem av 55 enkeltanalyser på krabbeklokjøtt viste konsentrasjoner høyere enn dette.** Av alle undersøkte prøver var den gjennomsnittlige kvikksølv konsentrasjonen høyest i klokjøtt av krabbe, etterfulgt av krabbens brunmat og torskfilet, som hadde lignende gjennomsnitt. Arsen hadde også høyest konsentrasjon i klokjøtt av krabbe. Blykonsentrasjonene var generelt på lavt nivå. Kadmium hadde høye konsentrasjoner i krabbebrunmat, men lav konsentrasjon i de andre undersøkte prøvene. Konsentrasjoner av **dioksiner, furaner og dioksin-lignende polyklorerte bifenyler (dl-PCBer)** var høyest i torskelever etterfulgt av krabbebrunmat. Alle samleprøver **av torskelever var over grenseverdien** på 20 pg TE/g våtvekt, mens alle prøver av krabbebrunmaten lå under denne verdien, og av fiskefiletene enda lavere. Konsentrasjonen av **PCB<sub>6</sub> i torskelever var over grenseverdien** på 200 ng/g våtvekt i alle prøvene, mens alle andre prøver var godt under grenseverdien på 75 ng/g våtvekt. Konsentrasjonene av bromerte flammehemmere, pesticider, polyfluoreerte alkylstoff (PFAS) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i prøvene fra denne studien var innenfor forventede rammer.

De **høyeste nivåene av kvikksølv i torsk fra Indre Oslofjord ble funnet ved Oslos bykjerne.** Totalt hadde 7% av torsken konsentrasjoner på kvikksølv på over nivået der Mattilsynet normalt velger å advare sårbare befolkningsgrupper, ca. 0,2 mg Hg/kg. For torskelever var konsentrasjonene for dioksiner, furaner og PCBer også høyest på stasjonen ved Oslos bykjerne, etterfulgt av den innerste stasjonen i den østlige delen av fjorden, Bunnefjorden, der også bromerte flammehemmere hadde de høyeste konsentrasjonene. Verdiene var langt over grenseverdien på 20 ng TEQ/kg. For makrell lignet de geografiske tendensene dem for torsk, men var mye mindre tydelige. I krabbe fra Ytre Oslofjord var de høyeste konsentrasjonene på kvikksølv-, PCB<sub>6</sub>- og bromerte flammehemmere i de nordlige områdene. Dioksiner, furaner og dioksin-lignende PCBer var høyest i midterste områder på nord-sør akse og på en stasjon i nord. Det var ikke tydelige geografiske trender for kadmium i krabbe.

## SUMMARY ENGLISH

In this project, we have analyzed arsenic, lead, cadmium, mercury, dioxins, furans, PCBs, brominated flame retardants, PFAS, PAH and pesticides in samples of cod filet and liver, mackerel filet and brown crab (claw meat and brown meat) from the Oslofjord in 2013 - 2015. **None of the cod filets had higher concentrations of mercury than EU and Norway's maximum level at 0,5 mg/kg wet weight, while five of the 55 individual samples of crab claw meat did exceed this limit.** Of all investigated samples, the average concentrations of mercury were highest in crab claw meat, followed by brown meat and cod filet, which had similar concentrations. Arsenic concentrations were highest in crab claw meat. Lead concentrations were generally low. Cadmium had high concentrations in crab brown meat, while all other samples had low concentrations. **Dioxins, furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs)** had the highest concentrations in cod liver, followed by crab brown meat. All pooled samples **of cod liver exceeded the maximum levels** at 20 pg TE/g wet weight, while crab brown meat had lower concentrations than that, and the fish filets had even lower concentrations. The concentration of **PCB<sub>6</sub> in cod liver was exceeding the maximum level** of 200 ng/g wet weight in all samples, while all other samples were well below the maximum levels at 75 ng/g wet weight. The concentrations of brominated flame-retardants, pesticides, perfluorinated alkylated substances (PFAS) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in this study were within the expected range.

In **cod filet, the highest levels of mercury were close to Oslo's inner city.** In total, 7% of the analyzed cod had mercury concentrations above the level where the Norwegian Food Safety Authority usually warns susceptible groups, ca. 0.2 mg Hg/kg. For cod liver, the levels of dioxins, furans and PCBs were also highest at the station at Oslo's inner city, followed by the innermost station in the eastern part of the fjord, Bunnefjord, where also brominated flame-retardants had the highest concentrations. The concentrations were much higher than the maximum level at 20 ng/TE/kg. For mackerel, the geographical tendencies were similar to cod, but much less pronounced. In crab from the Outer Oslofjord, the highest mercury, PCB<sub>6</sub> and brominated flame retardant levels were in the northern parts. Dioxins, furans and dioxin-like PCBs were highest both in the middle areas of the north-south axis and at one station in the north. There were no strong geographical trends for cadmium in crab.

## INNLEDNING

Nivåene av de fleste miljøgifter i norsk sjømat er stort sett lave. Noen stoff finnes naturlig i høyere konsentrasjoner i sjømat enn i mat produsert på land, slik som kvikksølv. Miljøgifter blir også tilført hav, sjø og ferskvann gjennom blant annet industri, ulykker og uhell, samt avrenning fra jordbruk, bostedsområder og avfallsdeponi, og konsentrasjonen av disse varierer derfor fra sted til sted. Siden det er forskjell på mengden av de enkelte stoffer ulike arter av sjømat tar opp, blir innholdet av fremmedstoff i norsk sjømat overvåket og kartlagt gjennom en rekke undersøkelser og overvåkningsprogrammer. Konsumentene av kommersielt omsatt sjømat er godt beskyttet av regelverket, som setter grenseverdier for tungmetaller og organiske fremmedstoffer for at matvarer skal være lovlig å omsette. Når det derimot gjelder fisk og sjømat fangstet gjennom fritidsfiske til eget bruk, må fisker og konsument selv ta ansvaret for at maten er trygg. For å gi fritidsfiskerne et grunnlag for vurderinger, gir Mattilsynet kostadvarsler på sine internettsider dersom det blir vurdert slik at det er fare for at inntak av sjømat kan føre til risiko for helseskader. Alle advarslene er lagt ut på <http://www.matportalen.no/verktøy/advarsler/>.

Overvåknings og kartleggingsprogrammet «Forurensede havner og fjorder» har som formål å skaffe kunnskap om forurensende stoffer i fisk og sjømat som fangstes ved rekreasjonsfiske og til privat konsum langs Norges kyst og sikter seg inn mot områder med kjent eller potensiell forurensing.

## Oslofjorden

Oslofjorden er betegnelse på hav- og fjordområdet fra Færder fyr og nordover. Oslofjorden kan deles inn i Indre og Ytre Oslofjord. Indre Oslofjord går nordover fra Drøbaksundet og ca. 20 km til Oslos sentrale havneområde, før den svinger sørøstover, hvor den kalles Bunnefjorden. Fra Drøbak og sørover strekker Ytre Oslofjorden seg i ca. 50 km. Det bor rundt 1,6 millioner mennesker i kommunene som grenser til Oslofjorden, og dette fører med seg belastning både med hensyn på næringssalter og miljøgifter. Området er betydelig påvirket både av den tette befolkningen, trafikk, tilførsel av luftbårne forurensinger og av lokal industriell aktivitet, det siste spesielt fra tidligere tider. Det er naturlige vannterskler mellom Indre og Ytre Oslofjord, og mellom den vestlige og østlige delen av Indre Oslofjord. Disse er til hinder for vannutskifting. Derfor er Indre Oslofjord, og i enda større grad den østlige delen av



Indre Oslofjord, mer oksygenfattig enn åpent hav. Rekreasjonsfiske og friluftsliv er utbredt og det var derfor av interesse å skaffe mer data på miljøgifter i aktuelle sjømatarter fra Oslofjorden.

Det har pågått og pågår andre overvåkingsprogram i dette fjordområdet. Det årlige programmet som er en del av OSPAR-overvåkingen (i dag kalt MILKYS) har blant annet en stasjon i Oslofjorden og blir gjennomført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag fra Miljødirektoratet. En nylig fremlagt rapport (1) (<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M433/M433.pdf>) viste til en signifikant økende trend i kvikksølvkonsentrasjonen i torsk siden 1987. Men det ble presisert at dette gjelder bare hvis man ikke tar i betraktning størrelsen på fisken, og dersom denne faktoren ble vurdert var det ingen signifikant trend. Det er kjent at nivået av kvikksølv kan bli høyt i filet av magert fisk fra forurensede områder og øker med størrelsen på fisken. For torsken har vi derfor delt inn datasettet i representative størrelseskategorier, slik at man kan analysere sammenheng mellom kvikksølvnivå og størrelse på fisken i kombinasjon med innflytelsen av den geografiske beliggenheten.

Den undersøkte torsken er av typen kysttorsk, som lever veldig stasjonært. Videre har vi analysert makrell fra Indre Oslofjord, en innvandrende pelagisk fisk som er populær blant fritidsfiskere, og taskekrabbe fra Ytre Oslofjord. Denne er også vanlig brukt til privat konsum i dette området.

### **Eksisterende advarsler**

I dag har Indre Oslofjord advarsel mot å spise torsk for gravide, ammende og barn under fem år på grunn av kvikksølv over anbefalt nivå for disse gruppene. For Oslos indre havneområde er det advarsel mot å spise blåskjell på grunn av høye verdier av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). I tillegg er der en generell advarsel mot å spise lever av selvfangstet fisk i hele den norske skjærgården på grunn av høye nivå av dioksiner, furaner og dioksinlignende (dl-) PCB. For barn, gravide og ammende er der også en generell advarsel mot å spise brunmat av krabbe på grunn av høye nivå av dioksiner, furaner og dl-PCB og kadmium.

### **Fordeling av miljøgifter i sjømat**

Fettløselige organiske miljøgifter følger fett, og det er av stor relevans hvor fett blir lagret i ulike typer sjømat. Mager fisk som torsk har mindre enn 1% fett i fileten og alt lagringsfett blir lagret i leveren. Hos fet fisk blir fett lagret hovedsakelig i fileten og

**Table 1: Environmental toxicants with frequently high concentrations in seafood**

Type of seafood	Environmental toxicant
Lean fish filet, e.g. cod	Mercury
Fat fish filet, e.g. mackerel	Dioxin, Dioxin + dl-PCB, PCB <sub>6</sub> and chlorinated pesticides, e.g. DDT
Fish liver	Dioxin + dl-PCB, PCB <sub>6</sub>
Crab claw	Cadmium, mercury

fettnivået i fileten kan bli høyt. Fete fiskeslag vil derfor kunne ha høyere nivå av fettløselige organiske miljøgifter i fileten enn magre fiskeslag. Det er kun fileten som forventes å bli konsumert siden det er advarsel mot å spise fiskelever i hele skjærgården. Vi har likevel analysert samleprøver av leverne på fremmedstoff for å kunne bidra med datagrunnlag om forurensningstilstanden av fjorden. Skalldyr som taskekrabbe oppkonsentrerer mer tungmetall enn fisk. Dette gjelder spesielt kadmium som kan komme opp i nivå over grenseverdier. Vi har ut fra vår erfaring med ulike miljøgifter sett opp det som er hovedproblemstillinger i forhold til overskriding av grenseverdier (se **table 1**).

### **Grenseverdier og tolerabelt inntak**

Det er innført grenseverdier for fremmedstoff i sjømat. Grenseverdiene er oppført i det norske lovverket under «Forskrift om visse forurensede stoffer i næringsmidler» (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870?q=1881%2F2006>, se lenke til vedlegg helt nederst på internettsiden). De norske grenseverdiene er vanligvis lik EU sitt lovverk for mat, oppført i FOR-2015-07-03-870 og -874 og EU-forordning 1881/2006, henholdsvis. Det er forbudt å omsette produkt som inneholder nivå av fremmedstoff over grenseverdiene, for å beskytte forbrukerne. For å fastsette hvor mye av en stoff en matvare inneholder i gjennomsnittet eller median, velger man ofte å bruke LOQ (limit of quantification), den laveste konsentrasjonen som var kvantifiserbar, når prøver inngår i beregningen der det ikke var funnet konsentrasjoner over LOQ. Dette kalles for «upperbound» og brukes for å sikre at man ikke undervurderer belastningen. Lovfestede grenseverdier har stor relevans for omsetting, og det er grenseverdier på flere av de miljøgiftene som vi har undersøkt i denne studien (se **table 2**).

<b>Table 2: Maximum levels for environmental toxicants in seafood</b>					
	Unit	Fish filet	Mackerel filet <sup>1</sup>	Fish liver	Crab claw meat <sup>1</sup>
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,05	0,1	-	0,5
Mercury (Hg)		0,5	-	-	0,5
Lead (Pb)		0,3	-	-	0,5
Sum of dioxins and furans <sup>2</sup>	pg WHO-	3,5	-	-	3,5
Sum of dioxins, furans and dioxin-like PCBs <sup>2</sup>	TEQ/g w.w.	6,5	-	20	6,5
Sum of six indicator PCBs (ICES-PCB <sub>6</sub> ) <sup>2</sup>	ng/g w.w.	75	-	200	75

**Table 2. Maximum levels for environmental toxicants in seafood**, applying to the upperbound limit of quantification (LOQ) concentrations per wet weight (w.w.). Upperbound LOQ meaning concentrations <LOQ are given as =LOQ. The «upperbound LOQ» principle is commonly used for reporting environmental toxicants in food. The real, not quantifiable concentration will usually be lower, the upperbound value representing the estimated worst case. 1) Exceptions for some species or tissues with higher maximum levels. 2) «Upper bound» used to calculate the sum, where LOQ replaces results below LOQ. For dioxin and dl-PCB, the unit pg TEQ/g is used, where TEQ abbreviates toxic equivalent quotient.

Source: Forordning FOR-2015-07-03-870 og -74, «Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler» (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870?q=1881%2F2006>), which follows the latest consolidated version of the «commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02006R1881-20160401>).

Likevel er den langsiktige samlede belastningen av uønskede stoffer mer relevant med omsyn til fritidsfiske. Ut ifra studier av mengden av et stoff som en kan få i seg over et lang tidsrom uten skade har det blitt fastsatt tolerable inntaksgrenser (se **table 3**). Tolerable inntaksgrenser sier noe om hvor mye av et stoff en kan få i seg over et langt tidsrom uten skade. Verdiene er gitt på basis av dag, uke eller måned, men kan overskrides i et relativt kort tidsrom, for eksempel få uker, uten at man får følger på kort sikt. Enheter som er brukt er som regel **(P)TWI**, ((provisional) tolerable weekly intake) eller **PTMI** (provisional tolerable monthly intake når det gjelder mijøgifter og **ADI/(P)TDI** (acceptable daily intake/(provisional) tolerable daily intake) når det gjelder tilsetningsstoff. Konsumenter som spiser mye og ofte av enkelte typer mat som inneholder mye av et stoff kan overskride tolerable inntaksverdier på sikt, selv om de grenseverdier som gjelder for lovlig omsetning ikke er overskredne. JECFA og EFSA (CONTAM) og Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) har utarbeidd risikovurderinger for inntak. Tolerable inntaksgrenser er viktige når advarsel skal vurderes.

<b>Table 3: Guidance for tolerable intake</b>				
	Organization	Period	Per kg body weight	Person 70kg
Lead	EFSA. Withdrawn because of lack of NOEL.			
Cadmium (Cd)	EFSA (TWI)	Week	2,5 µg	0,18 mg
Mercury (Hg)	EFSA (TWI)	Week	4 µg	0,28 mg
Methylmercury	EFSA (TWI)	Week	1,3 µg	91 µg
Dioxin and PCB: Sum of PCDD/F + dl-PCB	EU Scientific Committee on Food (TWI)	Week	14 pg TEQ	0,98 ng TEQ
DDT-sum6	JMPR (PTDI)	Day	0,01 mg	0,7 mg
Aldrine + dieldrine	JMPR (PTDI)	Day	0,1 µg	7 µg
Chlordane, sum of three isomers	JMPR (PTDI)	Day	0,5 µg	35 µg
Endosulfan, sum of alfa-, beta- og -sulphate	JMPR (ADI)	Day	6 µg	0,42 mg
Lindane	JMPR (ADI)	Day	5 µg	0,35 mg
PFOS	EFSA (TDI)	Day	150 ng	10,5 µg
PFOA			1,5 µg	105 µg

**Table 3.** Investigations about the amount of a substance a person can ingest over a long period, **tolerable intake amounts of toxic substances** have been recommended. The amounts, the respective time period and organizations of origin of the recommendations are given in this table. Note that these amounts can be exceeded for shorter periods without acute harm. Sources: EFSA <http://www.efsa.europa.eu>, JMPR 1994 [1]; JMPR 2002 [2]; EU pesticide database, [3].

## VALG AV SJØMATARTER

Artene torsk, makrell og taskekrabbe ble valgt til dette studiet fordi de er blant de mest fiskede artene i fritidsfiske og er forventet å oppkonsentrere forskjellige typer uønskede stoffer (se **table 1**).

Bestanden av **torsk** (*Gadus morhua*; Linnaeus, 1758) i Oslofjorden har mer lokalt oppholdssted og er mindre (sjeldent over 20 kg og 1 m) enn den bestanden som ferder i åpent hav i Nordsjøen eller Barentshavet. Kysttorsken spiser krepsdyr, skjell og fisk og har mager filet. Det finnes ikke fangstkvote og sikre fangsttall på kysttorsk sør for 62° N, men minstemålet er blitt økt fra 30 cm til 40 cm. Dette gjelder også fritidsfisket ([www.imr.no](http://www.imr.no)). Vi har i prosjektet fanget torsk utenom gytesesongen (januar-mars), fordi torsken under gyting har mer varierende konsentrasjonene av miljøgifter.

**Makrell** (*Scomber scombrus*; Linnaeus, 1758) er en pelagisk stimfisk som under næringsvandring kan forflytte seg strekninger på flere 1000 km. Den går ofte nær overflaten og med havstrømmer, og den må spise mye, plankton og småfisk, siden den ikke har svømmeblære og derfor må bevege seg hele tiden for å ikke synke. Den holder seg normalt til vann på over 6 °C (2). Makrell i Nordsjøen og Skagerrak gyter i mars-juli. Den er vanligvis under ett kilo og har fet filet, spesielt om høsten da den kan nå opp i 30% fett. Den norske kvoten i 2016 er 202 217 tonn ([www.imr.no](http://www.imr.no)).

**Taskekrabbe** (*Cancer pagurus*; Linnaeus, 1758) er biologisk en tiftokrebs som forekommer i salt vann fra Spania til Nord-Norge og som unngår brakkevann. Den skifter oppholdssted med sesongen. Om vinteren trekker den til dypere og varmere vann nedenfor 30-50 m, mens den vandrer opp om sommeren. Hunnkrabber kan vandre lengre strekninger. Hunnkrabben spiser ikke mens eggene utvikler seg. Krabben blir kjønnsmoden etter ca. sju år og gytetiden er om høsten. Krabben beiter på forskjellige bunndyr og har magert klokjøtt og fettrik brunmat. Denne er en blanding av gonader (rogn) og hepatopankreas (fordøyelseskjertel). Det er ikke kvote på taskekrabbe i Norge og det fiskes kommersielt om lag 5 000 tonn med krabbe i Norge per år. Minstemålet er generelt 13 cm skallbredde, men 11 cm fra Rogaland til svenskegrensen ([www.imr.no](http://www.imr.no)).

## PRØVEINNSAMLING

Stasjonene har blitt valgt for å dekke hele lengden på fjorden på omtrent like intervaller med en avstand på flere km og på begge sider av terskler. På denne måten kan stasjonene reflektere lokale tilstander. I tillegg ble det tatt i betraktning lokaliseringen av tidligere undersøkelser og forventede forurensningskilder som bykjernen av Oslo. Det ble fanget torsk og makrell fra Indre Oslofjord mellom 59°41'N og 59°54'N, mens krabbe ble fanget lenger sør mellom 59°05'N og 59°31'N. Fangstkoordinater og stedsnavn er listet i **table 4** og **5**. Fiskene ble sendt frossen av fiskerne til NIFES.

### Fangstområder av torsk fra Indre Oslofjord

Fra oktober til desember 2015 ble innenfor hver av fem områder (se **figure 1**, rosa områder A1 – A5) fanget 20 torsk, totalt 100 torsk. Redskap var mest ruser, men også garn ved stasjon A1, og 3 fisk på sluk ved stasjon A4, på en dybde på en til 15 meter.

### Fangstområder av makrell fra Indre Oslofjord

I august 2014 ble ved hver av fem stasjoner (se **figure 1**, gule stjerner B1 – B5) fanget 30 makrell, totalt 150 makrell. Redskapet var dorg, på en dybde på to til syv meter.

Table 4			Table 5		
Catch coordinates for sampled cod			Catch coordinates for sampled mackerel		
Position	Co-ordinates	Name	Position	Co-ordinates	Name
A1	59°40'N 10°35'E	Utgangen til Ytre Oslofjord	B1	59°40'N 10°35'E	Bergholmen
A2	59°49'N 10°31'E	Bjerkøya	B2	59°49'N 10°31'E	Bjerkøya
A3	59°53'N 10°39'E	Østøya	B3	59°53'N 10°39'E	Fornebu/ Lysakerfjorden
A4	59°52'N 10°45'E	Bygdøyneset	B4	59°52'N 10°45'E	Ulvøya, Nesoddtangen
A5	59°49'N 10°43'E	Ingierstrand	B5	59°49'N 10°43'E	Bunnefjorden/Nesoddtangen
Table 4: Catch positions for cod in this study: compare to <b>Figure 1</b> .			Table 5: Catch positions for mackerel in this study: compare to <b>Figure 1</b> .		

Figure 1

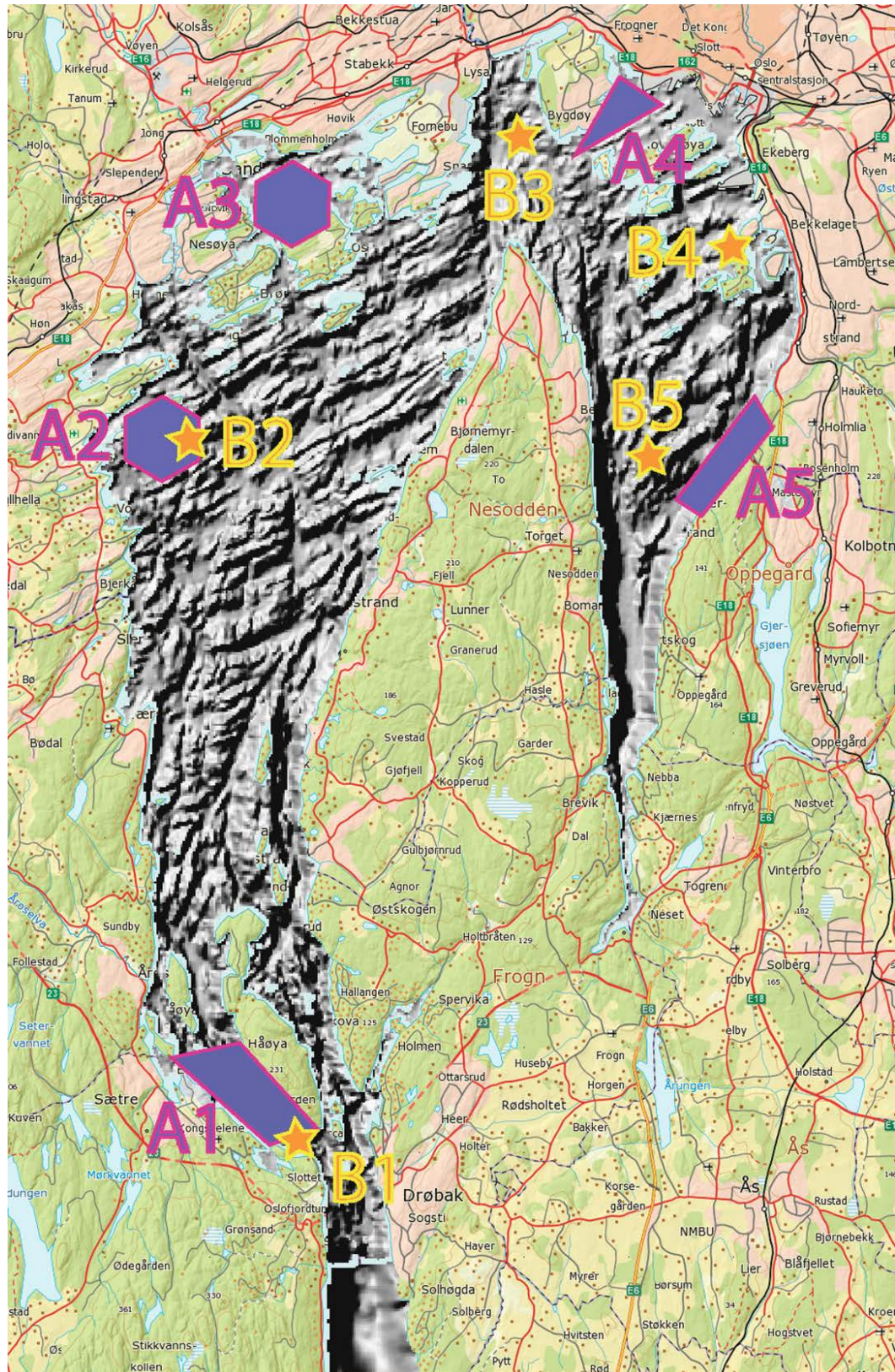


Figure 1: Map Inner Oslofjord, source: mareano.no. Catch positions cod: pink-violet fields, numbered A1-A5; mackerel: yellow stars, numbered B1-B5; from outer to inner fjord, compare to tables 4 and 5.

### Fangstområder av taskekrabbe fra Ytre Oslofjord

I Indre Oslofjorden er det liten forekomst av krabber. Derfor ble krabbene kun fanget i Ytre Oslofjord, med god geografisk spredning mellom ca. 59°05'N til 59°31'N, i september og oktober 2013. Fangstredskapet var teiner, men også garn på stasjonene C3 og C4 på en dybde på 15 til 40 meter. Fangstkoordinater og stedsnavn er listet i **table 6**. På hver stasjon ble fem taskekrabber fanget, ved totalt elleve stasjoner (se **figure 2**, gule stjerner C1 - C11), til sammen 55 krabber. Krabbene ble frosset ned og sendt frossen av fiskeren til NIFES.

<b>Table 6: Catch coordinates for sampled crabs</b>		
<b>Position</b>	<b>Co-ordinates</b>	<b>Name</b>
<b>C1</b>	59°31'N 10°19'E	Killingholmen
<b>C2</b>	59°30'N 10°30'E	Outer Oslofjord, middle North
<b>C3</b>	59°28'N 10°22'E	Ruseberget, Holmestrand
<b>C4</b>	59°26'N 10°30'E	Vealøs flaket Øst, Indre havn Horten
<b>C5</b>	59°23'N 10°38'E	Moss
<b>C6</b>	59°19'N 10°38'E	Larkollen
<b>C7</b>	59°13'N 10°43'E	Rauer
<b>C8</b>	59°11'N 10°32'E	Nøtterøy
<b>C9</b>	59°10'N 10°49'E	Fredrikstad
<b>C10</b>	59°07'N 10°54'E	Hvaler
<b>C11</b>	59°05'N 10°30'E	Tjøme

**Table 6: Catch positions for crab** in this study: compare to **Figure 2**.



Figure 2

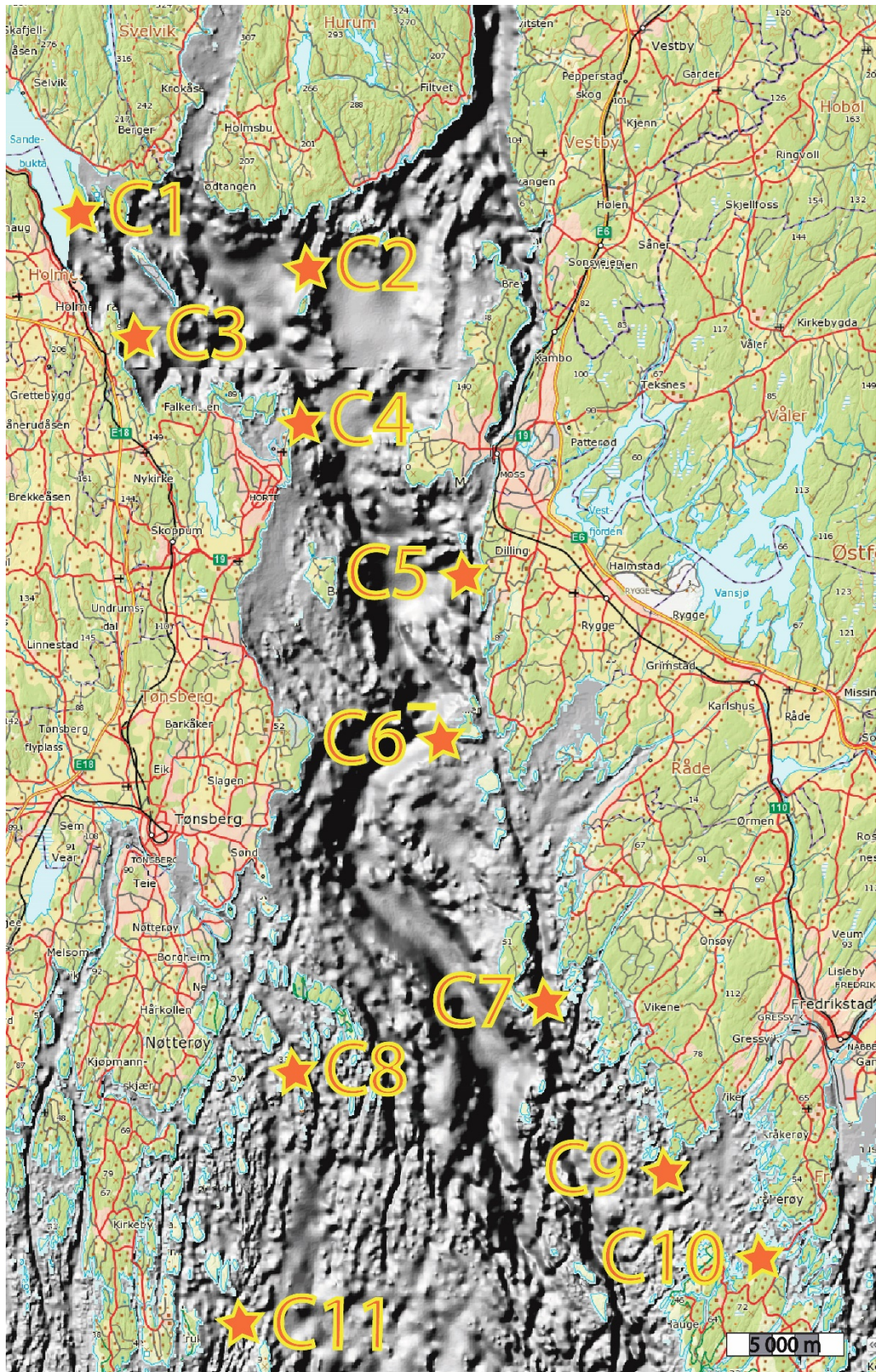


Figure 2: Map Outer Oslofjord, source: mareano.no. Catch positions for crab in this study: Stars, numbered A1-A11 from North to South, compare to table 6.

## **OPPARBEIDING**

Ved prøvemottaket til NIFES ble rund fisk tint, og lengden, vekten og kjønn bestemt. Fra hver fisk ble det tatt ut en filetprøve på ca. 200 g fra oversiden av fisken. Fileten av begge fiskearter ble homogenisert i en foodprocessor og frysetørket for hver enkelt fisk for seg.

### **Opparbeiding torsk**

Individuelle frysetørkede prøver av torskefilet ble sendt til analyse av arsen, bly, kadmium og kvikksølv. For tre samleprøver av torskelever per stasjon ble lik mengde av alle fisk fra en vektklasse på hver stasjon (<700 g, 700g – 1,3 kg, >1,3 kg) homogenisert sammen i en foodprocessor og sendt til analyse av fettandel, dioksiner, furaner, PCBer og bromerte flammehemmere PBDEer, pesticider og PAH. Våte prøver av alle filetprøver og av alle leverprøver per stasjon av torsk ble slått sammen til samleprøver og sendt til analyse av PFAS.

### **Opparbeiding makrell**

Av makrellfiletene ble seks samleprøver av tilfeldige fem fisk innenfor stasjonene slått sammen og sendt til analyse av grunnstoffer, fettandel, dioksiner, furaner, PCBer og bromerte flammehemmere PBDEer og pesticider.

### **Opparbeiding taskekrabbe**

Ved prøvemottaket til NIFES ble bredden på ryggskjoldet, vekten og kjønn bestemt. Krabbene ble kokt helt. Klokjøttet ble tatt ut, homogenisert og frysetørket. Krabbeskjellet (carapax) ble tint og deretter åpnet, og gjellene og paven ble fjernet. Brunmaten ble tatt ut, frysetørket og deretter homogenisert. Individuelle prøver av klokjøtt og brunmat ble sendt til analyse av elementer, og samleprøver av alle de fem prøvene per stasjon av både klokjøtt og brunmat ble sendt til analyse av totalt fett, dioksiner, furaner, PCBer og flammehemmere av gruppen PBDEer.

## KOMMENTERTE RESULTATER

### Overordnet vurdering av sjømat fra Oslofjorden og artssammenligning

For torskefilet presenterer vi gjennomsnittet av 100 enkeltprøver, for torskelever gjennomsnittet av 15 samleprøver, for makrellfilet gjennomsnittet av 30 samleprøver, og for krabbeklokjøtt og brunmat gjennomsnittet av 55 enkeltprøver. Alle resultater i hele dokumentet er basert på våtvekt, summer er gitt som upperbound og det er gitt gjennomsnitt ± standardavvik (min; maks) i teksten, om ikke opplyst annerledes. TE 2005 er brukt for toksisitetsberegning av dioksiner og dl-PCB. For utfyllende innføring om giftstoffene se ordforklaring i enden av denne rapporten.

### Uønskede grunnstoff

#### Arsen

Konsentrasjonene av arsen i krabbeklokjøtt var  $33 \pm 17$  (6; 86) mg/kg og i krabbebrunmat  $22 \pm 11$  (0,4; 45) mg/kg (se også **table 7**). Dette er mye høyere enn konsentrasjonene for torskefilet med  $2,0 \pm 4,6$  (0,4; 11) mg/kg og makrellfilet med  $1,6 \pm 0,2$  (1,2; 1,9) mg/kg arsen.

#### Bly

Bly var i de undersøkte prøvene høyest i krabbebrunmat med  $0,05 \pm 0,04$  (0,01; 0,17)

Figure 3

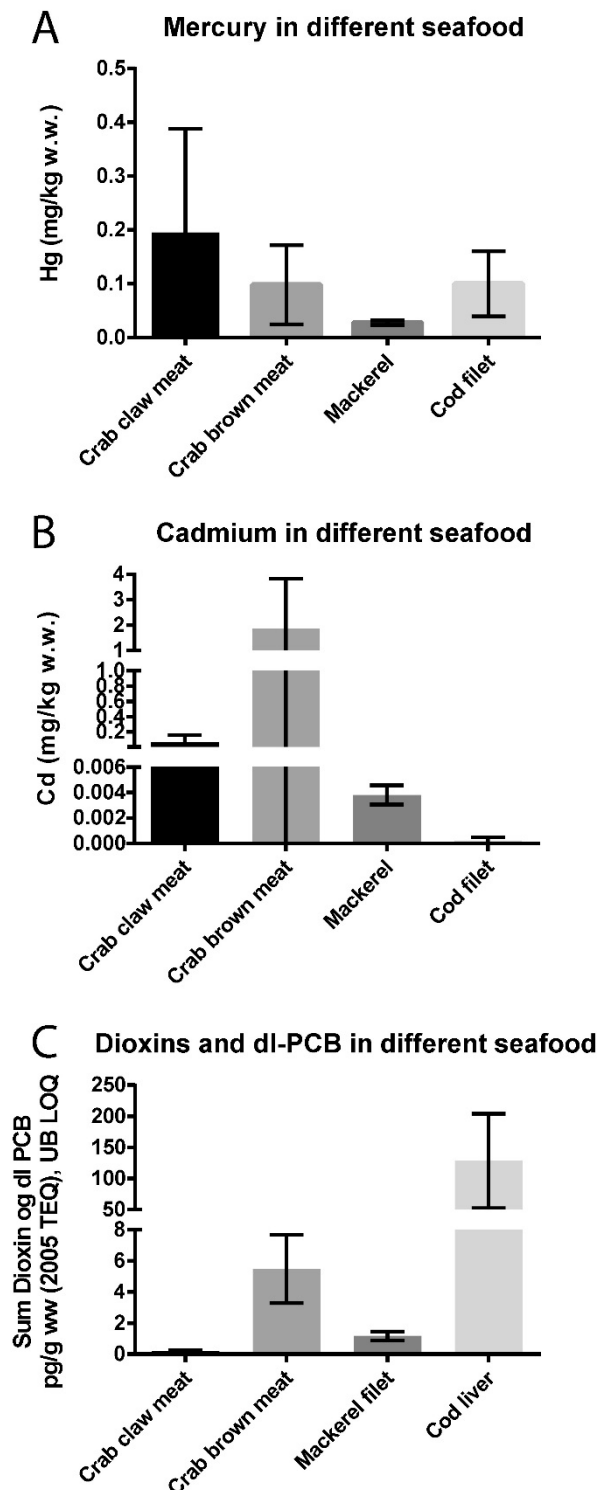


Figure 3: Bars show the average over all analyses of the indicated seafood of the entire project presented in this report. Bars: Average concentration per wet weight (w.w.); error bars: 95% confidence interval.

**Table 7: Arsenic, cadmium and lead in different species**

Species Tissue	N Individuals /samples	As (mg/kg w.w.) Mean ± SD (median) min-max, % <LOQ	Cd (mg/kg w.w.) Mean ± SD (median) min-max, % <LOQ	Pb (mg/kg w.w.) Mean (median) min-max, % <LOQ
<b>Cod</b> Filet	100/100	2.0 ±1.8 (1.42) 0.4– 11, 100%	0.001 ±0.0002 (0.001) 0.001 – 0.002, 2%	0.007 ±0.005 (0.005) 0.004 – 0.03, 22%
<b>Mackerel</b> Filet	150/30	1.6 ±0.2 (1.59) 1.2 – 1.9, 100%	0.004 ±0.001 (0.004) 0.003 – 0.006, 43%	0.02 ± 0 (0.02) 0.02 – 0.02 0%
<b>Brown crab</b> Claw meat	55/55	33 ±17 (31) 5.7 – 86, 100%	0.07 ±0.1 (0.031) 0.003 – 0.7, 100%	0.01 ±0.004 (0.008) 0.004 – 0.02, 80%
Brown meat	55/55	22 ±11 (23) 0.4 – 45, 100%	1.85 ±1.82 (1.19) 0.003 – 9.07, 100%	0.05 ±0.04 (0.05) 0.01 – 0.17, 98%

**Table 7. Overview over concentrations of the elements arsenic, cadmium and lead in the different species and tissues.** For each element and species, mean values, standard deviation (SD), median, minimum, maximum and percentage of measured concentrations above the level of quantification (LOQ) are given. Cod filet and brown crab claw meat and brown meat were analyzed in individual samples. Mackerel filets were analyzed in pooled samples of five individuals.

**Table 8: Mercury in different species**

Species Tissue	Species (latin)	N Individuals /samples	Hg (mg/kg w.w.) Mean ± SD (median)	Min - Max	> Maximum level
<b>Cod</b> Filet	<i>Gadus morhua</i>	100/100	0.10 ±0.06 (0.09)	0.03 – 0.31	0 %
<b>Mackerel</b> Filet	<i>Scomber scombrus</i>	150/30	0.03 ±0.004 (0.03)	0.02 – 0.04	0 %
<b>Brown crab</b> Claw meat	<i>Cancer pagurus</i>	55/55	0.20 ±0.19 (0.12)	0.03 - 0.74	9.1 %
Brown meat		55/55	0.10 ±0.07 (0.07)	0.01 – 0.33	N.A.

**Table 8. Overview of concentrations of mercury in the different species and tissues.** Overall means ± standard deviations (SD), minimum and maximum values are given per species and tissue. Cod filet and brown crab claw meat and brown meat were analyzed in individual samples. Mackerel filets were analyzed in pooled samples of five individuals. The fraction in percent exceeding the EU and Norway maximum level for mercury (0.5 mg/kg w.w.) is given per species to the tissues where it applies. N, number; N.A., not applicable.

mg/kg (se også **table 7**). Denne verdien er lavere enn den laveste grenseverdien på sjømat, som er satt for fiskefilet. Klokjøtt, makrellfilet og torskefilet hadde enda lavere konsentrasjoner og var dermed under 1/10 del av grenseverdien.

### *Kadmium*

For kadmium fant vi de høyeste verdier i krabbebrunmat med  $1,85 \pm 1,82$  (0,003; 9,07) mg/kg (se også **table 7**). Krabbeklokjøtt inneholdt  $0,07 \pm 0,1$  (0,003; 0,7), makrellfilet  $0,004 \pm 0,001$  (0,003; 0,006) og torskefilet  $0,001 \pm 0,0002$  (0,001; 0,002) mg/kg kadmium (se også **table 7**). Alle var i gjennomsnittet godt under sin grenseverdi (se **table 2**). Én av 55 krabber hadde en kadmiumkonsentrasjon over grenseverdien på 0,5 mg/kg i klokjøtt. For sammenligning mellom de forskjellige typene sjømat se **figure 3B**.

### *Kvikksølv*

Fem av 55 krabber hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg i klokjøtt. Kvikksølvkonsentrasjonen var i gjennomsnitt høyest i krabbeklokjøtt med  $0,20 \pm 0,19$  (0,03; 0,74) mg/kg (se **table 2 og 8**). Krabbebrunmat med  $0,10 \pm 0,07$  (0,01; 0,33) mg/kg og torskefilet med  $0,10 \pm 0,06$  (0,03; 0,31) mg/kg kvikksølv hadde omtrent lik gjennomsnitt, mens makrellfilet hadde lavere gjennomsnitt på  $0,03 \pm 0,0004$  (0,02; 0,04) mg/kg (se også **table 8**). For sammenligning mellom de forskjellige typene sjømat, se **figure 3A**.

## **Organiske miljøgifter**

### *Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB*

Summen av dioksiner, furaner og dl-PCB var høyest for torskelever med  $128 \pm 73$  (51; 301) ng TE/kg (se **table 9**), over seks ganger grenseverdien på 20 ng TE/kg. Krabbebrunmat hadde et nivå på  $5,5 \pm 2,1$  (2,8; 8,2) ng TE/kg. Krabbeklokjøtt hadde et gjennomsnittsnivå og maksimalnivå i samleprøve godt under grenseverdien på 6,5 ng TE/kg, ved  $0,2 \pm 0,06$  (0,1; 0,3) ng TE/kg. Makrellfilet hadde noe høyere nivå, men også langt under grenseverdien,  $1,2 \pm 0,3$  (0,6; 1,8) ng TE/kg (se **table 9**). Det var forventet at organiske miljøgifter vil være lavere i magre vev som klokjøtt enn i vev med enn viss andel fett som makrellfilet og spesielt den fete

torskeleveren, fordi disse miljøgiftene er lipofile og følger dermed fettene. For sammenligning mellom de forskjellige typene sjømat se **figure 3C**.

### *PCB<sub>6</sub>*

PCB<sub>6</sub> konsentrasjoner var desidert høyest i torskelever med  $2200 \pm 1550$  (770; 5390) ng/g (se **table 9**), i gjennomsnittet mer enn ti ganger grenseverdien på 200 ng/g. Vi har ikke undersøkt fileten på PCB<sub>6</sub> men antar ikke at torskefileten vil ha høye PCB konsentrasjoner siden det ikke var funnet høye konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB i filet av torsk selv om det var veldig høye konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB i lever. Gjennomsnittsverdiene i alle andre undersøkte prøver var langt under sin grenseverdi på 75 ng/g. Makrellfilet hadde konsentrasjoner på  $11 \pm 3$  (5; 18) ng/g. Av taskekrabbe hadde klokjøttet konsentrasjoner på  $1,1 \pm 0,7$  (0,4; 2,6) ng/g, og brunmaten på  $51 \pm 45$  (13; 142) ng/g (se **table 9**). De to høyeste målte verdiene i brunmat var 142 ng/g og 135 ng/g, fra stasjonene A3 og A4 i den nordlige Ytre Oslofjorden.

### *Bromerte flammehemmere*

Vi analyserte ti PBDE kongenere i dette materialet, men rapporterer her kun summen av de syv vanligste vi finner i sjømat (se metode). Gjennomsnittskonsentrasjonen i torskelever var  $20 \pm 11$  (9; 59) ng/g. I krabbebrunmat fant vi  $0,8 \pm 0,8$  (0,2; 2,8) ng/g, og i krabbeklokjøtt  $0,04 \pm 0,01$  (0,03; 0,07) ng/g og av makrellfilet  $0,7 \pm 0,2$  (0,4; 1,3) ng/g. I torskelever ble det også målt  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HBCD. Det var nesten ikke noe funn av  $\beta$ - og  $\gamma$ -formen. Summen av  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HBCD var på  $3,5 \pm 2,3$  (1,3; 9,5) ng/g. Se også **table 9**.

### *Pesticider*

Både makrellfilet og torskelever har blitt analysert for pesticider. I materialet er det brukt to ulike metoder med ulike LOQ. Makrellfilet ble undersøkt med en metode med lavere LOQ enn den som ble brukt for torskelever. Det ble ikke funnet endosulfaner. Chlordaner ble funnet i én torskelever, sum  $5,3 \pm 2,5$  (2,4; 13,2) ng/g og i alle makrellfilet, sum i gjennomsnitt  $0,5 \pm 0,1$  (0,3; 1) ng/g. Vektet sum av DDTer var høyest i torskelever med en maksimal konsentrasjon på 354  $\mu$ g/kg. Dieldrin ligger for torskelever ved  $17 \pm 4$  (10; 25) ng/g. Se også **table 11** og **14**.

**Table 9: Fat content, sum dioxins and furans, sum dl-PCBs, sum dioxins, furans and dl-PCBs, PCB6, PBDE7 and sum HBCD in the different studied species**

<b>Mean ± SD (Median) Min-max</b>	<b>N Individuals Samples</b>	<b>Fat content g/100 g</b>	<b>Sum dioxins and furans ng TEQ/kg w.w.</b>	<b>Sum dl- PCBs ng TEQ /kg w.w.</b>	<b>Dioxins and furans and dl- PCB ng TEQ /kg w.w.</b>	<b>PCB6 ng/g</b>	<b>PBDE7 ng/g</b>	<b>Sum HBCD ng/g</b>
<b>EU and Norway's maximum level Filet / Claw meat Liver</b>			3.5 -		6.5 20	75 200		
<b>Cod liver</b>	20 3	40 ±7 (40) 29 – 50	5,7 ±2,8 (4,4) 3,3 – 14,2	123 ±71 (102) 47 – 287	128 ±73 (106) 51 – 301	2200 ±1550 (1400) 770 – 5390	20 ±11 (18) 9 – 59	3,5 ±2,3 (2,9) 1,3 – 9,5
<b>Mackerel filet</b>	30 6	17 ±3 (17) 12 – 22	0,4 ±0,1 (0,4) 0,2 – 0,7	0,8 ±0,2 (0,8) 0,4 – 1,3	1,2 ±0,3 (1,2) 0,6 – 1,8	11 ±3 (11) 5 – 18	0.7 ±0.2 (0.6) 0.4 – 1.3	-
<b>Crab claw meat</b>	55 11	-	0,14 ±0,04 (0,14) 0,1 – 0,21	0,05 ±0,03 (0,05) 0,02 – 0,1	0,2 ±0,1 (0,2) 0,1 – 0,3	1,1 ±0,7 (0,9) 0,4 – 2,6	0.04 ±0.01 (0.03) 0.03 – 0.07	-
<b>Crab brown meat</b>	55 11	9.8 ±3.2 (8.9) 5.2 – 15	2,9 ±1,2 (2,6) 1,3 – 5,2	2,6 ±1 (2) 1,2 – 4,4	5,5 ±2,1 (4,5) 2,8 – 8,2	51 ±45 (23) 13 – 142	0.8 ±0.8 (0.3) 0.2 – 2.8	-

**Table 9: Overview over fat contents (g/100 g) and concentrations (ng TEQ/kg ww) of the sum of dioxins and furans (PCDD/F), the sum of dioxin-like PCBs (dl-PCBs) and the sum of dioxins, furans and dl-PCBs, and concentrations (ng/g) of PCB6 (se metode), PBDE7 (se metode) and  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$ -HBCD in different species and tissues. Number of individuals and pooled samples (N), mean, standard deviation, median, minimum and maximum values are given.**

## *PFAS*

PFAS ble undersøkt i samleprøver av torsk av hele stasjoner. Bare PFOS med  $5,14 \pm 0,42$  (4,72; 5,56) ng/g og PFOSA med  $5,59 \pm 1,61$  (3,67; 8,27) ng/g ble funnet i nivå over kvantifiseringsgrensen. Flere analytter var undersøkt (se metoder), men ingen hadde konsentrasjoner over LOQ.

## *PAH*

En rekke PAH-forbindelser (se metode) ble undersøkt i noen få stikkprøver av torsklever. Det var kun funn av chrysene i konsentrasjoner over LOQ, og dette på veldig lavt nivå, som resulterer i en lowerbound PAH4 sum på 0,16 µg/kg.



## Analyse av uønskede stoffer i geografisk perspektiv etter art

### Torsk

#### Fysiologiske parameter av torsk

Lengde, vekt, kjønn og levervekt ble registrert for alle individer (se **supplementary table 1**). Fettinnholdet for torskelever ble bestemt i tre vektsorterte samleprøver per stasjon. Torskens vekt var på  $936 \pm 652$  (239; 3660), med en levervekt på  $21 \pm 21$  (3; 147), der leveren hadde et fettinnhold på  $40 \pm 7$  (29; 50) %. Gjennomsnittet og spredningen var større i den ytterste stasjonen A1 (se **figure 4**), men forskjellen var ikke signifikant. Der var ikke signifikante forskjell på fysiologiske parametere i forhold til kjønn.

#### Uønskede grunnstoff i torsk

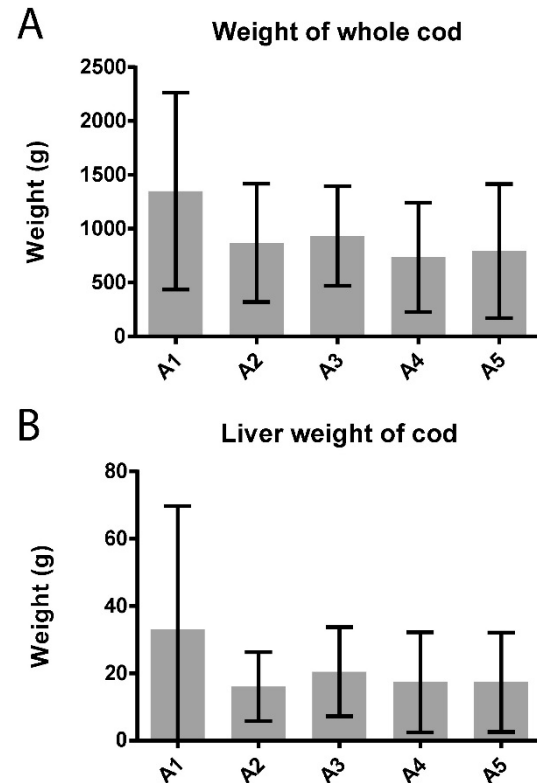
Grunnstoffene ble målt i 20 individuelle prøver per stasjon, til sammen 100 prøver.

For **arsen**konsentrasjonene i torsk er det kun stasjon A1, ved utgangen av Indre Oslofjord til Ytre

Oslofjord, som skiller seg ut med høyere verdier (se **figure 5A**). Denne forskjellen er signifikant til stasjonene A3 ( $p > 0,0000001$ ) og A4 ( $p > 0,0001$ ). De noe høyere verdiene ved den ytterste stasjonen ved A4 mg/kg ligger også nærmere gjennomsnittet for torsk fra Nordsjøen i vår tidligere basisundersøkelse, som var  $5 \pm 5,6$  mg/kg, og filet fra Nordøstarktisk torsk inneholdt gjennomsnittlig  $9,3 \pm 16$  mg/kg arsen (se(3)). Siden arsen ikke akkumulerer over veldig lang tid, kan variasjonen i konsentrasjonen være forårsaket av forskjellige matkilder for torsken. Totalgjennomsnittet i torskefilet var  $2 \pm 1,8$  (0,4; 10,8) mg/kg og for makrellfilet  $1,6 \pm 0,2$  (1,2; 1,9).

**Kadmium og bly** fantes kun i veldig lave konsentrasjoner i filetene, rundt 1/100 del av grenseverdien med en maksimumsverdi på 0,002 mg/kg (se **figure 5B**).

**Figure 4**



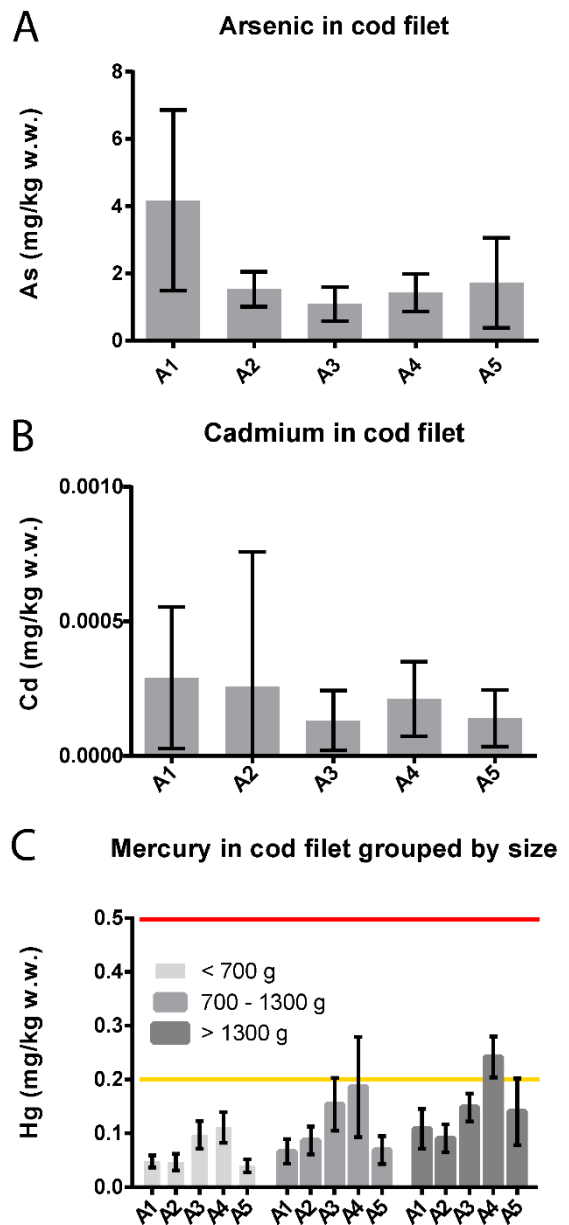
**Figure 4: Weight and liver weight of cod.** Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station.

Henholdsvis 13 og 2 verdier var over LOQ. Blykonsentrasjonene var rundt 1/15 del av grenseverdien på 0,3 mg/kg. 27 av 100 prøver var over LOQ på 0,005-0,006 mg/kg, gjennomsnittet på 0,007 mg/kg, og høyest konsentrasjon var 0,03 mg/kg.

Det er mulig at det finnes noe høyere verdier av kadmium og bly i torskelerver, men dette ble ikke målt fordi organiske miljøgifter ble prioritert da det er grenseverdi for disse (se neste kapittel).

**Kvikksølv** i torskefilet hadde konsentrasjoner rundt 1/5 del av grenseverdien (se **figure 5C**), med et totalt gjennomsnitt på  $0,01 \pm 0,06$  (0,03; 0,31) mg/kg. Ingen av filetene hadde konsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg. Høyeste funn på 0,31 mg/kg var i en torskefilet fra stasjon A4. Kvikksølv over 0,2 mg/kg, konsentrasjonen der Mattilsynet har før valgt å advare for sårbare grupper, ble funnet i 7 av 100 fisk, hvorav fem på stasjon A4, en på stasjon A3 og en på stasjon A5. Likevel var ingen av stasjonsgjennomsnittene over 0,2 mg/kg kvikksølv (se **table 10**). Den ene fisken over 0,2 mg/kg kvikksølv på stasjon A5 var spesielt stor i forhold til andre fisk i dette datasettet: 67cm og 2990 g. På den mest belastete stasjonen, A4, hadde fire av fem av torskene over 1 kg over 0,2 mg/kg kvikksølv, men kun 7% av torskene under 1 kg. Vurderer man kun torsk over minstemålet på 40 cm men under 1 kg, så er på stasjon A4 to av seks torsk over 0,2 mg/kg kvikksølv (gjennomsnitt  $0,16 \pm 0,05$  mg/kg), mens på alle andre stasjoner til sammen (gjennomsnitt  $0,09 \pm 0,05$  mg/kg) er det kun en torsk av 24 over 0,2 mg/kg, på stasjon A3 (gjennomsnitt  $0,17 \pm 0,08$  mg/kg). Deler man fisken i vektklasser <700 g,

**Figure 5**



**Figure 5: Undesired elements in cod filelet.**

Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level. Yellow line: Level where the Norwegian Food Safety Authority often chooses to warn consumers.

<b>Table 10: Hg (mg/kg w.w.) in cod filet</b>								
Sampling area Weight groups	N	Mean	SD	Min	Max	Median	>0.5 (%)	>0.2 (%)
<b>A1 Exit to Outer Oslofjord</b>	20	0.08	0.04	0.03	0.16	0.07	0	0
<700	5	0.05	0.01	0.03	0.06	0.05	0	0
700-1300	6	0.07	0.02	0.03	0.10	0.07	0	0
>1300	9	0.11	0.04	0.06	0.16	0.11	0	0
<b>A2 Bjerkøya</b>	20	0.06	0.03	0.03	0.12	0.06	0	0
<700	11	0.05	0.02	0.03	0.09	0.04	0	0
700-1300	5	0.09	0.02	0.06	0.12	0.09	0	0
>1300	4	0.09	0.03	0.07	0.12	0.09	0	0
<b>A3 Østøya</b>	20	0.14	0.05	0.07	0.24	0.13	0	5
<700	6	0.10	0.03	0.07	0.13	0.09	0	0
700-1300	11	0.15	0.05	0.09	0.24	0.16	0	9
>1300	3	0.15	0.03	0.13	0.18	0.13	0	0
<b>A4 Bygdøyneset</b>	20	0.15	0.07	0.06	0.31	0.13	0	25
<700	12	0.11	0.03	0.06	0.15	0.11	0	0
700-1300	5	0.19	0.09	0.06	0.31	0.20	0	40
>1300	3	0.24	0.04	0.20	0.28	0.25	0	100
<b>A5 Ingierstrand</b>	20	0.07	0.05	0.03	0.22	0.05	0	5
<700	11	0.04	0.01	0.03	0.06	0.03	0	0
700-1300	5	0.07	0.03	0.05	0.11	0.06	0	0
>1300	4	0.14	0.06	0.07	0.22	0.14	0	25

**Table 10. Mercury concentrations in cod (*Gadus morhua*)** from each of the sampling stations, given as number of samples (N) means, standard deviations (SD), minimum, maximum and median values. Fraction of the samples with Hg > maximum level of 0.5 mg/kg w.w. (%), and over 0.2mg/kg w.w. (%) is also given.

700-1300 g og >1300 g, ser man tydelig sammenheng av kvikksølvkonsentrasjon og vekt (se **table 10** og **figure 5C**). Av gjennomsnittene av vektsorterte grupper var bare den av den høyeste vektklassen av stasjon A4 over 0,2 mg/kg kvikksølv (se **table 10** og **figure 5C**). For fisk over 700 g var det signifikant forskjell i kvikksølvkonsentrasjonen, men ikke i vekt, mellom stasjon A4 og A3 og mellom stasjon A4 og A5 (p 0,05, t-test). Innenfor stasjon A4 hadde høyest og mellomst vektklasse signifikant forskjellige konsentrasjoner av Hg fra laveste vektklasse (p 0.05, t-test). Det er altså forskjell på kvikksølvkonsentrasjoner i forhold til vektklassene og områdene, der konsentrasjonene er høyere i den nordlige delen av Indre Oslofjord og i større fisk.

### Organiske miljøgifter i torsk

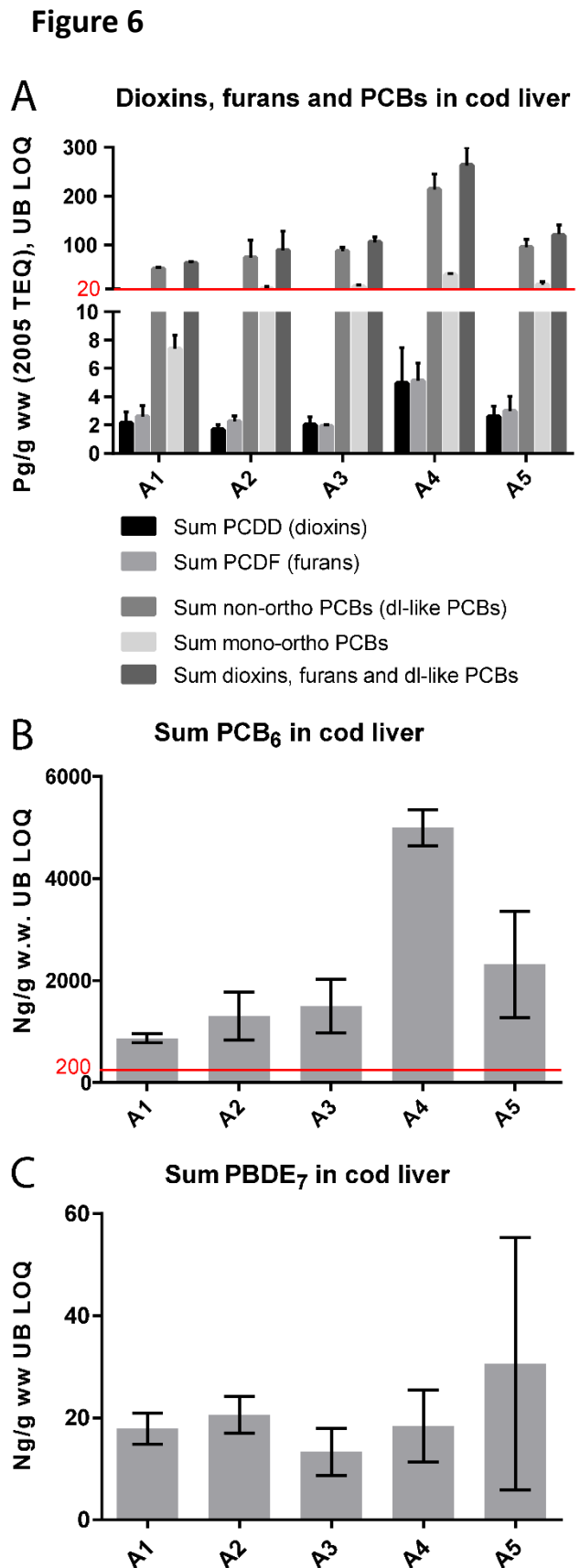
For organiske miljøgifter har vi analysert tre samleprøver av leverne per stasjon, sortert etter vekten på hele fisken: <700 g, 700-1300 g og >1300 g.

For **dioksiner, furaner og dl-PCB** hadde **torskeleverne** opptil 15 ganger høyere konsentrasjoner enn grenseverdien på 20 ng TE/kg, med en totalgjennomsnitt på  $130 \pm 73$  (51; 300) ng TE/kg, (se **figure 6A**). Stasjonen A4 hadde de høyeste verdiene med (300, 230 og 260 ng TE/kg for henholdsvis <700 g, 701-1300 g og >1300 g). Der var ingen tydelig korrelasjon mellom fiskestørrelse og konsentrasjon av dioksiner, furaner og dl-PCB.

**PCB<sub>6</sub>** konsentrasjonen var også høyest ved stasjon A4 med gjennomsnittlig  $5000 \pm 290$  (4700; 5400) ng/g (se også **figure 6B**). Torskeleveren overskred sin grenseverdi på 200 ng/g med ca. fem ganger i den vestlige delen av Indre Oslofjord, og med opp til over 25 ganger i Bunnefjorden, med en totalgjennomsnitt på  $2200 \pm 1550$  (770; 5390) ng/g. Der var ingen tydelig korrelasjon mellom fiskestørrelse og PCB<sub>6</sub>.

Høyest konsentrasjonen for dioksiner, furaner og PCBer var ved Oslos bykjerne, stasjon A4, etterfulgt av den innerste stasjonen, A5, og lavest ved den ytterste stasjonen, A1, selv om torsken var størst der.

**PBDE<sub>7</sub>** konsentrasjonen i torskelever hadde en totalgjennomsnitt på  $20 \pm 11$  (9; 59) ng/g (se også **figure 6C**). Dette er høyere enn



**Figure 6: Organic environmental toxicants in cod liver.** Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level.

gjennomsnittet i vår stor basisundersøkelse i torsk (10 ng/g) og også høyere enn gjennomsnittet i kyst/fjordtorsk (13 ng/g), men innenfor det samme min-maks konsentrasjonsområdet(3).  $\alpha$ -HBCD var fordelt etter samme mønster som PBDE, med et totalgjennomsnitt i torskelever på  $3,5 \pm 2,3$  (1,3; 9,5) ng/g. Konsentrasjonene for PBDE<sub>7</sub> i lever var for stasjon (>700 g/700-1300 g/<1300 g) henholdsvis: A1 (19,0/14,5/20,3), A2 (16,5/23,5/21,8), A3 (18,3/9,3/12,4/), A4 (12,3/16,8/26,2) og A5 (15,0/17,8/59,1), mens for  $\alpha$ -HBCD var de A1 (-/1,9/4,4), A2 (2,9/2,5/1,43), A3 (3,29/1,34/1,48), A4 (1,86/3,57/7,21) og A5 (3,28/4,47/9,5). Konsentrasjonene på HBCD ligger i samme området som funnet tidligere i torskelever i andre fjorder(4).

**Table 11**

Stasjonsnummer ng/g	A1		A2		A3		A4		A5	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
Aldrin	0.20	0.00	0.19	0.00	0.19	0.01	0.20	0.01	0.20	0.00
Alpha-HCH	0.49	0.01	0.47	0.01	0.47	0.03	0.50	0.03	0.48	0.02
Cis-chlordane	2.22	0.54	2.49	1.07	1.63	0.39	3.76	1.51	3.66	0.23
Trans-chlordane	0.34	0.10	0.49	0.18	0.35	0.12	1.08	0.77	0.79	0.05
Trans-nonachlor	7.57	1.50	8.58	4.65	5.97	1.62	12.92	2.49	11.84	4.06
Oxychlordane	1.54	0.29	1.70	0.74	1.40	0.67	3.74	1.17	1.86	0.27
Dieldrin	13.37	1.48	14.47	0.26	13.32	3.44	21.37	3.04	21.23	1.60
Heptachlor	0.20	0.00	0.19	0.00	0.19	0.01	0.20	0.01	0.20	0.00
Mirex	0.46	0.03	0.90	0.40	0.50	0.03	1.18	0.04	1.01	0.51
Pentachlorobenzene	0.97	0.03	0.95	0.01	0.94	0.06	1.15	0.22	0.97	0.03
beta-HCH	0.49	0.01	0.48	0.02	0.47	0.03	0.55	0.09	0.50	0.01
gamma-HCH (Lindane)	0.54	0.06	0.50	0.04	0.47	0.03	0.58	0.14	0.59	0.07
alpha-Endosulfan	0.97	0.03	0.95	0.01	0.94	0.06	1.00	0.08	0.97	0.03
beta-Endosulfan	0.78	0.02	0.76	0.01	0.75	0.05	0.80	0.05	0.77	0.02
Hexachlorobenzene (HCB)	5.19	0.94	4.00	0.37	4.91	1.08	9.45	4.52	6.49	0.32
o,p'-DDD	1.27	0.18	0.98	0.20	1.65	0.40	3.81	1.92	1.60	0.20
delta-HCH	0.49	0.01	0.47	0.01	0.47	0.03	0.50	0.03	0.48	0.02
Endosulfan sulfate	0.78	0.02	0.76	0.01	0.75	0.05	0.80	0.05	0.77	0.02
Endrin	0.58	0.01	0.57	0.00	0.57	0.03	0.60	0.04	0.58	0.02
o,p'-DDE	0.23	0.05	0.22	0.05	0.49	0.10	1.58	0.98	0.45	0.12
o,p'-DDT	0.33	0.12	0.49	0.28	0.76	0.45	1.34	0.98	0.22	0.03
p,p'-DDD	18.57	0.52	20.83	2.93	31.43	2.75	53.13	12.24	33.13	6.90
p,p'-DDE	88.40	6.79	114.03	28.14	122.67	14.70	212.33	14.38	147.47	59.42
p,p'-DDT	0.72	0.51	3.58	2.54	3.53	3.61	1.79	2.08	0.25	0.07
Octachlorstyrene	0.42	0.11	0.41	0.10	1.03	0.14	1.38	0.12	1.32	1.17
cis-Heptachlor epoxide	1.04	0.09	0.92	0.29	0.87	0.45	1.06	0.23	1.16	0.20
Toxaphene Parlar 26	0.97	0.02	1.00	0.09	1.12	0.27	1.00	0.08	1.14	0.25
Toxaphene Parlar 50	0.97	0.03	0.95	0.01	1.11	0.26	1.00	0.08	0.97	0.03

**Table 11: Chlororganic pesticides in cod.** Mean and standard deviation of three samples of cod liver consisting of fish from three different weight classes.

Følgende **pesticider** har vi analysert i torskelever, men ikke funnet konsentrasjoner over LOQ: Aldrin,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\delta$ -HCH, Heptaklor, trans-Heptaklor epoxid,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan, Endosulfan-sulfat, Toxaphene Parlar 26, 62, og 50. Pentaklorbenzen hadde konsentrasjoner over LOQ i kun 7%. For de analyserte pesticidene der det var konsentrasjoner over LOQ i mer enn 25% av prøvene av enten torsk eller makrell er det gitt gjennomsnittet av samleprøvene og standardavvik i **table 11**. Det var et klart mønster for alle prøver med flertall verdier over LOQ fra torskelever, at stasjon 4 hadde de høyeste verdiene. For Cis- og trans-chlordane, trans-nonachlor, Oxychlordane, Dieldrin, Mirex,  $\gamma$ -HCH og cis-Heptachlor epoxide hadde også stasjon 5, den andre stasjonen i Bunnefjorden, høyere verdier enn stasjonene i den vestlige fjorden. Vi fant ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av pesticider i torskelever og størrelsen av torsken.

**Table 12**PFAS in Cod liver [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]

Station	PFOS	PFOSA	Longitude
1	5,56	8,27	59°41'
2	<4,5	5,83	59°49'
3	<4,5	4,23	59°52'
4	<4,5	3,67	59°54'
5	4,72	5,96	59°49'

**Table 12: PFAS in cod liver.** Results of single analyses. «<» indicates that analysis result was below LOQ, whose value is given thereafter.

En rekke **PFAS** (se metoder) ble analysert i to samleprøver per stasjon: en av alle torskefiletene og en av alle torskeleverene. Det ble ikke funnet PFAS over LOQ i filet. I lever ble det funnet PFOSA og PFOS. Her var konsentrasjonene lavere jo lenger nord man kom og stasjonen nærmest bykjernen i Oslo var den som var minst belastet (se **table 12**), i motsetning til de fleste andre miljøgiftene. Konsentrasjonene funnet er omtrent like høye som tidligere funnet i fjorder sør i Norge(4).

**PAH** ble kun analysert for tolv samleprøver av torskelever. Vi fant kun chrysene i kun to prøver, og disse var knapt over LOQ på 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , på stasjon 1 (0,96  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) og på stasjon 5 (0,91  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

## Makrell

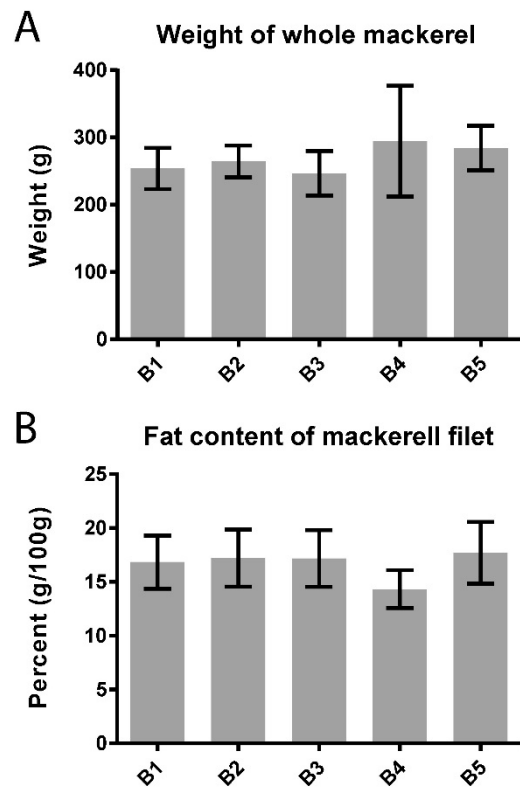
### Fysiologiske parameter av makrell

Lengde, vekt og kjønn ble registrert for alle individer (se **supplementary table 1**). Fettinnholdet i makrellfilet ble bestemt i seks samleprøver per stasjon. I gjennomsnittet veide makrellene  $269 \pm 49$  (159; 524) g og makrellfilet hadde et fettinnhold på  $16,7 \pm 2,6$  (12,0/21,6) %. Det var liten variasjon mellom stasjonene (se **figure 7A**), men stasjon B3 hadde signifikant lavere gjennomsnittsvekt enn stasjonene B2 ( $p < 0,0008$ ) og B4 ( $p < 0,009$ ). Det var ikke signifikant forskjell på gjennomsnittlig fettinnhold (se **figure 7B**) eller på fysiologiske parametre i forhold til kjønn.

### Uønskede grunnstoff i makrell

Grunnstoffene ble målt i seks samleprøver per stasjon, til sammen 30 prøver.

**Figure 7**



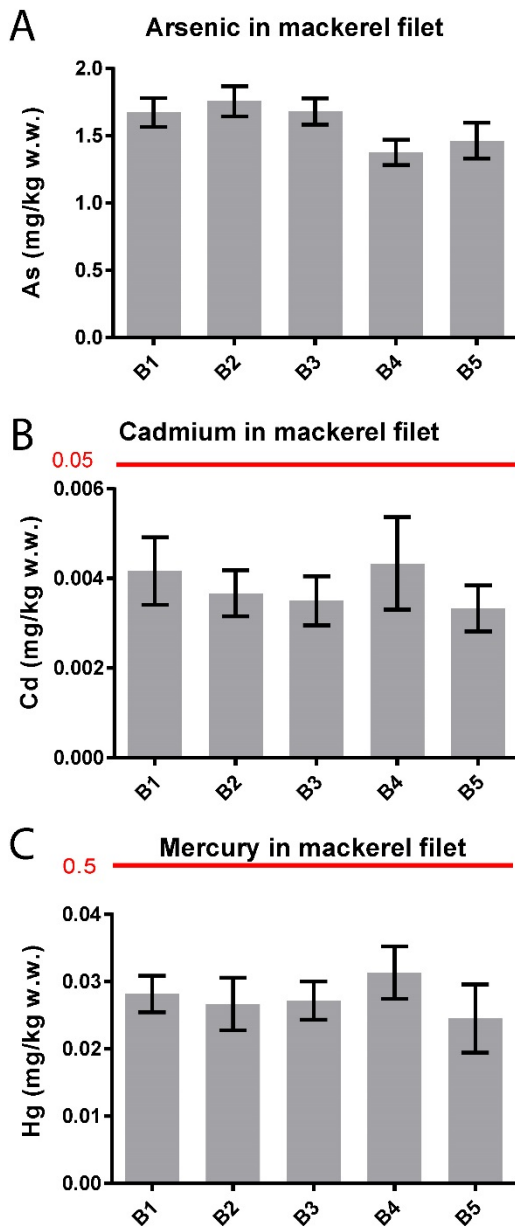
**Figure 7: Weight of whole mackerel and fat content of mackerel filet.** Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station.

**Table 13: Hg (mg/kg w.w.) in mackerel filet**

Sampling area	N Fish Samples	Mean	SD	Min	Max	Median	>0.5 (%)
<b>B1 Exit to Outer Oslofjord</b>	30 6	0.028	0.003	0.025	0.033	0.027	0
<b>B2 Bjerkøya</b>	30 6	0.027	0.004	0.022	0.032	0.026	0
<b>B3 Østøya</b>	30 6	0.027	0.003	0.024	0.032	0.026	0
<b>B4 Bygdøyneset</b>	30 6	0.031	0.004	0.027	0.036	0.031	0
<b>B5 Ingierstrand</b>	30 6	0.024	0.005	0.019	0.034	0.023	0

**Table 13. Mercury concentrations in mackerel (*Scomber scombrus*) from each of the sampling stations, given per station as number of fishes and number of samples consisting of like amounts from 6 fishes (N), means, standard deviations (SD), minimum, maximum and median values. Fraction of the samples with Hg > maximum level of 0.5 mg/kg w.w. (%) is also given.**

Figure 8



**Arsenkonsentrasjonene** i makrellfilet er lave sammenlignet med torsk, og viser ikke mye forskjell mellom stasjonene (se **figure 8A**).

**Kadmium** fantes kun i veldig lave konsentrasjoner, med en maksimumsverdi på 0,006 mg/kg (se **figure 8B**). Kadmiumkonsentrasjonene i makrell ligger rundt 1/10 del av grenseverdien på 0,05.

Ingen av prøvene hadde konsentrasjoner av **bly** over LOQ på 0,02 mg/kg.

**Kvikksølv** i makrellfilet hadde en totalgjennomsnitt på  $0,03 \pm 0,00$  (0,02; 0,04) mg/kg (se **figure 8C** og **table 13**), rundt 1/15 del av grenseverdien på 0,5 mg/kg. Ingen av filetene hadde konsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg.

**Figure 8: Undesired elements in mackerel filet.** Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level.



### Organiske miljøgifter i makrell

For organiske miljøgifter har vi analysert filetrøver av fem individer samlet i en prøve, seks slike samleprøver per stasjon.

For **dioksiner, furaner og dl-PCB** var makrellfiletene ved 1/4 del av grenseverdien på 6,5 ng TE/kg, med en totalgjennomsnitt på  $1,2 \pm 0,3$  (0,6; 1,8) ng TE/kg (se **figure 9A**).

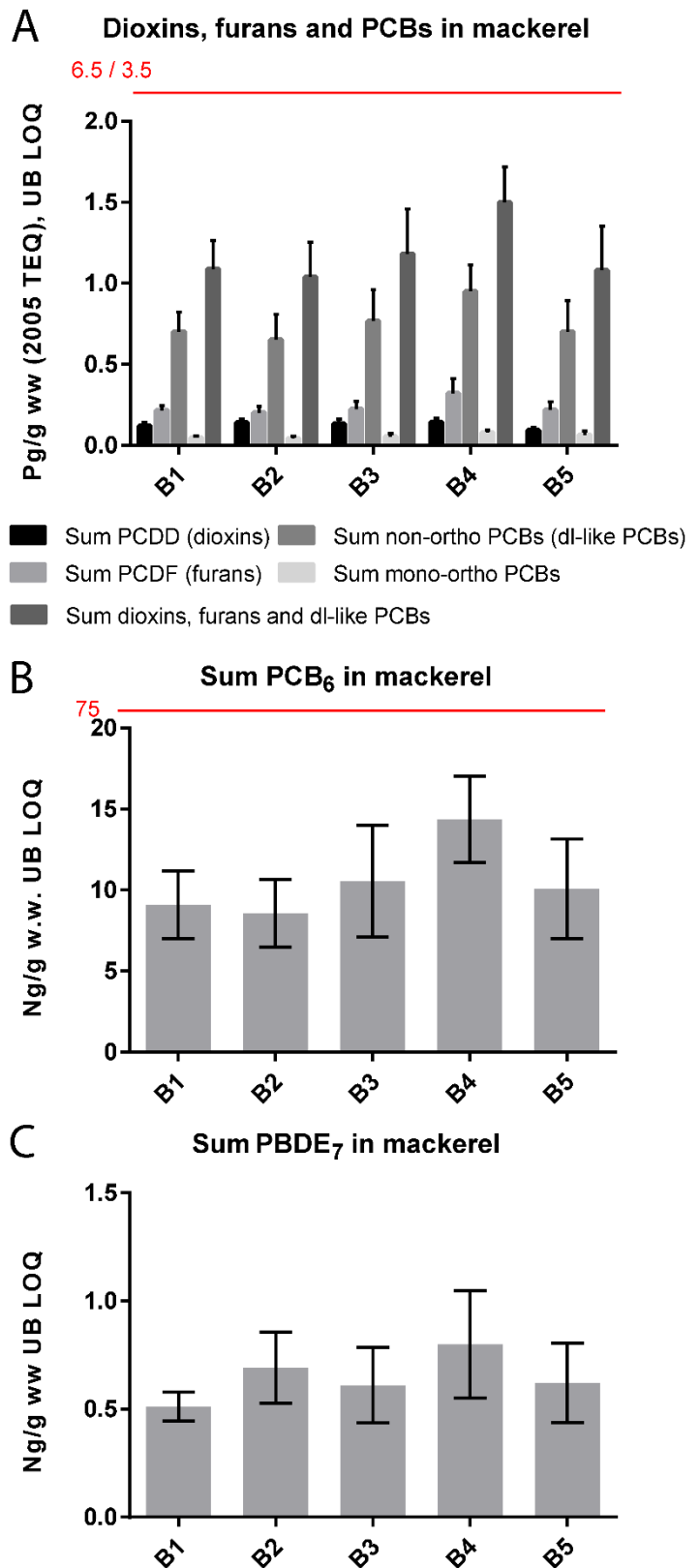
**PCB<sub>6</sub>** konsentrasjonen var også høyest ved stasjon B4. Verdiene var rundt 1/5 del av grenseverdien på 75 ng/g, med en totalgjennomsnitt på  $10,5 \pm 3,2$  (5,3; 17,8) ng/g (se **figure 9B**).

**PBDE<sub>7</sub>** konsentrasjonene i makrellfilet var lave, stort sett mellom 0,5 ng/g og 1 ng/g med høyest konsentrasjon ved stasjon B4, men stasjonsforskjellen var ikke stor, med et totalgjennomsnitt på  $0,65 \pm 0,19$  (0,41; 1,25) ng/g (se **figure 9C**).

### Pesticider i makrell

For følgende pesticider har vi analysert men har ikke funnet konsentrasjoner over LOQ: Aldrin,  $\delta$ -HCH Heptachlor, trans-Heptachlor epoxid, Pentachlorobenzene,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan, Endosulfan-sulfat, Toxaphene Parlar 62, Trans-Chlordane, Mirex, o,p'-DDE. For følgende pesticider har vi analysert men har ikke funnet konsentrasjoner over LOQ i mer enn

**Figure 9**



**Figure 9: Organic environmental toxicants in mackerel filets.** Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level.

---

25% av prøvene: Endrin (7%),  $\alpha$ -HCH (20%). For de analyserte pesticidene der det var konsentrasjoner over LOQ i mer enn 25% av prøvene av enten torsk eller makrell er det gitt gjennomsnittet av samleprøvene og standardavvik i **table 14**. I makrellfilet hadde stasjon B3 høyest konsentrasjon på de fleste pesticidene, og den ligger nærmest bykjernen og torske stasjon A4. Stasjon B5 hadde forholdsvis lavere konsentrasjoner på pesticider enn stasjon B3 og B4. Stasjon B5 ligger midtfjords sør i Bunnefjorden, mens torske stasjon A5, som hadde forholdsvis høye konsentrasjoner, ligger ved kysten.

Det er verdt å merke seg at LOQ på torskeleverprøvene var høyere enn de målte verdiene i makrellfilet. Dette skyldes bruk av forskjellige metoder og forskjellige vev. Makrellfilet har generelt lavere konsentrasjoner på pesticider enn torskelever.

**Table 14**

Stasjonsnummer	B1		B2		B3		B4		B5	
ng/g	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
Aldrin	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00
Alpha-HCH	0.17	0.15	0.12	0.01	0.15	0.08	0.12	0.01	0.11	0.01
Cis-chlordane	0.12	0.04	0.20	0.04	0.17	0.10	0.19	0.09	0.17	0.04
Trans-chlordane	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.05	0.01	0.04	0.00
Trans-nonachlor	0.17	0.08	0.24	0.03	0.22	0.12	0.33	0.19	0.20	0.06
Oxychlordane	0.20	0.02	0.23	0.02	0.28	0.13	0.29	0.11	0.21	0.01
Dieldrin	1.20	0.15	1.21	0.18	1.34	0.86	1.54	0.42	1.08	0.07
Heptachlor	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00
Mirex	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00
Pentachlorobenzene	0.20	0.02	0.23	0.02	0.28	0.13	0.24	0.02	0.21	0.01
beta-HCH	0.17	0.03	0.20	0.04	0.27	0.14	0.18	0.04	0.22	0.04
gamma-HCH (Lindane)	0.13	0.02	0.14	0.02	0.19	0.07	0.15	0.02	0.15	0.02
alpha-Endosulfan	0.20	0.02	0.23	0.02	0.28	0.13	1.76	3.40	0.21	0.01
beta-Endosulfan	0.16	0.01	0.19	0.01	0.22	0.10	0.19	0.02	0.17	0.01
Hexachlorobenzene (HCB)	0.67	0.07	0.76	0.09	0.93	0.56	0.72	0.08	0.80	0.08
o,p'-DDD	0.06	0.01	0.06	0.01	0.08	0.05	0.08	0.03	0.06	0.02
delta-HCH	0.10	0.01	0.12	0.01	0.14	0.06	0.12	0.01	0.10	0.01
Endosulfan sulfate	0.16	0.01	0.19	0.01	0.22	0.10	0.19	0.02	0.17	0.01
Endrin	0.12	0.01	0.14	0.01	0.17	0.08	0.18	0.08	0.13	0.01
o,p'-DDE	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.05	0.02	0.04	0.00
o,p'-DDT	0.13	0.02	0.13	0.03	0.15	0.10	0.14	0.04	0.13	0.03
p,p'-DDD	0.64	0.07	0.61	0.10	0.73	0.54	0.48	0.09	0.52	0.13
p,p'-DDE	2.24	0.43	1.91	0.22	2.67	2.01	1.63	0.29	1.78	0.30
p,p'-DDT	0.45	0.07	0.44	0.07	0.55	0.41	0.33	0.09	0.40	0.11
Octachlorstyrene	0.04	0.01	0.05	0.02	0.05	0.04	0.04	0.01	0.04	0.01
cis-Heptachlor epoxide	0.19	0.04	0.25	0.05	0.29	0.14	0.22	0.03	0.24	0.04
Toxaphene Parlar 26	0.33	0.11	0.27	0.06	0.34	0.20	0.31	0.09	0.27	0.06
Toxaphene Parlar 50	0.55	0.22	0.50	0.11	0.54	0.29	0.53	0.10	0.40	0.10

**Table 14: Chlororganic pesticides in mackerel.** Mean and standard deviation of six samples of cod liver, each consisting of fish from five individuals.

## Taskekrabbe

### Fysiologiske parametere av taskekrabbe

Lengde, vekt og kjønn ble registrert for alle 55 individuelle krabbene, mens fettinnholdet brunmat ble bestemt i samleprøver med alle fem krabbene per stasjon (se **supplementary table 1**). Krabbenes bredde var i gjennomsnittet på  $15,1 \pm 1,5$  (12,6; 19,4) cm, og vekten var  $468 \pm 142$  (223; 892) g. Krabbene var litt større på de nordlige stasjonene A1-A4, både i forhold til bredde (se **figure 10A**) og vekt (se **figure 10B**). Vekten kan variere av ulike årsaker som manglende klør eller føtter og er et mye mer usikkert mål på størrelse enn skallbredde.

Table 15 Sex distribution of sampled crabs		
Station	Female	Male
C1	2	3
C2	2	3
C3	5	0
C4	5	0
C5	0	5
C6	5	0
C7	4	1
C8	4	1
C9	2	3
C10	3	2
C11	0	5
Sum	31 (56%)	23 (44%)

Table 15: Number of crabs per sex per station.

Brunmaten fra krabber fra stasjonene C1, C3 og C4 hadde også høyere fettinnhold, mens krabbene fra C9-C11 hadde lavest fettinnhold (se **figure 10C**). Der er en synkende trend i fettandel sørover i prøvene fra (sted) til (sted;  $r = 0,79$  og  $r^2 = 0,622$  med  $p < 0,0039$ ). Det var flere krabber av hunnkjønn enn hannkjønn (se **table 15**), og fordelingen var ujevn på stasjonene.

Figure 10

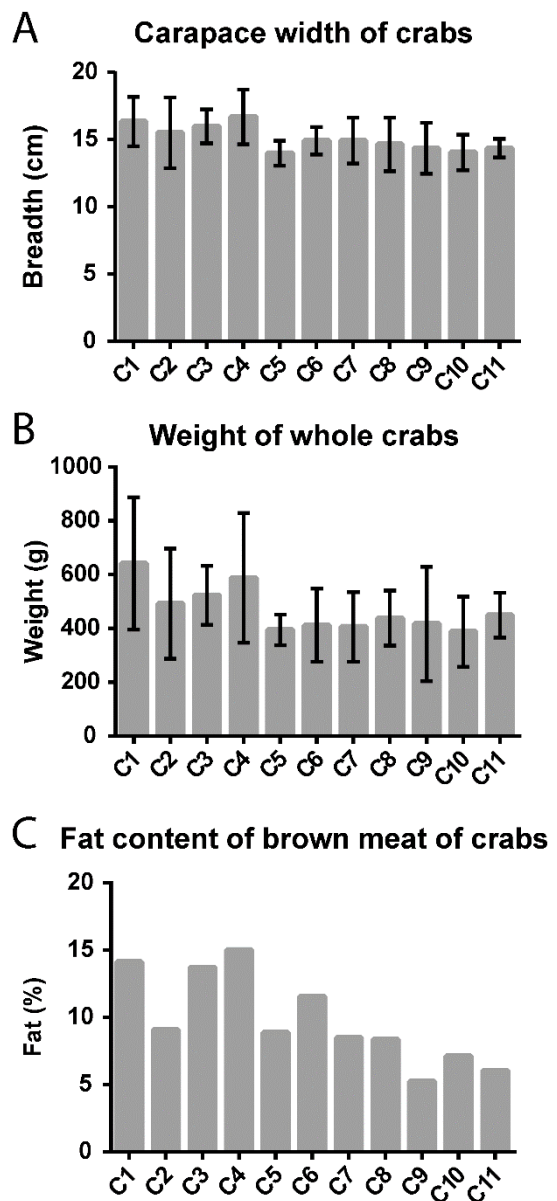


Figure 10: Carapace width, weight and fat content of brown meat of crabs. Bars (A and B): average of five samples from one station; error bars, 95% confidence interval. Bars (C): % of one pooled sample.

Hunnkrabber var i gjennomsnittet bredere enn hannkrabbene ( $15,4 \pm 0,3$  cm versus  $14,6 \pm 0,2$  cm), mens hunnkrabbene var litt lettere enn hannkrabbene ( $465 \pm 28$  versus  $474 \pm 26$  g). Hunndominerte stasjonsprøver av brunmat har høyere fettandel enn hanndominerte stasjonsprøver, men det ble ikke målt fettandel i individuelle prøver.

### Uønskede grunnstoff i taskekrabbe

Uønskede grunnstoff i taskekrabbe ble undersøkt på klokjøtt og brunmat på 55 individer i individuelle prøver.

Stasjonsgjennomsnittene av **arsen** viser en noe synkende trend fra Nord til Sør i både klokjøtt ( $r = -0,37$ ,  $r^2 = 0,14$ ,  $p < 0,005$ ; se **figure 11A**) og brunmat ( $r = -0,47$ ,  $r^2 = 0,22$ ,  $p < 0,0003$ ; se **figure 11B**). Det var ikke signifikant forskjell på arsennivå mellom kjønnene. Konsentrasjonene av arsen med 33 mg/kg for krabbeklokjøtt og 22 mg/kg for krabbebrunmat var høyere enn i Vesterålen med 28 og 17 mg/kg, henholdsvis(5), mens de var nærmere gjennomsnittet i en studie der krabber over hele landet har blitt samlet, der konsentrasjonene var 30 mg/kg og 19,4 mg/kg, henholdsvis(6).

**Kvikksølv** har høyere nivå i klokjøtt sammenlignet med brunmat. Verdien på 0,5 mg/kg som er grenseverdi for klokjøtt blir overskredet i én prøve fra stasjon C1, to fra C3 og to fra C4. På stasjon C3 overskrider klokjøttet grenseverdien for kvikksølv i gjennomsnitt. Gjennomsnittet på kvikksølv i klokjøtt var høyere i hunnkrabber ( $0,24 \pm 0,23$  mg/kg) enn i hannkrabber ( $0,13 \pm 0,08$  mg/kg), men ikke signifikant (Mann-Whitney-U-test). Det samme gjelder for brunmat. De høyere kvikksølvkonsentrasjonene ble funnet mest i de nordlige områdene av Ytre Oslofjord. Den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen i Ytre Oslofjord med 0,19 mg/kg for krabbeklokjøtt og 0,1 mg/kg for krabbebrunmat (se også **figure 11D og D'** og **table 16**) var mye høyere enn gjennomsnittet fra den store krabbestudien langs norskekysten der gjennomsnittskonsentrasjonene var 0,1 mg/kg og 0,07 mg/kg, henholdsvis(6). Også konsentrasjonene fra stasjoner i nærheten av Ytre Oslofjord, Hvaler, Sandefjord og Larvik, var lavere(6) enn konsentrasjonene vi har målt i Ytre Oslofjord nå.

For **bly** var klokjøttet fra alle taskekrabber under grenseverdien og stasjonsgjennomsnittene var alle under 0,02 mg/kg, altså under 1/10 del av grenseverdien på 0,3 mg/kg. Brunmaten har litt høyere verdier på bly, men likevel er det kadmiumnivået som er begrensende faktor når det gjelder uønskede elementer i brunmaten.

Klokjøttet av krabbene fra denne studien hadde stasjonsgjennomsnitt på **kadmium** mellom 0,02 mg/kg på stasjon C3 og 0,21 mg/kg på stasjon C5 (se **figure 11B og table 17**). I brunmaten strakte stasjonsgjennomsnittene seg fra 0,8 mg/kg på stasjon C10 til 3,6 mg/kg på stasjon C5 (se **figure 11B' og table 17**). Stasjonsgjennomsnittene av kadmium i klokjøtt er stort sett lave, men stasjon C5 og muligens også i mindre grad stasjon C11 stikker seg ut med høyere verdier. Dette er de to stasjonene der kun hannkrabber ble fanget. I begge stasjonene var to av fem taskekrabber over grenseverdien på 0,5 mg/kg, mens det var ingen på alle de andre. Kadmium i brunmat derimot var over 0,5 mg/kg på alle stasjoner, men det er ikke fastsatt grenseverdi på brunmat. Gjennomsnittet på kadmium i alle hunnkrabbene var signifikant lavere enn for hannkrabbene, for både klokjøtt (hunn,  $0,04 \pm 0,01$  mg/kg; hann,  $0,1 \pm 0,03$  mg/kg;  $p < 0,005$ ) og brunmat (hunn,  $1,4 \pm 0,3$  mg/kg; hann,  $2,5 \pm 0,2$  mg/kg;  $p < 0,007$ ; Mann-Whitney-U-Test). Disse verdiene er betydelig lavere enn i nordlige områder innen Oslofjorden og ligger omkring tidligere målte konsentrasjoner i krabber rett utenfor den Ytre Oslofjorden(6). Sammenligner man derimot disse verdiene med en studie av krabber fra Nordland fra samme tidsrommet er kadmiumkonsentrasjonene i Oslofjorden i det lavere laget(7). Der var det funnet stasjonsgjennomsnittskonsentrasjoner i klokjøtt mellom 0,13 mg/kg ved Nord-Arnøy sør for Saltenfjorden til 1,2 mg/kg i Reinvikfjorden i Steigen(7) og i brunmat fra 2,4 mg/kg ved Nord-Arnøy til 17 mg/kg ved Bliksvær. Også i Vesterålen 2012 var konsentrasjonene my høyere: Nord for Saltfjorden varierte gjennomsnittlig konsentrasjon i klokjøttet fra 0,29 til 1,3 mg/kg og fra 6,7 til 25 mg/kg i brunmat, mens sør for Saltfjorden varierte gjennomsnittskonsentrasjonene fra 0,03 til 0,28 i klokjøtt og fra 0,55 til 4,8 mg/kg i brunmat(5).

<b>Table 16: Hg (mg/kg w.w.) in brown crab</b>							
<b>Sampling area Tissue</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Median</b>	<b>&gt;0.5 (%)</b>
<b>C1 Killingholmen</b>							
Claw meat	5	0.28	0.28	0.04	0.74	0.15	20
Brown meat	5	0.18	0.22	0.01	0.74	0.10	N.A.
<b>C2 Outer Oslofjord, middle North</b>							
Claw meat	5	0.08	0.07	0.03	0.2	0.06	0
Brown meat	5	0.08	0.03	0.06	0.13	0.06	N.A.
<b>C3 Ruseberget, Holmestrand</b>							
Claw meat	5	0.54	0.16	0.38	0.71	0.49	40
Brown meat	5	0.23	0.07	0.16	0.30	0.25	N.A.
<b>C4 Vealøs flaket East, Inner haven Horten</b>							
Claw meat	5	0.43	0.20	0.22	0.71	0.39	40
Brown meat	5	0.19	0.09	0.10	0.33	0.19	N.A.
<b>C5 Moss</b>							
Claw meat	5	0.10	0.05	0.03	0.16	0.12	0
Brown meat	5	0.08	0.05	0.03	0.16	0.07	N.A.
<b>C6 Larkollen</b>							
Claw meat	5	0.11	0.08	0.03	0.23	0.11	0
Brown meat	5	0.06	0.03	0.05	0.11	0.06	N.A.
<b>C7 Rauer</b>							
Claw meat	5	0.13	0.13	0.04	0.35	0.10	0
Brown meat	5	0.13	0.10	0.05	0.29	0.08	N.A.
<b>C8 Nøtterøy</b>							
Claw meat	5	0.08	0.03	0.05	0.12	0.09	0
Brown meat	5	0.07	0.03	0.04	0.12	0.05	N.A.
<b>C9 Fredrikstad</b>							
Claw meat	5	0.18	0.15	0.05	0.41	0.17	0
Brown meat	5	0.07	0.03	0.04	0.12	0.07	N.A.
<b>C10 Hvaler</b>							
Claw meat	5	0.08	0.05	0.04	0.15	0.08	0
Brown meat	5	0.06	0.01	0.04	0.07	0.06	N.A.
<b>C11 Tjøme</b>							
Claw meat	5	0.14	0.04	0.09	0.18	0.15	0
Brown meat	5	0.10	0.05	0.04	0.18	0.09	N.A.

**Table 16. Mercury concentrations in brown crab (*Cancer pagurus*) from each of the sampling stations, given per station as number of fishes and number of samples consisting of like amounts from 6 fishes (N), means, standard deviations (SD), minimum, maximum and median values. Fraction of the samples with Hg > maximum level of 0.5 mg/kg w.w. (%) is also given. N.A., not applicable.**

<b>Table 17: Cd (mg/kg w.w.) in brown crab</b>							
<b>Sampling area Tissue</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Median</b>	<b>&gt;0.5 (%)</b>
<b>C1 Killingholmen</b>							
Claw meat	5	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0
Brown meat	5	2.0	2.1	0.003	5.2	1.3	N.A.
<b>C2 Outer Oslofjord, middle North</b>							
Claw meat	5	0.06	0.06	0.02	0.15	0.03	0
Brown meat	5	2.6	3.5	0.7	8.8	1.0	N.A.
<b>C3 Ruseberget, Holmestrand</b>							
Claw meat	5	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0
Brown meat	5	1.6	0.3	1.2	1.9	1.7	N.A.
<b>C4 Vealøs flaket East, Inner haven Horten</b>							
Claw meat	5	0.03	0.03	0.003	0.07	0.02	0
Brown meat	5	1.6	1.6	0.6	4.5	1.0	N.A.
<b>C5 Moss</b>							
Claw meat	5	0.21	0.26	0.04	0.66	0.10	20
Brown meat	5	3.6	2.7	0.7	7.3	4.0	N.A.
<b>C6 Larkollen</b>							
Claw meat	5	0.03	0.03	0.01	0.08	0.02	0
Brown meat	5	1.1	0.8	0.5	2.3	0.7	N.A.
<b>C7 Rauer</b>							
Claw meat	5	0.07	0.05	0.03	0.12	0.05	0
Brown meat	5	2.6	3.6	0.7	9.1	1.1	N.A.
<b>C8 Nøtterøy</b>							
Claw meat	5	0.07	0.02	0.04	0.08	0.07	0
Brown meat	5	0.9	0.3	0.6	1.2	0.8	N.A.
<b>C9 Fredrikstad</b>							
Claw meat	5	0.05	0.05	0.01	0.14	0.03	0
Brown meat	5	1.2	1.4	0.2	3.6	0.8	N.A.
<b>C10 Hvaler</b>							
Claw meat	5	0.04	0.03	0.02	0.08	0.02	0
Brown meat	5	0.8	0.4	0.5	1.4	0.7	N.A.
<b>C11 Tjøme</b>							
Claw meat	5	0.12	0.13	0.02	0.35	0.09	0
Brown meat	5	2.5	0.8	1.8	3.9	2.4	N.A.

**Table 17. Cadmium concentrations in brown crab (*Cancer pagurus*)** from each of the sampling stations, given per station as number of fishes and number of samples consisting of like amounts from 6 fishes (N), means, standard deviations (SD), minimum, maximum and median values. Fraction of the samples with Hg > maximum level of 0.5 mg/kg w.w. (%) is also given. N.A., not applicable.



Figure 11

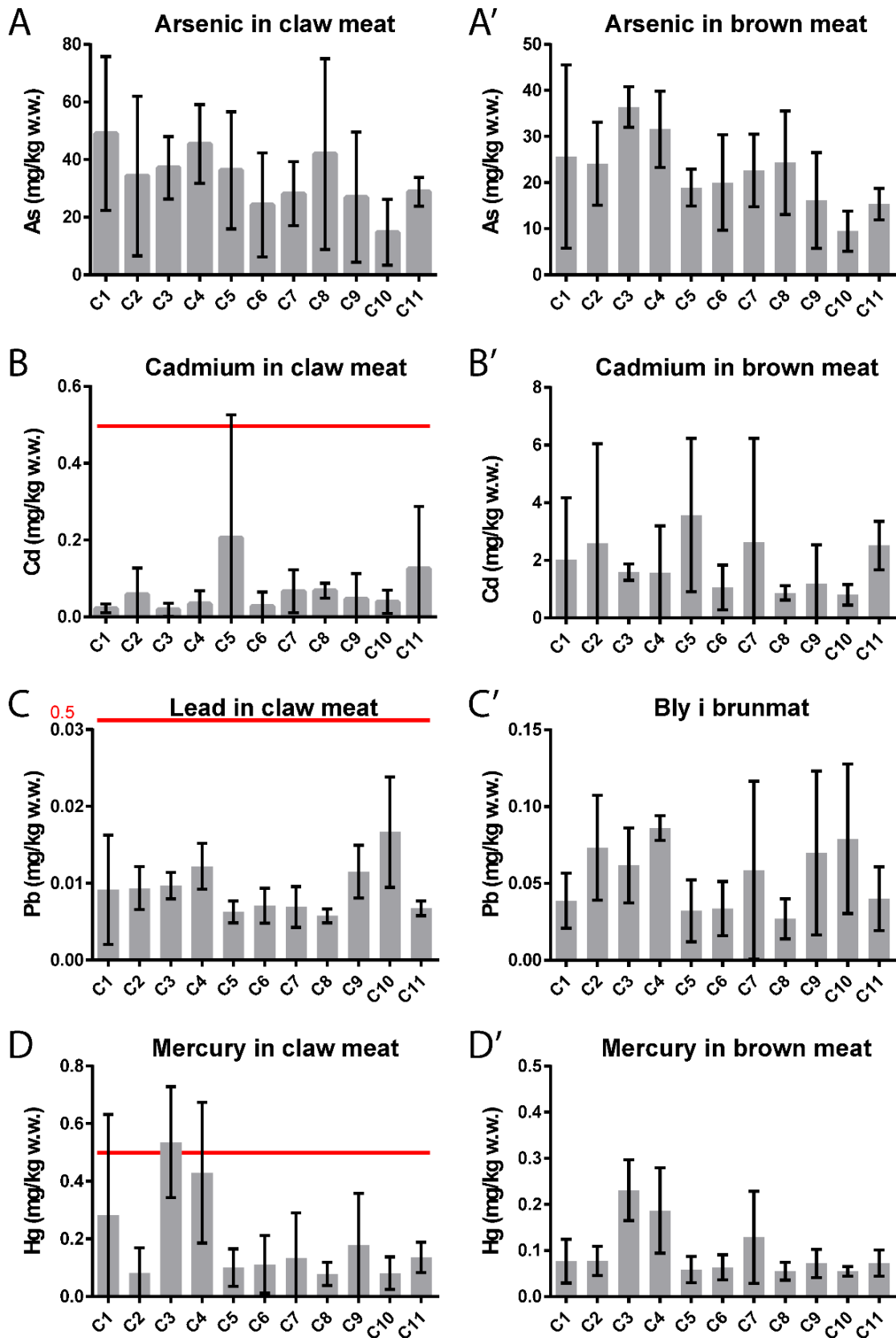


Figure 11: Undesired elements in claw meat and brown meat of crabs. Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level.

### Organiske miljøgifter i taskekrabbe

For analyse på organiske miljøgifter var fem individer per stasjon samlet i en prøve.

Av **dioksiner, furaner og dl-PCB** var klokjøttprøvene langt under grenseverdien på 6,5 pg TE/g, med en totalgjennomsnitt på  $0,20 \pm 0,06$  (0,13;0,30) ng TE/kg (se **figure 12A**). Verdiene for klokjøtt var høyest ved stasjonene C3 og C4, ved Ruseberget/Holmestrand og Indre havn ved Av Horten. Brunmaten hadde ofte høyere verdier med et totalgjennomsnitt på  $5,5 \pm 2,1$  (2,75;8,15) ng TE/kg (se **figure 12A'**), men der finnes det ikke grenseverdi. Stasjoner med spesielt høye verdier var C1 (8 ng TE/kg), C2 (8,15 ng TE/kg), C3 (8,15 ng TE/kg), C4 (7,57 ng TE/kg) og C9 (8,03 ng TE/kg), altså i Nord og ved Fredrikstad. Gjennomsnittet i studien der krabber over hele landet ble samlet var 3,6 ng TE/kg og betydelig lavere(6). Stasjonene Hvaler og Sandefjord, rett utenfor Ytre Oslofjord, var ingen unntak, mens Larvik hadde verdier i området av verdiene i Ytre Oslofjord(6).

**PCB<sub>6</sub>** konsentrasjonen var også høyest ved stasjon C3 og C4 og kan se ut som om den også avtar i en gradient sørover. Mengden PCB<sub>6</sub> i klokjøtt var under 1/20 del av grenseverdien på 75 ng/g på alle stasjoner, med et totalgjennomsnitt på  $1,1 \pm 0,7$  (0,4; 2,6) ng/g (se **figure 12B**). Den fulgte ca. det samme mønsteret i brunmaten, men på høyere nivå, med en totalgjennomsnitt på  $51,1 \pm 45,4$  (12,8; 142,2) ng/g (se **figure 12B'**), men det finnes ikke grenseverdi for brunmat. Målinger på stasjoner Hvaler og Sandefjord rett utenfor Ytre Oslofjord fra en tidligere studie viste lavere verdier ved 13,7 og 14,7 µg/kg, mens Larvik hadde med 31,7 µg/kg verdier nærmere verdiene i Ytre Oslofjord(6). Ingen av stasjonen i studien der krabber over hele landet ble samlet hadde høyere konsentrasjoner enn stasjonen C1, C3 og C4 i Ytre Oslofjord.

**PBDE<sub>7</sub>** i klokjøtt hadde nivå knapt over summert LOQ (0,02 ng/g) på alle stasjoner unntatt stasjon C3 og C4, men også der var konsentrasjonene lave. Totalgjennomsnittet på klokjøtt var  $0,04 \pm 0,01$  (0,03; 0,07) ng/g. I brunmat ser man også veldig lave nivå i sør på stasjon C5-C11 på under 0,5 ng/g, mens stasjon A1-A4 ligger noe høyere over 1 ng/g med høyest konsentrasjon ved stasjon C3 (2.8 ng/g). Totalgjennomsnittet på brunmat var  $0,82 \pm 0,82$  (0,15; 2,81) ng/g. Verdiene fra stasjonene C5-C11 var innenfor forventede rammer, mens stasjonen C1-C4 hadde høyere konsentrasjoner enn alle stasjoner fra studien fra 2011 der krabber ble samlet over hele landet(6).

Figure 12

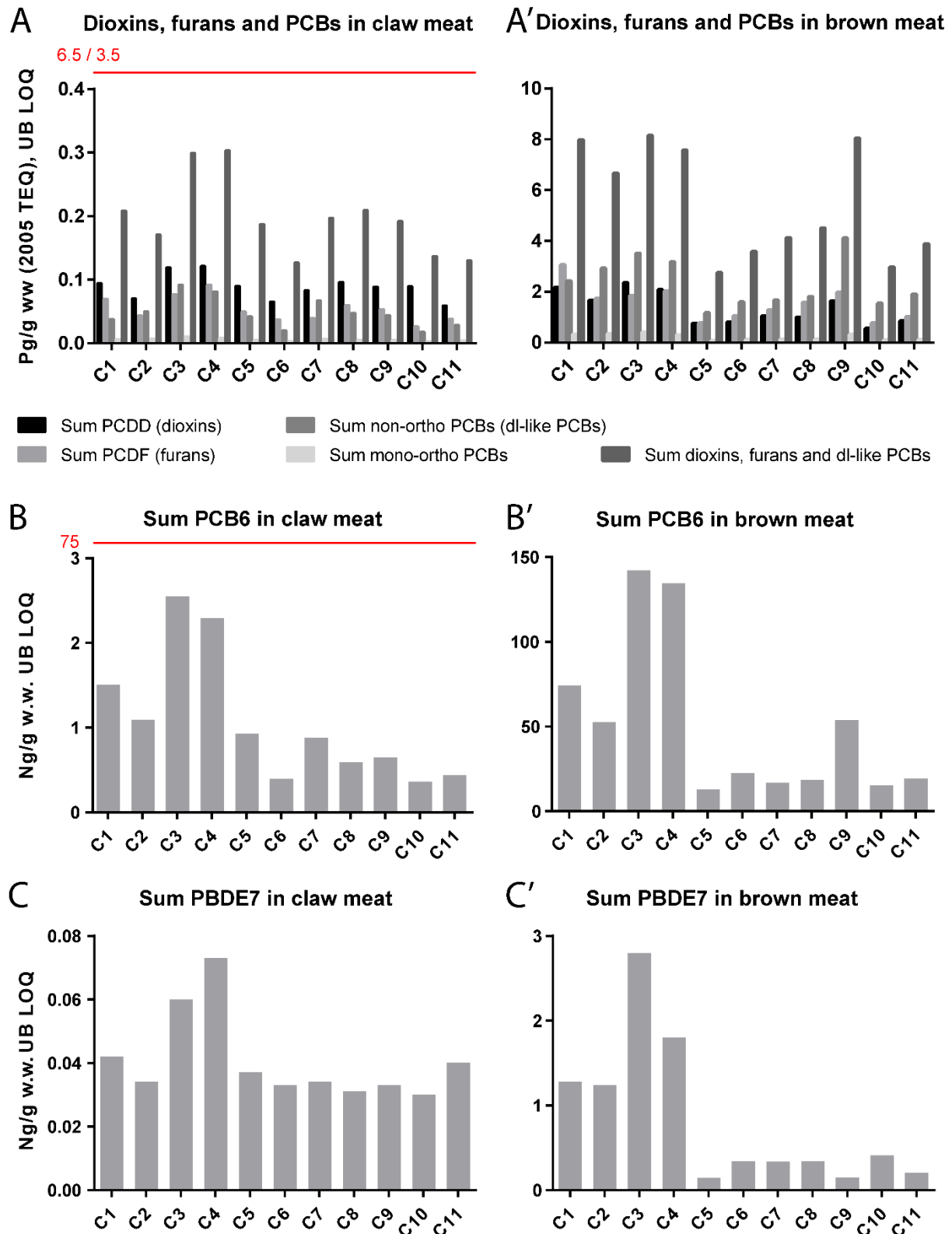


Figure 12: Organic environmental toxicants in claw meat and brown meat of crabs. Bars, average; error bars, 95% confidence interval. Bars show average of all analyses at one station. Red line: Maximum level.

## OVERSKRIDELSER OG KONKLUSJONER

Det ble ikke funnet overskridelser av EU og Norges grenseverdier i torskfilet og makrellfilet i gjennomsnitt på noen stasjoner (se **table 18**), heller ikke for kvikksølv i torskfilet (se **table 18**). En 70 kg tung person når TWI på kvikksølv med ca. 900 g gjennomsnittlig torskfilet fra Oslofjorden, mens en treåring på 14 kg når det med ca. 180 g torskfilet.

Table 18	Crab claw meat		Mackerel filet		Cod filet		Cod liver	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Exceeded maximum level								
Cadmium (Cd)	1	1,8	0	0	0	0	-	-
Mercury (Hg)	5	9,1	0	0	0	0	-	-
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0	-	-
Sum of dioxins and furans	0	0	0	0	x	x	-	-
Sum of dioxins, furans and dioxin-like PCBs	0	0	0	0	x	x	15	100
Sum of six indicator PCBs (ICES-PCB <sub>6</sub> )	0	0	0	0	x	x	15	100

Table 17: Cases of exceeded maximum levels (see table 2) as total number and percent. -, no maximum limit; x, not analyzed.

Siden det er velkjent at kvikksølvnivået øker med størrelsen på fisken, har vi undersøkt vårt datasett på vektsorterte grupper (se detaljert analyse, **figure 5C**). På den **stasjonen med de høyeste nivåene av kvikksølv, nært Oslos bykjerne**, ved Frognerkilen/Bygdøynesa (stasjon A4), hadde 80% av fisken over 1 kg kvikksølvkonsentrasjoner på over 0,2 mg/kg, et nivå der Mattilsynet normalt velger å advare sårbare persongrupper. Under 1 kg var kun 7% av torsken over 0,2 mg/kg kvikksølv på samme stasjon. Kun 5% av all fisk på de nærmeste to andre stasjonene (stasjonene A3 og A5) og ingen fisk på stasjonene A2 og A1 ved overgangen til Ytre Oslofjord hadde konsentrasjoner på over 0,2 mg/kg kvikksølv. Sammenligner man nordøstatlantisk torsk fra åpent hav og kysttorsk fra Oslofjorden av samme størrelse, har nordøstatlantisk torsk fra åpent hav i gjennomsnittet lavere kvikksølvkonsentrasjoner. Men siden kysttorsken i Oslofjorden er i gjennomsnittet mindre enn havtorsken, er det likevel få torskfileter med kvikksølvkonsentrasjoner over 0,2 mg/kg, med unntak av de større torskene over 1 kg rett utenfor Frognerkilen.

Kvikksølv er i denne studien den mest kritiske av miljøgiftene vi har målt i **klokkjøtt av krabbe**. Fem av 55 enkeltanalyser på krabbeklokkjøtt viste konsentrasjoner høyere enn EU og Norges grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt for kvikksølv i krabbeklokkjøtt (se **table 18**). Hvis man går ut i fra at nesten all kvikksølv i fisken er metylkvikksølv, så vil en 70 kg tung person nå TWI med ca. 500 g krabbeklo, mens en treåring på 14 kg når det med 100 g krabbeklo. Det var også én enkelt overskridelse av grenseverdien for kadmium i klokkjøtt av en krabbe (se **table 18**).

Table 19	Crab claw meat		Crab brown meat		Mackerel filet		Cod filet		Cod liver	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Cadmium (Cd) TWI</b>	0/55	0	34/55	61,8	0/30	0	0/100	0		
<b>Mercury (Hg) TWI</b>	0/55	0	0/55	0	0/30	0	0/100	0		
<b>Methylmercury (MeHg) TWI</b> (calculated as if all mercury were MeHg)	6/55	10,9	0/55	0	0/30	0	0/100	0		
<b>Dioxin and PCB: Sum of PCDD/F + dl-PCB, TWI</b>	0/11	0	5/11	45,5	0/30	0			15/15	100
<b>DDT-sum6, PTDI</b>					0/30	0			0/15	0
<b>Aldrine + dieldrine, PTDI</b>					0/30	0			0/15	0
<b>Chlordane, sum of three isomers, PTDI</b>					0/30	0			0/15	0
<b>Endosulfan, sum of alfa-, beta- og – sulphate, ADI</b>					0/30	0			0/15	0
<b>Lindane, ADI</b>					0/30	0			0/15	0
<b>PFOS, TDI</b> <b>PFOA, TDI</b>					0/30	0			0/15	0

**Table 18: Number and percentage of samples of which consumption of a 200g meal would exceed the TWI/PTDI/ADI for a 70 kg person (ca. 50 g for a 3-year old). Turquoise: Exceeding amounts detected.**

Konsentrasjonen av arsen i krabbeklokkjøtt var  $33 \pm 17$  (6; 86) mg/kg og i krabbebrunmat  $22 \pm 11$  (0,4; 45) mg/kg (se også **table 7**). Det har vært kjent i snart ett hundre år at krepsdyr, inklusive krabbe, har høye verdier av arsen. Det vi har målt er totalt mengde arsen, men av dette er det uorganisk arsen som er vist å være giftig, og det er foreløpig ikke kjent hvor mye av

totalarsenet foreligger som uorganisk arsen. Det er antatt at 0,05% og 0,23% av arsen i henholdsvis klokjøtt og brunmat er uorganisk (8). Tar man utgangspunktet i dette, ville krabbeklokjøtt og krabbebrunmat fra Oslofjorden henholdsvis inneholde rundt 17 og 51 µg/kg uorganisk arsen. Et gjennomsnittlig menneske er utsatt for ca. 70 µg uorganisk arsen per dag (9). Det finnes ikke grenseverdi på arsen i sjømat, men BMDL (benchmark dose lower confidence limit) har blitt etablert av EFSA. BMDL er den mengden man kan med en oppgitt sannsynlighet være utsatt for uten en signifikant økning i risiko for kreft. Med en BMDL (99% konfidensintervall) på 21-560 µg/kg per dag vil et 70 kg menneske nå nederste BMDL måling ved å spise ca. 1,3 kg klokjøtt eller ca. 400 g brunmat.

For **krabbebrunmat** er det kadmium som er høyest i forhold til tolerabel inntak. En person på 70 kg kan overskride tolerabelt ukentlig inntak (TWI) på 0,18mg med en vanlig porsjon krabbebrunmat på 100 g av krabbene fra denne undersøkelsen (se også **table 19**). Likevel går man, i lys av VKM sin vurdering «Risikovurdering av kadmiuminntak av mat i den norske befolkningen», ikke ut fra at man spiser brunmat ofte, og at man kan se på kadmiuminntaket fra krabbe på årsbasis. Den europeiske befolkningen har et kadmiuminntak som ligger nært opp til TWI-verdien. For små barn er inntaket høyere enn TWI. Ekspertene i EU og Norge har derfor konkludert med at inntaket av kadmium i befolkningen bør reduseres (10). Dette samsvarer med den generelle advarselen Mattilsynet har uttalt for barn, gravide og ammende mot å spise brunmat av krabbe. I krabbe fra Ytre Oslofjord var de høyeste kvikksølv-, PCB<sub>6</sub>- og bromerte flammehemmere i de nordlige områdene (stasjoner C3 ved Ruseberget, Holmestrand og C4 ved Indre Havn av Horten). Man kunne undersøke om dette har sammenheng med deponiet på Langøya.

I **torskelever** er det dioksiner, furaner og dioksin-lignende polyklorete bifenyler (PCBer) og PCB<sub>6</sub> som er kritiske, konsentrasjonen i alle prøver overskrider grenseverdien på henholdsvis 20 ng TE/kg og 200 ng/g (se **table 18**). Konsentrasjonene er ikke helt uvanlig sammenlignet med konsentrasjoner NIFES har målt i torskelever i andre kystområder (11), og vi vet fra tidligere undersøkelser at selv meget høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter i leveren ikke har ført til høye konsentrasjoner over grenseverdien i filet siden selv kysttorsk med konsentrasjoner i lever opp til 3689 ng TE/kg ikke hadde konsentrasjoner i filet som oversteg dagens grenseverdi på 6,5 ng TE/kg (personlig kommunikasjon, Bente Nilsen, NIFES). I samleprøver av torskelever ble det også målt α-, β- og γ-HBCD. Summen var på 3,5±2,3 (1,3;

9,5)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Dette vil kunne utgjøre en viss andel av totaleksponeringen om torskelever var blitt spist, men er ikke regnet som et helseproblem (12). Beregnet BMDL<sub>10</sub> ligger ved 0,79 mg/kg (12), mens fisken inneholder mengder i  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . I forhold til pesticidene DDT og dieldrin kunne en person på 70 kg spise to kg torskelever for å nå TDI. Dermed er det andre miljøgifter som er mer problematiske, dog er det å bemerke at DDT er toksisk for fisk (13). Nivået vi fant av perfluoroktylsulfonat (PFOS),  $5,14 \pm 0,42 \mu\text{g}/\text{kg}$ . EFSA har etablert TDI på 10,5  $\mu\text{g}$  for en person som veier 70 kg for PFOS, noe som vil bli nådd med om lag 2 kg torskelever. Men det er mulig at mange av de andre polyfluoreerte alkylstoffer (PFAS) ikke ble oppfattet med vår målemetode. I tillegg foreligger det for få toksisitetsanalyser på disse stoffene for å kunne konkludere noe i forhold til mattrygghet. Undersøkelser med en metode med lavere LOQ ville være ønskelige. PFOS er verken fett eller vannløselig og konsentrasjoner i filet kan derfor også komme opp i målbare nivå (egne funn i hyse, artikkel under forberedelse). Det er derfor av interesse å studere de fluorerte forbindelsene videre for å vurdere ytterligere komponenter i et mattrygghetsperspektiv. En rekke PAH-forbindelser (se metode) ble undersøkt i noen få stikkprøver av torskelever. Det var kun funn av chrysene i konsentrasjoner over LOQ, og dette på veldig lavt nivå, som resulterer i en lowerbound PAH<sub>4</sub> sum på 0,16  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . EFSA har satt en BMDL for PAH rundt 1 mg/kg.

## METODER

---

### Praktisk analyse

Viktige element er kvantifiseringsgrense (limit of quantification, LOQ) og måleusikkerhet. LOQ er den laveste konsentrasjonen en metode kan måle nøyaktig av et stoff. Måleusikkerhet er et tall på feilmargenene til analyseresultatet, og for mange miljøgifter er denne i området 20-40 %. Ringtester, der prøver av det same prøvematerialet blir målt av forskjellige laboratorium, sikrer at den brukte metoden gir mest mulig riktig resultat.

### **Bestemmelse av vanninnhold**

Prøven homogeniseres, veies, fryses, og vannet trekkes ut ved vakuum ved at is går over direkte til damp. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument.

### **Bestemmelse av fettinnhold med etylacetat eller etter syrehydrolyse**

For torskelever er det brukt bestemmelse av fettinnhold med etylacetat. Prinsippet for metoden for fettbestemmelse er gravimetri. Innveid prøve ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fett ble veid. Det er kun ikke-polart fett som blir bestemt, og metoden vil derfor for magre prøver gi en underestimert av det totale fettinnholdet. Metoden er akkreditert, og laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat.

For makrellfilet og krabbebrunmat er det brukt bestemmelse av fettinnhold etter syrehydrolyse. Homogenat av prøven pre-ekstraheres med petroleumbensin på soxtec, dampes inn, hydrolyseres i HCl, og syren filtreres av. Tørket prøve ekstraheres, og inndampingsrest veies. Sum av de to inndampingsvektene utgjør % fettinnhold. Metoden følger NMKL-prosedyre nr 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Referanser: EU kommisjonens direktiv 84/4 EØF, De europeiske Fellesskapers Tidende, nr L 15/28, 18.1.84, metode B. Kommisjonens direktiv 98/64/EF, De europeiske Fellesskapers Tidende, nr L257/23, 19.9.98, del B Tecator application note AN 301, "Solvent Extraction using the Soxtec System".



### **Bestemmelse av elementer med ICPMS**

For bestemmelse av elementer ble det veid inn 0,20-0,25 g frysetørket materiale. Prøvene ble dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Kvantitet av innhold bestemmes med ICPMS (induktivt koplet plasma massespektrometer) med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen, bly, jern, kadmium, kobber, kobolt, kvikksølv, mangan, molybden, selen, sink, sølv og vanadium. Det ble tilsatt gull til standardløsningene for å stabilisere kvikksølvionene, og rhodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (14). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt bestemt ved analyser av sertifisert referansemateriale og ved deltagelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, selen og sink(14, 15). Kun resultater for arsen, bly, kadmium og kvikksølv er vist her. Metodens usikkerhet for er beregnet til rundt 40% (As, Cd, Pb) – 70% (Hg) for måleverdier mellom LOQ og 10 ganger LOQ, og til rundt 20% (As, Cd) eller 25 % (Hg, Pb) ved høyere konsentrasjoner. Validert målområde for det tørre materialet er for As (0,01 – 420), Cd (=,005 – 27), Hg (0,005 – 5) og Pb (0,03 – 11). Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025. Metoden baserer seg på NMKL metode 186. Metoden følger NMKL-prosedyre nr 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument, Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2007. NMKL 186, 2007: Tungmetaller – As, Cd, Hg, Pb og andre elementer. Bestemmelse med ICPMS etter syreopplutning. Nordisk metodikkomité for næringsmidler, Oslo, Norge.

### **Bestemmelse av dioksiner, dioksinlignende PCB og ikke-dioksinlignende PCB**

For bestemmelse av dioksiner, dioksinlignende PCB og ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) ble prøvene opparbeidet ved blanding med hydromatriks og tilsatt <sup>13</sup>C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB og én standard for ikke-dioksinlignende PCB), overført til en Accelerated Solvent Extractor (ASE 300) eller PLE med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen for nedbrytning av fett og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Ekstraktet ble videre rensset kromatografisk ved hjelp av PowerPrep over tre kolonner pakket med henholdsvis flerskiktet silica som fjerner rester av fett fra prøven, basisk alumina og karbon (Power Prep). Dioxin og furan (tetra-octa klorerte dibenso-para-dioxiner (PCDD), tetra-octaklorerte dibenso-para-furaner (PCDF) og non-orto PCB (77, 81, 126, 169) bestemmes ved "isotope dilution" på høyoppløsende GC/MS. Polybromerte difenyl etere (PBDE) (28, 47, 99, 100, 153, 154, 183) bestemmes på GC/MS.

Mono-orto PCB (118, 114, 105, 156, 157, 167, 189) og seks ikke-dioksinlignende PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180) som i sum utgjør PCB<sub>6</sub>, bestemmes på GC-MSMS. PBDE 66, 119 og 138 bestemmes på GC/MS, og mono-orto PCB-123 bestemmes på GC-MSMS. Resultatene kvantifiseres vha intern standard. PBDE vha kalibreringskurve. Metoden følger NMKL-prosedyre nr 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; Van den Berg m.fl., 2006). Ved summering av dioksiner og dioksinlignende PCB ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ). LOQ for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner og non-orto PCB varierte mellom 0,008 og 0,4 pg/g, og for mono-orto PCB mellom 4 og 75 pg/g. Ikke dioksinlignende PCB ble analysert på GC-MS EI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ettpunkts kalibreringskurve gjennom origo. Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne var 0,03 µg/kg våtvekt. Metoden er videreutviklet og tilpasset ved NIFES basert på (16, 17); United States Environmental Protection Agency metode 1613: "Tetra- through Octa Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS", EPA no 821-B-94-005, October 1994; Metode 1668 rev. A: "Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS.": EPA no. 821-R-00-002 December 1999; SANCO/1562/01-rev 1 "Methods of analysis in feed and food"; Com.reg 252/2012 (food) og Com.reg 278/2012 (feed); Analytical Chemistry, Vol. 73, Nr. 16, 15., 4050-4053; SANCO/3116/99-rev1 European Commission. Simplified method for the determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in food and feedingstuffs samples by GC/MS – Working document; Dionex; Application Note ASE 322; Selective Extraction of PCBs From Fish Tissue Using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Dionex Corporation: Sunnyvale, CA, 1996.

### **Bestemmelse av PBDE and HBCD**

Homogenisert prøve ble opparbeidet som beskrevet over for dioksiner, dioksinlignende PCB og PCB<sub>7</sub>. Prøver ble tilsatt intern standard (PBDE-139) og ekstrahert med diklormetan:heksan (80:20) på ASE<sup>®</sup> (Accelerated Solvent Extractor). Fettet ble brutt ned ved hjelp av svovelsyreimpregnert kiselgel i cellene. Ekstraktet ble rensset videre med konsentrert svovelsyre. Rensset ekstrakt ble analysert på GC/MS i selected ion monitoring (SIM-mode) ved negativ kjemisk ionisering (NCI). Kvantifisering ble utført vha. intern standard og en 7-punkts

kalibreringskurve. Det ble analysert for PBDE kongenere 28, 47, 100, 99, 154, 153, 183, 66, 119 og 138, hvorav de første syv er de mest vanlige i sjømat og utgjør PBDE7.

HBCD ble analysert av EUROFINS.

### Bestemmelse av PAH

PAH ble analysert av EUROFINS.

### Bestemmelse av perfluorerte alkylstoffer (PFAS)

Table 19		Muscle meat		Fish liver		Accreditation status
Abbreviation	Name	LOQ (ng/g)	MU (%)	LOQ (ng/g)	MU (%)	
PFBS	Perfluorobutanesulfonic acid	3	80	4.5	80	No
PFHxS	Perfluorohexanesulfonic acid	1.8	35	2.7	35	No
PFOS	Perfluorooctanesulfonic acid	1.8	55	4.5	75	Yes
PFDS	Perfluorodecanesulfonic acid	1.8	30	2.7	30	No
PFOSA	Perfluorooctanesulfonamide	1.5	50	2.7	80	No
PFBA	Perfluorobutanoic acid	2.1	30	3	30	No
PFPeA	Perfluoropentanoic acid	42	30	60	30	No
PFHxA	Perfluorohexanoic acid	1.8	40	4.5	60	No
PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	2.4	30	6.0	30	Yes
PFOA	Perfluorooctanoic acid	2.4	30	7.2	30	Yes
PFNA	Perfluorononanoic acid	1.8	30	4.5	30	Yes
PFDA	Perfluorodecanoic acid	1.2	30	1.8	30	Yes
PFUdA	Perfluoroundecanoic acid	2.7	30	4.5	30	Yes
PFDoDA	Perfluorododecanoic acid	1.8	35	7.2	35	Yes
PFTTrDA	Perfluorotridecanoic acid	3.6	60	9.6	60	Yes
PFTeDA	Perfluorotetradecanoic acid	2.4	70	9.6	70	No
PFHxDA	Perfluorohexadecanoic acid	24	80	24	80	No
PFODA	Perfluorooctadecanoic acid	24	80	24	80	No

**Table 19. List of poly- and perfluorinated alkyl substances** determined by the PFAS method with LOQ (ng/g sample), measurement uncertainty (MU, %) and accreditation status for each compound.

For PFAS analyse ble det veid inn 0,5 g prøve. Det ble tilsatt internstandardløsning og ekstrahert med metanol i ultralydbad. Etter sentrifugering ble prøven filtrert og vann tilsatt før opprensing med ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble rensert videre ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MS/MS i ESI negativ modus og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ekstern standard kurve. Metoden kvantifiserer følgende 18 PFAS-forbindelser, hvorav 8 akkreditert (se **table 19**). Kvantifiseringsgrensene varierer mellom 0,3 og 60 µg/kg og er forskjellige for analyttene og matrisene. Metoden ble prøvd ved ringtestdeltakelse i 2009 med fisk som prøvemateriale og Quasimeme som ringtestarrangør. Resultatene stemte bra overens med median verdiene rapportert i rapporten.

Ringtestmaterialet benyttes som kontrollmateriale i hver analyseserie. Metoden er akkreditert for fet og mager fisk og lever av disse.

### **Bestemmelse av klorinerte pesticider**

Prøven bestemmes for innhold av alpha-HCH, gamma-HCH, oxy-chlordane, trans-chlordane, cis-chlordane, trans-nonachlor, dieldrin, toxaphene -62, mirex, pentaklorbenzen, HCB, op-DDE, pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp-DDT, heptachlor, trans-heptachlor epoxid, aldrin, isodrin, cis-nonachlor, endosulfan (-alpha,-beta,-sulfat), toxaphene -26, -32, -40+41, -42a, -50. Homogenisert og frysetørka prøve blandes med hydromatiks, tilsett intern standar og pakket i ASE celler, før de ekstraheres med heksan, dampes inn og delt i to. Del en syrebehandles, renses og bestemmes vha GSMS (EI), del to renses (aspec) og bestemmes vha GCMS (NCI). Metoden følger NMKL-prosedyre nr 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er utviklet ved NIFES etter metodene 263, 137 og 348, og (16-19).

Pesticider i torskelever ble analysert av EUROFINS.

### **Tallbehandling og statistiske tester**

I denne rapporten er noen av de analyserte verdiene for stoffgruppene under kvantifiseringsgrensen (limit of quantification, **LOQ**). Det vil si at nivåene av det analyserte stoffet er så lavt at man med de brukte metoder ikke kan kvantifisere mengden. Da blir resultatet gitt som lavere enn LOQ (<LOQ). Kvantifiseringsgrensen avhenger bl.a. av hvor mye prøvemengde som veies inn og tørrstoffinnholdet i prøven, og blir beregnet for hver enkelt analytt. For å kunne ta med i beregningene alle resultater har vi satt konsentrasjoner som er mindre enn LOQ lik LOQ. Dette prinsippet kalles for «upperbound LOQ». Man anvender upperbound summering på giftstoffer ut ifra et føre-var prinsipp når man vurderer mattrygghet (se også **table 2**). På denne måten unngår man å undervurdere belastningen med en giftstoff. Det reelle tallet, som ikke er kvantifiserbart, vil da normalt være lavere enn LOQ. Man kan tenke seg at «upperbound LOQ» prinsippet estimerer den verst mulige situasjonen. I vår rapport er gjennomsnittsverdier og summerte verdier konsekvent gitt som upperbound.

Alle tallbehandlinger og statistiske analyser ble utført ved hjelp av programvaren Statistica™ 7 (StatSoft Inc., Tulsa, USA) og GraphPad Prism 5 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA), og Excel (Office, Microsoft) som også ble brukt for å lage de grafiske fremstillingene. I teksten er det oppgitt gjennomsnitt±standardavvik (minimum/maksimum) for å vise den totale

---

variabiliteten, mens i figurene er det oppgitt gjennomsnitt $\pm$ 95% konfidensintervall for å vise hva som er sannsynlig gjennomsnittlig konsum, med de anslag av sikkerhet datasettet gir. Alle tall er basert på våtvekt. Forskjell mellom flere grupper ble testet med non-parametrisk Kruskal-Wallis test, forskjell mellom to grupper ble testet med unpaired, two-tailed t-test med Man-Whitney U. Resultat er berettet som signifikant når  $p < 0.05$ .

---

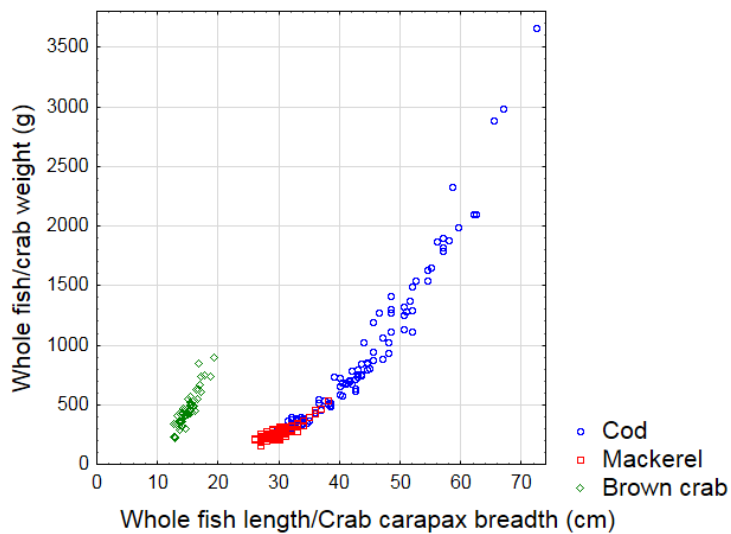


## TILLEGSINFORMASJON

Supplementary table 1: Basic physiological parameters								
Art	Species	N	Fish length/crab breadth (cm)		Fish weight (g)		Sex	N*
			mean	SD	mean	SD		
			Min	max	min	max	% female	
<b>Cod</b>		100	43.5	9.5	940	653	59	98
			29.5	72.5	240	3660		
<b>Mackerel</b>		150	30.2	1.9	269	49	63	148
			26	38	159	542		
<b>Edible/Brown crab</b>		55	15.1	1.5	469	142	56	55
			12.6	19.4	223	892		

**Supplementary table 1. Fish length (cm), weight (g) and sex (% females) of the different fish species analyzed.** Number of samples (N), mean, standard deviation, minimum and maximum values are given for length and weight. \*Number of fish with identified sex.

## Supplementary figure 1



**Supplementary figure 1.** Fish weight (g) plotted against fish length (cm) for each fish species included in the project.

## ORDFORKLARING

<b>Grunnstoff</b>	<p><i>Arsen</i> forekommer naturlig og er knyttet til gruvedrift. Det er brukt i trekonserveringsmidler, farger og mange industrielle prosesser, og har vært brukt som pesticid. Uorganisk arsen (arsenikk) er mer giftig enn organiske former og er kreftfremkallende og skader nervesystemet, huden, blodkar, hjerte og lunger. Fisk inneholder høye nivå av arsen, men mesteparten av arsenet i fisk er organisk arsenobetain, som er lite giftig. Klokjøtt av krabbe inneholder også lite uorganisk arsen. Det er antatt at 0,05% og 0,23% av arsen i henholdsvis klokjøtt og brunmat er uorganisk(20).</p>
	<p><i>Bly</i> fins naturlig i miljøet og i produkter som maling og batteri. Tidligere var det tilsatt i bensin. Gruvedrift og smelteverk har ført til høyere forekomster av bly i visse havner og fjordsystem. Mennesker blir eksponert for bly hovedsakelig gjennom mat og forurenset luft. Bly er skadelig for nerver og hjernen. Fiskefilet oppkonsentrerer lite bly og betyr lite for inntaket av bly gjennom kosten.</p>
	<p><i>Kadmium</i> fins naturlig i jordskorpen og er knyttet til sinkproduksjon fra metallindustri og gruvedrift. Kadmium blir også langtransportert via luft og havstrømmer. Typiske bruksområder er som stabilisator og pigment i plastprodukt, i galvanisering og i batteri. Kadmium er kreftfremkallende, forstyrrer hormonsystemet og kan gi nyreskade og beindeforviteter(10). Kadmium blir oppkonsentrert i lever og nyre hos fisk og i fordøyelseskjertel hos skaldyr. Vi finner stort sett lite kadmium i fiskefilet, men brunmat av krabbe kan ha høye nivå.</p>
	<p><i>Kvikksølv</i>: Kilder til kvikksølv er vulkansk aktivitet og annen avgassing fra jordens overflate, metallindustri, gullutvinning og forbrenningsprosesser. Det er observert en global økning av kvikksølv i havvann siden den industrielle revolusjonen. Hovedformen i fisk og annen sjømat er metylkvikksølv, som også er den mest giftige formen. Metylkvikksølv kan skade nervene, hjertet, blodkar og immunforsvaret. Spesielt er hjernen til foster utsatt. Inntak av fisk</p>



	<p>er den største kilden til metylkvikksølv for mennesket og klokjøtt av krabbe kan også ha høye verdier. Kvikksølvnivået øker som regel med alderen og størrelsen på organismen. Det er normalt totalkvikksølv som blir analysert.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Organiske miljøgifter</b></p>	<p><i>PCB</i> har vært fremstilt syntetisk og brukt i elektrisk utstyr, maling og plast. PCB skader immunforsvaret og nerve- og forplantningssystemet, og kan gi leverkreft. <i>Dioksin og furan</i> blir dannet ved naturlige eller industrielle forbrenningsprosesser med klor og karbon. Noen PCB-forbindelser har dioksinliknende effekt (dl-PCB). Høyt inntak av dioksin og dl-PCB over lang tid kan føre til endringer i hormonbalansen og økt risiko for å utvikle kreft. Foster og spedbarn er mest følsomme for skader. Skadeevnen til dioksin og dl-PCB blir uttrykt som toksiske ekvivalensfaktorer (TEF), og total skadepotensiale i en prøve blir uttrykt i toksiske ekvivalenter (TE). Dioksin og dl-PCB blir oppkonsentrert i fett (se <b>table 1</b>). De høyeste nivåene i sjømat finner vi i fiskelever, fet fisk og brunmat av krabbe. En tidligere analyse har vist at filet av torsk med de høyeste nivå av dioksin og dl-PCB i lever, mer enn 1000 ng TE/kg våtvekt, viste så vidt over 8 ng TE/kg våtvekt (NIFES, personlig kommunikasjon med Bente Nilsen). Disse resultatene tyder på at nivået av dioksin og dl-PCB i torskefilet ikke representerer noen helsefare. Ofte analyserer en seks ikke-dl-PCB, omtalt som PCB<sub>6</sub>, som er de som en finner i høyest nivå i sjømat med høyt fettinnhold.</p>
	<p><i>Bromerte flammehemmere</i> er menneskeskapte, og blir brukt i elektronisk utstyr, tekstil og bygningsmaterialer. De er lite nedbrytbare, kan bli oppkonsentrert i næringskjeda, og blir langtransportert til arktiske strøk. Det er mistanke om at visse bromerte flammehemmere kan ha hormonforstyrrende effekter og skade nervesystemet. Stoffgruppen omfatter polybromerte difenyleterar (PBDE), tetrabrombisfenol A (TBBP-A) og heksabromsyklododekan (HBCD). Vi finner de høyeste nivåene i fiskelever og fett fisk (se <b>table 1</b>).</p>

*Polyaromatiske hydrokarbon (PAH)* blir dannet ved biologisk aktivitet, ufullstendig forbrenning eller spredd fra rå og raffinert mineralolje. Flere av PAH-forbindelsene er giftige, arvestoffskadelige eller kreftfremkallende ved høyt inntak. PAH er til dels nedbrytbare, og blir ikke oppkonsentrert i fisk. Skaldyr kan derimot oppnå høye konsentrasjoner ved forhøyde nivå i miljøet.

*Perfluoralkylstoffer (PFAS)* blir brukt til overflatebehandling for vann- og fettavstøtende overflater og er veldig stabile. Bruksområder er for eksempel tekstiler, brannskum, matpapir, gulvbelegg og som insectisider. PFAS forstyrrer hormonreguleringen og dermed utviklingen, immunforsvaret, nervene og er kreftfremkallende. Sjømat bidrar mest til inntak av PFAS via mat. PFAS følger ikke fett som de fleste organiske miljøgifter, men protein.

*Pesticider* er brukt til å kontrollere skadeorganismer, for eksempel som plantevernmiddel mot insekter. Pesticider havner i vannet ved uhell eller som avrenning fra for eksempel åker, eller når de tilsettes vann for å drepe alger. Dette er en svært heterogen stoffgruppe med forskjellige egenskaper i forhold til evnen til å binde til forskjellige substrat, vannløselighet og nedbryting og dermed akkumulering i næringskjeden. De klorerte pesticidene er stort sett forbudt på verdensbasis, men noen kan fremdeles være i bruk i enkelte land. De blir også transportert gjennom luft og havstrømmer. Diklor-difenyl-trikloretan (DDT) var i omfattende bruk, men er faset ut. Vi rapporterer utgangsstoffet DDT (o,p- og p,p-) og nedbrytingsproduktene DDE og DDD. Toksafen er et insekticid som forekommer i mange forbindelser og noen av dem kan gi alvorlige helseeffekter. Det har ikke vært brukt i Norge, men kan likevel finnes i sjømat. Det rapporteres forbindelsene toksafen 26, 50 og 62. Klordan er en stoffblanding brukt som pesticid frem til 1970årene. Det har lang nedbrytingstid og er spredd globalt. Vi rapporterer cis- og trans-klordan, cis- og trans-nonaklor og oksyklordan. Hexachlorocyclohexan (HCH) har vært i bruk mot lus og skabb, men er forbudt internasjonalt nå. Vi rapporterer  $\alpha$ -,  $\beta$ -, og  $\gamma$ -HCH. Den siste er også kjent som Lindane. Heksaklorbensen (HCB) er et industrielt biprodukt som har blitt brukt mot sopp i enkelte land frem til 1965.

---

	<p>Det kan gi alvorlige helseskader og spres over lange avstander. Dieldrin har ikke vært brukt i Norge og er forbudt i hele Europa. Det regnes som kreftfremkallende og meget persistent. Mirex er et insekticid som ble brukt mot maur, men ble forbudt på grunn av at det gav skader på marine krepsdyr. Det blir også rapportert aldrin, heptaklor og endosulfan, men disse var gjennomgående under LOQ.</p>
--	--

---

**REFERANSER**

---

1. Green, N. W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Allan, I., Hjermann, D., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Lund, E., Tveiten, L., and Bæk, K. (2014) Contaminants in coastal waters of Norway 2014.
2. Nottestad, L., Diaz, J., Pena, H., Soiland, H., Huse, G., and Ferno, A. (2016) Feeding strategy of mackerel in the Norwegian Sea relative to currents, temperature, and prey. *Ices J Mar Sci* **73**, 1127-1137
3. Julshamn, K., Nilsen, B. M., Duinker, A., Frantzen, S., Valdersnes, S., Nedreaas, K., and Maage, A. (2013) Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*), Sluttrapport. *NIFES rapport*
4. Julshamn, K., Frantzen, S., and Valdersnes, S. (2010) Fremmedstoffer i villfisk med vekt på uorganisk arsen, metylkvikksølv, bromerte flammehemmere og perfluoreerte alkylstoffer. *NIFES rapport*
5. Julshamn, K., Duinker, A., and Maage, A. (2013) Oppfølging av Mattilsynets krabbeprosjekt - november – desember 2012, Oppfølgene analyser fra Vesterålen. *NIFES rapport*
6. Julshamn, K., Nilsen, B. M., Valdersnes, S., and Frantzen, S. (2012) Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. *NIFES rapport*
7. Frantzen, S., Duinker, A., and Maage, A. (2015) Kadmiumanalyser i taskekrabbe fra Nordland høsten/vinteren 2013-2014. *NIFES rapport*
8. Sloth, J. J., Larsen, E. H., and Julshamn, Y. (2005) Survey of inorganic arsenic in marine animals and marine certified reference materials by anion exchange high-performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Agr Food Chem* **53**, 6011-6018
9. (CONTAM), E. P. o. C. i. t. F. C. (2009) Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*
10. (CONTAM), E. P. o. C. i. t. F. C. (2012) Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal* **2012** **10**, 37
11. Nilsen, B. M., Frantzen, S., and Julshamn, K. (2011) Fremmedstoffer i Villfisk med vekt på Kystnære Farvann, En undersøkelse av innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelever fra 15 fjorder og havner langs norskekysten. *NIFES rapport*
12. (CONTAM), E. P. o. C. i. t. F. C. (2011) Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal* **9(7)**, 2296
13. DDT, Decision Guidance Document, Joint FAO/UNEP Programme for the operation of Prior Informed Consent, UNEP/FAO, Rome, Italy, 1991.
14. Julshamn, K., Maage, A., Norli, H. S., Grobecker, K. H., Jorhem, L., and Fecher, P. (2007) Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL1 interlaboratory study. *J Aoac Int* **90**, 844-856
15. Julshamn, K., Maage, A., Norli, H. S., Grobecker, K. H., Jorhem, L., Fecher, P., and Dowell, D. (2013) Determination of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods by Pressure Digestion and Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry: First Action 2013.06. *J Aoac Int* **96**, 1101-1102

16. Muller, A., Bjorklund, E., and von Holst, C. (2001) On-line clean-up of pressurized liquid extracts for the determination of polychlorinated biphenyls in feedingstuffs and food matrices using gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A* **925**, 197-205
17. Bjorklund, E., Muller, A., and von Holst, C. (2001) Comparison of fat retainers in accelerated solvent extraction for the selective extraction of PCBs from fat-containing samples. *Anal Chem* **73**, 4050-4053
18. Dimuccio, A., Ausili, A., Dommarco, R., Barbini, D. A., Santilio, A., Vergori, F., Demerulis, G., and Sernicola, L. (1991) Solid-Matrix Partition for Separation of Organochlorine Pesticide-Residues from Fatty Materials. *J Chromatogr* **552**, 241-247
19. Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Stajnbaher, D., and Schenck, F. J. (2003) Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce. *J Aoac Int* **86**, 412-431
20. Vandermeersch, G., Lourenco, H. M., Alvarez-Munoz, D., Cunha, S., Diogene, J., Cano-Sancho, G., Sloth, J. J., Kwadijk, C., Barcelo, D., Allegaert, W., Bekaert, K., Fernandes, J. O., Marques, A., and Robbens, J. (2015) Environmental contaminants of emerging concern in seafood - European database on contaminant levels. *Environ Res* **143**, 29-45

