

Bilag 79



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

Rapport

2015

Metaller og organiske miljøgifter i sjømat fra Vatsfjorden 2014

Sylvia Frantzen og Amund Måge

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

29.06.2015

FORORD

Dette er en undersøkelse gjennomført på oppdrag fra Jakob Hatteland på bakgrunn av en bekymring for at sjømaten i Vatsfjorden er forringet av forurensning fra et anlegg som demonterer utrangerte oljeplattformer i området. Vi rapporterer resultater fra analyser og sammenligner med resultater fra andre undersøkelser gjort på de samme artene i andre områder, men gjør ingen spekulasjoner om kilder i tilfeller hvor det ser ut til å kunne være forhøyede nivåer.

Prøvetakingen ble gjort av en lokal fisker og ble organisert av oppdragsgiver etter instruks utarbeidet ved NIFES. Det øvrige arbeidet med opparbeiding og analyser ble gjennomført ved NIFES. Arbeidet med opparbeiding av prøver ble gjennomført ved NIFES' prøvemottak under ledelse av Anne-Margrethe Aase. Analysene for metaller og TBT ble gjennomført ved laboratorium for grunnstoff ledet av Marita Eide Kristoffersen, og analysene for de organiske miljøgiftene ble gjennomført ved laboratorium for fremmedstoffer under ledelse av Annette Bjordal og Kjersti Kolås, bortsett fra PAH-analysene som ble utført ved Eurofins.

Vi takker alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Bergen, 29.06.2015

INNHold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Miljøgifter og mattrygghet	7
1.3 Bakgrunnsdata for de ulike artene som overvåkes	9
1.3.1 Blåskjell.....	9
1.3.2 Krabbe	9
1.3.3 Torsk.....	9
1.3.4 Brosme.....	9
2. Materiale og metoder	10
2.1 Prøveinnsamling.....	10
2.2 Prøveopparbeiding.....	10
2.3 Analyser	11
2.3.1 Metaller	12
2.3.2 Dioksiner, dl-PCB og PCB ₆	12
2.3.3 Tributyltinn, dibutyltinn og monobutyltinn.....	13
2.3.4 Polyaromatiske hydrokarboner.....	13
2.3.5 Perfluoreerte alkylstoffer.....	14
2.3.6 Fettinnhold.....	14
3. Resultater og diskusjon.....	15
3.1 Blåskjell.....	15
3.2 Krabbe	17
3.2.1 Størrelse og kjønn på krabbene	17
3.2.2 Metaller i klokjøtt og brunmat av krabbe	17
3.2.3 Organiske miljøgifter i krabbe.....	19
3.3 Torsk.....	23
3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på torsken	23
3.3.2 Metaller i muskel og lever av torsk	23
3.3.3 Organiske miljøgifter i torsk	27
3.4 Brosme	29
3.4.1 Størrelse, kjønn og levervekt på brosmene.....	29
3.4.2 Metaller i muskel og lever av brosme	30
3.4.3 Organiske miljøgifter i brosme.....	32
4. Konklusjoner	34
5. Litteraturliste.....	35

SAMMENDRAG

Vi har i 2014 for andre gang utført en undersøkelse av innholdet av miljøgifter i sjømat fra Vatsfjorden i Vindafjord kommune i Rogaland. Blåskjell og krabber ble prøvetatt ved to ulike lokaliteter, Eikanes og Raunes, mens torsk ble prøvetatt i området ved Eikanesholmen og brosme ved utløpet av Vatsfjorden mot Yrkesfjorden (Vatsfjordinngangen). Fordi det var lite innmat i krabbene tatt i juli/august, ble det også tatt prøver av krabbe i oktober.

For blåskjell ble det laget samleprøver av 25 skjell fra hver av de to lokalitetene. For krabbe ble det analysert klokjøtt og brunmat av ti individuelle krabber fra hver av de to lokalitetene og hver av de to prøvetakingsdatoene. Videre ble det analysert muskel- og leverprøver av 16 enkeltfisk av torsk og 10 enkeltfisk av brosme.

Alle prøvene ble analysert for tungmetaller, arsen og selen mens blåskjell i tillegg ble analysert for flere metaller og polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Brunmat av krabbe og fiskelever ble i tillegg til metaller analysert for de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) og PAH. Alle prøver ble analysert for tributyltinn (TBT), dibutyltinn (DBT) og monobutyltinn (MBT) og perfluorerte alkylstoffer (PFAS).

Kvikksølvkonsentrasjonene i blåskjell fra de to lokalitetene var henholdsvis 0,015 og 0,021 mg/kg våtvekt, som er godt under EU og Norges øvre grenseverdi for omsetning av skjell til humant konsum på 0,5 mg/kg våtvekt, og lavt sammenlignet med generelle data fra Norskekysten. Kvikksølvnivået i blåskjell i 2014 var lavere eller likt som i 2013. Også andre metaller, TBT, DBT og MBT, PAH og PFAS i blåskjell viste relativt lave nivåer.

Krabber fra Vatsfjorden hadde nivåer av kvikksølv i klokjøtt som var høyere enn bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland og landet for øvrig. Nivået var under grenseverdien på 0,5 mg Hg/kg våtvekt med gjennomsnitt fra 0,12 til 0,17 mg/kg våtvekt og maksverdier fra 0,20 til 0,27 til mg/kg våtvekt. Det var relativt lave kadmiumkonsentrasjoner i krabbe fra Vatsfjorden.

Brunmat av krabber hadde stort sett ikke forhøyet nivå av sum dioksiner og dl-PCB sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten, med gjennomsnittskonsentrasjoner fra 2,8 til 6,6 ng TE/kg våtvekt. Nivået av sum PCB₆ så imidlertid ut til å være noe forhøyet, med gjennomsnittskonsentrasjoner fra 14 til 29 µg/kg våtvekt, sammenlignet med et bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland på 12 µg/kg våtvekt. Det er ikke grenseverdier som gjelder for miljøgifter i brunmat av krabbe, men Mattilsynet advarer kvinner i fruktbar alder og barn om å unngå å spise brunmat av krabbe fordi de tidligere har vist å kunne ha forhøyet nivå av dioksiner og dioksinlignende PCB.

Torsk hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i muskel under grenseverdien for mattrygghet med 0,22 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjonen varierte fra 0,073 til 0,53 mg/kg våtvekt, og en fisk på 7,3 kg hadde et nivå over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt. Gjennomsnittet var noe over 0,2 mg/kg våtvekt som er et nivå Mattilsynet benytter ved vurdering av eventuelle advarsler til gravide og ammende, som gjelder torsk. Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i torskefilet var høyere (ikke signifikant) i 2014 enn i 2013, men det var fordi flere større fisk og færre mindre fisk ble analysert i 2014 enn i 2013. Når størrelse ble tatt høyde for var kvikksølvnivå i fileten av torsk fra Vatsfjorden på nivå med det som tidligere er målt i muskel av torsk fra fjordsystemet utenfor Vatsfjorden (Ryfylke) og det som har vært målt i annen overvåkning i Vatsfjorden samt enkelte andre Vestlandsfjorder. Nivået var høyere enn Sognefjorden og Nordsjøen, men lavere enn Hardangerfjorden og Oslofjorden.

Kvikksølvnivået i lever av torsk var i gjennomsnitt lavere i 2014 enn i 2013, og torsk fra Vatsfjorden hadde litt høyere nivå i lever (gjennomsnitt 0,11 mg/kg våtvekt) enn torsk fra Ryfylke (gjennomsnitt 0,069 mg/kg våtvekt).

Torsk fra Vatsfjorden hadde for det meste konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og PCB₆ i lever som var høyere enn EU og Norges øvre grenseverdier som gjelder torskelever (20 ng TE/kg våtvekt for sum dioksiner og dl-PCB og 200 µg/kg våtvekt for torskelever). Gjennomsnittskonsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB var 27 ng TE/kg våtvekt og for sum PCB₆ 330 µg/kg våtvekt. Nivåene var noe lavere i 2014 enn i 2013, og var ikke uvanlig høye sammenlignet med enkelte andre kyst- og fjordområder i Sør-Norge. Fordi fiskelever ved tidligere undersøkelser har vist hyppige overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter ved kysten og inne i fjorder, har Mattilsynet gitt en generell advarsel mot å spise lever av selvfanger fisk i kyst- og fjordområder.

Brosme fisket i Vatsfjordinngangen hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskel hos to av ti fisk over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt med den høyeste på 1,0 mg/kg våtvekt. Gjennomsnittskonsentrasjonen på 0,41 mg/kg våtvekt var imidlertid under grenseverdien. Nivået i 2014 var det samme som ble målt året før. Brosme har vist seg å kunne ha relativt høye nivåer av kvikksølv i muskel, og konsentrasjonene i brosmene fra Vatsfjorden var på linje med tidligere analyser av brosme fra kysten av Vestlandet. Sammenligning med brosmer fra Boknafjordområdet har vist at kvikksølvnivåene i brosmelever fra Vatsfjordinngangen var lavere enn lenger ute i fjordsystemet.

Nivået av sum dioksiner og dl-PCB samt sum PCB₆ i lever av brosme var over grenseverdiene i alle prøvene, og konsentrasjonene var enda høyere enn hos torsk fra Vatsfjorden. Gjennomsnittskonsentrasjon for sum dioksiner og dl-PCB var på 54 ng TE/kg våtvekt, og for sum PCB₆ var gjennomsnittet 796 µg/kg våtvekt. Vi har foreløpig lite publiserte data å sammenligne med for å kunne si om dette er unormalt høye nivåer for brosme.

Ut fra resultatene i denne undersøkelsen ser sjømat fra Vatsfjorden ut til å være noe påvirket av kvikksølv og PCB. Konsentrasjonene av TBT, PAH og PFAS var ikke målbare eller forholdsvis lave i alle de analyserte prøvene.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I Vatsfjorden i Vindafjord kommune i Rogaland har det i lang tid vært bekymring for at fjordsystemet har blitt forurensert av industriell virksomhet. Bekymringen har spesielt vært knyttet til demontering av utrangerte oljeplattformer som har pågått siden 2004. Man har blant annet vært redd for at forurensing skal føre til forringelse av sjømaten i området. NIVA har siden 2009 overvåket miljøtilstanden i fjordsystemet, en overvåkning som er pålagt av Miljødirektoratet (Kvassnes et al. 2010; Kvassnes et al. 2011; Kvassnes 2012; Kvassnes et al. 2013; Beyer et al. 2014). NIFES har blitt bedt om å gjennomføre et overvåkningsprogram spesielt innsiktet på sjømat for å gi enda fyldigere svar på om sjømaten i Vatsfjorden har forhøyet nivå av miljøgifter og om dette kan ha en betydning for mattryggheten. Derfor ble det for første gang i 2013 tatt prøver av blåskjell, krabbe, torsk og brosme i fjorden, og prøvene ble analysert for ulike miljøgifter: metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, PAH og TBT. Med hensyn til metaller viste resultatene stort sett lave eller forventede nivåer, bortsett fra kvikksølv i krabbeklo som var forhøyet sammenlignet med bakgrunnsnivå fra kysten, men likevel ikke over grenseverdien for mattrygghet. Nivåene av dioksiner og PCB i lever av torsk og brosme var langt over grenseverdier for mattrygghet, men nivåene var ikke svært høye sammenlignet med andre fjorder på Vestlandet som også er påvirket. Mattilsynet har allerede fra tidligere undersøkelser gitt en advarsel om å unngå lever av selvfangst fisk fra kyst- og fjordområder, og det ble ikke gitt noen nye kostadvarsler for Vatsfjorden basert på resultatene for 2013.

I 2014 ble det igjen tatt prøver av blåskjell, krabbe, torsk og brosme i Vatsfjorden. De ble analysert for de samme stoffene som i 2013. I 2014 ble analysespekteret for alle prøvene utvidet med tri-, di- og monobutyltinn (TBT, DBT og MBT) samt perfluorerte alkylstoffer (PFAS).

1.2 Miljøgifter og mattrygghet

Tungmetaller og organiske miljøgifter finnes overalt i det marine miljøet og i all slags sjømat i ulike nivåer. Miljøgiftene kan enten være langtransportert med luft- og vannstrømmer (diffuse kilder) eller de kan ha lokale kilder. De kan også være til stede i bunnsedimentene som et resultat av tidligere utslipp, slik som i mange fjorder og havner.

På grunn av langtransportert forurensning fra diffuse kilder i inn- og utland vil det selv langt ute i havet, fjernt fra menneskelig aktivitet, finnes spor av miljøgifter i sjømat, men som oftest vil nivåene avta jo lenger bort fra kildene man kommer. I norske havområder vil det typisk være lavest konsentrasjoner i Barentshavet, noe høyere i Norskehavet og høyest i Nordsjøen og Skagerrak. Og så vil det typisk være enda høyere nivåer langs kysten og inne i fjordene enn ute i havet. I fjordene er det ofte lokale kilder til miljøgiftpåvirkning.

Det er svært stor variasjon mellom ulike typer sjømat i hvor høyt nivå det er av ulike miljøgifter. Variasjonene skyldes faktorer som fettinnhold, alder, størrelse, diett, nivå i næringskjeden, om arten er stedbunden eller mer bevegelig, om den lever i tilknytning til sedimentene eller fritt i vannmassene og biologiske forskjeller i evne til å akkumulere ulike stoffer. Derfor kan noen arter ha høyt innhold av en type miljøgift mens andre har svært lavt innhold i et område med samme påvirkning.

For å beskytte konsumenter av sjømat mot for høyt inntak av skadelige stoffer gjennom maten har EU og Norge fastsatt øvre grenseverdier for hvor høye konsentrasjoner av ulike miljøgifter ulike typer mat kan ha ved omsetning til humant konsum ([EU 1881/2006](#)). Tabell 1 viser de øvre grenseverdiene som gjelder for ulike typer sjømat som er relevant for denne

Tabell 1. EU og Norges øvre grenseverdier for fremmedstoffer i ulike typer sjømat inkludert i denne undersøkelsen.

Type sjømat Inkludert i denne undersøkelsen	Fiskefilet Torsk, brosme	Fiskelever Torsk, brosme	Skjell Blåskjell	Krepsdyr Krabbeklo
Kvikksølv (mg/kg våtvekt)	0,5		0,5	0,5
Kadmium (mg/kg våtvekt)	0,05		1,0	0,5
Bly (mg/kg våtvekt)	0,3		1,5	0,5
Sum dioksiner og furaner (ng 2005-TE/kg vv)	3,5		3,5	3,5
Sum dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (ng 2005-TE/kg vv)	6,5	20	6,5	6,5
Sum PCB ₆	75	200	75	75
PAH: Benzo(a)pyren (µg/kg vv)			5	
Sum 4 PAH (µg/kg vv)			30	

undersøkelsen. Grenseverdiene kan være ulike for ulike typer sjømat blant annet fordi de naturlig akkumulerer til ulike nivåer og fordi de inntas i ulike mengder. I filet av mager fisk, som torsk og brosme, er det stort sett bare kvikksølv av miljøgiftene som i påvirkede områder kan komme opp i nivåer som nærmer seg eller overstiger grenseverdien. Fiskelever er fettrik og kan akkumulere høye nivåer av organiske miljøgifter. Siden fiskelever spises i mye mindre mengder enn filet er det satt høyere grenseverdier for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₆ i denne matvaren enn i filet. Mattilsynet advarer kvinner i fruktbar alder og barn mot å spise fiskelever generelt (<http://www.matportalen.no/verktøy/advarsler/>). For befolkningen ellers har de gitt et råd om ikke å spise lever av selv fisket fisk langs kysten og i fjordene (innenfor grunnlinjen). Skjell kan akkumulere enkelte metaller og PAH hvis disse er tilstede i vannet, men for blåskjell skal det likevel mye til for å oppnå konsentrasjoner over grenseverdiene. Blåskjell er en ofte brukt indikator for forurensning siden den filtrerer mye vann og forurensningsnivået i vannet gjerne reflekteres i blåskjellene. Krabber kan akkumulere mye miljøgifter i fordøyelseskjertelen (hepatopankreas) som sammen med rogn utgjør brunmaten i krabben. På grunn av dette og fordi brunmaten ikke er så vanlig som mat gjelder grenseverdiene for krabbe bare klokjøttet. For å beskytte de mest sårbare gruppene advarer Mattilsynet kvinner i fruktbar alder og barn om å unngå å spise brunmaten (<http://www.matportalen.no/verktøy/advarsler/>). Klokjøtt fra krabbe har lite fett og akkumulerer lite organiske miljøgifter, men kan ha forhøyet kvikksølvnivå dersom det er forhøyet kvikksølvnivå (metylkvikksølv) i miljøet.

Skal man vurdere om nivået av miljøgifter er forhøyet i et område er det nødvendig å sammenligne med et bakgrunnsnivå. Gjennom ulike overvåknings- og kartleggingsprogram finnes det nå relativt solide mengder bakgrunnsdata for de fleste av artene som er analysert i denne undersøkelsen, slik at det skal være mulig å antyde om nivåene i Vatsfjorden er forhøyet eller ikke i de ulike artene. Det må imidlertid presiseres at vi likevel ikke gjennom denne overvåkningen har grunnlag for å trekke slutninger om eventuelle kilder dersom vi finner forhøyet nivåer.

1.3 Bakgrunnsdata for de ulike artene som overvåkes

1.3.1 Blåskjell

Blåskjell akkumulerer særlig metaller og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ved at de filtrerer vannet, og de er en mye brukt indikator for forurensningsnivå. Derfor har det blitt analysert mange blåskjell gjennom tidligere overvåkning, og gjennom tilsynsprogrammet for skjell som NIFES årlig gjennomfører for Mattilsynet er det skaffet mye bakgrunnsdata for nivåene av de fleste miljøgifter i blåskjell langs hele kysten (Duinker et al. 2012). Disse kan brukes til å sammenligne resultater fra Vatsfjorden med. I tillegg kan resultatene sammenlignes med Miljødirektoratets klassifiseringssystem for forurensning.

1.3.2 Krabbe

Brunmat av krabbe har en særlig evne til å akkumulere mye kadmium, i tillegg til at det i forurensede områder kan bli relativt høye nivåer av organiske miljøgifter. I 2011/2012 ble det på oppdrag fra Mattilsynet gjennomført en kartlegging der det ble tatt prøver av krabber langs hele kysten fra Hvaler til Vesterålen (Julshamn et al. 2012). Disse ble analysert for en rekke metaller og ulike organiske miljøgifter. Prøvene ble tatt i områder som var antatt lite forurensset, og et av målene var å kartlegge bakgrunnsnivå for miljøgifter i de ulike krabbene. Totalt ble det analysert både klokjøtt og brunmat av 465 krabber, og dette ga et godt materiale for sammenligning når en skal vurdere om nivåene i for eksempel Vatsfjorden er forhøyet eller ikke.

1.3.3 Torsk

Torsk er en art som i likhet med blåskjell er mye brukt som forurensningsindikator, og blir derfor ofte benyttet i overvåkningssammenheng. Miljødirektoratet har klassifiseringsgrenser for kvikksølv og en rekke organiske miljøgifter i torsk (Molvær 1997). I 2009-2011 ble det gjennomført en stor basisundersøkelse for torsk (Julshamn et al. 2013c), som ga godt datagrunnlag til å sammenligne nye resultater med. Her ble i alt 2100 torsk fra både Barentshavet, Nordsjøen og en rekke fjorder og kystområder analysert for metaller i muskel og metaller og organiske miljøgifter i lever. Blant annet ble det tatt prøver av torsk fra to posisjoner i Ryfylke.

1.3.4 Brosme

For brosme finnes det mye mindre kunnskap enn for torsk, både med hensyn til innhold av miljøgifter og ellers biologi og levevis. Men det er en art som har fått økende interesse fordi den ser ut til å kunne akkumulere relativt høye konsentrasjoner av kvikksølv i forurensede områder. Blant annet ble det funnet brosme med svært høye kvikksølvnivåer i Sørfjorden og Hardangerfjorden gjennom en masteroppgave i 2009 (Kvangarsnes 2010; Kvangarsnes et al. 2012), bekreftet gjennom en senere kartlegging i Hardangerfjorden (Måge et al. 2012). Kanskje er brosme en god indikator for om kvikksølvforurensning i et område har en effekt på sjømattrygghet. På grunn av de høye nivåene av kvikksølv i brosme fra Hardangerfjorden advarer nå Mattilsynet mot å spise brosme i størstedelen av Hardangerfjorden (se matportalen.no). De har også bestilt en større kartlegging av miljøgifter i brosme som er under gjennomføring i løpet av 2013-2015, der det vil bli analysert filet og lever av brosmes fra 55 ulike posisjoner langs kysten, i fjorder og i åpne havområder. Rapport for denne undersøkelsen vil bli levert sommeren 2016.

Som en del av det treårige prosjektet ble det i 2014 gjennomført en masteroppgave, der brosme fra indre og ytre deler av Boknafjordsystemet, Hardangerfjorden og Lofoten ble analysert for kvikksølv i filet og lever og sammenlignet (Grunnaleite 2014). Resultatene ble

også sammenlignet med resultatene fra overvåkningen i Vatsfjorden i 2013. Det finnes altså noe data på kvikksølv som allerede nå kan benyttes til sammenligning.

Det som finnes av publiserte data på nivåene av organiske miljøgifter i lever av brosme i Norge er sammenstilt i en rapport fra NIVA (Beylich og Ruus 2011). Men når det treårige kartleggingsprogrammet for Mattilsynet er ferdigstilt i 2016 vil det finnes mye mer data på bakgrunnsnivå av ulike miljøgifter i brosme som kan benyttes til å si hva som er "normale" konsentrasjoner.

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Prøveinnsamling

Vatsfjorden er en ca. 5 km lang fjord som munner ut i Yrkesfjorden i Vindafjord kommune, nord i Boknafjordsystemet (Figur 1). Prøvetakingen ble foretatt av en lokal fisker i henhold til detaljert prøvetakingsinstruks og følgeskjema utarbeidet ved NIFES.

Blåskjell ble prøvetatt 9. og 10. august ved to lokaliteter, henholdsvis Eikanes og Raunes (Figur 1). Blåskjellene ble løsnet med rive ca. en meter under flomålet, og fra hver lokalitet ble det laget en samleprøve av minst 25 skjell i spisetørrelse.

Prøvetakingen for krabbe ble også gjort ved Eikanes og Raunes (Figur 1), først henholdsvis 6. august og 19. juli og deretter 11. og 12. oktober. Årsaken til at det ble tatt prøver to ganger i hvert område var at krabbene prøvetatt i juli/august hadde svært lite innmat, slik at mengden ikke var tilstrekkelig til alle analysene. Krabbene ble fanget i teiner satt ved ca. 15 meters dyp, og det ble tatt ti krabber ved hver lokalitet hver gang.

Torsken ble fisket 24. juni ved Eikanes i den indre delen av fjorden (Figur 1). Den ble tatt med line ved 20-25 meters dyp. Det ble samlet inn 16 torsk. Brosmene ble fanget 19. juli ved Vatsfjordinnngangen i teine satt ved 150-200 meters dyp (Figur 1). Det ble samlet inn ti brosmes.

To samleprøver av blåskjell, 4 x 10 krabber, 16 torsk og 10 brosmes ble frosset inn enkeltvis før de ble levert til NIFES for prøveoppbeiring og analyser.

2.2 Prøveoppbeiring

Ved NIFES' prøvemottak ble prøvene tint, før hver fisk og krabbe ble veid og målt. For fisken var det hel lengde og for krabben var det skallbredde som ble målt. Lever fra hver fisk ble tatt ut før fisken ble filetert. Krabbene ble kokt, og "pave" og gjeller ble fjernet før det ble tatt prøver av klør og brunmat fra hver krabbe. "Brunmat" er det vi kaller innmaten i krabbeskjellet, som i tillegg til varierende mengde rogn for en stor del består av hepatopankreas (også kalt fordøyelseskjertelen, eller levermassen). Det ble laget en samleprøve av 25 blåskjell. Totalvekten av de 25 blåskjellene ble bestemt, og hvert skjell ble lengdemålt før bløte deler ble plukket fra skallet. Deretter ble totalvekten av alle bløte deler og totalvekten av alle skallene bestemt.

Prøver av skinnfri fiskefilet fra hver fisk, klokjøtt fra hver krabbe, brunmat fra hver krabbe og samleprøvene av blåskjell ble homogenisert og frysetørket før oppslutning og analyser. Lever fra hver fisk ble bare homogenisert og ikke frysetørket før analyser.



Figur 1. Kart over Vatsfjorden som viser hvor prøvene av henholdsvis brosme (grønn sirkel), krabbe (brun sirkel), torsk (rød sirkel) og blåskjell (blå trekant) ble tatt i 2014. Den røde firkanten viser hvor opphuggingsanlegget for oljeplattformer (AF Miljøbase Vats) er lokalisert. Til høyre er gitt et oversiktskart over Sør- Norge og et kart som viser plasseringen av Vatsfjorden i forhold til resten av Vindafjorden.

2.3 Analyser

Blåskjell ble analysert for en lang rekke metaller, inkludert kvikksølv, kadmium, bly og arsen, og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) (Tabell 2). Klokjøtt av krabbe og filet av torsk og brosme ble analysert for tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb, Se), mens brunmat av krabbe og lever av torsk og brosme i tillegg ble analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) samt PAH. De prøvene som ble analysert for dioksiner og PCB ble også analysert for fettinnhold. I tillegg ble alle prøvene i 2014 analysert for tributyltinn (TBT) og dets nedbrytingsprodukter, mono- og dibutyltinn (MBT og DBT), samt perfluorerte alkylstoffer (PFAS). Siden krabbene prøvetatt i juli hadde lite innmat ble disse ikke analysert for TBT, MBT, DBT, PAH og PFAS.

Tabell 2. Hvilke analyser som ble gjennomført på de ulike artene og prøvetypene.

Prøve	N	Metaller	Dioksiner, dl-PCB og PCB ₆	PAH	TBT, MBT, DBT	PFAS	Fettinnhold
Blåskjell, samleprøve	2	x ¹		x	x	x	
Krabbe, klo	40	x			X (20 ²)	X (20 ²)	
Krabbe, brunmat	40	x	x	X (20 ²)	X (20 ²)	X (20 ²)	x
Torsk, filet	10	x			x	x	
Torsk, lever	10	x	x	x	x	x	x
Brosme, filet	10	x			x	x	
Brosme, lever	10	x	x	x	x	x	x

¹Blåskjell ble analysert for flere metaller enn de andre prøvene.

²Kun de 20 krabbene prøvetatt i oktober ble analysert for TBT, MBT, DBT, PAH og PFAS.

2.3.1 Metaller

Det ble veid inn 0,20-0,25 g frysetørket materiale fra hver muskelprøve eller opp til 0,5 g vått prøvemateriale fra hver leverprøve til bestemmelse av metaller. Før sluttbestemmelsen ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Målingene ble utført med bruk av Agilent 7500c induktiv koplet plasma-massespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Det ble anvendt kvantitativ ICPMS med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen, kadmium, kvikksølv, bly, sølv, kobber, jern, kobolt, sink, selen, mangan, vanadium, strontium og barium. Standardløsningene ble tilsatt gull for å stabilisere kvikksølvionene, og rodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (Julshamn et al. 2007). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt bestemt ved analyser av det sertifiserte referansematerialet Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada) og ved deltagelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, kadmium, kobber, sink, kvikksølv, bly og selen. Kvantifiseringsgrensen (LOQ) beregnet på tørr prøve for hvert av disse grunnstoffene er vist i tabell 3. Metoden er også kvalitetssikret for de ikke akkrediterte metallene.

Tabell 3. Kvantifiseringsgrense (LOQ, mg/kg tørrvekt) for hvert av de grunnstoffene som metoden er akkreditert for.

Element	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	As	Se
LOQ (mg/kg tørrvekt)	0,3	1,5	0,01	0,03	0,03	0,03	0,1

2.3.2 Dioksiner, dl-PCB og PCB₆

Opparbeiding av leverprøver og krabbebrunmat for bestemmelse av de organiske fremmedstoffene dioksiner, dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) og ikke-dioksinlignende PCB ble utført med en felles opprensings- og ekstraksjonsmetode. Homogenisert våt eller frysetørket prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt ¹³C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB og én standard for ikke-dioksinlignende PCB). Blandingen ble overført til en Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) 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 multilayer silica, basisk alumina og karbon. Det ble samlet opp to fraksjoner der fraksjon 1 inneholdt ikke-dioksinlignende PCB og mono-orto PCB og fraksjon 2 inneholdt dioksiner, furaner og non-orto PCB.

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble bestemt på høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Metoden kvantifiserer til sammen syv kongenere av dioksiner (PCDD), 10 kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, 81, 126 og 169) og åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; (Van den Berg et al. 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. Metoden kvantifiserer seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180), som i sum utgjør PCB₆. Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne var 0,03 µg/kg vv.

Metoden for bestemmelse av dioksiner, dl-PCB og PCB₆ er akkreditert og har blitt jevnlig prøvd ved ringtestdeltakelse med gode resultater.

2.3.3 Tributyltinn, dibutyltinn og monobutyltinn

Innveid prøvemengde ble tilsatt spikeløsning og ekstrahert med eddiksyre/metanol på rotator. Etter sentrifugering ble supernatanten tatt ut og pH justert før derivatisering og ekstraksjon over i heksan. Prøvene ble til slutt analysert på GC-ICP-MS, og TBT, DBT og MBT ble kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning. Deteksjonsgrense (LOD) og LOQ for de ulike forbindelsene er vist i Tabell 4. Metoden er ikke akkreditert, men er validert og kvalitetssikret ved analyser av standard referansemateriale og deltagelse i ringtester med godt resultat.

Tabell 4. Oppsummering av deteksjonsgrense (LOD), kvantifiseringsgrense (LOQ) og øvre kvantifiseringsgrense (ULOQ) for TBT, DBT og MBT (µg/kg tørrvekt).

Analytt	LOD	LOQ	ULOQ
TBT	0,3	1	900
DBT	2,4	7	785
MBT	3,3	10	1013

2.3.4 Polyaromatiske hydrokarboner

I 2014 ble analyser for polyaromatiske hydrokarboner gjennomført av underleverandør Eurofins i Tyskland med deres metode for 16 PAH (PAH EU 208/2005 (15 + 1)). For de fleste prøvene ble vått prøvemateriale analysert. For krabbep prøvene ble frysetørket materiale analysert, og resultater i vått materiale måtte beregnes ut fra tørrstoffinnholdet i prøven. LOQ for de ulike PAH-forbindelsene er gitt i Tabell 5.

Tabell 5. Kvantifiseringsgrense (LOQ, µg/kg prøve) for hver av de 16 PAH-forbindelsene.

Forbindelse	LOQ (µg/kg)
5-Metylkrysen	1
Benzo(c)fluoren	1
Benzo-(j)-fluoranten	0,5
Benzo[a]antracen	0,5
Benzo[a]pyren	0,5
Benzo[b]fluoranten	0,5
Benzo[ghi]perylene	0,5
Benzo[k]fluoranten	0,5
Cyclopenta(c,d)pyren	1
Dibenzo(a,l)pyren	1
Dibenzo[a,e]pyren	1
Dibenzo[a,h]antracen	0,5
Dibenzo[a,h]pyren	1
Dibenzo[a,i]pyren	1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,5
Krysen	0,5

2.3.5 Perfluorerte alkylstoffer

Innveid prøvemengde ble tilsatt massemerket intern standard og metanol og ekstrahert i ultralydbad. Etter sentrifugering ble supernatanten dekantert over i en sprøyte og filtrert gjennom 0,45 µm nylonfilter før vann ble tilsatt etterfulgt av opprensing på ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble videre opprenset ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MS/MS og kvantifisert ved hjelp av intern standard. Forbindelsene som kan kvantifiseres med metoden er vist i Tabell 6, og der er også vist LOQ og måleusikkerhet for de ulike analyttene, samt hvilke analytter metoden er akkreditert for. Metoden er validert for fiskemuskel, fiskelever og fiskerogn, i konsentrasjonsområdet 0,3 til 100 ng/g prøve. Metoden er akkreditert for fet og mager fisk og lever av disse.

Tabell 6. De ulike perfluorerte alkylstoffene som bestemmes i metoden med forkortelse og navn, samt LOQ (ng/g prøve) og måleusikkerhet (MU, %), samt akkrediteringsstatus¹ for hvert av stoffene.

Forkortelse	Navn	Mager fiskemuskel		Fiskelever		Akkreditering ¹
		LOQ (ng/g)	MU (%)	LOQ (ng/g)	MU (%)	
PFBS	Perfluorbutyl sulfonsyre	3	80	4,5	80	
PFHxS	Perfluorheksyl sulfonsyre	1,8	35	2,7	35	
PFOS	Perfluoroktyl sulfonsyre	1,8	55	4,5	75	Ja
PFDS	Perfluordekyl sulfonsyre	1,8	30	2,7	30	
PFOSA	Perfluoroktyl sulfonamid	1,5	50	2,7	80	
PFBA	Perfluorbutyl karboksylsyre	2,1	30	3	30	
PFPeA	Perfluorpentyl karboksylsyre	42	30	60	30	
PFHxA	Perfluorheksyl karboksylsyre	1,8	40	4,5	60	
PFHpA	Perfluorheptyl karboksylsyre	2,4	30	6,0	30	Ja
PFOA	Perfluoroktyl karboksylsyre	2,4	30	7,2	30	Ja
PFNA	Perfluornonyl karboksylsyre	1,8	30	4,5	30	Ja
PFDA	Perfluordekyl karboksylsyre	1,2	30	1,8	30	Ja
PFUdA	Perfluorundekyl karboksylsyre	2,7	30	4,5	30	Ja
PFDoDA	Perfluordodekyl karboksylsyre	1,8	35	7,2	35	Ja
PFTTrDA	Perfluortridekyl karboksylsyre	3,6	60	9,6	60	Ja
PFTeDA	Perfluortetradekyl karboksylsyre	2,4	70	9,6	70	
PFHxDA	Perfluorheksadekyl karboksylsyre	24	80	24	80	
PFODA	Perfluoroktadekyl karboksylsyre	24	80	24	80	

¹Metoden er akkreditert for fet og mager fiskemuskel og fiskelever.

2.3.6 Fettinnhold

Prinsippet for metoden for fettbestemmelse er gravimetri. Innveid prøve ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettene 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.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Blåskjell

Konsentrasjon av en rekke metaller analysert i samleprøver av blåskjell prøvetatt ved henholdsvis Eikanes og Raunes i Vatsfjorden i august 2014 er vist i Tabell 7 sammen med tilsvarende resultat for prøvene tatt samme sted i oktober 2013. Tabellen viser også konsentrasjon av tributyltinn (TBT), dibutyltinn (DBT) og monobutyltinn (MBT) i blåskjell. Begge prøvene hadde konsentrasjoner av både kvikksølv, kadmium og bly langt under EU og Norges grenseverdier satt for mattrygghet.

Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell i 2014 var 0,015 mg/kg våtvekt ved Eikanes og 0,021 mg/kg våtvekt ved Raunes (Tabell 7). Dette var lavere enn eller på nivå med resultatet for 2013. Nivåene av metaller funnet i denne undersøkelsen var innenfor tilstandsklasse I (ubetydelig – lite forurensset) i Miljødirektoratets klassifiseringssystem (Molvær 1997), for de analyserte stoffene der slike tilstandsklasser er satt (Hg, Cd, Pb, As, Cu, Zn, Ag). Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell var imidlertid over miljøkvalitetsstandarden satt i vanndirektivet (environmental quality standard, EQS) for biota på 0,020 mg/kg våtvekt ved begge lokalitetene i 2013. I 2014 var nivået så vidt over denne grensen ved Raunes og under ved Eikanes.

Tabell 7. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av analyserte metaller i samleprøver av blåskjell fra henholdsvis Eikanes og Raunes i 2013 og 2014. Konsentrasjon (µg/kg våtvekt) av tributyltinn (TBT), dibutyltinn (DBT) og monobutyltinn (MBT) er også vist for 2014 (µg Sn/kg våtvekt). Gjeldende øvre grenseverdier (EU og Norge) er gitt for kadmium, kvikksølv og bly.

Grunnstoff (mg/kg vv)	Eikanes 2014	Eikanes 2013	Raunes 2014	Raunes 2013	Grenseverdi (mg/kg vv) ¹
Ag*	0,006	0,004	0,002	0,004	
As	1,3	2,1	1,3	1,7	
Ba*	0,22	0,75	0,086	0,11	
Cd	0,11	0,15	0,14	0,086	1,0
Co*	0,071	0,11	0,068	0,058	
Cu	0,83	1,1	0,61	1,1	
Fe*	32	110	21	25	
Hg	0,015	0,027	0,021	0,024	0,5
Mn*	1,5	3,7	1,6	2	
Mo*	0,09	0,09	0,07	<0,09	
Pb	0,13	0,24	0,14	0,11	1,5
Se	0,28	0,32	0,32	0,38	
Sn*		0,01		0,005	
Sr*	5,9	6,0	5,7	4,8	
V*	0,11	0,28	0,079	0,11	
Zn	11	15	13	14	
TBT* (µg Sn/kg)	0,2	0,36	0,2	0,56	
MBT* (µg Sn/kg)	<1		<1		
DBT* (µg Sn/kg)	<0,9		<1		

¹[EU's øvre grenseverdi](#) for omsetning av skjell til humant konsum, som også gjelder i Norge.

Konsentrasjonen av de fleste av de analyserte metallene var på nivå med eller lavere enn gjennomsnittsnivået for dyrkede blåskjell fra hele kysten som har vært målt i mange år gjennom tilsynsprogrammet for skjell (Duinker et al. 2011). Flere av metallene viste lavere nivå i blåskjellene prøvetatt i 2014 enn tilsvarende året før. En årsak til forskjellene kan være at prøvene er tatt til ulik tid på året, i oktober i 2013 og i august i 2014, og omregnet til tørr prøve er forskjellene mindre. I 2013 viste flere av elementene slik som jern, kadmium og bly høyere nivåer i blåskjellene prøvetatt lengst inne i Vatsfjorden enn i de som ble prøvetatt lenger ute. Dette var ikke tilfelle i 2014, da nivåene generelt var svært like ved de to lokalitetene.

En sammenligning av våre resultater med NIVAs overvåkningsresultater for blåskjell fra Vatsfjorden, oppgitt i tørrvekt, viser at nivåene stort sett har vært i samme område (Kvassnes et al. 2010; Kvassnes et al. 2011; Kvassnes 2012; Kvassnes et al. 2013). Unntaket er 2013, da NIVA fant betydelig høyere konsentrasjoner i blåskjellene, over 0,5 mg/kg tørrvekt (Beyer et al. 2014).

Tributyltinn (TBT) var til stede i målbart nivå, med konsentrasjoner på 0,2 µg Sn/kg våtvekt ved begge lokalitetene (Tabell 7). Heller ikke her var nivåene spesielt høye sammenlignet med "normalverdier" fra tilsynsprogrammet for skjell. Det ble ikke funnet målbare nivåer av DBT og MBT, men her var bestemmelsesgrensen for metoden høyere enn for TBT.

Konsentrasjon av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell prøvetatt i 2014 og 2013 er vist i Tabell 8. I 2014 var nivåene av alle de analyserte PAH-forbindelsene under bestemmelsesgrensen (LOQ), mens det ble funnet noen konsentrasjoner over LOQ i 2013. Fordi ulike laboratorier utførte PAH-analysene de to årene var LOQ noe høyere i 2014 enn i 2013, og de aller fleste konsentrasjonene ville ha vært under LOQ også i 2013 dersom

Tabell 8. Konsentrasjoner av de analyserte PAH-forbindelsene, samt sum PAH-4, som er lowerbound-summen av de fire førstnevnte forbindelsene. Øvre grenseverdier (EU og Norge) som gjelder for skjell er gitt for benzo(a)pyren og Sum PAH-4.

PAH-forbindelse (µg/kg vv)	Eikanes	Eikanes	Raunes	Raunes	Grenseverdi ¹
År	2013	2014	2013	2014	
Benz(a)anthracene	<0,15	<0,5	0,17	<0,5	
Benzo(a)pyrene	<0,15	<0,5	<0,15	<0,5	5,0
Benzo(b)fluoranthene	0,47	<0,5	0,38	<0,5	
Chrysene	0,51	<0,5	0,57	<0,5	
Sum PAH-4²	0,98	n.a.	1,1	n.a.	30
Benzo(c)fluoren	<0,15	<1	<0,15	<1	
Benzo(ghi)perylene	0,29	<0,5	<0,15	<0,5	
Benzo(j)fluoranten	<0,15	<0,5	<0,15	<0,5	
Benzo(k)fluoranten	<0,15	<0,5	<0,15	<0,5	
Cyclopenta(c,d)pyren	0,24	<1	0,18	<1	
DibenzO(a,h)anthracen	<0,15	<0,5	<0,15	<0,5	
Indeno(1,2,3,-cd)pyren	<0,15	<0,5	<0,15	<0,5	
5-metylkrysen	<0,15	<1	<0,15	<1	
Dibenzo(a,e)pyren	<0,75	<1	<0,75	<1	
Dibenzo(a,h)pyren	<0,75	<1	<0,75	<1	
Dibenzo(a,i)pyren	<0,75	<1	<0,75	<1	
Dibenzo(a,l)pyren	<0,75	<1	<0,75	<1	

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder konsum av blant annet skjell til human konsum.

²Sum PAH-4 er lowerbound-summen av benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene og chrysene. Lowerbound vil si at konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik 0.

metoden hadde vært den samme som i 2014. Uansett analysemetode var nivåene begge årene og ved begge lokalitetene langt under grenseverdiene både for Benzo(a)pyren og for summen av fire ulike PAH (Sum PAH-4).

PAH er forbindelser som blant annet finnes i olje, men også i forbrenningsprodukter fra eksos, brann, røyking av mat og lignende. Mens fisk generelt akkumulerer svært lite PAH-forbindelser i både muskel og lever, der stoffene skilles fort ut etter en hendelse som for eksempel oljesøl, har skalldyr som blåskjell en større evne til å akkumulere disse forbindelsene. Derfor er PAH blåskjell en god indikator på kronisk PAH-forurensning. Men etter akutte utslipp vil blåskjell først akkumulere PAH-forbindelser, for så å skille de ut igjen når utslippet er over og vannet er rent igjen.

Alle de ulike PFAS-forbindelsene det ble analysert for (se Tabell 6) hadde konsentrasjoner i blåskjell <LOQ.

3.2 Krabbe

3.2.1 Størrelse og kjønn på krabbene

Krabbene prøvetatt i juli og august 2014 hadde svært lite innmat, og derfor ble det tatt nye prøver av krabbe i oktober. De aller fleste krabbene prøvetatt i 2014 var hunner (Tabell 9). Unntaket var krabbene prøvetatt ved Raunes i juli, der 30% var hanner. Skallbredden varierte fra 14 til 18 cm, og gjennomsnittsbredde ved de ulike prøvetakingene varierte lite, fra 15,4 cm ved Raunes i juli til 16,7 cm ved Raunes i oktober. Krabbene tatt ved Eikanes i august og oktober var svært like i størrelse, med snittbredder på henholdsvis 16,2 og 16,0 cm.

Tabell 9. Skallbredde (cm), vekt (g) og kjønnssammensetning (andel hunner, %) for krabbene som ble prøvetatt ved henholdsvis Eikanes og Raunes i oktober 2013 for bestemmelse av miljøgifter. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er vist.

Lokalitet	Eikanes			Raunes		
År	2014	2014	2013	2014	2014	2013
Måned	aug	okt	okt	juli	okt	okt
Krabbe	Snitt ± SD	Snitt ± SD	Snitt ± SD	Snitt ± SD	Snitt ± SD	Snitt ± SD
	Min-maks	Min-maks	Min-maks	Min-maks	Min-maks	Min-maks
Skallbredde (cm)	16,2 ± 0,6	16,0 ± 1,3	16,6 ± 1,6	15,4 ± 0,9	16,7 ± 0,8	16,0 ± 1,0
	15,2 - 16,9	14,2 - 18,4	14,7 - 18,8	14,1 - 16,9	15,5 - 18,0	14,8 - 17,8
Vekt (g)	520 ± 80	520 ± 100	639 ± 164	444 ± 94	518 ± 79	580 ± 105
	398 - 621	378 - 736	450 - 843	295 - 597	387 - 643	450 - 790
Andel hunner %	100	100	100	70	100	100

3.2.2 Metaller i klokjøtt og brunmat av krabbe

Resultat av analyser for tungmetaller, arsen og selen i krabber prøvetatt ved Eikanes og Raunes i juli/august og oktober 2014 er vist i Tabell 10 og Tabell 11. Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt av krabber fanget ved Eikanes i august og oktober 2014 var henholdsvis 0,12 og 0,17 mg/kg våtvekt, og ved Raunes i juli og oktober henholdsvis 0,12 og 0,15 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonene var alle under EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder kvikksølv i klokjøtt av krabbe, på 0,5 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonene av kvikksølv i krabbeklokjøtt målt i 2014 var på nivå med eller noe lavere enn det som ble målt i 2013. Nivået var likevel høyere enn gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i klokjøtt av 465 krabber prøvetatt langs hele kysten fra Hvaler til Vesterålen i 2011/2012, på 0,095 mg/kg våtvekt (Julshamn et al. 2012). Også for krabber fra områder utenfor kysten av Rogaland (Sola,

Rennesøy, Karmøy), var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i klokjøtt av krabbe rundt dette nivået (0,092 mg/kg våtvekt, N=30).

Brunmat av krabber fra Vatsfjorden hadde lavere konsentrasjoner av kvikksølv enn klokjøtt av krabbe (Tabell 11), med gjennomsnitt for de to prøvetakingene på 0,063 og 0,067 mg/kg våtvekt ved Eikanes og 0,074 og 0,063 mg/kg våtvekt ved Raunes. Dette er på samme nivå som har blitt funnet i brunmat av krabber fanget langs hele kysten, der gjennomsnittskonsentrasjon $\pm$ SD av 457 prøver var på $0,067 \pm 0,041$ mg/kg våtvekt ($0,069 \pm 0,043$ mg/kg våtvekt for Rogaland) (Julshamn et al. 2012). Kvikksølvkonsentrasjonen i brunmat av krabbe prøvetatt i 2014 var på nivå med eller litt lavere enn det som ble målt i krabber prøvetatt i 2013.

Vi analyserte klokjøtt og brunmat av kokte krabber, mens NIVA i sin overvåkning har analysert rått klokjøtt og brunmat. Resultatene våre er derfor ikke direkte sammenlignbare

Tabell 10. Konsentrasjon av tungmetallene kvikksølv, kadmium og bly samt selen og arsen i klokjøtt av taskekrabber fra Vatsfjorden i 2013 og 2014. Gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi er vist for hver av de to lokalitetene Eikanes og Raunes. Grenseverdien¹ er gitt for Hg, Pb og Cd.

Sted	År	Dato	N	Hg	Cd	Pb	As	Se
				mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv
Grenseverdi¹				0,5	0,5	0,5		
				Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks
Eikanes	2014	06.aug	10	0.122 $\pm$ 0.047	0.037 $\pm$ 0.031	0.017 $\pm$ 0.011	28.9 $\pm$ 9.0	1.42 $\pm$ 0.50
				0.059 - 0.21	0.007 - 0.089	0.005 - 0.041	20 - 49	0.78 - 2.3
		11.okt	10	0.165 $\pm$ 0.072	0.038 $\pm$ 0.049	0.013 $\pm$ 0.004	36.8 $\pm$ 11.0	1.25 $\pm$ 0.41
				0.073 - 0.27	0.005 - 0.17	0.009 - 0.024	22 - 57	0.65 - 1.7
	2013	13.okt	10	0.189 $\pm$ 0.081	0.027 $\pm$ 0.030	0.009 $\pm$ 0.004	34.6 $\pm$ 10.0	1.23 $\pm$ 0.40
				0.10 - 0.35	0.005 - 0.10	0.007 - 0.018	21 - 50	0.80 - 1.9
Raunes	2014	19.jul	10	0.118 $\pm$ 0.074	0.038 $\pm$ 0.037	0.012 $\pm$ 0.007	25.6 $\pm$ 6.6	1.22 $\pm$ 0.26
				0.052 - 0.26	0.016 - 0.14	0.005 - 0.028	19 - 42	0.90 - 1.7
		12.okt	10	0.151 $\pm$ 0.043	0.021 $\pm$ 0.026	0.010 $\pm$ 0.003	19.9 $\pm$ 6.3	1.15 $\pm$ 0.16
				0.083 - 0.20	0.004 - 0.082	0.006 - 0.014	11 - 31	0.94 - 1.5
	2013	13.okt	10	0.218 $\pm$ 0.106	0.020 $\pm$ 0.013	0.012 $\pm$ 0.004	28.3 $\pm$ 7.7	1.30 $\pm$ 0.25
				0.096 - 0.40	0.004 $\pm$ 0.043	0.007 - 0.018	15 - 40	0.94 - 1.8

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder omsetning klokjøtt av krabbe til humant konsum.

Tabell 11. Konsentrasjon av tungmetallene kvikksølv, kadmium og bly samt selen og arsen i brunmat av taskekrabber fra Vatsfjorden i 2013 og 2014. Gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi er vist for hver av de to lokalitetene Eikanes og Raunes. Grenseverdien¹ er gitt for Hg, Pb og Cd.

Sted	År	Dato	N	Hg	Cd	Pb	As	Se
				mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv
				Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks
Eikanes	2014	06.aug	10	0.063 $\pm$ 0.024	0.754 $\pm$ 0.471	0.094 $\pm$ 0.050	16.8 $\pm$ 7.0	1.02 $\pm$ 0.30
				0.034 - 0.11	0.36 - 1.7	0.038 - 0.21	8 - 31	0.70 - 1.6
		11.okt	10	0.067 $\pm$ 0.016	0.890 $\pm$ 1.035	0.052 $\pm$ 0.018	24.7 $\pm$ 5.3	1.29 $\pm$ 0.38
				0.048 - 0.14	0.22 - 0.67	0.015 - 0.10	13 - 29	0.70 - 1.7
	2013	13.okt	10	0.072 $\pm$ 0.028	0.522 $\pm$ 0.399	0.043 $\pm$ 0.010	25.6 $\pm$ 4.4	1.24 $\pm$ 0.24
				0.034 - 0.120	0.19 - 1.5	0.026 - 0.060	18 - 32	0.86 - 1.7
Raunes	2014	19.jul	10	0.074 $\pm$ 0.029	1.60 $\pm$ 2.48	0.055 $\pm$ 0.021	14.3 $\pm$ 4.6	1.03 $\pm$ 0.30
				0.025 - 0.11	0.40 - 8.6	0.018 - 0.081	4 - 21	0.36 - 1.5
		12.okt	10	0.063 $\pm$ 0.011	0.680 $\pm$ 0.807	0.048 $\pm$ 0.016	15.0 $\pm$ 3.5	1.33 $\pm$ 0.14
				0.045 - 0.081	0.20 - 2.9	0.024 - 0.079	11 - 21	1.2 - 1.6
	2013	13.okt	10	0.086 $\pm$ 0.034	0.438 $\pm$ 0.162	0.043 $\pm$ 0.025	20.7 $\pm$ 5.7	1.16 $\pm$ 0.32
				0.046 - 0.094	0.28 - 3.8	0.025 - 0.078	18 - 35	0.66 - 2.0

med NIVAs. Våre resultater for klokjøtt ligger generelt litt høyere enn NIVA sine, mens resultatene for brunmat er mer like (Kvassnes et al. 2013; Beyer et al. 2014). Årsaken til forskjellen i kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt kan være at noe vann går ut ved koking, og da blir våtvektkonsentrasjonene høyere. Forskjellen i vanninnhold mellom rå og kokt prøve er trolig mindre for brunmat enn for klokjøtt.

Konsentrasjonene av kadmium i klokjøtt av krabbe var langt under grenseverdien for mattrygghet på 0,5 mg/kg våtvekt. Kadmiumkonsentrasjonene i Vatsfjorden var lavere enn det som er funnet i krabbe langs norskekysten (Julshamn et al. 2012). Her er det bare relevant å sammenligne med krabber fra Sør-Norge, på grunn av mye høyere nivå av kadmium i krabber nord for Bodø. For enkelhets skyld har vi derfor sammenlignet med de 30 krabbene som ble prøvetatt utenfor kysten av Rogaland. Mens krabbene fra Vatsfjorden i denne undersøkelsen viste gjennomsnittskonsentrasjoner i klokjøtt på mellom 0,021 og 0,038 mg/kg våtvekt, hadde 30 krabber fra Rogalandskysten gjennomsnittskonsentrasjoner $\pm$ SD av kadmium i klokjøtt på $0,097 \pm 0,100$ mg/kg våtvekt. For brunmat hadde krabber fra Vatsfjorden gjennomsnittskonsentrasjoner mellom 0,68 og 1,6 mg/kg våtvekt, mens krabbene fra kysten av Rogaland hadde konsentrasjoner på $1,4 \pm 1,4$ mg/kg våtvekt.

De øvrige metallene som ble analysert, bly, arsen og selen, viste samme nivå som det som ble funnet langs norskekysten i 2011/2012 (Julshamn et al. 2012).

I 2014 ble det analysert for TBT, DBT og MBT i brunmat og klokjøtt av de krabbene som ble prøvetatt i oktober (Tabell 12). Alle prøvene hadde detekterbare nivåer av TBT, men de fleste hadde likevel nivåer under LOQ. Én krabbe fra Eikanes og tre fra Raunes hadde kvantifiserbare nivåer av TBT, med høyeste konsentrasjon 1 μ g Sn/kg våtvekt i brunmat av en krabbe fra Raunes. MBT og DBT ble ikke detektert eller var under LOQ i de aller fleste prøvene, med unntak en klokjøttprøve fra Raunes, der konsentrasjonen av MBT var på 4 μ g/kg våtvekt. Det er lite data på TBT i krabber tilgjengelig for sammenligning med resultatene fra Vatsfjorden, men konsentrasjonene var generelt lavere enn det som ble målt i krabber prøvetatt i Østlandsområdet i 1997-2001 (Knutzen et al. 2002). Tinnorganiske stoffer er imidlertid menneskeskapte og ikke tilstede i naturlig bakgrunnsnivå, så all forekomst skyldes menneskelig aktivitet.

Tabell 12. Konsentrasjon (μ g Sn/kg våtvekt) av monobutyltinn (MBT), dibutyltinn (DBT) og tributyltinn (TBT) i brunmat av krabbe prøvetatt ved Eikanes og Raunes i oktober 2014. "n.d." = ikke detektert (<LOD). Antall krabber med verdier over kvantifiseringsgrensen for ett eller flere av stoffene er gitt (# $\geq$ LOQ).

Krabber, oktober 2014		MBT μ g Sn/kg	DBT μ g Sn/kg	TBT μ g Sn/kg	# $\geq$ LOQ
Brunmat	Eikanes	n.d. - < 3	n.d. - < 3	< 0,2 – 0,3	1
	Raunes	< 4	< 3	< 0,3 - 1	3
Klokjøtt	Eikanes	n.d.	n.d. - < 2	< 0,3	0
	Raunes	n.d. - 4	n.d. - < 2	< 0,2 – 0,6	1

3.2.3 Organiske miljøgifter i krabbe

3.2.3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB i brunmat av krabbe

Konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i brunmat av krabbe fisket ved Eikanes og Raunes i Vatsfjorden er vist i Tabell 13. Gjennomsnittsnivå $\pm$ SD av sum dioksiner og dl-PCB ved Eikanes i august og oktober 2014 var henholdsvis 3,7 og 2,8 ng TE/kg våtvekt, og ved Raunes i juli og oktober henholdsvis 6,6 og 3,5 ng TE/kg våtvekt. De høyeste målte konsentrasjonene i enkeltkrabber var 12 ng TE/kg ved Raunes og 10 ng TE/kg ved Eikanes, begge prøvetatt i juli/august. Krabbe akkumulerer ofte relativt mye miljøgifter i fordøyelseskjertelen, som utgjør største delen av brunmaten. På grunn av dette og at dette er

en mattype med lavt inntak er det ikke grenseverdier som gjelder for miljøgifter i brunmat. Grenseverdien som gjelder sum dioksiner og dl-PCB i det meste av sjømat inkludert klokjøtt av krabbe er på 6,5 ng TE/kg våtvekt. Seks krabber fra Raunes (fem fra juli og en fra oktober) og en fra Eikanes (august) hadde en konsentrasjon over 6,5 ng TE/kg, og gjennomsnittsnivået for Raunes i juli var også så vidt over. Konsentrasjonene målt i krabber fra Eikanes i 2014 var i samme område som i 2013. Krabber prøvetatt ved Raunes i juli 2014 hadde nesten dobbelt så høyt gjennomsnittsnivå som i oktober begge årene.

Gjennomsnittsnivået av sum dioksiner og dl-PCB i krabber fanget langs hele kysten i 2011/2012 var på $3,6 \pm 2,7$ ng TE/kg våtvekt, med et spenn fra 0,6 til 29 ng TE/kg våtvekt (Julshamn et al. 2012). For lokalitetene i Rogaland var det et gjennomsnitt på 3,3 ng TE/kg våtvekt. Gjennomsnittsnivået av sum dioksiner og dl-PCB i brunmat av krabbe fra

Tabell 13. Konsentrasjon i brunmat av krabbe av sum dioksiner (PCDD), sum furaner (PCDF), sum non-orto PCB, sum mono-orto PCB, sum mono- og non-orto PCB (sum dl-PCB), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), samt summen av både dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl-PCB i Vatsfjorden i 2013 og 2014. Resultat er gitt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi for de to lokalitetene Eikanes og Raunes.

Lokalitet	År	Dato	N		Sum PCDD/F	Sum dl-PCB	Sum PCDD/F + dl-PCB
ng TE _{WHO-2005} /kg våtvekt ¹							
Eikanes	2014	06.aug	9	Snitt $\pm$ SD	1,93 $\pm$ 1,56	1,81 $\pm$ 1,15	3,74 $\pm$ 2,66
				Min-maks	0,74 - 5,9	0,60 - 4,5	1,5 - 10
		11.okt	9	Snitt $\pm$ SD	1,44 $\pm$ 0,60	1,33 $\pm$ 0,52	2,77 $\pm$ 1,09
				Min-maks	0,69 - 2,6	0,46 - 2,3	1,2 - 4,9
	2013	13.okt	10	Snitt $\pm$ SD	1,96 $\pm$ 0,62	1,65 $\pm$ 1,03	3,61 $\pm$ 1,58
				Min-maks	1,0 - 2,8	0,58 - 3,9	1,6 - 6,8
Raunes	2014	19.jul	9	Snitt $\pm$ SD	3,33 $\pm$ 1,72	3,24 $\pm$ 1,96	6,57 $\pm$ 3,55
				Min-maks	0,93 - 5,8	0,71 - 6,0	1,6 - 12
		12.okt	10	Snitt $\pm$ SD	1,77 $\pm$ 1,09	1,75 $\pm$ 0,80	3,52 $\pm$ 1,80
				Min-maks	0,77 - 4,4	0,60 - 3,1	1,4 - 7,4
	2013	13.okt	9	Snitt $\pm$ SD	1,68 $\pm$ 0,62	1,78 $\pm$ 0,71	3,46 $\pm$ 1,24
				Min-maks	0,75 - 3,0	0,93 - 3,2	1,8 - 6,1

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

Vatsfjorden var altså stort sett ikke forhøyet sammenlignet med det vi må kunne kalle "bakgrunnsnivå" for norskekysten og kysten utenfor Rogaland. Unntaket var krabbene prøvetatt ved Raunes i juli, som hadde en gjennomsnittskonsentrasjon på 6,6 ng TE/kg våtvekt.

Konsentrasjonen av summen av dioksiner og furaner (sum dioksiner) i brunmat av krabbe viste gjennomsnittskonsentrasjoner ved Eikanes i august og oktober på henholdsvis 1,9 og 1,4 ng TE/kg våtvekt og ved Raunes i juli og oktober på henholdsvis 3,3 og 1,8 ng TE/kg våtvekt. Som for den totale summen av dioksiner og dioksinlignende PCB var det høyest nivå i krabbene prøvetatt ved Raunes i juli. Det høyere nivået av disse forbindelsene i krabbene fra dette ene tidspunktet kan skyldes at det var svært lite mat i krabbene, slik at miljøgiftene i krabbene var mer konsentrert. Senere, når matinnholdet var høyere, var konsentrasjonen av miljøgifter lavere.

For sum dioksiner er det satt en grenseverdi på 3,5 ng TE/kg våtvekt for annen sjømat enn brunmat av krabbe. De samme syv enkeltkrabbene som hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over 6,5 ng TE/kg våtvekt hadde også sum dioksiner over 3,5 ng TE/kg våtvekt. Men gjennomsnittskonsentrasjonen var ikke over dette nivået ved noen av prøvetakingene. For hele kysten er det funnet et gjennomsnittsnivå av sum dioksiner på 2,1

± 1,5 ng TE/kg våtvekt (gjennomsnitt for Rogaland 1,9 ng TE/kg våtvekt) (Julshamn m.fl. 2012). Det var kun krabbene fra Raunes i juli, med spesielt lavt matinnhold, som hadde et nivå over dette. Prøvene fra hele kysten var tatt fra juli og utover høsten. Med andre ord er det ikke grunnlag for å si at brunmat av krabbe fra Vatsfjorden har forhøyet nivå av dioksiner i forhold til andre områder der det ikke er spesifikke forurensningskilder.

3.2.3.2 Ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) i brunmat av krabbe

Med hensyn til ikke-dioksinlignende PCB i brunmat av krabbe, så var gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PCB₆ ved Eikanes i august og oktober henholdsvis 22 og 14 µg/kg våtvekt, og ved Raunes henholdsvis 29 og 19 µg/kg våtvekt i juli og oktober (Tabell 14). Maksverdiene ved de to lokalitetene var henholdsvis 48 og 54 µg/kg våtvekt. Dette er lavere enn 75 µg/kg våtvekt, som er EU og Norges grenseverdi for sum PCB₆ i fisk og sjømat inkludert klokjøtt av krabbe, men som ikke gjelder brunmat av krabbe. Gjennomsnittskonsentrasjonene ved de to lokalitetene i august og juli var noe høyere enn i oktober, mens nivået i oktober var likt både i 2013 og 2014.

I krabbekartleggingen fra 2011/2012 ble det målt gjennomsnittskonsentrasjoner ved 47 lokaliteter mellom 4,1 og 52 µg/kg våtvekt, og verdiene funnet i denne undersøkelsen ligger et sted midt i dette. I krabbekartleggingen var det imidlertid enkeltlokaliteter som trakk opp gjennomsnittet, og det er kanskje mest naturlig å sammenligne med de tre Rogalandslokalitetene, der gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ var på 12 µg/kg våtvekt. Det ser altså ut til at nivået av sum PCB₆ i brunmat av krabbe i Vatsfjorden i denne undersøkelsen var noe høyere enn antatt bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland.

Resultatene for sum PCB₇ i brunmat av krabbe prøvetatt i oktober 2013 og 2014 var høyere enn resultatene fra NIVA på krabbe prøvetatt samme måned, men var likevel i samme område som det som tidligere har vært målt av NIVA (Kvassnes 2012; Kvassnes et al. 2013; Beyer et al. 2014). Forskjellene mellom NIFES og NIVA sine resultater kan delvis skyldes at NIFES koker krabbene og NIVA ikke gjør det. Koking øker generelt tørrstoffinnholdet i prøvene, noe som vil kunne medføre økt konsentrasjon av uønskede stoffer.

Med hensyn til kongenersammensetningen av de ikke-dioksinlignende PCB (sum PCB₆) så var det tre ulike kongener som dominerte. PCB-153 viste de høyeste konsentrasjonene, fulgt av PCB-138 og 180 (ikke vist). Tilsvarende kongenersammensetning ble funnet i krabbekartleggingen langs kysten i 2011/2012 (Julshamn m.fl. 2012).

Tabell 14. Konsentrasjon av ikke-dioksinlignende PCB, med summen av seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB₆; µg/kg våtvekt) og summen av seks ikke-dioksinlignende PCB pluss PCB-118 (Sum PCB₇). Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt.

Sted	År	Dato	N	Sum PCB ₆ Snitt ± SD	Sum PCB ₆ Min-maks	Sum PCB ₇ ¹ Snitt ± SD	Sum PCB ₇ ¹ Min-maks
				µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv
Eikanes	2014	06. aug	9	22,0 ± 14,5	5,9 - 48	24,4 ± 16,0	6,7 - 53
		11. okt	9	14,2 ± 7,8	3,9 - 27	15,7 ± 8,3	4,4 - 30
	2013	13. okt	10	17,8 ± 13,0	5,3 - 44	19,9 ± 14,2	6,2 - 50
Raunes	2014	19. jul	9	28,8 ± 17,6	8,4 - 54	32,1 ± 19,7	9,3 - 60
		12. okt	10	19,1 ± 9,7	4,9 - 35	21,2 ± 10,6	5,6 - 39
	2013	13. okt	9	20,6 ± 7,6	13 - 32	23,1 ± 8,6	14 - 36

¹Sum PCB₆ pluss PCB-118 som er dioksinlignende.

3.2.3.3 Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i brunmat av krabbe

På grunn av lite innmat, og dermed lite prøvemateriale, i krabbene fra juli/august, var det kun krabbene fra oktober som ble analysert for PAH. I 2014 hadde tre av krabbene kvantifiserbare, men lave, konsentrasjoner av to av PAH-forbindelsene i brunmat av krabbe, mens det i 2013 ble funnet fire ulike PAH-forbindelser i kvantifiserbare nivåer (Tabell 15). De tre krabbene som hadde kvantifiserbare nivåer i 2014 ble prøvetatt ved Raunes.

I 2014 ble tørket prøve sendt til underleverandør, og varierende LOQ på våtvektsbasis skyldes ulikt tørrstoffinnhold i prøvene. De ulike PAH-forbindelsene hadde LOQ i tørr prøve på 0,5 eller 1 µg/kg.

Det er ingen grenseverdier som gjelder brunmat av krabbe, men nivåene både i 2014 og 2013 var lavere enn de grenseverdiene som gjelder for Benzo(a)pyren (5 µg/kg) og summen av fire PAH (30 µg/kg) i blåskjell og røkt sjømat.

Tabell 15. Konsentrasjon i brunmat av krabbe av PAH - forbindelser der det ble funnet kvantifiserbare nivåer samt sum PAH⁴. Minste og største verdi er gitt, og antall prøver høyere enn eller lik LOQ er gitt i parentes.

PAH - forbindelse	Eikanes, N=10		Raunes, N=10	
	2014	2013	2014	2013
(µg/kg vv)	Min - maks (# >= LOQ)	Min - maks (# >= LOQ)	Min - maks (# >= LOQ)	Min - maks (# >= LOQ)
Benzo(a)antracen	<0,08-<0,2 ²	<0,2 - 0,23 (2)	<0,2 - 0,28 (3)	<0,2 - 0,29 (3)
Benzo(a)pyren	<0,08-<0,2 ²	<0,2	<0,2	<0,2 - 5,5 (1)
Benzo(j)fluoranten	<0,08-<0,2 ²	<0,2 - 0,7 (1)	<0,2	<0,2
Krysen	<0,08-<0,2 ²	<0,2 - 0,6 (2)	<0,2-0,29 (3)	<0,2 - 0,43 (2)
Sum PAH ⁴	n.a.	0 - 0,83 (2)	0 - 0,56 (3)	0 - 5,5 (4)

¹ Sum PAH-4 er lowerbound - summen av benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene og chrysene. Lowerbound vil si at konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik 0.

²Det ble analysert på tørr prøve, og konsentrasjon i alle prøvene var <0,5 µg/kg tv. På grunn av ulikt tørrstoffinnhold ble det ulike LOQ på våtvektsbasis.

3.2.3.4 Perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i klokjøtt og brunmat av krabbe

På grunn av lite prøvemateriale i krabbene som ble prøvetatt i juli/august, var det kun krabbene fra oktober som ble analysert for PFAS. Alle de 20 prøvene av klokjøtt hadde nivåer av alle de analyserte PFAS-forbindelsene <LOQ. Tabell 6 viser hvilke PFAS som ble analysert.

Med hensyn til brunmat av krabbe hadde tre prøver kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS, med 1,9, 2,0 og 3,0 µg/kg våtvekt. Resten av prøvene var <LOQ for alle de analyserte PFAS-forbindelsene.

3.3 Torsk

3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på torsken

De 16 torskene som ble prøvetatt i Vatsfjorden 24. juni 2014 varierte i vekt fra 1,6 til 7,3 kg, og lengde fra 55 til 82 cm (Tabell 16). De var noe større enn torsken som ble prøvetatt i denne overvåkningen i 2013, med gjennomsnittsvekt i 2014 og 2013 på henholdsvis 3,5 og 2,8 kg. Litt over halvparten av fisken var hunner. Fisken hadde svært varierende levervekt, fra 13 til 479 g. Leverindeks, som er levervekt i forhold til fiskens vekt, varierte fra 0,57 til 7,0 med et gjennomsnitt på 4,0. Leverindeksen var litt høyere i 2014 enn i 2013.

Tabell 16. Lengde (cm), vekt (g), levervekt (g), fettinnhold i lever (g/100 g) og kjønn (% hunner) av torsk prøvetatt ved Eikanesholmen i Vatsfjorden i 2014 og 2013. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

	Eikanes 2014 (N=16)		Eikanesholmen 2013 (N=10)	
	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	Snitt $\pm$ SD	Min - maks
Vekt (g)	3467 $\pm$ 1585	1604 - 7301	2789 $\pm$ 1266	809 - 4463
Lengde (cm)	67,6 $\pm$ 8,4	55 - 82	63,0 $\pm$ 11,5	44 - 80
Levervekt (g)	153 $\pm$ 127	13 - 479	76 $\pm$ 65	4,7 - 218
Leverindeks¹	4,0 $\pm$ 1,9	0,57 - 7,0	2,4 $\pm$ 1,7	0,58 - 6,4
Fettinnhold i lever (g/100 g)	56 $\pm$ 8	41 - 68	46 $\pm$ 11	27 - 60
Kjønn (andel hunner, %)	56		40	

¹Leverindex = 100 x levervekt/hel fisk vekt

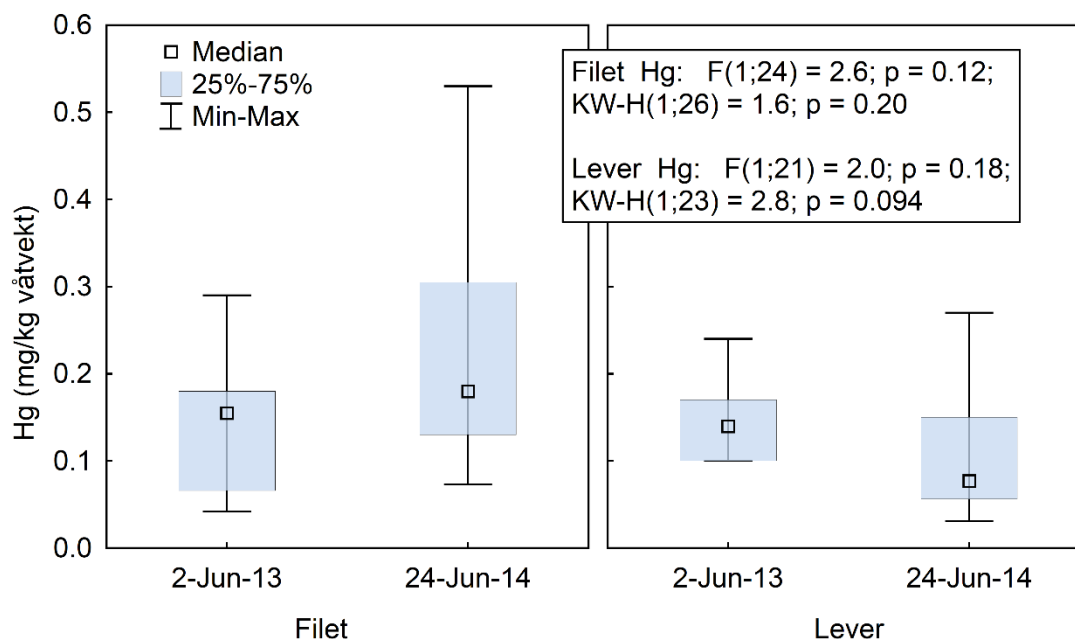
3.3.2 Metaller i muskel og lever av torsk

Kvikksølvnivået i muskel av de 16 torskene analysert i 2014 viste et gjennomsnitt $\pm$ SD på 0,22 $\pm$ 0,13 mg/kg våtvekt, med et spenn fra 0,073 til 0,53 mg/kg våtvekt (Tabell 17). En fisk viste kvikksølvkonsentrasjon over EU og Norges øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Dette var den største torsken, med vekt på 7,3 kg og lengde på 82 cm. Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i de 16 torskene analysert i 2014 var over 0,2 mg/kg våtvekt. Dette nivået er blitt brukt når Mattilsynet har gitt kostadvarsler til gravide og ammende som gjelder torsk.

Tabell 17. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av ulike metaller i henholdsvis muskel og lever av torsk prøvetatt ved Eikanes i Vatsfjorden i 2014 og 2013. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

Metall (mg/kg vv)			Hg	Pb	Cd	As	Se
Grenseverdi ¹			0,5	0,03	0,05		
Prøve	År	N	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks	Snitt $\pm$ SD Min - maks
Muskel	2014	16	0,222 $\pm$ 0,128	0,008 $\pm$ 0,007		3,20 $\pm$ 2,28	0,289 $\pm$ 0,046
			0,073 - 0,53	<0,004 - 0,028	<0,001 - 0,002	1,0 - 8,3	0,19 - 0,39
	2013	10	0,149 $\pm$ 0,076	0,006 $\pm$ 0,003		3,54 $\pm$ 2,33	0,226 $\pm$ 0,043
			0,042 - 0,29	<0,004 - 0,014	<0,001 - 0,002	1,6 - 9,4	0,17 - 0,30
Lever	2014	16	0,108 $\pm$ 0,068	0,023 $\pm$ 0,035	0,038 $\pm$ 0,045	3,92 $\pm$ 3,19	1,15 $\pm$ 0,77
			0,031 - 0,27	0,003 - 0,11	0,009 - 0,15	1,7 - 15	0,48 - 2,8
	2013	7	0,149 $\pm$ 0,048		0,037 $\pm$ 0,020	4,97 $\pm$ 1,69	0,967 $\pm$ 0,287
			0,10 - 0,24	<0,02 - 0,65	0,017 - 0,063	3,2 - 7,2	0,68 - 1,5

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder muskel av fisk til humant konsum.



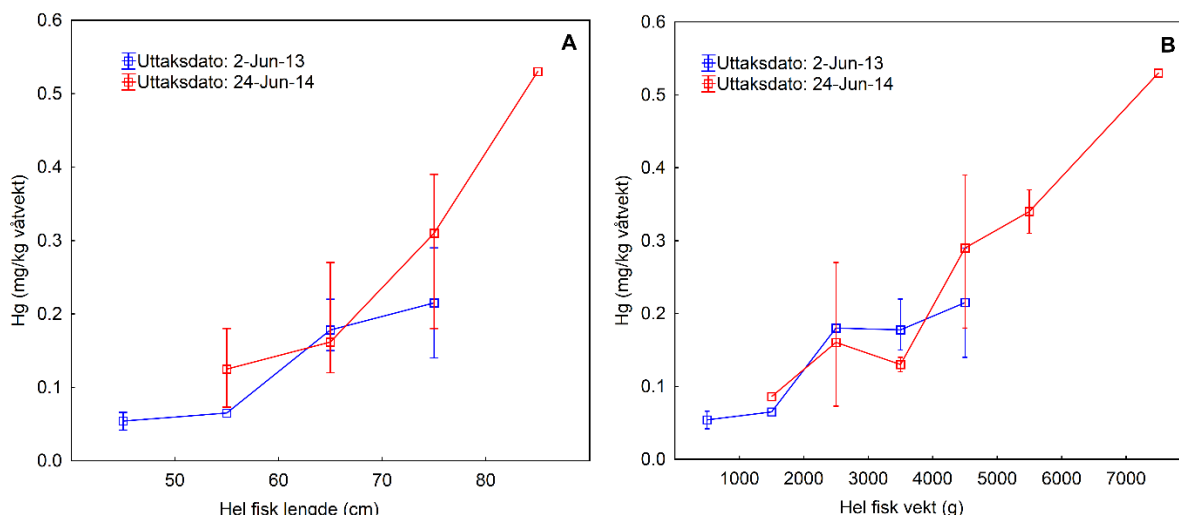
Figur 2. Konsentrasjon av kvikksølv (Hg, mg/kg våtvekt) i filet (venstre) og lever (høyre) av torsk prøvetatt i Vatsfjorden i 2013 og 2014. Median, 25 og 75 % persentiler og minste og største verdi er gitt per uttaksdato. Resultat av enveis variansanalyse og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk variansanalyse er gitt.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torskemuskel målt i 2014 var noe høyere enn gjennomsnittet for 2013, men det var stor forskjell mellom enkeltfisk, og forskjellen var ikke statistisk signifikant (Figur 2).

Det var en klar økning i kvikksølvkonsentrasjon med økende størrelse på fisken (Figur 3). Figurene viser også at de største fiskene trakk opp gjennomsnittet for 2014, mens flere av de minste fiskene trakk ned snittet for 2013.

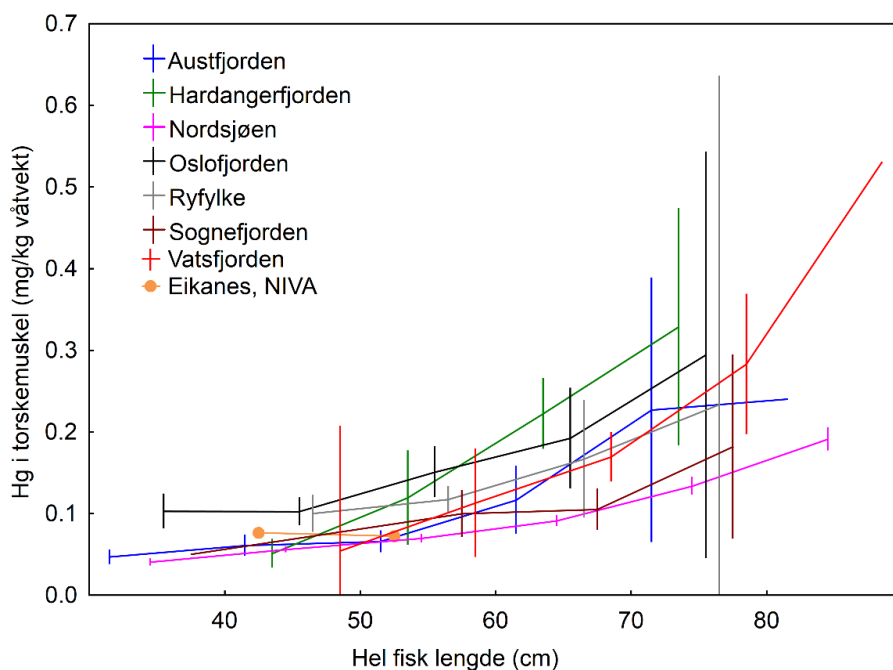
I henhold til Miljødirektoratets klassifiseringssystem var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torskemuskel i 2014 i tilstandsklasse II ”moderat forurensset” (0,1-0,3 mg/kg våtvekt) (Molvær 1997). Konsentrasjonene var høyere enn bakgrunnsnivå for Nordsjøen på $0,11 \pm 0,07$ mg/kg våtvekt, som ble målt i den store basisundersøkelsen for torsk (Julshamn et al. 2013b; Julshamn et al. 2013c). I basisundersøkelsen ble det også undersøkt en del torsk fra fjorder på Vestlandet, der gjennomsnittskonsentrasjon av kvikksølv i muskel varierte fra 0,086 mg/kg våtvekt i Fensfjorden til 0,19 mg/kg våtvekt i Hardangerfjorden. Torsk fanget ved to ulike lokaliteter i Ryfylke i basisundersøkelsen hadde kvikksølvkonsentrasjon på $0,13 \pm 0,06$ mg/kg våtvekt i muskel.

Fordi størrelse har så stor betydning for kvikksølvnivå i fisk, får vi en riktigere sammenligning mellom resultatene fra Vatsfjorden med resultater fra basisundersøkelsen for torsk når vi plottet kvikksølvnivå mot fiskens størrelse (Figur 4). Sett i sammenheng med størrelse var kvikksølvkonsentrasjonen i muskel av torsk fra Vatsfjorden (2013-2014) lavere enn nivåene for Hardangerfjorden og Oslofjorden, men høyere enn nivåene for Sognefjorden og Nordsjøen. Konsentrasjonen i torsk fra Vatsfjorden var på nivå med Ryfylke fra basisundersøkelsen, samt Austfjorden (Nordhordaland).



Figur 3. Kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg våtvekt) i torskemuskel i Vatsfjorden i 2013 og 2014, gitt som gjennomsnitt $\pm$ minste og største verdi i A) ulike lengdeintervaller (<50, 50-60, 60-70, 70-80 og >80 cm) og B) ulike vektintervaller (<1000, 1000-2000, 2000-3000, 3000-4000, 4000-5000, 5000-6000, 6000-7000, >7000 g).

Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i torskemuskel målt i denne undersøkelsen var noe høyere enn det som ble funnet i NIVAs overvåking i Vatsfjorden for 2009, 2011, 2012 og 2013, der konsentrasjonene i samleprøver fra Eikanes i Vatsfjorden varierte fra 0,058 til 0,087 mg/kg våtvekt (Kvassnes et al. 2010; Kvassnes 2012; Kvassnes et al. 2013; Beyer et al. 2014). Dette var betydelig mindre fisk enn det som har vært inkludert i denne undersøkelsen, med gjennomsnittslengder fra 48 til 54 cm (Bentzen 2014), og kun samleprøver ble analysert. Når resultatene fra den tidligere overvåkingen ved Eikanes plottes inn i samme figur som resultatene fra våre undersøkelser i Vatsfjorden og fra basisundersøkelsen (Figur 4), ser vi at



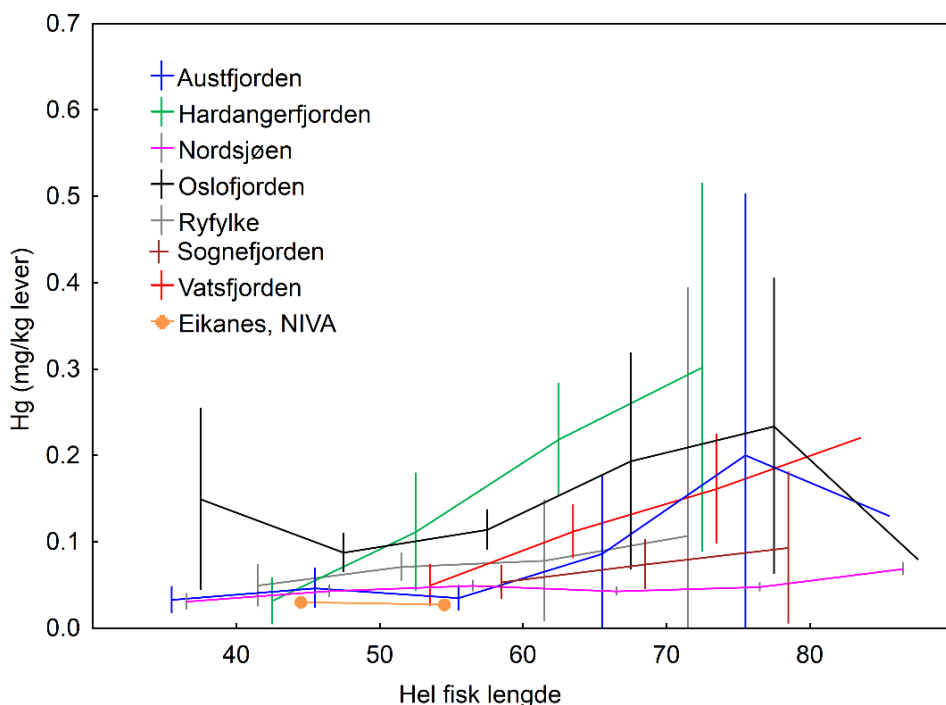
Figur 4. Kvikksølvkonsentrasjon i torskemuskel plottet mot fiskens lengde for Vatsfjorden, samt noen andre fjorder i Sør-Norge undersøkt i basisundersøkelsen for torsk. Gjennomsnitt $\pm$ 95 % konfidensintervall er vist for hvert lengdeintervall på <30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80 og >80 cm. Resultatene for Vatsfjorden er samlet for 2013 og 2014. Den oransje streken viser gjennomsnittskonsentrasjoner fra samleprøver analysert i NIVAs overvåking ved Eikanes i 2009-2013.

nivået er ganske likt for de to overvåkningsprosjektene fra Vatsfjorden, og at størrelsesforskjeller kan forklare de ulike gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonene.

I lever av torsk var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i 2014 noe lavere enn i filet, med et gjennomsnitt på 0,11 mg/kg våtvekt og en variasjon fra 0,031 til 0,27 mg/kg våtvekt (Tabell 17). Det var også noe lavere eller på nivå med 2013, da gjennomsnittet var 0,15 mg/kg. Nivået var høyere enn hos lever av torsk prøvetatt i Ryfylke i forbindelse med basisundersøkelsen ($0,069 \pm 0,047$ mg/kg våtvekt), og høyere enn det som ble målt i Nordsjøen ($0,051 \pm 0,031$ mg/kg våtvekt), men noe lavere enn nivåene som ble målt i Hardangerfjorden ($0,18 \pm 0,17$ mg/kg våtvekt). Kvikksølvnivået i torskelever målt i denne undersøkelsen var betydelig høyere enn det som ble målt i 2009-2013 i NIVAs miljøovervåking i Vatsfjorden, der kvikksølvnivået i torskelever fra Eikanes varierte mellom 0,02 og 0,04 mg/kg våtvekt (Kvassnes, Hobæk et al. 2010; Kvassnes 2012; Kvassnes, Hobæk et al. 2013; Beyer, Kvassnes et al. 2014). I likhet med torskemuskel kan forskjellene mellom de ulike undersøkelsene fra Vatsfjorden til dels forklares med forskjell i størrelse på fisken, selv om forholdet mellom størrelse og kvikksølvkonsentrasjon var mye mindre tydelig for lever enn for filet (Figur 5).

Kvikksølvnivået i torskelever prøvetatt i Vatsfjorden for denne undersøkelsen ser altså ut til å være forhøyet i forhold til bakgrunnsnivå for torsk fra Nordsjøen, og muligens også i forhold til andre områder i Ryfylke. Det er imidlertid også av betydning at kvikksølvkonsentrasjonen i torskelever ser ut til å variere i forhold til tid på året, med høyere kvikksølvkonsentrasjon i lever av torsk om sommeren enn om vinteren. I denne undersøkelsen ble prøvene tatt om sommeren, i juni. Torskeprøvene fra Ryfylke i basisundersøkelsen ble tatt både i februar og juni (med høyest konsentrasjon i de som ble tatt i juni), mens prøvene fra Vatsfjorden i tidligere overvåkning (NIVA), som også viste lave konsentrasjoner, ble tatt om vinteren.

Muskel og lever av torsk viste stort sett svært lave konsentrasjoner av bly og kadmium, og nivåene var langt under grenseverdiene som gjelder muskel (Tabell 17). Alle filetprøvene så



Figur 5. Kvikksølvkonsentrasjon i torskelever plottet mot fiskens lengde for Vatsfjorden, samt noen andre fjorder i Sør-Norge undersøkt i basisundersøkelsen for torsk. Gjennomsnitt $\pm$ 95 % konfidensintervall er vist for hvert lengdeintervall på <30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80 og >80 cm. Resultatene for Vatsfjorden er samlet for 2013 og 2014. Den oransje streken viser gjennomsnittskonsentrasjoner fra samleprøver analysert i NIVAs overvåkning ved Eikanes i 2009-2013.

nær som én hadde kadmiumkonsentrasjoner under bestemmelsesgrensen, mens kadmiumkonsentrasjonene var litt høyere i lever, med et gjennomsnitt på 0,046 mg/kg. Dette er på et relativt lavt nivå og tilsvarer det som er funnet i andre områder i Sør-Norge, som Mørebank, Borgundfjord, Sognefjord og Telemark (Julshamn et al. 2013b). Torsk prøvetatt lenger nord i landet har vist høyere nivåer, og de høyeste nivåene er målt i lever av torsk fra vest i Barentshavet (Julshamn et al. 2013a), med et gjennomsnitt på 0,29 mg/kg. Blant fjordene i Sør-Norge har Hardangerfjorden det høyeste nivået.

Også bly viste høyere konsentrasjoner i lever enn i muskel av torsk, med et gjennomsnitt i lever på 0,024 mg/kg og et spenn fra 0,003 til 0,11 mg/kg (Tabell 17). Blykonsentrasjonen i muskelprøvene var i stor grad under LOQ. I 2013 var dette tilfelle også for leverprøvene, men metoden har blitt endret slik at LOQ har blitt lavere i mellomtiden, sånn at i 2014 fikk vi målbare nivåer i alle leverprøvene. Det er ingen grenseverdi for bly som gjelder torskelever.

Arsenkonsentrasjonene både i filet og lever av torsk var på nivå med eller lavere enn det som ble målt i Nordsjøen og Ryfylke i basisundersøkelsen (Julshamn et al. 2013b; Julshamn et al. 2013c). Selen er et positivt næringsstoff og vil ikke bli diskutert nærmere.

Konsentrasjonen av TBT i torskemuskel varierte fra <0,2 til 0,6 µg Sn/kg våtvekt. Halvparten av prøvene var under LOQ. Med hensyn til leverprøvene hadde bare en av 16 prøver kvantifiserbart nivå av TBT, med 2 µg Sn/kg. Metabolittene MBT og DBT viste ingen kvantifiserbare konsentrasjoner i verken muskel- eller leverprøvene.

Tabell 18. Konsentrasjon (µg/kg våtvekt) av monobutyltinn (MBT), dibutyltinn (DBT) og tributyltinn (TBT) i muskel og lever (µg/kg våtvekt) av torsk prøvetatt ved Eikanes og Raunes i juni 2014. "n.d." = ikke detektert (<LOD). Antall krabber med verdier over kvantifiseringsgrensen for ett eller flere av stoffene er gitt (# ≥ LOQ).

Torsk	MBT	DBT	TBT	# ≥ LOQ
	µg Sn/kg	µg Sn/kg	µg Sn/kg	
	min - maks	min - maks	min - maks	
Muskel	n.d.	n.d. - < 1	< 0,2 – 0,6	8/16
Lever	n.d.	n.d. - < 7	n.d. - 2	1/16

3.3.3 Organiske miljøgifter i torsk

3.3.3.1. Dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av torsk

Torskeleverprøvene hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av summen av dioksiner og dl-PCB på 27 ng TE/kg (Tabell 19). Dette er over grenseverdien på 20 ng TE/kg for sum dioksiner og dl-PCB i torskelever. Lever fra 12 av 15 torsk hadde nivåer over denne grenseverdien. Det er ikke uvanlig at torsk fanget langs norskekysten og inne i fjorder overskrider grenseverdien for sum dioksiner og dl-PCB i lever. På grunnlag av tidligere undersøkelser advarer Mattilsynet mot å spise torskelever fra selvfanger fisk fisket innenfor grunnlinjen, det vil si langs kysten og inne i fjordene (matportalen.no).

Nivået av dioksiner og dl-PCB i torskelever var betydelig lavere i 2014 enn året før, da gjennomsnittskonsentrasjonen var 42 ng TE/kg.

I basisundersøkelsen for torsk ble det funnet gjennomsnittskonsentrasjoner over grenseverdien i alle de vestlandsfjordene der det ble tatt prøver: Borgundfjorden: 70 ± 71 ng TE/kg våtvekt, Sognefjorden: 41 ± 33 ng TE/kg våtvekt, Fensfjorden: 24 ± 18 ng TE/kg våtvekt, Hardangerfjorden: 34 ± 27 ng TE/kg våtvekt og Ryfylke 29 ± 11 ng TE/kg våtvekt (Julshamn et al. 2013c), men også i Nordsjøen: 21 ± 10 ng TE/kg våtvekt. Nivået av dioksiner

Tabell 19. Konsentrasjon (ng 2005-TE/kg våtvekt) i torskelever av sum dioksiner og furaner (PCDD/F), sum dioksinlignende PCB (dl-PCB) samt summen av dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl-PCB). Resultat er gitt som gjennomsnitt ± standardavvik, minste og største verdi.

År	N	Sum PCDD/F ¹	Sum dl-PCB ¹	Sum PCDD/F + dl-PCB ¹
ng TE _{WHO-2005} /kg				
Grenseverdi²				20
		Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks
2014	15	Snitt ± SD	3.73 ± 1.12	23.3 ± 10.6
		Min - maks	1.4 - 6.1	14.4 - 50
		Ant. over grense		12
2013	10	Snitt ± SD	5.93 ± 2.44	36.3 ± 16.7
		Min - maks	2.1 - 10.1	9.7 - 65
		Ant. over grense		9

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

²EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder omsetning av fiskelever til humant konsum.

og dl-PCB i torsk fra Vatsfjorden i 2014 var altså ikke spesielt høyt sammenlignet med andre områder i basisundersøkelsen.

En undersøkelse for Mattilsynet i 2009 av miljøgifter i torskelever fra 15 forurensede fjorder og havner viste nivåer betydelig høyere enn det som har blitt målt i Vatsfjorden, men dette var som sagt havner i byer eller fjordområder med spesielle forurensningsproblemer (Nilsen et al. 2011).

Hoveddelen av summen av dioksiner og dl-PCB var dioksinlignende PCB, med gjennomsnitt i 2014 for dioksiner på 3,7 ng TE/kg våtvekt og dioksinlignende PCB på 23 ng TE/kg våtvekt.

3.3.3.2 Ikke-dioksinlignende PCB i lever av torsk

Med hensyn til ikke-dioksinlignende PCB i lever av torsk fra Vatsfjorden, varierte summen av seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB₆) fra 81 til 600 µg/kg, med et gjennomsnitt på 298 µg/kg (Tabell 20). Elleve av de 16 leverprøvene hadde konsentrasjoner av Sum PCB₆ som var over 200 µg/kg våtvekt, som er grenseverdien satt for denne summen. Det er fra tidligere gitt en advarsel om å unngå torskelever fra selvfanger torsk tatt innenfor grunnlinjen (matportalen.no). Konsentrasjonen av Sum PCB₆ i torskelever var betydelig lavere i 2014 enn i 2013.

Det var de samme fiskene som hadde høyt innhold av PCB₆ som hadde høyt innhold av dioksiner og dl-PCB, og det var en lineær sammenheng mellom de to summene ($r^2 = 0,91$, $p < 0,001$). Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ var høyere enn eller like høy som resultatene fra basisundersøkelsen for Ryfylke (212 ± 163 µg/kg), Austfjorden (144 ± 105 µg/kg) og Sognefjorden (292 ± 273 µg/kg), men lavere enn det som ble funnet for Oslofjorden (429 ± 524 µg/kg), Hardangerfjorden (463 ± 820 µg/kg) og Borgundfjorden (847 ± 971 µg/kg) (Julshamn et al. 2013c). Nivået av PCB₆ i lever av torsk fra Vatsfjorden var betydelig høyere enn det som ble observert i Nordsjøen i basisundersøkelsen, der gjennomsnitt ± SD var 138 ± 72 µg/kg våtvekt.

Ved sammenligning med den overvåkingen som tidligere har vært gjennomført i Vatsfjorden er det nødvendig å sammenligne Sum PCB₇, det vil si Sum PCB₆ + PCB-118. Denne summen har lenge vært vanlig å bruke som en indikator på PCB-forurensning ved miljøovervåking, og Miljødirektoratet har tilstandsklasser for denne summen i torskelever.

Gjennomsnittskonsentrasjon av sum PCB₇ som ble funnet i torskelever i denne undersøkelsen i 2014 var 330 µg/kg våtvekt (Tabell 20), som var litt lavere enn det vi fant i 2013. Det var

Tabell 20. Konsentrasjon av ikke-dioksinlignende PCB i lever av torsk fra Vatsfjorden, summen av seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB₆) og Sum PCB₇. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, samt EU og Norges øvre grenseverdi og antall prøver som overskrider denne.

År	N		Sum PCB ₆ µg/kg	Sum PCB ₇ ¹ µg/kg
Grenseverdi²			200	
2014	15	Snitt ± SD	298 ± 151	330 ± 168
		Min - maks	81 - 600	88 - 670
		Ant. over grenseverdi	11	
2013	10	Snitt ± SD	396 ± 236	449 ± 266
		Min - maks	42 - 740	47 - 840
		Ant. over grenseverdi	8	

¹Sum PCB₆ pluss PCB-118 som er dioksinlignende.

²EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder omsetning av fiskelever til humant konsum.

også litt lavere enn det NIVA fant i sin overvåkning i 2012, der konsentrasjonen av PCB₇ i lever av torsk fisket ved Vats var på 434 µg/kg (Kvassnes et al. 2013). I 2009, 2011 og 2013 fant de imidlertid mye lavere nivåer, <70 µg/kg, i alle prøvene (Kvassnes et al. 2010; Beyer et al. 2014).

3.3.3.3 Polyaromatiske hydrokarboner i lever av torsk

Ingen av torskeleverprøvene prøvetatt i 2014 hadde kvantifiserbare konsentrasjoner av noen av PAH-forbindelsene, med LOQ for de ulike forbindelsene på 0,5 og 1 µg/kg som gitt i Tabell 5. I 2013 hadde én av torskene en konsentrasjon av Benzo(a)pyren i lever på 0,87 µg/kg våtvekt.

3.3.3.4 Perfluoreerte alkylstoffer i filet og lever av torsk

Ingen av de 16 prøvene av torskemuskel som ble prøvetatt i 2014 hadde kvantifiserbare nivåer av de analyserte PFAS-forbindelsene gitt i Tabell 6. For torskelever hadde én prøve en konsentrasjon av PFOSA på 3,2 µg/kg. PFPeA var vanskelig å analysere i lever, og på grunn av usikre funn er resultat utelatt for fem av prøvene. Denne forbindelsen har i utgangspunktet høy LOQ (60 µg/kg for torskelever; Tabell 6), det vil si at stoffet må forekomme i relativt høy konsentrasjon dersom det skal bli målbare verdier.

3.4 Brosme

3.4.1 Størrelse, kjønn og levervekt på brosmene

De ti brosmene som ble fisket i Vatsfjordinngangen i juli 2014 varierte i vekt fra 1,6 til 6,5 kg, med et gjennomsnitt på 3,9 kg (Tabell 21). De var litt mindre enn brosmene som ble prøvetatt i 2013. Fire av de ti fiskene var hunner. Levervekt varierte mye, fra 44 til 434 g, og leverindeks varierte fra 2,4 til 6,7 med et gjennomsnitt på 4,2. Gjennomsnittlig leverindeks var litt høyere i 2014 enn i 2013, mens gjennomsnittlig fettinnhold i leveren var noe lavere i 2014 enn i 2013.

Tabell 21 Lengde (cm), vekt (g), levervekt (g), fettinnhold i lever(g/100 g) og kjønn (% hunner) av 10 brosmes prøvetatt ved Eikanes i Vatsfjorden i 2014 og 2013. Gjennomsnitt ± SD, minste og største verdi er gitt.

Parameter	År	N	Snitt ± SD	Min - maks
Lengde (cm)	2014	10	67,4 ± 10,4	52 - 82
	2013	10	75,2 ± 8,5	56 - 85
Vekt (g)	2014	10	3930 ± 1777	1640 - 6504
	2013	10	5431 ± 1741	2331 - 7455
Levervekt (g)	2014	9 ¹	183 ± 148	44 - 434
	2013	10	175 ± 98	52 - 298
Leverindeks ²	2014	9 ¹	4,2 ± 1,7	2,4 - 6,7
	2013	10	3,3 ± 1,6	0,70 - 5,9
Fettinnhold i lever (g/100 g)	2014	10	53,9 ± 10,2	41 - 72
	2013	10	61,2 ± 9,2	44 - 72
Kjønn (% hunner)	2014	10	40	
	2013	10	50	

¹En fisk manglet lever

²Leverindex = 100 x levervekt/hel fisk vekt

3.4.2 Metaller i muskel og lever av brosme

De ti brosmene prøvetatt i Vatsfjordinngangen i 2014 hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i muskel på 0,41 mg/kg våtvekt med en variasjon fra 0,15 til 1,0 mg/kg våtvekt (Tabell 22). To av brosmene hadde konsentrasjoner av kvikksølv over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder for kvikksølv i filet av de fleste fiskearter til humant konsum. Kvikksølvnivået i brosmemuskel var svært likt som året før, i 2013, til tross for at brosmene fra 2013 var større. Det var ikke like god sammenheng mellom kvikksølv i brosme og fiskens vekt i Vatsfjorden i 2013-2014 som det det var for torsk (Figur 6), men det var en god sammenheng mellom kvikksølv i brosme og fiskens lengde. NIVA analyserte brosmes fra Vatsfjordinngangen i 2009, 2010 og 2013 og fant kvikksølvkonsentrasjoner i samleprøver av filet fra 0,35 til 0,43 mg/kg våtvekt (Kvassnes et al. 2010; Kvassnes et al. 2011; Beyer et al. 2014), som er i samme område som våre gjennomsnittsverdier.

Kvikksølvnivået var høyere i brosmene enn i torsken fra Vatsfjorden, men det er ikke uvanlig for brosme å ha kvikksølvkonsentrasjoner på dette nivået. En masteroppgave gjennomført i 2009 viste gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjoner i brosmes fra kysten av Vestlandet mellom 0,37 og 0,49 mg/kg våtvekt og utenfor kysten av Sørlandet 0,38 og 0,44 mg/kg våtvekt (Kvangarsnes 2010; Kvangarsnes et al. 2012). I Hardangerfjorden har det blitt målt betydelig høyere konsentrasjoner av kvikksølv i brosme (Måge et al. 2012).

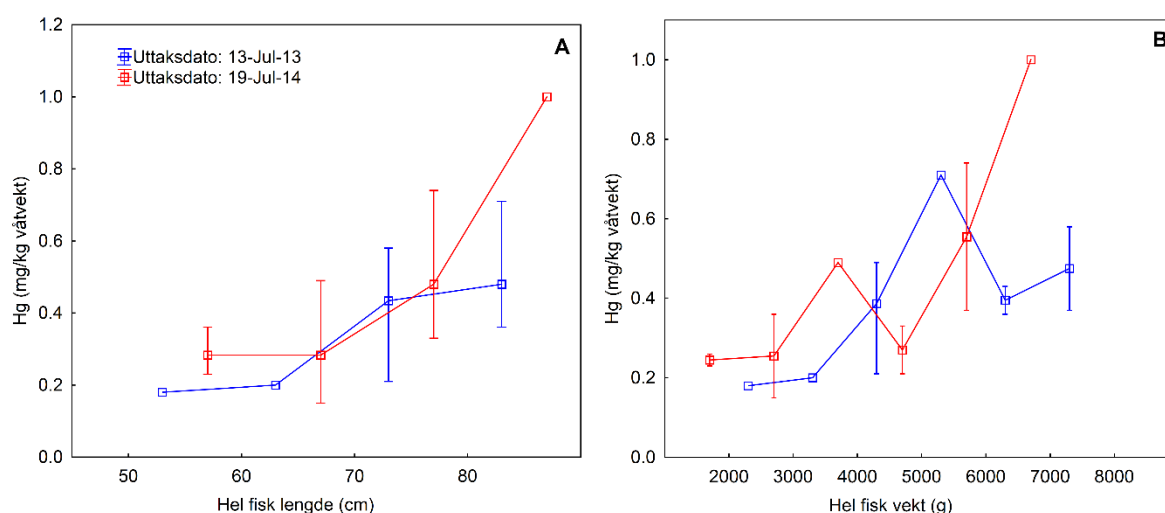
I en masteroppgave fra 2014, med prøver av brosme fra 2013, ble det vist at brosme fra Ryfylke og Indre Boknafjord hadde gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjoner på 0,60 og 0,52 mg/kg våtvekt, som var noe høyere enn det som ble målt i Vatsfjorden (Grunnaleite 2014). Forskjellene var imidlertid ikke statistisk signifikante. Henholdsvis 51 og 50 % av fisken i Ryfylke og Indre Boknafjord hadde kvikksølvnivåer over grenseverdien, og størrelsen på fisken var nokså lik i alle tre områdene. Grunnaleite sammenlignet også med brosmes fra Hardangerfjorden, og disse hadde gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i muskel på 0,63 mg/kg våtvekt, men var betydelig mindre i størrelse.

En større kartlegging er under arbeid på oppdrag fra Mattilsynet for å få mer kunnskap om innholdet av miljøgifter, særlig kvikksølv, i brosme, lange og annen dypvannsfisk fra norske

Tabell 22. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av ulike metaller i henholdsvis muskel og lever av 10 brosmer prøvetatt ved utløpet av Vatsfjorden. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

Organ	År	N	Hg	Cd	Pb	As	Se
Grenseverdi ¹			0,5	0,05	0,03		
Prøve	År	N	Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks	Snitt ± SD Min - maks
Muskel	2014	10	0,414 ± 0,266			5,90 ± 5,69	0,407 ± 0,031
			0,15 - 1,0	<0,001	<0,006	1,8 - 20	0,36 - 0,44
	Ant. > grense		2/10	0	0		
	2013	10	0,399 ± 0,173			4,09 ± 3,07	0,443 ± 0,041
			0,18 - 0,71	<0,001	<0,006	0,84 - 11	0,37 - 0,50
	Ant. > grense		2/10	0	0		
Lever	2014	9	0,171 ± 0,106	0,051 ± 0,023	0,017 ± 0,012	4,47 ± 3,91	2,10 ± 1,13
			0,014 - 0,39	0,002 - 0,077	0,006 - 0,042	0,24 - 13	0,099 - 3,5
	2013	10	0,213 ± 0,177	0,051 ± 0,043		3,58 ± 1,57	2,15 ± 0,83
			0,057 - 0,58	0,022 - 0,17	<0,02 - 0,025	1,8 - 7,0	0,87 - 3,5

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder muskel av fisk til humant konsum.



Figur 6. Kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg våtvekt) i brosmemuskel i Vatsfjorden i 2013 og 2014, gitt som gjennomsnitt $\pm$ minste og største verdi i A) ulike lengdeintervaller (50-60, 60-70, 70-80 og >80 cm) og B) ulike vektintervaller (<2000, 2000-3000, 3000-4000, 4000-5000, 5000-6000, 6000-7000, 7000-8000 g).

fjorder og kystområder, samt fra havområdene der det kommersielle fisket er størst. Resultatene så langt har bekreftet at brosme kan ha relativt høye kvikksølvkonsentrasjoner i mange områder.

Konsentrasjonene av kvikksølv i lever av brosme var lavere enn i muskel, med et gjennomsnitt på 0,17 mg/kg (Tabell 22). Det er ikke grenseverdier som gjelder for kvikksølv eller andre metaller i lever av fisk. Gjennomsnittsverdier av kvikksølv i brosmelever på 0,27 og 0,51 mg/kg våtvekt har tidligere vært målt i norske kystområder (Kvangarsnes et al. 2012). Grunnaleite (2014) fant gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjoner i lever av brosme i Ryfylke og Indre Boknafjord på henholdsvis 0,55 og 0,50 mg/kg våtvekt. I Hardangerfjorden, som vi vet er svært påvirket av kvikksølv, var kvikksølvkonsentrasjonene i brosme høyere i

lever enn i muskel (Grunnaleite 2014). Det samme er også vist tidligere (Kvangarsnes et al. 2012). Forholdet mellom kvikksølv i lever og muskel av fisk (lever-muskel indeks) skal kunne si noe om forurensingsnivået (Havelkova et al. 2008). Grunnaleite (2014) fant noe lavere gjennomsnittlig lever-muskelindeks i brosme fra Vatsfjordinngangen sammenlignet med fjordsystemene utenfor, men forskjellene var ikke signifikante.

For bly og kadmium var nivåene i alle muskelprøvene av brosme lavere enn kvantifiseringsgrensene og dermed langt under grenseverdiene (Tabell 22). For bly i lever var det i 2014 kvantifiserbare konsentrasjoner på grunn av forbedret LOQ, og gjennomsnittskonsentrasjonen var på 0,017 mg/kg med et spenn fra 0,006 til 0,042 mg/kg. Konsentrasjonene av kadmium i lever varierte fra 0,002 til 0,077 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 0,051 mg/kg, som var det samme som i 2013. Det er helt normalt at kadmiuminnhold i lever av fisk er høyere enn i muskel, da kadmium akkumuleres i lever men ikke i muskel. Det er ikke grenseverdier som gjelder metaller i fiskelever.

Det var målbare konsentrasjoner av TBT i alle muskel- og leverprøvene av brosme, med gjennomsnittskonsentrasjoner på henholdsvis 3,0 og 3,6 µg Sn/kg våtvekt (Tabell 23). Dette var det høyeste som er målt i noen av prøvene i denne undersøkelsen. Det er likevel ikke høyt sammenlignet med nivåer målt i brosmes fra Hardangerfjorden for omlag 15 år siden (Knutzen et al. 2002). Nivåene er heller ikke slik at de utgjør noen risiko for mattrygghet. I en uttalelse fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet, sto følgende: "Basert på sjømatkonsum i Norge kan fisk inneholde ca. 75 µg tinnorganiske forbindelser/kg fisk, uttrykt som massen til tinn, uten at høykonsumenter av fisk overskrider TDI for tinnorganiske forbindelser" (VKM 2007). De tinnorganiske forbindelsene er imidlertid menneskeskapte stoffer der enhver tilstedeværelse tyder på en viss forurensing.

MBT og DBT var ikke detekterbare eller under kvantifiseringsgrensen i alle brosmep prøvene.

Tabell 23. Konsentrasjon (µg/kg våtvekt) av monobutyltinn (MBT), dibutyltinn (DBT) og tributyltinn (TBT) i muskel og lever av brosme prøvetatt ved Eikanes og Raunes i juli 2014. "n.d." = ikke detektert (<LOD). Antall krabber med verdier over kvantifiseringsgrensen for ett eller flere av stoffene er gitt (# ≥ LOQ).

Torsk	MBT	DBT	TBT	# ≥ LOQ
	µg Sn/kg	µg Sn/kg	µg Sn/kg	
	Min - maks	Min - maks	Snitt ± SD (min – maks)	
Muskel	n.d.	< 1	3,0 ± 2,4 (0,9 – 8)	10/10
Lever	n.d. - < 10	n.d. - < 7	3,6 ± 2,1 (2 – 8)	10/10

3.4.3 Organiske miljøgifter i brosme

3.4.3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av brosme

Lever av de ti brosmene prøvetatt i Vatsfjordinngangen i juli 2014 hadde en konsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB som varierte fra 35 til 80 ng TE/kg våtvekt med et gjennomsnitt på 54 ng TE/kg våtvekt (Tabell 24). Gjennomsnittsverdien var mer enn tre ganger grenseverdien på 20 ng TE/kg våtvekt som gjelder for fiskelever, og nivået var omtrent det doble av det vi fant i lever av torsk fra Vatsfjorden. Advarselen fra Mattilsynet om å unngå lever av selvfangst fisk fisket i kystområdene omfatter også brosme.

Gjennomsnittsnivået av dioksiner og dl-PCB var litt lavere i 2014 enn i 2013.

Vi har foreløpig ikke data på dioksiner og dl-PCB i brosmelever fra andre områder å sammenligne med for å kunne si om nivåene vi har funnet i denne undersøkelsen er uvanlig høye eller ikke, men den kartleggingen som er under arbeid for Mattilsynet vil gi mye mer data som vil kunne brukes som sammenligningsgrunnlag i fremtiden. Foreløpige uoffisielle resultater fra kartleggingen viser at det er mange områder, selv i åpent hav, der lever av brosme overskrider grenseverdien for dioksiner og dl-PCB. Nivåene for Vatsfjorden ser ut til

Tabell 24. Konsentrasjon (ng 2005 - TE/kg våtvekt) i brosmelever av sum mono- og non-orto PCB (sum dl-PCB), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), samt summen av dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl - PCB). Resultat er gitt som gjennomsnitt ± standardavvik, minste og største verdi.

År	N		Sum PCDD/F ¹	Sum dl-PCB ¹	Sum PCDD/F + dl-PCB ¹
			ng TE _{WHO-2005} /kg	ng TE _{WHO-2005} /kg	ng TE _{WHO-2005} /kg
2014	9	Snitt ± SD	14.8 ± 2.2	39.5 ± 13.9	54.3 ± 14.9
		Min-maks	11 - 18	21 - 63	35 - 80
		Ant. > grense ²			9/9
2013	10	Snitt ± SD	19.4 ± 5.2	45.3 ± 13.2	64.7 ± 17.8
		Min-maks	11 - 30	33 - 80	44 - 111
		Ant. > grense ²			10/10

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

²EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder summen av dioksiner og dl-PCB i fiskelever til humant konsum.

å være relativt høye, men tilsvarende eller høyere konsentrasjoner er målt i noen kyst- og fjordområder.

3.4.3.2 Ikke-dioksinlignende PCB i lever av brosme

Konsentrasjon av sum PCB₆ i brosmelever fra 2014 varierte fra 482 til 1236 µg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 796 ± 285 µg/kg våtvekt (Tabell 25). Som for dioksiner og dl-PCB var dette langt over grenseverdien, som er 200 µg/kg våtvekt for sum PCB₆ i fiskelever.

Som for dioksiner og dl-PCB har vi lite publiserte data å sammenligne med når det gjelder PCB₆ i brosmelever, men dette vil forandre seg når vi har ferdigstilt den store kartleggingen av miljøgifter i brosme som gjennomføres i løpet av 2013-2015. Foreløpige uoffisielle resultater antyder at brosme fra mange kyst- og fjordområder i Norge kan ha tilsvarende høye PCB₆-nivåer.

Nivået av sum PCB₇ var betydelig høyere enn det NIVA fant i brosme fra Vatsfjordinngangen i 2009, med PCB₇ på 163 µg/kg våtvekt, men i likhet med for kvikksølv kan forskjeller skyldes at fisken i denne undersøkelsen var større enn den NIVA analyserte. Tidligere undersøkelser fra flere norske fjorder i 2001-2011 har vist median- eller snittkonsentrasjoner av PCB₇ på opp til 1300 µg/kg våtvekt (Storfjorden i 2006), mens de fleste nivåene var noe lavere enn det vi har målt her (Beylich og Ruus 2011).

Det er interessant at brosme ikke bare akkumulerer høye nivåer av kvikksølv, men at de også ser ut til å kunne akkumulere enda høyere nivåer av både dioksiner og PCB i lever enn det vi finner i lever av torsk. Trolig er det forskjeller i biologi og levevis som gjør at brosme har enda høyere nivåer av organiske miljøgifter i leveren enn torsk.

Tabell 25 Konsentrasjon i torskelever av ikke-dioksinlignende PCB, gitt som summen av seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB₆) og som Sum PCB₆ + PCB-118 (Sum PCB₇). Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, samt EU og Norges øvre grenseverdi og antall prøver som overskrider denne.

År	N	Sum PCB ₆ (µg/kg)				Sum PCB ₇ (µg/kg)	
		Snitt ± SD	Min - maks	EU-grense	Antall > grense ¹	Snitt ± SD	Min - maks
2014	9	796 ± 285	482 - 1236	200	9/9	850 ± 293	513 - 1294
2013	10	707 ± 200	352 - 994	200	10/10	779 ± 214	411 - 1076

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder konsum av fiskelever til humant konsum.

3.4.3.3 Polyaromatiske hydrokarboner i lever av brosme

Ingen av brosmeleverne hadde kvantifiserbare mengder av noen av de analyserte PAH – forbindelsene, med LOQ på 0,5 og 1 µg/kg som vist i Tabell 5. Heller ikke i 2013 var det noen prøver av brosmelever med kvantifiserbare PAH-nivåer.

3.4.3.4 Perfluorerte alkylstoffer i filet og lever av brosme

Hverken filet eller lever av de ti brosmene prøvetatt i 2014 hadde kvantifiserbare konsentrasjoner av PFAS-forbindelsene gitt i Tabell 6. Det eneste unntaket var en leverprøve som hadde en konsentrasjon av PFOS på 5,0 µg/kg våtvekt.

4. KONKLUSJONER

Blåskjell viste lave konsentrasjoner av de analyserte miljøgiftene sammenlignet med generelle data fra Norskekysten.

Krabber fra Vatsfjorden viste nivå av kvikksølv i klokjøtt som var høyere enn bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland og landet for øvrig, men under EU og Norges øvre grenseverdi.

Brunmat av krabber hadde ikke forhøyet nivå av metaller, dioksiner og dl-PCB sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten, mens nivået av sum PCB₆ så ut til å være noe forhøyet.

Torsk viste kvikksølvkonsentrasjoner i muskel som var under EU og Norges grenseverdi for mattrygghet i alle prøvene. Gjennomsnittskonsentrasjon av kvikksølv i torskemuskel var over 0,2 mg/kg våtvekt som er et nivå Mattilsynet forholder seg til når de skal gi advarsler for gravide og ammende. Gjennomsnittskonsentrasjonen var noe høyere i 2014 enn i 2013, men forskjellen var ikke signifikant og det høyere gjennomsnittsnivået i 2014 skyldtes flere store og færre små fisk enn i 2013. Kvikksølvnivået sett i forhold til størrelse var det samme som tidligere målt i torsk fra fjordsystemet utenfor Vatsfjorden (Ryfylke).

Kvikksølvnivået i lever av torsk var noe høyere i torsk fra Vatsfjorden enn i torsk fra Ryfylke, men også i lever var det økende kvikksølvnivå med økende størrelse på fisken.

Nesten all torsken fra Vatsfjorden hadde konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og PCB₆ i lever som var høyere enn grenseverdiene som gjelder fiskelever. Dette er ikke unormalt for vestnorske fjorder, men nivåene var muligens noe høyere enn det som ble målt i torsk fra Ryfylke i basisundersøkelsen.

Brosme fisket i Vatsfjordinngangen hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskel hos to av ti fisk over grenseverdien, men gjennomsnittet var under grenseverdien. Nivået var på linje med tidligere analyser av brosme fra kysten av Vestlandet.

Nivået av dioksiner og dl-PCB samt sum PCB₆ i lever av brosme var over grenseverdiene i alle prøvene, og konsentrasjonene var høyere enn hos torsk fra Vatsfjorden. Foreløpig har vi lite publiserte data å sammenligne med for å kunne si om dette er unormalt høye nivåer for brosme.

Alle prøvene viste nivåer av TBT, DBT, MBT, PFAS og PAH som var forholdsvis lave eller under kvantifiseringsgrensene.

Ut fra resultatene i denne undersøkelsen ser sjømat fra Vatsfjorden ut til å være noe påvirket av kvikksølv og PCB, men det er ikke grunnlag for å si at det har vært noen endring i nivåene av de analyserte stoffene i Vatsfjorden fra 2013 til 2014.

5. LITTERATURLISTE

- Bentzen, G. (2014) Angående NIVAs undersøkelser i Vatsfjorden. Brev til Norges Fiskarlag v/Jan Henrik Sandberg og Kåre Heggebø.
- Beyer, J., A. J. S. Kvassnes, A. Hobæk, B. A. Beylich og T. M. Johnsen (2014). Årsrapport for miljøovervåking rundt AF Miljøbase Vats for 2013, NIVA. **L.NR. 6673-2014**: 135 s.
- Beylich, B. A. og A. Ruus (2011). Overvåking av miljøgifter i dypvannsfisk, NIVA. **TA-2272/2011**: 67 s. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2872/ta2872.pdf>.
- Duinker, A., B. T. Lunestad, C. S. Svanevik og K. Julshamn (2012). Tilsynsprogrammet for skjell 2011- Fremmedstoffer (tungmetaller og organiske miljøgifter i skjell og tungmetaller i snegler) og mikroorganismer. Bergen, NIFES. <http://nifes.no/report/skjellrapport-2011-mikrobiologi-og-fremmedstoff/>.
- Grunnaleite (2014). Totalkvikksølv og metylkvikksølv i filet og lever av brosme fiska i Boknafjorden, samanlikna med Hardangerfjorden og Lofoten. Kjemisk Institutt. Bergen, Universitetet i Bergen. **Master of Science**: 90 s.
- Havelkova, M., L. Dusek, D. Nemethova, G. Poleszczuk og Z. Svobodova (2008). "Comparison of mercury distribution between liver and muscle - A biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities." Sensors **8**(7): 4095-4109.
- Julshamn, K., A. Duinker, B. M. Nilsen, S. Frantzen, A. Maage, S. Valdersnes og K. Nedreaas (2013a). "A baseline study of levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea." Marine Pollution Bulletin **67**(1-2): 187-195.
- Julshamn, K., A. Duinker, B. M. Nilsen, K. Nedreaas og A. Maage (2013b). "A baseline study of metals in cod (*Gadus morhua*) from the North Sea and coastal Norwegian waters, with focus on mercury, arsenic, cadmium and lead." Marine Pollution Bulletin **72**(1): 264-273.
- Julshamn, K., B. M. Nilsen, A. Duinker, S. Frantzen, S. Valdersnes, K. Nedreaas og A. Måge (2013c). Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). Sluttrapport. Bergen, NIFES: 28 s. <http://nifes.no/report/basisundersokelse-fremmedstoffer-i-torsk-sluttrapport-2013/>
- Julshamn, K., B. M. Nilsen, S. Valdersnes og S. Frantzen (2012). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. Bergen, NIFES: 52 s. <http://nifes.no/report/arsrapport-fremmedstoffer-i-villfisk-2011-delrapport-1-undersokelser-av-miljogifter-i-taskekrabbe/>
- Knutzen, J., M. T. Schaanning og J. Skei (2002). Orienterende observasjoner av tinnorganiske forbindelser i fisk og krabbe - relasjon til spiselighet, NIVA. **L.NR. 4495-2002**: 26 s.
- Kvangarsnes, K. (2010). Kvikksølv i brosme fiska langs den norske kyststraumen - samanlikning med brosme fiska nær U-864 utanfor Fedje og frå dei opne havområda. Kjemisk Institutt. Bergen, Universitetet i Bergen. **Master of science**: 89 s.
- Kvangarsnes, K., S. Frantzen, K. Julshamn, L. J. Sætre, K. Nedreaas og A. Maage (2012). "Distribution of mercury in a gadoid fish species, tusk (*Brosme brosme*), and its implication for food safety." Journal of Food Science and Engineering **2**: 603-615.

Kvassnes, A. J. S. (2012). Redegjørelse om overvåkning av miljøgifter i taskekrabbe 2009-2011, NIVA: 3 s.

Kvassnes, A. J. S., A. Hobæk, G. Borgersen, J. Gitmark og T. M. Johnsen (2013). Årsrapport for miljøovervåking rundt AF Miljøbase Vats for 2012. NIVA-rapport, NIVA: 101 s. + vedlegg.

Kvassnes, A. J. S., A. Hobæk og T. Johnsen (2011). Årsrapport for miljøovervåking rundt AF Miljøbase Vats for 2010, NIVA. **6113-2011**: 67 s.

Kvassnes, A. J. S., A. Hobæk, T. Johnsen, M. Walday, A. K. Sweetman, A. C. Gundersen, B. Rygg, M. Brkljacic og G. Borgersen (2010). Årsrapport for miljøovervåking rundt AF Miljøbase Vats for 2009, NIVA. **5928-2010**: 82 s.

Molvær, J. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning. Oslo, SFT: 36 s.

Måge, A., O. Bjelland, P. A. Olsvik, B. M. Nilsen og K. Julshamn (2012). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2011: Kvikksølv i djupvassfisk og skaldyr frå Hardangerfjorden samt miljøgifter i marine oljer. Bergen, NIFES: 31 s. <http://nifes.no/report/miljogifter-i-fisk-og-fiskevarer-2011/>

Nilsen, B. M., S. Frantzen og K. Julshamn (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 2009. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 77 s. <http://nifes.no/wp-content/uploads/2014/05/Fremmedstoffer-i-villfisk-sluttrapport-2009-revidert-090211.pdf>

Van den Berg, M., L. Birnbaum, M. Denison, M. De Vito, W. Farland, M. Feeley, H. Fiedler, H. Hakansson, A. Hanberg, L. Haws, M. Rose, S. Safe, D. Schrenk, C. Tohyama, A. Tritscher, J. Tuomisto, M. Tysklind, N. Walker og R. Peterson (2006). "The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds." Toxicological sciences **93**(2): 223-241.

VKM (2007). Uttalelse fra Faggruppen for furensninger, naturlige toksiner og medisinerester i matkjeden . 29. mars 2007. Risikovurdering av organiske tinnforbindelser i sjømat, Vitenskapskomiteen for mattrygghet. **05/509-1e**: 13 s.