



SJØMAT FRA HAVNER OG FJORDER MED KOSTADVARSEL

En undersøkelse av fremmedstoff i torsk, brosme og krabbe fra områdene Bergen, Kragerø, Grenland og Ålesund fra 2019-2021

Tanja Kögel, Martin Wiech og Sylvia Frantzen (HI)



Tittel (norsk og engelsk):

Sjømat fra havner og fjorder med kostadvarsel
Seafood from fjords and harbours with consumption advisories

Undertittel (norsk og engelsk):

En undersøkelse av fremmedstoff i torsk, brosme og krabbe fra områdene Bergen, Kragerø, Grenland og Ålesund fra 2019-2021
A survey of contaminants in cod, tusk and crab from the areas Bergen, Kragerø, Grenland and Ålesund from 2019-2021

Rapportserie: **År - Nr.:** **Dato:**
Rapport fra havforskningen 2023-48 02.11.2023
ISSN:1893-4536

Forfatter(e):
Tanja Kögel, Martin Wiech og Sylvia Frantzen (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e):

Distribusjon:
Åpen

Prosjektnr:
15225

Oppdragsgiver(e):
Mattilsynet

Antall sider:
49

Forord:

Denne rapporten presenterer resultater fra analyser av sjømat for tungmetaller, dioksiner, PCBer og bromerte flammehemmere fra tre forskjellige områder i Norge; Bergen, Kragerø/Grenland og Ålesund. Det er undersøkt flere fjorder og flere stasjoner innenfor områdene for å se på stedsvariasjon med formål å levere data for eventuell avgrensning av risikoområder. I de analyserte fjordområdene har det vært advarsel mot å spise spesifikk sjømat for en del år siden, som er publisert på internettsiden Matportalen.no. Siste undersøkelse advarslene er basert på var 2010 for Bergensområdet, 2013 for Grenland/Kragerø og 2006/07 for Ålesund. Vi har nå undersøkt torsk og krabbe på nytt for å skape et kunnskapsgrunnlag for revurdering av advarslene. I tillegg har vi undersøkt brosme, siden denne fisken har vist seg å akkumulere høye konsentrasjoner av flere uønskede stoffer dersom de er til stede i miljøet rundt dem. Undersøkelsen har vært ledet av Havforskningsinstituttet og er finansiert med midler fra Mattilsynet og Nærings- og fiskeridepartementet. Ansvarlig forsker og prosjektleder var Tanja Kögel. Prøvetaking i Bergen ble utført av fisker Torstein Halstensen for brosme og krabbe, og av Jan Arve Birkeland for torsk, i Grenland/Kragerø av Espen Danielsen og i Ålesundområdet av Trond Østrem. Teknisk ansvarlig for logistikk med prøvemottak og fordeling til analysene var Anne Margrethe Aase. Opparbeiding av prøvene og de kjemiske analysene er gjennomført ved våre laboratorier som er akkreditert i henhold til ISO 17025. Filetering, homogenisering og frysetørring av prøvene er utført ved prøvemottak ved Havforskningsinstituttet under ledelse av Tilo Eichler, av Aina Bruvik, Siren Hatland, Rebeca Garcia Perez, Markus Lie Skadal, Manfred Torsvik og Anne Margrethe Aase. Analyser for total mengde grunnstoff og fettinnhold er gjennomført ved laboratoriet for uorganisk kjemi ved Havforskningsinstituttet under ledelse av Marita E. Kristoffersen, av Tonja Lill Eidsvik, Edel Erdal, Nawaraj Gautam, Vivian Krakeli, Laila Oksholm, Georg Olsen, Berit Solli, Nina Margrethe Steinsvik og Kjersti Eirin Vaksdal. Analyser for organiske fremmedstoffer er gjennomført ved laboratorium for kjemi og fremmedstoffer ved Havforskningsinstituttet under ledelse av Bergitte Reiersen, av Jannicke A. Bakkejord, Anders Fuglevik, Kjersti Kolås, Dagmar B. Nordgård, Franziska Randers, Amarjargal Sengee, Kari B. Sæle, Andreas L. Tomren og Teclu H. Weldegebriel. Analyser for HBCD og TBBP-A er utført av Eurofins.

Sammendrag (norsk):

I dette prosjektet har vi undersøkt nivåene av arsen, bly, kadmium, kvikksølv, dioksiner, furaner, PCBer og bromerte flammehemmere i prøver av kysttorsk og taskekrabbe (rå) fra områder rundt Bergen, Grenland/Kragerø og Ålesund, og i brosme fra områdene rundt Bergen og Ålesund. I tillegg analyserte vi for HBCD og TBBP-A i taskekrabbeprøver fra Ålesund-regionen. I torskfilet fra Bergen og Kragerø/Grenlandområdene var det ingen overskridelser av EU og Norges grenseverdier for kvikksølv på 0,3 mg/kg. Merk at fisken fanget i Kragerøområdet var relativt liten. For Ålesund omfattet den tidligere advarselen stasjonen i Åsefjorden og for gravide og ammende stasjonen i Ellingsøyfjorden. Ved begge stasjoner hadde samleprøver av torskfilet over 0,2 mg/kg kvikksølv i gjennomsnitt, i Ellingsøyfjorden var en av fire samleprøver over 0,3 mg/kg kvikksølv, grenseverdien som gjelder for torsk i EU og Norge. I tillegg var prøver tatt østenfor og lenger inne i Ellingsøyfjorden enn det tidligere advarselsområdet, over 0,3 mg/kg på kvikksølv. Prøver fra stasjonen utenfor det tidligere advarselsområdet i forlengelsen av fjorden i retning vest, var derimot under 0,2 mg/kg. For brosmefilet fra alle stasjoner i Bergensområdet og Ålesundområdet var gjennomsnittsverdiene over 0,2 mg/kg for kvikksølv. Ved tre stasjoner i Bergensområdet var noen samleprøver av brosmefilet over grenseverdien for EU og Norge på 0,5 mg/kg, og gjennomsnittskonsentrasjonene var over grenseverdien ved de to sørligste stasjonene. Det ble ikke analysert brosme fra Kragerø/Grenlandsområdet. I Ålesundområdet var en av to samleprøver av brosmefilet fra stasjonen i Ellingsøyfjorden ved grenseverdien for kvikksølv i fisk på 0,5 mg/kg, og for stasjonene Valderhaugfjorden, nord for Ålesund og Vegsund var gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon over grenseverdien. For klokjøtt av taskekrabbe ble ingen overskridelser av kvikksølv funnet, men noen samleprøver hadde konsentrasjoner over 0,2 mg/kg kvikksølv. I alle områdene var konsentrasjonene av metaller i klokjøtt av krabbe lave og langt under grenseverdiene for kvikksølv, kadmium og bly på 0,5 mg/kg. Ingen målte konsentrasjoner i fiskefilet i denne studien var over grenseverdien for bly eller kadmium. Arsenkonsentrasjonene i torskfilet var på lignende nivå med det som ble funnet i Norge i andre undersøkelser av Havforskningsinstituttet i de tre siste undersøkte årene (<https://sjomatdata.hi.no>), under 6 mg/kg, med unntak av en stasjon i Ålesundområdet, der gjennomsnittskonsentrasjonen var på 12,3 mg/kg. I brosmefilet var gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon per stasjon mellom 4,5 og 13,2 mg/kg, som også ligger på forventet nivå. For arsen i krabbekjøtt varierte gjennomsnittskonsentrasjonene for stasjonene mellom 20,2 og 59,8 mg/kg, mens gjennomsnittsnivået i Sjømatdata ligger på 17,7-26,5 mg/kg. Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB i torskelever overskred EU og Norges grenseverdi ved alle stasjonene, og sum PCB6 overskred grenseverdien ved alle stasjoner med ett unntak (Stasjon 3, Jomfruland, Grenland/Kragerø). Også de fleste samleprøver av hepatopankreas av taskekrabbe fra Bergensområdet og Grenland/Kragerø hadde høye konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og av sum PCB6, mens prøvene av hepatopankreas av taskekrabbe fra Ålesundregionen hadde lavere nivå. Konsentrasjonene for PBDE7 i torskelever var lavere enn snittverdien i Sjømatdata for 2021, 10,7 ng/g, for området i Grenland Kragerø, og noe høyere for områdene rundt Ålesund og rundt Bergen. Hepatopankreas av krabber fra Ålesund-regionen ble også undersøkt for HBCD og TBBP-A. Alle prøver for HBCD-varianter var under LOQ. En prøve fra Åsefjorden var over LOQ for TBBP-A.

Sammendrag (engelsk):

In this project, we have determined the levels of arsenic, lead, cadmium, mercury, dioxins, furans, PCBs and brominated flame retardants in samples of coastal cod and brown crab (raw) from areas around Bergen, Grenland/Kragerø and Ålesund, and in tusk from the areas around Bergen and Ålesund. In addition, we analyzed for HBCD and TBBP-A in samples of brown crab from the Ålesund area. For mercury in cod filets from Bergen and Kragerø/Grenland areas, no exceedances of the EU and Norwegian maximum levels were found. It should be noted that the fish caught in the Grenland/Kragerø area were relatively small. For the Ålesund area, the previous warning area included the station in Åsefjorden and for pregnant and breastfeeding women also the station in the Ellingsøyfjord. Mercury concentrations at both stations were above 0.2 mg/kg on average in samples of cod fillet, and in the Ellingsøyfjord, one of four composite samples was above 0.3 mg/kg mercury, the maximum level for the EU and Norway. In addition, samples from the station further east and into the Ellingsøyfjord than the extent of the previous warning area, were above 0.3 mg/kg of mercury. Samples from the station outside the former warning area in the extension of the fjord towards the west, were below 0.2 mg/kg mercury. For tusk fillet from the Bergen area and the Ålesund area, the average concentrations for all stations were above 0.2 mg/kg for mercury. At three stations in the Bergen area one of two to four composite samples of tusk fillet were above the maximum level for the EU and Norway of 0.5 mg/kg, and the total mean concentration was above the maximum level at the two southernmost stations. From the Kragerø/Grenland area, no tusk was analyzed. In the Ålesund area, for the station in the Ellingsøyfjorden, one of two pooled samples were at the maximum level for mercury in fish of 0.5 mg/kg, and for stations Valderhaugfjorden, north of Ålesund and Vegsund station, mean concentrations exceeded the maximum level. For crab claw meat, no exceedances of the maximum level for mercury were found, but some samples had mercury concentrations above 0.2 mg/kg of mercury. In all areas the concentrations of metals in claw meat of crab were low, and far below the maximum

levels for mercury, cadmium and lead of 0,5 mg/kg. No measured concentrations in fish fillet in this study were above the maximum levels for lead or cadmium. Arsenic concentrations in cod fillets were at a similar level to what was found in other surveys by the Institute of Marine Research in the last three investigated years (<https://sjomatdata.hi.no>), i.e. below 6 mg/kg, with the exception of one station in the Ålesund area, where the average concentration was 12.3 mg/kg. For tusk fillets the station average of arsenic concentrations was 4.5-13.2 mg/kg, which is also at the expected level. The arsenic concentration of the station average of crab claw meat was 20.2-59.8 mg/kg, while the average level in Seafood data is 17.7-26.5 mg/kg. For all stations, mean concentrations of sum of dioxins and dl-PCBs in cod liver exceeded of the EU and Norway's maximum level for total dioxins and dl-PCBs, and for PCB6 the maximum level was exceeded by mean values at all stations with one exception (Station 4, Valle). Most composite samples of hepatopancreas from crabs from the Bergen area and Grenland/Kragerø also had high concentrations of dioxins and dl-PCBs and total PCB6, but there is no maximum level. The samples of hepatopancreas of brown crab from the Ålesund region had lower levels of dioxins and dl-PCBs and of total PCB6. The concentrations of PBDE7 in cod liver from the area Grenland/Kragerø were lower than the average value for 2021 in Seafood data, 10.7 ng/g, and somewhat higher for Ålesund and Bergen areas. Hepatopancreas from the Ålesund region was analysed for HBCD and TBBP-A. All samples for HBCD were below the LOQ. One sample from the Åsefjorden was above LOQ for TBBP-A.

Innhold

1	Mål og tidligere undersøkelser og advarsler	7
1.1	Programmet	7
1.2	Bergensområdet	7
1.3	Kragerø/Grenland	8
1.4	Ålesund: Fjordene	8
1.5	Sjømatarter	8
1.6	Grenseverdier og tolerabelt inntak	9
2	Materiale og metoder	11
2.1	Prøveinnsamling	11
2.2	Opparbeiding	11
2.3	Praktisk analyse	11
2.3.1	<i>Kvalitetssikring og kvalitetsparametere for analysemetodene</i>	11
2.3.2	<i>Tørrstoffinnhold ved frysetørk</i>	11
2.3.3	<i>Fettinnhold med etylacetat</i>	12
2.3.4	<i>Grunnstoffer (inklusive metaller) med ICP-MS</i>	17
2.3.5	<i>Dioksiner, PCB og PBDE</i>	17
2.3.6	<i>HBCD</i>	17
2.3.7	<i>Tallbehandling og statistiske tester</i>	17
3	Resultater og diskusjon	19
3.1	Fysiske parametere	19
3.2	Resultater av kjemisk analyse	23
3.2.1	<i>Arsen</i>	23
3.2.2	<i>Bly</i>	27
3.2.3	<i>Kadmium</i>	30
3.2.4	<i>Kvikksølv</i>	32
3.2.5	<i>Dioksiner og PCB</i>	38
3.2.6	<i>Sum PBDE 7</i>	42
3.2.7	<i>HBCD og TBBP -A</i>	44
4	Konklusjoner	45
5	Referanser	47

1 - Mål og tidligere undersøkelser og advarsler

1.1 - Programmet

Overvåkings- og kartleggingsprogrammet «Forurensede havner og fjorder» har som formål å skaffe frem kunnskap om forurensende stoffer i fisk og sjømat som fangstes ved rekreasjonsfiske og til privat konsum, med fokus på områder med kjente forurensningskilder. Ved kommersielt fiske har alle involverte aktører ansvaret for at fisk som omsettes skal tilfredsstillende regelverket. Virksomhetene er også underlagt offentlig kontroll (tilsyn) og må legge fram for Mattilsynet hvilke vurderinger og tiltak som er gjort for å nå målene om trygge fisk- og sjømatprodukter. Når det gjelder fisk og sjømat fangstet til eget bruk, må fisker/konsument selv ta ansvaret for at maten er trygg. For å nå fram til fritidsfiskere/konsumenter av selvfanget sjømat, har Mattilsynet utarbeidet advarsler, både av generell karakter og rettet mot sårbare grupper. Advarslene er lagt ut på matportalen.no. For å utarbeide advarsler er det behov for data om innhold av uønskede stoffer i fisk og sjømat fra forurensede områder og kunnskap om konsum av selvfanget sjømat i ulike områder, tradisjoner og kulturer. Programmet i perioden 2019-2021 hadde fokus på forurensende stoffer i sjømat fra tre områder der Mattilsynet tidligere har gitt advarsler:

Bergensområdet

Området rundt Kragerø og Grenlandsfjordene

Ålesundområdet: Ellingsøyfjorden og Åsefjorden

Resultatene fra denne undersøkelsen er ment som datagrunnlag for Mattilsynet for å oppdatere de eksisterende advarslene som gjelder disse områdene. Vi har derfor undersøkt områdene på nytt, delvis med større spredning av stasjoner enn tidligere, for å undersøke om det fortsatt er behov for advarsel og om størrelsen på området som er berørt av advarselen er riktig. Undersøkelsene var spisset mot kvikksølv i filet av fisk, klokjøtt og brunmat av krabbe og dioksiner og PCB i brunmat av krabbe. Fra Ålesund-området ble også krabber undersøkt for HBCD og TBBP-A. Disse stoffene anser vi som viktige for vurderinger av mattrygghet og har tidligere ført til advarsler i disse områdene. Vi ønsket å analysere relevante uønskede stoffer i torsk, brosme og taskekrabbe, arter som er viktige i vurderinger av mattrygghet. Torsk er viktig fordi den spises mye og er en mye brukt indikator for forurensing. Brosme kan akkumulere mye kvikksølv og krabbe kan akkumulere metaller og organiske miljøgifter i brunmaten/hepatopankreas.

1.2 - Bergensområdet

Bergensområdet, både Bergen havn og fjordområdene rundt, ble sist undersøkt i 2007-2009 (Maage and Frantzen 2008, Frantzen and Maage 2009, Maage and Frantzen 2009). To av disse undersøkelsene førte til advarsel mot å spise fisk fra byfjorden, området rundt Håkonsvern og Grimstadvfjorden på grunn av forurensing med dioksiner, PCB og kvikksølv:

- Ikke spis fisk og sjømat fangstet i området rundt Håkonsvern innenfor linjen Bogøya – Knappen.
- Ikke spis brunmat i krabbe fangstet i området avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Bakarvågneset (Askøy) og Helleneset i nord.
- Ikke spis dypvannsfisk som brosme og lange fisket i Byfjorden, avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Bakarvågneset (Askøy) og Helleneset i nord.
- Gravide og ammende bør ikke spise torsk fisket i området rundt Håkonsvern, i Grimstadvfjorden og Nordåsvannet, avgrenset i vest av en linje ytterst i Grimstadvfjorden mellom Grimstadneset og Hilleren.
- Gravide og ammende bør heller ikke spise torsk fisket i byfjorden, avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Straumsnes (Askøy) og Tertnes i nord.

1.3 - Kragerø/Grenland

Området rundt Kragerø og Grenlandsfjordene har også advarsel fra tidligere, blant annet på grunn av forhøyede funn av dioksiner og kvikksølv. Kragerø ble sist vurdert i 2012 og Grenlandsfjordområdet i 2013. Det bedrives mye fiske i dette området, derfor er det et særlig behov for å finne ut mer om forurensingsstatusen for torsk og krabbe. I 2017 ble det igjen funnet høye kvikksølvverdier i torsk fra Frierfjorden og Langesundfjorden (Fagerli, Ruus et al. 2016). De eksisterende advarslene er:

- Ikke spis skjell plukket i Kragerø havn innenfor Nepa-Furuholmen-Øya-Midfjordskjær-Malmhella.
- Gravide og ammende advares mot å spise torskefilet fangstet innenfor en linje fra Buktene via Store Skrue til Jomfruland og videre via Vestre Rauane og inn til fastlandet på grunn av forhøyede verdier av kvikksølv.
- Ikke spis fisk og skalldyr fra Frierfjorden og Voldsfjorden ut til Brevikbroen. Spis heller ikke sjørret fisket i Skiensvassdraget, Herrevassdraget og andre mindre vassdrag som munner ut i disse eller i Frierfjorden. Ikke spis reker fangstet i Eidangerfjorden. Spis heller ikke krabbe fangstet mellom Brevikbroen (inkludert Eidangerfjorden) og en ytre avgrensning gitt av en rett linje fra Mølen (nord for Nevlunghavn), til Såsteins søndre odde, og videre via Mejulen, Kråka og Kårsholmen til fastlandet.

1.4 - Ålesund: Fjordene

Ålesund har to advarsler knyttet til sine nærområder.

- Et varsel omfatter Åsefjorden som sist ble oppdatert 2006, etter funn av bromerte flammehemmere (HBCDD) i skjell, fisk og krabber: «Ikke spis blåskjell, berggylte og krabber fra Åsefjorden ut til en grense trukket mellom Åse og Humla».
- Den andre advarselen omfatter Ellingsøyfjorden som i 2007 fikk en advarsel som gjelder kvikksølv: «Gravide og ammende bør ikke jevnlig spise torsk som er fisket i området Ellingsøyfjorden fra Hoffland/Flatholmen i vest til Dyrøya i øst».

1.5 - Sjømatarter

Følgende arter har blitt fanget i denne studien i alle de tre undersøkte fjordene: torsk (Atlantic cod; *Gadus morhua*; Linnaeus, 1758), brosme (Tusk; *Brosme brosme*; Ascanius, 1772) og taskekrabbe (Brown crab; *Cancer pagurus*; Linnaeus, 1758).

Prøver av torsk ble samlet med tanke på sammenligning med andre fjorder. Torsk i fjorder (kysttorsk) har mer lokalt oppholdssted og er mindre (sjeldent over 20 kg og 1 m) enn de torskebestandene som finnes i åpent hav i Nordsjøen (nordsjøtorsk) eller Barentshavet (nordøstarktisk torsk). En del av kysttorsken ser også ut til å vandre ut i nærliggende havområder (banketorsk). Torsk spiser krepsdyr, skjell og fisk og har mager filet, rundt 1 % fett. Det finnes ikke fangstkvote og sikre fangsttall for kysttorsk sør for 62° N, og minstemålet her er 40 cm mens det er 44 cm lengre nord. Dette gjelder også fritidsfisket (Fiskeridirektoratet, <https://www.fiskeridir.no/Fritidsfiske>). Den magre torskefileten har generelt lave nivåer av miljøgifter, men kan ha forhøyet kvikksølvnivå i forurensede områder (Kögel, Maage et al. 2016). Likevel skal det mye forurensning til, før kvikksølvnivåene i torskefilet er over grenseverdien for mattrygghet. Torsk lagrer fett i leveren, som derfor kan akkumulere høye nivåer av organiske miljøgifter. Både filet og lever av torsk er mye brukte forurensningsindikatorer. Torsk er en ettertraktet fisk både for kommersielt fiske, men også fritidsfiske (Ferber, Ottera et al. 2022). Det er kjent at den også fiskes i de undersøkte områdene, og torsk kan være tallrik og lett å fiske med stang i havneområder. Borgundfjorden i Ålesund er en veldig populær fiskeplass når gytetorsken samler seg om våren. Denne torsken vil være mindre påvirket av lokal forurensing enn kysttorsk som er der hele året. I denne undersøkelsen har fiskerne derfor prøvd å fiske kysttorsk, og siden de ble fisket utenfor gytetiden, er sannsynligheten lav for at det dreier seg om fisk som kun har vandret inn for gyting.

Taskekrabbe er en tiftokreps som forekommer i saltvann fra Spania til Nord-Norge og som unngår brakkvann. Den foretar sesongvandring. Om vinteren trekker den til dypere og varmere vann nedenfor 30-50 m, mens den vandrer

opp til grunnere vann om sommeren. Hunnkrabber kan vandre lengre strekninger enn hannene. Kvaliteten på krabben i form av matfylde varierer i løpet av sesongen på grunn av beitesesong, gytesyklus og skallskifte, og krabber i Sør-Norge har best matfylde fra sen sommer til de gyter om høsten. Krabben beiter på forskjellige bunndyr og har magert klokjøtt og fettrik brunmat. Brunmaten er en blanding av gonader (rogn) og hepatopankreas (fordøyelseskjertel). Minstemålet er 11 cm skallbredde fra svenskegrensen til og med Rogaland, og 13 cm i resten av landet (www.fiskeridir.no/Fritidsfiske). Brunmat av krabbe kan akkumulere svært høye nivåer av kadmium og høye nivåer av organiske miljøgifter som dioksiner, PCB og PAH (Julshamn, Nilsen et al. 2012, Wiech, Amlund et al. 2018, Wiech, Frantzen et al. 2020). Derfor er det generelt anbefalt at barn, gravide og ammede ikke bør spise brun krabbemat (https://www.matportalen.no/matportalen/matvaregrupper/tema/fisk_og_skalldyr/). Klokjøtt av krabbe kan ha forhøyede nivåer av metylkvikksølv, men sjelden så høyt at det utgjør et mattrygghetsproblem.

Brosme er en dypvannsfisk som lever nokså stasjonært ved bunnen på 100 – 1000 m dyp i Nordvest- og Nordøst Atlanteren, inklusive dype områder i Norskerenna, på eggakanten, langs kysten og i de norske fjordene. Den gyter fra april til august og spiser fisk og krepsdyr (<https://www.hi.no/hi/temasider/arter>). Selv om brosmen sjelden blir fisket målrettet av fritidsfiskere, utgjør den en jevn andel av fangsten (Ferter, Ottera et al. 2022). Brosme er i likhet med torsk mager fisk, og tidligere undersøkelser har vist at den generelt har høyere nivåer av kvikksølv i fileten enn andre magre fiskeslag som torsk, sei og hyse (Frantzen and Maage 2016). Brosme har også generelt høyere nivåer av organiske miljøgifter i leveren enn torsk.

1.6 - Grenseverdier og tolerabelt inntak

Det er innført grenseverdier for fremmedstoffer i sjømat. Grenseverdiene er oppført i det norske lovverket under FOR-2015-07-03-870 Forskrift om visse forurensede stoffer i næringsmidler ([Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler - Lovdata](#)). De norske grenseverdiene er vanligvis lik EU sitt lovverk for mat, gitt i EU-forordning 2023/915 (EU 2023). For å beskytte forbrukerne er det forbudt å omsette et produkt som har et nivå av et fremmedstoff over grenseverdien. For å ikke undervurdere hvor mye av et skadelig stoff en matvare inneholder i gjennomsnittet eller median, velger man ofte å bruke LOQ (limit of quantification), den laveste konsentrasjonen som var målbar, når prøver inngår i beregningen der det ikke var funnet konsentrasjoner over LOQ. Dette kalles for «upperbound LOQ». Lovfestede grenseverdier har stor relevans for omsetning, og det er grenseverdier for flere av de miljøgiftene som vi har undersøkt i denne studien (**Table 1**). Grenseverdier som primært gjelder fiskefilet, gjelder for hel fisk dersom hel fisk er ment å spises, og er satt for kvikksølv, kadmium og bly, sum dioksiner, summen av dioksiner og dioksin-lignende PCB og PCB6. For fiskelever er det ikke fastsatt noen grenseverdier for metaller, men det er egne grenseverdier for sum dioksiner, summen av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 i lever. For arsen er det foreløpig ikke fastsatt noen øvre grenseverdi for fiskefilet eller -lever.

Ved fritidsfiske, der det spises mye fisk fra samme område, kan den langsiktige samlede belastningen av miljøgifter over tid være mer relevant enn en engangsoverskridelse av grenseverdien. Basert på langvarige toksisitetsstudier, har det fra EFSA blitt fastsatt tolerabelt ukentlig inntak (TWI, **table 2**) for noen stoffer. TWI beskriver mengden stoff en person kan få i seg ukentlig gjennom livet uten fare for negative helseeffekter. TWI brukes for fremmedstoffer som organiske miljøgifter og tungmetaller. Dersom det er mangel på data om et stoff, brukes betegnelsen PTWI, provisional tolerable weekly intake, som betyr midlertidig tolerabelt ukentlig inntak. «Midlertidig» viser til at vurderingen vil revurderes når det foreligger mer data. Konsumenter som spiser mye og ofte av enkelte typer mat som inneholder mye av et stoff, kan overskride tolerable inntaksverdier på sikt, selv om nivået er under de grenseverdiene som gjelder for lovlig omsetning. TWI gjelder ikke bare for inntak fra sjømat, men hele kostholdet.

Table 1: Maximum levels (EU and Norway) for contaminants in fillet and liver of fish and crustacean white muscle tissue (claw meat of crab). Source: Forordning FOR-2015-07-03-870, following "Commission regulation (EU) No 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006". For sums, "upper bound" limit of quantification (LOQ) wet weight (ww) concentrations are given .

Substance/-group	Unit	Cod fillet	Tusk fillet	Fish liver	Crustacean white muscle
Lead (Pb)	mg/kg ww	0.3	0.3	-	0.5
Cadmium (Cd)	mg/kg ww	0.05	0.05	-	0.5
Mercury (Hg)	mg/kg ww	0.3	0.5	-	0.5
Sum dioxins (WHO-PCDD/F-TEQ)	pg/g ww	3.5	3.5	-	3.5
Sum dioxins and dl-PCB (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)	pg/g ww	6.5	6.5	20	6.5
PCB6 (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 and PCB180 (ICES – 6))	ng/g ww	75	75	200	75

Table 2: Tolerable weekly intake (TWI) of contaminants gives the amount of the substance or substance group that can be consumed weekly on a long term basis without causing negative health effects. Tolerable weekly intake values relevant to this study are given in the table. Source: European food safety authority, EFSA <http://www.efsa.europa.eu>.

	TWI per kg body weight	TWI per person with 70 kg body weight
Cadmium (Cd)	2.5 µg	0.18 mg
Mercury (Hg)	4 µg	0.28 mg
Methyl mercury	1.3 µg	91 µg
Dioxins and PCB: Sum PCDD/F + dl-PCB	2 pg TEQ	0.14 ng TEQ

Siden sjømat også inneholder næringsstoffer, bør det også tas med i betraktning i en totalvurdering. Det europeiske mattrygghetsorganet (EFSA) og Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) utarbeider nytte-risikovurderinger for å sikre at befolkningens helse blir ivaretatt. Bly er ikke oppført i tabellen fordi EFSA vurderte bly sist i 2010 og fant det mer helseskadelig enn ved tidligere vurderinger. Det tidligere TWI på 25 µg/kg kroppsvekt ble opphevet. Da EFSA ikke fant en nedre grense for hva som ga helseeffekter, ble det ikke fastsatt en ny verdi for det tolerable inntaket (EFSA 2010).

2 - Materiale og metoder

2.1 - Prøveinnsamling

Prøveinnsamlingen ble gjennomført i samarbeid med ulike lokale fiskere (**Table 3**) med deres egne fartøy i perioden fra 2019-2021. Det ble samlet inn torsk, brosme og taskekrabbe fra storområdene Bergen og Ålesund, og torsk og taskekrabbe fra storområdet Grenland/Kragerø. Torsk kan vandre store strekninger, spesielt under gytingen. Siden det kan antas at den lokale, mer stasjonære kysttorsk er mer påvirket av lokal forurensing, ble det prøvd å unngå innvandrende torsk. Torsken ble derfor fanget utenom gytetiden, for å unngå innblanding av nordøstarktisk torsk som kommer inn i fjorden for å gyte (Johansen, Westgaard et al. 2018). I Bergen var det planlagt flere stasjoner for å dekke større områder i sør og nord enn det vi klarte, men det var i den gitte perioden ikke mulig å få tak i kysttorsk på noen av stasjonene. Dette kan skyldes bestandsnedgang. Det samme gjelder stasjon 7 i Grenlandsområdet. Fangstkoordinater, stasjons/stedsnavn og antall fisk er oppgitt i **Table 3**. Nedenfor følger kart (**Figures 1, 3 og 5**) der fangststedene er markert i blått. Stasjonsnumrene i tabellene og kart korresponderer. Kart fra Miljøstatus/Fiskeridirektoratet viser områdene med gjeldende advarsel fra Mattilsynet i rødt (**Figures 2, 4 og 6**).

2.2 - Opparbeiding

Prøvene ble frosset etter fangst og transportert og oppbevart i fryst tilstand (-20°C) frem til opparbeiding. Ved opparbeiding på prøvemottaket i Bergen ble rund fisk tint, og hel lengde, vekt og kjønn ble bestemt. Fra hver fisk ble det tatt ut en filetprøve av den siden som lå øverst under tining av fisken, for å unngå kontaminasjon av filetprøven med stoffer fra organer som nyre og lever, som kan ha høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn fileten. Før krabbene ble tint, ble klørne tatt av for å unngå lekkasje av miljøgifter, spesielt kadmium fra brunmaten til klokjøtt (Wiech, Vik et al. 2017). På taskekrabbe ble det bestemt skallbredde, vekt og kjønn. Krabbene ble ikke kokt. Filet og lever fra hver fisk og muskel og brunmat fra hver krabbe ble homogenisert hver for seg i en blender. Det homogeniserte materialet fra hver fisk/krabbe ble benyttet til å lage samleprøve av filet eller lever for størrelseskategorier innen hver stasjon. Antall fisk i samleprøvene varierte som oppgitt i **Table 3**. Muskelprøvene ble frysetørket og homogenisert på nytt, og tørrstoffinnhold ble beregnet.

2.3 - Praktisk analyse

2.3.1 - Kvalitetssikring og kvalitetsparametere for analysemetodene

Analysemetodene benyttet her er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025, med unntak for enkeltstoffer, angitt i **Table 4**. Riktigheten til metodene blir sikret ved jevnlig deltakelse i internasjonale ringtester. I en ringtest blir prøver av det samme prøvematerialet målt av flere ulike laboratorier. Andre viktige elementer i kvalitetsvurdering av analyser er deteksjonsgrense (limit of detection, LOD), kvantifiseringsgrense (limit of quantification, LOQ) og måleusikkerhet. LOD er den laveste konsentrasjonen av en analytt som kan skilles fra en blankprøve med angitt sannsynlighet, estimert fra gjennomsnittet av blankprøven med avvik og analytisk sensitivitet. LOQ er den laveste konsentrasjonen en metode kan måle nøyaktig av et stoff og er definert som tre ganger LOD. Måleusikkerhet er et tall på nøyaktigheten til analyseresultatet. For mange miljøgifter er denne i området 20-40 %. LOQ og måleusikkerhet for de ulike analysemetodene benyttet i denne undersøkelsen er spesifisert i **Table 4**.

2.3.2 - Tørrstoffinnhold ved frysetørk

Frosset, homogenisert prøvemateriale ble satt i en frysetørker der vannet trekkes ut ved vakuumbetoning ved at is går direkte over til damp. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og Havforskningsinstituttets valideringsdokument. Tørrstoffinnhold ble bestemt ved å veie prøven før og etter frysetørking. Metoden er akkreditert.

2.3.3 - Fettinnhold med etylacetat

For fiskelever ble fettinnhold bestemt gravimetrisk med etylacetat. Innveid prøve ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettene ble veid. Det er kun ikke-polart fett som blir bestemt. Metoden er akkreditert, og laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat.

Table 3: Fishing. Listed are the responsible fisher, station number, catch coordinates, location name and number of individuals caught (N). Columns: Areas, Rows: Species.

	Bergen	Grenland/ Kragerø	Ålesund
Cod	Jan Arve Birkeland N=66/4	Espen Danielsen N=120/6	Trond Østrem N=71/4
	Station 2 60.45 N 5.12 E Kollevåg/Northwest N=6	Station 1 58.85 N 9.33 E Kilsfjord N=20	Station 1 62.50 N 6.60 E Ellingsøyfjord Digerneset øst N=17
	Station 3 0.45 N 5.25 E Åsane/North N=20	Station 2 58.87 N 9.43 E Kragerø N=20	Station 3 62.49 N 6.21 E Ellingsøyfjord Hovland N=20
	Station 4 60.40 N 5.25 E Kleppstø West N=20	Station 3 8.89 N 9.58 E Jomfruland N=20	Station 4 62.4 9 N 6.1 1 E Valderhaugfjorden, Ålesund North N=14
	Station 5 0.40 N 5.32 E Bontelabo/Central N=20	Station 4 58.92 N 9.53 E Valle N=20	Station 8 62.45 N 6.34 E Åsefjorden, Digerneset N=20
		Station 5 58.97 N 9.72 E Bamble, Såstein N=20	
		Station 6 59.06 N 9.72 E Sandøya ved Stathelle N=20	
Tusk	Torstein Halstensen N=138/7	-	Trond Østrem N= 34/3
	Station 1 N=20 60.47 N 5.05 E Breivik		Station 3 62.49 N 6.21 E Ellingsøyfjord, Hovland N=7
	Station 2 60.45 N 5.12 E Kollevåg/Northwest N=20		Station 4 62.4 9 N 6.1 1 E Valderhaugfjorden, Ålesund North N=20
	Station 3 60.45 N 5.25 E Åsane/North N=20		Station 6 62.45 N 6.27 E Åsefjorden, Vegsund N=7
	Station 4 60.40 N 5.25 E Kleppstø West N=20		
	Station 5 60.40 N 5.32 E Bontelabo/Central N=19		

	Bergen	Grenland/ Kragerø	Ålesund
	Station 6 60.33 N 5.20 E Bjørøyna N=19		
	Station 7 60.30 N 5.18 E Sandøya N=20		
Brown Crab	Torstein Halstensen N=40/2	Espen Danielsen N=140/7	Trond Østrem N=100/5
	Station 3 60.45 N 5.25 E Åsane/North N=20	Station 1 58.85 N 9.33 E Kilsfjord N=20	Station 2 62.47 N 6.29 E Ellingsøyfjord, Lerstadholmen N=20
	Station 5 60.40 N 5.32 E Bontelabo/Central N=20	Station 2 58.87 N 9.43 E Kragerø N=20	Station 5 62.46 N 6.23 E Borgundfjorden N=20
		Station 5 58.97 N 9.72 E Bamble, Såstein N= 20	Station 6 62.45 N 6.27 E Åsefjorden, Vegsund N=20
		Station 6 59.06 N 9.72 E Sandøya ved Stathelle N=20	Station 7 62.46 N 6.34 E Åsefjorden, Spjelkavik N=20
		Station 7 59.09 N 9.62 E Bamble, Nordre Ringsholm N=20	Station 9 62.44 N 6.34 E Vegsundvika N=20
		Station 8 59.12 N 9.60 E Porsgrunn, Herøya N=20	
		Station 9 59.03 N 9.78 E Frankobåen ved Langesund N=20	

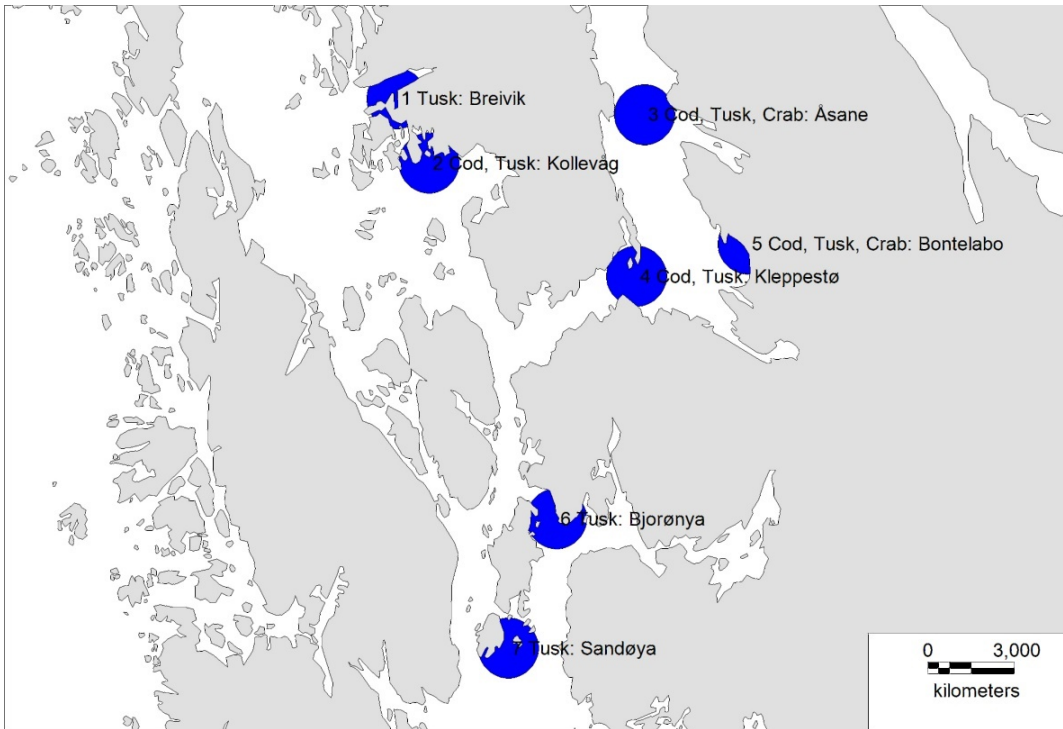


Figure 1: Map of the Bergen area. Blue circular areas, approximate fishing stations. Adjacent text: Stations number, species fished and location name.

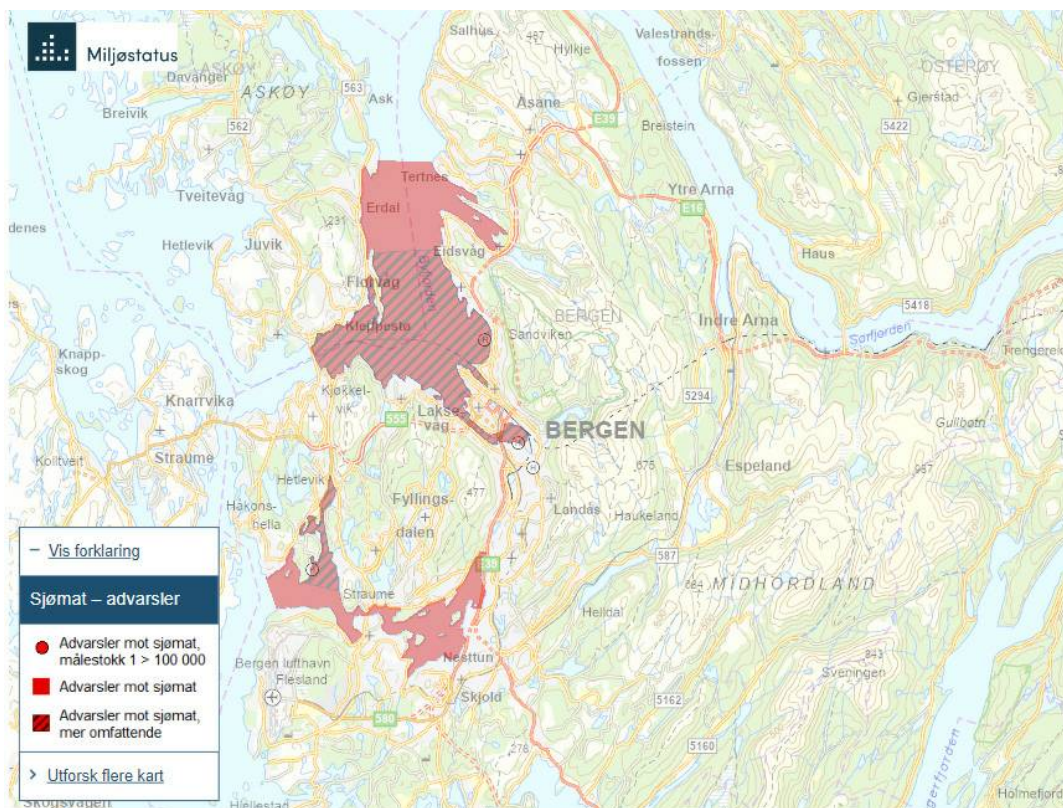


Figure 2: Map of the Bergen area with warnings as depicted in map label, from <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>

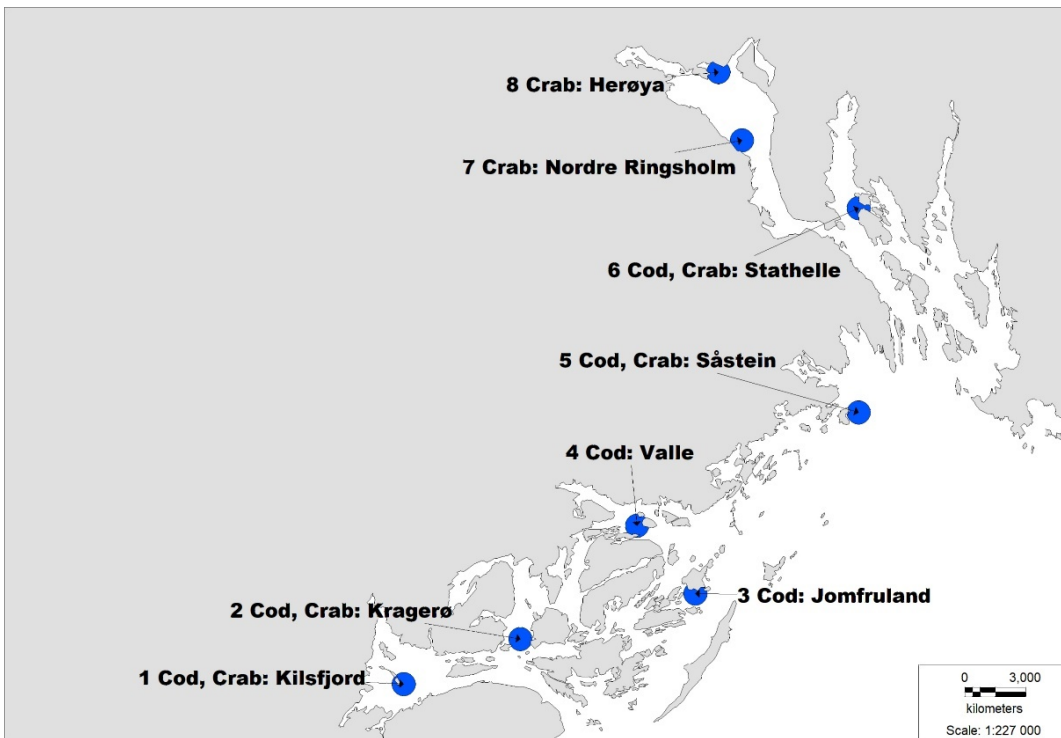


Figure 3: Map of the Kragerø/Grenland area. Blue circular areas, approximate fishing stations. Adjacent text: Stations number, species fished and location name.

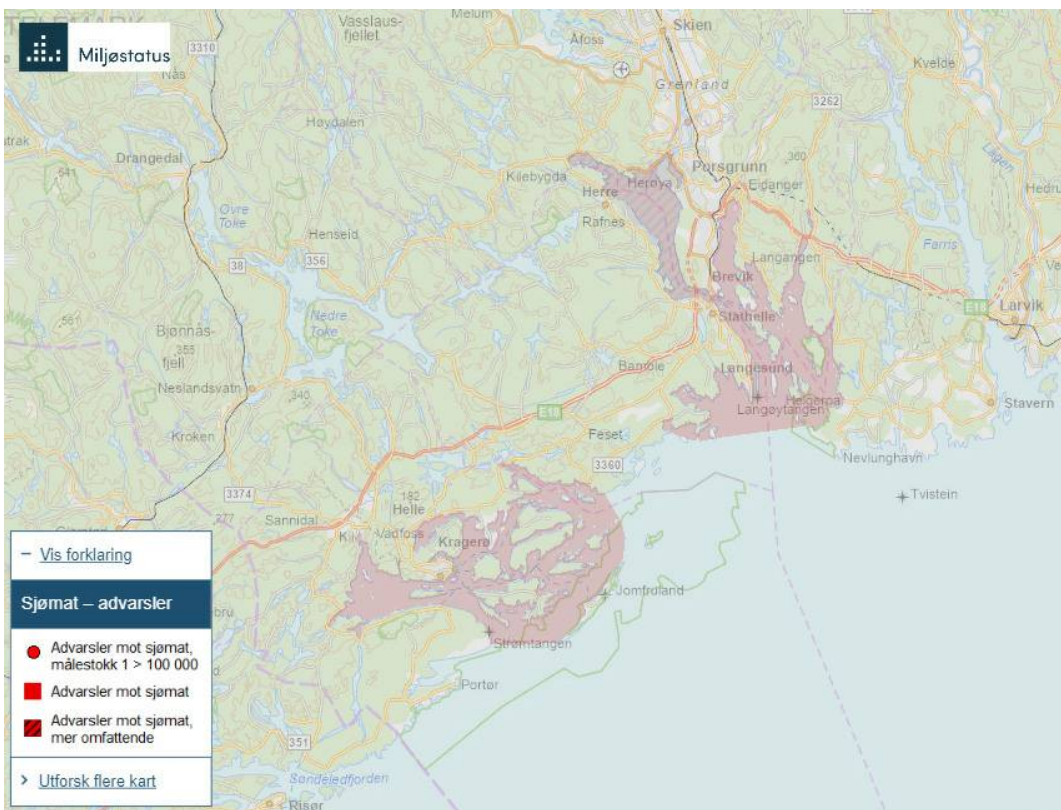


Figure 4: Map of the Grenland/Kragerø area with warnings as depicted in map label, from <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>.

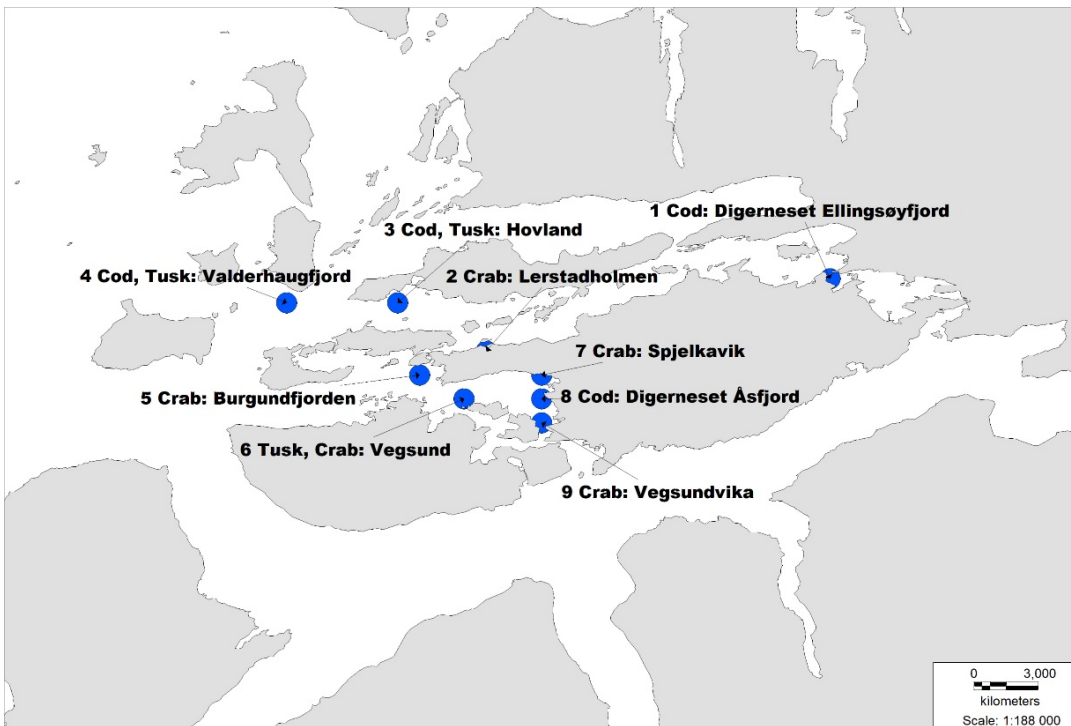


Figure 5: Map of the Ålesund area. Blue circular areas, approximate fishing stations. Adjacent text: Stations number, species fished and location name.

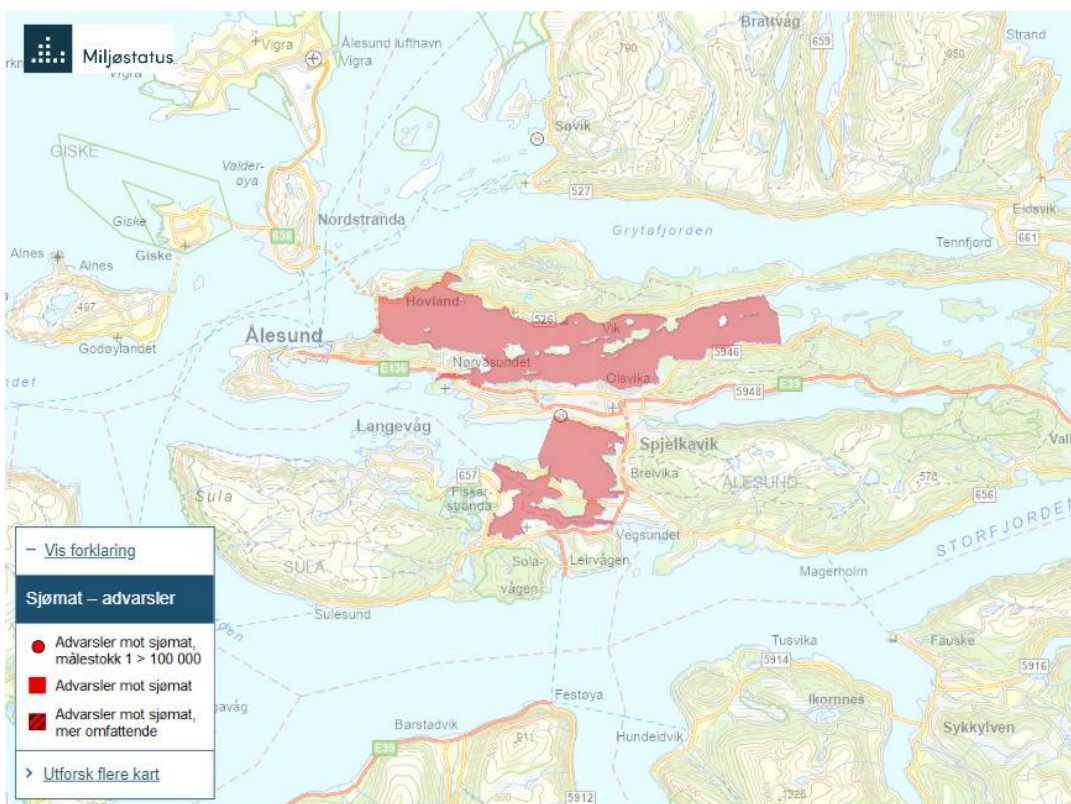


Figure 6: Map of the Ålesund area with warnings as depicted in map label, from <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>.

2.3.4 - Grunnstoffer (inklusive metaller) med ICP-MS

For bestemmelse av grunnstoffer ble det veid inn 0,2-0,25 g frysetørket materiale av filet eller vått, homogenisert materiale av lever. Prøvene ble dekomponert i ekstra ren salpetersyre blandet med hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Kvantifisering ble utført med ICP-MS (induktivt koblet plasma massespektrometri) med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen (As), bly (Pb), jern (Fe), kadmium (Cd), kobber (Cu), kobolt (Co), kvikksølv (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se), sink (Zn), sølv (Ag) og vanadium (V). Gull ble tilsatt standardløsningene for å stabilisere kvikksølvionene. Som intern standard ble rodium (for Mo, Ag, Cd, Pb og Cu), thulium (for Hg) og germanium (for V, Cr, Mn, Fe, Co Ni, Zn, As og Se) anvendt for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (NMKL, metode nr. 186, 2007 og; NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og Havforskningsinstituttets valideringsdokument, Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2007, se også (Julshamn, Maage et al. 2007). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt kontrollert ved analyser av sertifisert referansemateriale og deltakelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, selen og sink. Måleusikkerhet og LOQ for de ulike elementene er gitt i **Table 4**.

2.3.5 - Dioksiner, PCB og PBDE

For bestemmelse av dioksiner og furaner (dioksiner), dioksinlignende (dl-) PCB (non-orto og mono-orto PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og PBDE, ble prøvene opparbeidet ved å blande med hydromatriks og tilsette C¹³-merkede internstandarder (27 for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB, 6 for ikke-dioksinlignende PCB og 8-12 for PBDE). Blandingen ble overført til en «Accelerated Solvent Extractor» (ASE 300®/350®) med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen for nedbrytning av fett og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Ekstraktet ble videre rensed kromatografisk på kolonner pakket med henholdsvis sølvnitrat silika og svovelsur silika, som fjerner rester av fett fra prøven, karbon og alumina (GO-6HT, DSP). Dioksiner og furaner (tetra-octaklorerte dibenzo-dioksiner (PCDD) og tetra-octaklorerte dibenzo-para-furaner (PCDF)) og non-orto PCB (PCB-77, 81, 126, 169) ble bestemt ved isotopfortynning på høyoppløsende GC-MS. Mono-orto PCB (PCB-123, 118, 114, 105, 156, 157, 167, 189), seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB-28, 52, 101, 138, 153, 180) og tri-hepta-polybromerte difenyletere (PBDE) (PBDE-28, 47, 49, 99, 100, 153, 154, 183, 66, 119 og 138) ble bestemt ved isotopfortynning på GC-MSMS. Samtlige av de nevnte analyttene utgis akkreditert i metoden.

For dioksiner, furaner og dl-PCB ble toksiske ekvivalentverdier (TE) beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; Van den Berg, Birnbaum et al. 2006). Ved summering av dioksiner og dioksinlignende PCB ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ). Også ved summering av de seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og syv PBDE som utgjør sum PBDE7 (28, 47, 99, 100, 153, 154, 183) ble upperbound LOQ benyttet. Metoden er videreutviklet og tilpasset ved Havforskningsinstituttet basert på (EPA 1994, Dionex 1996, SANCO 1999, Bjorklund, Muller et al. 2001, Muller, Bjorklund et al. 2001, EPA 2010, SANCO 2012). Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og Valideringsdokument for Havforskningsinstituttet.

2.3.6 - HBCD

Bestemmelse av heksabromcyclododekan (HBCD) og tetrabrombisphenol A (TBBP-A) ble gjennomført av Eurofins Food and Feed Testing med akkreditert metode. HBCD ekstraheres med aceton og heksan på et Soxhlet-apparat og renses først ved hjelp av svovelsyre før kromatografisk rensing på alumina kolonne. De tre HBCD-isomerene (α -HBCD, β -HBCD, γ -HBCD) som i sum utgjør sum HBCD, analyseres på LC-MSMS. LOQ er 0,006 pg/g for hver isomer og sum HBCD oppgis som lowerbound sum. Måleusikkerheten er 40 %.

2.3.7 - Tallbehandling og statistiske tester

I denne rapporten er noen av de analyserte verdiene for stoffgruppene under kvantifiseringsgrensene (limit of quantification, LOQ). Det vil si at nivåene av det analyserte stoffet er så lavt at man, med de brukte metodene, ikke kan kvantifisere mengden. Da blir resultatet gitt som lavere enn LOQ (<LOQ). Kvantifiseringsgrensen avhenger blant annet av hvor mye prøvemengde som veies inn og tørrstoffinnholdet i prøven, og blir beregnet for hver enkelt analytt. For å kunne ta med alle resultatene i beregningene har vi satt konsentrasjoner som er mindre enn LOQ, lik LOQ. Dette

prinsippet kalles for «upperbound LOQ». Man anvender upperbound summering på fremmedstoffer ut ifra et føre-var prinsipp når man vurderer mattrygghet. På denne måten unngår man å undervurdere belastningen med et fremmedstoff. Det reelle tallet, som ikke er kvantifiserbart, vil da, ved lave nivå, være lavere enn LOQ. Man kan tenke seg at «upperbound LOQ» prinsippet estimerer en «worst case»-situasjon. Analyseresultater er gitt på våtvekt (v.v.). LOQ i **tabell 5 og 6** er på den analyserte prøven og har derfor forskjellig utfall avhengig om prøven er analysert våt (lever) eller tørr (filet).

Table 4: List of analytical parameters with accreditation status, LOQ and measurement uncertainty. All analytes with the exception of those marked with «*» are analysed accredited. LOQ is provided per dry weight and based on a given amount of sample material. LOQ varies for different substances/congeners/elements. For several of the methods, the measurement uncertainty decreases with increasing concentration of the analyte.

Analyte	Method	LOQ	Measurement uncertainty
Fat content	Gravimetry	0,1 g/100 g (LOD)	5 %
PCDD and PCDF	HRGC/HRMS	0,008–0,4 pg/g	20-35 %
di-PCB, non-ortho PCB: 77,81,126 og 169	HRGC/HRMS	0,008–0,4 pg/g	25-40 %
di-PCB, mono-ortho PCB: 123*, 118, 114, 105, 156, 157, 167, 189	GC-MSMS EI	4-240 pg/g	20-50 %
PCB6: 28, 52, 101, 138, 153, 180	GC-MSMS EI	0,03 – 0,4 ng/g	25-45 %
PBDE: 28, 47, 49, 66, 99, 100, 119, 138, 153, 154, 183	GC-MSMS EI	0,02–0,2 µg/kg	30-50 % per kongener
PBDE: 17, 49, 71, 77, 85, 126, 156, 184, 191	GC-MS	0,01–0,05 ng/g	40 % per kongener
PBDE: 196, 197, 206, 207, 209	GC-MS (NCI)	0,03–0,95 µg/kg	40 % per kongener
HBCD	LC-MSMS	0,006 pg/g	40 %
Arsenic, selenium, silver	ICP-MS	0,01 mg/kg	20 %, 25 %, 25 %
Lead, chromium*, manganese*		0,03 mg/kg	25 %, 30 %, 20 %
Cadmium, vanadium		0,005 mg/kg	20 %
Cobolt*		0,02 mg/kg	20 %
Copper, iron, molybdenum*		0,1 mg/kg	25 %, 25 %, 20 %
Mercury		0,005 mg/kg	20 % (0,5–4,6 mg/kg) 25 % (0,05-0,5 mg) 70 % (0,005–0,05 mg/kg)
Nickle*		0,3 mg/kg	30 %
Tin		0,5 mg/kg	20 %

3 - Resultater og diskusjon

3.1 - Fysiske parametere

Table 5: Total length of whole fish/ carapace width for brown crab [cm]. Mean \pm standard deviation (SD) (median); min-max, given for the caught individuals for each station.

Length/Width [cm]		Bergen	Grenland/ Kragerø	Ålesund
Cod	mean \pm SD (median) min-max	55.5 \pm 6.8 (55.5) 38-76	43.4 \pm 0.4 (42.3) 37-68.5	71 \pm 1.9 (69) 39.5-107
Tusk	mean \pm SD (median) min-max	69.2 \pm 0.7 (68.5) 45.5-85	-	64.2 \pm 2.6 (64.5) 38-87.5
Brown crab	mean \pm SD (median) min-max	17.0 \pm 0.3 (17.1) 13.8-20.1	14.8 \pm 0.1 (14.7) 11.5-19.2	15.6 \pm 0.1 (15.6) 13.2-19.3

Table 6: Weight of liver/hepatopancreas [g]. Mean \pm standard error (sem) (median); min-max, given for the caught individuals for each station.

Liver/hepatopancreas weight [g]		Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Cod	mean \pm sem (median) min-max	70.1 \pm 4.9 (67.6) 10.0-170.8	14.0 \pm 0.9 (11.7) 3.9-68.7	103.2 \pm 11.1 (76.6) 9.2-475.5
Tusk	mean \pm sem (median) min-max	157.5 \pm 8.2 (133.2) 17.3-651.4	-	169.7 \pm 19.7 (165.1) 7.9-434.0
Brown crab	mean \pm sem (median) min-max	45.4 \pm 4.1 (42.3) 27.4-72.2	25.7 \pm 1.3 (24.4) 2.4-76.9	30.0 \pm 1.4 (27.7) 11.1-76.2

Table 7: Weight of whole individuals [kg]. Mean \pm standard error (sem) (median); min-max, given for the caught individuals for each station.

Weight [kg]		Bergen	Grenland/ Kragerø	Ålesund
Cod	mean \pm sem (median) min-max	1.84 \pm 0.61 (1.85) 0.56-3.58	0.81 \pm 0.04 (0.72) 0.46-3.71	3.44 \pm 0.24 (4.58) 0.7-8.4
Tusk	mean \pm sem (median) min-max	4.03 \pm 0.12 (3.80) 0.95-9.61	-	3.40 \pm 0.35 (3.37) 0.59-7.77
Brown crab	mean \pm sem (median) min-max	0.71 \pm 0.04 (0.68) 0.34-1.20	0.51 \pm 0.02 (0.47) 0.23-1.20	0.59 \pm 0.02 (0.56) 0.31-1.19

Table 8: Average total length [cm \pm stdev] of Atlantic cod in the pooled samples. Cod mean length in size-categorized pooled samples of stations. Parameters provided in the following order: Number of individuals in the sample (N); size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99); mean length \pm stdev.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 2 Kollefvåg/Northwest 2; S 47.75 \pm 0.35 2; M 53.25 \pm 0.35 2; XL 57.00 \pm 0.71	Station 1 Kilsfjord 6; XXXS 40.8 \pm 0.98 6; XXS 42.42 \pm 0.59 5; XS 46.6 \pm 1.60	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset 5; XXS 41.3 \pm 1.6 9; XL 59.56 \pm 4.30 3; XXXL 79.00 \pm 5.27
Station 3 Åsane/North 3; S 47.67 \pm 4.48 4; M 52.38 \pm 1.38 13; XL 58.5 \pm 3.20	Station 2 Kragerø 6; XXXS 40.42 \pm 0.38 8; XXS 42.19 \pm 0.88 4; XS 44.88 \pm 0.75	Station 3 Ellingsøyfjord Hovland 3; S 49.83 \pm 3.55 3; XXL 62.33 \pm 5.80 12; XXXL 78.42 \pm 5.47 2; G 99.25 \pm 10.96
Station 4 Kleppestø West 3; XXS 41.50 \pm 5.22 6; M 53.93 \pm 1.51 7; XL 58.93 \pm 1.59	Station 3 Jomfruland 5; XXXS 40.9 \pm 0.22 4; XXS 42.63 \pm 0.85 8; XS 45.44 \pm 0.86	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North 4; S 50.25 \pm 3.93 5; XXL 64.1 \pm 5.21 5; XXXL 79.8 \pm 4.86
Station 5 Bontelabo/Central 3; M 52.50 \pm 0.87 4; L 55.5 \pm 2.0 13; XL 59.42 \pm 3.26	Station 4 Valle 4; XXXS 40.13 \pm 0.25 7; XXS 42.64 \pm 0.59 8; XS 45.44 \pm 1.55	Station 8 Åsefjorden, Digerneset 2; S 47 \pm 1.41 6; XXL 62.58 \pm 5.40 8; XXXL 82.38 \pm 6.79 3; G 92.5 \pm 6.79
	Station 5 Såstein 6; XXS 42.67 \pm 0.75 3; XS 44.83 \pm 0.76 5; XL 58.60 \pm 5.94	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya 4; XXXS 40.63 \pm 0.48 3; XXS 42.00 \pm 0.50 5; XS 44.40 \pm 0.89 4; L 55.25 \pm 3.93	

Table 9: Average total length [cm \pm stdev] of tusk in the pooled samples. Tusk mean length in size-categorized pooled samples of stations. Parameters provided in the following order: Number of individuals in the sample (N); size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99); mean length \pm stdev.

Bergen	Ålesund
Station 1 Breivik 8; XXL 66.38 \pm 3.43 8; XXXL 75.19 \pm 2.58 3; XXXL 82.17 \pm 2.57	Station 3 Ellingsøyfjord, Hovland 4; L 55.13 \pm 4.54 3; XXXL 79.67 \pm 2.93
Station 2 Kolleivåg/Northwest 8; XXL 65.71 \pm 2.56 12; XXXL 75.55 \pm 2.72	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North 4; XS 46.13 \pm 6.22 7; XXL 64.57 \pm 2.81 5; XXXL 73.80 \pm 2.97 4; G 85.63 \pm 2.78
Station 3 Åsane/North 3; XL 58.00 \pm 1.32 11; XXL 64.59 \pm 2.91 4; XXXL 72.5 \pm 1.23 2; XXXL 80.00 \pm 0.00	Station 6 Åsefjorden, Vegsund 4; XXS 41.25 \pm 2.60 3; XXXL 70.00 \pm 0.17
Station 4 Kleppestø West 15; XXL 65.27 \pm 2.87 4; XXXL 75.38 \pm 3.35	
Station 5 Bontelabo/Central 5; M 53.9 \pm 2.56 7; XXL 63.86 \pm 2.06 6; XXXL 73.0 \pm 2.10	
Station 6 Bjørøyna 7; XXL 64.43 \pm 3.03 5; XXXL 73.30 \pm 2.17 5; G 82.9 \pm 1.95	
Station 7 Sandøya 4; XL 57.38 \pm 1.49 6; XXL 65.80 \pm 2.97 8; XXXL 77.43 \pm 1.86 3; G 83.50 \pm 1.80	

Table 10: Average carapace width [cm \pm stdev] of brown crab in the pooled samples. Crab: Mean carapace width in pooled samples of stations with coordinates and location name. Parameters provided in the following order: Number of individuals in the sample (N); size group indicators for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21; mean breadth \pm stdev; in brackets, sexes represented in sample: F, female; M, male.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North 11; M 15.47 \pm 0.25 (F) 6; L 17.74 \pm 0.35 (F) 1; L 18.9 (M)	Station 1 Kilsfjord 6; S 13.89 \pm 0.81 (FM) 13; M 16.54 \pm 1.36 (FM)	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen 1; S 14.48 (F) 3; M 15.16 \pm 0.35 (F) 4; M 15.71 \pm 0.12 (F) 11; L 17.47 \pm 0.85 (F)
Station 5 Bontelabo/Central 2; M 15.75 \pm 0.15 (M) 5; M 15.60 \pm 0.59 (F) 2; L 18.94 \pm 1.45 (M) 4; L 17.73 \pm 0.33 (F) 7; XL 19.25 \pm 0.62 (F)	Station 2 Kragerø 10; S 13.78 \pm 1.03 (FM) 10; M 16.51 \pm 1.01 (FM)	Station 5 Borgundfjorden 8; S 13.92 \pm 0.45 (FM) 9; S 14.97 \pm 0.25 (FM) 3; M 15.67 \pm 0.16 (F)
	Station 5 Bamble, Såstein 4; XS 12.61 \pm 1.15 (F) 7; S 13.34 \pm 1.04 (M) 9; M 16.07 \pm 1.13 (M)	Station 6 Åsefjorden, Vegsund 3; S 14.07 \pm 2.8 (F) 13; M 15.22 \pm 0.65 (FM) 6; M 16.85 \pm 0.82 (FM)
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya 4; S 13.12 \pm 1.21 (M) 7; S 13.15 \pm 0.79 (F) 6; M 15.73 \pm 1.50 (M) 3; M 15.27 \pm 0.98 (F)	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik 4; XS 12.41 \pm 0.23 (FM) 12; M 15.29 \pm 0.43 (FM) 4; M 16.82 \pm 2.25 (FM)
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm 8; S 13.59 \pm 0.62 (F) 5; M 15.44 \pm 0.98 (M) 7; M 15.71 \pm 1.49 (F)	Station 9 Vegsundvika 3; M 15.73 \pm 0.73 (F) 4; M 15.86 \pm 0.06 (F) 13; M 16.63 \pm 0.45 (F)
	Station 8 Porsgrunn, Herøya 2; S 13.57 \pm 0.18 (M) 9; S 13.41 \pm 0.44 (F) 9; M 15.05 \pm 0.38 (F)	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen 4; S 13.32 \pm 0.48 (M) 5; S 13.49 \pm 0.88 (F) 4; M 16.66 \pm 0.97 (M) 7; M 16.10 \pm 0.89 (F)	

3.2 - Resultater av kjemisk analyse

3.2.1 - Arsen

Torsk

Arsenkonsentrasjonene i samleprøver av torskefilet var mellom 1,2 og 15 mg/kg (**Table 11**).

Gjennomsnittskonsentrasjonen i prøvene på stasjonene varierte mellom 1,8 (Grenland/Kragerø stasjon 4, Valle) og 12,3 mg/kg (Ålesund stasjon 1, Ellingsøyfjord Digerneset). Gjennomsnittskonsentrasjonene var under 6 mg/kg på alle stasjonene bortsett fra Ålesund stasjon 1. Det var ingen tydelig sammenheng mellom størrelsen på torsken og arsenkonsentrasjon. Gjennomsnittsverdiene for arsen i filet av villfanget torsk i Sjømatdata var i årene 2019-2021 mellom 3,8 og 6,5 mg/kg. Det er kun ved stasjon 1 i Ålesund at verdiene i denne undersøkelsen var tydelig høyere enn snittverdiene i Sjømatdata (<https://sjomatdata.hi.no/#search/>).

Brosme

Arsenkonsentrasjonene i samleprøver av brosmefilet (kun prøvetatt i Bergen og Ålesund), var mellom 2,1 og 23 mg/kg (**Table 12**). I gjennomsnitt hadde prøvene på stasjonene konsentrasjoner mellom 4,5–13,2 mg/kg, med den høyeste verdien ved stasjon 3 i Bergen (Åsane nord). Gjennomsnittsverdiene på arsen i fillet av villfanget brosme i Sjømatdata var i årene 2014-2018 i snitt på 3,2-9,6 mg/kg, som ligner på verdiene i de områdene undersøkt i denne studien.

Taskekrabbe

Arsenkonsentrasjonene i samleprøver av klokjøtt fra taskekrabbe var mellom 8,6 og 70 mg/kg (**Table 13**).

Gjennomsnittskonsentrasjon på stasjonene varierte mellom 20,2 og 59,8 mg/kg med størst verdi på stasjon 2 i Ålesund (Ellingsøyfjord, L. holmen). Generelt var arsenverdiene i klokjøtt av krabbe lavest i Bergensområdet, høyere i Grenland/Kragerø og høyest i Ålesundområdet med unntak av Stasjon 9, Vegsundvika. En slik tendens var ikke tydelig i fiskefilet eller hepatopankreas fra krabbe. Gjennomsnittsverdiene for arsen i klokjøtt av taskekrabbe i Sjømatdata var i årene 2011-2015 i snitt på 17,7-26,5 mg/kg, og er dermed høyere enn i områdene Grenland/Kragerø og Ålesund, men ikke høyere enn i Bergen. Det er mulig at dette skyldes at dette skyldes forskjellig opparbeiding, siden krabbene som ble analysert for Sjømatdata ble kokt hel, mens klør ble opparbeidet separat i denne studien (se metode).

Arsenkonsentrasjonene i samleprøver av hepatopankreas av taskekrabbe var mellom 15 og 98 mg/kg, med stasjonsgjennomsnitt mellom 17,7 og 51,8 mg/kg (**Table 14**). Dermed er konsentrasjonsspennet av arsen i brunmat litt større enn i klokjøtt, men ligger i samme området, i dette datasettet minimalt lavere. Hepatopankreas fra denne studien hadde arsennivå på nivå med verdiene i Sjømatdata eller noe høyere. Ved stasjon 2 Ellingsøyfjord L. Holmen var gjennomsnittet høyest og betydelig høyere enn Sjømatdata. Arsen i sjømat forekommer oftest hovedsakelig i form av arsenobetain, som er lite giftig, og anses derfor å være uproblematisk med hensyn til mattrygghet. Det er ingen grenseverdier for arsen i sjømat.

Table 11: Arsenic in cod pooled samples of fillet. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration of As [mg/kg]. Mean \pm sem per station. There is no maximum level in Norway of the EU for arsenic in seafood.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 1 Kollefvåg/Northwest S 3.3, M 4.8, XL 2.9 3.7 \pm0.6	Station 1 Kilsfjord XXXS 5.4, XXS 3.3, XS 3.2 4.0 \pm0.7	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset XXS 13, XL 15, XXXL 8.8 12.3 \pm1.8
Station 2 Åsane/North S 4.6, M 4.5, XL 3.7 4.3 \pm0.3	Station 2 Kragerø XXXS 3.6, XXS 3.7, XS 3.2 3.5 \pm0.2	Station 3 Ellingsøyfjord Hovland S 1.4, XXL 8.1, XXXL 12, G 2.1 5.9 \pm2.5
Station 3 Kleppestø West XXS 3.6, M 2, XL 3 2.9 \pm0.5	Station 3 Jomfruland XXXS 3.1, XXS 2.3, XS 3 2.8 \pm0.3	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North S 3.7, XXL 2.7, XXXL 1.3 2.6 \pm0.7
Station 4 Bontelabo/Central M 2.5, L 3, XL 3 2.8 \pm0.2	Station 4 Valle XXXS 1.4, XXS 1.9, XS 2.1 1.8 \pm0.2	Station 8 Åsefjorden, Digerneset S 1.4, XXL 6.5, XXXL 1.2, G 2.1 2.8 \pm1.3
	Station 5 Såstein XXS 2.8, XS 2.5, XL 4.8 3.4 \pm0.7	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya XXXS 4.5, XXS 5.8, XS 4.1, L 4.2 4.7 \pm0.4	

Table 12: Arsenic Tusk pooled samples of **fillet**. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration of As [mg/kg]. Mean \pm sem per station. There is no maximum level in Norway of the EU for Arsenic in seafood.

Bergen	Ålesund
Station 1 Breivik XXL 3.7, XXXL 3.9, XXXL 6.6 4.7 \pm0.9	Station 3 Ellingsøyfjord, Hovland L 5.1, XXXL 4.6 4.9 \pm0.3
Station 2 Kollevåg/Northwest XXL 13, XXXL 6.3 9.7 \pm3.4	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North XS 9.4, XXL 3.8, XXXL 2.6, G 2.1 4.5 \pm1.7
Station 3 Åsane/North XL 23, 11; XXL 12, XXXL 8.3. XXXL 9.3 13.2 \pm3.8	Station 6 Åsefjorden, Vegsund XXS 12, XXXL 4.9 8.5 \pm3.6
Station 4 Kleppestø West XXL 12, XXXL 4.6 8.3 \pm3.7	
Station 5 Bontelabo/Central M 6.4, XXL 5.5, XXXL 7.5 6.5 \pm0.6	
Station 6 Bjørøyna XXL 12, XXXL 6.3 G 4.6. 7.6 \pm2.2	
Station 7 Sandøya XL 15, XXL 7.8, XXXL 5.6 G 5.1. 8.4 \pm2.3	

Table 13: Arsenic Brown Crab pooled samples **of claw meat (white muscle)**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of As [mg/kg]. Mean \pm sem per station.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 34 (F), L 39 (F), L 8.6 (M) 27.2 \pm9.4	Station 1 Kilsfjord S 33 (FM), M 36 (FM) 34.5 \pm1.5	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 70 (F), M 43 (F), M 60 (F), L 66 (F) 59.8 \pm6.0
Station 5 Bontelabo/Central M 9.7 (M), M 28 (F), L 12 (M), L 29 (F), XL 23 (F) 20.2 \pm4.0	Station 2 Kragerø S 32 (FM), M 35 (FM) 33.5 \pm1.5	Station 5 Borgundfjorden S 53 (FM), S 44 (FM), M 31 (F) 42.7 \pm6.4
	Station 5 Bamble, Såstein XS 46 (F), S 44 (M), M 36 (M) 42 \pm3.1	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 49 (F), M 47 (FM), M 39 (FM) 45 \pm3.1
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 32 (M), S 46 (F), M 35 (M), M 30 (F) 35.8 \pm3.6	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 41 (FM), M 43 (FM), M 41 (FM) 40.3 \pm1.8
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 54 (F), M 46 (M), M 44 (F) 48.0 \pm3.1	Station 9 Vegsundvika M 35 (F), M 29 (F), M 25 (F) 29.7 \pm2.9
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 31 (M), S 56 (F), M 39 (F) 42.0 \pm7.4	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 31 (M), S 45 (F), M 35 (M), M 30 (F) 35.3 \pm3.4	

Table 14: Arsenic in Brown Crab pooled samples of **hepatopancreas**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of As [mg/kg], mean \pm sem per station. Not all samples were available for this analysis.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 30 (F), 50 (F) 40 \pm10	Station 5 Bamble, Såstein XS 18 (F), S 19 (M), M 26 (M) 21 \pm3	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 98 (F), M 27 (F), M 41 (F), L 41 (F) 51.8 \pm15.8
Station 5 Bontelabo/Central L 21 (F), XL 17 (F) 19 \pm2	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 15 (M), M 15 (M), M 23 (F) 18 \pm3	Station 5 Borgundfjorden S 32 (FM), S 27 (FM), M 19 (F) 26.0 \pm3.8
	Station 8 Porsgrunn, Herøya M 25 (F)	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 39 (F), M 31 (FM), M 26 (FM) 32.0 \pm3.8
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 21 (F), M 16 (F), M 17 (M) 18 \pm2	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 25 (FM), M 28 (FM), M 20 (FM) 24.3 \pm2.3
		Station 9 Vegsundvika M 21 (F), M 16 (F), M 16 (F) 17.7 \pm1.7

3.2.2 - Bly

Torsk

Bly i filet av torsk var under LOQ på 0.005 mg/kg for alle prøver i Bergensområdet og Grenland/Kragerø (ikke vist i tabell). For torskefilet fra Ålesund-området var bly over LOQ i to samleprøver: Prøven av de største fiskene fra stasjon 4, Ålesund Nord var på 0,012 mg/kg og prøven av de minste fiskene på stasjon stasjon 1, Ellingsøyfjord Digemeset var på 0,006 mg/kg (ikke vist i tabell).

Brosme

Bly i filet av brosmefilet var stort sett under LOQ på 0.005 mg/kg i Bergensområdet (**Table 15**). Her var en samleprøve over LOQ, prøven med fisk i XXXL størrelse (70-82 cm) fra stasjon 7, Sandøya, var på 0.013 mg/kg. I Ålesundområdet var flere prøver av brosmefilet over LOQ for bly, med den høyeste konsentrasjonen på 0,040 mg/kg (Stasjon 4, Valderhaugfjorden/Ålesund Nord; **Table 15**). Brosme fra Grenland/Kragerøområdet ble ikke undersøkt.

Ingen konsentrasjoner i fiskefilet var over grenseverdien for bly på 0.3 mg/kg.

Taskekrabbe

For klokjøtt av krabbe var blykonsentrasjonene i de fleste prøvene målbare (**Table 16**). Ingen konsentrasjoner var over grenseverdien for bly på 0.5 mg/kg som gjelder hvit kjøtt/muskel av krabbe. Gjennomsnittsverdiene for bly i klokjøtt av krabbe i Sjømatdata var i årene 2011-2015 på 0,046-0,059. De målte konsentrasjonene i denne undersøkelsen lå rundt nivået i Sjømatdata eller lavere, med unntaket av stasjon 5 fra Bergensområdet (Bontelabo i Bergen havn), som hadde en gjennomsnittsverdi på 0,105 mg/kg. Klokjøtt av krabbe fra begge stasjonene i Bergensområdet hadde høyere blykonsentrasjoner enn krabbe fra områdene Grenland/Kragerø og Ålesund. Legg merke til at Bergen er den største

byen i områdene som ble undersøkt, og stasjonen med høyest verdi ligger i havneområdet.

Konsentrasjonene for bly i samleprøver av hepatopankreas av krabbe var mellom <LOQ og 0,23 mg/kg (**Table 17**), generelt høyere i hepatopankreas enn i klokjøtt. Også her var de høyeste verdiene fra de to stasjonene som ble undersøkt fra Bergensområdet.

Table 15: Lead Tusk pooled samples fillet. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration of Pb [mg/kg]. LOQ: 0.005 mg/kg. Mean \pm sem per station, upperbound, provided if >50% of samples >LOQ. The maximum level for lead in tusk fillet in Norway and the EU is 0.3 mg/kg.

Bergen	Ålesund
Station 1 Breivik <LOQ	Station 3 Ellingsøyfjord, Hovland L <LOQ, XXXL 0.014.
Station 2 Kollevåg/Northwest <LOQ	Station 4 Valderhaugfjord, Ålesund North XS 0.040, XXL 0.014, XXXL <LOQ, G 0.010 0.017 \pm0.008
Station 3 Åsane/North <LOQ	Station 6 Åsefjorden, Vegsund XXS 12, XXXL 0.011
Station 4 Kleppestø West <LOQ	
Station 5 Bontelabo/Central <LOQ	
Station 6 Bjørøyna <LOQ	
Station 7 Sandøya XL <LOQ, XXL <LOQ, XXXL 0.013, G <LOQ	

Table 16: Lead Brown Crab pooled samples of claw meat. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Pb [mg/kg]. LOQ: 0.006-0.02 mg/kg. Mean \pm sem per station, upperbound, provided if >50% of samples >LOQ. The maximum level for lead in claw meat of brown crab in Norway and the EU is 0.5 mg/kg.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 0.041 (F), L 0.046 (F), L 0.081 (M) 0.056 \pm0.013	Station 1 Kilsfjord S 0.013 (FM), M 0.018 (FM) 0.016 \pm0.003	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S <LOQ (F), M 0.015 (F), M 0.015 (F), L 0.012 (F) 0.016 \pm0.002
Station 5 Bontelabo/Central M 0.3 (M), M 0.057 (F), L 0.041 (M), L 0.084 (F), XL 0.059 (F) 0.108 \pm0.048	Station 2 Kragerø S 0.018 (FM), M 0.019 (FM) 0.019 \pm0.001	Station 5 Borgundfjorden S 0.027 (FM), S <LOQ (FM), M 0.02 (F) 0.022 \pm0.002
	Station 5 Bamble, Såstein XS <LOQ (F), S 0.006 (M), M 0.006 (M) 0.006 \pm0.000	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.01 (F), M 0.015 (FM), M 0.021 (FM) 0.015 \pm0.003
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.022 (M), S 0.024 (F), M 0.019 (M), M 0.028 (F) 0.023 \pm0.002	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 0.02 (FM), M <LOQ (FM), M <LOQ (FM)
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 0.029 (F), M 0.023 (M), M 0.035 (F) 0.029 \pm0.004	Station 9 Vegsundvika M <LOQ (F), M 0.041 (F), M <LOQ (F).
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 0.022 (M), S 0.034 (F), M 0.059 (F) 0.038 \pm0.011	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.007 (M), S 0.008 (F), M 0.006 (M), M 0.007 (F) 0.0070 \pm0.0004	

Table 17: Lead Brown Crab pooled samples of **hepatopancreas**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Pb [mg/kg]. LOQ: 0.02 mg/kg. Mean \pm sem per station, upperbound, provided if >50% of samples >LOQ. Not all samples were available for this analysis.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 0.23 (F), L 0.19 (F) 0.21 \pm0.02	Station 5 Bamble, Såstein XS <LOQ (F), S 0.047 (M), M 0.063 (M) 0.043 \pm0.130	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 0.039 (F), M 0.11 (F), M 0.058 (F), L 0.058 (F) 0.066 \pm0.015
Station 5 Bontelabo/Central L 0.14 (F), XL 0.18 (F) 0.16 \pm0.02	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.19 (M), M 0.1 (M), M 0.11 (F) 0.133 \pm0.028	Station 5 Borgundfjorden S 0.12 (FM), S 0.073 (FM), M 0.11 (F) 0.101 \pm0.015
	Station 8 Porsgrunn, Herøya M 0.2 (F)	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.056 (F), M 0.063 (FM), M 0.064 (FM) 0.061 \pm0.003
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.022 (F), M <LOQ (F), M 0.027 (M) 0.023 \pm0.002	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 0.15 (FM), M 0.12 (FM), M 0.089 (FM) 0.120 \pm0.018
		Station 9 Vegsundvika M 0.1 (F), M 0.098 (F), M 0.077 (F) 0.092 \pm0.007

3.2.3 - Kadmium

Torsk og brosme

Kadmium i filet av torsk og brosme var under LOQ på 0,0007-0,001 mg/kg for nesten alle prøver i Bergensområdet og Grenland/Kragerø (ikke vist i tabell). For torsk i Ålesund-området var to samleprøver over LOQ: Prøven av de minste fiskene fra stasjon 3, Ellingsøyfjord Hovland hadde en kadmiumkonsentrasjon på 0,004 mg/kg og prøven av de krabbene fra stasjon 8, Åsefjorden, Digerneset var på 0,0008 mg/kg. Ingen konsentrasjoner i fiskefilet var over grenseverdien for kadmium i fiskekjøtt på 0.05 mg/kg.

Taskekrabbe

Ingen konsentrasjoner i klokjøtt av taskekrabbe var over grenseverdien for kadmium i krepsdyr på 0.5 mg/kg (**Table 18**). Gjennomsnittskonsentrasjonene for stasjonene var lave og varierte fra 0,004 til 0,071 mg/kg, med høyeste verdi i krabbe fra Borgundfjorden (Stasjon 5 i Ålesund). I Sjømatdata, der resultater av helkokte krabber er vist, lå gjennomsnittsverdiene for kadmium i klokjøtt av taskekrabbe i perioden 2011-2015 mellom 0.024 og 0.52 mg/kg våtvekt, og alle de målte verdiene i denne undersøkelsen var innenfor dette. Merk at prøvene fra Sjømatdata ble kokt, og at det er vist at koking før analyse påvirker konsentrasjonene av kadmium i klokjøtt betydelig og fører til høyere konsentrasjoner av kadmium, som skyldes en overføring av kadmium fra hepatopankreas til klørne. I en studie der prøvene ble tatt tilsvarende som her på krabber fra en uforurenset plass på Vestlandet, lå konsentrasjonene på omtrent samme nivå som her, eller litt lavere med $0,011 \pm 0,007$ mg/kg våtvekt (Wiech, Vik et al. 2017).

Kadmiumkonsentrasjonene i hepatopankreas var i stasjonsgjennomsnittet mellom 1,00 og 4,88 mg/kg (**Table 19**), som ikke er høyt sammenlignet med krabber prøvetatt ved Sotra og lavt sammenlignet med krabber prøvetatt i Vesterålen i 2015-2016 (Wiech, Frantzen et al. 2020). Selv om konsentrasjonen av kadmium ikke ser ut til å være forhøyet for å være hepatopankreas av krabbe, burde innmat av krabbe spises med måte på grunn av de høye kadmiumkonsentrasjonene, som også vist tidligere (Wiech, Frantzen et al. 2020).

Table 18: Cadmium Brown Crab pooled samples muscle. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Cd [mg/kg]. Mean \pm sem per station. The maximum level for cadmium in claw meat of crabs in Norway and the EU is 0.5 mg/kg.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 0.005 (F), L 0.007 (F), L 0.001 (M). 0.004 \pm0.002	Station 1 Kilsfjord S 0.01 (FM), M 0.007 (FM) 0.009 \pm0.002	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 0.075 (F), M 0.028 (F), M 0.058 (F), L 0.024 (F) 0.046 \pm0.012
Station 5 Bontelabo/Central M 0.035 (M), M 0.055 (F), L 0.003 (M), L 0.028 (F), XL 0.045 (F) 0.033 \pm0.009	Station 2 Kragerø S 0.015 (FM), M 0.024 (FM) 0.020 \pm0.005	Station 5 Borgundfjorden S 0.073 (FM), S 0.071 (FM), M 0.068 (F) 0.071 \pm0.002
	Station 5 Bamble, Såstein XS 0.028 (F), S 0.021 (M), M 0.031 (M) 0.027 \pm0.003	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.011 (F), M 0.049 (FM), M 0.008 (FM) 0.023 \pm0.013
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.009 (M), S 0.007 (F), M 0.003 (M), M 0.001 (F) 0.007 \pm0.002	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 0.015 (FM), M 0.018 (FM), M 0.051 (FM) 0.028 \pm0.012
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 0.028 (F), M 0.027 (M), M 0.02 (F) 0.025 \pm0.003	Station 9 Vegsundvika M 0.023 (F), M 0.0.018 (F), M 0.041 (F) 0.027 \pm0.007
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 0.006 (M), S 0.024 (F), M 0.009 (F) 0.013 \pm0.006	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.017 (M), S 0.038 (F), M 0.01 (M), M 0.026 (F) 0.023 \pm0.006	

Table 19: Cadmium Brown Crab pooled samples of **hepatopancreas**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Cd [mg/kg], mean \pm sem per station. Not all samples were available for this analysis.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 4.4 (F), 8.4 (F) 6.4 \pm2.0	Station 5 Bamble, Såstein XS 1.3 (F), S 1.2 (M), M 5.5 (M) 2.67 \pm1.42	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 11 (F), M 1.9 (F), M 3.6 (F), L 3 (F) 4.88 \pm2.07
Station 5 Bontelabo/Central L 2.5 (F), XL 4.3 (F) 3.4 \pm0.9	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 1.2 (M), M 0.49 (M), M 1.3 (F) 1.00 \pm0.25	Station 5 Borgundfjorden S 2.1 (FM), S 2.7 (FM), M 2.6 (F) 2.47 \pm0.19
	Station 8 Porsgrunn, Herøya M 1.4 (F)	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 1.7 (F), M 3.3 (FM), M 1.8 (FM) 2.27 \pm0.52
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 1.1 (F), M 1.5 (F), M 1.7 (M) 1.43 \pm0.18	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 3.9 (FM), M 2.2 (FM), M 1.7 (FM) 2.60 \pm0.67
		Station 9 Vegsundvika M 3 (F), M 1.3 (F), M 1.5 (F) 1.93 \pm0.54

3.2.4 - Kvikksølv

Torsk

Ingen samleprøver av torskefilet fra Bergen og Kragerø/Grenlandområdene viste overskridelser av grenseverdien for kvikksølv i torsk på 0,3 mg/kg våtvekt (**Table 20**). I Kragerøområdet hadde en av de fire samleprøvene fra Porsgrunn (Stasjon 6) en kvikksølvkonsentrasjon over 0,2 mg/kg. Det bør imidlertid bemerkes at torsken fanget i Kragerøområdet var relativt små med den største fisken på 45 cm.

For **Ålesund** omfatter den gjeldende advarselen for gravide og ammende stasjon 3 i Ellingsøyfjorden. Ved denne og ved stasjon 8 i Åsefjorden var gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i torskefilet over 0.2 mg/kg (**Table 20**) og ved stasjon 3 var en av fire samleprøver over 0,3 mg/kg kvikksølv, grenseverdien som nå gjelder for torskemuskel. I tillegg hadde torsk fra stasjon 1 gjennomsnittskonsentrasjon lik grenseverdien på 0,3 mg/kg kvikksølv, og konsentrasjoner over 0,3 mg/kg i to av tre samleprøver. Denne stasjonen ligger lenger østover og innover i Ellingsøyfjorden enn området som omfattes av nåværende advarsel. Torsk fra stasjon 4, som er utenfor det gjeldende advarselsområdet i forlengelsen av fjorden retning vest, hadde derimot gjennomsnittlig kvikksølvnivå under 0,2 mg/kg. Torsken som ble fisket i Ålesund var generelt større en torsken i Bergen og Kragerø, og størrelsen kan forklare de relativt høyere konsentrasjonene. Da de eksisterende advarslene ble satt, var grenseverdien som gjaldt de fleste fiskeslag, inkludert torsk, på 0,5 mg/kg våtvekt. Under gytetiden foregår det et stort fiske etter torsk i området og det er påvist at fisken som samler seg er en blanding av kysttorsk og nordøstarktisk torsk (Johansen, Westgaard et al. 2018). I denne undersøkelsen ble det prøvd å undersøke den stasjonære kysttorsken ved å fiske den undersøkte torsken utenfor gytetiden. Det kan antas at den stasjonære torsken er mer påvirket av lokal forurensing enn innvandrende nordøstarktisk torsk.

Gjennomsnittsverdiene av kvikksølv i fillet av villfanget torsk i Sjømatdata var for årene 2019-2021 på 0,048-0,12 mg/kg. I denne undersøkelsen hadde torsk fra stasjon 6, Porsgrunn fra Grenland/Kragerø-området og torsk fra tre stasjoner fra Ålesundsområdet høyere verdier enn dette.

Brosme

For brosmefilet fra Bergensområdet og Ålesundområdet var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv for alle stasjoner over 0,2 mg/kg (**Table 21**).

I Bergensområdet var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv over grenseverdien på 0,5 mg/kg i brosme fisket ved de to sørlige stasjonene 6 og 7, og ved stasjonene 1, 2 og 3 var en av to til fire samleprøver over grenseverdien. Ved stasjonene 4 og 5 var det ingen overskridelser av grenseverdien for kvikksølv.

I Ålesundsområdet var gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon over grenseverdien ved en stasjon (**Table 21**), stasjon 4 i Valderhaugfjorden/Ålesund Nord, der det ble funnet relativt lave kvikksølvverdier for torsk. Ved stasjon 3, innenfor den gjeldende advarselssonen i Ellingsøyfjorden, var nivået i en av de to samleprøvene 0,5 mg/kg. Ved stasjon 6, rett ved den vestlige grensen av den tidligere advarselssonen i Åsefjorden, hadde en av to samleprøver en konsentrasjon på 0,53 mg/kg. Det var stort sett samleprøvene med de største brosmene som hadde høyest kvikksølvkonsentrasjoner (**Table 21**). Den gjeldende advarselen for Ellingsøyfjorden gjelder kun for torsk og kun for gravide og ammende, og sier ikke noe om brosme.

Det ble ikke fanget brosme i Kragerø/Grenlandsområdet.

Gjennomsnittsverdiene av kvikksølv i filet av brosme i Sjømatdata var for 2014-2016 på 0,1-0,54 mg/kg. I denne undersøkelsen hadde brosme fra tre stasjoner, stasjon 6, Bjørøyna, og stasjon 7, Sandøya fra Bergensområdet og brosme fra stasjon 4, Valderhaugsfjord, Ålesund Nord fra Ålesund-området høyere verdier enn dette.

Gjennomsnittsverdien for kysten av Norskehavet var 0,3 mg/kg, som vist i en større studie (Frantzen and Maage 2016).

Taskekrabbe

For kvikksølv i klokjøtt av taskekrabbe var det ingen overskridelser av grenseverdien på 0,5 mg/kg, hverken i Bergensområdet, Grenland/Kragerø eller Ålesund (**Table 22**). På stasjonene 5-7 i Grenlandsområdet var det enkelte samleprøver med kvikksølvkonsentrasjoner over 0,2 mg/kg, og på stasjon 5 var også gjennomsnittet over 0,2 mg/kg kvikksølv. Typiske kvikksølvkonsentrasjoner i klokjøtt (av kokte krabber) i Sjømatdata (2011-2015) er rundt 0,1 mg/kg. Nivåene målt i krabber fisket i Bergensområdet var rundt dette, mens krabbene fra Grenland/Kragerø- og Ålesundsområdene generelt hadde noe høyere nivåer. Konsentrasjonene av kvikksølv i hepatopankreas var generelt noe lavere enn i klokjøtt (**Table 23**). Det er ingen grenseverdier som gjelder for metaller i brunmat eller hepatopankreas av krabbe.

Table 20: Mercury Cod pooled samples fillet. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99).

Concentration of Hg [mg/kg]. Mean \pm sem per station. Concentrations of mercury exceeding the maximum level in cod fillet in Norway and the EU of 0.3 mg/kg are marked in red.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 1 Kolleivåg/Northwest S 0.05, M 0.14, XL 0.06 0.08 \pm 0.03	Station 1 Kilsfjord XXXS 0.11, XXS 0.1, XS 0.1 0.100 \pm 0.004	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset XXS 0.14, XL 0.4 , XXXL 0.35 0.30 \pm 0.08
Station 2 Åsane/North S 0.06, M 0.05, XL 0.09 0.07 \pm 0.01	Station 2 Kragerø XXXS 0.08, XXS 0.08, XS 0.1 0.09 \pm 0.01	Station 3 Ellingsøyfjord, Hovland S 0.45 , XXL 0.15, XXXL 0.26, G 0.16 0.26 \pm 0.07
Station 3 Kleppestø West XXS 0.03, M 0.08, XL 0.13 0.08 \pm 0.03	Station 3 Jomfruland XXXS 0.1, XXS 0.13, XS 0.1 0.11 \pm 0.01	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North S 0.12, XXL 0.12, XXXL 0.16 0.13 \pm 0.01
Station 4 Bontelabo/Central M 0.08, L 0.09, XL 0.16 0.11 \pm 0.03	Station 4 Valle XXXS 0.1, XXS 0.11, XS 0.12 0.11 \pm 0.01	Station 8 Åsefjorden, Digerneset S 0.11, XXL 0.23, XXXL 0.22, G 0.29 0.21 \pm 0.04
	Station 5 Såstein XXS 0.09, XS 0.11, XL 0.19 0.13 \pm 0.03	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya XXXS 0.12, XXS 0.15, XS 0.19, L 0.22 0.17 \pm 0.20	

Table 21: Mercury Tusk pooled samples fillet. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration of Hg [mg/kg]. Mean \pm sem per station. Concentrations of mercury exceeding the maximum level in tusk fillet in Norway and the EU of 0.3 mg/kg are marked in red.

Bergen	Ålesund
Station 1 Breivik XXL 0.45, XXXL 0.5 , XXXL 0.39 0.45 \pm0.03	Station 3 Ellingsøyfjord, Hovland L 0.48, XXXL 0.5 0.49 \pm0.01
Station 2 Kollevåg/Northwest XXL 0.39, XXXL 0.51 0.45 \pm0.06	Station 4 Valderhaugsfjord, Ålesund North XS 0.3, XXL 0.56 , XXXL 0.55 , G 0.78 0.55 \pm0.10
Station 3 Åsane/North XL 0.36 ; XXL 0.43, XXXL 0.47. XXXL 0.52 0.45 \pm0.03	Station 6 Åsefjorden, Vegsund XXS 0.22, XXXL 0.53 0.38 \pm0.16
Station 4 Kleppstø West XXL 0.4, XXXL 0.34 0.37 \pm0.03	
Station 5 Bontelabo/Central M 0.3, XXL 0.3, XXXL 0.31 0.300 \pm0.003	
Station 6 Bjørøyna XXL 0.62 , XXXL 0.52 , G 0.52 0.55 \pm0.03	
Station 7 Sandøya XL 0.34, XXL 0.46, XXXL 0.72 , G 0.77 0.57 \pm0.10	

Table 22: Mercury: Brown Crab pooled samples **muscle/Claw meat**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Hg [mg/kg]. Mean \pm sem per station. The maximum level for mercury in claw meat of brown crab in Norway and the EU is 0.5 mg/kg.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 0.08 (F), L 0.15 (F), L 0.05 (M) 0.09 \pm0.03	Station 1 Kilsfjord S 0.13 (FM), M 0.18 (FM) 0.16 \pm0.03	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 0.13 (F), M 0.1 (F), M 0.17 (F), L 0.18 (F) 0.15 \pm0.02
Station 5 Bontelabo/Central M 0.05 (M), M 0.12 (F), L 0.10 (M), L 0.1 (F), XL 0.16 (F) 0.11 \pm0.02	Station 2 Kragerø S 0.16 (FM), M 0.18 (FM) 0.17 \pm0.01	Station 5 Borgundfjorden S 0.14 (FM), S 0.16 (FM), M 0.09 (F) 0.13 \pm0.02
	Station 5 Bamble, Såstein XS 0.12 (F), S 0.28 (M), M 0.25 (M) 0.22 \pm0.05	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.15 (F), M 0.21 (FM), M 0.16 (FM) 0.17 \pm0.02
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.15 (M), S 0.11 (F), M 0.23 (M), M 0.24 (F) 0.18 \pm0.03	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 0.11 (FM), M 0.16 (FM), M 0.12 (FM) 0.13 \pm0.02
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 0.10 (F), M 0.20 (M), M 0.21 (F) 0.17 \pm0.04	Station 9 Vegsundvika M 0.1 (F), M 0.11 (F), M 0.11 (F) 0.110 \pm0.003
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 0.10 (M), S 0.10 (F), M 0.12 (F) 0.10 \pm0.01	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.07 (M), S 0.13 (F), M 0.09 (M), M 0.17 (F) 0.12 \pm0.02	

Table 23: Mercury in Brown Crab pooled samples of **hepatopancreas**. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration of Hg [mg/kg], mean \pm sem per station. Not all samples were available for this analysis.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 0.072 (F), 0.082 (F) 0.077 \pm0.005	Station 5 Bamble, Såstein XS 0.13 (F), S 0.19 (M), M 0.19 (M) 0.17 \pm0.02	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 0.11 (F), 0.07 (F), M 0.08 (F), L 0.09 (F) 0.09 \pm0.01
Station 5 Bontelabo/Central L 0.084 (F), XL 0.088 (F) 0.086 \pm0.002	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.11 (M), M 0.096 (M), M 0.1 (F) 0.102 \pm0.004	Station 5 Borgundfjorden S 0.09 (FM), S 0.09 (FM), M 0.07 (F) 0.08 \pm0.01
	Station 8 Porsgrunn, Herøya M 0.11 (F)	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.12 (F), M 0.13 (FM), M 0.13 (FM) 0.130 \pm0.003
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.056 (F), M 0.066 (F), M 0.064 (M) 0.062 \pm0.003	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 0.07 (FM), M 0.09 (FM), M 0.07 (FM) 0.080 \pm0.007
		Station 9 Vegsundvika M 0.06 (F), M 0.05 (F), M 0.06 (F) 0.060 \pm0.003

3.2.5 - Dioksiner og PCB

Torsk

I lever av torsk fra alle stasjoner var gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB over grenseverdien, som for fiskelever er 20 ng TE/kg (**Table 24**). Både gjennomsnittsverdier og verdier i samleprøver overskred grenseverdiene. Høyest konsentrasjon av dioksiner og dl-PCB ble målt i ved stasjon 6 (Porsgrunn) i Grenlandsfjorden med gjennomsnittlig sum dioksiner og dl-PCB på 257 ng TE/kg, fulgt av Bontelabo i Bergen havn med 78,1 ng TE/kg. Stasjon 6 (Porsgrunn) var den eneste torskestasjonen inne i Grenlandsfjorden. For sum PCB6 var gjennomsnittskonsentrasjonene over grenseverdien på 200 µg/kg ved de aller fleste stasjonene, bortsett fra tre av stasjonene i Kragerøområdet, stasjon 3 Jomfruland, stasjon 4 Valle og Stasjon 5 Såstein (**Table 25**). Høyest gjennomsnittlig konsentrasjon av PCB6 var det ved Bontelabo, med hele 1613 µg/kg våtvekt. På bakgrunn av høye konsentrasjoner av miljøgifter i fiskelever i fjorder og havner undersøkt tidligere langs hele kysten (Nilsen, Frantzen et al. 2011), advarer Mattilsynet befolkningen generelt mot å spise lever av selvfanger fisk tatt i skjærgården ([matportalen](#)).

Brosme

Brosmelever ble ikke analysert for disse stoffgruppene.

Taskekrabbe

Det er ingen grenseverdier som gjelder for brunmat/hepatopankreas av krabbe. Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dl-PCB i hepatopankreas varierte fra 4,8 til 9,5 ng TE/kg i Ålesund, fra 20,3 til 33,9 ng TE/kg i Bergen og fra 15,5 til 211 ng TE/kg i Kragerø-området. Gjennomsnittlig konsentrasjon av dioksiner og dl-PCB i brunmat av krabbe i Sjømatdata i 2011 og 2012 er 4,3 og 4,9 ng TE/kg, og i en større undersøkelse på taskekrabbe ble det funnet konsentrasjoner som varierte fra ca. 2 ng TE/kg til 8,8 ng TE/kg (Julshamn, Nilsen et al. 2012). I Ålesund var nivået forholdsvis lavt og i samme konsentrasjonsområde som generelt langs kysten (**Table 26**). Det var høyest gjennomsnittskonsentrasjon ved stasjon 7, Spjelkavika. I Bergensområdet var konsentrasjonene betydelig høyere, og klart høyest ved stasjon 5, Bontelabo. I krabber fra Kragerø/Grenlandsfjord-området var nivået ved lokalitetene utenfor Grenlandsfjorden omtrent på nivå med Bergen, mens lokalitetene i Grenlandsfjorden hadde betydelig høyere konsentrasjoner og økende innover i fjorden, med gjennomsnittsverdier mellom 66, 185 og 211 ng TE/kg henholdsvis ved stasjon 6, 7 og 8 (**Table 26**).

Nivået av PCB6, på sin side, var høyest i Bergen med gjennomsnittskonsentrasjoner på 215 og 463 µg/kg ved de to stasjonene, og det aller høyeste nivået ved Bontelabo. I Kragerøområdet var den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen 62,5 µg/kg, ved stasjon 2 (Kragerø), og i Ålesundsområdet var den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB6 77,3 µg/kg, i Spjelkavika. I Sjømatdata er snittkonsentrasjonene av PCB6 i brunmat i krabbe rapportert som 13,8 µg/kg både for 2011 og 2012, og i nevnt større krabbeundersøkelse var gjennomsnitt for stasjonene mellom 3,9 og 51,7 µg/kg (Julshamn, Nilsen et al. 2012).

Som for torskelever var dioksiner og dl-PCB i krabbe høyest i Grenlandsfjord-området, mens PCB6 var høyest i havneområdet i Bergen. Dette gjenspeiler det vi vet fra tidligere om forurensning i de to områdene, som er preget av tidligere utslipp av dioksiner ved Herøya innerst i Grenlandsfjorden og av PCB-forurensning i Bergen havn.

Table 24: Sum dioxins and dl-PCB (UB): Cod pooled samples liver. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration as pg TE/g wet weight TE. Mean \pm sem per station. Concentrations exceeding Norway's and EU's maximum levels for sum dioxins and dl-PCB (UB) of 20,0 pg TE/g wet weight.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 1 Kollevåg/Northwest S 39.7 , M 48.3 , XL 34.4 40.8 \pm4.1	Station 2 Kragerø XXXS 45.9 , XXS 65.5 , XS 48.3 53.2 \pm6.2	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset XXS 39.5, XL 49.7, XXXL 54.3 47.8 \pm4.4
Station 2 Åsane/North S 36.7 , M 59.7 , XL 51.5 49.3 \pm6.7	Station 3 Jomfruland XXXS 34.8 , XXS 47.1 , XS 48.8 43.6 \pm4.4	Station 3 Ellingsøyfjord Hovland S 75, XXL 63.5, XXXL 27.5, G 35.7 50.4 \pm11.2
Station 3 Kleppestø West XXS 26.7 , M 25.5 , XL 45.1 32.4 \pm6.3	Station 4 Valle XXXS 44.5, XXS 71.2, XS 80.1 65.3 \pm10.7	Station 8 Åsefjorden, Digerneset S 86.6, XXL 40.5, XXXL 42.7, G 54.1 56.0 \pm10.6
Station 4 Bontelabo/Central M 89.7 , L 44.6 , XL 100 78.1 \pm17.0	Station 5 Såstein XXS 41.5 , XS 70.1 , XL 59.3 57.0 \pm8.3	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya XXXS 232 , XXS 297 , XS 242 , L 258 257.3 \pm14.3	

Table 25: Sum PCB6 (UB): Cod pooled samples liver. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration as ng/g wet weight. Mean \pm sem per station. Concentrations exceeding Norway's and EU's maximum levels for sum PCB 6 of 200 ng/g wet weight are marked in red.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 1 Kollevåg/Northwest S 804 , M 572 , XL 539 638.3 \pm 83.4	Station 2 Kragerø XXXS 234 , XXS 503 , XS 310 349.0 \pm80.1	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset XXS 369, XL 606, XXXL 360 446.0 \pm81.5
Station 2 Åsane/North S 559 , M 967 , XL 976 834.0 \pm137.5	Station 3 Jomfruland XXXS 110, XXS 98,4, XS 117 108.5 \pm5.4	Station 3 Ellingsøyfjord Hovland S 1100, XXL 1170, XXXL 240, G 184 534.2 \pm267.1
Station 3 Kleppestø West XXS 462 , M 444 , XL 883 596.3 \pm143.4	Station 4 Valle XXXS 124, XXS 201, XS 267 197.3 \pm41.3	Station 8 Åsefjorden, Digerneset S 922, XXL 416, XXXL 213, G 23.6 446.0 \pm81.5
Station 4 Bontelabo/Central M 1920 , L 804 , XL 2120 1612.7 \pm409.4	Station 5 Såstein XXS 126, XS 143, XL 223 164.0 \pm29.9	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya XXXS 617 , XXS 388 , XS 415 , L 1310 682.5 \pm215.3	

Table 26: Sum dioxins and dl-PCB (UB): Brown Crab pooled samples hepatopancreas. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration as pg/g wet weight TE. Mean \pm sem per station. There is no maximum level for sum dioxins and dl-PCB for crab hepatopancreas in Norway and the EU.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 14.1 (F), L 37.7 (F), L 9.1 (M) 20.3 \pm8.8	Station 1 Kilsfjord S 20.8 (FM), M 17.5 (FM). 19.2 \pm1.7	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 2 (F), M 7.18 (F), M 4.65 (F), L 5.44 (F) 4.8 \pm1.1
Station 5 Bontelabo/Central M 36.3 (M), M 34.1 (F), L 68.7 (M), L 11.2 (F), XL 19.4 (F) 33.9 \pm9.9	Station 2 Kragerø S 15.9 (FM), M 26 (FM) 21.0 \pm5.1	Station 5 Borgundfjorden S 3.8 (FM), S 7.8 (FM), M 11.6 (F) 7.7 \pm2.2
	Station 5 Bamble, Såstein XS 12.2 (F), S 18.5 (M), M 24.8 (M) 18.5 \pm3.6	Station 6 Asefjorden, Vegsund S 2.5 (F), M 5.3 (FM), M 5.1 (FM) 4.3 \pm0.9
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 59.1 (M), S 28.6 (F), M 106 (M), M 69.5 (F) 65.8 \pm16.0	Station 7 Asefjorden, Spjelkavik XS 9.9 (FM), M 12.4 (FM), M 6.2 (FM) 9.5 \pm1.8
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 129 (F), M 287 (M), M 140 (F) 185.3 \pm50.9	Station 9 Vegsundvika M 5.9 (F), M 6.6 (F), M 8.4 (F) 7.0 \pm0.7
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 146 (M), S 233 (F), M 255 (F) 211.3 \pm33.3	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 6.76 (M), S 10.7 (F), M 7.8 (M), M 36.9 (F) 15.5 \pm7.2	

Table 27: Sum PCB 6: Brown Crab pooled samples hepatopancreas. Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration as ng/g wet weight. Mean \pm sem per station. There is no maximum level for sum PCB 6 in crab hepatopancreas in Norway and the EU.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 186 (F), L 302 (F), 157 (M) 215.0 \pm44.3	Station 1 Kilsfjord S 45.5 (FM), M 62.2 (FM) 58.4 \pm3.9	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 12.2 (F), M 57.3 (F), M 34.1 (F), L 33.1 (F) 34.2 \pm9.2
Station 5 Bontelabo/Central M 496 (M), M 365 (F), L 711 (M), L 200 (F), XL 542 (F) 462.8 \pm85.9	Station 2 Kragerø S 38.7 (FM), M 86.3 (FM) 62.5 \pm23.8	Station 5 Borgundfjorden S 29.3 (FM), S 47.4 (FM), M 71.8 (F) 49.5 \pm12.3
	Station 5 Bamble, Sårstein XS 17.8 (F), S 65.6 (M), M 52.3 (M) 45.2 \pm14.2	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 17.2 (F), M 41.6 (FM), M 31.3 (FM) 30.0 \pm7.1
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 18.1 (M), S 7.53 (F), M 34.5 (M), M 26 (F) 21.5 \pm5.7	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 97 (FM), M 97.2 (FM), M 37.7 (FM) 77.3 \pm19.8
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 27.2 (F), M 63 (M), M 43.6 (F) 44.6 \pm10.4	Station 9 Vegsundvika M 32.1 (F), M 57.5 (F), M 49.8 (F) 45.5 \pm7.5
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 28 (M), S 34.7 (F), M 36 (F) 32.9 \pm2.5	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 14 (M), S 21.1 (F), M 16.4 (M), M 52.5 (F) 26 \pm9.0	

3.2.6 - Sum PBDE 7

Torsk

Snittverdien for sum PBDE7 lever av villfanget torsk i 2021 i Sjømatdata var 10,7 ng/g. Konsentrasjonene av PBDE7 funnet i denne studien var lavere for området i Grenland/Kragerø, i stasjonsgjennomsnitt mellom 1,94 og 6,23 ng/g, og noe høyere for områdene rundt Ålesund og rundt Bergen (13,38-19,6 ng/g) med unntak av stasjon 1 ved Kollevågen, som hadde lavere PBDE7 konsentrasjoner enn de andre stasjonene rundt Bergen, i snitt 9,89 ng/g (**Table 28**).

Brosme

Brosmelever ble ikke analysert for PBDE.

Krabbe

I hepatopankreas av taskekrabbe var det betydelig høyere konsentrasjoner av PBDE i Bergensområdet enn i begge de to andre områdene (**Table 29**). Gjennomsnittlig sum PBDE7 i brunmat av taskekrabbe fra antatt uforurensede områder langs kysten varierte mellom stasjoner fra 0,07 til 1,03 µg/kg (Julshamn, Nilsen et al. 2012). Nivåene i Grenland/Kragerø- og Ålesundområdene var godt innenfor dette området, mens nivået ved de to stasjonene i Bergen lå noe høyere. Det er ingen grenseverdier som gjelder for PBDE.

Table 28: Sum PBDE 7 (PBDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183) : Cod pooled samples liver. Size group indicators for mean for easier readability: XXXS (40-41.45), XXS (41.5-43), XS (44-46), S (47-51), M (52-54), L (55-56), XL (57-60); XXL (61-69); XXXL (70-82); G (83-99). Concentration as ng/g wet weight. Mean ±sem per station.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 1 Kollevåg/Northwest S 8.91, M 12.1, XL 8.65 9.89 ±1.11	Station 2 Kragerø XXXS 2.93, XXS 3.88, XS 2.94 3.25 ±0.32	Station 1 Ellingsøyfjord Digerneset XXS 15.2, XL 16.5, XXXL 16.9 16.20 ±0.51
Station 2 Åsane/North S 12.3, M 20.9, XL 21.7 18.30 ±3.01	Station 3 Jomfruland XXXS 1.76, XXS 1.44, XS 2.61 1.94 ±0.35	Station 3 Ellingsøyfjord Hovland S 14.8, XXL 11.8, XXXL 12.7, G 14.2 13.38 ±0.69
Station 3 Kleppstø West XXS 21.5, M 9.31, XL 21.4 17.40 ±4.05	Station 4 Valle XXXS 1.9, XXS 2.86, XS 3.86 2.87 ±0.57	Station 8 Åsefjorden, Digerneset S 23.9, XXL 12.3, XXXL 16.7, G 23.6 19.13 ±2.82
Station 4 Bontelabo/Central M 24.7, L 13.9, XL 20.2 19.60 ±3.13	Station 5 Såstein XXS 2.92, XS 3.85, XL 7 4.59 ±1.23	
	Station 6 Porsgrunn, Sandøya XXXS 6.93, XXS 5.22, XS 5.99, L 6,77 6.23 ±0.39	

Table 29: Sum PBDE7 (PBDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183): Brown Crab pooled samples hepatopancreas.
Size group indicators for mean for easier readability: XS: 12-13, S: 13-15, M: 15-17, L: 17-19, XL 19-21. Sex indicators in brackets: M, male, F, female, FM mixed. Concentration as ng/g wet weight. Mean \pm sem per station.

Bergen	Grenland/Kragerø	Ålesund
Station 3 Åsane/North M 1.22 (F), L 1.23 (F), L 1.2 (M) 1.22 \pm0.01	Station 1 Kilsfjord S 0.53 (FM), M 0.31 (FM) 0.42 \pm0.11	Station 2 Ellingsøyfjord, L. holmen S 0.15 (F), M 0.52 (F), M 0.52 (F), 0.30 (F) 0.37 \pm0.09
Station 5 Bontelabo/Central M 3 (M), M 2.37 (F), L 4.45 (M), L 2.37 (F), XL 2.13 (F) 2.86 \pm0.42	Station 2 Kragerø S 0.27 (FM), M 0.35 (FM) 0.31 \pm0.04	Station 5 Borgundfjorden S 0.44 (FM), S 0.77 (FM), M 0.46 (F) 0.56 \pm0.11
	Station 5 Bamble, Såstein XS 0.38 (F), S 0.76 (M), M 0.47 (M) 0.54 \pm0.12	Station 6 Åsefjorden, Vegsund S 0.23 (F), M 0.37 (FM), M 0.33 (FM) 0.31 \pm0.04
	Station 6 Porsgrunn; Sandøya S 0.39 (M), S 0.10 (F), M 0.23 (M), M 0.20 (F) 0.23 \pm0.06	Station 7 Åsefjorden, Spjelkavik XS 1.67 (FM), M 0.79 (FM), M 0.21 (FM) 0.89 \pm1.80
	Station 7 Bamble, Nordre Ringsholm S 0.10 (F), M 0.55 (M), M 0.13 (F) 0.26 \pm0.15	Station 9 Vegsundvika M 0.50 (F), M 0.50 (F), M 0.58 (F) 0.53 \pm0.03
	Station 8 Porsgrunn, Herøya S 0.17 (M), S 0.46 (F), M 0.22 (F) 0.29 \pm0.09	
	Station 9 Porsgrunn, Frankobåen S 0.18 (M), S 0.17 (F), M 0.14 (M), M 0.39 (F) 0.22 \pm0.06	

3.2.7 - HBCD og TBBP -A

Alfa-, beta- og gamma- HBCD og TBBP-A ble analysert i krabber fra Ålesundsområdet: Tre samleprøver av klokjøtt av krabbe fra Station 7 og i 16 samleprøver av hepatopankreas av taskekrabbe fra 5 stasjoner (2, 5, 6, 7 og 9). Alle prøver for alle tre HBCD varianter var under LOQ på 0,006-0,016 ng/g. TBBP-A var stort sett under LOQ på 0,04-0,08 ng/g, bortsett fra en prøve av hepatopankreas fra stasjon 7, Åsefjorden, Spjelkavik i størrelsesklassen M, som hadde en konsentrasjon på 0,735 ng/g. En prøve fra nabostasjonen, Station 5, Borgundfjorden var lavere enn en høyere LOQ på 0,676 ng/g, som var satt høyt av Eurofins på grunn av matriseinterferens. Her er det ikke mulig å si om prøven hadde et nivå på TBBP-A mellom 0,04-0,08 og 0,676 ng/g.

4 - Konklusjoner

Kragerø/Grenland

Filet av torsk fisket i Kragerø/Grenlands-området hadde lave gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjoner under 0,2 mg/kg og langt under grenseverdien på 0,3 mg/kg ved alle stasjoner. Det gjaldt også torsk fisket i området der gravide og ammende per i dag advares mot å spise filet av torsk. Torsken som ble fisket i dette området var relativt små.

Brunmat av krabbe prøvetatt i Kragerø/Grenlands-området hadde forhøyet nivå av dioksiner og dl-PCB. Konsentrasjonene var særlig høye i Grenlandsfjorden, der det er advarsler som gjelder for krabbe per i dag. Men også utenfor dette området var nivåene relativt høye. Det er ingen grenseverdier som gjelder for brunmat av krabbe, og for å vurdere området for advarsler bør det beregnes hvor stort inntak som vil medføre overskridelser av TWI.

Bergen

Filet av torsk fisket i Bergensområdet hadde lave konsentrasjoner av kvikksølv med gjennomsnitt under 0,2 mg/kg våtvekt ved alle stasjonene. Dermed var heller ingen stasjoner over grenseverdien på 0,3 mg/kg. Det var planlagt å undersøke torsk i et større område både i nord og sør fra de stasjonene som er undersøkt her, men det viste seg som ikke mulig å fange kysttorsk i perioden fisingen ble forsøkt, selv med iherdig og mye større innsats av fiskeren enn opprinnelig estimert. Vi fikk ikke tatt prøver i det området som per i dag er omfattet av advarsel til gravide og ammende som gjelder torsk.

Filet av brosme fra Bergensområdet hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg ved de to sørligste stasjonene. Begge disse stasjonene ligger utenfor det området der det i dag advares mot brosme og lange. Ved ytterligere tre stasjoner (Stasjon 1-3) var det gjennomsnittlige kvikksølvnivået i brosme like under grenseverdien, og to av disse er også utenfor området for gjeldende advarsel.

Brunmat av krabbe fra de to undersøkte stasjoner i Bergensområdet hadde nokså høye konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og PCB6. Nivået var særlig høyt ved Bontelabo i Bergen havn, men også relativt høyt ved lokaliteten i Åsane, nord for grensen for advarselsområdet som gjelder brunmat av krabbe. Det er ingen grenseverdier som gjelder for brunmat av krabbe, og for å vurdere området for advarsler bør det beregnes hvor stort inntak som vil medføre overskridelser av TWI.

Ålesund

Filet av torsk fisket i området i Ellingsøyfjorden som i dag er omfattet av advarsel for gravide og ammende, hadde gjennomsnittlig kvikksølvnivå over 0,2 mg/kg våtvekt. I tillegg hadde torsk prøvetatt øst for gjeldende advarselsområde gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon lik dagens grenseverdi for kvikksølv i torsk på 0,3 mg/kg.

Brosme prøvetatt i Valderhaugsfjorden, nord for Ålesund, hadde gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i filet over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt, mens nivået var like under denne grensen ved Hovland i Ellingsøyfjorden, innenfor området som i dag omfatter advarsel for gravide og ammende om ikke å spise torsk.

Brunmat av krabbe prøvetatt i Ålesundsområdet hadde lavere konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og PCB6 enn krabbe fra de andre undersøkte områdene. Nivået var innenfor det som er målt andre steder langs kysten. Det ble ikke funnet målbare nivåer av HBCD, og TBBP-A viste målbart, men lavt, nivå i en prøve.

Alle områdene

I alle områdene var konsentrasjonene av metaller i klokjøtt av krabbe lave og langt under grenseverdiene for kvikksølv, kadmium og bly på 0,5 mg/kg. Kadmiumkonsentrasjonen vil være høyere i kokt krabbe, men ifølge tidligere undersøkelser trolig være under grenseverdien. Det er ingen grenseverdier som gjelder for metaller i brunmat eller hepatopankreas av krabbe. Kadmiumkonsentrasjonene i hepatopankreas i denne undersøkelsen var ikke høyt

sammenlignet med tidligere undersøkelser, men innmat av krabbe bør likevel spises med måtehold på grunn av de generelt høye kadmiumkonsentrasjonene. Arsennivået var nokså høyt i klokjøtt og brunmat, men det er ikke uvanlig for krabbe og det er mest sannsynlig uten betydning for mattrygghet.

Lever av torsk i alle områdene hadde høye nivåer av dioksiner og dl-PCB, over grenseverdiene for mattrygghet. Mattilsynet advarer allerede om å unngå å spise lever av fisk som man har fisket selv langs kysten.

5 - Referanser

- Bjorklund, E., A. Muller and C. von Holst (2001). "Comparison of fat retainers in accelerated solvent extraction for the selective extraction of PCBs from fat-containing samples." *Analytical Chemistry* **73**(16): 4050-4053.
- Dionex (1996). Application Note ASE 322; Selective Extraction of PCBs From Fish Tissue Using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Dionex Corporation: Sunnyvale, CA.
- EFSA (2010). "Scientific Opinion on Lead in Food." *EFSA journal*.
- EPA (1994). United States Environmental Protection Agency metode 1613, "Tetra- through Octa Chlorinated Dioksins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS", EPA no 821-B-94-005.
- EPA (2010). United States Environmental Protection Agency Metode 1668 rev. C; EPA no. 821-R-00-002 2010.
- EU (2023). Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006 (Text with EEA relevance. *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>
- Fagerli, C. W., A. Ruus, G. Borgersen, A. Stålstrøm, N. Green, D. Ø. Hjermann and J. Selvik (2016). Tiltaksrettet overvåking av Grenlandsfjordene i henhold til vannforskriften, revidert versjon. NIVA.
- Ferter, K., H. Ottera, M. Christman, A. R. Kleiven, M. S. Weltersbach, S. Gundersen, C. Djonne, O. Bjelland, B. Hartill, J. Lyle, K. Hyder, T. Borch and J. H. Volstad (2022). "Integrating complementary survey methods to estimate catches in Norway's complex marine recreational hook-and-line fishery." *ICES Journal of Marine Science*.
- Frantzen, S. and A. Maage (2009). Utvidet kostholdsrådsundersøkelse, Bergen Byfjord 2009, NIFES Rapport. 44 s.
- Frantzen, S. and A. Maage (2016). Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kyst-nære farvann. Brosme, lange og bifangstarter, NIFES-rapport. 116 s.
- Johansen, T., J. I. Westgaard, B. B. Seliussen, K. Nedreaas, G. Dahle, K. A. Glover, R. Kvalsund and A. Aglen (2018). ""Real-time" genetic monitoring of a commercial fishery on the doorstep of an MPA reveals unique insights into the interaction between coastal and migratory forms of the Atlantic cod." *ICES Journal of Marine Science* **75**(3): 1093-1104.
- Julshamn, K., A. Maage, H. S. Norli, K. H. Grobecker, L. Jorhem and P. Fecher (2007). "Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL interlaboratory study." *Journal of Aoac International* **90**(3): 844-856.
- Julshamn, K., B. Nilsen, S. Valdersnes and S. Frantzen (2012). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk medvekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. NIFES-rapport. 52 s.
- Kögel, T., A. Maage and R. Ørmsrud (2016). Sjømat i Oslofjorden – Uønskede stoffer i torsk, makrell og taskekrabbe. Overvåking av forurensede havner og fjorder 2013-2015., NIFES-rapport. 45 s.
- Muller, A., E. Bjorklund and C. von Holst (2001). "On-line clean-up of pressurized liquid extracts for the determination of polychlorinated biphenyls in feedingstuffs and food matrices using gas chromatography-mass spectrometry." *Journal of Chromatography A* **925**(1-2): 197-205.
- Maage, A. and S. Frantzen (2008). Kostholdsrådsundersøkelse, Bergen Byfjord 2007. NIFES-rapport. 37 s.
- Maage, A. and S. Frantzen (2009). Kostholdsråds-undersøking, fritidsfiske Bergen, 2008-2009. Kvikksølv i torskefisk og PCB i lever. NIFES-rapport. 18 s.
- Nilsen, B. M., S. Frantzen and K. Julshamn (2011). "Fremmedstoffer i Villfisk med vekt på Kystnære Farvann, En

undersøkelse av innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelerver fra 15 fjorder og havner langs norskekysten." [NIFES rapport](#).

SANCO (1999). SANCO/3116/99-rev1 European Commission, Simplified method for the determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in food and feedingstuffs samples by GC/MS – Working document.

SANCO (2012). SANCO/1562/01-rev 1"Methods of analysis in feed and food". Working document-. Replaced by Com.reg 252/2012 (food) and Com.reg 278/2012 (feed).

Van den Berg, M., L. S. 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 and R. E. 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.

Wiech, M., H. Amlund, K. A. Jensen, T. Aldenberg, A. Duinker and A. Maage (2018). "Tracing simultaneous cadmium accumulation from different uptake routes in brown crab *Cancer pagurus* by the use of stable isotopes." [Aquatic Toxicology](#) **201**: 198-206.

Wiech, M., S. Frantzen, A. Duinker, J. D. Rasinger and A. Maage (2020). "Cadmium in brown crab *Cancer pagurus*. Effects of location, season, cooking and multiple physiological factors and consequences for food safety." [Science of the Total Environment](#) **703**.

Wiech, M., E. Vik, A. Duinker, S. Frantzen, S. Bakke and A. Maage (2017). "Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*)." [Food Control](#) **75**: 14-20.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no