

Kadmium rundt oppdrettsanlegg

Er fiskefôr en potensiell kilde til kadmium i marint miljø?



Forsidefoto: Taskekrabbe *Cancer pagurus* (foto: Astrid Woll)

Rapporttittel / Report title

Kadmium rundt oppdrettsanlegg – Er fiskefôr en potensiell kilde til kadmium i marint miljø?

Forfatter(e) / Author(s)

Anna Helena Falk

Akvaplan-niva rapport nr / report no

6676-01

Dato / Date

04.03.2014

Antall sider / No. of pages

31 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Miljødirektoratet

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Bård Nordbø og Hilde Skarra

Sammendrag / Summary

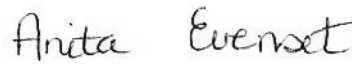
Formålet med dette prosjektet har vært å kartlegge konsentrasjoner av kadmium (Cd) og andre metaller i taskekrabbe, sediment, blåskjell, børstemark og sjøvann prøvetatt i nærheten av oppdrettsanlegg for å besvare spørsmålet om oppdrettsindustrien tilfører Cd til miljøet. Prøvene som ble analysert i dette prosjektet ble tatt av Møreforskning ved tre oppdrettsanlegg. Ved hver lokalitet ble det tatt prøver fra fem stasjoner, med gradvis økende avstand fra oppdrettsanlegget.

Totalt har 241 krabber blitt analysert. EU har satt en grenseverdi av Cd i klokjøtt som skal til humant konsum på 0,5 mg Cd/kg våtvekt. Samtlige prøver av klokjøtt fra de tre lokalitetene har Cd-konsentrasjoner i klokjøtt som ligger under EUs grenseverdi. Gjennomsnittet varierer fra 0,01 – 0,07 mg/kg. For brunmat varierer gjennomsnittet fra 0,86 – 7,82 mg/kg. I blåskjell, børstemark og vannprøver var det lave Cd-konsentrasjoner. I sedimentprøvene er Cd-konsentrasjonene klassifisert til tilstandsklasse I (god tilstand). Det foreligger ikke en klar sammenheng mellom avstand og størrelse på anlegg og konsentrasjoner av metaller i biota, vann og sediment.

Resultatene fra dette prosjektet gir ingen klare indikasjoner på at oppdrettsanlegg er en kilde til Cd i marint miljø.

Prosjektleder / Project manager

Anna Helena Falk

Kvalitetskontroll / Quality control

Anita Evenset

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Kadmium	3
1.2 Undersøkelser av kadmium i taskekrabbe i Nordland.....	3
1.3 Anrikning av kadmium i taskekrabbe.....	5
1.4 Kadmium i fiskefôr.....	6
1.4.1 "Kadmiumsaken" 2005.....	6
1.4.2 Program for overvåkning av fiskefôr.....	6
1.5 Utslipp av fremmedstoffer fra oppdrettsaktivitet	7
1.6 Formål.....	7
2 INNSAMLING OG ANALYSE AV PRØVER.....	8
2.1 Lokalteter og valg av stasjoner.....	8
2.2 Innsamling av prøver	9
2.2.1 Krabber.....	9
2.2.2 Blåskjell.....	10
2.2.3 Vannprøver, sedimentprøver og børstemark.....	10
2.3 Analysemetodikk.....	11
2.3.1 Krabbe, blåskjell og børstemark.....	11
2.3.2 Vann	11
2.3.3 Sediment.....	11
3 RESULTAT.....	12
3.1 Taskekrabbe.....	12
3.1.1 Kadmium	12
3.1.2 Øvrige metaller	18
3.2 Blåskjell.....	19
3.3 Børstemark	20
3.4 Sjøvann	21
3.5 Sediment.....	22
4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	24
REFERANSER.....	26

Forord

Mattilsynet avdekket i 2005 høye kadmium (Cd) -konsentrasjoner i fiskefôr som skulle benyttes ved norske oppdrettsanlegg. Cd-forurensingen ble avdekket gjennom Mattilsynet sitt overvåkingsprogram "Fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr". Sannsynlig kilde var et parti på 20 tonn sink sulfat ($ZnSO_4$) forurenset med Cd som var importert fra Kina. Etter denne hendelsen har det foregått flere diskusjoner om hvorvidt fiskefôr kan være en kilde til Cd i miljøet.

Formålet med dette prosjektet har vært å kartlegge konsentrasjoner av Cd i taskekrabbe, sediment, blåskjell, børstemark og vann prøvetatt i nærheten av produksjonsanlegg for laksefisk (åpne merder i sjø), for å besvare spørsmålet om oppdrettsindustrien tilfører Cd til havmiljøet. Møreforskning gjennomførte innsamling av prøvemateriale i august 2013. Akvaplan-niva fikk i oppdrag og sørge for metallanalyser av prøvene (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn) og rapportere resultatene.

Oppdragsgiver for prosjektet har vært Miljødirektoratet. Vi takker Bård Nordbø og Hilde Skarra, Miljødirektoratet samt Snorre Bakke på Møreforskning for godt samarbeid gjennom prosjektet.

Tromsø

04.03.2014



Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Kadmium

Kadmium (Cd) er oppført på miljømyndighetenes prioritetsliste, som er en liste over elementer/forbindelser som Miljødirektoratet jobber aktivt for å redusere bruk og utslipp av. Målet er å stanse eller redusere utslippene vesentlig innen 2020. Både lokale kilder og forurensninger fra andre land bidrar med tilførsler av Cd til norsk natur. Tilførslene omfatter både menneskeskapt utslipp og utslipp fra naturlige kilder. Utslipp og deponering av Cd i miljøet regnes som et betydelig problem i Norge. Akkumulering av Cd i mat, som f. eks. blåskjell og fiskelever, er et av de største problemene med dette tungmetallet. Cd er naturlig utbredt i jordskorpen, og det finnes ofte sammen med sink. Langtransportert forurensninger bidrar med større tilførsler av Cd til norsk natur enn utslipp fra norske kilder (www.miljostatus.no).

Cd er meget giftig og forekommer naturlig i miljøet i svært lave konsentrasjoner. Det er et ikke-essensielt metall og frigjøres naturlig fra blant annet vulkaner, berggrunn og nedbryting av organisk materiale. Cd er et mobilt metall som lett tas opp i marine alger og biota (blant annet krabbe, snegl og muslinger, som er kjent for å akkumulere Cd). Algene tar opp Cd som er assosiert med næringsalter i vannet, mens biota tar opp metallet gjennom føden. Også for fisk og sjøpattedyr er føden en betydningsfull Cd-kilde. Det er vist at sjøpattedyr akkumulerer Cd i nyrene og i leveren etterhvert som de blir eldre. Dette skyldes ikke bare et høyt opptak av Cd, men også det faktum at metallet har meget lang oppholdstid i kroppen (halveringstid: 10-20 år) (Poleo m. fl. 1997).

1.2 Undersøkelser av kadmium i taskekrabbe i Nordland

Mattilsynet, ved Distriktskontoret for Salten, mottok i februar 2010 melding om at Livmedelsverket i Sverige ved en stikkprøvekontroll hadde påvist høye nivåer av Cd i taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fra et parti fra et krabbemottak i Bodø. Cd-nivåene i klokjøttet var over EUs grenseverdi for humant konsum. Matvarer med nivå av fremmedstoffer over grenseverdi er forbudt å omsette.

EU har satt en øvre grenseverdi for Cd-innhold i klokjøtt fra taskekrabbe på 0,5 mg/kg våtvekt. Denne grenseverdien for trygg sjømat er også tatt inn i norsk regelverk. Grenseverdien gjelder ikke for brunmat (innmat) av krabbe fordi brunmat av krabbe generelt inneholder konsentrasjoner av Cd over denne grenseverdien. Mattilsynet anbefaler barn, gravide og ammende om å ikke spise brunmat fra taskekrabbe.

På grunn av funn av høye Cd-nivåer i krabbe ble det ytret ønske fra både krabbefiskere og andre næringsinteresser om å undersøke og kartlegge nivå av Cd i taskekrabbe fangstet i Saltenområdet. Mattilsynet gjennomførte i 2010 en første kartlegging av taskekrabbe prøvetatt ved 14 ulike lokaliteter i Saltenområdet. Her ble det funnet at tre av de 14 prøvene hadde Cd-konsentrasjoner i klokjøtt over 0,5 mg/kg våtvekt, og nivåene i både klokjøtt og brunmat var en god del høyere enn det som ble funnet i fem prøver fra Hordaland, Sogn og Fjordane. Undersøkelsen viste at det er en høy risiko for at klokjøttet fra taskekrabber fangstet i dette området har Cd-konsentrasjoner som overstiger grenseverdien på 0,5 mg Cd/kg. Resultatene fra undersøkelsen indikerte også at Cd-nivået avtar jo lengre sør i området taskekrabben er fangstet (Anon 2010).

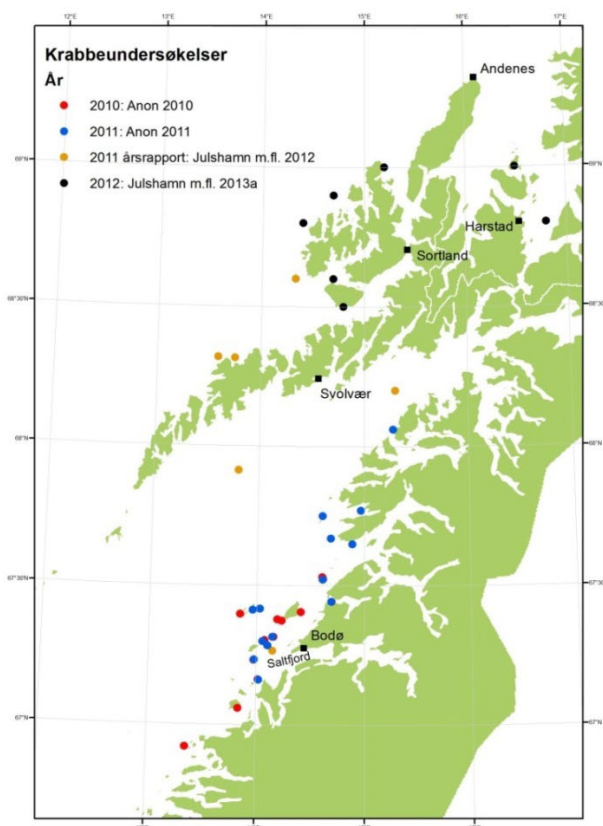
En ny kartlegging med analyse av 15 nye samleprøver fra Salten ble gjennomført sommeren 2011. Den nye undersøkelsen bekreftet de høye Cd-konsentrasjonene funnet i 2010, med seks prøver over grenseverdien, også i prøver tatt noe lenger nord (Anon 2011).

Etter undersøkelsene i 2010 og 2011 ble det kommersielle fisket stanset og Mattilsynet advarer gjennom kostholdsrad mot krabber fangstet til eget bruk nord for Saltfjorden. I dag pågår et begrenset kommersielt krabbefiske i Lofoten/Vesterålen. Mattilsynet har pålagt næringen å ta regelmessige stikkprøver for å kontrollere Cd-innhold.

Etter funnene av Cd i taskekrabbe i 2010 og 2011 besluttet Mattilsynet i 2011 å gjennomføre en større kartlegging av fremmedstoffer i taskekrabbe langs hele den delen av norskekysten der taskekrabben finnes. Resultatene viste at konsentrasjonene både i klokjøtt og brunmat var betydelig høyere i Nord-Norge nord for Saltfjorden enn lenger sør i landet, der gjennomsnittskonsentrasjoner av Cd i krabbe fra samtlige stasjoner var under grenseverdien. Nord for Saltfjorden var det kun to lokaliteter som ikke viste en gjennomsnittlig Cd-konsentrasjon i klokjøtt over EUs grenseverdi for human konsum. Det ser ikke ut som om det er en gradvis økning i Cd-innholdet nordover langs kysten. Det skjer en relativt brå økning ved Salten (Julshamn m. fl. 2012).

Ytterligere en undersøkelse av krabbe innsamlet i Vesterålen ble utført i 2012 på oppdrag av Mattilsynet. Analyseresultatene viste at det var individuelle variasjoner, men på kun en stasjon av syv var Cd-konsentrasjonene i klokjøtt under grenseverdien på 0,5 mg/kg (Julshamn m. fl. 2013a). Undersøkelsen bekreftet at taskekrabbe også nord for Salten og Lofoten inneholdt Cd-konsentrasjoner over EUs grenseverdi.

En sammenstilling av samtlige prøvetakingsstasjoner i Salten, Lofoten og Vesterålen vises i Figur 1.



Figur 1. Oversikt over lokaliteter hvor det er tatt prøver av taskekrabbe i Nordland i perioden fra 2010 – 2012.

Hva som er årsak til nivåer av Cd over grenseverdien i taskekrabbe fangstet i Salten/Lofoten/Vesterålen er ukjent. Det er derfor ikke kjent om Cd-nivåene i området er naturlig høye eller om det er menneskelig aktivitet som er kilden. Undersøkelser fram til nå har ikke avdekket noen punktkilder der Cd er påpekt som problematisk. Følgende undersøkelser er gjennomført:

- Kartlegging av sediment - generelt lave metall-konsentrasjoner (Falk 2012)
- Prøvetaking av fisk - lave nivå av Cd i filet av brosme, kveite og uer (Julshamn m. fl. 2013b)
- Geologisk kartlegging av kystområdet – lave Cd-nivå i overflatevann, grunnvann, løsmasser og berggrunn (Finne 2013)

I tillegg har Fylkesmannen i Nordland (FM) i samarbeid med Miljødirektoratet arbeidet med kildeprosporing av Cd gjennom å sammenstille eksisterende kunnskap om kilder fra egne arkiver og rapporter, databasen «Norske Utslipp» og nasjonale overvåkningsprogram. De har også utført tilsyn med bedrifters utslippskontroll. FM har ikke klart å påpeke noen store punktutslipp som kan forklare påvirkningen av et så stort område det her handler om (Knutsen 2013).

1.3 Anrikning av kadmium i taskekrabbe

Miljøgifter, som Cd, akkumuleres i størst grad i den fettholdige innmaten av krabber, men metaller kan også finnes i høye konsentrasjon i kjøttet fra klørne. Undersøkelsene utført av NIFES og Mattilsynet viser at det kan forekomme store individuelle forskjeller i opptak av Cd hos taskekrabbe som befinner seg innen samme geografiske område. Noen viktige faktorer for akkumulering av Cd i krabbe er (Poleo 1997);

- Cd-innhold i krabbens føde.
- Metallens fysikalske/kjemiske tilstandsform i sjøvannet - foreligger metallet som frie ioner eller assosiert til suspendert partikulært materiale.
- Konsentrasjon av andre metaller og næringssalter i omgivelsen.
- Fysiske forhold som f. eks. lys, salinitet og temperatur.
- Krabbens helsetilstand, utviklingstrinn, alder og kjønn.
- Krabbens vandringsmønster.
- Ulike organ tar opp metaller med hjelp av forskjellige mekanismer.
- Evnene til å produsere proteiner (metallotioniner) som binder metaller.
- Evnen til å regulere forholdet mellom opptak og ekskresjon ("turnover frekvens").

Naturlig forekomst av Cd i taskekrabbe har blitt konstatert mange ganger siden den første rapporten om dette kom på begynnelsen av 70-tallet. Særlig i Skottland og i den Engelske kanalen har høye konsentrasjoner av Cd flere ganger blitt målt i taskekrabbe (Overnell & Trehella 1979, Davies m. fl. 1981, Overnell 1986, Falconer m. fl. 1986). De høyeste konsentrasjoner (opptil 62 mg/kg våtvekt) er målt i krabbens brunmat (hepatopaneas - tilsvarende leveren i høyerestående dyr). Cd finnes også i gjeller, gonade (kjønnskjertel) og klomuskel. I krabben bindes Cd til metallotioniner, et protein som det finnes spesielt mye av i hepatopaneas, som til en viss grad kan uskadeliggjøre ikke-essensielle stoffer. Det er konstatert at Cd hovedsakelig tas opp med føden, men i områder med mye biotilgjengelig Cd i vannet kan krabben også ta opp Cd direkte fra vannet (Falconer m. fl. 1986).

1.4 Kadmium i fiskefôr

1.4.1 "Kadmiumsaken" 2005

Mattilsynet oppdaget i 2005 høye Cd-verdier i norsk landdyr- og fiskefôr (Mattilsynet 2006). Kadmium-forurensingen ble avdekket gjennom Mattilsynet sitt ordinære overvåkingsprogram. Analyseresultatene viste konsentrasjoner på opp til 25 mg Cd/kg fôr. Tillatt konsentrasjon er 0,5 – 1,0 mg/kg, avhengig av dyreart føret skal brukes til. Mattilsynet arbeidet sammen med fôrprodusentene intenst for å finne ut omfanget av forurensingen. Sannsynlig kilde var et parti på 20 tonn sinkulfat ($ZnSO_4$) forurenset med Cd som var importert fra Kina. Partiet antok å ha inneholdt 7 – 8 % Cd, totalt ca. 1,5 tonn. Sinkulfatet ble levert videre for produksjon av såkalt fôrpremiks. Denne brukes til innblanding i fullfôr til fisk og landdyr. Det er fortsatt uklart hvor mye av dette som ble tilført dyr, fisk og miljø.

Konsekvensen ble forbud mot omsetning og bruk av alt fôr som kunne tenkes å inneholde for mye Cd. Fôrprodusentene måtte trekke tilbake aktuelle fôrpartier og gjøre analyser for å bekrefte/avkrefte høyt Cd-innhold i føret. Mattilsynet understreket imidlertid at internasjonale risikovurderinger viser at kadmium i fôr i liten grad tas opp i dyre og fiskekjøtt. For oppdrettsfisk ble det i dette tilfellet dokumentert at innholdet av Cd i lever og nyrer ikke var et problem. Det ble også vist at kadmiumnivåer i fiskemuskel var lave og langt under grenseverdien for humant konsum. Nivåene av Cd i det aktuelle føret, var imidlertid så høye at det forelå en risiko for helse og velferd til fisk og dyr. Med så store mengder Cd-kontaminert fôr i sirkulasjon, kunne dette også utgjøre et miljøproblem.

1.4.2 Program for overvåkning av fiskefôr

Mattilsynets overvåkingsprogram "Fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr" har som formål å følge utviklingen av innholdet av uønskede stoffer i fiskefôr (fullfôr) og ingredienser (fôrmidler), både marine og vegetabiliske, som benyttes i fiskefôrproduksjonen i Norge. Gjennom programmet, som har pågått siden slutten av 1980-tallet, kartlegges derfor innholdet av uønskede stoffer, samtidig som eventuelle farer knyttet til fiskefôr som kan medføre alvorlig risiko for menneskers eller dyrs- helse, enten direkte eller gjennom miljøet kartlegges.

Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) presenterer hvert år en oppdatert rapport av overvåkningsprogrammet, som innefatter analyse av blant annet; uønskede stoffer (mikrobiologi, organiske og uorganiske fremmedstoffer), polybromerte difenyletere (PBDEs) og polyaromatiske hydrokarboner (PAHs).

I årsrapporter fra 2003 – 2012 (samtlige rapporter finnes tilgjengelige på www.mattilsynet.no) presenteres resultatene av Cd-innhold i fullfôr fra 2003 – 2012, se Tabell 1. Resultatene for fullfôr viste et snitt på 0,27 mg Cd/kg i 2012. Variasjonen i Cd-innholdet i føret var fra 0,08 til 0,73 mg/kg. Da grenseverdien for Cd i fullfôr til fisk er på 1,0 mg/kg er samtlige prøver fra 2003 – 2004 og 2006 – 2012 under fastsatte grenseverdi. Resultatene fra 2005 viser at to av totalt 24 prøver hadde et Cd-innhold som var høyere enn grenseverdien, henholdsvis 23,0 og 24,9 mg Cd/kg. Disse to fôrproduktene hadde blitt tilsatt mineralmix der det var brukt sinkulfat som var forurenset med Cd. Resterende prøver fra 2005 hadde Cd-konsentrasjoner under grenseverdien.

Tabell 1. Innhold av kadmium i fullfôr i perioden 2003 – 2012 (NIFES). Tall er oppgitt som mg/kg.

År	Antall prøver	Gjennomsnitt	Min	Maks
2012	23	0,27	0,08	0,73
2011	25	0,24	0,12	0,59
2010	23	0,24	0,09	0,65
2009	25	0,32	0,17	0,61
2008	21	0,34	0,09	0,72
2007	22	0,28	0,10	0,61
2006	49	0,30	0,10	0,70
2005 ^a	24	2,7	0,10	24,9
2005 ^b	22	0,33	0,10	0,92
2004	40	0,21	0,10	0,54
2003	40	0,23	0,09	0,60

^a Inklusive to fôrprøver med forhøyet Cd-innehold

^b Eksklusive to fôrprøver med forhøyet Cd-innehold

1.5 Utslipp av fremmedstoffer fra oppdrettsaktivitet

Fremmedstoffer i denne sammenhengen er miljøgifter fra fôret eller forbindelser som blir brukt som antibegroingsmiddel på nøter eller anlegg. Miljøgifter i fôret kan bli sluppet ut fra et oppdrettsanlegg som fôrspill eller gjennom fekalier fra fisken. Stoffgrupper som det er spesiell fokus på er blant annet halogenerte organiske forbindelser som PCB, dioksiner, furaner, klorerte pesticider, bromerte flammehemmere og tungmetallforbindelser som metylkvikksølv (Hg) og kobber (Cu).

NIFES årlige kartlegging av fremmedstoff i fiskefôr (avsnitt 1.4.2) presenterer generelt lave konsentrasjoner av ovenstående stoffer, både i fôr og fiskefilet/lever. Det stoffet som det registreres høyest nivåer av er Cu, som i tillegg til å være et essensielt metall i fôret, også brukes som antibegroingsmiddel på nøter. I 2011 ble det omsatt 918 tonn Cu til bruk på notimpregnering. Rundt 80–90 % av dette lekker ut i sjøen fra merdene.

Det er foretatt en gjennomgang av helse og miljøfarlighet til Cu. Cu hoper seg ikke opp i næringskjeden, men en kontinuerlig høy tilførsel av Cu kan bli et problem lokalt rundt anlegget. Nøter som er behandlet med miljøskadelige kjemikalier (inkludert kobber), kan ikke vaskes og reimpregneres på oppdrettslokaliteten. Grovrengjøring av nøter i form av spyling er tillatt. Grovrengjøring, vask og impregnering skal likevel ikke medføre utslipp som gir ulempe eller skade på miljøet (Taranger m. fl. 2012).

1.6 Formål

Formålet med dette prosjektet har vært å kartlegge konsentrasjoner av Cd (og andre metaller) i taskekrabbe, sediment, blåskjell, børstemark og vann prøvetatt i nærheten av produksjon av laksefisk i åpne merder i sjø, for å besvare spørsmålet om oppdrettsindustrien er en potensiell kilde for tilførsler av Cd til havmiljøet.

Møreforskning gjennomførte innsamling av prøvemateriale i august 2013. Akvaplan-niva fikk i oppdrag og sørge for analyser av prøvene og rapportere resultatene.

2 Innsamling og analyse av prøver

Møreforskning ble i juli 2013 engasjert av Miljødirektoratet for å samle inn ulike prøver i nærheten av oppdrettsanlegg. Innsamling av taskekrabbe (brunmat og klokjøtt), blåskjell, børstemark, sedimentprøver og vannprøver ble gjennomført ved tre oppdrettsanlegg. Innsamling ble utført i perioden juli-august 2013. Arbeidet er sammenstilt i en feltrapport (Bakke og Chapman 2013).

2.1 Lokalteter og valg av stasjoner

Prøver ble samlet inn ved tre oppdrettsanlegg (1 i Sogn og Fjordane, 1 i Møre og Romsdal og 1 i Nord-Trøndelag) med pågående eller nylig avsluttet produksjon. Ingen referanselokalitet ble inkludert da det nylig har blitt gjennomført en omfattende kartlegging som gir et godt bilde av den generelle forekomsten av Cd i krabbe (Julshamn 2012). Valg av lokaliteter ble gjennomført av Miljødirektoratet. Valg av anlegg var tilfeldig med eneste kriterium at anleggene hadde en biomasse tilsvarende normal kommersiell produksjon i sjøanlegg. Med andre ord var utvalg av anlegg ikke basert på at disse ble ansett som spesielle med hensyn til Cd-forurensning.

Lokalitet 1 – Sogn og Fjordane

Oppdrett av laksefisk. Maksimal tillatt biomasse (MTB) 3120 tonn. Pågående produksjon under gjennomføring av prøvetaking. Prøveinnsamling ble gjennomført fra 6. august til og med 9. august 2013.

Lokalitet 2 – Møre og Romsdal

Oppdrett av laksefisk. MTB 5460 tonn. Nylig avsluttet produksjon under prøvetaking utslaktet i løpet av juli 2013). Prøveinnsamling ble gjennomført fra 20. august til og med 23. august 2013.

Lokalitet 3 – Nord-Trøndelag

Oppdrett av laksefisk. MTB 5460 tonn. Pågående produksjon under prøvetaking. Prøvetaking ble gjennomført 16. og 17. juli, samt 23. august.

Ved hver lokalitet ble det tatt prøver på fem stasjoner i gradvis økende avstand fra oppdrettsanlegget:

- Stasjon 1: 0 meter (umiddelbar nærhet til anlegget)
- Stasjon 2: ca. 250 meter fra anlegget.
- Stasjon 3: ca. 500 meter fra anlegget.
- Stasjon 4: ca. 750 meter fra anlegget
- Stasjon 5: ca. 1000 meter fra anlegget.

Stasjonene var lokalisert nedstrøms i dominerende strømrretning fra anlegget. Planlagt avstand til anlegg ble tilstrebet opprettholdt for hver stasjon, men for å kunne gjennomføre innsamling av ulike prøver (krabber, sediment, vannprøver og blåskjell) var det i noen tilfeller nødvendig å flytte eksakt posisjon.

2.2 Innsamling av prøver

Ved hver stasjon ble det samlet inn inntil 20 krabber. Videre ble det ved hver stasjon også samlet inn 20 blåskjell, sedimentprøver, børstemark og vannprøver. For mer informasjon om feltarbeid, bearbeidingsmetodikk og individmålinger av krabbe henvises til Bakke og Chapman (2013).

2.2.1 Krabber

Setning og haling av krabbeteiner ble gjennomført i samarbeid med lokale fiskere eller tilgjengelig personell ved oppdrettsanleggene. Teinene var agnet med sei (eller makrell) og hadde en ståtid på maks 3 døgn. På grunn av for dypt vann under eller like ved oppdrettsanleggene var det ikke mulig å fange krabber i umiddelbar nærhet av noen av disse lokalitetene. Krabber samlet inn ved stasjon 1 ble likevel aldri fangstet lengre enn 100 meter fra oppdrettsmerdene. Tabell 2 viser resultatet fra prøveinnsamling av krabber ved de ulike lokalitetene.

Tabell 2. Informasjon om prøvetakingsstasjoner og innsamlet krabbemateriale fra de tre utvalgte lokalitetene.

Lokalitet/ Stasjon	Avstand fra anlegg (m)	Dyp (m)	Antall krabber	Skallbredde i mm snitt (maks-min)	Vekt i gram snitt (maks-min)	Fordeling kjønn (% hann/hunn)
Lokalitet 1						
Stasjon 1	~ 80	20-30	8	162 (202-127)	703 (1226-398)	75/25
Stasjon 2	~ 300	20-30	16	164 (195-141)	686 (1262-412)	37.5/62.5
Stasjon 3	~ 500	20-30	9	162 (197-134)	663 (1473-340)	22/78
Stasjon 4	~ 700	20-30	7	168 (186-145)	771 (987-455)	43/57
Stasjon 5	~ 1000	10-20	4	158 (186-137)	560 (899-356)	25/75
Lokalitet 2						
Stasjon 1	~ 70	20-30	23	144 (158-120)	464 (582-263)	20/80
Stasjon 2	~ 200	10-20	23	150 (167-131)	466 (671-298)	5/95
Stasjon 3	~ 450	20-30	25	141 (157-125)	429 (677-308)	40/60
Stasjon 4	~ 700	20-30	24	154 (165-122)	452 (610-334)	10/90
Stasjon 5	~ 950	10-20	26	142 (167-123)	413 (685-257)	5/95
Lokalitet 3						
Stasjon 1	~ 90	20-30	31	143 (154-130)	433 (572-302)	30/70
Stasjon 2	~ 250	10-20	18	141 (160-124)	432 (692-290)	33/67
Stasjon 3	~ 500	10-20	23	147 (165-129)	484 (707-297)	20/80
Stasjon 4	~ 750	10-20	19	140 (174-117)	427 (979-247)	21/79
Stasjon 5	~ 1000	10-20	26	145 (173-124)	432 (708-284)	10/90

Med unntak av Lokalitet 1 og to stasjoner ved Lokalitet 3 ble det samlet inn mer enn 20 krabber fra hver stasjon. Det viste seg å være vanskelig å samle inn krabber i området rundt oppdrettsanlegget på Lokalitet 1. På stasjoner med mer enn 20 krabber ble 20 stk. krabber valgt ut for analyse av metaller.

2.2.2 Blåskjell

I nærheten til hver stasjon ble det sett etter strukturer (oppdrettsmerd, brygger, blåser eller større steiner i strandsonen) hvor det kunne sitte blåskjell.

Tabell 3 viser resultatet fra innsamling av blåskjell, samt størrelsen på skjell ved de ulike lokalitetene. Med unntak av Lokalitet 2 ble det samlet inn skjell fra alle stasjonene. Ved Lokalitet 2 ble det kun funnet skjell på Stasjon 1 (på selve anlegget) På grunn av mangel på strukturer hvor skjell kan feste seg til og liten tilgang til tidevannssonen ble det ikke samlet inn skjell fra stasjoner lenger borte fra anlegget.

Da det ikke alltid ble funnet blåskjell på de forutbestemte stasjonene var det i noen tilfeller nødvendig å forflytte seg nærmere eller lengre vekk fra anlegget. I disse tilfellene ble ny avstand til anlegget notert.

Tabell 3. Resultater innsamling og opparbeiding av blåskjell

Lokalitet/ Stasjon	Avstand fra anlegg (m)	Kilde	Antall blåskjell	Skjellhøyde i mm snitt (maks-min)
Lokalitet 1				
Stasjon 1	0	Merkant	20	45 (64-36)
Stasjon 2	~ 300	Fjæresonen	20	42 (54-34)
Stasjon 3	~ 450	Flytebrygge	20	56 (79-41)
Stasjon 4	~ 600	Fjæresonen	20	36 (51-28)
Stasjon 5	~ 900	Fjæresonen	20	36 (49-27)
Lokalitet 2				
Stasjon 1	0	Blåse på anlegg	20	34 (40-30)
Stasjon 2	Ingen blåskjell funnet			
Stasjon 3	Ingen blåskjell funnet			
Stasjon 4	Ingen blåskjell funnet			
Stasjon 5	Ingen blåskjell funnet			
Lokalitet 3				
Stasjon 1	0	Pumpeslange i merd	20	35 (42-30)
Stasjon 2	~ 200	Tau på blåse	20	23 (29-18)
Stasjon 3	~ 500	Tau på kai	20	47 (59-34)
Stasjon 4	~ 700	Tau på blåse	20	29 (64-17)
Stasjon 5	~ 1000	Underside av blåse	20	38 (56-29)

2.2.3 Vannprøver, sedimentprøver og børstemark.

Vannprøver ble hentet fra 10 meters dyp på samtlige stasjoner ved hjelp av en 5 liter Niskin Vannhenter (0, 250, 500, 750 og 1000 meter fra anleggene).

Sedimentprøver (0-2 cm) ble samlet inn ved hjelp av en 250 cm² Van Veen grabb. Det ble tatt triplikate grabbprøver på hver stasjon. Da bunnforholdene (dyp og sedimentforhold) ikke alltid tillot grabbprøver var det ved noen stasjoner nødvendig å forflytte seg mot eller fra land for å få samlet inn prøver av sediment. Informasjon om hver grabbprøve ble registret. Tabell 4 viser resultat fra grabbprøvetaking og innsamling av børstemark.

Det ble foretatt kvalitativ innsamling av børstemark fra grabbprøver for analyse av kadmium. Etter prøvetaking av sediment ble grabben tømt i en sil med 1 millimeter maskeåpning. Sedimenter ble skylt ut med saltvann og makroskopisk synlige børstemark ble plukket ut for analyse.

Tabell 4. Resultater grabbprøver og innsamling børstemark

Lokalitet/ Stasjon	Avstand fra anlegg (m)	Dyp (m)	Beskrivelse sediment	Børstemark
Lokalitet 1				
Stasjon 1	~ 0	25	En grabbprøve med skjellsand ingen lukt. To grabbprøver med slimete mørkt sediment. Litt H ₂ S lukt.	Ja
Stasjon 2	~ 300	30	Grov sand med skjellfragmenter. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 3	~ 500	15-20	Grov skjellsand, mange fragmenter. Ingen lukt	Ja
Stasjon 4	~ 700	20-25	Grov sand med mange skjellfragmenter, svart sediment under overflaten. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 5	~ 1000	35	Grov skjellsand, mange skjellfragmenter. Ingen lukt.	Ja
Lokalitet 2				
Stasjon 1	0	25	Skjellsand. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 2	~ 250	10-20	Grov sand og skjellsand. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 3	~ 500	20-30	Grov skjellsand og stein, mørkere sediment. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 4	~ 700	20-30	Grov skjellsand. Veldig lite sediment.	Nei
Stasjon 5	~ 1000	10-20	Grov skjellsand. Fin gråfarge. Ingen lukt.	Ja
Lokalitet 3				
Stasjon 1	0	65	Et lag med mørk, fin sand på toppen av mye grus, stein, litt lukt av H ₂ S	Ja
Stasjon 2	~ 250	45	Fin sand og noe leire. Litt H ₂ S lukt.	Ja
Stasjon 3	~ 500	35	Grov skjellsand. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 4	~ 750	60	Fin sand og noe stein. Alger. Ingen lukt.	Ja
Stasjon 5	~ 1000	30-40	Fin sand og skjellsand. Ingen lukt.	Ja

2.3 Analysemetodikk

Samtlige prøver ble analysert av ALS Laboratory Group Norway AS (ALS). Analysemetodikk for de forskjellige prøvene presenteres nedenfor.

2.3.1 Krabbe, blåskjell og børstemark

Oppløsning ble utført i mikrobølgeovn i teflonbeholdere med HNO₃ / H₂O₂. Metallanalyse ble utført i henhold til EPA – metoder (modifiserte) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS).

2.3.2 Vann

Vannprøver ble først surgjort med 1 ml salpetersyre /100 ml vann. Metallanalyse ble utført i henhold til EPA-metoder (modifiserte) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS). Analyse av Hg ble gjort ved bruk av atomspektrofotometri (AFS) i henhold til SS-EN ISO 17852:2008.

2.3.3 Sediment

Prøvene ble tørket ved 105 °C i henhold til svensk standard SS028113. Oppløsning ble gjennomført i mikrobølgeovn i teflonbeholdere med HNO₃/H₂O. Metallanalyse ble utført i henhold til EPA-metoder (modifiserte) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS).

TOC (total organisk materiale) ble bestemt i henhold til EN 13137.

3 Resultat

3.1 Taskekrabbe

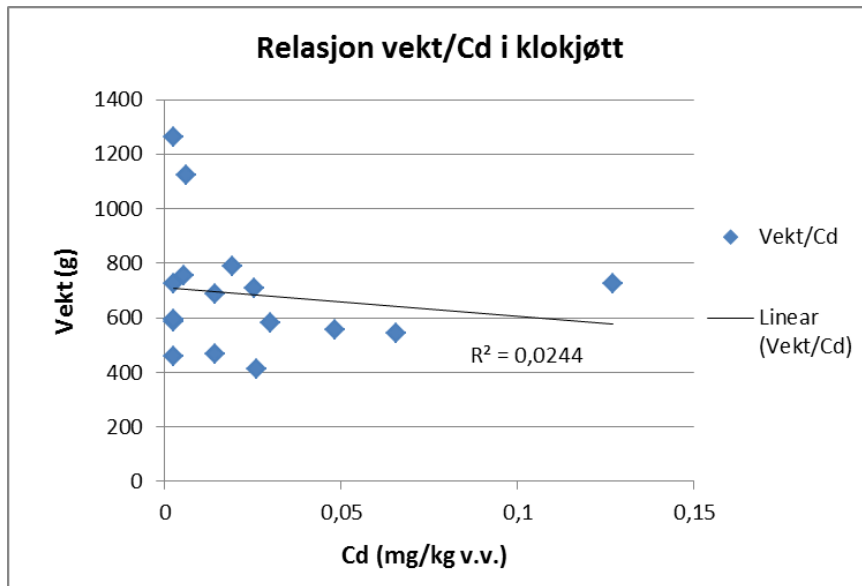
3.1.1 Kadmium

Totalt ble klokjøtt og brunmat fra 241 krabber fordelt på 3 lokaliteter analysert. Analyseresultater er presentert i Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 7, samt i Figur 5, Figur 6 og Figur 7. Beregning av gjennomsnitt, minimum og maksimum konsentrasjoner er utført for alle stasjoner. Ved beregning har halve deteksjonsgrensen blitt benyttet for resultat som er rapportert under deteksjonsgrensen. Resultater for samtlige individer og analyseparametere er presentert i vedlegg 1.

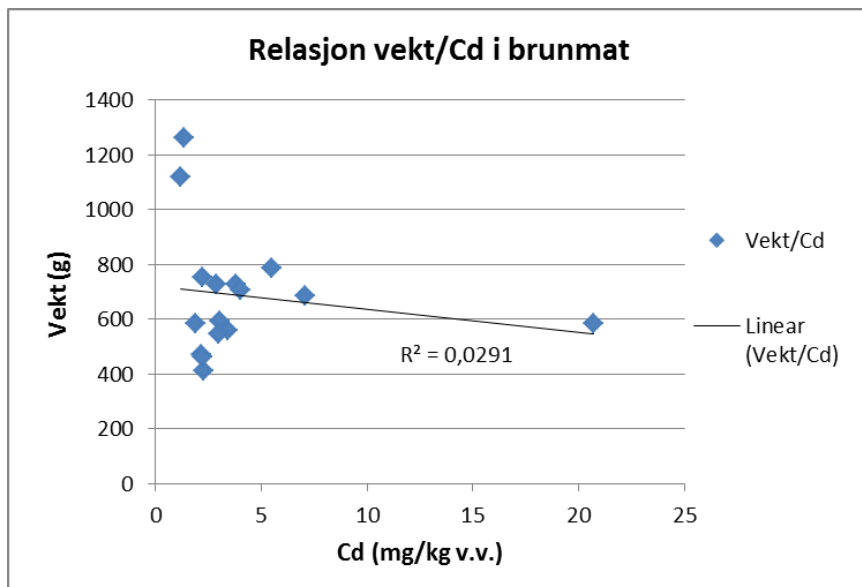
EU har satt en maksimums verdi av Cd i klokjøtt på 0,5 mg Cd/kg våtvekt for lovlig omsetning av krabbe til humant konsum. Samtlige prøver av klokjøtt hadde Cd-konsentrasjoner som ligger under EUs grenseverdi. Den høyeste konsentrasjonen, 0,34 mg/kg (våtvekt), ble funnet på stasjon 5, lokalitet 3. Gjennomsnittet for de ulike stasjonene varierer fra 0,01 – 0,07 mg/kg. For brunmat varierte gjennomsnittskonsentrasjonene fra 0,86 – 7,82 mg/kg (maks 30,2 mg/kg, stasjon 1 på lokalitet 2). For lokalitet 1 (MTB 3120 tonn) og 2 (MTB 5460 tonn) ser det generelt ut til å være en trend med høyest verdier nært anlegget og avtakende med avstand. På lokalitet 3 (MTB 5460 tonn) er trenden den motsatte. Størrelse av anlegg gir ikke en forklaring på dette.

Resultatene kan sammenlignes med den landsdekkende undersøkningen av krabbe hvor krabbe fra 47 stasjoner ble analysert i 2011 (Julshamn m. fl. 2012). Sør for Salten varierte gjennomsnittskonsentrasjonen/stasjon fra 0,03 til 0,28 mg/kg i klokjøtt (maksverdi 1,8 mg/kg) og i brunmat fra 0,55 – 4,8 mg/kg (maksverdi 18,1 mg/kg). Nord for Salten varierte gjennomsnittskonsentrasjonen/stasjon i klokjøtt fra 0,29 til 1,3 mg/kg (maks 3,7 mg/kg) og i brunmat 6,7 – 25 mg/kg (maks 45mg/kg). I undersøkelsen som rapporteres her var gjennomsnittlig Cd-innhold i klokjøtt lavere enn nivåene som ble rapportert sør for Salten i 2011-undersøkelsen. For brunmat ligger snittet i vår undersøkelse noe høyere. Sammenlignet med krabber innsamlet nord for Saltfjorden var Cd-nivåene fra denne undersøkelsen betydelig lavere for både klokjøtt og brunmat.

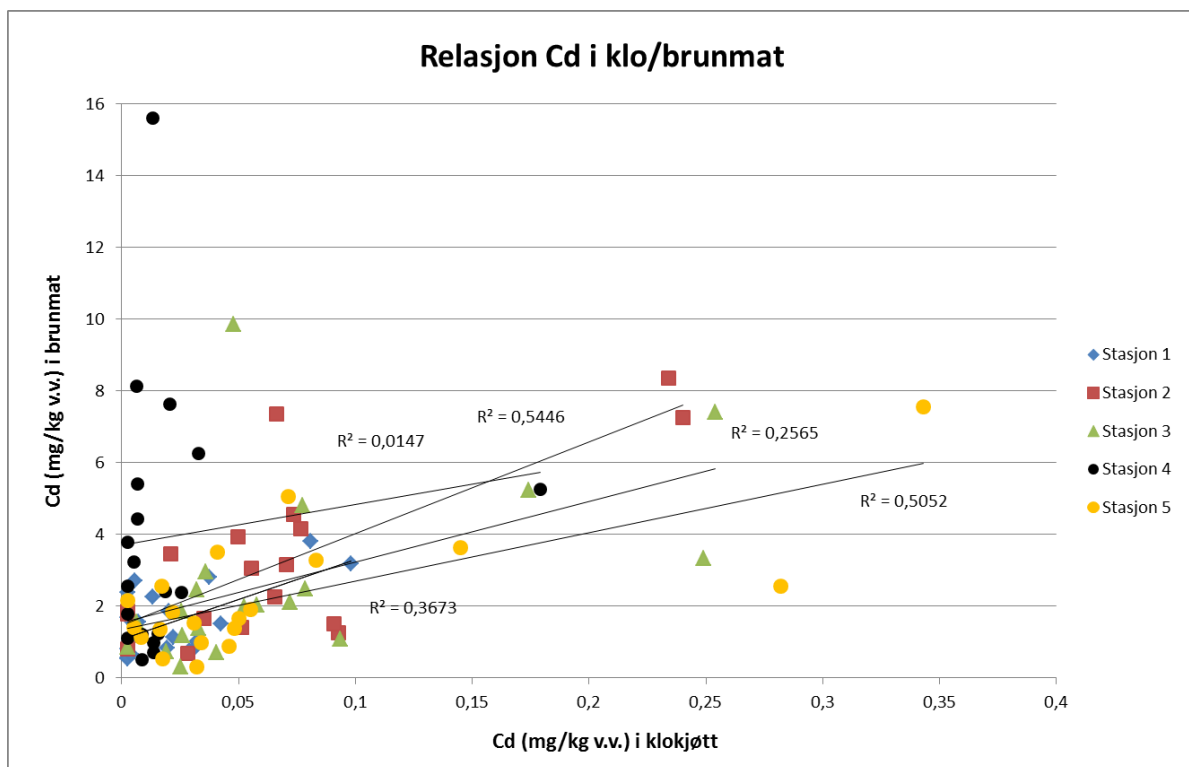
Det var en svak negativ korrelasjon mellom Cd-nivå i klokjøtt og brunmat og krabbestørrelse, se Figur 2 og Figur 3 (eksempel fra lokalitet 1). Likeartet korrelasjon er også observert på lokalitet 2 og 3. Det var heller ingen tydelig sammenheng mellom Cd-innhold i klo og brunmat på noen av lokalitetene, se Figur 4 (eksempel fra lokalitet 3).



Figur 2. Forholdet mellom krabbens vekt (g) og Cd-innhold (mg/kg våtvekt) i klokjøtt på lokalitet 1.



Figur 3. Forholdet mellom krabbens vekt (g) og Cd-innhold (mg/kg våtvekt) i brunmat på lokalitet 1.



Figur 4. Sammenligning mellom Cd-innhold i klo og brunmat (mg/kg våtvekt) på lokalitet 3.

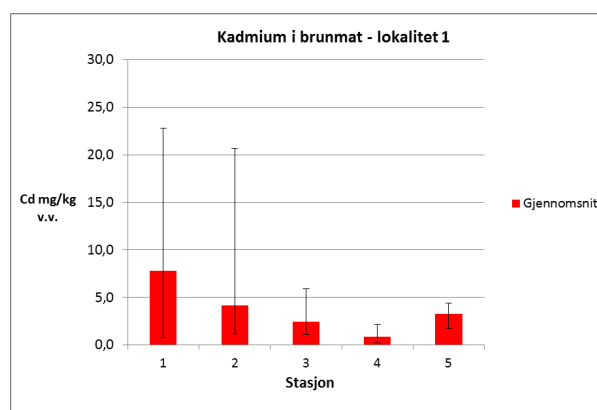
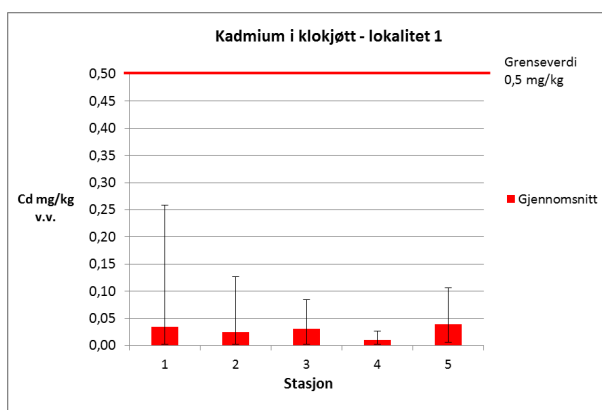
3.1.1.1 Lokalitet 1 – Sogn og Fjordane (MTB 3120 tonn)

Tabell 5. Konsentrasjoner av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn (mg/kg våtvekt) i klokjøtt og brunmat fra 5 stasjoner på lokalitet 1. Gjennomsnitt, minimum og maksimum for hvert metall og stasjon, n = antall prøver.

Parameter	Prøve	Stasjon 1 (n=8)	Stasjon 2 (n=16)	Stasjon 3 (n=9)	Stasjon 4 (n=7)	Stasjon 5 (n=4)
As (Arsen)	Klokjøtt	40,2 (10,3-61,5)	39,4 (8,3-96,4)	30,9 (12,9-44,1)	28,7 (16,0-48,8)	43,4 (24,0-61,4)
	Brunmat	30,1 (13,1-53,1)	25,8 (8,2-53,5)	22,0 (11,4-33,3)	18,3 (12,7-24,8)	21,2 (12,2-28,9)
Cd (Kadmium)	Klokjøtt	0,035 (<0,005-0,26)	0,025 (<0,005-0,13)	0,031 (<0,005-0,085)	0,010 (<0,005-0,027)	0,040 (0,0061-0,11)
	Brunmat	7,82 (0,75-22,8)	4,16 (1,16-20,7)	2,46 (1,12-5,87)	0,86 (0,18-2,10)	3,26 (1,69-4,40)
Cr (Krom)	Klokjøtt	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)
	Brunmat	0,018 (<0,03-0,037)	0,024 (<0,03-0,096)	0,023 (<0,01-0,055)	0,019 (<0,03-0,042)	0,020 (<0,03-0,036)
Cu (Kopper)	Klokjøtt	12,99 (2,28-36,5)	9,04 (3,14-16,2)	10,40 (6,04-18,1)	7,54 (5,10-9,94)	13,31 (5,84-19,5)
	Brunmat	193 (7,77-532)	147 (16,2-352)	101 (17,6-463)	41,6 (25,9-77,4)	107 (57,6-226)

Fortsettelse tabell 5.

Parameter	Prøve	Stasjon 1 (n=8)	Stasjon 2 (n=16)	Stasjon 3 (n=9)	Stasjon 4 (n=7)	Stasjon 5 (n=4)
Hg (Kvikksølv)	Klokjøtt	0,16 (0,07-0,40)	0,20 (0,039-0,41)	0,15 (0,060-0,31)	0,15 (0,098-0,23)	0,12 (0,072-0,17)
	Brunmat	0,074 (0,049-0,11)	0,091 (0,048-0,14)	0,085 (0,043-0,26)	0,063 (0,042-0,073)	0,095 (0,078-0,14)
Ni (Nikkel)	Klokjøtt	0,052 (<0,04-0,15)	0,067 (<0,04-0,38)	0,047 (<0,04-0,17)	0,045 (<0,04-0,20)	0,029 (<0,04-0,054)
	Brunmat	0,24 (<0,04-0,50)	0,22 (<0,04-0,50)	0,24 (0,099-0,47)	0,17 (<0,04-0,37)	0,32 (0,20-0,48)
Pb (Bly)	Klokjøtt	0,024 (<0,04-0,055)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)
	Brunmat	0,053 (<0,04-0,083)	0,11 (0,047-0,43)	0,054 (<0,04-0,14)	0,044 (<0,04-0,14)	0,046 (<0,04-0,089)
Zn (Sink)	Klokjøtt	135,9 (87,8-165)	110 (75,5-147)	100 (68,4-122)	95,7 (67,0-124)	86,5 (67,0-105)
	Brunmat	63,7 (20,8-84,1)	62,3 (33,7-98,6)	46,8 (29,7-75,9)	46,9 (26,1-72,5)	53,6 (39,3-67,5)

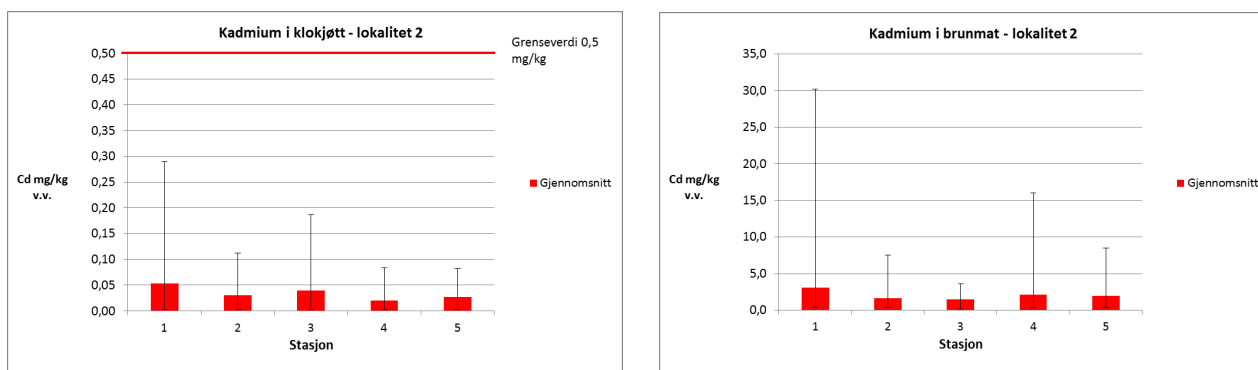


Figur 5. Konsentrasjon av Cd (mg/kg våtvekt) i klokjøtt og brunmat på samtlige 5 stasjoner på lokalitet 1. Figurene presenterer gjennomsnitt, og spredningsmål basert på minimum og maksimumsverdier. Cd i klokjøtt er sammenlignet med EUs grenseverdi for human konsum på 0,5 mg/kg.

3.1.1.2 Lokalitet 2 – Møre og Romsdal (MTB 5460 tonn)

Tabell 6. Konsentrasjoner av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn (mg/kg våtvekt) i klokjøtt og brunmat fra 5 stasjoner på lokalitet 2. Gjennomsnitt, minimum og maksimum for hver parameter og stasjon, n = antall prøver.

Parameter	Prøve	Stasjon 1 (n=20)	Stasjon 2 (n=20)	Stasjon 3 (n=20)	Stasjon 4 (n=20)	Stasjon 5 (n=20)
As (Arsen)	Klokjøtt	21,5 (7,8-40,1)	19,9 (8,1-40,0)	19,0 (0,082-38,9)	20,5 (8,13-34,6)	22,6 (12,9-48,0)
	Brunmat	15,9 (6,2-35,4)	15,3 (5,1-26,9)	15,7 (5,3-33,9)	14,8 (6,7-21,4)	14,9 (8,1-34,8)
Cd (Kadmium)	Klokjøtt	0,053 (<0,005-0,29)	0,030 (<0,005-0,11)	0,039 (<0,005-0,19)	0,020 (<0,005-0,083)	0,027 (<0,005-0,082)
	Brunmat	3,07 (0,38-30,2)	1,63 (0,44-7,50)	1,50 (0,20-3,59)	2,16 (0,33-16,0)	1,97 (0,40-8,49)
Cr (Krom)	Klokjøtt	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)
	Brunmat	0,034 (<0,03-0,13)	0,028 (<0,03-0,13)	0,028 (<0,03-0,099)	0,028 (<0,03-0,057)	0,033 (<0,03-0,068)
Cu (Kopper)	Klokjøtt	9,31 (3,7-26,1)	5,50 (2,16-11,8)	10,1 (4,92-32,7)	8,15 (3,58-16,2)	10,7 (5,84-18,9)
	Brunmat	62,3 (11,4-233)	38,5 (10,8-110)	33,5 (5,56-69,1)	48,2 (17,9-103)	33,8 (14,3-107)
Hg (Kvikksølv)	Klokjøtt	0,11 (0,039-0,33)	0,14 (0,057-0,46)	0,11 (0,055-0,27)	0,11 (0,041-0,24)	0,12 (0,055-0,27)
	Brunmat	0,057 (0,030-0,18)	0,065 (0,019-0,15)	0,072 (0,037-0,14)	0,073 (0,032-0,13)	0,082 (0,038-0,18)
Ni (Nikkel)	Klokjøtt	0,032 (<0,04-0,19)	0,044 (<0,04-0,32)	0,069 (<0,04-0,45)	0,027 (<0,04-0,11)	0,028 (<0,04-0,12)
	Brunmat	0,26 (0,076-0,71)	0,29 (0,11-0,65)	0,37 (0,044-0,78)	0,35 (0,16-0,67)	0,34 (0,13-0,71)
Pb (Bly)	Klokjøtt	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)
	Brunmat	0,054 (<0,04-0,34)	0,023 (<0,04-0,05)	0,025 (<0,04-0,06)	0,042 (<0,04-0,28)	0,031 (<0,04-0,10)
Zn (Sink)	Klokjøtt	87,5 (61,0-103)	86,9 (47,2-115)	89,3 (59,7-116)	89,9 (42,7-115)	92,3 (76,6-111)
	Brunmat	53,2 (24,4-78,0)	40,0 (15,9-62,7)	36,6 (16,9-61,8)	41,3 (21,1-68,8)	38,1 (19,9-61,5)



Figur 6. Konsentrasjon av Cd (mg/kg våtvekt) i klokjøtt og brunmat på samtlige 5 stasjoner på lokalitet 2. Figurene presenterer gjennomsnitt, og spredningsmål basert på minimum og maksimumsverdier. Cd i klokjøtt er sammenlignet med EUs grenseverdi for human konsum på 0,5 mg/kg.

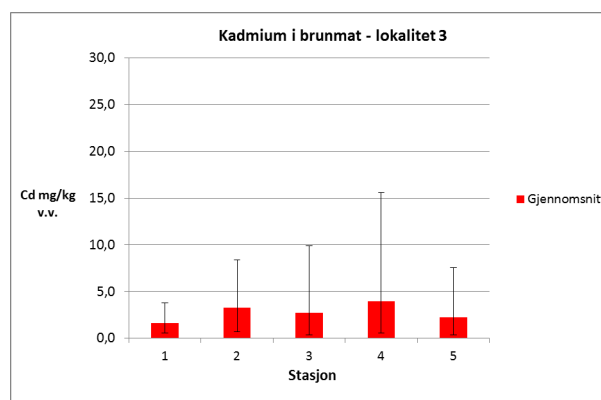
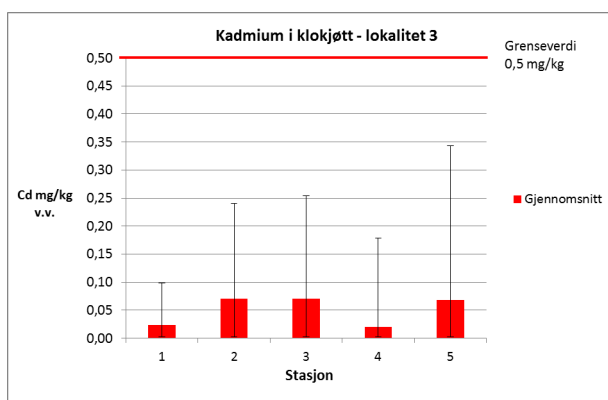
3.1.1.3 Lokalitet 3 – Nord-Trøndelag (MTB 5460 tonn)

Tabell 7. Konsentrasjoner av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn (mg/kg våtvekt) i klokjøtt og brunmat fra 5 stasjoner på lokalitet 3. Gjennomsnitt, minimum og maksimum for hver parameter og stasjon, n = antall prøver.

Parameter	Prøve	Stasjon 1 (n=20)	Stasjon 2 (n=18)	Stasjon 3 (n=20)	Stasjon 4 (n=19)	Stasjon 5 (n=20)
As (Arsen)	Klokjøtt	33,4 (14,0-55,7)	30,5 (10,5-50,8)	32,0 (8,95-60,5)	36,0 (14,3-82,6)	29,6 (16,6-71,9)
	Brunmat	23,7 (12,9-37,3)	21,7 (10,7-33,2)	23,6 (8,77-51,6)	25,6 (13,6-42,9)	22,8 (11,7-55,0)
Cd (Kadmium)	Klokjøtt	0,023 (<0,005-0,098)	0,070 (<0,005-0,24)	0,070 (<0,005-0,25)	0,020 (<0,005-0,18)	0,068 (<0,005-0,34)
	Brunmat	1,60 (0,54-3,80)	3,25 (0,68-8,36)	2,72 (0,31-9,86)	3,93 (0,52-15,6)	2,26 (0,31-7,57)
Cr (Krom)	Klokjøtt	0,014 (<0,010-0,03)	0,012 (<0,010-0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)	0,015 (<0,03)
	Brunmat	0,031 (<0,010-0,076)	0,036 (<0,03-0,11)	0,032 (<0,03-0,075)	0,031 (<0,03-0,11)	0,035 (<0,03-0,076)
Cu (Kopper)	Klokjøtt	7,37 (3,37-14,4)	7,58 (3,40-15,0)	10,4 (2,86-18,6)	9,38 (1,93-17,2)	11,0 (4,04-19,0)
	Brunmat	37,0 (15,9-59,9)	46,7 (17,5-86,5)	57,8 (17,1-172)	70,3 (12,3-136)	45,6 (17,2-110)
Hg (Kvikksølv)	Klokjøtt	0,12 (0,056-0,32)	0,11 (0,044-0,20)	0,18 (0,056-0,44)	0,17 (0,065-0,56)	0,14 (0,068-0,43)
	Brunmat	0,060 (0,041-0,094)	0,064 (0,041-0,11)	0,073 (0,018-0,12)	0,073 (0,038-0,16)	0,071 (0,034-0,12)
Ni (Nikkel)	Klokjøtt	0,025 (<0,02-0,060)	0,044 (<0,02-0,17)	0,048 (<0,04-0,15)	0,045 (<0,04-0,43)	0,037 (<0,04-0,081)
	Brunmat	0,30 (0,11-0,61)	0,35 (0,079-1,32)	0,29 (0,082-0,64)	0,32 (0,049-0,77)	0,31 (0,12-0,57)

Fortsettelse tabell 7.

Parameter	Prøve	Stasjon 1 (n=20)	Stasjon 2 (n=18)	Stasjon 3 (n=20)	Stasjon 4 (n=19)	Stasjon 5 (n=20)
Pb (Bly)	Klokkjøtt	0,018 (<0,02-0,04)	0,017 (<0,02-0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)	0,020 (<0,04)
	Brunmat	0,028 (<0,02-0,053)	0,055 (<0,04-0,34)	0,045 (<0,04-0,082)	0,037 (<0,04-0,11)	0,065 (<0,04-0,34)
Zn (Sink)	Klokkjøtt	105 (55,0-149)	93,6 (57,9-136)	96,8 (54,9-130)	101 (75,3-117)	84,2 (59,2-107)
	Brunmat	44,6 (25,0-75,5)	43,1 (31,7-60,0)	46,1 (20,1-70,8)	45,7 (29,8-58,9)	41,9 (26,8-60,0)



Figur 7. Konsentrasjon av Cd (mg/kg våtvekt) i klokkjøtt og brunmat på samtlige 5 stasjoner på lokalitet 3. Figurene presenterer gjennomsnitt, og spredningsmål basert på minimum og maksimumsverdier. Cd i klokkjøtt er sammenlignet med EUs grenseverdi for human konsum på 0,5 mg/kg.

3.1.2 Øvrige metaller

Med unntak av en prøve inneholdt samtlige klopprøver Hg-konsentrasjoner som var under EUs grenseverdi for Hg (0,5 mg/kg). På lokalitet 3 var det en klopprøve fra stasjon 4 (0,56 mg/kg) som akkurat overskred denne grenseverdien. Gjennomsnittet for Hg på den samme stasjonen var 0,17 mg/kg.

Også Pb-nivået var generelt lavt i klokkjøtt. I stort sett alle prøvene var Pb-konsentrasjonen lavere enn deteksjonsgrensen for analysemetoden på 0,04 mg Pb/kg. Dette er betydelig lavere enn EUs grenseverdi for Pb i klokkjøtt som er 0,5 mg/kg.

Cr- og Ni-konsentrasjonene i klokkjøtt og brunmat var lave. I klokkjøtt var flertallet resultater lavere enn deteksjonsgrensene. For Cu og Zn finnes lite bakgrunnsmateriale å sammenligne med. I 2010 ble disse metallene rapportert for 14 stk. krabber fra Salten (Anon 2010). Cu: 3-10 mg/kg i klo og 10-34 mg/kg i brunmat. Zn: 45-91 mg/kg i klo og 17-51 mg/kg i brunmat. Betydelig høyere konsentrasjoner av både Cu og Zn presenteres her for samtlige lokaliteter. For Cu er dette mest tydelig for brunmat og for Zn er de høyeste konsentrasjoner målt i klokkjøttet. Analyseresultatene viser imidlertid ikke en tydelig korrelasjon med økende avstand fra anlegg (se Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 7).

As-konsentrasjonene er sammenlignbare med de som tidligere har blitt målt i krabbe i den landsdekkende undersøkelsen (Julshamn m. fl. 2012) og ved undersøkelsene utført i Salten (Anon 2010, 2011 og Julshamn m. fl. 2013a). For As finnes ikke noen grenseverdi for konsum.

3.2 Blåskjell

Samleprøver av blåskjell fra 11 stasjoner (1 samleprøve/stasjon) har blitt analysert for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Resultatene (mg/kg våtvekt) for lokalitet 1 – 3 presenteres i Tabell 8 og Figur 8. Resultatene er klassifisert med *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann* (TA-1467/1997). Da veilederen er basert på tørrvekt er klassifiseringen relatert til tørrvekt etter Lares m. fl. (2002) ($5,5 \cdot \text{våtvekt} = \text{tørrsubstans}$). Resultatene er klassifisert til tilstandsklasse I (Blå – Bakgrunn) eller II (Grønn – God tilstand). For Cd varierte konsentrasjonene fra 0,06 – 0,26 mg/kg våtvekt. EUs grenseverdi for Cd i blåskjell er 1,0 mg/kg våtvekt. Cd-konsentrasjonene viste ikke en nedadgående trend med økende avstand fra anlegg. For Cu og Zn er det imidlertid en trend med nedadgående konsentrasjoner med økende avstand fra anlegg på lokalitet 1, men ikke på lokalitet 3.

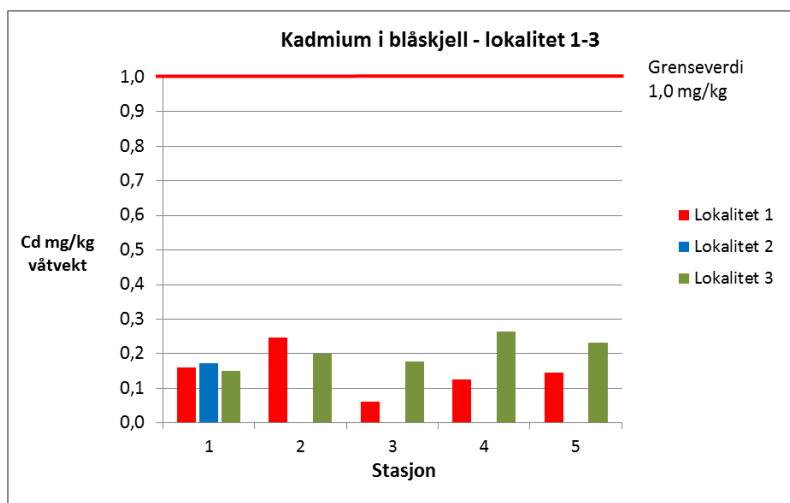
Tabell 8. Analyseresultat av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i blåskjell (mg/kg våtvekt) fra lokalitet 1 – 3. Klassifisert med TA-1467/1997.

Lokalitet 1					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
As (Arsen)	1,52	2,66	1,05	2,06	2,4
Cd (Kadmium)	0,16	0,25	0,062	0,13	0,15
Cr (Krom)	0,063	0,26	0,033	0,10	0,12
Cu (Kopper)	3,08	1,75	1,03	1,05	1,41
Hg (Kvikksølv)	0,021	0,032	0,012	0,02	0,031
Ni (Nikkel)	0,21	0,25	0,091	0,22	0,25
Pb (Bly)	0,39	0,81	0,14	0,41	0,63
Zn (Sink)	46,4	18,7	8,79	13,6	11,3

Lokalitet 2	
Parameter	Stasjon 1
As (Arsen)	2,89
Cd (Kadmium)	0,17
Cr (Krom)	0,056
Cu (Kopper)	1,51
Hg (Kvikksølv)	<0,01
Ni (Nikkel)	0,23
Pb (Bly)	0,11
Zn (Sink)	15,8

Lokalitet 3					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
As (Arsen)	2,84	3,46	2,64	3,82	3,26
Cd (Kadmium)	0,151	0,2	0,18	0,26	0,23
Cr (Krom)	0,059	0,046	0,090	0,086	0,042
Cu (Kopper)	1,44	1,48	1,28	2,0	1,37
Hg (Kvikksølv)	0,018	0,016	0,019	0,024	0,014
Ni (Nikkel)	0,16	0,33	0,19	0,42	0,20
Pb (Bly)	0,09	0,11	0,39	0,12	0,052
Zn (Sink)	17,7	16,9	32,2	31,1	15,1

Klasse I - Bakgrunn	Klasse II - God	Klasse III - Moderat	Klasse IV - Dårlig	Klasse V - Svært dårlig
---------------------	-----------------	----------------------	--------------------	-------------------------



Figur 8. Cd i blåskjell (mg/kg våtvekt) fra lokalitet 1-3 sammenlignet med EUs grenseverdi for human konsum på 1,0 mg/kg.

3.3 Børstemark

Samleprøver av børstemark (3 sedimentprøver/stasjon) tatt ut fra grabbprøver fra 14 stasjoner ble analysert for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Resultatene (mg/kg våtvekt) presenteres i Tabell 9. Cd-konsentrasjonene i børstemark varierte fra 0,006 – 0,60 mg/kg våtvekt. Hvis resultatene sammenlignes med klassifiseringsgrenser for blåskjell i TA-1467/1997 tilsvarer det tilstandsklasse I (Bakgrunn). På lokalitet 1 var det noen prøver (stasjon 5) som hadde forhøyde konsentrasjoner av As, Cu og Zn sammenlignet med resterende prøver.

Tabell 9. Analyseresultat for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i børstemark (mg/kg våtvekt) fra lokalitet 1 – 3.

Lokalitet 1					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
As (Arsen)	2,23	2,2	1,26	2,12	42,6
Cd (Kadmium)	0,054	0,006	0,028	0,033	0,60
Cr (Krom)	2	1,46	0,92	1,58	0,70
Cu (Kopper)	6,12	4,86	2,2	3,61	38,4
Hg (Kvikksølv)	0,013	<0,0025	<0,0025	0,013	0,026
Ni (Nikkel)	1,81	1,27	0,74	1,12	0,98
Pb (Bly)	9,05	7,14	2,32	8,12	0,32
Zn (Sink)	38,7	10,6	8,06	9,84	185
Lokalitet 2					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
As (Arsen)	2,73	1,91	5,55	Ikke prøvetatt	0,55
Cd (Kadmium)	0,063	0,034	0,14		0,045
Cr (Krom)	4,21	5,42	2,72		1,58
Cu (Kopper)	4,34	4,72	5,97		1,5
Hg (Kvikksølv)	<0,0025	0,011	<0,0025		<0,0025
Ni (Nikkel)	2,03	3,12	2,42		1,16
Pb (Bly)	1,03	2,7	1,24		2,17
Zn (Sink)	33,7	10,9	13,2		6,27

Fortsettelse tabell 9.

Lokalitet 3					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
As (Arsen)	1,11	0,88	0,99	1,06	1,3
Cd (Kadmium)	0,018	0,030	0,027	0,13	0,037
Cr (Krom)	2,34	1,67	1,57	2,63	3,04
Cu (Kopper)	7,72	3,59	1,92	4,71	1,89
Hg (Kvikksølv)	<0,0025	<0,0025	0,011	0,014	<0,0025
Ni (Nikkel)	2,81	0,90	1,24	1,97	2,03
Pb (Bly)	1,18	0,74	1,7	2,48	1,85
Zn (Sink)	10,2	10,9	10,2	20,2	7,5

3.4 Sjøvann

Vannprøver fra samtlige stasjoner på lokalitet 1 – 3 ble analysert for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Resultatene i Tabell 10 viser konsentrasjoner for både løst og totalt innhold av metaller. Deteksjonsgrensene er høyere for delprøven som har blitt analysert for totalt innhold av metaller sammenlignet med analyse av metaller løst i vannet. Resultatene er klassifisert med *Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment* (TA-2229/2007). De fleste vannprøvene har metallkonsentrasjoner tilsvarende klasse I (bakgrunn) eller II (god tilstand). For Cd er samtlige resultater under deteksjonsgrensen på <0,05 µg/l, dette ligger mellom klasse I og II (klasse I: <0,03 µg/l). For Cu og Zn er konsentrasjoner i klasse III (moderat tilstand) og IV (dårlig tilstand) målt på noen stasjoner på alle lokaliteter. Det foreligger ikke en tydelig trend basert på avstand til anlegg. Etersom lokalitetene ligger i områder med gode strømforhold vil eventuelle utslipp fra anleggene raskt fortynnes i vann, noe som gjør at det blir vanskelig å detektere endringer i metallkonsentrasjoner.

Tabell 10. Analyseresultat av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i sjøvann (µg/l) fra lokalitet 1 – 3. Klassifisert med TA-2229/2007. Skyggelagde felt er mellom klasse I og II.

Lokalitet 1					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Totalt					
As (Arsen)	<10	<20	<20	<20	<20
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	<0,9	1,53	<0,9	<0,9	<0,9
Cu (Kopper)	<1	<1	3,27	<1	<1
Ni (Nikkel)	0,937	1,8	1,87	1,61	2,03
Pb (Bly)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zn (Sink)	<4	<4	5,49	<4	<4
Hg (Kvikksølv)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Løst					
As (Arsen)	1,93	1,9	2,11	1,78	1,73
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	<0,1	<0,1	<0,1	0,115	<0,1
Cu (Kopper)	<0,5	0,522	<0,5	<0,5	<0,5
Ni (Nikkel)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb (Bly)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Zn (Sink)	2,46	<2	<2	<2	<2
Hg (Kvikksølv)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Fortsettelse tabell 10.

Lokalitet 2					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Totalt					
As (Arsen)	<20	<20	<20	<20	<20
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	0,947
Cu (Kopper)	<1	<1	<1	<1	<1
Ni (Nikkel)	1,67	1,75	1,42	1,36	1,8
Pb (Bly)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zn (Sink)	<4	<4	<4	<4	<4
Hg (Kvikksølv)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Løst					
As (Arsen)	1,77	1,67	1,9	1,69	1,94
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	0,12	<0,1	<0,1	0,134	<0,1
Cu (Kopper)	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ni (Nikkel)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb (Bly)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Zn (Sink)	2,63	<2	<2	<2	2,36
Hg (Kvikksølv)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Lokalitet 3					
Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Totalt					
As (Arsen)	<20	<20	<10	<20	<20
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	1,17	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Cu (Kopper)	<1	<1	<1	<1	1,69
Ni (Nikkel)	2,03	1,3	1,96	1,57	1,17
Pb (Bly)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zn (Sink)	<4	<4	<4	<4	9
Hg (Kvikksølv)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Løst					
As (Arsen)	1,54	1,47	1,46	1,47	1,6
Cd (Kadmium)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr (Krom)	<0,1	<0,1	0,101	<0,1	<0,1
Cu (Kopper)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,59
Ni (Nikkel)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb (Bly)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Zn (Sink)	5,12	3,12	2,66	2,76	7,91
Hg (Kvikksølv)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Klasse I - Bakgrunn	Klasse II - God	Klasse III - Moderat	Klasse IV - Dårlig	Klasse V - Svært dårlig
---------------------	-----------------	----------------------	--------------------	-------------------------

3.5 Sediment

Sedimentprøver fra alle de 15 stasjonene (samleprøve fra 3 grabbskudd/stasjon) ble analysert for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn, samt totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling (>> 63 µm). Resultater er presentert i Tabell 11 og i vedlegg 1.

Samtlige metaller på alle stasjoner er klassifisert med TA-2229/2007 til tilstandsklasse I (Bakgrunn). TOC (totalt organisk materiale) er også lavt (klasse I). Cd-konsentrasjonene varierer med avstand og anlegg, for lokalitet 3 er det en trend med avtagende nivåer fra anlegget, men på lokalitet 1 og 2 er dette ikke like tydelig. For Cu og Zn vises en trend med nedadgående konsentrasjoner med økende avstand til anlegg.

Tabell 11. Konsentrasjoner av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i sediment (mg/kg TS) fra lokalitet 1 – 3. Klassifisert med TA-2229/2007.

Lokalitet 1						
Parameter	Enhet	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Tørrstoff (L)	%	60,1	57,7	62,4	55	52,3
TOC	% TS	0,39	0,78	0,88	1,21	0,56
As (Arsen)	mg/kg TS	1,42	1,27	0,676	2,1	0,92
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,0862	0,0209	0,0445	0,0405	0,0295
Cr (Krom)	mg/kg TS	3,44	2,34	2,64	2,93	2,03
Cu (Kopper)	mg/kg TS	7,35	3,46	2,47	4,77	1,51
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	1,96	1,28	1,54	1,87	0,692
Pb (Bly)	mg/kg TS	10	6,63	3,1	9,24	6,51
Zn (Sink)	mg/kg TS	16,3	10,7	9,47	13,1	5,53

Lokalitet 2						
Parameter	Enhet	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Tørrstoff (L)	%	64,9	64,5	72,4	59,3	67,2
TOC	% TS	0,83	0,83	0,41	0,4	0,61
As (Arsen)	mg/kg TS	0,517	0,602	0,606	1,92	0,639
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,0206	0,0275	0,0414	0,0438	0,0443
Cr (Krom)	mg/kg TS	7,88	10,5	6,09	3,72	4,39
Cu (Kopper)	mg/kg TS	6,58	2,81	2,08	1,47	1,83
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	3,63	4,78	3,31	1,86	2,74
Pb (Bly)	mg/kg TS	1,73	2,16	2,59	1,86	2,74
Zn (Sink)	mg/kg TS	9,26	11,5	9,39	7,57	8,21

Lokalitet 3						
Parameter	Enhet	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Tørrstoff (L)	%	74,2	79,5	64,4	73,2	76,4
TOC	% TS	0,9	0,6	0,56	0,33	0,31
As (Arsen)	mg/kg TS	2,51	1,08	0,886	0,686	0,878
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,103	0,0529	0,0226	<0,01	<0,01
Cr (Krom)	mg/kg TS	7,02	3,98	4,61	4,71	4,6
Cu (Kopper)	mg/kg TS	8,76	9,92	2,87	2,41	1,67
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	4,87	2,43	3,41	2,59	2,37
Pb (Bly)	mg/kg TS	2,82	1,44	2,06	1,89	1,68
Zn (Sink)	mg/kg TS	31,1	18,6	8,12	6,87	5,15

Klasse I - Bakgrunn Klasse II - God Klasse III - Moderat Klasse IV - Dårlig Klasse V - Svært dårlig

4 Oppsummering og konklusjon

Høye nivå av Cd har blitt målt i taskekrabbe samlet inn i Salten-området i Nordland. Årsaken til de høye nivåene er ikke kjent, men det har vært spekulert i at fôrspill fra oppdrettsanlegg kan være kilden. For å undersøke om oppdrettsanlegg i sjø fører til økte Cd-nivå i vann, sediment og biota initierte Miljødirektoratet i 2013 en undersøkelse hvor taskekrabbe (brunmat og klokjøtt), blåskjell, børstemark, sedimentprøver og vannprøver ble foretatt ved tre oppdrettsanlegg. Ved hver lokalitet ble det tatt prøver ved fem stasjoner i gradvis økende avstand fra oppdrettsanlegget. Stasjonene var lokalisert nedstrøms i dominerende strømretning fra anlegget.

Totalt ble klokjøtt og brunmat fra 241 krabber fordelt på 3 lokaliteter analysert. EU har satt en grenseverdi for Cd i klokjøtt til humant konsum på 0,5 mg Cd/kg våtvekt. Samtlige prøver av klokjøtt fra de tre lokalitetene hadde Cd-konsentrasjoner som var lavere enn EUs grenseverdi. Gjennomsnittet varierte fra 0,01 – 0,07 mg/kg våtvekt. For brunmat varierte gjennomsnittskonsentrasjonene fra 0,86 – 7,82 mg/kg våtvekt. Resultatene viser en betydelig variasjon mellom individer i samme geografiske område. Dette har også blitt observert i tidligere undersøkelser.

Man vet at krabbens vandringsmønster varierer mye, men man har ikke tilstrekkelig kunnskap om dette for å si noe sikkert om hvor og når krabben krabber. De kan forflytte seg over relativt store avstander og oppholder seg i alt fra kystnære strøk til dyp på 400 m, men er vanligst grunnere enn 40 m. Unge, ikke kjønnsmodne krabber, vandrer lite. For kjønnsmodne krabber er det påvist ulike vandringsmønster som sesongvandring, gytevandring og døgnvandring. Det er forskjeller i vandremonstret til hunner og hanner. Store hunkrabber kan foreta vandring over flere mil, sannsynligvis i forbindelse med gytesyklusen, samtidig som hankrabbene er mer stasjonære (Woll 2005). Møreforskning og Havforskningsinstituttet har siden 2012 et pågående prosjekt som registrerer gjenfangst av merkede krabber (www.imr.no).

For lokalitet 1 og 2 ser det ut til å være høyest Cd-konsentrasjoner i krabber fanget nærmest anlegget. På lokalitet 3 er trenden den motsatte. Det var ingen tydelig sammenheng mellom Cd-konsentrasjon i brunmat eller klo og krabbestørrelse. Forholdet mellom Cd-innehold i klo og brunmat varierte mye fra stasjon til stasjon.

Både klokjøtt og brunmat hadde lave konsentrasjoner av Hg, Pb, Cr og Ni. Noe forhøyde konsentrasjoner av Cu og Zn ble avdekket på samtlige lokaliteter. Antall referanseverdier er imidlertid få. For Cu er de høyeste nivåene målt i brunmat, mens Zn-konsentrasjonene er høyest i klokjøttet.

For blåskjell ble samtlige analyserte metaller klassifisert til tilstandsklasse I (Bakgrunn) eller II (God tilstand). For Cd varierte konsentrasjonene fra 0,06 – 0,26 mg/kg. EUs grenseverdi for Cd i blåskjell er 1,0 mg/kg våtvekt. Cd-konsentrasjonene viste ikke en klar trend med avstand fra anlegg. I samleprøver av børstemark ble det målt lave Cd-konsentrasjoner, 0,006 – 0,60 mg/kg våtvekt.

I vannprøvene var Cd-nivået i samtlige prøver under deteksjonsgrensen på <0,05 µg/l. For Cu og Zn var konsentrasjonene i klasse III (moderat tilstand) og IV (dårlig tilstand) på noen stasjoner på alle lokaliteter. Det forelå ikke en tydelig trend basert på avstand til anlegg.

I sedimentprøvene ble alle metaller på samtlige stasjoner klassifisert til tilstandsklasse I (god tilstand). TOC (totalt organisk karbon) var også lavt. Dette tyder på at det ikke skjer en akkumulering av metaller i nærheten av anleggene og at det er lav tilførsel av TOC til bunn

fra fôr og fekalier. Sedimentprøvene er imidlertid ikke tatt i direkte nærhet av anleggene grunnet problemer med å finne plasser som var mulige å prøveta. Til tross for lave konsentrasjoner, vises en trend med nedadgående konsentrasjoner med økende avstand til anlegg for Cu og Zn.

Kilden til Cu og Zn i krabber, børstemark og vannprøver kan være fôr, fekalier og/eller antibegroingsmidler fra anlegget. De relativt lave konsentrasjonene av disse metallene i sedimentprøvene kan eventuelt bero på sterk strøm som holder partikler i vannsøylen. Det foreligger ikke en klar kobling mellom konsentrasjoner i de forskjellige mediene relatert til lokalitet og stasjon. Det finnes heller ikke en klar sammenheng mellom størrelse på anlegg og konsentrasjoner av metaller i biota, vann og sediment.

Foreliggende resultater, relatert til resultater fra Mattilsynet sitt overvåkingsprogram av fremmed stoffer i fiskefôr, indikerer at Cd i fiskefôr sannsynlig ikke er en betydningsfull kilde til tilførsel av Cd til miljøet. Ifølge Taranger m. fl. (2012) er et grovt estimat av årlig utslipp av fôrspill og fekalier beregnet til ca. 400 tonn per oppdrettslokalitet. Hvis dette relateres til gjennomsnittlig innhold av Cd i fôr fra 2003-2012 (ca. 0,28 mg/kg) i henhold til resultater fra Mattilsynet sitt overvåkingsprogram, skjer det et totalt utslipp på ca. 120 g Cd/år fra hvert enkelt anlegg. De lave Cd-konsentrasjonene i sediment, vannprøver, blåskjell og børstemark som har observert i denne undersøkelsen tyder på at det ikke akkumuleres Cd i miljøet rundt de tre anleggene som har undersøkt.

Det ser ut til å skje en tilførsel av Cu og Zn fra oppdrettsaktivitet til miljøet. Hvor utslagsgivende denne tilførselen er sammenlignet med andre kilder i miljøet er det ikke mulig å vurdere basert på resultatene fra denne undersøkelsen.

Konklusjonen fra foreliggende undersøkelse er altså at utslipp fra oppdrettsanlegg sannsynligvis ikke kan forklare de forhøyde nivåene av Cd som er målt i frittlevende krabber i enkelte områder langs norskekysten. Undersøkelser gjennomført i andre havområder har imidlertid vist at oppstrømmende dyphavsvann kan inneholde forhøyet nivå av Cd som kan føre til økte nivå i biota ved kysten. Det er mulig at slike prosesser kan bidra til forhøyet nivå av Cd i krabbe langs Nordlandskysten. Akvaplan-niva gjennomførte i desember 2013 en litteraturstudie av oppstrømming av dyphavsvann inneholdende Cd med videre opptak i biota (Falk 2013) på oppdrag fra Fylkesmannen i Nordland. Konklusjonen fra denne litteraturgjennomgangen var at det er sannsynlig at dyphavsvann er kilden til Cd i krabbe. Det gjenstår imidlertid å verifisere denne hypotesen gjennom prøvetaking av sjøvann, modellering av strømbildet og måling av Cd i andre dyrearter. I slutten av februar 2014 ble et forskningsprosjekt som grunnes i prøvetaking av sjøvann i Nordland startet opp. Prosjektet skal pågå frem til juni 2014.

Referanser

Anon, 2010. Kadmiumnivå i taskekrabbe fangstet på 14 lokaliteter sommeren 2010 – DK Salten. Mattilsynet DK Salten.

Anon, 2011. Innhold av kadmium i taskekrabbe (*Cancer pagurus*) i området fra Nordarnøya (Gildeskål) til Leinesfjorden (Steigen) i 2010 og 2011. Mattilsynet DK Salten.

Bakke, S. og Chapman, A. 2013. Innsamling av prøver rundt oppdrettsanlegg for kartlegging av kadmium. Møreforskning rapport nr. MA 13-13.

Bakke, T., G. Breedveld, T. Källquist, A. Oen, E. Eek, A. Ruus, A. Kibsgaard, A. Helland & K. Hylland 2008. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljø i vann og sediment. SFT TA-2229/2007.

Davies, I. M., G. Topping, W. C. Graham, C. R. Falconer, A. D. Mcintosh, and D. Saward. 1981. Field and Experimental Studies on Cadmium in the Edible Crab *Cancer-Pagurus*. *Marine Biology* 64:291-297.

Falconer, C. R., I. M. Davies, and G. Topping. 1986. Cadmium in Edible Crabs (*Cancer-Pagurus L*) from Scottish Coastal Waters. *Science of the Total Environment* 54:173-183.

Falk, A. H. 2012. Kartlegging av kadmium i sediment - Saltenområdet i Nordland. Akvaplan-niva rapport 6063-01. 43 s + vedlegg.

Falk, A. H. og Nøst, O-A. 2013. Oppstrømming av dyphavsvann – litteraturstudie av oppstrømming utenfor Salten/Lofoten/Vesterålen. Akvaplan-niva rapport 6311-01. 32 s.

Finne, T. E. 2013. Kadmium i løsmasser, overflatevann og grunnvann fra Salten som lokalt naturlig bidrag til forhøyet Cd-nivå i taskekrabbe langs kysten. NGU-rapport, prosjekt nr: 349400.

Julshamm, K., Nilsen, B., Valdernesnes, S. og Frantzen, S. 2012. Årsrapport 2011-Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe.

Julshamm, K., Duinker, A. og Måge, A. 2013a. Oppfølging av Mattilsynets krabbeprosjekt - november – desember 2012. Oppfølgende analyser fra Vesterålen. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES).

Julshamm, K., Duinker, A. og Måge, A. 2013b. Innhold av kadmium og andre tungmetaller i filet og lever av fisk fanget i Saltenområdet, november-desember 2012. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES).

Knutsen, O. E. 2013. Statusnotat krabbe og kadmium – 2013. Oversikt over arbeidet med kartlegging av omfang og årsaker til høye forekomster av kadmium i krabbe i nordre Nordland. Miljøvernavdelingen Rapport/2013. Fylkesmannen i Nordland

Lares, M. L., L. E. Rivero, and M. A. Huerta-Diaz. 2005. Cd concentration in the soft tissue vs. the nacreous layer of *Mytilus californianus*. *Marine Pollution Bulletin* 50:1373-1381.

Mattilsynet, 2006. Rapport Kadmium-saken 8. mars – 10. juni 2005.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03, SFT TA-1467/1997.

Overnell, J., and E. Trehella. 1979. Evidence for the natural occurrence of (cadmium, copper)-metallothionein in the crab *Cancer pagurus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology* 64:69-76.

Overnell, J. 1986. Occurrence of Cadmium in Crabs (*Cancer-Pagurus*) and the Isolation and Properties of Cadmium Metallothionein. *Environmental Health Perspectives* 65:101-105.

Poleo, A., Voie, Ø., Misund, B., Bjørnstad, H. og Johansen A. 1997. Miljøgifter – Kilder, biotilgjengelighet og toksiske effekter. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) rapport-97/02070.

Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S. og Boxaspen, K. K. m. fl. 2012. Oppdatering - Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2012. *Fisken og havet*, særnummer 3–2012, Havforskningsinstituttet.

Woll, Astrid K. 2005. Taskekrabben: Biologi – sortering og kvalitet – fangstbehandling. Møreforskning Ålesund.

Internettsider (januar 2014):

Miljøstatus i Norge: www.miljostatus.no

Havforskningsinstituttet: www.imr.no

Mattilsynet: www.mattilsynet.no

NIFES: www.nifes.no