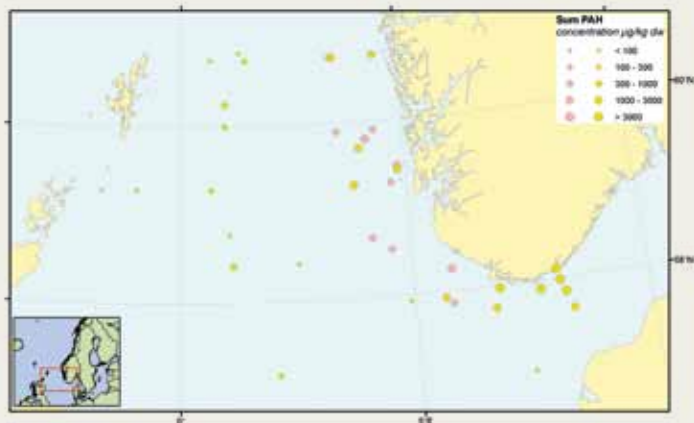


# Forurensning

Konsentrasjonene av miljøgifter er generelt lavere i åpne havområder sammenlignet med kystnære områder som har større tilførsel fra de ulike landbaserte kildene. Organiske miljøgifter og radioaktiv forurensning kan påvises i lave nivåer i fisk og skalldyr. Finkornete sedimenter i Norskerenna inneholder forhøyete nivåer av PAH sammenlignet med mer sandholdige sedimenter i grunnere deler av Nordsjøen. Nivåene av radioaktiv forurensning i sedimenter og sjøvann er lave og synker etter hvert som en beveger seg vekk fra kildeområdene i Østersjøen og Nordsjøen og nordover langs norskekysten.

STEPAN BOITSOV (stepan.boitsov@imr.no), HILDE ELISE HELDAL, JARLE KLUNGSØYR og INGRID SVÆREN



Figur 1. Summerte PAH-nivåer i overflatesedimenter i Nordsjøen. Gule punkt representerer data fra 2010, mens de rosa står for prøvene innsamlet i 2005 og 2008.

Sum PAH levels in surface sediments from the North Sea. The yellow colour represents data from 2010 while the pink colour denotes the samples from 2005 and 2008.

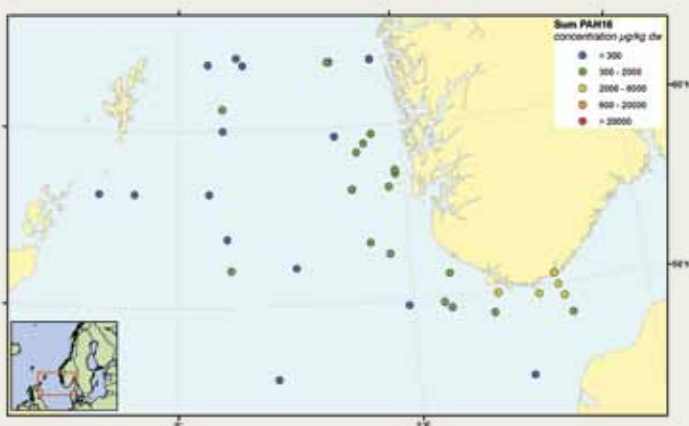
Havforskningsinstituttet gjennomfører langsiktig overvåking av forurensning i norske kyst- og havområder. Det har særlig vært fokus på målinger av komponenter som er knyttet til fossilt brensel som olje og kull, langtransporterte tungt nedbrytbare organiske miljøgifter og radioaktive elementer.

## Hydrokarboner i sedimenter

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en viktig stoffgruppe miljøgifter som kan komme både fra naturlige og menneskeskapt kilder (f.eks. olje, kull, industri og transport). PAH brytes sakte ned og vil derfor kunne bevares i havmiljøet over lang tid. Marine sedimenter fungerer ofte som et naturlig lager for PAH og andre miljøgifter. De høyeste verdiene finnes i finkornete sedimenter (silt/leire) som inneholder noe organisk materiale. Grove sedimenter som sand og grus inneholder vanligvis lavere verdier av miljøgifter. Havforskningsinstituttet har gjennom mange år målt PAH og andre hydrokarboner, i form av totalt hydrokarboninnhold (THC), i marine sedimenter fra norske havområder. I Nordsjøen er det foretatt analyser i 2005, 2008 og 2010.

I 2010 ble overflatesedimenter fra 27 lokaliteter i Nordsjøen analysert. Ni prøver inneholdt mye sand i sedimentene, og PAH-nivåene i disse prøvene er derfor meget lavt. De resterende 18 prøvene viser summerte nivåer av PAH med en gjennomsnittsverdi på 2003 µg/kg tørrvekt. Spredningen i verdiene er stor (fra 119 til 7015 µg/kg tørrvekt, figur 1). De høyeste verdiene finner en i Norskerenna som fungerer som en form for sedimentfelle for finkornete sedimenter fra hele Nordsjøen. PAH-verdiene i Norskerenna er høyere enn det vi finner i de fleste andre norske havområder og skyldes i stor grad bidrag fra menneskeskapt kilder.

Dette kan illustreres ved å anvende skalaen for tilstandsklasser som er utarbeidet av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) for 16 PAH i marine sedimenter. Nivåer som kommer i klassene III, IV og V (henholdsvis "moderat", "dårlig" og "svært dårlig") regnes som forurensede områder, mens klassene I og II (henholdsvis "bakgrunn" og "god") representerer en lav miljorisiko (figur 2). Som det fremgår av kartet er det fem lokaliteter blant 2010-prøvetakingsstasjonene som viser nivåer i klasse III. Disse stasjonene befinner seg nær Skagerrak og kysten av Sør-Norge.



Figur 2. Summerte nivåer av 16 PAH i overflatesedimenter i Nordsjøen. Fargene representerer tilstandsklasser på Klif-skala: Blå – tilstandsklasse I (bakgrunn), grønn – tilstandsklasse II (god) og gul – tilstandsklasse III (moderat forurenset).

Levels of 16 PAH in surface sediments from the North Sea. The colours represent the classes of environmental condition on Klif scale: blue – class I ("background"); green – class II ("Good"); yellow – class III ("moderately contaminated").

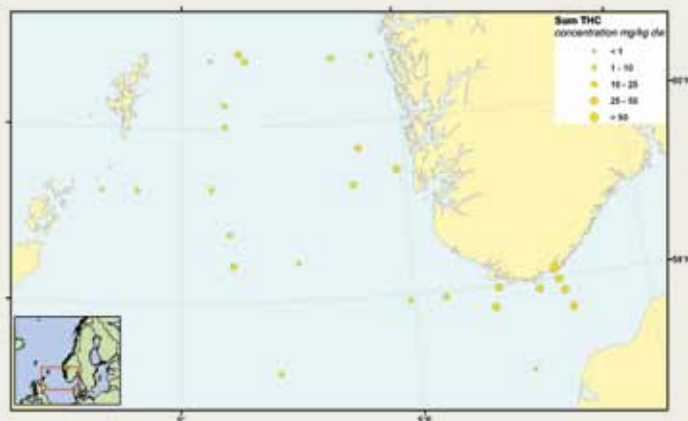
THC-nivåene i overflatesedimenter fra områder studert i 2010 varierte mellom 4,5 og 62,2 mg/kg tørrvekt, med gjennomsnittverdi på 23,2 mg/kg tørrvekt, og viser omtrent samme fordelingsbilde som funnet for PAH (se kart i figur 3). Det er først ved verdier over 50 mg/kg tørrvekt at effekter av THC i sedimentene kan påvises på bunnfauna.

### PCB og pesticider i marine organismer

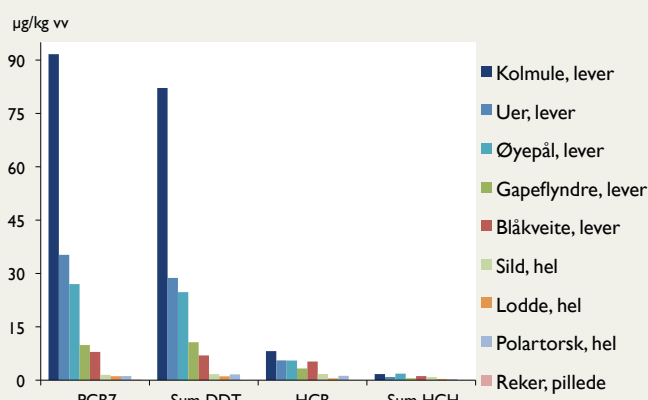
PCB og pesticider (plantevernmidler) er klorerte fremmedstoffer (organiske miljøgifter) som kan være giftige for både mennesker og dyr. Fremmedstoffene har i meget liten grad et naturlig opphav, og de fleste kommer fra industri og andre menneskerelaterte aktiviteter. Stoffene kan tas opp av fisk og andre organismer i det marine miljø og samles opp i fettholdige organer, som i lever hos fisk. Selv om de fleste av disse stoffene nå er forbudt å bruke og produseres i Norge og mange andre deler av verden, finner man fremdele stoffene i naturen, også i fjerne og forholdsvis uberørte områder som Barentshavet. Dette skyldes deres lave nedbrytningshastighet (persistens) som gjør at de forblir i naturen over svært lang tid. Stoffene bæres med hav- og luftstrømmer og spres over hele verden.

Havforskningsinstituttet samlet i 2009 inn prøver av ulike fiskearter og reker fra Barentshavet og analyserte innholdet av polyklorerte bifenyler (PCB) og klorerte pesticider. Nivåene som er funnet vises i tabell 1 og figur 4.

PCB7- og sum DDT-nivåer ligger i gjennomsnitt høyest av alle de undersøkte stoffgruppene, men verdiene er likevel lave sammenlignet med det som tidligere er rapportert i fisk fra mer belastede områder nær tett befolkete og industrialiserte deler av Europa. De høyeste verdiene ble funnet i tre enkeltindivider av uer (opptil 891 µg/kg våtvekt for PCB7, mens gjennomsnittet ligger på 35 µg/kg våtvekt). Dette var tre svært gamle individer som har kunnet samle opp miljøgifter i mange år.



Figur 3. THC-nivåer i overflatesedimenter i Nordsjøen i 2010. THC levels in surface sediments from the North Sea in 2010.



Figur 4. Nivåer av PCB7, sum DDT, HCB og sum HCH i utvalgte marine organismer fra Barentshavet i 2009 (snittverdier). Levels of PCB7, sum DDT, HCB and sum HCH in marine organisms (except cod) from the Barents Sea in 2009 (mean values).

Tabell 1. Nivåer av PCB7 og utvalgte pesticider i marine organismer fra Barentshavet i 2009. Konsentrasjonene er oppgitt i µg/kg våtvekt som snittverdier, med minimum og maksverdier angitt i parentes (unntatt kolmule og sild, hvor det ble tatt kun én samleprøve).

Levels of PCB7 and selected pesticides in marine organisms from the Barents Sea in 2009. The concentrations are given in µg/kg wet weight as mean values. Minimum and maximum values are given in parentheses (except for blue whiting and herring; from these species only one collective sample was taken).

STOFFGRUPPE ORGANISME	PCB7	SUM DDT	HCB	SUM HCH
Torsk, lever	88 (31-226)	71 (29-177)	21 (1,8-43)	2,4 (<0,50-3,5)
Uer, lever	35 (4,3-891)	29 (4,8-591)	5,6 (1,7-16)	0,90 (0,10-1,8)
Blåkveite, lever	7,9 (3,6-22)	7,0 (3,3-18)	5,2 (3,0-10)	1,1 (0,38-4,0)
Gapeflyndre, lever	10 (3,0-35)	11 (3,7-44)	3,3 (0,90-11)	0,52 (0,20-3,0)
Kolmule, lever	92 (-)	82 (-)	8,2 (-)	1,7 (-)
Øyepål, lever	27 (25-29)	25 (24-25)	5,5 (4,2-6,8)	1,8 (1,6-2,1)
Lodde, hel	1,1 (0,70-1,5)	1,1 (1,0-1,2)	0,51 (0,45-0,57)	0,34 (0,31-0,38)
Polartorsk, hel	1,2 (0,80-1,5)	1,6 (1,3-1,9)	1,2 (0,70-1,7)	0,28 (0,19-0,36)
Reker, pillede	0,16 (0,12-0,21)	0,04 (0,03-0,04)	0,08 (0,06-0,10)	0,02 (0,02-0,03)
Sild, hel	1,5 (-)	1,7 (-)	1,7 (-)	0,87 (-)

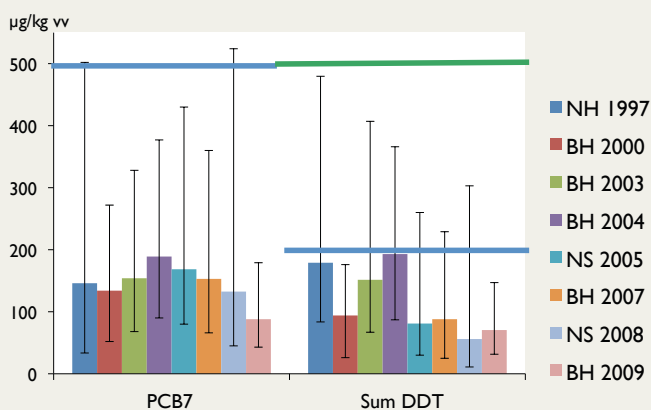
På grunn av sin store lever med høyt fettinnhold er det torsk som ligger høyest i forurensningsnivå blant artene. Havforskningsinstituttet har i flere år målt nivåer av miljøgifter i torskelever i alle norske havområder. I figur 5 er resultatene for 2010 vist for PCB7 og sum DDT sammen med resultatene fra tidligere år. For begge stoffgruppene ble det målt en nedgang fra tidligere målinger i Barentshavet helt siden 2000, og når det gjelder PCB7 er nivåene de lavest målte noensinne i norske havområder. Klif har etablert et klassifiseringssystem med fem tilstandsklasser som omfatter bl.a. verdier av PCB7 og sum DDT i torskelever. Klassene går fra klasse I som er ubetydelig/lite forurenset til klasse V som er sterkt forurenset. Gjennomsnittlige verdier for torsk målt siden 1997 i ulike havområder ble alle funnet å ligge i klasse I, mens enkelte individer med maksimale nivåer av sum DDT havner i klasse II. For Nordsjøen er

dette tilfelle også for maksimale nivåer av PCB7. Det er gjennomsnittlig litt høyere nivåer av klorerte miljøgifter i fisk fra Nordsjøen enn fra Barentshavet og Norskehavet.

### Radioaktiv forurensning

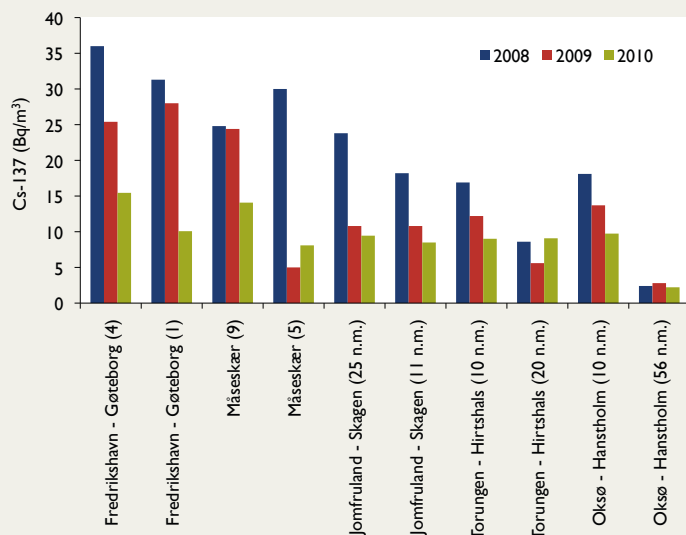
Havforskningsinstituttet overvåker nivåene av to av de viktigste menneskeskaptede radioaktive stoffene, cesium-137 ( $Cs-137$ ;  $t_{1/2} = 30$  år) og technetium-99 ( $Tc-99$ ;  $t_{1/2} = 213\ 000$  år), i norske kyst- og havområder. Overvåkingen skjer innen det nasjonale overvåkingsprogrammet RAME (Radioactivity in the Marine Environment), som koordineres av Statens strålevern.

Generelt ser vi en nedgang i nivåene av radioaktiv forurensning i det marine miljø. Årsaken til det, samt en beskrivelse av de viktigste kildene for radioaktiv forurensning i våre havområder, er gitt i Havforskningsrapporten 2010.



Figur 5. Nivåer av PCB7 og sum DDT i torskelever fra norske havområder. NH – Norskehavet, BH – Barentshavet og NS – Nordsjøen. Fargete stolper angir gjennomsnittverdier, mens hele konsentrasjonsområdet for enkeltprøver er vist med heltrukne linjer. Øverste grenser for Klif-tilstandsklasser er vist med fargete linjer: Blå – tilstandsklasse I (ubetydelig – lite forurenset) og grønn – tilstandsklasse II (moderat forurenset).

Levels of PCB7 and sum DDT in codfish liver from Norwegian waters. NH – Norwegian Sea, BH – Barents Sea, NS – North Sea. Coloured bars show mean values while the whole concentration range for single samples is given by straight lines. The upper limits for Klif environmental condition classes are shown with coloured lines: blue – class I ("Insignificant – slightly contaminated"); green – class II ("moderately contaminated").



Figur 6. Konsentrasjoner av cesium-137 ( $Cs-137$ ) i overflatevann i Kattegat og Skagerrak i april 2008, 2009 og 2010. Tallene i parentes henviser til nummer på stasjonen på snittet eller avstand fra land (i nautiske mil).

Cesium-137 ( $Cs-137$ ) in surface seawater ( $Bq/m^3$ ) in Kattegat and Skagerrak April 2008, 2009 and 2010. Station numbers or distances from land (nautical miles) are given in parenthesis.

### Kattegat, Skagerrak og Nordsjøen

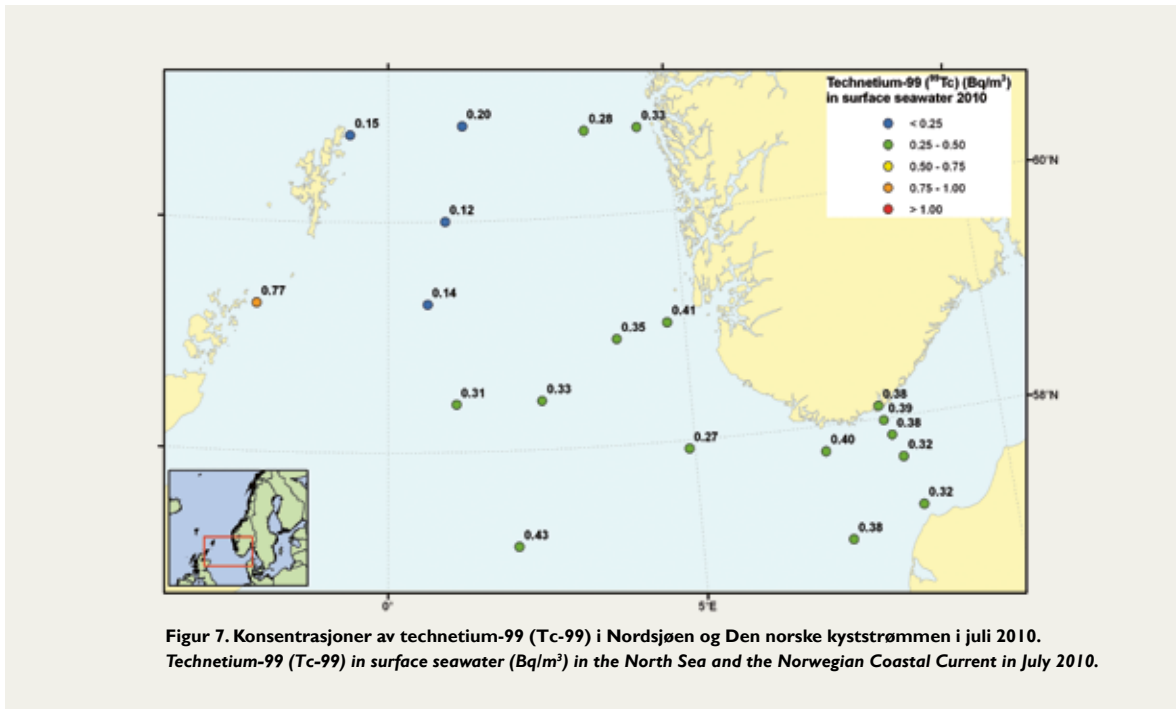
Siden 2008 har vi tatt prøver av sjøvann fra 2,5 meters dyp fra fem av Havforskningsinstituttets hydrografiske snitt i Kattegat og Skagerrak. Vi ser tydelige årvisse og geografiske variasjoner i  $Cs-137$ -konsentrasjonene i prøvene (figur 6).

De høyeste konsentrasjonene finner vi på snittene Fredrikshavn–Göteborg og Måseskær. Dette skyldes nærheten til Østersjøen, som fremdeles er forurenset av  $Cs-137$  fra Tsjernobyl-ulykken. Østersjøen er i dag faktisk den største kilden til  $Cs-137$  i Nordsjøen og Den norske kyststrømmen.

Den laveste konsentrasjonen finner vi på snittet Øksø–Hanstholm ved stasjonen som ligger nær Hanstholm. Her er sjøvannet i liten grad blandet østersjøvann. Cesium-137-forurensningen på denne stasjonen stammer sannsynligvis hovedsakelig fra Sellafeld og La Hague, og vi ser at konsentrasjonene har vært relativt stabile i perioden 2008–2010.

Konsentrasjonene av  $Cs-137$  i fem prøver av sjøvann fra den nordlige delen av Nordsjøen tatt i 2010 varierte fra 2,0 til 4,9  $Bq/m^3$ , med et gjennomsnitt på 3,2  $Bq/m^3$  (IAEA – International Atomic Energy Agency). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i Den norske kyststrømmen. I 2008 varierte konsentrasjonene i samme havområde fra 1,4 til 8,0  $Bq/m^3$  (gjennomsnitt 4,9  $Bq/m^3$ ). Forskjellene skyldes i hovedsak variasjoner i utstrømmingen av forurenset østersjøvann. Som figur 6 illustrerer ble det transportert mer  $Cs-137$  ut av Østersjøen i 2008, noe som særlig gjenspeiles i høyere konsentrasjoner i Den norske kyststrømmen.

I forhold til Nordsjøen er konsentrasjonene av  $Cs-137$  i andre havområder lavere. For eksempel varierte konsen-



trasjonene av Cs-137 i Barentshavet i 2009 fra 1,5 til 2,3 Bq/m<sup>3</sup> (gjennomsnitt 1,9 Bq/m<sup>3</sup>).

Nivåene av Tc-99 i Nordsjøen og Den norske kyststrømmen i 2010 er vist i figur 7. Konsentrasjonene av denne radionukliden i sjøvann og marine organismer i norske havområder har sunket de senere årene etter at utslippene fra Sellafield ble redusert i 2004. Til sammenlikning ble det funnet opptil 7 Bq/m<sup>3</sup> i Nordsjøen (1996) som følge av at Sellafield økte utslippene av denne radionukliden i 1994. Norskehavet, Grønlandshavet og Barentshavet har de laveste Tc-99-konsentrasjonene (gjennomsnitt for Barentshavet i 2009: 0,13 Bq/m<sup>3</sup>).

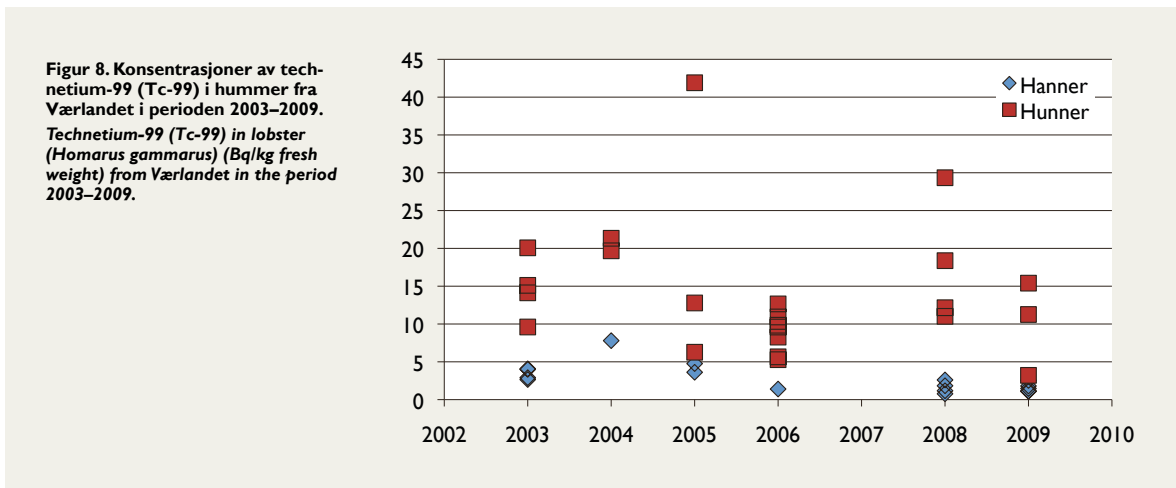
#### Radioaktiv forurensning i fisk og andre marine organismer i Nordsjøen og Barentshavet

I 2009 ble det samlet inn og analysert Cs-137 i amfipoder, blåkveite, gapeflyndre, hyse, kolmule, krill, lodde, polartorsk, reker, sei, snabeluer, torsk, øyepål og vanlig uer fra flere områder i Barentshavet. Den høyeste konsentrasjonen (0,2 Bq/kg fersk vekt) ble målt i blåkveite, gapeflyndre, torsk og sei.

I 2010 ble det samlet inn prøver av torsk, hyse, sei, sild, makrell, reker, kolmule og øyepål fra to områder i

Nordsjøen. Analysene pågår. Basert på tidligere erfaringer venter vi å finne noe høyere konsentrasjoner i fisk og andre marine organismer fra Nordsjøen sammenlignet med fisk fra Barentshavet. Nordsjøen er nærmere de viktigste kildene for radioaktiv forurensning, og konsentrasjonene i fiskens omgivelser (sjøvann og sedimenter) er noe høyere i Nordsjøen enn i Barentshavet. Konsentrasjonene av radioaktiv forurensning i fisk i alle norske havområder er svært lave sammenlignet med EUs grenseverdi for eksport og import av sjømat, som ligger på 600 Bq/kg fersk vekt.

Opptaket av Tc-99 i marine organismer er svært lavt med unntak for hummer og tang. Med hjelp fra lærere og elever ved Værlandet/Bulandet skule (Sogn og Fjordane) og lokale fiskere har vi samlet inn prøver av disse organismene siden 2003. Resultater for hummer (figur 8) viser at hannhummer har lavere konsentrasjoner enn hunnhummer. Konsentrasjonene i hunner varierer en del i løpet av året, dette kan ha noe med variasjoner i vekt på enkelt dyr å gjøre. Vi vil fortsette denne overvåkingen for å følge utviklingen i Tc-99-konsentrasjonene i hummer fra Værlandet. På grunn av reduserte utslipp av denne radionukliden fra Sellafield venter vi en nedgang i konsentrasjonene i årene som kommer.



### Radioaktiv forurensning i sedimenter i Barentshavet, Laksefjorden og Sognefjorden

Nivået av radioaktiv forurensning i sedimenter i norske havområder er relativt lavt. I 2009 varierte for eksempel konsentrasjonene av Cs-137 i sedimenter i Barentshavet fra 1,2 til 2,8 Bq/kg tørrvekt. Dette er sammenlignbart med nivåene vi har funnet tidligere år. Vi finner imidlertid vesentlig høyere nivåer inne i enkelte norske fjorder (figur 9). En sammenligning av Laksefjorden (Finnmark) og Sognefjorden (Sogn og Fjordane) i 2007/2008 viser at Cs-137-nivåene innerst og ytterst i Laksefjorden var omtrent like; de varierer mellom 5 og 6,7 Bq/kg tørrvekt, mens nivåene innerst og ytterst i Sognefjorden var svært ulike; henholdsvis 242–327 Bq/kg og 28–36 Bq/kg tørrvekt.

Undersøkelsene er basert på kjernepøver, og i alle kjernene er nivået høyest i de øverste lagene. Dette indikerer en kontinuerlig tilførsel av forurensning. Det er rimelig å anta at det i Sognefjorden, som er mye dypere enn havet

utenfor, tilføres og akkumuleres Cs-137 både fra havstrømmer og elver.

Mye Tsjernobyl-nedfall over landområdet rundt den innerste delen av Sognefjorden er mest sannsynlig årsaken til de høye konsentrasjonene der. Cs-137 kan bli fokusert innerst i fjorden grunnet den store forskjellen i areal som leverer og mottar avrenning. Slike forhold finner vi også i enkelte andre fjorder i Sør- og Midt-Norge (figur 9). Fjorder i områder med lite Tsjernobyl-nedfall, som for eksempel Laksefjorden, viser ikke slike forhøyete verdier. Sistnevnte er heller ingen dyp terskelfjord slik som Sognefjorden.

### Atomubåten "Komsomolets"

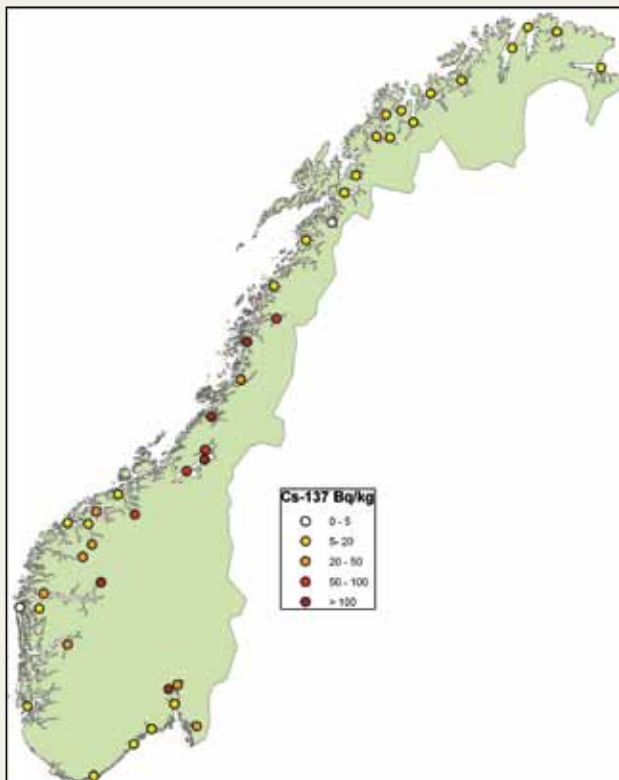
I 1989 havarerte den russiske atomubåten "Komsomolets" sørvest av Bjørnøya. Atomubåten har en atomreaktor og to torpedoer med atomstridshoder om bord. Den ligger nå på omtrent 1700 meters dyp. Havforskningsinstituttet tar prøver av sedimenter og bunnvann i området rundt vraket én gang i året. Prøver tatt de senere årene viser ingen forhøyete nivåer av Cs-137 (figur 10).

### Tester ny metode

Vi vet ikke med sikkerhet hvor nært "Komsomolets" vi tar prøver. På 1700 meters dyp kan strømmen ta prøvetakingsutstyret langt fra fartøyets posisjon på overflaten, og en direkte måling av prøvetakerens posisjon er ønskelig. I 2010 testet vi bruk av en akustisk transponder for nøyaktig posisjonering av prøvetakingsutstyr.

I uttestingen festet vi transponderen til boxcoreren, men den kan i prinsippet festes til hvilket som helst prøvetakingsutstyr. Ved hjelp av båtens akustiske strømmåler (ADCP) og en strømmålerrigg startet vi uttestingen ved først å gjøre strømmålinger på prøvetakingsstedet. Deretter gjorde vi en bunnkartlegging med multistråleekkolodd 1 km<sup>2</sup> rundt prøvetakingsstedet. Prinsippet for selve posisjoneringen er enkelt: Transponderen sender ut et kodet signal, som oppfattes av mottaker festet i skutebunnen. Nøyaktig retning og avstand blir beregnet av mottakeren, det såkalte HiPAP-systemet, som sender informasjonen videre til det elektroniske kartsystemet. Etter å ha senket boxcoreren like over prøvetakingsstedet kjører skipperen fartøyet (og boxcoreren) i dynamisk posisjoneringsmodus (DP), meter for meter, gjerne sideveis, imot målet. Boxcoreren slippes så direkte de siste meterne til bunnen på prøvetakingspunktet i ønsket posisjon. Uttestingen vår viste at vi treffer ønsket prøvetakingsposisjon med en nøyaktighet på +/- 1 meter når vi arbeider på ca. 600 meters dyp.

Det endelige målet er å foreta tilsvarende prøvetaking av sediment og sjøvann ved "Komsomolets" i 2011. Testingen dokumenterer også at Havforskningsinstituttet har kapasitet til å foreta slik distinkt prøvetaking på dypt vann rundt både gamle og nye forurensningskilder.



Figur 9. Cs-137 (Bq/kg tørrvekt) i overflatesedimenter i norske fjorder 1999–2008. Cesium-137 (Cs-137) (Bq/kg dry weight) in surface sediments in Norwegian fjords 1999–2008.

Figur 10. Konsentrasjoner av cesium-137 (Cs-137) i sjøvann (Bq/m<sup>3</sup>) og sedimenter (Bq/kg) i området rundt den sunkne atomubåten "Komsomolets". Ubåten ligger på 73°43'16"N og 13°16'52"Ø sørvest for Bjørnøya. Cesium-137 (Cs-137) in seawater (Bq/m<sup>3</sup>) and sediments (Bq/kg dry weight) in the area close to the sunken Russian submarine "Komsomolets".

