

# Effekter av miljøgifter i Arktis

## Organiske miljøgifter i næringskjedene

Mange miljøgifter anrikes i næringskjedene. De fleste studier i Arktis har sett på arter som står høyt i næringskjedene og som har høyest nivå av miljøgifter. Tre studier i Transport- og effektprogrammet så i stedet på hvilke prosesser som styrer opptak i dyreplankton og videre overføring til fisk, fugl og pattedyr.

### Vann

I vann er det vanskelig å måle miljøgifter fordi mange av stoffene er lite vannløselige, nivåene lave og måleteknikkene usikre. For PCB ble det f.eks. målt nivåer på bare rundt et halvt pikogram (=  $10^{-12}$  gram) pr. liter vann. Sprikende resultater viser at det trengs videre utvikling av måle metodene.



Norsk Polarinstitutt og Akvaplan-niva var blant de første som tok prøver av miljøgifter i iskantsonen i europeisk Arktis. Foto: Katrine Borgå, Norsk Polarinstitutt

### Plankton

Hos alger, dyreplankton og fisk utveksles miljøgifter direkte med sjøvannet de lever i. Dyreplankton og fisk vil dessuten både ta opp og skille ut miljøgifter i gjellene. Men selv for dyreplankton spiller også opptak gjennom maten en viktig rolle. Arter som spiser mest planteplankton har lavest nivåer, mens de som spiser mest av annet dyreplankton og dødt materiale har de høyeste nivåene. Studiene viste også at de største og eldste individene hadde høyest verdier og mest fettløselige stoffer. Dette viser at det kan være vanskelig å overvåke miljøgifter selv så lavt i næringskjedene uten å skille mellom arter som har ulik diett og evne til å omsette stoffene, alder og størrelse på individene, tid på året for prøvetakingen osv.



Isamfipoden *Gammarus wilkitzkii* skifter gradvis fra å spise planteplankton til dyreplankton i løpet av de 5-6 årene den lever. De eldste individene inneholder mest miljøgifter både fordi de akkumulerer stoffene gjennom livsløpet og fordi de skifter til å beite på et høyere nivå i næringskjeden. Foto: Haakon Hop, Norsk Polarinstitutt

Studier av isfaunaen konkluderte med at isens rolle først og fremst er at den er et habitat som holder dyrene i de øvre vann-

massene, hvor nivåene av klororganiske stoffer er høyest. Det ser ikke ut til at isen i seg selv utsetter dyreplankton for høyere miljøgiftnivåer. Nivåene av særlig det vannløselige sprøytemidlet HCH i isamfipoder

### TABELL

Relative konsentrasjoner av miljøgifter i fett sett i forhold til hoppekrepsen *Metridia longa*, som er satt til 1. Kilde: Jarle Klungsøy, Havforskningsinstituttet.

	Sum PCB	Sum DDT	Sum HCH
Hoppekreps ( <i>M. longa</i> / Raudåte)	1,0 / 1,8	1,0 / 2,7	1,0 / 2,1
Krill ( <i>T. inermis</i> / <i>M. norvegica</i> )	4,0 / 5,0	3,7 / 4,7	5,6 / 2,9
Sild	5,8	3,3	38,2
Polartorsk	7,4	1,6	39,7
Lodde	9,2	5,8	45,6
Hyse	40,8	13,7	35,9
Torsk	57,8	32,8	31,8

var høyere i Framstredet enn nord for Svalbard. Dette henger trolig sammen med at isen har drevet langs forskjellige ruter. Isen i Framstredet har drevet over polbassenget, hvor nivåene av HCH i vannet er høyere enn i åpent farvann. Det skyldes trolig at isen hindrer at stoffet fordampes til luft.

### Fisk

Havforskningsinstituttet målte miljøgifter i dyreplankton og fisk i det pelagiske økosystemet i Barentshavet. Tabellen viser hvordan nivåene øker relativt i forhold til nivåene i hoppekreps, som spiser planteplankton og har meget lave nivåer - rundt 0,5 – 1,5 nanogram (=  $10^{-9}$  gram) miljøgifter pr. gram. Krill er en annen gruppe dyreplankton som spises av både fisk, sel og hval.

Sild, lodde og polartorsk er viktige planktonetere og har raudåte som en favoritt på menyen. Nivåene deres er 3 – 45 ganger høyere enn i byttet. Planktonetende fisk spises igjen av bl. a. torsk og hyse. De relative nivåene i leveren deres øker til 13 – 57 ganger over hoppekreps.

Målingene ble brukt til å gjøre noen enkle anslag på hvor mye forurensning som finnes i disse artene i hele Barentshavet og Norskehavet. Mengden PCB ble for eksempel anslått til rundt 6 kg i all dyreplankton og 14 kg i all torsk. Selv om dette bare antyder en størrelsesorden, så illustrerer det at det er små mengder totalt i fisk. Likevel blir konsentrasjonene høye nok til at skadelige effekter kan oppstå når stoffene anrikes videre i arter som direkte og indirekte lever av fisk.

## Effekter på polarmåke



Det er funnet mange døde polarmåker gjennom årene på Bjørnøya. Forskning på årsakene har vist at polarmåke inneholder høye nivåer av miljøgifter, først og fremst PCB, DDT, oksyklordan og HCB. Foto: Hallvard Strøm, Norsk Polarinstitutt

Norsk Polarinstitutt klekket ut 37 polarmåkeegg kunstig og delte kyllingene i to grupper. De fikk den samme basisdietten med naturlig føde fra området rundt Ny-Ålesund. I tillegg fikk en gruppe måkeegg, mens den andre fikk hønseegg. Etter 56 dager på denne dietten var det 3-6 ganger høyere nivåer av HCB, oksyklordan, DDT og PCB i gruppa som hadde fått måkeegg - men likevel ikke mer enn det vi finner i frittlevende polarmåker.

Alle kyllingene ble vaksinert. Det viste seg at de med mest miljøgifter produserte mindre antistoffer mot influensavaksine. De hadde redusert evne til å produsere viktige proteiner i det spesifikke immunforsvaret (immunoglobuliner), mens de hvite blodlegemene var upåvirket av forskjeller i forurensningsnivåer. Svekket immunforsvar kan redusere motstandsevnen mot infeksjoner og parasitter og over tid påvirke både formering og overlevelse.



Polarmåke står ofte øverst i fuglekoloniene og speider etter muligheter til å ta egg og kyllinger fra andre fugler. Denne dietten bidrar til høye nivåer av miljøgifter. Foto: Gunnar Sander, Norsk Polarinstitutt.

Arvestoffet fra disse kyllingene ble også undersøkt av NTNU. Kyllingene med høyest nivåer hadde en økning i genetiske misdannelser på arvestoffet DNA i leverceller.

Det er ofte vanskelig å si hvordan slike effekter på biokjemisk nivå virker på individer og bestander. NINA valgte en mer direkte innfallsvinkel ved å studere diett og adferd til polarmåke på Bjørnøya. De fant at fuglene som i hekkesongen lever av egg fra de store koloniene av krykkje og lomvi har markant høyere nivåer av miljøgifter enn de som holder til bare et par km unna og hovedsakelig lever av fisk, kreps- og skaldyr. Hunner som kan kvitte seg med forurensning gjennom egglegging har også lavere nivåer enn hanner. Atferden ved reiret ble imidlertid også påvirket av miljøgifter: Fuglene med høyere nivåer var oftere og lengre borte fra reiret i rugeperioden. Det reduserer sjansene for å få vellykket klekking fordi egg og unger blir liggende ubeskyttet og kan tas av andre polarmåker og fjellrev.

Annen forskning på reproduksjon hos polarmåke viser at høye nivåer av miljøgifter gir større sjanse for ubefruktede egg, dårligere kroppskondisjon hos kyllingene og høyere andel hannkyllinger. Det er påvist forstyrrelser i hormonsystemet som bl.a. kan påvirke stoffskiftet og temperaturreguleringen, likeledes redusert voksenoverlevelse. AMAP regner det som sannsynlig at polarmåke er påvirket på bestandsnivå.

## Effekter på isbjørn

Transport- og effektprogrammet var bidragsyter til et større norsk-canadisk forskningsinitiativ om effekter av miljøgifter på immunsystem og hormoner hos isbjørn.

I eksperimentet som testet immunforsvaret ble det fanget 30 isbjørn fra Hudson Bay (lave nivåer av miljøgifter) og 26 på Svalbard (høyere nivåer). Forskerne ga dem en vaksine med vanlige virus som influensa og herpes. Fire til seks uker seinere ble de samme bjørnene fanget, og det ble tatt blodprøver for å se på dannelsen av antistoffer. Resultatene viste at immunforsvaret var svekket hos bjørnene med høyest nivåer av PCB.

Videre forskning på mekanismene bak dette har vist at forurensning påvirker både enzymer som bryter ned fremmedstoffer i leveren og blodet (CYP-enzym), hvite blodlegemer og proteiner i det ervervede immunforsvaret (immunoglobuliner). Slike effekter ble funnet når nivåene av PCB oversteg 25 – 89 nanogram per gram



Innsamling av blodprøver fra isbjørn. Foto: Georg Bangjord

blod eller innholdet av seks sprøytemidler var større enn 8 – 27 nanogram per gram blod. Funn av slike terskelverdier direkte hos isbjørn er et viktig framskritt fordi vi tidligere har vært henvist til å trekke sammenlikninger med effekter hos dyr med helt annen biologi.

Forskerne hadde også tilgang til et stort antall blodprøver fra isbjørn på Svalbard. De fant at dyr med høye nivåer av PCB og sprøytemidler hadde lavere nivåer av retinol- og thyroidehormoner. Disse hormonene styrer funksjoner som vekst, celledeling, stoffskifte og varmeregulering. Hos hanner med høye nivåer av PCB og sprøytemidler var det lave nivåer

av hormonet testosteron, som styrer kjønnsutviklingen. Hunner med unger hadde på sin side mer av kjønshormonet progesteron når nivået av PCB økte, mens østrogen var upåvirket. Også stresshormonet kortisol var påvirket.

Det kan være vanskelig å knytte slike biokjemiske effekter til effekter på individer og bestander. Flere av funnene er imidlertid relevante fordi effektene kan påvirke formering og overlevelse. Det er også gjort urovekkende funn på bestandsnivå på Svalbard. Det er indikasjoner på at hunnene får unger oftere enn normalt, at færre unger overlever og at færre eldre hunner opptrer med unger. Heller ikke dette kan årsaksforklares med miljøgifter. Men AMAP oppsummerer funnene med at de indikerer at isbjørnbestandene er i fare.

## Effekter på røye

Nivåene av miljøgifter i røye er generelt lave i Arktis. Noen av de høyeste PCB-verdiene i arktisk ferskvannsfisk er likevel målt i stasjonær røye fra Ellasjøen (opptil 2500 nanogram per gram muskel). Det er imidlertid stor variasjon i nivåene. NINA fant at årsaken til dette var knyttet til næring og vekstrate. I Ellasjøen opptrer røya i to former. De minste lever av dyreplankton, mens de største og eldste fiskene over 14 år skifter til også å spise sine yngre artsfrender. Disse kannibalistiske røyene hadde langt høyere nivåer av PCB enn yngre fisk som levde av mindre forurenset dyreplankton. Effekten skyldes også at det var de minste og langsamst voksende ungfiskene som ble spist. Disse hadde høyere nivåer av PCB enn større ungfisk som vokste raskere.



Yngel av røye viste misdannelser etter å ha fått PCB-holdig fôr. Foto: Kjell Nilsen, NTNU.



Røye i Ellasjøen har unormalt høye nivåer av miljøgifter. Foto: Guttorm Christensen, Akvaplan-niva



Et større forskningsprosjekt har vist at Ellasjøen på Bjørnøya får tilført mye miljøgifter gjennom store avsetninger fra nedbør og tåke. I tillegg lager store fugleflokker som bruker sjøen en biologisk transportvei fra havet (guano, fjær etc). Les mer i tidsskriftet Ottar, nr 253/ 2004. Foto: Guttorm Christensen; Akvaplan-niva

Programmet finansierte også en studie hos NTNU med oppdrettsrøye som stammet fra en anadrom bestand på Svalbard (Disetvannet). Halvparten av fiskene i ekseperimentet fikk mat tilsatt et PCB-produkt. Fordelen er at man da vet hva påviste effekter skyldes. På den annen side blir ikke sammensetningen av miljøgifter slik man finner i naturen. I dette tilfellet var nivåene også høyere.

Forsøket viste at PCB har klare negative effekter på antall egg ved gyting og reduserer overlevelsen av eggene. Yngel fra forurensete foreldre fikk økt forekomst av misdannelser og økt dødelighet, mens ferdig ungfisk ble mindre. Det ble også vist at tilpasningen til voksen fisk kan bli negativt påvirket av endringer i stresshormonet kortisol og signalsubstansen melatonin, som styrer røyas tilpasning til de store skiftene i sommer- og vinterforhold i arktiske innsjøer.

Røye er godt egnet for kontrollerte studier i fangenskap. Norske forskere har bl.a. gjort verdifulle oppdagelser av hvordan forurensning som er lagret i fett i kroppen vandrer og treffer sensitive organer som hjernen under sultperioder om vinteren. Denne mekanismen virker også i andre arktiske dyr som det er vanskeligere å arbeide med.

# Radioaktivitet i arktiske næringskjeder

Internasjonale retningslinjer for strålevern har lenge basert seg på antagelsen om at så lenge mennesket er beskyttet mot skadevirkninger av stråling, så vil også andre deler av økosystemet være beskyttet. I den senere tid er det stilt spørsmål ved denne antagelsen. Problemet som da meldte seg, var at man manglet kunnskap og verktøy for å vurdere skadene på andre organismer. Det var utgangspunktet for Statens strålevern sitt prosjekt om opptak og spredning av radionuklider i næringskjedene i Barentshavet.

Det mangler data om radioaktivitet fra arktiske områder. Prosjektet samlet derfor inn prøver fra vann, sedimenter, plankton, fisk og tang i Barentshavet. Generelt var konsentrasjonene av radionuklider i de undersøkte organismene lave og for det meste proporsjonale med konsentrasjonene i sjøvannet rundt dem. Verdiene lå også under det som oppgis fra studier i andre områder. Det understreker betydningen

av å ha lokale data som grunnlag for modeller som kan beregne konsekvenser av radioaktive utslipp.

Cesium er en av de vanligst målte radionuklidene i sjøvann. Det ble ikke funnet opptak av cesium i fem arter planteplankton. Likevel er det funnet en viss akkumulering i dyreplankton, fisk og nise. Alle de planktonspisende fiskene hadde like cesiumverdier. Det indikerer at opptaket skjer direkte fra sjøvann (gjellene), ikke fra maten.

Det ble også gjort laboratoriestudier av hva som påvirker fordelingen av plutonium i sedimenter og opptaket av kobolt og cesium i dyreplankton, blåskjell og tang. Utvasking av partikler fra sedimentene kan vise seg å være en viktig kilde til kobolt og cesium i muslinger.

Stråledosene som organismene i Barentshavet i dag får fra kunstige radionuklider er ekstremt lave – omtrent 5 mikrogray per år. En stor del av dette skyldes eksternt stråling som de utsettes for fra cesium i bunnvann og sedimenter. Selv med de mest realistiske utslippsscenarioene,

ble det beregnet at stråledosene vil være under det man i dag vet gir effekter på levende bestander. Kunnskapen om sammenhengen mellom doser og effekter for relevante organismer er imidlertid liten slik at konklusjonene er foreløpige.

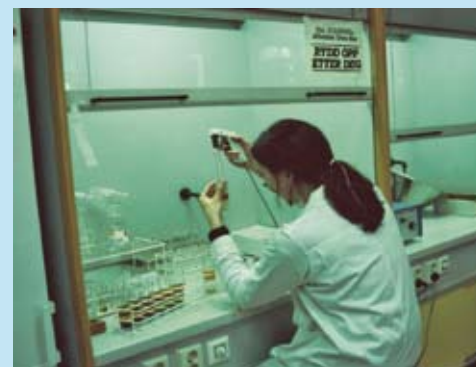
Beregning av doser til mennesker fra Barentshavet, viser at konsum av fisk er hovedkilden. Cesium-137 står for 90% av strålebidraget, mens strontium-90 og plutonium står for ca 5% hver. Den beregnede kollektive doseraten på 0,03 personSievert per år kan anses som ubetydelig.



Det må store vannmengder til for å måle radioaktivitet i vann. Foto. Sebastin Gerland, Statens strålevern



Tømming av nettet som er brukt til å fange plankton. Foto: Katrine Borgå, Norsk Polarinstittutt.



Det trengs lange dager på laboratoriet for å opparbeide prøver og gjøre analyser etter at forskerne har vært i felt. Foto: Katrine Borgå, Norsk Polarinstittutt.

## Transport- og effektprogrammet (1998 – 2004)

Transport- og effektprogrammet var et forskningsprogram om transport av miljøgifter i de nordlige havområdene (Barentshavet mm) og effektene på marine økosystemer. Formålet var å skaffe kunnskap som trengs for å vurdere miljøstatus og utforme programmer for overvåking av miljøgifter i området. Programmet fikk 13 mill. kr. av Utenriksdepartementet og Miljøverndepartementet. Norsk Polarinstittutt administrerte det sammen med Direktoratet for naturforvaltning, Statens forurensningstilsyn og Statens strålevern. Pengene gikk til 21 prosjekter som ble gjennomført fra 1999 til 2004, mange av dem i samarbeid med russiske forskere.

## Videre lesning

Alle bakgrunnsdokumenter og sluttrapporter er lagt ut på: <http://npolar.no/transeff/> Det er laget to faktaark som populariserer resultatene: 1) Effekter av miljøgifter i Arktis 2) Anbefalinger om overvåking. Se også Miljøstatus i Norge <http://miljostatus.no/> under "polarområdene/forurensning" og "kjemikalier", samt Arctic Monitoring and Assessment programme (AMAP) <http://www.amap.no/>