

Området for miljø og utvikling



Forskningsprogram om
økotoksikologi



Norges
forskningsråd

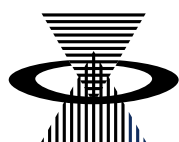
Området for miljø og utvikling

Forskningsprogram om økotoksikologi

Sluttrapport til Norges forskningsråd



1995 - 2000



**Norges
forskningsråd**

© Norges forskningsråd 2002

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St. Hanshaugen
0131 OSLO
Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01
Publikasjonen kan bestilles via internett:
<http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/>
eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Internett: bibliotek@forskningsradet.no
X.400: S=bibliotek;PRMD=forskningsradet;ADMD=telemax;C=no;
Hjemmeside: <http://www.forskningsradet.no/>

Grafisk design: danas@c2i.net
Foto omslagsside: Luth& Co.
Trykk: GCS
Opplag: 250

Oslo, juni 2002
ISBN nettgave 82-12-01802-4

Forord

Forskningsprogrammet ProFo - Forurensninger: kilder, spredning, effekter og tiltak, har hatt ansvaret for slutføring av Økotoksprogrammet. Programplanen og forskningsresultatene fra Økotoksprogrammet har vært svært nyttig i den videre utvikling av program og handlingsplanen for ProFo. Økotoksprogrammet har, sammen med programmene om strålevern, forurenset grunn og nitrogen og bakkenært ozon gitt en helhetlig forståelse av forurensninger i naturen og danner basis for ProFos videre arbeid.

Økotoksprogrammet med programstyret ble opprettet av Områdestyret for miljø og utvikling (MU) i Norges forskningsråd 1.april 1995, og programstyret behandlet søknadene under den ekstraordinære utlysningen av programmet i april 1995 og under den ordinære utlysningen i 1995. Til grunn for Programstyrets arbeide lå et programnotat, utarbeidet av en arbeidsgruppe ledet av forskningssjef Frode Fonnum, datert mai 1994. Programmets handlingsplan ble utarbeidet av Programstyret i 1995. Programmet ble opprettet med varighet fra 1995 til og med 2001.

Økotoksprogrammet ble i 1998 slått sammen med tre andre forskningsprogrammer under MU til et nytt program, ProFo. ProFo fikk et programstyre med representanter fra alle de fire delprogrammene.

Den foreliggende rapporten representerer Økotoksprogrammets sluttrapport til Norges forskningsråd og til forvaltningen som har finansiert programmet. Rapporten er ført i pennen av Økotoksprogrammets leder, Frode Fonnum med hjelp av Trine Reistad. Prosjektledere takkes for velvillig bistand i forbindelse med sluttrapporten fra Økotoksikologi programmet.

Oslo mars 2002

Frode Fonnum

FRODE FONNUM

Styreleder Økotoksprogrammet

Merete Ulstein

MERETE ULSTEIN

Styreleder ProFo

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	6
1 Mål og satsingsområder	9
1.1 Mål	9
1.2 Satsingsområder	9
2 Gjennomføring av programmet	12
2.1 Generelt	12
2.2 Budsjett	12
2.3 Nye problemstillinger underveis	13
2.4 Tiltak og konferanser	13
2.5 Sterke og svake sider ved programmet	13
3 Faglige resultater fra programmet	15
3.1 Klorerte organiske forbindelser	15
3.2 Hormonhermere	18
3.3 Metaller	19
3.4 Plantevernmidler	21
3.5 Ftalater	22
4 Behov for videre innsats	24
Vedlegg 1: Programstyrets sammensetning	25
Vedlegg 2: Prosjektportefølje	25
Vedlegg 3: Publikasjonsliste	29

Sammendrag

En vesentlig del av innsatsen i programmet ble rettet mot organiske klorforbindelser. Ved starten av programmet ble det ansett som viktig å satse på PCB, som dominerte debatten om miljøfarlige stoffer. Forsøk ble utført både på fisk, polarmåke, sel, isbjørn og beitedyr i iskanten. Det er gjort oppsiktsvekkende funn av virkningen til PCB på frittlevende dyr i sine naturlige omgivelser. Det er blant annet funnet: (1) ved hvilke tilstander og hvordan det skjer en omfordeling av PCB fra fettlag og til de mer sensitive organene i kroppen, (2) tydelige tegn på svikt både i det generelle og det spesielle immunsystemet, (3) indikatorer som kan forklare skade på nervesystemet og derved ugunstige forandringer i dyrenes atferd, (4) endringer i hormoner som spiller en viktig rolle for en normal utvikling. I tiden framover er det viktig at disse funnene blir enda bedre underbygget, slik at de kan bli et slagkraftig middel i arbeidet med å hindre videre spredning av PCB.

Disse funnene har konsekvenser langt videre enn bare virkningen av PCB. I Arktis finnes en rekke andre relativt stabile og fettløselige stoffer som DDT, Toxafen og de nye bromerte flammehemmende midlene. Flere av funnene over kan sannsynligvis også gjelde disse stoffene. Med tanke på videre undersøkelser kan den forskningsstrategi og metodikk som er utviklet for studier av PCB, også anvendes på disse stoffene. I programmets regi er det også startet undersøkelser av klorerte parafiner og musklignende stoffer i norske økosystemer.

Gjennom studiene av hormonhermere er det påvist østrogenliknende stoffer i utslipp fra kommunale kloakkanlegg. Dette skyldes i stor grad utslipp av naturlig østrogen. Virkningen av østrogenliknende stoffer har særlig vært utført på fisk. Det er påvist østrogenliknende effekter av alkylfenoler, PCB og DDT. Slike stoffer fører til dannelse av eggeskallprotein og eggeplommeprotein hos hannfisk, som er en klart unaturlig respons. Hva dette betyr for formeringen er usikkert. Imidlertid er det fra disse funnene utviklet og kommersialisert tester for slike effekter i laboratorier i Norge.

Det har vært mindre forskningsmessig interesse for metallenes toksikologi enn for de klorerte hydrokarboners toksikologi. Dette skyldes nok at metaller er en del av den naturlige bakgrunnen som vi er omgitt av. Programmet har tatt opp en rekke viktige problemstillinger, blant annet aluminiums betydning for sur nedbør og skogdød, frigjøring av metaller fra marine sedimenter, og opptak av metaller hos fisk. Resultatene viser at omfattende skogdød på grunn av aluminiumsforgiftning ikke er sannsynlig i Norge. Derimot kan trærnes næringsstatus bli svekket ved høye konsentrasjoner av aluminium. Resultatene fra studiene av metaller i sedimenter er relevante for forvaltningen av våre forurensede fjorder. Utslipp av metaller i ferskvann blir tatt opp i fisk som røye og ørret. Hvordan fiskene håndterer metallforurensinger ved å binde dem til proteiner som metallothioniner er også studert i programmet.

Undersøkelser av plantevernmidler har vært utført som et samarbeid mellom flere institusjoner i Norge. I programmet det vært fokusert på et av de mest brukte soppmidlene i Norge, propikonazol, både for å se på spredningen gjennom grunnvann og hvordan stoffet virker på arter det ikke er beregnet for. Forsøkene viser at det virker på insekter, særlig under larvestadiet. Det er også påvist skader på insekter som beiter på disse larvene. Forsøkene har dermed vist at disse midlene kan transporteres og ha effekt oppover i næringskjeden.

Resultatene fra undersøkelser på ftalater tyder på at disse vil være mer persistente for degradering i et norsk naturmiljø enn i mer tempererte områder. Spredning og eksponering overfor levende organismer vil derfor øke. Videre ble det også funnet at det kan akkumuleres metabolitter av ftalater som man i liten grad kjenner effekten av.



1 Mål og satsingsområder

1.1 MÅL

Nasjonalkomiteen for miljøvernforskning (NMF) nedsatte i februar 1993 en gruppe til å utvikle et forslag til mål og faglig satsing på forskning innen økotoksikologi. Gruppen formulerte følgende overordnede mål for forskningen:

- Øke kunnskapen om de sentrale prosesser i kretsløpet av miljøgiftige stoffer i naturen, deres virkningsmekanismer og økologiske effekter
- Identifisere indikatorer for skade som kan overvåkes for å avsløre effekter av miljøgifter på et tidlig stadium, samt forbedre informasjonsverdien av overvåkingsparametere
- Videreutvikle økotoksikologiske testmetoder som kostnadseffektive verktøy for å bedre resultatenes prognoseverdi.
- Videreutvikle arbeidet med tålegrenser som grunnlag for forvaltningens akseptkriterier

På dette grunnlag nedsatte NMF en programutviklingsgruppe som skulle utarbeide et forslag til faglige og organisatoriske rammer for et forskningsprogram om økotoksikologi. Programmet måtte være rettet mot de forskningsrelevante behov, men også sikre den nødvendige teoretiske og praktiske plattform for denne forskningen. Gruppen ble nedsatt høsten 1993 og avleverte sin innstilling mai 1994.

1.2 SATSINGSOMRÅDER

På bakgrunn av mandatet og de gitte prioriteringskriterier ble følgende 5 hovedområder valgt (ikke i prioritert rekkefølge):

- Eksponering
- Økologiske virkninger
- Økotoksikologiske tester

- Miljøovervåkning
- Kriterier for tålegrenser og akseptkriterier

Eksponering (kilde, tilstandsform, transport og biotilgjengelighet av miljøgifter)

Mens utslipp fra punktkilder er relativt godt kjent, er det fortsatt store kunnskaps-hull når det gjelder tilførsel fra diffuse kilder og langtransport. Det finnes sannsynligvis mange ukjente miljøgifter. Kunnskap om mobile og biotilgjengelige tilstandsformer av miljøgifter er også påkrevet. I Norge er episodiske belastninger (for eksempel i forbindelse med snøsmelting) et spesielt problem. Sentrale miljøkjemiske problemstillinger har i prioritert rekkefølge vært:

- Nøkkelprosesser og faktorer (kjemiske, fysiske og biologiske) som påvirker tilstandsform og biotilgjengelighet av spormetaller, radionuklider og organiske miljøgifter
- Kombinasjon av kjemisk fraksjonering og biologisk testing for å identifisere ukjente toksiske komponenter
- Betydning av episodiske hendelser (for eksempel snøsmelting, flom osv) for forurensingsproblemene
- Diffuse kilder (inkludert langtransport) og spredningsveier for miljøgifter

Økologiske virkninger

Forskning om økologiske virkninger av miljøgifter i våre økosystemer er et viktig område. Bruk av økologiske parametre (for eksempel populasjonsendring) til å evaluere toksisitet bør stimuleres. Selv om en rekke miljøgifter synes å ha uspesifikke effekter i lave doser over lang tid, kan skader ofte føres tilbake til membraneffekter, inkludert nerveeffekter, energiproduksjon eller skade på arvestoff eller essensielle proteiner. Slike skader kan utløse reproduksjons-, immunologiske- eller atferdsmessige effekter. Sentrale problemstillinger har i prioritert rekkefølge vært:

- Langtidseffekter (f.eks. reproduksjon, immunologiske eller atferdsmessige effekter) av lave doser av miljøgifter
- Innvirkning av klima på effekten av miljøgifter
- Øke kunnskap om toleranse for miljøgifter i våre økosystemer
- Effekter på populasjons- og samfunnsnivå. Det er også ønskelig med økt kunnskap om effekter på økosystemnivå, men dette anses som mindre forskbart innen programmets tids- og budsjettmessige rammer

Økotoksikologiske tester

Forskningsbehovet er todelt. Dels er det behov for å forbedre de økotoksikologiske testenes prognoseverdi for bedre å kunne forutsi økologiske effekter. Det er også behov for å supplere og forbedre eksisterende metodeapparat med bl.a. terrestriske tester. Testutviklingen bør ha som mål å forbedre testenes kost/nytteverdi og økologiske relevans for norske forhold, samt å dekke nye områder (organismegrupper, økosystemer). Følgende oppgaver har i prioritert rekkefølge vært:

- Bedre prognoseverdi av eksisterende økotoksikologiske tester og modeller for miljøfarlighetsanalyse
- Utvikling av tester for sediment og terrestrisk miljø
- Utvikling av nye kostnadseffektive tester særlig rettet mot subletale effekter ved langtids eksponering
- Utvikling og rasjonalisering av flerarts tester

Miljøovervåking

Forskning for å finne parametre som tidlig kan varsle om skadeeffekter (som fortrinnsvis bør være enkle å observere) før alvorlige effekter på økosystemet oppstår, bør prioriteres. Et særlig viktig problem er å kunne knytte slike indikatorer/parametre til en vurdering av økologiske konsekvenser.

Det satses årlig store beløp på miljøovervåking, og det er viktig at metodene vurderes i et kost/nytte perspektiv. På grunn av de langsiktige målene med overvåk-

ning er det nødvendig med kontinuitet i anvendte metoder og forbedring av informasjons/overføringsverdi av tradisjonelle overvåkingsparametere. Sentrale temaer har i prioritert rekkefølge vært:

- Identifisering og utvikling av indikatorer som gir tidlig varsel om biologiske forstyrrelser som kan gi opphav til økologiske skadeeffekter
- Bruk av indikatorer for å forutsi graden av økologisk skade
- Utvikling av verktøy for å identifisere årsak/virkningssammenhenger
- Modellberegninger/oppskalering av overvåkingsdata fra et begrenset område til å ha generell gyldighet
- Metoder til å integrere ulike overvåkingsdata for å få bedre prognoser

Kriterier for tålegrense og akseptkriterier

Det er behov for å utvikle kriterier for å definere tålegrense eller akseptkriterier som grunnlag for reduksjon av tilførsel/utslipp nasjonalt og internasjonalt, spesielt for spormetaller og organiske miljøgifter. Gjennom forskning bør en komme fram til følsomme, men økologisk relevante parametre på f.eks. individ- eller populasjonsnivå, og kriterier som tålegrensene kan baseres på. Dette er et stort felt som spesielt krever kunnskap om følsomme organismer og livsstadier, samvirke mellom ulike faktorer (f. eks. flere typer av forurensning eller forurensningsvirkning under andre stresspåvirkninger, f.eks. klima), biotilgjengelighet av forurensning osv. Utvikling av dette feltet er således avhengig av forskning på de andre fire områdene. Viktige oppgaver er:

- Utvikle kriterier for tålegrense
- Vurdere risiko for økologisk skade ved at forvaltningen styrer etter miljømålssetninger som overskrider tålegrenser

Generelt har kunnskapen vært større på kildesiden enn på virkningssiden. Langtidseffekter (reproduksjon, immunologi og atferd, nervesystemet) ble ansett som et særdeles viktig tema. Videre ble

kunnskapsmengden ansett å være større på persistente organiske miljøgifter enn på spormetaller, som ved starten av programmet ble vurdert som to av de viktigste miljøgifttypene. På grunn av EØS-forhandlinger var det også klare forskningsbehov knyttet til bruken plantevernmidler.

Kjemiske analysemetoder ble ikke prioritert dersom det ikke hadde direkte konsekvenser for annen forskning.

2 Gjennomføring av programmet

2.1 GENERELT

Programmet ble startet i april 1995 med et budsjett på 4 mill kr pr år. Ut fra budsjettet ble følgende punkter innen de valgte satsingsområdene prioritert:

Eksposering

- Nøkkelprosesser og faktorer (kjemiske, fysiske og biologiske) som påvirker tilstandsform og biotilgjengelighet av spormetaller, radionuklider og organiske miljøgifter

Økologiske virkninger

- Langtidseffekter (f.eks. reproduksjon, immunologiske eller atferdsmessige effekter) av lave doser av miljøgifter
- Innvirkning av klima på effekten av miljøgifter

Økotoksiske tester

- Bedre prognoseverdi av eksisterende økotoksikologiske tester og modeller for miljøfarlighetsanalyse
- Utvikling av tester for terrestrisk miljø

Miljøovervåking

- Identifikasjon og utvikling av indikatorer som gir tidlig varsel om biologiske forstyrrelser som kan gi opphav til økologiske skadeeffekter

Kriterier for tålegrenser

- Utvikle kriterier for tålegrense
- Vurdere risiko for økologisk skade ved at forvaltningen styrer etter miljømålingene som overskrider tålegrenser

I tillegg til persistente organiske miljøgifter, spormetaller, og plantevernmidler ble hormonhermere ansett som sentrale miljøgifter for programmet. Hormonhermere ble inkludert ut fra en høy prioritering innen SFT.

Responen på programmet har vært stor. Den totale søknadsmengden var på 190 mill kr. En hovedtyngde av de innvilgede prosjektene har vært knyttet til virkningen av organiske miljøgifter, særlig PCB, både på fisk og på arktiske dyr. Men det har også blitt gitt støtte til flere store prosjekter på hormonhermere. Det ble gitt støtte til et par prosjekter på metaller og flere prosjekter knyttet til biomarkører eller skadeindikatorer. Programmet anså det som viktig å utdanne økotoksikologer og flere doktorgrader (10) ble initiert og fullført under programmet.

2.2 BUDSJETT

Opprinnelig ble det foreslått at programmet skulle planlegges innenfor en økonomisk ramme på 4-6 mill kr pr år i 5 år. Det ble imidlertid klart for gruppen at dette ville være altfor lite, særlig sett i lys av at en del andre beslektede prosjekter ble avsluttet eller stoppet. Programutvalget fremmet derfor et forslag om 11 mill kr pr år samt at programmet ville ta over deler av andre programmer (radioøkologi, lufttransporterte forurensinger og marine forurensinger) som beløp seg til 10-12 mill kr pr år.

Programmet har hatt en total budsjetttramme på 37,5 mill kroner basert på støtte fra Fiskeridepartementet, Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet. Fordelingen av budsjettet på finansør og år har vært som følger (alle beløp i kNOK):

Finansieringskilde	1995	1996	1997	1998	1999
FiD	1 300	1 500	1 500	1 500	1 500
LD	1 000	2 000	2 000	2 000	1 600
MD	1 700	3 000	4 000	6 500	6 400
Totalt	4 000	6 500	7 500	10 000	9 500

Søknadsmassen (i mill kr) og prosentvis tilslag har for de ulike årene vært lik:

	1995	1996	1997	1998	1999
Søknadsbeløp	19,2	38,7	47,3	52,6	32,9
Prosentvis tilslag	0,21	0,17	0,16	0,19	0,29

2.3 NYE PROBLEMSTILLINGER UNDERVEIS

Etter et par år gjennomgikk programstyret prosjektporteføljen i forhold til programnotatet. En merket seg at det var behov for større satsing innen studiet av miljøgiftenes virkning på samfunn og populasjonsdynamikk. I tillegg var det gjort få undersøkelser på hvordan store temperatursvingninger påvirker miljøgifter. Programstyret ønsket generelt å legge mer vekt på feltundersøkelser, men innså klart de mange praktiske problemer dette medfører. Det var imidlertid ønskelig at konklusjonene fra mekanistiske studier og studier på laboratoriedyr kunne overføres til økologisk viktige nøkkelarter. Det var også klart at gentoksikologiske studier og flergenerasjonsstudier manglet. Flergenerasjonsstudier ble initiert for invertebrater utsatt for plante og soppsmidler.

Blant organiske miljøgifter var det flere stoffgrupper som en fremdeles manglet god kjennskap til. Dette gjaldt halogen-substituerte parafiner, tensider, bromerte flammehemmere, klorerte alkylbenzener, organiske tinn-forbindelser og ftalater, stoffer som er høyt fokusert av myndighetene. Programstyret var derfor åpne for undersøkelser av «nye miljøgifter» som måtte være et potensielt problem for Norge. På grunnlag av dette tok en initiativ til å satse på klorerte parafiner, muskliknende stoffer, og til populasjonsdynamiske modellstudier.

2.4 TILTAK OG KONFERANSER

For å starte opp programmet raskt ble det bedt om skisser fra forskermiljøene som

ble brukt til å starte programmet. Etter første søknadsfrist ble så disse evaluert og ført videre på ordinært vis. Programmet ble hovedsakelig basert på søknader fra fagmiljøene. I et par tilfeller tok programstyret opp kontakt med et par fagmiljøer for å få etablert en aktivitet på nye miljøgifter.

Det ble avholdt forskermøter av tre dagers varighet hvert av de første årene med presentasjon fra alle prosjektene. Det hadde den hensikt at en ville sikre seg at aktiviteten var høy allerede fra starten av. På disse møtene hadde en også invitert utenlandske forskere til å belyse enkelte problemstillinger. Disse problemstillingene var «biomarkører», «naturlige klororganiske stoffer i naturen» og «jordtoksikologi».

Deltagelsen i programmet var god både fra universitet og institutter. Det ble gjort et forsøk på å selge prosjekter til industrien uten at dette ga annet enn marginal økonomisk uttelling. Økotoksikologiprogrammet så ingen problemer med å bli inkorporert i ProFo.

2.5 STERKE OG SVAKE SIDER VED PROGRAMMET

Selv om Økotoksprogrammet i MU sammenheng var et relativt stort program så var det et betydelig gap mellom det som kan gjennomføres i programmet og de forslag som var framsatt i det opprinnelige programutkastet. Dette skyldes i første rekke økonomi. Sammenlagt hadde en til rådighet i programmet 37 millioner kroner mens en hadde en søknadsmasse tilsvarende 190 millioner kroner. Av søk-

nadsmassen kan en si at 90% tilfredstilte kravene til vitenskapelig kvalitet og relevans. Tilslagsprosenten var i gjennomsnitt lik 20%.

Innenfor programmet har en del av midlene gått til forskning på nivået og virkningen av PCB på økologisk viktige arter. Vitenskapelig sett må denne brede satsingen sies å ha blitt en suksess. En har kunnet trekke en del viktige konklusjoner om virkningen av PCB.

Videre bør en kunne ta med i betraktningen at forskningsstrategi og metodikk brukt på PCB kan overføres til andre organiske miljøgifter. Alternativet hadde vært å gjøre noe på en rekke miljøgifter. En hadde da antagelig følt at innsatsen hadde vært utilstrekkelig og ikke kunnet trekke noen sikre konklusjoner. Likevel har en startet opp arbeidet med klorerte parafiner og musklignende stoffer. Det er viktig at arbeidet med nye miljøgifter videreføres i ProFo.

Det var relativt sett mindre interesse i forskningsmiljøene for virkning av metaller. En har studert mekanismer for at dyr (fisk) kan tilpasse seg høye metallnivåer. Selv om en har hatt prosjekter med frigjøring av metaller fra sediment gjenstår viktige problemer som virkning av metaller i sjøsedimenter og tålegrenser av metaller i sediment og grunn. Den normale forekomst av metaller i grunnen viser at det her ikke er noen 0-grense slik en kan sette for organiske miljøgifter.

Økotoksprogrammet hadde få studier på samfunnsnivå og ingen på økosystemnivå. Disse typer studier krever en massiv innsats og dermed betydelige ressurser. En diskuterte i programmet om en skulle velge et område i Norge for en multidisiplinær undersøkelse av miljøfaktorer. Ideen overlates til senere programstyrer.

Biomarkører er et viktig forskningsfelt. Det har vært flere forslag til slike markører og programmet har også tatt initiativet til en større diskusjon om emnet. Det ble imidlertid klart, blant annet fra prosjekter i programmet, at den naturlige bakgrunn-

saktiviteten varierte sterkt og gjør bruk av mange markører lite egnet.

I dag er de fleste økotokstester som anvendes, standard OECD tester, men det er fortsatt begrensninger for tilgjengelighet av terrestriske tester. Økotokstester anvendes innen offshore-industrien der det foregår hurtig utskifting av de hjelpestoffer som anvendes. Ellers fikk en i programperioden inntrykk av at disse ble lite brukt av forvaltningen eller av annen industri. En har i programmet studert bruken av meitemark, som internasjonalt betraktes som en sterk kandidat til terrestriske tester. Det har også blitt laget en kritisk vurdering av meitemark til slike tester.

Tålegrenser er et viktig politisk verktøy. Det ble utført et solid arbeid i programmet med hensyn på aluminium og skog.

3 Faglige resultater fra programmet

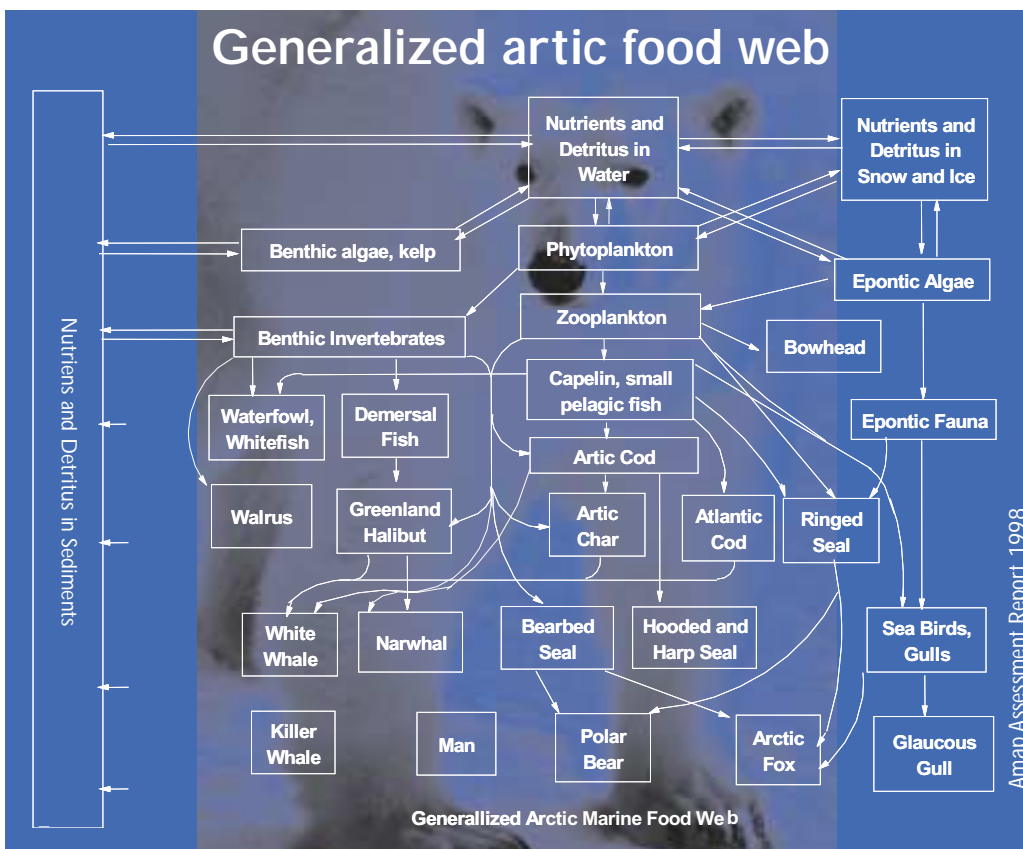
3.1 KLORERTE ORGANISKE FORBINDELSER

PCB tilhører gruppen av lipofile, persistente miljøgifter. PCB består av 209 ulike kongenerer, og til praktiske formål har det alltid vært brukt en blanding av disse kongenerene. PCB er meget stabile og ble tidligere ansett som lite toksiske. De ble blant annet brukt i transformatorolje, som smøremiddel og i maling, plast og lim. PCB finnes i dag i forhøyede konsentrasjoner i alle norske havner. I dag er PCB forbudt brukt i de fleste land.

PCB er i dag ansett som en viktig miljøgift fordi den brytes meget langsomt ned i naturen og fordi den viser seg å være meget bioakkumulierende. PCB finnes

konsentrert i de polare områder og det finnes høye konsentrasjoner i arktiske predatorer som isbjørn, sel, polarrev og polarmåke (Figur 1). En finner også høye konsentrasjoner i arktisk røye og ørret. Internasjonalt har interessen om PCBs giftvirkning på mennesker vært konsentrert om dens evne til å indukere enzymaktivitet av enzymgruppen cytokrom P-450 i lever, gjennom den såkalte Ah reseptoren. Dette er den samme virkningen som dioksin har, og spiller en viktig rolle i utviklingen av kreft. Denne virkningen skyldes de såkalte «flate» PCB-kongenerene (uten klor i ortho-stilling).

Tidligere trodde man at det kun var dioksin-lignende PCB-forbindelser som kunne true miljøet, dvs. de PCB-kongenerene



Figur 1. Næringsnett i arktiske strøk. Det er mange trofiske nivåer og topp-pedatorene i det marine næringsnettet i arktis. Dette, og den store betydningen av fett, gir grunnlag for en høy oppkonsentrering av fettløslige persistente miljøgifter. Figuren illustrerer også kompleksiteten til studier på økosystemnivå.

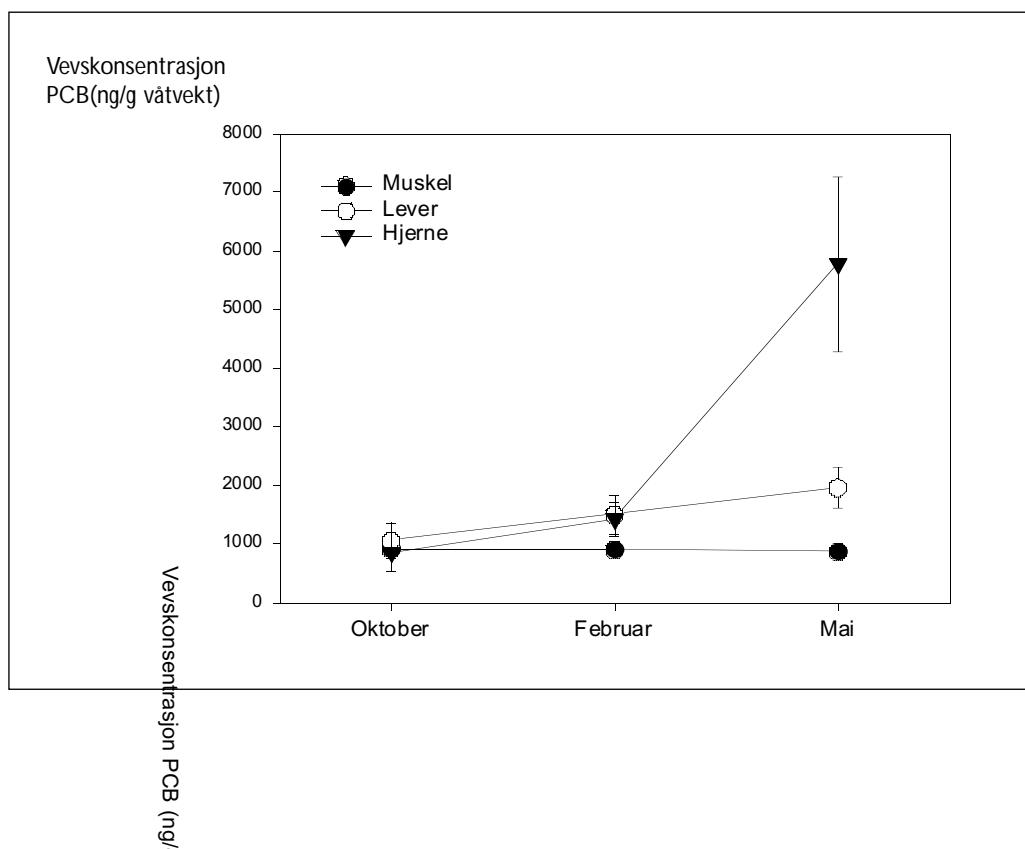
som har samme virkningsmekanisme som dioksin og som har «flat» struktur. Et studie av struktur og aktivitet viste imidlertid at mange (176) av PCB-forbindelsene med «ikke-flat» struktur hadde effekt. En fellesnevner er at alle disse har klor i orthoposisjon i molekylet. I alle organismer er det de ikke-flate PCBer som dominerer. For å bestemme miljørisikoen til PCB har man til nå benyttet noe som kalles toksisitets ekvivalente faktorer (TEF). Da dette systemet kun tar hensyn til PCB med «flat» struktur, er det mulig at miljørisikoen til PCB er underestimert og ensidig.

Imidlertid finner en høye nivåer av de andre PCB-kongenerene som kalles «bulkete» eller orthoklorerte PCBer. Disse mistenker en for å ha andre skadelige virkninger som svekket immunsystem (nedsatt forsvar mot infeksjoner) og nevrotoksisitet (skade på nervesystemet med svekket læring og hukommelse). Det hersket stor usikkerhet om disse virkningene spiller en viktig rolle for det arktiske økosystem. I programmet har en derfor fokusert på slike virkninger av PCB på arktiske dyrearter. Et vesentlig moment har vært å studere dyr med ulik PCB-belastning i sitt naturlige miljø. En har vist at det finnes svært høye konsen-

trasjoner av PCB i fettlaget til isbjørn, polarmåke, sel og polare fiskearter. Et overraskende funn er at PCB-nivået i vår del av Arktis er høyere enn i andre deler av nordområdet. Som eksempel kan nevnes at det har vært hevdet at nivået av PCB hos isbjørn er 6 ganger høyere i Norge enn i Canada og 3 ganger høyere enn i Alaska. Videre er det påvist høye og meget varierende nivåer hos polarmåke avhengig av hekkeplassen og antagelig den tilgjengelige næring. En har også kunnet sammenlikne den toksiske virkningen av PCB på to populasjoner av gråsel med henholdsvis høyt (fra Estland, Østersjøen) og lavt nivå av PCB (Sør-Trøndelag). I denne sammenheng bør det også nevnes at en har funnet en god sammenheng mellom nivået av PCB i blodet hos både sel og polarmåke og nivået i andre organer i kroppen. Under perioder med lite tilgang på føde er dette imidlertid ikke lenger riktig. Dette har selvsagt praktiske konsekvenser for prøvetaking i felt.

Giftigheten til PCB og følsomheten til ulike arter og til ulikt vev er ikke bare et spørsmål om den totale mengde PCB i dyret, men også om de økofysiologiske prosesser knyttet til deponering og mobi-

Figur 2. Figuren representerer data fra et eksperimentelt forsøk med sjørøye, som ble innfanget idet den vandret fra sjø til ferskvann i juli, og holdt i kar gjennom vinteren. Fisken ble gitt en dose PCB i august (den fikk ikke mer PCB deretter) og den ble sultet gjennom hele forsøksperioden. Sulting ble gjennomført for å etterligne den naturlige biologien til sjørøye, som ikke spiser i løpet av sitt vinteropphold i ferskvann. Figuren viser hvordan konsentrasjonen av PCB endret seg i muskel, lever og hjerne i løpet av vinteren. I samme periode skjedde en kraftig økning i den biologiske aktivitet til PCB, da leverens CYP1A enzymaktivitet økte fra svært lave verdier i oktober (sammenlignbart med ikke-kontaminert røye) og til en sterk induksjon (12 gangers økning) i mai.



lisering av fett. Dette er viktig ved de sesongmessige variasjonene i fettdepoter hos dyr og fisk generelt. Hos fisk og sjødyr har en i programmet vist en markert omfordeling av PCB fra fettvev og til følsomt vev som lever, hjerne og nyre når fett mobiliseres. Dette er illustrert i Figur 2. Denne omfordelingen har stor betydning for hvorvidt og i hvilken grad sub-letale belastninger av PCB har negative effekter på individer og populasjoner. Forsøk som er utført på arktiske fiske arter, viser klart at fisk under utvandring, som er i en kritisk livsfase, tømmer fettlagrene. Dermed skjer det en omfordeling av PCB til følsomme organer. Likeledes har en funnet at fettlaget hos polarmåke etter klekking synker, og det skjer da en omfordeling av PCB fra fett og til følsomme organer. Til eksempel har en funnet at innholdet i hjernen øker opptil ti ganger under slike forhold. Vi kan derfor slutte at dette fenomenet også vil kunne skje hos andre arktiske arter som isbjørn.

Det er ikke lett å gi en fullgod forklaring på hvordan PCB påvirker polare dyrs evne til å overleve. PCB kan påvirke reproduksjonsprosessen, og det kan forkorte den fruktbare livssyklusen. I tillegg har en i Norge funnet økt spontan død hos eldre dyr som fremdeles er kjønnsmodne. Disse funnene kan tyde på at dyr i polare områder ikke lever ut sin kjønnsmodne alder. En er nå i ferd med å se på hvordan PCB påvirker fruktbarheten. Foreløpig har en sett at PCB påvirker nivået av kjønns hormonet progesteron og at testikkelstørrelsen hos hannedyr er noe redusert. Videre finner en at klorerte organiske forbindelser og plantevernmidler synes å redusere nivået av testosteron hos handyr. En interessant observasjon er at «flate» PCBer fører til økt andel hunnkjønner.

Videre har en i programmet fått flere bevis for at PCB nedsetter vårt immunforsvar. Således har en funnet at tallet på parasitter i polarmåker øker med konsentrasjonen av PCB. En har videre funnet at selunger i Østersjøen, som har høyt inn-

hold av PCB, er svært utsatt for parasittinfeksjoner, og har en ekstremt høy dødelighet. Dette kan tyde på at infeksjonsforsvaret hos polare dyr er nedsatt på grunn av PCB. Videre er det en negativ sammenheng mellom PCB-innholdet hos isbjørn og innholdet av immunoglobulin G (IgG). Lignende observasjoner har vært gjort under programmet for sel i Estland. Dette immunoglobulinet er ansvarlig for dannelsen av komplement ved antigenangrep, dvs at dyrets evne til å danne antistoffer mot infeksjoner er nedsatt. Dette er videre bekreftet ved å utsette isbjørn for ulike typer virus (som ikke vil infisere isbjørnen), og det viser seg at PCB hemmer isbjørnens evne til å danne antistoffer mot disse. Dette er et meget sterkt signal om at infeksjonsforsvaret hos isbjørn er nedsatt. Disse undersøkelsene er gjentatt under kontrollerte forhold med geiter eksponert for ortho-klorerte PCBer. De viser at geitekje har en lavere konsentrasjon av IgG like etter fødsel. Geitekjeene viste også lavere antistoffmengde dersom de selv ble vaksinert.

Det generelle immunforsvaret hos dyr er avhengig av hvite blodceller som blir hemmet av PCB. En har funnet at PCB inaktiverer hvite blodceller slik at de mister evnen til å drepe mikroorganismer (bakterier og virus). Dette er påvist i programmet ved bruk av humane celler og celler fra sel. Videre viste forsøkene med kje at mengden og typen av hvite blodceller er forandret etter eksponering for PCB. Dette er imidlertid ikke bekreftet for polarmåker og isbjørn. Det kan ha den naturlige forklaring at en ikke har hatt nok tilgjengelig materiale.

Man har i tillegg studert en rekke blodparametere i to selstammer og funnet at to meget viktige parametre for utvikling er nedsatt, nemlig retinol- og thyroïd hormonet.

Dyrs atferd kan forandres av PCB. Både internasjonalt og under programmet har en funnet at dyr og mennesker utsatt for lave konsentrasjoner av PCB har nedsatt læreevne. Polarmåken er en stedsbundet

art, men det er vist under programmet at det er en klar negativ korrelasjon mellom polarmåkenes evne til å returnere til kolonien og innhold av PCB i blodet. Dette kan skyldes en effekt på nervesystemet. Dette vil også kunne ha betydelige konsekvenser for overlevelse og formeringen. Nedsatt læring har vært satt i forbindelse med nedsatt innhold av signalstoffet dopamin i hjernen. I programmet har en funnet at lagringen av dopamin i hjernen er selektivt nedsatt, og dette kan være en medvirkende årsak til at PCB påvirker hjernens funksjon og derved påvirker dyrenes atferd. En annen effekt er at PCB fører til produksjon av frie radikaler i isolerte nerveender fra hjerne. Dette betyr at PCB i hjernen kan føre til tap av nerveceller og at dette igjen kan lede til svekket læreevne. Ikke minst er det viktig at en har påvist en rekke signalveier i hjernen som blir påvirket av PCB. Alle disse funn kan ha betydning for å forstå de læringsproblemer en har sett hos dyr som er utsatt for store mengder PCB.

Konklusjon

Det er gjort 4 oppsiktsvekkende funn av PCB i dyr som lever under sine normale økologiske forhold: (1) Man har funnet under hvilke tilstander og på hvilken måte det skjer en omfordeling av PCB fra fettlag og til de mer sensitive organene i kroppen, (2) Det er funnet tydelige tegn på svikt både i det generelle og det spesielle immunsystemet, (3) Det er funnet parametere som kan forklare skade på nervesystemet og derved ugunstige forandringer i dyrenes atferd, (4) Hormonbalansen som spiller en viktig rolle for en normal utvikling er forandret. I tiden fremover er det av betydning at disse funnene blir enda bedre underbygd, slik at de kan bli et slagkraftig middel i arbeidet med å hindre videre spredning av PCB.

Disse funnene har konsekvenser langt videre enn bare virkningen av PCB. I Arktis finnes en rekke andre relativt stabile og lipofile stoffer som DDT, Toxafen og de nye bromerte flammehemmende midlene. Flere av konklusjonene nevnt

over kan sannsynligvis overføres til disse stoffene. Enda viktigere er det at den forskningsstrategi og metodikk som er utviklet for studier av PCB, også kan anvendes på disse stoffene.

3.2 HORMONHERMERE

Flere menneskeproduserte kjemikalier som slippes ut i miljøet, kan ha hormonforstyrrende virkning på dyr og mennesker. Hormonforstyrrende miljøgifter er stoffer som kan etterligne organismens egne hormoner eller forstyrre nivåene av disse i kroppen. Stoffer som etterligner det kvinnelige kjønnshormonet østradiol, har fått særlig stor oppmerksomhet fordi de kan forårsake feminisering hos hannedyr og true den maskuline fruktbarhet. I flere prosjekter har vi undersøkt om fisk i Norge kan være påvirket av slike stoffer og mekanismen for hvordan slike stoffer virker på cellenivå. En har funnet at fisk som eksponeres for utslipp fra kloakkrensingsanlegg eller oljeraffineri får slike hormonforstyrrelser. Det første er et funn som samsvarer med det som er funnet internasjonalt. En mener i dag at dette særlig skyldes naturlig utslipp av østrogen. Det andre funnet har vakt stor interesse, men en har ikke identifisert de(n) aktive komponent(ene).

Aktuelle kjemikalier som kan forårsake denne virkningen i utslipp, er alkylfenoler og ftalater. Ftalater brukes bl.a. som mykgjørere i plastprodukter, og alkylfenoler har tidligere inngått i vaskemidler (bruken er nå regulert). Bruk av alkylfenoltoksilater, som ved nedbryting danner alkylfenoler, ble forbudt brukt i Norge 1998 og er derfor ikke lenger i bruk på norske oljeinstallasjoner. Naturlig forekommende alkylfenoler i produsert vann slippes ut uten restriksjoner. I laboratoriestudier under programmet har en funnet at alkylfenoler, men ikke ftalater, virker som kjønnshormonet østrogen. Alkylfenoler kan i de konsentrasjoner vi finner dem i naturen, forstyrre hormonbalansen hos fisk. En annen viktig konklusjon er at det er lite trolig at ftalater i miljørealistiske

konsentrasjoner vil påvirke frittlevende fisk i naturen.

Det er også frembrakt omfattende resultater fra akvarieforsøk der fisk er blitt eksponert for forskjellige mengder og blandinger av ulike miljøgifter. Særlig har nonylfenol, en alkylfenol, blitt undersøkt. Andre stoffer som er blitt undersøkt er sprøytemidler som DDT og lindan, tilsetningsstoffer i lakk og maling som bisfenol A, og den utbredte miljøgiften PCB (polyklorerte bifenyler). Forskning finansiert av programmet har vist at både kjønnsmoden hannfisk og umoden fisk reagerer hormonelt på disse miljøgiftene med å produsere eggeplommeprotein (vitellogenin) og eggeskallsprotein, proteiner som normalt bare lages hos kjønnsmoden hunnfisk.

En har også klonet, sekvensert og studert genene som regulerer disse proteinene og deres reseptor. Hos hunnfisk kan slike reaksjoner føre til redusert eggkvalitet og lavere klekkesuksess, skader som i verste fall kan påvirke hele fiskebestandens formeringsevne. Kunnskap om hvilke mekanismer som ligger til grunn for slike effekter er derfor viktig og har vært i programmets fokus. Tester for å påvise disse responsene hos fisk er utviklet under programmet. Disse vil være nyttige verktøy i miljøovervåking rettet mot hormonforstyrrende stoffer.

Det har vært fokusert på flere ulike reseptorer som aktiveres av miljøgifter. Østrogenreseptoren og aryl-hydrokarbonreseptoren (AhR, dioksinreseptor) er begge cellekjerne-reseptorer med funksjon som transkripsjonsfaktorer (stimulerer til mRNA-syntese) etter binding av ligand. Studier av disse reseptorene vil kunne bidra til forståelsen av virkningsmekanismerne for langtidseffekter av miljøgifter som kan etterligne hormoner, eller blokkere signalveier for naturlige hormoner.

Deler av disse reseptorene er isolert fra laks i form av isolerte gener og komplementær DNA til mRNA. Det isolerte DNA er brukt som prober sammen med andre relevante isolerte DNA-fragmenter i

forskjellige studier av effekter av østrogene og antiøstrogene miljøgifter. Forsøkene er delvis utført på umoden fisk (laks) og celler i kultur. Erfaringene med celler i kultur indikerer at det skal være mulig å konstruere et system hvor sammenhengen mellom de forskjellige reseptorene sine egenskaper i genregulering, skal kunne studeres og kanskje kunne videreutvikles til et testsystem for slike stoffer.

Et viktig poeng som er demonstrert gjennom studiene, er at disse stoffene i prinsippet ikke er giftige i egentlig forstand, fordi deres skademekanismer strider mot allmenhetens forståelse av ordet «giftig». Hos flere dyrearter er det rapportert om forstyrrelser i formeringsevne, fruktbarhet eller andre faktorer som kan påvirke disse enten direkte eller indirekte og som kan knyttes til skadelige små/kroniske nivåer av slike miljøgifter. Dermed er siste kapittel i forskningen omkring hormonforstyrrende miljøgifter langt fra skrevet.

Konklusjon

En har påvist østrogenlignende stoffer i utslipp fra kommunale kloakkanlegg, men dette skyldes i all vesentlighet utslipp av naturlig østrogen. Det er påvist østrogenlignende effekter av alkylfenoler, PCB og DDT. Slike stoffer fører til dannelse av eggeskallprotein og eggeplommeprotein hos hannfisk, en klart unaturlig respons. En kjenner enda ikke den praktiske konsekvens av disse funnene. Imidlertid er det basert på disse funn utviklet og kommersialisert tester for slike effekter i Norge.

3.3 METALLER

Metaller forekommer naturlig i alt jordsmonn, og det er derfor vanskelig å skille mellom naturlig forekommende og antropogene metaller. I toksikologisk sammenheng har en gjerne fokusert på former av kvikksølv, bly og kadmium. Tradisjonelt blir disse metallene bundet til metallothionin som er et protein med sterk affinitet til metaller.

I forbindelse med sur nedbør og skogdød fokuserer en særlig på aluminium som kan bli frigjort fra jordsmonn og sedimenter, og være ansvarlig for fiskedød og skogdød. Videre er binding og frigjøring av spormetaller fra sjøsedimenter et område der en har manglet kunnskap.

Aluminium

Målet for prosjektet var å øke kunnskapsnivået som tålegrenseberegninger for skog baseres på. For første gang ble nøkkelan-tagelsen, nemlig at aluminium har skadelige virkninger på trær, testet i tilnærmet naturlige forhold med voksne trær. Resultatene av dette eksperimentet er av betydning for 'validering' av skogens tålegrenser, dvs at det empiriske grunnlaget for tålegrenser er blitt testet. Mangelen på empirisk grunnlag for skogens tålegrenser har blitt påpekt lenge, senest i Critical Load Conference 1999 (København) og Acid Rain 2000 (Japan). I tillegg har det vært fokus på hvordan løselighet av aluminium beskrives på best mulig måte, slik at det er mulig å forutsi effekten av sur nedbør på aluminiumskonsentrasjoner i sur skogsjord. Også dette er viktig for å kunne beregne tålegrenser for sur nedbør i skog.

Aluminium som er en vanlig bestanddel i jordsmonnet, blir løst opp av sur nedbør. Dette fører til økte mengder av aluminium i jordvann, som trærne tar opp næringsstoffer fra. Hittil har man antatt at aluminium er giftig for trær, fordi studier med småplanter har vist at aluminium setter seg på rotoverflaten og hindrer opptak av viktige næringsstoffer og sunn rotvekst. Den antatte giftigheten av aluminium for trær har ført til frykt for at sur nedbør vil føre til omfattende skogdød i store deler av Europa. Spørsmålet i prosjektet om aluminiums virkning i skog, er om denne giftige virkningen av aluminium kan spores opp i naturlig skog med voksne trær. Derfor tilførte en aluminium - i varierende doser fra lav til høy - til en granskog som ikke var forurenset fra før. Etter tre år (med tilførsel av aluminium) viser våre målinger at trærnes helsetilstand og rot-

vekst ikke har endret seg. Opptaket av magnesium har derimot gått noe ned etter tre års behandling, antageligvis på grunn av at aluminium hemmer opptak av magnesium på rotoverflaten.

Resultatene viser at storskala skogdød i Norge på grunn av aluminiumsforgiftning ikke er sannsynlig, men at næringsstatus i trær kan bli svekket ved høye konsentrasjoner. Tilførselen av aluminium blir fortsatt i 2000 og 2001, slik at langtidsvirkninger av aluminium kan bli testet.

Spormetaller i sjøsediment

Marine sedimenter som en kilde til enten lagring eller frigjørelse av spormetaller er blitt undersøkt ved hjelp av absorpsjons- og desorpsjonsekspirer. En har fokusert på cesium, kobolt og kadmium med sedimenter fra Karahavet (Stepovogofjorden) hvor det er store mengder radioaktivt avfall. For å studere dette har en benyttet seg av modeller for å studere sorpsjon/desorpsjon i sjøvann-sedimentsystem

Resultatene viser at sedimentet under oksidative forhold virker som et lager for koboltjoner mens cesium- og kadmiumioner over flere år går i likevekt med sedimentet og blir irreversibelt eller langsomt reversibelt bundet til sedimentet. De radioaktive isotopene er sterkt bundet til sedimentet fra Stepovogofjorden og vil bare frigjøres ved sterk omrøring. Bunnlevende organismer som blåskjell vil kunne være sårbare for opptak av radioaktivitet og spormetaller i sedimenter fra Stepovogofjorden.

Metallforurensning i elvefar fra gruver – konsekvenser for fisk

Under våre klimatiske forhold kan vi ofte få dramatiske forandringer i graden av forurensning i bekkeløp på grunn av forandringer i vanntilførsel. Dette kan føre til episoder av høy og lav konsentrasjon av metaller. I to elvefar fra Rørosområdet har en sett på atferden til ørret i skiftende forhold med kopper og kadmium/sink konsentrasjoner. Ørreten blir beskyttet ved å produsere metallothionin som binder og

derved uskadeliggjør disse metallene. Forsøkene viser at innholdet av metallothionin i lever og nyre reflekterer metallforurensningene i vannet. Kopper-metall-othionin var særlig lokalisert til lever, mens kadmium-metallothionin ble funnet i både lever og særlig i nyre. Når fisk fra bekke drag forurenset med kadmium ble flyttet til et kopperforurenset bekke drag, ble kadmium lett bundet opp i metallothionin og andre proteiner, mens kopper ble utskilt.

Konklusjon

Det har vært mindre forskningsmessig interesse for metallenes enn for de klorerte hydrokarboners toksikologi. Dette skyldes nok at metaller er en del av den naturlige bakgrunn som vi er omgitt av. De problemene som er tatt opp, er viktige. Aluminiums betydning for sur nedbør og for skogdød er et viktig forskningsfelt i Norge. Resultatene viser at omfattende skogdød i Norge på grunn av aluminiumsforgiftning ikke er sannsynlig, men at næringsstatus i trær kan bli svekket ved høye konsentrasjoner. Videre har en studert frigjøring av metaller fra sediment til sjøvann, et problem av interesse for en rekke av våre fjorder. Utslipp av metaller blir tatt opp i fisk som røye og ørret. I programmet har en sett på hvordan disse håndterer metall forurensninger ved å binde dem til proteiner som metallothionin.

3.4 PLANTEVERN MIDLER

Plantevernmidler er i utgangspunktet meget artsspesifikke kjemiske forbindelser som ikke bør ha skadelige virkninger på arter som de ikke er laget for. De skal heller ikke spre seg i naturen og forurense utenfor det området det er beregnet på. Innen feltet plantevernmidler har en valgt ut noen soppmidler der en har vært usikker på disse forholdene. Et av disse var soppmidlet propikonazol. Propikonazol blir så sterkt bundet i jord at midlet beveger seg lite nedover i jordprofilen. Risiko for avrenning til grunnvann og dreisvann er av forvaltningen antatt liten. Feltforsøk

under dette programmet har vist at propikonazol i erosjonsutsatte områder transporteres ut i vassdragene i slike konsentrasjoner at det er risiko for utilsiktede effekter på spesifikke alger. I noen tilfeller er propikonazol også funnet i grøftevann. En mulig forklaring på dette transportmønsteret er makroporestrømning, hvor propikonazol bundet til det kolloidale materiale følger vannstrømmen gjennom makroporene og ut i grøftevannet. Timesprøver fra avrenningsepisoder på over ett døgn viste at det var liten variasjon i konsentrasjonen av propikonazol i løpet av avrenningsepisoden.

Gjennom ulike modeller med alger, fisk og invertebrater har en i programmet bekreftet at når partikkelbundet propikonazol ved erosjon kommer ut i ferskvann, blir det frigjort og fullt tilgjengelig for vannlevende organismer. Modelleksperimentene viste at tilsetning av organisk materiale (15 mg TOC/l) ikke reduserte biotilgjengeligheten verken av propikonazol, tiabendazol og aclonifen. For insektmidlet alfacypermetrin ble det derimot påvist at organisk materiale ga en signifikant reduksjon av biotilgjengeligheten målt som hemming av beiteaktiviteten hos *Daphnia*. Resultatene tyder på at organisk materiale i konsentrasjoner som er relevant i overflatevann bare har betydning for biotilgjengeligheten av meget lipofile plantevernmidler som f.eks. alfacypermetrin. Modelleksperimentene med biokjemiske målinger på ulike organismer viste at den biokjemiske responsen ikke ble redusert hos noen av de undersøkte midlene.

I programmet er det også sett på virkningen av soppmidlene fenpropimorf og propikonazol på diverse stadier av kålfly fordi disse ikke skal påvirke vekstene selv eller insekter i nærheten. Dosene som ble brukt ble valgt i forhold til anbefalt sprøytet dose. Forsøkene viste at larver som beiter på vekster sprøytet med soppmiddel kan få endret stoffskifte, vekst og atferd. De fysiologiske endringene avtar i styrke under livssyklusen, men forsinket utvikling, økt dødelighet og atferdsendringer, spesielt på et sårbart stadium i utvikling-

en, vil kunne ha kritiske konsekvenser for vekst og overlevelse av insektpopulasjoner på lengre sikt. Dette vil særlig være uheldig for sårbare og truede insektsarter. Like viktig er det at en har vist at soppmidler kan overføres gjennom næringskjeden; via sprøytet mat til et herbivort insekt (kålfly) og videre til predatorer som beiter på kålflylarvene.

Konklusjon

Det har vært fokusert på et av de mest brukte soppmidlene i Norge, nemlig propikonazol, både for å se på spredning gjennom grunnvann og virkning på arter det ikke er beregnet for. Forsøkene viser at middelet kan skade insektlarver og at den har skadelige virkninger på andre insekter som beiter på disse larvene. Forsøkene har derved vist at disse midlene kan transporteres oppover i næringskjeden.

3.5 FTALATER

Ftalater eller ftalsyre-estere er di-estere av 1,2-benzodikarboksylsyre. Ftalater er en stoffgruppe som benyttes som industrijemikalier innen en rekke områder. I alt er 18 ftalater oppført som kommersielt viktige forbindelser. Den årlige produksjonen på verdensbasis er estimert til 3-4 millioner tonn og er således en av de største gruppene industrijemikalier i bruk. Forbruket av ftalater ble i 1995 estimert til 7 000 tonn i Norge og 25 000 tonn i Sverige. Rundt 95% av ftalatene blir benyttet som myknere i polyvinylklorid (PVC). Ftalater er ikke kovalent bundet til polymermatriksen i PVC og kan derfor fritt diffundere fra plastmaterialet som kan inneholde opptil 40-60%.

Ftalater kommer ut i naturen under produksjon, ved utslipp under transport og håndtering av væskene og under produksjon av ftalatholdige produkter. Diffuse utslipp til naturen kommer fra bruk av materialer og etter deponering av materialer med ftalater. Plastmaterialer representerer rundt 10% av avfallet som genereres. Viktige kilder for diffus spredning er

avfallsdeponier, renseanlegg for avløpsvann og forbrenningsanlegg.

Spredning til vann kan foregå ved lufttransport, ved avløpsvann, og ved direkte utslipp. Ftalater har generelt sett lav løselighet i vann og sorberes og oppkonsentreres i vannsuspenderte partikler og sedimenter. For vannlevende organismer er akutt og kronisk toksisitet undersøkt for en rekke arter og trofiske nivåer. Det er funnet at disse effektene fortrinnsvis er begrenset til lavmolekylære ftalater med høy vannløselighet. Ftalater mistenkes også for å være kreftfremkallende i pattedyr og å ha innvirkning på reproduksjonssystemet. Effekter av dietylheksyl ftalat (DEHP) på pattedyr kan inndeles i kreftfremkallende effekter og effekter på reproduksjonssystemet, fortrinnsvis på hannedyr.

På grunn av meget høye produksjonsvolum av ftalater i snart 50 år, og fordi stoffene benyttes innen et vidt spekter av produkter, kan ftalater påvises i de fleste typer miljøprøver så som overflatevann, sedimenter, jord, drikkevann og matvarer. Alle produkter som inneholder ftalater kan betraktes som diffuse kilder av ftalater. Studier fra flere land har vist at ftalater, fortrinnsvis DEHP er tilstede i miljøet både i antropogene områder, men også i antatt uberørte områder. Det er vist at norsk avløpsvann kan inneholde opptil 400 µg/L DEHP. Det ble funnet at hovedbidraget kom fra husholdninger, og det ble beregnet at denne kilden bidro til 20 tonn pr år. På grunn av de store volumene DEHP i bruk og det store anvendelsesområdet blir det antatt at mennesker og miljø kontinuerlig eksponeres for DEHP og andre ftalater.

Abiotisk degradering av ftalater i miljøet gjennom f.eks. fotooksidasjon er meget lav. Mikrobiell degradering av ftalater er en kritisk prosess når det gjelder spredning og skjebne av stoffene i naturen. Generelt sett blir ftalater karakterisert som nedbrytbare under aerobe betingelser. Det er stor variasjon når det gjelder ulike typer ftalater. Ftalater med store grupper i side-

kjedene er mindre nedbrytbare enn ftalater med små grupper.

Lite er kjent om effekten av kaldt klima på degradering av ftalater og fordeling av ftalat-degraderende mikroorganismer. Sedimenter med forskjellig belastning av ftalater og andre miljøgifter ble undersøkt for ftalat-degraderende bakterier og deres evne til å degradere ftalater ved lav temperatur. Resultatene viste at ftalat-degraderende-bakterier var tilstede i alle sedimentene, men det var stor variasjon i størrelsen på populasjonene. Resultatene tyder på at det er forskjellige populasjoner som metaboliserer ftalaten dietylftalat (DEP), butylbenzyl ftalat (BBP) og DEHP. I sedimenter som var blitt eksponert for ftalater i flere år hadde det foregått en anrikning av ftalat-degraderende bakterier.

Under aerobe betingelser ved 20°C ble ftalater raskt brutt ned når det ikke var andre begrensninger som næringssalter og tilgjengelighet av ftalater. Når temperaturen ble redusert til 7°C ble maksimum 30% nedbrutt i samme tidsrom. I norsk klima vil det kun være en kort periode av året der temperaturen stimulerer høy nedbryting av ftalater. Samtidig vil det normalt være begrensninger på næringssalter.

I naturen vil en rekke parametre innvirke på fordelingen av ftalater mellom sediment, oppløst organisk stoff og vannfasen. Binding til jord, sedimenter og suspendert stoff er ikke lineær i forhold til konsentrasjonen av ftalater og varierer i stor grad med typen jord eller sedimenter. Det er kjent at ftalater akkumuleres i sedimenter og bindes sterkt til organisk materiale. Nedbryting av ftalater under anaerobe betingelser skjer mye langsommere enn når oksygen er tilstede. Uten oksygen er nedbrytingen så lav at temperaturreduksjonene som ble undersøkt ikke så ut til å spille noen vesentlig rolle.

Konklusjon

Det er flere forhold som tyder på at ftalater i et norsk naturmiljø vil være mer per-

sistente for nedbryting enn i mer tempererte områder, slik at spredning og eksponering overfor levende organismer vil øke. Videre ble det også funnet at det kan akkumuleres metabolitter av ftalater som man i liten grad kjenner effekten av.

4 Behov for videre innsats

Det er viktig at arbeidet med nye miljøgifter videreføres i ProFo. Stabile miljøgifter med høyt kokepunkt synes å ha en evne til å konsentreres i nordlige områder. Dette arbeidet bør omfatte både måling av nivåer i norsk natur og en grundig undersøkelse av effekter. I denne sammenheng bør en merke seg at genomics og proteomics er teknikker som vekker betydelig interesse i internasjonalt toksikologisk miljø. Det er viktig å vekke interessen blant økotoksikologer også for cellulære og molekylære mekanismer.

Detaljerte studier av forhold som for eksempel på Bjørnøya, kan gi verdifulle opplysninger om et økosystem med ulike grader av forurensning.

Hormonhermere er en gruppe stoffer som gir en markert fysiologisk respons, men der en vet lite om hvilke konsekvenser dette har for reproduksjon og overlevelse. En eventuell effekt på reproduksjon vil være viktig å få klarlagt.

Myndighetene har fokusert sin interesse på forurensninger av sedimenter både med metaller og klorerte organiske miljøgifter. Dette er et problem som synes å gjelde en rekke av våre fjorder og også havnebasenger. Hovedproblemet synes å være i hvilken grad og under hvilke forhold disse forurensningene er skadelige. Problemet har både en miljøkjemisk og en toksikologisk side.

Biomarkører eller tidlige markører for varsling av skader er fortsatt et viktig forskningsfelt, men det krever nytenkning. De fleste prosjektforslag har vært bygget over de samme gamle enzymatiske markører.



VEDLEGG 1: PROGRAMSTYRETS SAMMENSETNING

Fra opprettelsen av Forskningsprogram om økotoksikologi og fram til opprettelsen av ProFo hadde programstyret følgende sammensetning:

Forskningsjef **Frode Fonnum**
programstyrets leder
Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller

Seksjonssjef **Marit Kjeldby**
Statens forurensingstilsyn

Rådgiver **Else Marie Løbersli**
Direktoratet for naturforvaltning

Konsern spesialist **Erle Grieg Astrup**
Elkem

Avdelingsdirektør **Jannicke Utne Skaare**
Veterinærinstituttet

Professor **Karl Erik Zachariassen**
Institutt for Zoologi ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Professor **Lars Førllin**
Universitet i Gøteborg

Professor **Anders Sødergren**
Universitet i Lund

Førsteamanuensis
Inger Britt Falk-Petersen
Norges fiskerihøgskole

Avdelingsleder,
Dr. scient. **Amund Måge**
Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt
(til mars 1998)

Rådgiver **Tom Skyrud** ved
Norges forskningsråd har fungert som
koordinator for programmet.

VEDLEGG 2: PROSJEKTPORTEFØLJE

ORGANISKE KLORETE FORBINDELSER

- 1 Effekter av polyklorerte bifenyler (PCB) på nervesystemet
Ansvarlig institutt: Forsvarets forskningsinstitutt
Prosjektleder: Fonnum, Frode
Professor
Prosjektnr: 109119/720
- 2 Effekter av antropogene organokloriner på sjøfugl
Ansvarlig institutt: Norsk Polarinstitutt
Prosjektleder: Gabrielsen, Geir Wing
Forsker
Prosjektnr: 109120/720
- 3 Klorerte organiske miljøgifter i isbjørn på Svalbard. Forekomst, nivåer og effekter
Ansvarlig institutt: Veterinærinstituttet
Prosjektleder: Skåre, Janneche Utne
Professor
Prosjektnr: 110750/720
- 4 Biological effects of chronic low-level exposure to organochlorine contaminants on populations of grey seals
Ansvarlig institutt: Zoologisk institutt, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Prosjektleder: Jenssen, Bjørn Munro
Professor
Prosjektnr: 110754/720
- 5 Toksiske effekter av PCB-kongenere
Ansvarlig institutt: Norges Veterinærhøgskole
Prosjektleder: Ropstad, Erik
Professor
Prosjektnr: 112534/720
- 6 Populasjonsøkologiske effekter av PCB-forurensning: et studie av polarmåke
Ansvarlig institutt: Norsk institutt for naturforskning - Tromsø
Prosjektleder: Erikstad, Kjell Einar
Professor
Prosjektnr: 114198/720

- 7 Effekter av sesongmessige endringer i lipidstatus på omsetning og vevsfordeling av POPs hos anadrom laksefisk
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for naturforskning - Tromsø
 Prosjektleder: Jørgensen, Even Forsker
 Prosjektnr: 114263/720
- 8 Forekomst av organiske miljøgifter i marine organismer i dravis i Barentshavet; biokonsentrasjon og biomagnifikasjon
 Ansvarlig institutt: Norsk Polarinstitut - Tromsø
 Prosjektleder: Gabrielsen, Geir Wing Forsker
 Prosjektnr: 125683/720
- 9 Effekter av PCB på hormonelle mekanismer knyttet til sesongrelaterte, adaptive prosesser hos anadrom røye
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for naturforskning - Tromsø
 Prosjektleder: Jørgensen, Even Forsker
 Prosjektnr: 125688/720
- 10 Interaksjoner mellom organiske miljøgifter og fettsyrer i lagringsvev og blod hos sel
 Ansvarlig institutt: Norsk Polarinstitut - Tromsø
 Prosjektleder: Lydersen, Christian Forsker
 Prosjektnr: 125750/720
- 11 Immunrespons og klorerte organiske miljøgifter hos isbjørn
 Ansvarlig institutt: Veterinærinstituttet
 Prosjektleder: Skåre, Janneche Utne Professor
 Prosjektnr: 125693/720
- ke miljøgifter på reproduksjon hos fisk
 Ansvarlig institutt: Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen
 Prosjektleder: Walther, Bernt Professor
 Prosjektnr: 109130/720
- 14 Østrogenlignende stoffer i miljøet – biologiske effekter
 Ansvarlig institutt: Biologisk institutt, Universitetet i Oslo
 Prosjektleder: Reier Knudsen, Frank postdoktor
 Prosjektnr: 109133 /720
- 15 Effekter av østrogenhermende og østrogenhemmende kjemikalier på primær kjønnsutvikling hos fugl
 Ansvarlig institutt: ALLFORSK, Avd. for økotoksikologi
 Prosjektleder: Nybø, Signe Forsker
 Prosjektnr: 114637/720
- 16 Miljøgifter som hormonhermere, mekanismer for aktivering av aryl hydrokarbon reseptor og østrogen reseptor
 Ansvarlig institutt: Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen
 Prosjektleder: Male, Rune Førsteamanuensis
 Prosjektnr: 125692/720
- 17 Kvantitering av reproduksjonstoksikologisk virkning av xenobiotika med progesteron-lik aktivitet
 Ansvarlig institutt: Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen
 Prosjektleder: Walther, Bernt Professor
 Prosjektnr: 125765/720
- 18 Effekter av hormonforstyrrende miljøgifter på reproduksjon, atferd og hormonregulering hos en ferskvannsfisk
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for vannforskning
 Prosjektleder: Hylland, Ketil Forsker
 Prosjektnr: 125780/720

HORMONHERMERE

- 12 Estrogenic effects of environmental pollutants; Reproductive toxicology in fish
 Ansvarlig institutt: Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen
 Prosjektleder: Goksøyr, Anders Professor
 Prosjektnr: 109121/720

- 13 Langtidseffekter av persistente organis-

BIOMARKØRER OG TESTER

- 19 Lysproduserende bakterier – biosensorer for giftighetsmåling og påvisning av PAH-forbindelser

Ansvarlig institutt: SINTEF
 Prosjektleder: Brakstad, Gunnar
 Forsker
 Prosjektnr: 109117/720

Norges teknisk-naturvitenskapelige
 universitet
 Prosjektleder: Steinnes, Eiliv Professor
 Prosjektnr: 109134/720

20 Biomarkører for påvisning av effekter
 på meitemark
 Ansvarlig institutt: Biologisk institutt,
 Universitetet i Oslo
 Prosjektleder: Stenersen, Jørgen
 Professor
 Prosjektnr: 109132/720

26 Solubility controls and phytotoxicity of
 aluminium in forest ecosystems
 (Norway spruce)
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for
 skogforskning
 Prosjektleder: Mulder, Jan Forsker
 Prosjektnr: 110745/720

21 Planktonsamfunn som økotoksikolo-
 giske testsystemer
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for
 vannforskning
 Prosjektleder: Källqvist, Torsten
 Forskningsleder
 Prosjektnr: 110742/720

27 Naturlige variasjoner i toksiske spor-
 metaller i ferskvann og dyrs tilpasning-
 er til slike variasjoner
 Ansvarlig institutt: Zoologisk institutt,
 Norges teknisk-naturvitenskapelige
 universitet
 Prosjektleder: Zachariassen, Karl Erik
 Professor
 Prosjektnr: 110749/720

22 Primærkulturer av gjelle-epitelceller
 fra fisk som in vitro testsystem for mil-
 jøgifter
 Ansvarlig institutt: Biologisk institutt,
 Universitetet i Oslo
 Prosjektleder: Poleo, Antonio Bjørn
 Stefano Førsteamanuensis
 Prosjektnr: 114624/720

28 Mobile metaller i marine sedimenter
 og biotilgjengelighet av resuspenderte
 fraksjoner
 Ansvarlig institutt: Norges landbruks-
 høyskole
 Prosjektleder: Salbu, Brit Professor
 Prosjektnr: 110823/720

23 The effect of oil shale waste on the
 function of the olfactory organ in fish
 Ansvarlig institutt: Biologisk institutt,
 Universitetet i Oslo
 Prosjektleder: Døving, Kjell B.
 Professor
 Prosjektnr: 125690/720

29 Eksperimentell Cd-belastning - effekter
 av langtidseksponering på littorale
 populasjoner og samfunn
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for
 naturforskning
 Prosjektleder: Heggberget, Tor G.
 Forsknings sjef
 Prosjektnr: 114235/720

24 Terrestriske økotoksikologiske tester
 anvendt på komplekse blandinger -
 Grenseverdier for innhold av miljøgif-
 ter i veistøv
 Ansvarlig institutt: JORDFORSK
 Prosjektleder: Andersen, Sjur
 Forskningsleder
 Prosjektnr: 125760/720

30 Vurdering av biokjemiske og fysiolo-
 giske effekter av kadmium, arsen og
 kvikksølv eksponert via føde til fisk
 Ansvarlig institutt: Fiskeridirektoratets
 ernæringsinstitutt
 Prosjektleder: Måge, Amund Forsker
 Prosjektnr: 114526/720

METALLER

25 Tilstandsform og biotilgjengelighet av
 spormetaller og organiske miljøgifter i
 terrestrisk miljø
 Ansvarlig institutt: Kjemisk institutt,

31 Effekter av kronisk lavdoseeksponering
 for bly og kadmium på reproduksjons-
 satferd hos lirype
 Ansvarlig institutt: Norsk institutt for
 naturforskning

Prosjektleder: Pedersen,
Hans Christian Forsker
Prosjektnr: 125686/720

- 32 Sesongvariasjoner i metallbindende protein og toksiske spormetaller hos arktiske dyr

Ansvarlig institutt: Zoologisk institutt, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Prosjektleder: Zachariassen, Karl Erik
Professor
Prosjektnr: 125697/720

- 33 Utvikling av metalltolerans i perifyton-samfunn i metallforurensede vassdrag

Ansvarlig institutt: Norsk institutt for vannforskning
Prosjektleder: Källqvist, Torsten
Forskningsleder
Prosjektnr: 125775/720

- 34 Metall-spesiering i ektomykorrhiza ved bruk av mikro-røntgenspektroskopi

Ansvarlig institutt: Kjemisk institutt, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Prosjektleder: Berthelsen, Bjørn Ove
Postdoktorstipendiat
Prosjektnr: 125778/720

MODELLER

- 35 The ecotoxicology of blowflies - a study based on time series analysis

Ansvarlig institutt: Biologisk institutt, Universitetet i Oslo
Prosjektleder: Stenseth, Nils Chr.
Professor
Prosjektnr: 114632/720

- 36 A theoretical and experimental approach to the understanding of population dynamics of blowflies exposed to a toxin

Ansvarlig institutt: Biologisk institutt, Universitetet i Oslo
Prosjektleder: Stenseth, Nils Chr.
Professor
Prosjektnr: 125766/720

ANDRE MILJØGIFTER

- 37 Effekter av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i akvatiske miljøer

Ansvarlig institutt: Norges veterinærhøgskole
Prosjektleder: Ingebrigtsen, Kristian
Prosjektnr: 109135/720

- 38 Ecotoxicological considerations concerning nitro- and polycyclic musk compounds in the Norwegian environment

Ansvarlig institutt: NILU - Tromsø
Prosjektleder: Kallenborn, Roland,
Forsker
Prosjektnr: 125745/720

- 39 Biologisk nedbrytning, stabilitet og økotoksikologiske effekter av ftalater i kaldt klima

Ansvarlig institutt: Norges Geotekniske Institutt
Prosjektleder: Rike, Anne Gunn
Seniorforsker
Prosjektnr: 125785/720

OFFSHORE KJEMIKALIER

- 40 Toksisitetstesting av offshorekjemikalier, miljørisikovurderinger og EUs normer

Ansvarlig institutt: Aquateam
Prosjektleder: Arctander Vik, Eilen
Prosjektnr: 109471/720

PLANTEVERN MIDLER

- 41 Betydning av humus for biotilgjengelighet av plantevernmidler i ferskvann – videreutvikling av et testsystem

Ansvarlig institutt: Planteforsk
Prosjektleder: Eklo, Ole Martin
Prosjektnr: 110736/720

- 42 Kartlegging av langtidseffekter av langvarig, subletal miljøgifteksponering gjennom maten; flergenerasjonsstudium av kålfly

Ansvarlig institutt: Veterinærinstituttet
Prosjektleder: Egaas, Eliann
Seksjonsleder
Prosjektnr: 125687/720

VEDLEGG 3: PUBLIKASJONSLISTE

DOKTORGRADER

Arukwe A., (1998): Xenobiotic modulation of fish Endocrine systems: Molecular and biochemical studies of the estrogen- and Ah-receptor pathways in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Dr. Scient. Thesis. University of Bergen

Børretzen P., (2000): Mobility of Trace Metals and Radionuclides in Sediments and Bioavailability of Resuspended Particles. Dr. Scient. Thesis. Ås, ISBN 82-575-0447-5. 120 p.

Celius T., (1999): Hepatic aspects of fish oogenesis: Physiological or xenobiotic induction of zoonogenesis and vitellogenesis in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen

De Wit HA., (2000): Solubility and phyto-toxicity of aluminium in a forest ecosystem (Norway spruce) in Norway. Doctoral Thesis 2000: 14, Agricultural University of Norway, Aas, Norway.

Henriksen EO., (1999): Persistent organochlorine pollutants in two Arctic gull species: Levels and possible biochemical effects. Dr. Scient. Thesis. University of Tromsø. ISBN 82-90487-94-0.

Hønsi TG., (2001): Lysosomal fragility in earth worms. The development of acid phosphatase as a possible new biomarkers for heavy metal toxicity Dr. Scient. Thesis. University of Oslo

Moe S.J., (2001): A theoretical and experimental approach to the understanding of population dynamics of blowflies exposed to a toxin. Dr. Scient. Thesis. University of Oslo.

Olsvik PA., (2000): Biochemical impacts of Cd, Cu and Zn on brown trout (*Salmo trutta*) in two mining-contaminated rivers in Central Norway. Dr. Scient. Thesis, NTNU, Trondheim 2000

Tollefesen KE, (2001): Interaction of environmental estrogens with fish extra- and intracellular high affinity estrogen - binding proteins: Implications for the reproductive physiology of fish. Dr. Scient. Thesis. University of Oslo. 2001.

Voie ØA., (2000): Immuno- and neurotoxic effects of ortho-substituted polychlorinated biphenyls (PCB's). Dr. Scient. Thesis. University of Oslo

Doktorgradstudenter

Det er 4 doktorgradstudenter som ikke har innlevert enda.

ORGANISKE KLORETE FORBINDELSER

Internasjonale publikasjoner

Henriksen EO., Gabrielsen GW., and Skaare JU. (1996): Levels and congener pattern of polychlorinated biphenyls in kittiwakes (*Rissa tridactyla*), in relation to mobilization of body-lipids associated with reproduction. *Environ. Pollut.* 92: 27-37.

Henriksen EO., Gabrielsen GW., and Skaare JU. (1998): Validation of the use of blood samples to assess tissue concentrations of organochlorines in glaucous gulls, *Larus hyperboreus*. *Chemosphere* 37: 2627-2643.

Henriksen EO., Gabrielsen GW., Skaare JU., Skjeggstad N., and Jenssen BM. (1998): Relationships between PCB levels, hepatic EROD activity and plasma retinol in glaucous gulls, *Larus hyperboreus*. *Mar. Environ. Res.* 46: 45-49.

Henriksen EO., Brunström B., Skaare JU., and Gabrielsen GW. (1998): Bioassay-derived 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin equivalents and mono-ortho polychlorinated biphenyl concentrations in liver of glaucous gulls, *Larus hyperboreus*, from Svalbard. *Organohalogen Compounds* 39: 415-418.

Henriksen EO., Gabrielsen GW., Trudeau S., Wolkers J., Sagerup K., Skaare JU. (2000): Organochlorines and possible biochemical effects in glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) from Bjørnøya, the Barents Sea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 38: 234-243.

Herzke D., Kallenborn R. & Nygård T. (2001): Organochlorines in egg samples from Norwegian Birds of Prey: Congener-, isomer- and enantiomer specific considerations. *The Science of the Total Environment*, submitted for publication.

Jørgensen E.H., Johansen S.J.S., and Jobling M., (1997): Seasonal pattern of growth, lipid deposition and lipid depletion in anadromous Arctic charr. *J. Fish Biol.* 51: 312-326.

Jørgensen E.H., Burkow I.C., Foshaug H., Killie B., and Ingebrigtsen K., (1997): The influence of lipid status on tissue distribution of the persistent organic pollutant octachlorostyrene in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 118C: 311-318.

Jobling M., Johansen J.S., Foshaug H., Burkow I.C., and Jørgensen E.H., (1998): Lipid dynamics in anadromous Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): seasonal variations in lipid storage depots and lipid class composition. *Fish Physiol. Biochem.* 18: 225-240.

Jørgensen E.H., Bye B.E. and Jobling M., (1999): Influence of nutritional status on biomarker responses to PCB in the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquatic Toxicology*. 44: 233-244.

Jørgensen E.H., and Wolkers J., (1999): The effect of temperature on the time-dependent P4501A response after oral exposure to benzo(a)pyrene in winter- and summer-acclimated Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1370-1375.

Jørgensen E.H., Balm P.H.M., Christiansen J.S., Plotitsyna N. and Ingebrigtsen K., (2001): Influence of o,p-DDD on the physiological response to stress in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquatic Toxicology* 54 (3-4), 179-93.

Jørgensen E.H., Celander M., Goksøyr A. and Iwata M., The effect of stress on toxicant-dependent cytochrome P450 enzyme responses in the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Environ. Toxicol. Chem.* In press.

Kallenborn R., Burkow I.C., Schlabach M., and Jørgensen E.H., (1997): PCB and pesticide distribution in cod (*Gadus morhua*), sea trout (*Salmo trutta*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from the Norwegian Arctic. *Organohalogen Compounds* 32: 252-256.

Kristoffersen A., Voie ØA., Wiik P., and Fonnum F., (1999): Ortho-substituted biphenyls activate respiratory burst in granulocytes from humans. 19th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs. Dioxin 99. *Organohalogen Compounds*. 42, 495-500.

Sagerup K., Gabrielsen GW., Skorpung A., and Skaare JU., (1998): Association between polychlorinated biphenyl (PCB) concentrations and intestinal nematodes in glaucous gulls, *Larus hyperboreus*, from Bear Island. *Organohalogen Compounds* 39: 449-451.

Sagerup K., Henriksen EO., Skorpung A., Skaare JU., and Gabrielsen GW., (2000): Association between polychlorinated biphenyl (PCB) levels and nematode infection intensity in glaucous gulls (*Larus hyperboreus*). *J. Appl. Ecol.* 37: 532-539.

Skaare JU., Bernhoft A., Derocher A., Gabrielsen GW., Goksøyr A., Henriksen E., Larsen HJ., Lie E., Wiig Ø., (2000): Organochlorines in top predators at Svalbard - Occurrence, levels and effects. *Toxicol. Letters* 112-113: 103-109.

Voie ØA. and Fonnum F., (1998): Ortho-substituted polychlorinated biphenyls (PCB) elevate intracellular [Ca²⁺]_i in human granulocytes. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 5, 105-112.

Voie ØA., Wiik P. and Fonnum F., (1998): Ortho-substituted polychlorinated biphenyls activate respiratory burst measured as luminol-amplified chemoluminescence in human granulocytes. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 150, 369-375.

Voie ØA., Tysklind M., Andersson PL., and Fonnum F., (2000): Activation of respiratory burst in human granulocytes by polychlorinated biphenyls: A structure-activity study. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 167, 118-124.

Voie ØA. and Fonnum F., (2000): Effect of polychlorinated biphenyls on production of reactive oxygen species (ROS) in rat synaptosomes. *Arch. Toxicol.* 73, 588-593.

Møter, foredrag og postere

Henriksen EO., Gabrielsen GW., Skaare JU., Skjægstad N., and Jenssen BM., (1997): Relationships between PCB levels, hepatic EROD activity and plasma retinol in glaucous gulls, *Larus hyperboreus*. Ninth International Symposium on Pollutant Responses in Marine Organisms (PRIMO 9), Bergen, 27-30. april 1997. Poster. (Også presentert under «The AMAP International Symposium on Environmental Pollution in the Arctic», Tromsø, 1.-5. juni 1997.)

Henriksen EO., Brunström B., Skaare JU., and Gabrielsen GW., (1998): Bioassay-derived 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin equivalents and mono-ortho polychlorinated biphenyl concentrations in liver of glaucous gulls, *Larus hyperboreus*, from Svalbard.

Henriksen EO., Gabrielsen GW., Trudeau S., Wolkers J., Sagerup K., and Skaare JU., (1999): Persistent organochlorines, cytochrome P450 enzyme activities and highly carboxylated porphyrins in glaucous gulls (*Larus hyperboreus*). XXXVII European Congress of Toxicology, Oslo, 27. - 30. juni 1999. Poster

Herzke D., Kallenborn R., Nygård T., Sandanger T., (2001): Species dependent distribution of polybrominated biphenyls and diphenylethers in eggs of Norwegian birds of prey BFR 2001, workshop on brominated flame retardants, Stockholm, 14-16.5.2001.

Kallenborn R., Herzke D. & Nygård T., (2000): A comprehensive survey of Persistent Organic Pollutants in Norwegian birds of prey eggs. Dioxin 2000, August 2000, Monterey (California). Organohalogen compounds Vol. 46: 334-337.

Kallenborn R., Herzke D., Oehme M. & Nygård T., (2000): Chiral environmental contaminants in eggs of Norwegian birds of prey. 1st French Meeting on Environmental Chemistry, 1st French Meeting on Stable Isotopes, NANCY, 13.-15. December 2000

Nygård T, Herzke D, Kallenborn R., (2000): Environmental pollutants in the White-tailed Sea Eagle in Norway Sea Eagle 2000, Björkö, Sweden 13-17 September 2000

Sagerup K., Gabrielsen GW., Skorping A., and Skaare JU., (1998): Association between polychlorinated biphenyl (PCB) concentrations and intestinal nematodes in glaucous gulls, *Larus hyperboreus*, from Bear Island. 18th Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants, Stockholm, 17.-21. august 1998 (Dioxin '98). Poster.

Populærvitenskapelige arbeider

Gabrielsen GW. og Barrett R., (red.) (1998): Miljøgifter i nord. Ottar nr. 219 (1-1998).

Gabrielsen GW., (1998): Organiske miljøgifter hos arktiske dyr. Ottar nr. 219, s. 17-23

HORMONHERMERE

Internasjonale publikasjoner

Arukwe A., Knudsen FR. and Goksøyr A., (1997): Fish *zona radiata* (eggshell) protein: A sensitive biomarker for environmental estrogens. *Environ. Health Perspect.* 105: 418-422.

Arukwe A., Förlin L. and Goksøyr A., (1997): Xenobiotic and steroid biotransformation enzymes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) liver treated with an estrogenic compound, 4-nonylphenol. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 2576-2583.

Arukwe A. and Goksøyr A., (1998): Xenobiotics, xenoestrogens and Reproduction disturbances in fish. *Sarsia* 83: 225-241.

Arukwe A., Celius T., Walther BT., and Goksøyr A., (1998): Plasma levels of Vitellogenin and Eggshell *Zona radiata* Proteins in 4-Nonylphenol and o,p'-DDT Treated Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Mar. Environ. Res.* 46: 133-136.

Arukwe A., Nilsen BM., Berg K. and Goksøyr A., (1999): Immunohistochemical analysis of the vitellogenin response in the liver of Atlantic salmon exposed to environmental estrogens. *Biomarkers*, 4: 373-380.

Arukwe A., Grotmol T., Haugen TB., Knudsen FR. and Goksøyr A., (1999): A Fish model for assessing the *in vivo* estrogenic potency of the mycotoxin zearalenone and its metabolites. *Sci. Tot. Environ*, 236: 153-161.

Arukwe A., Thibaut R., Ingebrigtsen K., Celius T., Goksøyr A. and JP. Cravedi (2000): *In vivo* and *in vitro* metabolism and organ distribution of nonylphenol in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquat. Toxicol.* 49: 289-304.

Arukwe A., Celius T., Walther BT. and Goksøyr A., (2000): Effects of xenoestrogen treatment on *zona radiata* protein and vitellogenin expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) *Aquat. Toxicol.* 49: 159-170.

Arukwe A., Thibaut R., Goksøyr A. and JP. Cravedi, (2000): Metabolism and organ distribution of nonylphenol in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Mar. Environ. Res.* 50: 141-145.

Arukwe A., Male R., Johnson L., Peck-Miller K., Collier T. and Goksøyr A., (2000): Fish *Zona radiata* (eggshell) proteins: evaluation and validation as a biomarker for xenoestrogen monitoring. *Mar. Environ. Res.* 50: 106-196.

Arukwe A., Yadetie F., Male R., and Goksøyr A., (2001): *In vivo* modulation of nonylphenol-induced zonagenesis and vitellogenesis by the antiestrogen, 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl (PCB-77) in juvenile fish. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 10: 5-15.

Arukwe A., Kullman SW., and Hinton D.E., (2001): Differential biomarker gene and protein expressions in nonylphenol and estradiol-17b treated juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol.* 129: 1-10.

Celius T., Walther B.T., Goksoyr A., (2000): Effects of xenoestrogen treatment on zona radiata protein and vitellogenin expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquat Toxicol*, 49 (3), 159-170.

Celius T, Haugen TB, Grotmol T., and Walther B.T., (1999): A sensitive zonagenic assay for rapid in vitro assessment of estrogenic potency of xenobiotics and mycotoxins. *Environ Health Perspect*, 107 (1), 63-8.

Celius T., and Walther B.T., (1998): Oogenesis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) occurs by zonagenesis preceding vitellogenesis in vivo and in vitro. *J Endocrinol*, 158 (2), 259-66.

Celius T., and Walther B.T., (1998): Differential sensitivity of zonagenesis and vitellogenesis in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L) to DDT pesticides. *J Exp Zool*, 281 (4), 346-53.

Knudsen FR, Schou AE, Wiborg ML., Mona E., Tollefsen KE., Stenersen J., and Sumpter J.P., (1997): Increase in plasma vitellogenin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to effluents from sewage-and oil refinery treatment works in Norway. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*. 59:802-806.

Knudsen FR., (1997): Monitoring of Endocrine Substances in Effluents. In: Development of Ecotoxicity and Toxicity Testing of Chemicals. Proceeding of the 2nd Network Meeting. Nordic Council of Ministers. TemaNord 1997:524

Knudsen F.R., Arukwe A., and Pottinger T., (1998): The *in vivo* effects of octylphenol, butylbenzylphthalate and estradiol on liver estradiol receptor modulation and induction of *zona radiata* proteins in rainbow trout: no evidence of synergy. *Environ. Pollut.* 103: 75-80.

Knudsen F.R., and Pottinger T.G., (1999): Interaction of endocrine disrupting chemicals, singly and in combination, with estrogen-, androgen-, and corticosteroid binding sites in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquatic Toxicology*. 44 (3): 159-170.

Male R., Oppen-Berntsen D.O., Arukwe A., Yadetie F., Goksoyr A., (1998): *Zona pellucida* proteins, possible new markers for environmental estrogens. *Mar. Environ. Res.* 46: 175-176.

Nilsen B.M., Berg K., Arukwe A., and Goksøyr A., (1998): Monoclonal and polyclonal antibodies against fish vitellogenin for use in pollution monitoring. *Mar. Environ. Res.* 46: 153-157.

Oppen-Berntsen D.O., Arukwe A., Yadetie F., Lorens J.B., and Male R., (1999): Eggshell protein expression, a possible new marker for environmental estrogens. *Mar. Biotechnol.* 1: 252-260.

Walther B.T., (1998): The Polar Paradise: Sex echoes the seasonal union of an Archean and a Eubacterial Prokaryote to a proto-(eu)-karyote, an encapsuled Zygote. P. 14, in: *Reproduction and Early Development*.

Walther B.T., (2000a): Do Life's three Domains mirror the Origins of Sex? *J. of Biosciences* 25: 217-220.

Walther B.T., (2000b): Origins vs. Maintenance of Sex and Asex: A Cellular View of Sexuality. Pp. 3755, in: Haukanes, H. (ed.). *Feminism 2000: Biology-Technology-Politics*. Univ. of Bergen, Bergen, Norway 2000. ISBN: 82 91878 02 1.

Yadetie F., Arukwe A., Goksøyr A., and Male R., (1999): Induction of hepatic estrogen receptor in juvenile Atlantic salmon in vivo by the environmental estrogen, 4-nonylphenol. *Sci. Tot. Environ.* 233: 301-310.

Møter, foredrag og postere

Bemanian V., and Male R., Antiestrogenic Effects of Aryl Hydrocarbon Receptor (AhR)-Ligands on Atlantic salmon (*Salmo salar*) Hepatocytes 4th International Symposium on Fish Endocrinology, July 31- August 3, 2000, Seattle, Washington USA

Knudsen F.R., Østrogene stoffer i akvatisk miljø. Ved *Årsmøte Norsk fysiologisk forening. Ustaoset. Februar 1-4, 1996.* Foredrag.

Knudsen F.R., Østrogene stoffer og miljø-biologiske effekter. Ved *Forskningsprogram om økotoxikologi. Forskermøte. Geilo. Mars 14-17, 1996.* Foredrag.

Knudsen F.R., Presentasjon av prosjektet «Østrogene stoffer i miljøet-biologiske effekter». Ved *Workshop på reproduksjonsfysiologi hos fisk. Havforskningsinstituttet. Austevoll Havbruksstasjon. Mai 14-15, 1996.* Foredrag.

Schou A.E. and Knudsen F.R., Østrogene stoffer i utslipp fra Bekkelaget kloakkrensaneanlegg og Essos oljeraffineri. Ved *Årsmøte Norsk fysiologisk forening. Ustaoset. Februar 1-4, 1996.* Foredrag.

Schou A.E., and Knudsen F.R., Increase in plasma vitellogenin in rainbow trout to effluents from sewage-and oil refinery treatment works in Norway. Ved *7th International Symposium on Fish Physiology. Oslo, Norway 3-6 August 1996.* Poster.

Schou A.E., and Knudsen F.R., Increase in plasma vitellogenin in rainbow trout to effluents from sewage-and oil refinery treatment works in Norway. Ved *Scandinavian Physiological society meeting, Stockholm, Sweden, May 10-12, 1996.* Poster.

Walther B.T., (1993): The Embryogen Hypothesis on Sexual Reproduction and Hatching. Pp. 2-21, in: *Physiological and Biochemical Aspects of Fish Development.* Nordic Committee on Biotechnology (H.-J. Fyhn & B.T. Walther, eds.) Univ. of Bergen, Norway. ISBN: 82-992402-0-4. EMBO-workshop in molecular biology. (D. Chourrout & B.T. Walther, eds.). Univ. of Bergen, Bergen, Norway. ISBN: 82-7653-013-3.

Norske rapporter

Knudsen F.R., (1997): Østrogen virkning av alkylfenoler på laksefisk. Rapport fra oppdragsforskning støttet av miljøstiftelsen Bellona og Norges forskningsråd. Biologisk institutt. Rapport 32 s.

Knudsen F.R., (1996): Østrogene stoffer i rensert vann fra Bekkelaget kloakkrenseanlegg og Essos oljeraffineri i indre Oslofjord. Rapport fra feltforskning høsten 1995. Biologisk institutt. 10 s.

Rike A.G., Lundanes E., Knudsen F.R. & Eek E., (1997): A pilot study of transport, degradation and biological effects of the phthalates DEHP and BBP. A case study from an accidental spill at Dynoplast, Norway, Phase 1. Rapport fra oppdragsforskning for SFT og DYNO utført som et samarbeidsprosjekt mellom NGI, Kjemisk institutt og Biologisk institutt, UiO. Ansvarlig institusjon: NGI. Rapport 45 s.

Populærvitenskapelige arbeider

Knudsen F.R., (1996): Kjønnsvirret villfisk: Feminin torsk funnet langs Skagerrakkysten og i Oslofjorden. *Bellona Magasin. 7:* 42-43

Knudsen F.R., (1996): Østrogene stoffer - en ny miljøstrussel? *Biolog. 1:*4-9.

Knudsen F.R., (1997): Fisk i Oslofjorden kan

være hormonforstyrret! *Biolog. 4:* 29-32

1998: Invitert foredragsholder av Norges Forskningsråd. Programseminar om forurensning: kilder spredning og effekter. Oslo. Tittel: «*Virkning av miljøøstrogener på fisk i Norge.*»

1997: Krefregisteret. Workshop. Asker. Tittel: «*Binding av østrogenlignende stoffer til østrogenreseptor hos fisk.*»

1997: Institute of Freshwater Ecology, England. 2 Gjesteforedrag. Tittel: «*Environmental estrogens-effects on fish.*»

1996: Foredrag Norsk toksikologisk forening, UiO. Tittel: «*Østrogene stoffer-en ny miljøtrussel?*»

Medieoppslag

1996: NRK TV. Newtons hage (12. desember). Presentasjon av vår forskning på mulig hormonforstyrret fisk i Oslofjorden.

1996: Bellona Magasin (6) «Opptrapping mot hormonhermere».

1996: Natur og miljøbulletin (mars). Norges Naturvernforbund. «Fisken i Oslofjorden blir mere feminin».

1996: Aftenposten (8. mars). «Kloakkvann gjør fisken tvekjønnet»

1996: Verdens Gang (13. mars). «Femi fisk i fjorden».

1996: NRK Østlandssendingen (mars). Intervju om «Femi fisk».

1996: Jakt og Fiske (6). «Kjønnsskifte på grunn av kloakk».

1996: Apollon (4-6). Fagtidsskrift for UiO. «Østrogenlignende stoffer: Forskere usikre på virkning».

1996: Arbeiderbladet (26 oktober). «Oslofisk farlig for menn? Østrogenlignende stoffer slippes ut i fjorden»

1996: Dagbladet (25 oktober). «Kreftøkning kan skyldes østrogen».

1996: Tromsø-nytt (12 oktober). «Øl gjør deg mindre mandig».

METALLER

Internasjonale publikasjoner

Børretzen P, Salbu B., (2000): Estimation of apparent rate coefficients for radionuclides interacting with marine sediments from Novaya Zemlya. *The Science of the Total Environment*. 262:91-102.

Børretzen P, Salbu B., (2001): Fixation of Cs to marine sediments estimated by a stochastic modeling approach. *Journal of Environmental Radioactivity*. (in press)

Børretzen P, Salbu B. (2001): Bioavailability of sediment-associated and dissolved radionuclides/trace metals to the mussel *Mytilus Edulis*. Submitted.

De Wit HA., Kotowski M., & Mulder J., (1999): Modelling aluminium and organic matter solubility in the forest floor using WHAM. *Soil Science Society of America Journal*, 63:1141-1148.

De Wit HA., Mulder J., Nygaard PH., Aamlid D., Huse M., Kortnes E., Wollebæk G., og Brean R., (2001): Aluminium: The need for a re-evaluation of its solubility and toxicity in mature spruce stands. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, Volume 1, Nos 1-2

De Wit HA., Groseth T., and Mulder J., (2001): Predicting aluminum and soil organic matter solubility using the mechanistic equilibrium model WHAM. *Soil Science Society of America Journal*: 65 (4) 0-00

De Wit HA., Mulder J., Nygaard PH., Aamlid D., (2001): Testing the aluminium toxicity hypothesis: a field manipulation experiment in mature spruce forest in Norway. *Water Air and Soil Pollution*. in press

Gundersen P, Olsvik PA., and Steinnes E., (2001): Variations in heavy metal concentrations and speciation in two mining polluted streams in Central Norway. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 978-984.

Holmberg M., Starr M., Mulder J., Posch M., Johansson M., and Forsius M., (2000): Critical loads calculation: developments and tentative applications. *TemaNord 2000*: 566. Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2000, ISBN 92-893-0495-2

Jones DL., Eldhuset TD., De Wit HA., and Swensen B., (2001): Aluminium effects on organic acid mineralization in a forest soil. Accepted for publication in *Soil Biology and Biochemistry*.

Mesna OJ., Wilhelmsen TW., and Andersen RA., (2000): Correlation between cadmium treatment, oxygen uptake and metallothionein response in liver and kidney from two mice strains. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 125, 21-27.

Mulder Jan, Helene A., De Wit Helena Boonen & Lars R. Bakken. (2001): Increased levels of aluminium in forest soils: effects on the stores of soil organic carbon. *Water Air and Soil Pollution*. in press

Oughton D.H, Børretzen P., Salbu B., og Tronstad E., (1997): Mobilisation of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr from sediments: potential sources to arctic waters. *The Science of the Total Environment*. 202:155-165.

Olsvik PA., Gundersen P, Andersen RA., and Zachariassen KE., (2000): Metal accumulation and metallothionein in two populations of brown trout, *Salmo trutta*, exposed to different natural water environment during a runoff episode. *Aquatic Toxicology*, 50, 301-316.

Olsvik PA., Gundersen P, Andersen RA., and Zachariassen KE., (2001): Metal accumulation and metallothionein in brown trout, *Salmo trutta*, from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. Part C, 128, 189-201.

Olsvik PA., Hindar K., Zachariassen KE., and Andersen RA., (2001): Brown trout (*Salmo trutta*) metallothioneins as biomarkers for metal exposure in two Norwegian rivers. *Biomarkers*, 6, 274-288.

Teigen SW, Andersen RA., Daae HL., and Skaare JU., (1999): Heavy metal content in liver and kidneys of gray seals (*Halichoerus grypus*) in various life stages correlated with metallothionein levels: some metal-binding characteristics of this protein. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18 (10), 2364-2369.

Wilhelmsen TW, Olsvik PA., Teigen SW., and Andersen RA., (1998): Metallothionein isoforms from horse, rabbit and rat separated by capillary zone electrophoresis at low pH. *Talanta*, 46, 291-300.

Møter, foredrag og postere

De Wit H.A., Mulder J., Nygaard P.H., Aamlid D., Huse M., Kortnes E, Wollebæk G og Brean R., (1999): Aluminium: The need for a re-evaluation of its solubility and toxicity in mature spruce stands. Extended abstract Conference on Critical Loads, Copenhagen, November 1999.

De Wit Helene A., «Aluminium: The need for a re-evaluation of its solubility and toxicity in mature spruce stands.» Conference on Critical Loads, Copenhagen, November 1999.

De Wit Helene A., «Testing the aluminium toxicity hypothesis: a field manipulation experiment in mature spruce forest in Norway.» Conference on Acid Rain 2000, Tsukuba, Japan, December 10-16, 2000

De Wit Helene A., «Testing the aluminium toxicity hypothesis: a field manipulation experiment in mature spruce forest in Norway.» Geoecology Seminar at the University of Bayreuth, July 12th, 2001.

De Wit Helene A., Mulder Jan, Nygaard Per H., Aamlid Dan, Huse Magne, Kortnes Egil, Aluminium: The need for a re-evaluation of its solubility and toxicity in mature spruce stands. «Gordon Conference on Forested Catchments», Proctor Academy, New Hampshire, USA, 18-23 July 1999.

De Wit HA. et al (1996): Solubility and phytotoxicity of aluminium in a forest ecosystem (Norway spruce) in Norway. Annual Meeting American Society of Agronomy, Indianapolis, Indiana, USA, 3-8 November 1996

Holmberg M., Mulder J., Posch M., Starr M., Forsius M., Johansson, M., Bak J., Ilvesniemi H., & Sverdrup H., (1999): Critical Loads of Acidity for Forest Soils: Tentative Modifications. Extended abstract Conference on Critical Loads, Copenhagen, November 1999.

Mulder J, De Wit HA., Boonen H & Bakken LR., (2000): Increased levels of aluminium in forest soils: effects on the stores of soil organic carbon. Conference on Acid Rain 2000, Tsukuba, Japan, December 10-16, 2000.

Nygaard PH., (2000): Effects of enhanced Al concentrations on fine root growth in a mature Norway spruce stand in southern Norway In: Nordic workshop on plant roots and mycorrhizas, p. 21. Joensuu, Finland 14-18-June 2000.

Norske rapporter

Boonen L., (2000): The influence of aluminium chloride addition on the respiration and methane oxidation of the micro-flora in Norway spruce forest soil. Hovedfagsoppgave Institutt for jord- og vannfag, NLH., 54 pp.

De Wit HA., (1999): Modellering av aluminium løslighet i humussjiktet ved den kjemiske likevektsmodellen WHAM. In: Wickstrøm, T. (red.) Aluminium-forbindelser i jordvann: konsentrasjon, kjemisk analyse og toksisitet. Aktuelt fra skogforskningen; 2/99, Norsk institutt for skogforskning, Ås. s. 9-11.

De Wit HA., (2000): Solubility and phyto-toxicity of aluminium in a forest ecosystem (Norway spruce) in Norway. Doctoral Thesis 2000: 14, Agricultural University of Norway, Aas, Norway

Groseth T. (1999): Løslighet av aluminium i humussjiktet, Cand. scient oppgave, Kjemisk Institutt, Mat-Nat Fakultet UiO, 01/1999, 79pp.

Mulder J., (1999): Aluminium i jordvann. Kort om egenskaper. In: Wickstrøm, T. (red.) Aluminium-forbindelser i jordvann : konsentrasjon, kjemisk analyse og toksisitet. Aktuelt fra skogforskningen ; 2/99, Norsk institutt for skogforskning, Ås. s. 4-5.

Cand.scient oppgave

Fossøy E., (2001): Effects of a sublethal contamination of lead on parental behaviour and chick survival in free-living female Willow Ptarmigan (*Lagopus l. lagopus*).- Hovedfagsoppgave. Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen.

Brukerrettede formidlingstiltak

De Wit HA., (1999): Skogens tålegrense for forsurening; Hvor toksisk er aluminium? Foredrag på Nordisk skogbrukerkonferanse, Hurdal april 1999.

Befaring til feltstasjonen på Nordmoen fredag 11. oktober 1996. Deltagelse fra forskere fra NISK, NINA, NIVA, UiO og NLH og forvaltere fra SFT og DN.

POLYAROMATISKE HYDROKARBONER

Internasjonale publikasjoner

Ingebrigtsen K., Christiansen J.S., Lindhe Ø. and Brandt I., (2000): Disposition and cellular binding of ³H-benzo(a)pyrene at subzero temperatures: Studies in an agglomerular arctic teleost fish – the polar cod (*Boreogadus saida*). *Polar biology*, 23, 503-509

Magnusson K., Ekelund R., Ingebrigtsen K., Granmo Å., and Brandt I., (2000): Tissue disposition of benzo(a)pyrene in the blue mussel (*Mytilus edulis*) and the effect of algal concentration on the metabolism and depuration. *Environ. Tox. Chem.* 19, 2683-2690.

Sandvik M., Horsberg T.E., Skaare J.U. and Ingebrigtsen K., (1997): Hepatic CYP1A induction in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to benzo(a)pyrene in water. *Biomarkers*, 2, 175-180.

Sandvik M., Horsberg T.E., Skaare J.U. and Ingebrigtsen K., (1998): Comparison of dietary and waterborne exposure to benzo(a)pyrene: bio-availability, tissue disposition and CYP 1 A1 induction in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biomarkers*, 3, 399-410. *Norske rapporter*

SINTEF Rapport: STFA97031
«Lysproduserende bakterier-biosensorer for giftighets-målinger og påvisning av PAH-forbindelser»

Møter, foredrag og postere

Brakstad OG., Haug AM., Branaas M., Hansen W., A Dipslide Method for Detection of Naphthalene Using an Immobilised *lux-nah* Construct of *Pseudomonas fluorescens*. Abstract til Annual Meeting of the American Society for Microbiology, Miami Beach, Fl., 1997.

Christiansen JS. and Ingebrigtsen K., Polar cod (*Boreogadus saida*) as a target species in the assessment of environmental pollutants in the marine Arctic. AMAP conference, Tromsø, June 1-5, 1997.

Sandvik M., Horsberg TE., Skaare JU., and Ingebrigtsen K., Comparison of dietary and waterborne exposure with benzo(a)pyrene in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): CYP1A-induction and tissue disposition. Ninth international symposium on pollutant responses in marine organisms (PRIMO 9), Bergen 27-30 april 1997.

Sundt H., Ingebrigtsen K., and Goksøyr A., Biotransformation and effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in edible crab, *Cancer pagurus*. Poster presentasjon at «Environmental thresholds and pollutant stress», Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Sixth SETAC Europe Annual Meeting, Sicily, Italy, May 1996.

Sundt H., Ingebrigtsen K., Egaas E. and Goksøyr A., Biotransformation and effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in edible crab, *Cancer pagurus*. Ninth international symposium on pollutant responses in marine organisms (PRIMO 9), Bergen 27-30 april 1997.

van Hezik C., Hedman J., Ingebrigtsen K., and Goksøyr A., CYP1A-induction in atlantic cod (*Gadus morhua*) after aqueous exposure to benzo(a)pyrene. Ninth international symposium on pollutant responses in marine organisms (PRIMO 9), Bergen 27-30 april 1997.

FTALATER

Internasjonale publikasjoner

Jara, S., Lysebo, C., Greibrokk, T. And Lundanes, E., (2000): Determination of phthalates in water samples using polystyrene solid-phase extraction and liquid chromatography quantification. *Analytic Chimica Acta.* 407, 165-171.

Møter, foredrag og postere

Lysebo C., Lie A.G., Lundanes E. and Greibrokk T., (2000): Bestemmelse av ftalater og deres degraderingsprodukter i jord, sedimenter og inoculum . 14. Norske symposium i kromatografi.

Rike A.G., Børresen, M., Bergersen, O., Briseid, T., Lysebo, C. and Lundanes, E., (1999): Bioremediation potential of phthalate esters in sediments from sub-arctic and arctic sites, In: Leeson, A. and Allemann B.C. (eds), Phytoremediation and innovative strategies for specialized remedial application, Battelle Press, Columbus, 187-192.

Rike, A.G., Lysebo, C., Bergersen, O., Børresen, M., Lie, A.G. and Lundanes, E., (2000): Biodegradation and environmental fate of di-(2-ethylhexyl)phthalates in cold climate. 5th International Symposium on Environmental Biotechnology, Kyoto, Japan, 1-5.

Rike, A.G., Borresen, B., Bergersen, O., Briseid, B., Lysebo, C. and Lundanes, E., (1999): Bioremediation of phthalates in cold climate – field and laboratory investigations, 4th Nordsoil Conference, Soil and groundwater remediation in cold climate, Stockholm 9-10 June,

Rike A.G., (2001): Ftalater – En ny miljøgift i kaldt klima? Hovedforedrag, Forskerseminar ProFo, Norges forskningsråd, Lillehammer 5-7 Mars 2001.

Rike A.G., Børresen M., Bergersen O., Briseid T., Lysebo C. and Lundanes E., (2001): Bioremediation potential of phthalate esters in sediments from sub-arctic and arctic sites, Poster ProFo konferanse, Lillehammer 5-7 mars

Rike A.G., Borresen B., Bergersen O., Briseid B., Lysebo C., and Lundanes E., (1999): Bioremediation of phthalates in cold climate, Vannforeningen 2. desember

Populærvitenskapelige arbeider

Rike A.G., (2001): Advarer mot nye miljøgifter – behov for mer kjemikalieovervåking. Intervju Dagsavisen 7. mars

Cand. scient. og student oppgaver

Jara S., (1999): Væskrokromatografiske bestemmelser av ftalater i vann-, jord og kulturprøver, Cand. scient. oppgave, Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo

Liaker J.K., (1999): Kvantitativ analyse av ftalater i jordprøver. Hovedprosjekt ved Høgskolen i Oslo, Avd. for ingeniørutdanning, Kjemilinj

Lysebo C., (2000): Determination of phthalates and their monoester metabolites in inoculum and sediment samples by ethanol extraction and liquid chromatography with UV detection, Cand. scient. oppgave, Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo

Ye T., og Harestad R., (1999): Biologisk nedbrytning av ftalater i kaldt klima, Hovedprosjekt ved Høgskolen i Oslo, Avd. for ingeniørutdanning, Kjemilinj

OFFSHOREKJEMIKALIER

Internasjonale publikasjoner

Karman C.C. and Vik E.A., (1996): CHARM III Technical background report. TNO-report TNO-MEP-R 96/354.

Karman C.C., Vik E.A., Schobben H.P.M., Øjfjord G.D. and van Dokkum H.P., (1996): CHARM III Main report. TNO-report TNO-MEP-R 96/355.

Sverdrup L. E. og Fürst C.S., (1997): Komparativ toksisitet i akvatiske organismer; akutt effekt av 32 oljefeltkjemikalier for *Daphnia magna*, *Acartia tonsa*, *Skeletonema costatum* og *Vibrio fischeri* (Microtox test). Hovedoppgave i økotoksikologi, Biologisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Sverdrup L.E., Fürst C.S., Weideborg M., Vik E.A. and Stenersen J., (2001): Relative sensitivity of one freshwater and two marine acute toxicity tests as determined by testing 30 offshore E&P chemicals. In press, *Chemosphere*.

Weideborg M., Vik E.A., Øjfjord G.D., and Kjønne O., (1996): Comparison of three Marine Screening Tests and four OSPAR (Oslo and Paris Commissions) Procedures to Evaluate Toxicity of Offshore Chemicals. ET &C, Vol. 16, No. 2.

Møter, foredrag og postere

Vik EA., Weideborg M., Kjønne O., and Øjfjord GD., (1996): Charm Technical Note 46. Time variable Discharges. CHARM III workshop 1, 23-24 January 1996, Apeldoorn, The Netherlands.

Norske rapporter

SINTEF Rapport: STF66 A00113
«Accumulation, effects and biodegradation of dissolved and dispersed oil in the seawater column. Research status and demands»

Stubberud HE., Honsi TG., and Stenersen J., (2000): Purification and partial characterization of tentatively classified acid phosphatase from the earthworm *Eisenia veneta*. *Comp Biochem Physiol B*. 126 (3), 487-494.

Honsi TG., and Stenersen J., (2000): Activity and localization of the lysosomal marker enzymes acid phosphatase, N-acetyl-beta-D-glucosamidase, and beta-galactosidase in earthworms *Eisenia fetida* and *E. veneta*. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol*