

Forskningsprogram om havforurensninger

Utdrag fra samlerapport av «Forskningsprogram om havforurensninger.»

Forskningsprogram om havforurensninger (FOH) ble etablert ved kgl. res. av 5. mars 1976. Formålet var å øke vår viten om oljeaktivitetenes effekter på livet i havet. FOH's aktive forskningsperiode har vært fra 1977 til utgangen av 1983.

Resultatene av forskningsprogrammet er av stor interesse, og vi har derfor valgt å gjengi deler av sammendraget i avslutningsrapporten og noen av konklusjonene.

red.

Administrasjon og virkeområder

FOU har vært organisert med:

- et programstyre
- et fast sekretariat
- faggrupper

Programstyret, oppnevnt i statsråd, har stått ansvarlig overfor Miljøverndepartementet for gjennomføringen av programmet. Innenfor de faglige og økonomiske rammer som ble satt av de bevilgende myndigheter, har styret bestemt programmets innhold, tatt stilling til konkrete prosjektforslag og fordelt midlene.

FOH's faste sekretariat har vært organisert i henhold til en rammeavtale med Norges almenvitenskapelige forskningsråd (NAVF). Sekretariatet har administrativt vært knyttet til NAVF. Sekretariatslederen har vært bindeleddet mellom styret og faggruppene og de enkelte institusjoner.

I retningslinjer for FOH var det fastsatt at faggrupper skulle oppnevnes etter behov. Oppnevningen av medlemmer har skjedd etter forslag fra Norsk Oseanografisk komité. FOH har hatt 5 faggrupper i arbeid:

- Strøm- og transportforhold (Drift og spredning av olje på og i vannmassene)
- Fysikalsk-kjemiske prosesser og analytisk kjemi
- Biologisk nedbrytning (av olje) og effekter på mikroorganismer
- Effekter (av olje) på marine dyrs fysiologi og biokjemi
- Forurensningseffekter på populasjoner og samfunn.

FOH har fått sine midler stillet til rådighet over Miljøverndepartementets budsjett. Samlet har bevilgningene utgjort 39 mill. kroner fra 1976 til og med 1984. I tillegg har de deltagende institusjoner bidratt med betydelig beløp over egne budsjetter. De norske oljeselskapene, Norsk Hydro A/S, Saga Petroleum a.s og Statoil ydet FOH et bidrag på vel 2 mill. kroner til gjennomføringen av FOH's eksperimentelle oljeutslipp på Haltenbanken i 1982.

For å besvare spørsmålet om oljeaktivitetens virkninger på livet i havet, måtte det foretas en avveining mellom forskning i akutte og i langsiktige effekter av oljeforurensning. Det ble konstatert at akutte synlige virkninger ved større oljeuhell var kjent i generelle trekk. Derimot visste vi langt mindre om de langsiktige virkninger av lavere oljekonsentrasjoner. Det var derfor naturlig å prioritere det siste området. Dette betød ikke at de akutte virkninger av oljeuhell ble neglisjert, men at man antok at man først kunne få full oversikt over effektene av oljeforurensning når både de akutte synlige virkninger og de langsiktige virkninger ble kjent.

Programstyret har lagt forholdene til rette for samarbeid også med andre enn fagmiljøene.

FOH's MÅLRETTEDE GRUNN- FORSKNING

Oljens kjemi

Olje er en komplisert blanding av tusenvis av kjemiske forbindelser. Sammensetningen varierer fra det ene produksjonssted til det annet, og sammensetningen kan også variere fra ett og samme reservoar. Dette gjør at det ikke finnes noen enkel kjemisk metode til kvalitativ og kvantitativ analyse av olje i sjøen.

Ved FOH's oppstartning visste man at olje omdannes av sollys. Disse fotokjemiske prosesser leder til kjemisk nedbrytning av oljen. Man trodde imidlertid at prosessen var langsom og av kvantitet liten betydning. Idag vet vi, blant annet takket være FOH's forskningsaktivitet, at man allerede etter dager kan finne betydelige mengder fotokjemiske omdannede produkter i sjøen. Mengdene kan i meget betydelig grad overstige mengdene av uendret olje i sjøvannet. I FOH har vi ikke arbeidet så meget med mekanismene for fotokjemiske prosesser, som i utvikling av analysemetodikk til isolering og identifikasjon av de dannede produktene. Nye metoder er utarbeidet. FOH's prosjekter har kunnet vise dannelsen av en hel rekke forskjellige stoffer. De er alle vannløselige, oksyderte produkter. De fotokjemiske prosesser har stor betydning for oljens forvitring og nedrivning i sjøen og dermed for dens spredning. Det er også vist at fotokjemisk omdannede produkter er langt giftigere enn råoljen. Vi vet imidlertid ikke hvilke forbindelser som er giftige. De er labile og destrueres i prosesser man bruker ved opparbeidelsen av prøvematerialet. Oppdagelsen av fotooksydasjonsproduktene gjør ikke

oljen mer giftig enn det vi antok tidligere, men oppdagelsene er i ferd med å lede oss til kjennskap om de prosesser og de stoffer som virker giftig i oljen.

De fotokjemiske induserte prosesser har betydning både for oljens giftighet og forvitring. Forvitringen reduserer mulighetene for å samle olje opp mekanisk eller til å dispergere den kjemisk. Bedre kunnskaper om de prosesser som ligger til grunn for de observerte forhold vil gi muligheter til å styre prosessene i en for oss gunstig retning. Programstyret vil derfor konkludere med viktigheten av videre forskning om fotokjemisk omdannelsen av olje.

Oljens drift på havet er avhengig av flere faktorer: Det lokale vindfeltet, tidevannsstrøm, treghetssvingninger (oscillerende strøm), vindgenerert strøm i større skala, bakgrunnsstrøm og andre fenomener som virveldannelser i havstrømmene. I tillegg til disse naturlige faktorene vil oljens spredning og forvitring være avhengig av fordampling, nedblanding i de øvre vannlag, emulsjonsdannelse og andre prosesser. Det finnes i Norge to gode oljedriftsmodeller, Institutt for Kontinentalsokkelundersøkelser (IKU) har sammen med Det norske Veritas utviklet modellen «SLIKFORCAST». Den andre er utviklet fra Det norske Meteorologiske institutt. Begge modellene har en deterministisk og en statistisk del. Modellene gjør det mulig å beregne hvor oljen vil drive og hvor den muligens vil strande etter et uhell i norske farvann. Det er etablert en forståelse for de mekanismer som styrer drift, spredning og nedblanding av olje.

FOH har også bidratt til utviklingen av måletekniske og datatekniske hjelpemidler som gjør det mulig å overvåke driften av oljeplak på havet. Dette var meget vanskelig før disse hjelpemidlene var utviklet. Modellene og de måletekniske og data-

tekniske hjelpemidler ble testet med godt resultat under FOH's eksperimentelle oljeutslipp på Haltenbanken i 1982 (se FOH rapport nr. 2 - 1984).

De matematiske modeller er først og fremst utviklet for å følge oljens drift på havoverflaten. FOH var imidlertid spesielt interessert i oljens fysiske nedblanding i de øvre vannlag og har bidratt til at det er under utvikling en modell ved IKU som også søker å ivareta dette forholdet. Den nye modellen beskriver et oljeutslipp som består av et større antall partikler. Partiklene kan ha flere tilstandsformer: de kan være fordampet, de kan flyte på overflaten eller de kan være blandet ned i de underliggende vannmasser. Hver av tilstandsformene vil ha en viss sannsynlighet som vil variere med tiden. Videre arbeid åpner for muligheten til å beskrive hvilke vannmasser som inneholder skadelige oljekonsentrasjoner og hvor lenge de er til stede.

Til praktiske formål er de modeller vi idag har for å beskrive eller forutsi oljens drift på sjøen tilstrekkelig gode. En forbedring av modellene vil i alt vesentlig avhenge av den generelle utvikling av den meteorologiske og fysiske oseanografi. En forbedring av partikkelmodellen vil gi grunnlag for å forbedre konsekvensanalyser vedrørende effekter av olje på fiskbare ressurser og også forbedre mulighetene for å anslå skade ved uhell. Programstyret mener derfor at fortsatt forskning om oljens nedblanding og fortykning i vannmassen er ønskelig.

Mikrobiell nedbrytning av olje og effekter av olje på marine mikroorganismer

Da FOH startet visste man at et stort antall mikroorganismer var i stand til å bryte ned hydrokarboner og at bakterier

antageligvis var de viktigste oljenedbrytere i sjøvann. Det var også klart at tilgang på oksygen er en forutsetning for de første trinn i biologisk nedbrytning. Oljenedbrytning i sedimenter eller andre oksygenfattige miljøer kan derfor bli neglisjerbar. Man var også fullt ut oppmerksom på at naturlige marine miljøer er såpass fattige på uorganiserte næringssalter at denne faktor kan begrense oljenedbrytning i sjøvann. Videre var oljenedbrytende bakterier påvist i vannprøver fra de fleste marine miljøer. Antallet av slike bakterier er høyest i nærheten av kilder for oljeforurensning. FOH tok konsekvensen av slike forhold og anbefalte som nasjonale forskningsoppgaver:

- utvikling av analysemetoder for måling av hastigheten av den naturlige nedbrytning av oljekomponenter i havet
- undersøkelse av de faktorer som naturlig begrenser de mikrobielle nedbrytningshastigheter
- undersøkelse av de effekter som oljenedbrytning kan ha på mikroorganismer og deres funksjoner i sjøvann.

FOH's forskning har frembragt nye, pålitelige og enkle metoder for å måle den aktuelle og potensielle oljenedbrytningshastighet i naturlige økosystemer. Nye metoder er utarbeidet for å bestemme antall av oljenedbrytende bakterier i miljøene. Man har kunnet vise at oljenedbrytende bakterier er tilstede i våre nordligste farvann og at nedbrytningshastigheten i disse kalde områder er tilnærmet den samme som den vi finner i områder lenger syd (Nordsjøen).

I oljeutslippet på åpent hav på Haltenbanken forsøkte en å gjøre overslag over den aktuelle og den potensielle mikrobiologiske nedbrytningshastigheten av olje. To uavhengige metoder ga henholdsvis

svært like resultater, 20 og 35 µg olje/l/døgn (1 µg = 0,001 mg). Ved en antagelse av 10 m nedblanding og en flakstørrelse på 10 km² tilsvarer dette en nedbrytning av 3 tonn olje pr. døgn eller 0,3 tonn pr. km² pr. døgn. På Haltenbanken var det næringssaltbegrensning under forsøket, og mengde nedblandet olje i vannet var heller ikke tilstrekkelig til at det eksisterende nedbrytningspotensialet kunne realiseres. Et overslag over aktuell nedbrytningshastighet viser at sannsynligvis bare 10% av potensialet ble realisert. De nevnte målinger ble foretatt i vannprøver hvor olje bare hadde vært tilstede i kort tid. Generasjonstiden for den oljenedbrytende bakteriepopulasjonen ble funnet å ligge i området 0,5—1 døgn. Med en *rent teoretisk antagelse om* uhemmet bakteriell vekst, gir dette en mulighet for en økning i nedbrytningshastigheten med en faktor omkring 1000 i løpet av en uke. Haltenbankeksperimentet ga ikke mulighet til å bestemme nøyaktig hvor meget olje som ble nedbrutt pr. tidsenhet. Det bekreftet imidlertid hva en visste fra andre undersøkelser, at mikrobiell nedbrytning av olje er relativt stor også i våre farvann.

FOH har vist at de modeller man hadde tidligere for oljenedbrytning ikke har generell gyldighet, fordi de i altfor liten grad tok hensyn til viktige biologiske og ikke-biologiske komponenter i økosystemene. Idag har man et mer nyansert bilde av hvordan aktiviteten hos oljenedbrytende bakterier styres ved biologiske mekanismer som beiting på bakterier og konkurranse med planteplankton om tilgjengelig næringsmatter, men også ved ikke-biologiske mekanismer som fotooksydasjon og dannelsen av oljeemulsjoner (vann i olje). Det er oppnådd en kvalitativ forståelse av betydningen av toksiske oksydasjonsprodukter, tilførsel av uorganiske næringsmatter

og av den betydning temperatur og belysning kan ha. Det erkjennes at forskningen bare har gitt oss prinsippene og de generelle mekanismene som styrer oljenedbrytningen. Kunnskap vedrørende bestemte miljøer og spesifikke forurensningsituasjoner kan bare oppnås ved kvantitative målinger i hvert enkelt tilfelle. Konklusjonen blir derfor at fremtidig forskningsinnsats bør legge vekt på å øke vår forståelse av økosystemet utover det sterkt forenklete pelagiske produksjonssystemet som hittil har blitt undersøkt. Fremtidige undersøkelser bør også omfatte økosystemer med sedimentert olje og økosystemer i arktiske strøk. Med hensyn til dispergeringsmidler har vi en kvalitativ forståelse av deres innflytelse på oljenedbrytende bakterier, men vet lite om hvordan de kan påvirke komplekse økosystemer.

Effekter på fisk

Forurensningsstoffer som olje virker primært på den enkelte organisme. Er skaden stor, kan dette få effekter på populasjoner og i verste fall på hele samfunnet. Et hovedspørsmål vedrørende oljens effekter har derfor vært å finne grenseverdier for en oljedose som gir opphav til effekter på enkeltorganismer og den dose som er for liten til å ha giftvirkninger. Da FOH startet var spørsmålet søkt besvart vesentlig gjennom såkalte akutte giftighetstester. Svarene varierte betydelig og grenseverdier for oljeeffekter varierte med tierpotenser. Dette kunne ha flere årsaker, men en sannsynlig grunn er de generelle svakheter ved de såkalte akutte giftighetstester. FOU har derfor søkt å løse problemet ved å angripe det fra flere kanter.

Dosering og bestemmelse av olje i sjøvann er vanskelig (se over). FOH har lagt stort arbeide på dette feltet og kommet frem til en metodikk som så langt

råd er har tatt alle hensyn for å kunne lage oljeløsninger i vann med reproduerbare konsentrasjoner til bruk ved målinger av oljens giftighet.

I laboratorieforsøk under FOH er det vist at fisk kan sanse olje i sjøvann i meget lave konsentrasjoner. Dette tyder på at olje vil kunne påvirke fisks atferd, til f.eks. å unngå oljebelastede vannmasser. Hverken observasjoner (f.eks. ved oljeinstallasjoner til havs) eller erfaringer ellers tyder imidlertid på at olje fører til atferdsendringer av betydning i naturen.

De oljekonsentrasjoner i sjøvannet (50—100 mg olje/l) som i laboratorieforsøk er vist å gi opphav til akutt død hos voksen fisk er så høye at selv ved store oljeuhell vil de bare forekomme sporadisk og i meget begrenset omfang. Erfaringer bekrefter at voksen fisk ikke har omkommet i større omfang ved reelle uhell (f.eks. IXTOC-I utblåsningen, Amoco Cadiz forliset).

Ved oljeuhell vil fisk kunne bli utsatt for oljekonsentrasjoner i sjøvannet som er for lave til å føre til død, men store nok til at olje akkumuleres i fisken. Forsøk utført i FOH's regi har imidlertid vist at fisk (og andre dyr) kan omdanne oljen til forbindelser som lett kan utskilles. Dette betyr at den olje fisk tar opp og akkumulerer når den er i oljeholdig vann, vil være fullstendig fjernet hos fisk etter noen uker i rent sjøvann. De fysiologiske og biokjemiske effekter som er påvist hos oljeeksponert fisk er reversible, dvs. effektene forsvinner en tid etter at oljebelastningen er opphørt.

I motsetning til voksen fisk, er egg og larver sårbare for oljekonsentrasjoner som kan forekomme i forbindelse med oljeuhell. FOH-forsøk har vist at 50 µg olje/l fører til skader som misdannelser hos noen av de eksponerte egg og fiskelarver.

I tidligere konsekvensanalyser som FOH tok initiativet til vedrørende oljens effekt på fiskeressursene, ble terskelverdien for oljeskade anslagsvis satt til 50 µg olje/l sjøvann. Det ble også antatt at det bare var egg og larver som var sårbare. De forsøk som er utført for FOH-midler underbygger vitenskapelig de tidligere antagelser.

Når det gjelder kvantitative anslag over hvilke skader olje kan påføre på de fiskbare ressurser er vår viten ufullstendig:

- hvordan egg og larver av viktige, norske fiskearter er utbredt i vannmassene til forskjellige årstider
- hvilken naturlig dødelighet fiskelarvene har
- hvor lenge larver og yngel er spesielt sårbare
- hvor lenge farlige oljekonsentrasjoner vil finnes og i hvor store vannmasser etter et utslipp.

Økologiske effekter

I FOH-sammenheng er to forskjellige økologiske systemer studert. Det første omfatter de frie vannmasser hvor det såkalte økologiske produksjonssystemet ble nærmere studert. Det andre omhandler undersøkelser av de organismer som lever i fjæresonen og under nedre tidevannsmerke både på hardbunn og bløtbunn.

Oppløste uorganiske plantenæringsstoffer som nitrogen og fosfor i sjøvann forekommer i lave og varierende mengder. Stoffene er av sentral betydning for det pelagiske produksjonssystemet. Der det er relativt store forekomster har vi en rik produksjon, der hvor de finnes i mindre mengder eller er fraværende er produksjonen lav eller opphørt. Både planteplankton og bakterier trenger næringssalter for sin vekst. Næringssaltene får derfor en sentral plass i dette økosystemet. I et rent og uforstyrret

system har vi balanse mellom systemets forskjellige komponenter. Det spørsmålet en ønsket å få besvart i FOH-sammenheng, var hvilken effekt olje kunne på på et slikt system. Problemet ble studert i FOH's tverrfaglige eksperimenter, først i innelukkede vannsøyler i Lindåspollene nord for Bergen og senere ved FOH's eksperimentelle oljeutslipp på Haltenbanken i 1982. Fra forsøkene kan man trekke den hovedkonklusjon at oljekonsentrasjoner under 100 µg/l ikke hadde målbare virkninger, men at økosystemene i oljebelastet og i naturlig rent sjøvann oppførte seg likt. Forsøkene underbygget derfor konklusjonen at terskelverdien for oljeeffekter ligger i grenseområdet 50—100 µg/l også for planktoniske økosystemer.

Vedrørende økologiske forurensningseffekter på bunndyrpopulasjoner og samfunn, konsentrerte en innsatsen på tre hovedområder:

- studier av effekter av olje på populasjoner og samfunn i tidevannssonen og i sedimenter nedenfor tidevannssonen
- utvikling av teknikker som kan brukes som ledd i forurensningsovervåkning i fjorder og kystområder
- opprettelse av et beredskapssystem for økologiske undersøkelser av effekter av olje på flora og fauna i tidevannssonen.

Det ble konstatert at faunaen og floraen i tidevannssonen på hardbunn ikke er særlig sårbar for oljeforurensning. Graden av bølgeeksponering er en meget viktig faktor, og i bølgeeksponerte områder vil oljen forsvinne raskt og effekten bli kortvarig. Resultatene tyder på at i verste fall vil tidevannssonens fauna og flora komme tilbake

til normale tilstander etter 2—3 år i bølgeeksponerte områder og etter 10—15 år i beskyttede områder. Oljens effekter på bløtbunn nedenfor tidevannssonen er også undersøkt. Også her ble systemene funnet å være lite sårbare sett i relasjon til organismer som lever i de frie vannmasser. Detaljer omkring de nevnte undersøkelser er bygget inn i den beredskapsplan som er omtalt under praktiske oppgaver. Denne planen videreføres av Statens forurensningstilsyn etter at FOH's funksjonsperiode opphørte. Videre forskning på dette området bør begrenses til å løse de problemer en ser av forskningsmessig art i forbindelse med planens videreføring.

Alle biologiske samfunn viser svingninger over tid. Det er derfor helt essensielt i et program om forurensningsovervåkning å kunne skille mellom disse normale svingninger og de effekter som skyldes forurensninger. I FOH-sammenheng ble utvikling av en overvåkningsteknikk konsentrert om samfunn på hardbunn nedenfor tidevannssonen. Det ble utviklet en teknikk som er brukbar i overvåkning av fjorder og kystområder. Det må imidlertid understrekes at biologisk effektovervåkning ikke vil avsløre årsaken til eventuelle forstyrrelser. Metodene gir i beste fall bare indikasjoner på forurensning. Det er en forutsetning at en må iverksette spesialundersøkelser for å avsløre hvilken eller hvilke faktorer som ga opphav til effektene. Det er forurensningsmyndighetenes oppgave å iverksette overvåkning etter vurdering av eget behov. Fortsatt forskning på dette området bør derfor skje i det tilfelle forurensningsmyndighetene iverksetter slik overvåkning og da kun i de tilfeller hvor arbeidet peker på spesielle problemer av forskningsmessig art som trenger sin løsning.