

Olav Rune Godø

**Denne tittelen inviterer mer til en bok enn til en kort artikkel. Det er bare fantasien som setter grenser for hva som potensielt kan gjøres, gitt tilgang på ny viten og ny spennende teknologi. Kravene fra finansielle bidragsytere og brukere kombinert med nytteverdien av det man måtte ønske å gjøre, får oss fort til å skjønne at fantasien og drømmene må ledes i spesielle retninger for å oppnå våre mål.**

Drømmer og fantasier er trolig vår sterkeste stimulans til kreativitet. Det er viktig å ha drømmer og visjoner, ellers blir det gjerne til at man satser på det trygge og kjente. Jeg skal dele noen slike drømmer og konsentrere meg om en av våre kjerneoppgaver; nemlig hvordan vi kan observere og overvåke tilstanden i økosystemene. For Havforskningsinstituttet er behovene for årlige gode råd i rett tid til forvaltning og næring det dominerende element for all vår virksomhet. Noen vil også si en hemske for framdrift og innovasjon.

Drivkreftene i utviklingen av vårt fagområde ligger i to faktorer. For det første har vi de siste tiårene opplevd en eventyrlig teknologiutvikling som over tid har revolusjonert våre muligheter til å gjøre pålitelige observasjoner under vann. For det andre har de politiske rammene rundt marin ressurs- og miljøforvaltning endret seg betydelig, og de krav som blir stilt til forskningen i framtiden er kraftig skjerpet. Vi ser at ressursen til feltaktivitet med egne fartøyer krymper, og nærmeste mulighet for å opprettholde kvalitetsnivået på arbeidet vårt er å velge nye teknologiske løsninger som kan kompensere for dette bortfallet. Det er økosystemet som nå står i fokus, og høsting skal både være bærekraftig og skje uten at det går på bekostning av det biologiske mangfold, inklusiv omsyn til bunnhabitattene. Er det tenkelig at vi på noen måte kan oppfylle slike krav i overskuelig framtid?

Slike problemstillinger setter et nytt fokus på organiseringen av vårt arbeid og prioriteringer vi gjør i vår forskning og overvåking. Vi vil ligge i en konstant konflikt mellom det å velge nye mer effektive, men uprøvde løsninger, framfor å holde på det som over tid har vist seg å holde mål. Jeg vil her luften noen personlige perspektiver på hvordan vi overvåker våre havområder om et par tiår og hvilke oppgaver som må løses på veien framover.

### Scenario 2020

I 2020 forvalter vi økosystemene etter prinsippene om bærekraftig utvikling i et langsiktig perspektiv. Dette har medført at et beskatningspress på de viktige kommersielle fiskebestandene er under kontroll og at alle aktører i høstingen har et partnerskap med forvaltingsansvar. Høstingen er mer selektiv og det er full kontroll med alt som tas om bord

i fiskefartøyene. I tillegg til dagens målarter har det blitt utviklet høsting av arter på lavere trofiske nivå. Det er også interesse for enkelte spesielle organismer på havbunnen, gjerne på dyphavet som råstoff i bioprospektering o.l. Olje- og gassindustrien har ekspandert inn i Barentshavet både på norsk og russisk side. Det er kommet til en fornuftig samkjøring av forsknings- og overvåkningsinnsats på marine ressurser og miljø både i forhold til EU og Russland. Det eksisterer datadrevne modeller som kan oppdateres kontinuerlig og gi fordeling av tetthet av alle viktige kommersielle arter, og overlapp mellom predatorer og bytte. Dette oppfattes gjerne som en blåøyd framtidsvisjon. For meg er det imidlertid klart at en oppnåelse av de mål som er satt for økosystemovervåking og forvaltning vanskelig kan bli virkelighet dersom man ikke har nærmest ideelle rammebetingelser. Hvordan fungerer så overvåking og høsting i det skisserte scenariet og hvilke faglige utfordringer må løses for å nå disse målene?

### Infrastruktur og rammebetingelser

Dagens overvåking er basert på en kombinasjon av data fra kommersielt fiske og tokt. Det er en sterk trend til at man ønsker å konsentrere seg om data fra tokt på grunn av upålitelig fangststatistikk og variabel tilgang på biologisk informasjon fra fangstene. I en uoversiktlig beskatningssituasjon der over- og feilbeskatning er det vanlige, er en slik strategi forståelig. Sett i forhold til kostnader og framtidig kapasitet med egne fartøyer (vi mister fartøytid når nye "G.O. Sars" kommer) er det imidlertid viktig at alternativer blir vurdert.

Det største problemet for overvåking og forvaltning av våre fiskebestander er høy beskatningsgrad. Dette har redusert mange bestander til et lavmål, og dette er også en årsak til at bestandsvurderingene med tokt blir mer usikre. Videre medfører en jojo-variasjon i bestandstilstand og beskatning til stor og uoversiktlig dynamikk i bestandsinteraksjoner, spesielt fordi vi fremdeles ikke er i stand til å ta relevante økosystemhensyn i rådgivning og forvaltning. Det øker også konkurransen i næringen og dermed insitamentet til fusk og problemer med fangststatistikken. Et uttak som er i tråd med rådgivningen vil gi en mye mer oversiktlig situasjon, og for de fleste av våre viktige bestander vil det medføre at det normalt vil være nok buffer i bestanden til å tåle mer upresise bestandsmål. Dette er en viktig forutsetning for å gi oss albuerom til å prøve ut nye metoder og teknologi som på sikt kan bidra til å tilfredsstille de krav som framtidens overvåking setter. Slikt arbeid vil kreve stor innsats, og jeg ser ingen annen måte å oppnå resultater på enn gjennom en omfordeling av ressurser samtidig som der er mer slakk i kravet til presisjon.

Om 20 år vil bestandsovervåkingen bare være en liten del av et kompleks sett av miljø- og biologiske faktorer som må ha fast oppfølging for å drive kommersiell utnytting av marine ressurser. Skjerpede krav på alle områder gjør at næringen, enten det er oljeindustri eller fiskeriene, må bære betydelige deler av byrden for overvåkingen. Det er ikke bare havene, men i like stor grad vår kyst som blir satt under lupen på grunn av den store menneskelige belastningen av denne sonen. Er det realistisk at vi kan innhente nok informasjon til å følge opp våre forpliktelser? Dersom Havforskningsinstituttet blir koordinerende sentral for en distribuert innsamling av data der viktige bidragsytere er næringsinteressene og høyskole og universitetssystemet, så er jeg sikker på at mye kan utrettes. Dette kan imidlertid ikke gjøres uten en sterk og målrettet utvikling av teknologi og modeller. Mye av innsamlingen kommer til å bli gjort i automatiske systemer som innhenter, evaluerer, pakker og sender dataene til koordineringssentralen. Sikkerheten i systemet blir overvåket gjennom en stab av velkvalifiserte observatører som kan vedlikeholde instrumentering og sikre nødvendige biologiske prøver.

Det er utviklet nye næringer basert på marine ressurser som vil beslaglegge arealer på ulik måte. Spørsmål om teigdeling mellom ulike næringsinteresser og miljøvern blir et hett tema som vil føre til en mer differensiert bruk av havet. Marine verneområder vil helt sikkert bli etablert både ved kysten og til havs. Dette vil gi forskerne referanseområder for ulike forhold, noe som kan bli av stor betydning for å vurdere vår påvirkning av økosystemene.

Blir forskerne i framtiden dermed bare sittende i Bergen for å vurdere de data som til enhver tid strømmer inn? Nei langt ifra. Vi skal følge våre tradisjoner og bruke mye tid på havet. Fremdeles vil vi ha en ryggrad av tokt som den fundamentale basis for våre vurderinger. Disse toktene vil være av betydelig større omfang enn nå med mange fartøyer involvert. Denne innsatsen er sikret gjennom en rekke kommersielle fiskefartøyer som er utrustet som fullverdige plattformer for rutinetokt. Toktene konsentrerer seg suksessivt om de enkelte økosystemene, og blir gjennomført langt sjeldnere enn i dag. Det blir neppe kapasitet til en fullverdig dekning av alle økosystemene hvert år. Mellom referansetoktene skal informasjon fra kommersielle fartøyer og fra infrastrukturen til oljeindustrien (og annen industriell virksomhet til havs) gi nok informasjon til å føre et modellsystem med data som kan gi oss utviklingen av de viktigste ressursene i tid og rom fram til neste referansetokt.

Kan dette gi god nok informasjon til forvaltningen? Dersom situasjonen er slik jeg innledningsvis skisserte (lav F, som er tilpasset situasjonen i økosystemet, god kontroll osv.), er behovet for presis kontinuerlig overvåking langt mindre enn i dag. Videre skal det eksistere en kriseplan som trer i kraft dersom observasjoner og modeller enten gir svært motstridende resultater eller at der er observasjoner som tyder på at en helt spesiell økologisk situasjon har inntrådt. En feltundersøkelse blir da forberedt som er skreddersydd for å gi den nødvendige oversikten.

Restkapasiteten for forskningsfartøyene skal brukes til å forbedre metodikk og skaffe data som forbedrer parametere i anvendte modeller. For å predikere fordeling av ulike arter i tid og rom, må vi fundamentalt forbedre vår kunnskap om artenes interaksjon og om deres adferd i forhold til det fysiske og biologiske miljø. Dette er nøkkelinformasjon for å få det grunnleggende modellsystemet til å fungere, og det vil være behov for mye grunnleggende biologisk arbeid for å gi denne biten troverdighet. I tillegg må vi bygge opp kompetansen på bunnhabitater og høstingsmetoder som mest mulig skjermer for ødeleggelse av bunnforholdene.

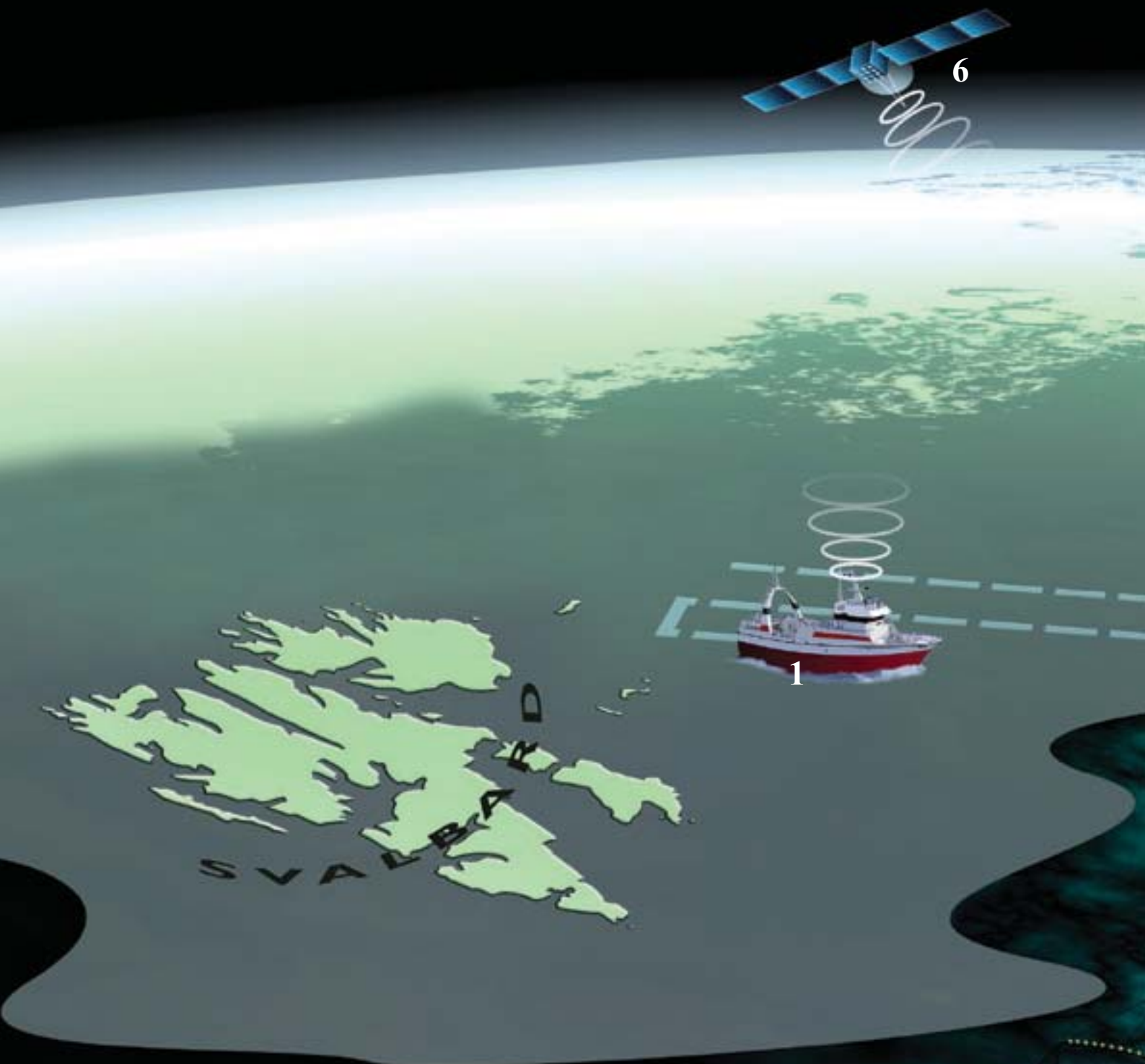
### Teknologiutvikling og modellering

I Figur 6.2.1 er selve grunnelementet en betydelig sterkere utnyttelse av moderne teknologi. Noe av den må utvikles, mens mye vil være implementering av allerede eksisterende teknologi.

### Hvilke sensorer og utstyr bruker vi?

Når det gjelder sensorer, tror jeg vi konsentrerer oss på to felt; *fjernmåling* og *avbildning*. Når det gjelder *fjernmåling*, er i dag akustiske sensorer de viktigste, og det vil de fortsette å være. Det er stort potensial for videreutvikling av akustiske sensorer. Dette vil skje gjennom utvikling av flerfrekvens- og bredbåndteknikker for arts- og størrelses-sammensetning. Kanskje kan parametriske antenner for å produsere frekvenser som gir resonanseffekter bli et av verktøyene? Videre vil vi kunne måle atferd slik som dominerende vandringsretning, aktivitetsnivå etc., for eksempel gjennom en systematisk bruk av Doppler i våre akustiske systemer. Flerstråle ekkolodd og sonarer har blitt aktive kvantitative måleinstrumenter på linje med ekkolodd, og vil bidra betydelig til en forbedring av mengdemåling av fisk. De vil også bli brukt for atferdsundersøkelse – fordeling og vandring av stimer, interaksjon mellom arter etc. Flybåren metodikk (Lidar (laser), radarsystemer, fotografering) blir brukt i enkeltsituasjoner for organismer nær eller på overflaten (makrell, sel, hval, 0-gruppe), mest som supplement til andre teknikker. Slike data, inklusiv informasjon fra satellitter, kan ikke minst brukes for å effektivisere fartøybruk under tokt. Mer pålitelig informasjon fra slik teknologi og mye bedre analyseverktøy gjør anvendelsesmulighetene for slikt utstyr bedre enn i dag.

Vår oppfattelse av virkeligheten er i svært stor grad bestemt av visuelle inntrykk. Vårt begrensede *innsyn* i havets hemmeligheter er den viktigste årsaken til at forståelse av havene er så oppstykket. Derfor vil forbedrede *avbildningssystemer* være en prioritert utvikling. Vi har i de senere år hatt stor hjelp av kamerasystemer, men informasjonen blir ofte usikker fordi vi vet lite om hva kunstig lys betyr for det vi ser. Nye kamerasystemer som bruker laser og akustikk vil komme. Dette vil gi oss lengre rekkevidde, korrekt avstand til det observerte og en fundamental forbedring av forståelsen av fiskeatferd – både den naturlige og den som skjer etter påvirkning av for eksempel båt og trål. Med denne type utstyr får vi bedre mulighet til å komme nærmere et eksakt mål for fangbarhet i trål under ulike omstendigheter. Visuelle



**Figur 6.2.1**

Perspektivskisse som viser hvordan et komplekst sett av informasjon fra ulike kilder vil bli *mat* for framtidens bestandsvurdering. Øyeblikksbilder av økosystemets situasjon framskaffes av en rekke fartøyer, de fleste fra den kommersielle fiskeflåten (1), sammen med våre forskningsfartøyer (2). Forskningsfartøyene blir i større grad enn i dag brukt til å skaffe detaljert informasjon om dynamiske forhold av viktighet for anvendte modeller. Flytende, mobile og stasjonære autonome enheter, utstyrt med akustiske og visuelle sensorer (3a, b, c, 4) blir brukt til å samle detaljinformasjon om fordeling, art og størrelse. Tråling vil fremdeles være viktig for å samle biologisk informasjon. Flyført instrumentering som Lidar (laserteknologi), fotografering og radarsystemer kan bli viktige støtteelementer (5). Forskningsfartøyene (2) vil bære en kompleks instrumentering av ulike ekkolodd og sonarer og være moderfartøy for underplattformer som autonome undervannsbåter (3c), flytende og oppankrede bøyer (3b) og seminpermanente bunnplattformer (3c). Permanente enheter for eksempel tilknyttet oljeinstallasjoner (4), fiskebåter (1) og linjegående fartøyer (ikke inntegnet) vil kunne utgjøre et nettverk av plattformer med en kontinuerlig datastrøm til våre modeller gjennom satellittforbindelse (5).



5

2

1

3a

3c

3b

4

SNØHVIT

3c

NORGE

systemer vil også bli en integrert del av vår overvåking av habitatene og menneskelig påvirkning av disse. Det siste kommer til å ta en betydelig innsats.

Merketeknologi var verktøyet som først begynte å gi oss kvantitativ informasjon om fangstdødelighet. Metoden er sjelden i bruk i dag på grunn av stor usikkerhet både i gjenfangst og dødelighet i merkeprosessen. Med nye elektroniske merketyper som er små og harmløse for fisken, og bedre merkemethoder, vil merkeprosessen gå automatisk uten at fisken blir tatt ut av vann. Merkedødeligheten er kontrollerbar, og gjenfangsten skjer i behandlingsprosessen av fisken idet den kommer om bord i fartøyet. Et registrert merke blir automatisk lagt i databasen sammen med annen informasjon om fangsten, og blir et helt uavhengig mål for bestandsstørrelse. På grunn av sin presise gjenfangstobservasjon vil dataene også kunne brukes til analyser av vandringsdynamikk. Imidlertid vil bruk av datalagringsmerker som vi fester til fisken være viktigere til dette. De vil lagre detaljert informasjon om miljøet som fisken har vært i til enhver tid. Dette vil være nøkkelinformasjon for å modellere fiskens bevegelser i et dynamisk fysisk miljø. I tillegg til temperatur, saltholdighet og dyp vil de kunne registrere fysiologiske prosesser som spising, hjertefrekvens etc. Gjenfangst av informasjon vil være svært høy, ettersom merkene vil bli detektert av samme type system som de som blir brukt for mengdemåling.

Selvsagt er all informasjon fra flåten tilgjengelig umiddelbart gjennom satellittforbindelse. Det betyr at informasjonen kan føres rett i modellsystemet. Det er et absolutt krav for at systemet skal fungere at data hele tiden kan rette opp forskyvinger i modellframskrivinger. Dette skal sikre at avviket over tid ikke skal bli for stort.

### Er strategien endret?

I dag er den direkte overvåkingen basert på toktvirksomhet. I 2020 vil vi skille mellom *mobil* og *stasjonær* overvåking og ha betydelig vekt på begge, men noe forskjellig fra bestand til bestand. *Mobil* overvåking vil bli gjennomført med egne fartøyer, med fiskefartøyer, fly og satellitter, linje/rutegående og autonome farkoster (se Figur 6.2.1). Et overvåkingstokt med våre egne fartøyer vil i stor grad bestå i å overvåke prosesser mer enn tetthet over store områder. Interaksjon mellom arter og mellom biologi og miljø vil stå i fokus. Våre fartøyer er moderfartøy for en rekke mobile og oppankrede plattformer som kan skaffe detaljinformasjon etter et nøye planlagt opplegg. Fiskefartøyer med nødvendig vitenskaplig utrustning gjør det meste av den geografiske dekningen. Vi har akustiske kalibreringssystemer oppankret på strategiske plasser langs kysten som disse fartøyene passerer før de er akseptert som deltakere i toktet. Et slikt toktopplegg vil utgjøre det jeg over har kalt ryggraden i overvåkingen (se Figur 6.2.1).

*Mobil* overvåking vil også skje kontinuerlig gjennom året. Denne informasjonen vil være et viktig element i oppdateringen av modellsystemene (se under). Fangstinformasjon fra fiskeflåten blir registrert automatisk gjennom optiske

systemer og vil gi arts- og størrelsessammensetning. For en del fartøyer vil vi i tillegg få inn akustiske data. Linje/rutegående fartøyer utrustet med akustisk instrumentering vil kunne gi et viktig bidrag til å forstå når viktige prosesser finner sted. Satellitt- og flyovervåking vil både være støtteinformasjon for toktvirksomheten og i noen tilfeller også bidra med kvantitativ informasjon av overflateforekomster av fisk og sjøpattedyr. Det er i dag usikkert hvilken anvendelse autonome plattformer kan få i *mobil* overvåking, men det er godt mulig at disse vil bli et viktig element i overvåking av biologiske knutepunkter (geografiske områder med spesielt viktig biologisk betydning) der kunnskap om **når** de biologiske prosessene skjer og **hvordan** de foregår er nøkkelen til forståelse av økosystemene. De vil helt sikkert også bli sendt ut på rutineoppdrag og spesielle søk ettersom den geografiske rekkevidden etter hvert øker. Operasjon av slikt avansert utstyr under infrastrukturen til oljevirksomheten vil sikre bedre støttefunksjoner og teknologisk kompetanse for denne type operasjoner.

*Stasjonær* overvåking av marine ressurser er i dag nesten ikke benyttet. Det passer ikke inn i våre metoder og teknologien er også lite utprøvd. Med en operativ modell som kan svelge data fra hele økosystemet kontinuerlig, vil informasjon fra faste punkt eller snitt bli viktig (se Figur 6.2.1). Disse vil ikke bare overvåke tetthet i et punkt, men også mange andre viktige funksjoner som tidspunkt for våroppblomstring, vandring og drifhastigheter, vertikalvandring osv. De viktigste sensorene i et slikt nettverk vil være ekkolodd, ADCP (strømprofilører), temperatur og saltsensorer. Kjemiske sniffere for å overvåke forurensing og avbildingsutstyr er andre mulige sensorer i et slikt system. Noen av sensorene er montert på profilerende enheter som rutinemessig kjører sensorene gjennom hele vannsøylen. Det stasjonære systemet kan for eksempel være tilknyttet oljevirksomhetens infrastruktur. Oljeselskapene legger kabler med strøm- og dataforbindelse til alle sine installasjoner og kan bli et fantastisk effektivt system både for ressurs- og miljøovervåking.

### Er det mulig å håndtere alt dette på en fornuftig måte?

Håndtering av alle disse dataene vil være umulig uten et gjennomtenkt og velutviklet modellsystem. Ikke bare skal vi ha modeller som kan ta imot alle typer data til enhver tid, dataene må kvalitetssikres kontinuerlig etter en gitt standard. Også til dette vil det kreves spesialutviklet programvare. Sett fra en annen vinkel, så kan dette systemet gi en langt bedre utnyttelse av tokttid fordi planleggingen kan gjennomføres med et betydelig kunnskapsgrunnlag. Nøkkelen i systemet ligger i at data skal være tilgjengelig i sanntid, enten gjennom kabelsystemer eller gjennom satellittkommunikasjon. I noen tilfeller vil systemer for datareduksjon være nødvendig for å få fram det mest nødvendige til rett tid.

Modellapparat vil inneholde en rekke funksjoner og håndtere mange typer data. Det vil kunne ta inn økosystemdekningen og vil bruke den som en slags kalibrering. Fordeling og tetthet fra slike dekninger blir framskrevet i tid og rom basert på modeller for vandring, predasjon, informasjon om uttak i form av fiske og annen naturlig dødelighet. Slike modeller

vil aldri fungere tilfredsstillende uten en eller annen form for justering. Derfor er det viktig å få inn kontinuerlig så mye informasjon som mulig som kan brukes for å justere status basert på direkte observasjoner, enten det nå er fra fiskeflåten eller stasjonære sensorer. Å implementere miljøinformasjon i modellene vil være avgjørende for å gi en brukbar framskrivning av biomassen av ulike arter og størrelsesgrupper.

Et slikt dataverktøy vil bli et ideelt simuleringsverktøy til å vurdere databehov, for eksempel hvor og når data bør samles inn og hvor mye som trengs til ulike formål. Simulering av ulike uttak i mengde og fordelt på arter vil være viktig for forvaltning, mens simulering av ulike strategier for prøvetaking kan effektivisere toktvirksomheten.

### **Sluttbemerkning**

Vurderingene mine over er gjort med en god del innebygde forutsetninger (se Infrastruktur og rammebetingelser). Er de realistiske? Mange – kanskje de fleste vil si nei. For meg er ikke dette det avgjørende punktet. Jeg vil demonstrere at vi må ut av dagens brannslukningsstrategi både innen overvåkning og forvaltning for å skaffe nok ro og ressurser til å ta fatt på den formidable oppgaven som ligger foran oss dersom vi skal følge opp intensjonene i de internasjonale konvensjonene Norge har skrevet under på. Det er demoraliserende på lang sikt å ha mål man aldri nærmer seg. På den andre side kan jeg ikke tenke meg noe mer spennende og stimulerende enn å få ta del i den utviklingen som fører fram mot scenario 2020.