

Programleder Åsmund Bjordal

### MÅL

**Programmet skal levere oppdatert vitenskapelig kunnskap om tilstand og forventet utvikling av de viktigste fiskebestandene, som grunnlag for en bærekraftig fiskeriforvaltning.**

**Norsk fiskerinæring høster årlig mellom to og tre millioner tonn av havets levende ressurser, fordelt på over 80 ulike bestander av fisk, skalldyr, sel og hval. Innsatsen er i hovedsak rettet mot overvåking og mengdemåling av de økonomisk viktigste fiskebestandene. Kombinert med fangststatistikk gir dette grunnlag for bestandsberegninger og prognoser, hovedsakelig i samarbeid med andre lands forskere i Det internasjonale råd for havforskning (ICES). Ressursrådgivningen legges til grunn for fastsettning av årlige fiskekvoter.**

### PROSJEKTER

- Ressursrådgiving og informasjon
- Mengdemåling og bestandsvurdering, pelagisk fisk
- Mengdemåling og bestandsvurdering, bunnfisk
- Mengdemåling og bestandsvurdering, sjøpattedyr
- Fangstteknisk rådgiving
- Tilgjengelighet og kvalitet av fiskedata
- Redusert usikkerhet i bestandsberegninger
- Administrasjon og utvikling av Senter for marine ressurser

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ levert forvaltningsråd for en rekke bestander, med hovedvekt på de økonomisk og økologisk viktigste, som torsk, hyse, sei, blåkveite, uer, sild, makrell, kolmule og vågehval,
- ▶ vært rådgivere i fiskeriforhandlinger med EU, Russland, Grønland, fempartsforhandlinger om norsk vårgytende sild, drøftinger i NEAFC (Den nordøstatlantiske fiskerikommisjon) om kolmule og uer, og reke i NAFO (Den nordvestatlantiske fiskerioorganisasjonen), og om hval i IWC (Den internasjonale hvalfangstkommisjon) og NAMMCO (Den nordatlantiske sjøpattedyrkommissjon),
- ▶ bidratt til forvaltningssamarbeidet i farvannene ved Antarktis gjennom deltakelse i CCAMLR (Antarktiskommisjonen),
- ▶ etablert samarbeidsforum mellom Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning

- for nasjonal samordning av data og forberedelse til de viktigste arbeidsgruppene for bestandsberegning i ICES,
- ▶ utviklet nytt verktøy for bestandsberegning av norsk-arktisk torsk, Fleksibest, med mål å få internasjonal aksept for anvendelse i 2001-2002,
- ▶ utviklet et bedre datagrunnlag for bestandsberegning gjennom ulike tiltak,
- ▶ etablert en referanseflåte av fiskefartøyer for direkte elektronisk rapportering av fangstdata og biologiske prøver,
- ▶ tatt i bruk Kystvaktens nye fiskeridatabase "Fiskas",
- ▶ arrangert nordisk seminar om anvendelsen av "føre var-prinsippet" i ressursrådgiving og fiskeriforvaltning der målgruppen var forskere, fiskere og forvaltere,
- ▶ etablert nasjonal "Referansegruppe for ressursforskning". Det er et dialogforum mellom fiskerinæring, forskning og forvaltning, for samråd om nye forvaltningsprinsipper og bedre utnytting av fiskeridata i bestandsberegning,
- ▶ analysert ulike kilder for bedre fiskeridata for bestandsberegning, med deltakelse fra Norges Fiskarlag, Norges Råfisklag, Sunnmøre og Romsdal Fiskesalslag, Kystvakten og Fiskeridirektoratet, og stilt ferdig rapport om arbeidet,
- ▶ gitt informasjon til fiskeflåten om effektive tiltak for å redusere bifangst av sjøfugl i linefisket.
- ▶ arrangert internasjonal arbeidsgruppe som la grunnlaget for enighet om forvaltningsstrategier for norsk-vårgytende sild,
- ▶ utført innledende forsøk med akustisk mengdemåling av makrell med lovende resultater,
- ▶ tatt del i overvåkingen av biologisk mangfold i Nordsjøen, gjennom internasjonalt EU-prosjekt og eget samarbeidstokt med Universitetet i Bergen,
- ▶ supplert skreiundersøkelsene i Lofoten med egne målinger av eggmengde i området,
- ▶ utført nest siste av seks års telletokt av vågehval, som grunnlag for neste bestandsberegning. Startet overvåking og mengdemåling av nisebestanden langs Norskekysten, og registrering av sjøpattedyr tatt som bifangst i ulike fiskerier,
- ▶ dokumentert seleksjonseffektene av enkel sorteringsrist i torskfiskeriene i

Barentshavet,

- ▶ ferdigstilt manual for fiskeprøvetaking, "Manual for sampling of fish and crustaceans", for eget bruk og for anvendelse av andre forskningsmiljøer.

### FORBEDRET DIALOG FISKER – FORSKER

*Til tross for at det utad kan virke som om det er stor uenighet mellom fiskere, havforskere og fiskeriforvaltere, har det i Norge mellom disse tradisjonelt vært en god dialog. Nye forvaltningsbegrep, som "føre var-prinsippet", "økosystembasert fiskeriforvaltning", og "marint biologisk mangfold" har likevel skapt mye diskusjon mellom forskning og næring. Fiskerne har på sin side etterlyst utvidet bruk av data fra fiskeflåten for bruk i forskernes bestandsberegninger. Sist høst ble diskusjonen omkring pålitelig fangststatistikk fokusert gjennom en rekke medieoppslag om "fiskejaks".*

*Dette aktualiserte behovet for en bedre og mer dyptgripende dialog mellom havforskere, fiskere og fiskeriforvaltere. Som ett tiltak arrangerte vi en nordisk (fisker-forsker-forvalter) konferanse om hvordan føre var-prinsippet skulle anvendes, om mulighetene for å få fiskernes innsikt med i bestandsberegningsprosessen, og om hvordan data fra fiskeflåten kunne anvendes bedre. Dette er fulgt opp av en nasjonal referansegruppe for ressursforskning, der Norges Fiskarlag, Fiskerinæringens landsforening, Fiskeridepartementet, Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet deltar. Målet er å involvere næring og forvaltning mer i metoder knyttet til bestandsberegninger, og å utvikle systemer som bedre kan anvende data fra fiskeflåten i bestandsberegningene.*

*Som ett tiltak er det etablert en referanseflåte, foreløpig med seks fiskefartøyer - som skal rapportere fangst- og biologiske data direkte til Havforskningsinstituttet. Dersom erfaringene er positive, tar vi sikte på å utvide denne referanseflåten med flere fartøyer og til ulike fiskerier.*

*Både havforskning, fiskerinæring og fiskeriforvaltning står foran store utfordringer i form av nye og strengere forvaltningskrav innen fiskerisektoren. En klar forutsetning for å møte disse kravene er en bedre og omforent forståelse av framtidige forvaltningsprinsipp og hvilke krav disse stiller til kunnskap om fiskebestandene og fangstdata fra fiskeriene. Felles forståelse og holdninger mellom ressursrådgiving, forvaltning og næringsinteresser vil være grunnleggende for en bærekraftig høsting fra våre marine økosystemer. Dialogen på dette området vil derfor være meget viktig når vi skal utvikle framtidens fiskerinæring.*

Programleder Ole Arve Misund

### MÅL

Programmet skal overvåke langtidsutviklingen og gi prognoser for havklima, produksjonsforhold og forurensning i norske kyst- og havområder. Resultatene fra programmet skal medvirke til at styresmaktene kan forvalte havmiljøet og de levende marine ressurser på en bærekraftig måte.

### PROSJEKTER

- Rådgivning og informasjon
- Kyst og fjord
- Barentshavet
- Norskehavet
- Nordsjøen og Skagerrak
- Administrasjon og drift av Senter for marint miljø

### OPPNÅDDE RESULTATER

Overvåkingen av havmiljøet viste at:

- ▶ Kiselalgenes våroppblomstring var svak og noe sen langs kysten av Skagerrak, og hadde et betydelig innslag av arten *Guinardia delicatula*, som normalt har forekommet til andre årstider.
- ▶ Dinoflagellaten *Dinophysis acuta*, som er hovedkilden til diarégift i skjell, blomstret uvanlig tidlig og kraftig. Fra Oslofjorden til Stad var problemet med diarégift i skjell uvanlig stort.
- ▶ Undersøkelser av gjenvekst av tare i Rogaland viste at det ikke er noen økning i høstbart kvantum ved å vente i fem år mellom hver høsting i forhold til å høste hvert fjerde år.
- ▶ Temperaturen i de vestlige og sentrale deler av Barentshavet har avtatt gjennom hele 2000 og var om høsten like over langtidsmidlet.
- ▶ Temperaturen i de østlige deler har vært 0,5-1 grad høyere enn langtidsmidlet gjennom hele året. De klimarelaterte oppvekstforhold for torsk, hyse og sild var derfor omtrent som normale.
- ▶ Det var lite is i Barentshavet i hele 2000. I Norskehavet var det i det 30-40 m dype blandingslaget nær overflaten betydelig kaldere i 2000 enn året før på grunn av økt tilførsel fra relativt kaldt og ferskt vann fra vest. Dette har medført at sildebestanden under sin beitevandring i Norskehavet om våren-sommeren har hatt en mer nordlig og østlig utbredelse enn tidligere.
- ▶ Vårt numeriske modellsystem har påvist meget sterk innstrømming i årets kvartal av vann gjennom Den engelske kanal,

sammenfallende med unormalt sterke strømmer i den sørlige Nordsjøen og nordover langs norskekysten.

- ▶ Grunnet en mild høst og de unormalt høye tilførsler av vann fra sør, har temperaturen langs kysten ned til rundt 100 m dyp vært ekstremt høy (2-4 standardavvik over normalen).
- ▶ Ved oppblomstringen av den skadelige algen *Chatonella sp* våren 2000 ble nytten av kombinert bruk av satellitter, vårt numeriske modellsystem og vår skipsovervåking demonstrert gjennom et internasjonalt samarbeidsprosjekt finansiert av det europeiske romsenter.
- ▶ Under redningsaksjonen ved "Kursk" ble en germaniumdetektor for måling av små mengder gamma-radioaktivitet utlånt til Statens Strålevern til bruk om bord på redningsskipet "Seaway Eagle" for å kartlegge omfanget av radioaktivitet inne i og rundt vraket. Våre forskere var også med å utarbeide mulige sprednings-scenarioer for radioaktivitet fra vraket av "Kursk" ved bruk av havmodellering, og forslag til overvåkningsprogrammer for å fange opp mulig spredning av radioaktivitet fra vraket.

### "KURSK" - OG RADIOAKTIVITET I HAVET

*I etterkant av dramaet omkring de fortvilede og mislykkede forsøkene på å redde det innesperrede mannskapet på atomubåten "Kursk", kommer spekulasjonene om hvorvidt vi kan få en dramatisk radioaktiv forurensning i Barentshavet. I hvilken grad er den havarete ubåten en trussel mot fiskeressursene og fiskeriene i et av våre viktigste fiskeriområder?*

*Atomubåten "Kursk" var av de største ubåttypene som den russiske marine har. "Kursk" betegnes som en Oscar-klasse II angrepsubåt med to trykkvannsreaktorer som gir ubåten rundt 90 000 hestekrefter til framdrift. Ubåten er 154 meter lang og kan gå med en fart på 30-35 knop. Oscar-klassen er bygd for å kunne bringe med seg 24 kjernefysiske raketter. Ifølge russiske myndigheter hadde heldigvis ikke "Kursk" kjernevåpen om bord da den havarete. Den mulige radioaktive forurensningen er derfor begrenset til "bare" en eventuell forurensning fra atomreaktorene om bord.*

*Reaktordelen er konstruert både for å beskytte mannskapet mot stråling og hindre at fiendtlige angrep skader kraftproduksjonen. Atomreaktoren er bygget med et indre*

*(primær) og ytre (sekundær) kjølesystem. Primærkjølesystemet er lukket og skal hindre at radioaktive komponenter kommer ut til omgivelsene. Sekundærkjølesystemet overfører varmen til dampgeneratorer som sender damp til turbiner for kraftproduksjon. Kjølevannet i primærkjølesystemet vil inneholde radioaktive komponenter fra kjernespløtningene i reaktoren.*

*Målinger gjort av Statens strålevern fra vannprøver, tatt inne i "Kursk" og fra prøver tatt rett utenfor, viste ikke forhøyede nivåer av radioaktivitet. Det betyr mest sannsynlig at reaktordelen er uskadd, og at det ikke er lekkasje fra primærkjølesystemet. Ved en eventuell heving av vraket er det viktig at reaktordelen forblir uskadd slik at det ikke oppstår radioaktiv lekkasje.*

### HVA ER RADIOAKTIVITET?

*Radioaktivitet skapes når atomkjerner deles, og er uttrykk for et stoffs evne til å sende ut ioniserende stråling. Aktiviteten angis i becquerel (Bq), oppkalt etter Henri Becquerel.*

*Det er tre forskjellige former for radioaktiv stråling: alfa-, beta- og gammastråling. Gammastråling har stor gjennomtrengningskraft og er elektromagnetisk stråling av samme natur som røntgenstråling og radiobølger. Personer som utsettes for direkte gammastråling risikerer, avhengig av dosen, å få så vel akutt som langvarig helseskade. Alfa- og betastråling har meget lav gjennomtrengningskraft. De fleste målingene som foretas er gamma-målinger fordi dette er lettest. Da måles det særlig radioaktivt cesium-137, som er viktig i forurensnings-sammenheng.*

*I reaktoren dannes en mengde forskjellige radioaktive stoffer som er mer eller mindre skadelige for miljøet. De viktigste stoffene for opptak i marine organismer er radioaktivt cesium og strontium. Mulighetene for skade er blant annet knyttet til i hvilken grad det radioaktive stoffet blir tatt opp av en organisme, hvor i organismen det vil havne, og ikke minst dosen den aktuelle delen av organismen blir utsatt for. Skadene kan blant annet være forandringer i cellestruktur, utvikling av kreft og forandringer i arvematerialet. Det er viktig å understreke at det skal betydelige mengder til før mennesker påvirkes, og det må minnes om at strålebehandling brukes til å bekjempe kreft.*

*Halveringstiden er den tiden det tar før halvparten av antallet opprinnelige*

atomkjerner er omdannet eller "gått i stykker". Cesium-137 har halveringstid på 30 år og vil forbli lenge i miljøet etter et utslipp. Strontium-90 gir betastråling, og har en halveringstid på ca. 28 år. I reaktorens uranbrensel dannes det også det radioaktive grunnstoffet plutonium. Plutonium-239 er viktigst, gir alfastråling, og har en halveringstid på 24 000 år.

#### RADIOAKTIV FORURENSNING I HAVET

De viktigste radioaktive forurensningskomponentene fra ubåthavariet vil være radioaktivt cesium og strontium. I tillegg vil det over tid kunne frigjøres plutonium. Plutonium vil i liten grad bli tatt opp av marine organismer. Cesium er kjemisk lik kalium og kan gå "ut og inn" av cellene i en organisme. Strontium er lik kalsium, som er vesentlig for oppbygging av beinstrukturer. Strontium forblir i beinsubstansen, mens cesium skiftes ut i muskulaturen. Ettersom det er kjøttet, enten det er fra fisk eller dyr, som vi vanligvis spiser, er det innholdet av radioaktivt cesium som vil ha betydning for konsumenten.

I sjøvann finnes vanlig cesium, hvorav en viss mengde tas opp og utskilles ved at cesiumet inngår i organismens saltbalanse. Selv om hovedbestanddelen i sjøvann er vanlig koksalt (natriumklorid), inneholder sjøvannet også alle de andre grunnstoffene. En liter vanlig sjøvann inneholder f.eks. ca 8 mg ikke-radioaktivt strontium og 0,0005 mg ikke-radioaktivt cesium. Oppførselen til de radioaktive stoffene i det marine miljø og evnen til å bli tatt opp

av organismer, er bestemt av stoffenes kjemiske egenskaper. De aller fleste radioaktive stoffene som dannes i en kjernereaksjon, finnes også i naturen som ikke-radioaktive grunnstoff.

Radioaktive og ikke-radioaktive komponenter av samme grunnstoff har like kjemiske egenskaper. Dette er av stor betydning, spesielt i det marine miljø. Dersom et område er forurenset med radioaktivt cesium, vil opptak av radioaktivt cesium skje etter samme mengdeforhold som det er mellom radioaktivt og ikke radioaktivt cesium i den aktuelle vannmassen. Dette betyr at saltvannsfisk er mer skjermet mot radioaktivt opptak enn ferskvannsfisk. I ferskvann kan det være slik at f.eks. alt cesiumet stammer fra radioaktiv forurensning.

#### ER VÅRE HAVOMRÅDER FORURENSET?

Havforskningsinstituttet gjennomførte en overvåking av fisk i forbindelse med de sovjetiske atombombesprengeingene øst i Barentshavet sent i 1950-årene og i begynnelsen av 60-årene. Det gjennomsnittlige radioaktivitetsinnholdet i fisk fra Barentshavet oversteg da aldri 100 Bq/kg. Til sammenligning ble det som følge av nedfall etter Tsjernobyl-ulykken målt opp mot 30 000 Bq/kg i fisk fra fjellvann i spesielt belastede områder i Norge. Som følge av Tsjernobyl-ulykken ble det satt en tiltaksgrense på 600 Bq/kg matvarer. Overstiger innholdet i matvarer denne grensen skal det gjennomføres kostholdsrestriksjoner.

Havforskningsinstituttet har i dag i samarbeid med Statens strålevern et overvåkingsprogram for radioaktivitet i marint miljø, og Fiskeridirektoratet samarbeider med Strålevernet om kontroll av landet fisk. Dagens overvåking viser at fisk fra Barentshavet i gjennomsnitt inneholder under 1 Bq/kg. I Skagerrak er verdiene litt over 1 Bq/kg og i Østersjøen, som er det mest forurensete av våre nærområder, oppgis en gjennomsnittsverdi for fisk på 21 Bq/kg. I alle våre havområder ligger nivået langt, langt under tiltaksgrensen på 600 Bq/kg.

Havforskningsinstituttets overvåking innebærer også måling på andre organismer enn fisk, på vann og i bunnsedimenter. Selv om radioaktivitetsnivåene i våre havområder er betryggende lavt, er det viktig å opprettholde en langsiktig og grundig overvåking. Det er bare gjennom resultater fra lange tidsserier at forandringer til det bedre eller verre kan spores.

#### DOKUMENTASJON AV ET RENT HAV

Havforskningsinstituttet har som målsetting for sin miljøovervåking å kunne dokumentere med internasjonalt aksepterte metoder at norsk fisk er fanget i "rent" hav, og dersom et område skulle vise seg å være eller bli forurenset, kunne gi råd til myndighetene om eventuelle fangstbegrensninger. Troverdigheten til resultatene fra en slik overvåking er også avhengig av at resultatene publiseres internasjonalt.

## Program 93

## HAVBRUK OG RÅDGIVNING

Programleder Ole Torrissen

#### MÅL

**Programmet skal videreutvikle kunnskapen om laksefisk og marine arter slik at produksjonen blir bedre ut fra et samfunnmessig (helse, miljø, matkvalitet og etikk) og konkurransemessig hensyn. Det skal utføre forskning og analyser som danner grunnlag for forvaltningsråd innen helse og sykdom, miljø og etikk samt genetiske spørsmål knyttet til domestisering og biodiversitet.**

#### PROSJEKTER

- Produksjon av laksefisk
- Produksjon av kveite
- Forvaltning av skjell og produksjon av kamskjell
- Produksjon av torsk

- Rådgivning, helse og sykdom
- Rådgivning, genetikk, etikk og miljø
- Forvaltning av hummer

#### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Det er etablert en alternativ sjøvannslokalitet på Solheim i Masfjorden. Matre havbruksstasjon har dermed mulighet til vekselbruk.
- ▶ Det nye sjøvannsinntaket ved Austevoll havbruksstasjon fra 165 m dyp, ble satt i drift 1. november. Etter at det nye inntaket kom på plass er det ikke registrert termotabile bakterier.
- ▶ Ved produksjon av kveite våren 2000 ble det totalt strøket 183 liter egg. Av dette var 39 liter av så god kvalitet at de ble overført til siloer, og 32,8 liter ble solgt til en yngeloppdretter. Overlevelsen var 53 %

for total eggmengde innlagt.

- ▶ I samarbeid med klekkeriet Scalpro A/S er det utviklet et gjennomstrømmingssystem for produksjon av kamskjellarver uten bruk av antibiotika. Settling av larvene i disse systemene ble gjennomført for første gang, og yngelen ble til slutt overført til kasser i sjø i mai. Overføringen var et samarbeid med Seashell as, Frøya i Trøndelag, og den minste yngelen ble overført dit. Av ulike årsaker var det få overlevende av yngelen i Trøndelag i november, mens overlevelsen hos yngelen som ble overført til sjø i Austevoll var svært høy (> 80 %).
- ▶ Ved Austevoll havbruksstasjon er stamfisk av torsk lysbehandlet på en slik måte at de gyter om høsten. Høsten 2000

produserte vi om lag 70 000 torskeyngel (12-15 mm) ved å bruke egg fra lysbehandlet stamfisk. Yngelen ble produsert etter en helintensiv metode.

▶ Parisvatnet sto for den største produksjonen av torskeyngel i Sør-Norge i 2000 med over 200.000 yngel.

▶ Havforskningsinstituttet har i samarbeid med farmasøytisk industri utviklet en vaksine mot vibriose på torsk.

▶ Det er isolert DNA fra alle hovedlinjer i norsk fiskeoppdrett, og disse blir genotypet med utstyr som er kompatibelt med andre institusjoner som arbeider med bestandsgenetikk hos laks og aure.

▶ På grunnlag av forvaltningssystemet MOM er det utarbeidet en norsk standard for overvåkning av marine matfiskanlegg. Standarden er tatt i bruk av mange oppdrettere på frivillig basis.

▶ Havforskningsinstituttet startet i 1995 et kartleggingsarbeid i Norskehavet for å undersøke fordelingen av vill postsmolt/rømt oppdrettslaks i havet. Innslag av oppdrettsfisk og påslag av lakselus på villfisken er blitt registrert i til dels stort omfang. Undersøkelsene omfatter utvalgte Vestlandsfjorder og undersøkelser i Barentshavet. I 2000 ble også Finnmarksfjordene Alta, Porsanger, Tana og Neiden undersøkt.

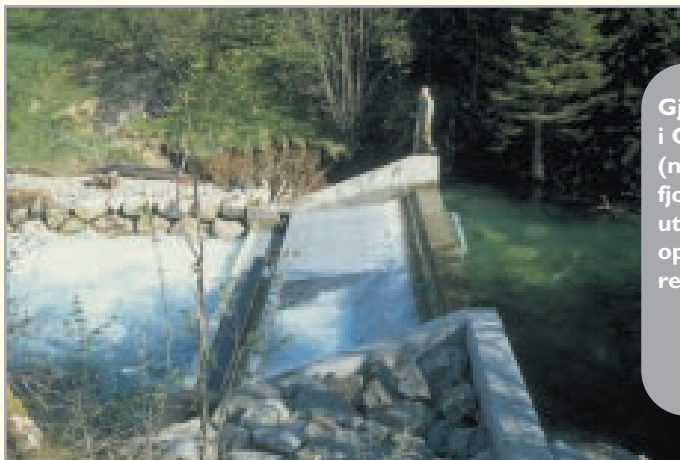
▶ I 2000 er det for første gang funnet klare indikasjoner på at sørnorsk og mellom-europeisk postsmolt kan opptre blandet på beiteområdene.

▶ I forbindelse med rotenonbehandling av Parisvatnet i Øygarden, ble forekomsten av rotenon undersøkt etter pålegg fra Statens Forurensningstilsyn (SFT).

### HVA SKJER NÅR LAKSEN RØMMER?

Etter at sykdomskontrollen av norsk oppdrettsfisk stadig ble bedre i løpet av 1990-årene, er det nå rømt oppdrettslaks og lakselus som er de store miljøutfordringene i norsk havbruk. Ingen er tjent med at oppdrettslaksen rømmer. Rømming fører til flyt av genmateriale fra oppdrett ut i ville laksebestander, og forskerne er usikre på de biologiske konsekvensene av dette.

Å få en god oversikt over omfang og konsekvenser av rømming er viktige miljømål for norsk havbruk, slik det er formulert blant annet i Fiskeridepartementets miljøhandlingsplan 2000-2004. Villaksutvalget fra 1999 peker på at kunnskapen om miljøeffekter av havbruk er fragmentert og at



Gjennom anlegget i Guddalselva (midtre Hardangerfjorden) blir all utvandrende og oppvandrende fisk registrert.

samarbeidet mellom etater svakt. Det foreslår derfor blant annet å innføre nasjonale laksevassdrag og laksefjorder som vernetiltak mot rømming.

Når oppdrettslaksen rømmer, reises mange spørsmål. Hvilke genetiske og biologiske endringer vil en innblanding av oppdrettslaks i villaksbestandene føre til? Hvor mye fisk er det som rømmer, og i hvilken grad er rømt fisk kilde til spredning av fiskesykdommer og lakselus? I hvilken grad undergraver rømming sykdomsforebyggende tiltak?

### HVOR MANGE?

Innslaget av rømt oppdrettslaks varierer fra 0 til 80 prosent i ulike ville bestander. Kjente lakseelver som Namsen og Etnelva har hatt stort innslag gjennom flere år, mens Tana og Neiden har lave innslag. Det finnes imidlertid ikke mengdemålinger som viser hvor mye rømt fisk det er i elver eller fjordområder. Det finnes heller ikke god nok oversikt over hvor store villaksbestandene er. Det fører til at det er vanskelig å registrere endringene i bestandene og vite når en gitt bestand virkelig er truet. Uten gode mengdemålinger av rømt fisk i gitte lokaliteter, vil det være vanskelig å tallfeste effektene av tiltak som laksefjorder og -vassdrag på forekomsten av rømt fisk.

Miljøspørsmålene i havbruk var bakgrunnen for at Havforskningsinstituttet våren 2000, sammen med andre etater, tok initiativ til å installere en fisketeller i Guddalselva i Hardangerfjorden. Fisketelleren registrerer all ut- og oppvandrende fisk, inkludert rømt fisk, tidspunktet for opp- og utvandring, og antall smolt som går ut i Hardangerfjorden fra denne lokaliteten. Dette gjør det mulig å anslå grad av overlevelse i sjøen for spesifikke årsklasser, og identifisere årsaker til endringer. Dette kan være særlig nyttig i forbindelse med

å få oversikt over luseproblemet i regionen, og få vurdert effekten av forebyggende tiltak.

Fisketelleren har 30 kvadratmeter silflater av aluminium som kan behandle inntil 35 kubikkmeter vann pr. sekund. All utvandrende fisk blir ført automatisk inn i en tank for manuell registrering. I større elver vil andre metoder for mengdemåling være mer nyttig, som for eksempel merking og gjengangstmetoder.

### MANGLER GENETISKE DATA

Norge har ingen genetiske oversikter eller databaser på oppdrettslinjer eller villbestander. Mangelen på genetiske data både på villaks og oppdrettslaks gjør det derfor vanskelig å svare på hvordan rømt oppdrettslaks påvirker villakspopulasjonene. Vi vet ikke hvordan de enkelte villbestandene og avlslinjene kan endre seg over tid, eller hvilke arveanlegg vi eventuelt vil miste.

Når man skal forsøke å kartlegge den genetiske og biologiske betydningen av rømming, må forskerne ta hensyn til at det mangler slike bakgrunnsdata både på villbestander og oppdrettslinjer. Å ha et tilpasset genetisk analyseverktøy er nødvendig for å få svar på spørsmålene omkring rømming og genpåvirkning, og inntil nylig har forskerne ikke hatt slike verktøy. Havforskningsinstituttet samarbeider nå med Norges Veterinærhøgskole og Universitetet i Stirling om et prosjekt som skal utvikle et tilpasset genetisk analyseverktøy. Dette skal kunne identifisere familiegrupper og bestander, karakterisere viktige oppdrettslinjer og laksebestander, og tallfeste immigrasjonen i gitte villbestander. Dette vil være et viktig verktøy i arbeidet med å kartlegge genressurser og konsekvenser av rømming og genpåvirkning i framtiden.

Programleder Erling Bakken

### MÅL

**Programmet skal bidra til en bærekraftig utnyttelse av marine, levende ressurser i land vi samarbeider med. Det samlede mål for prosjektene er: Effektive forskningsbaserte forvaltningssystemer med tilhørende, selvstendige institusjoner i drift. Målet skal nåes gjennom overføring av etablert og ny kunnskap til forsknings- og forvaltningssystemer ute.**

Programmet er fra 1. januar 1999 et linjeprogram som dekker all virksomhet organisert gjennom "Fiskeriforskning u-land" ved Havforskningsinstituttet, innbefattet "Koordineringsenheten" som organisatorisk også dekker bistandsrettet aktivitet ved Fiskeridirektoratet i henhold til "Agreement NORAD – IMR/DoF concerning Technical Assistance within the Fisheries Sector".

### PROSJEKTER

- Mosambik
- Indonesia
- Kina
- Vietnam - akvakultur
- Vietnam - fiskerilovgivning
- Namibia - fiskeriforskning
- Namibia - miljøforskning
- Namibia - institusjonsutvikling
- Namibia - forvaltning
- Angola - fiskeriforskning
- Angola - miljøforskning
- Angola - institusjonsutvikling
- Angola - fiskeriforvaltning
- Sør-Afrika - Forskning og forvaltning
- BENEFIT
- Andre land/FAO
- NORAD - ad hoc-oppdrag
- EU-prosjekt - ENVFISH

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ I Mosambik er det nå utviklet en database som er viktig for rådgivningen, særlig for rekefisket som betyr mye for Mosambiks eksport.
- ▶ I Indonesia har det blitt avholdt et kurs i bruk av akustiske metoder i forskningen.
- ▶ I Kina vil de forskjellige delprosjektene med unntak av ett, bli avsluttet til et seminar i Qingdao i januar 2001.
- ▶ Havforskningsinstituttet har bistått i oppbygningen av sykdomslaboratoriet ved Research Institute for Aquaculture i Hanoi, både på utstyrs- og opplæringsiden. En NORAD-evaluering gir sykdomsprosjektet en meget god omtale.

▶ Fiskerilovgivningsprosjektet i Vietnam har nå nådd første viktige milepæl, idet et fullstendig utkast til ny fiskerilov foreligger. Arbeidet med å utarbeide forskrifter i medhold av loven blir nå påbegynt.

▶ Forskningsinstituttet i Namibia har utviklet seg til å være et kompetent forskningscenter. Nansenprogrammet har bidratt til økt kompetanse i survey-metodikk og utvikling av seleksjonsrist i lysingfiskeriene og bistår fortsatt i dette arbeidet.

▶ I Angola har mengdemålinger fra akustikk og bunntåltokt utført av angolanske og norske forskere på Dr. Fridtjof Nansen, vært hovedgrunnlaget for forvaltningsanbefalinger til den angolanske regjeringen. For første gang er dessuten planktonprøver tatt på pelagiske tokt og analysert av angolanske forskere i Luanda.

▶ Institusjonsutvikling i form av kontinuerlig veiledning og kursing ved bl.a. Havforskningsinstituttets tekniske rådgiver i Angola har bidratt til økt kompetanse. Det ble holdt en workshop hvor biologiske referansepunkt for alle viktige bestander i Angola ble beregnet. Denne informasjonen ble brukt til basisanbefalinger til myndighetene.

▶ En sektorstudie som kartlegger status innen angolansk fiskeriforvaltning ble ferdigstilt. Denne utgjør første trinn i en Master Plan for satsing innen fiskerisektoren.

▶ Det er utført digitalisering av kart over fiskefordelinger utenfor Angola tilbake til 1985. Det er dessuten utviklet en programmodul i NAN-SIS for kopling av satellittdata med kart over fiskefordelinger.

▶ I Sør-Afrika ble arbeidet med å lage en ny Business Plan for det marine fiskerisamarbeidet mellom Norge og Sør-Afrika avsluttet. Norske rådgivere har bidratt i de sørafrikanske fiskerimyndighetenes arbeid med gjennomføringen av nye forvaltnings tiltak som bl.a. skal sikre at tidligere underprivilegerte folkegrupper gis adgang til å utnytte marine fiskeressurser.

▶ Havforskningsinstituttet bidro til å fremme det regionale BENEFIT samarbeidet mellom Angola, Namibia og Sør-Afrika ved å delta i en rekke ulike aktiviteter.

▶ På Nordvest Afrika ble det gjennomført et regionalt møte om bestandsestimering av de viktigste pelagiske ressursene. Det er et mål for Nansenprogrammet å bidra til et regionalt samarbeid innen fiskeriforskning og -forvaltning i regionen. Tre regionale tokt ble gjennomført med "Dr. Fridtjof Nansen".

### HISTORIEN OM NANSENPROGRAMMET

Nansenprogrammet omfatter ressurs- og miljøforskning med forskningsfartøyet "Dr. Fridtjof Nansen". Dagens "Dr. Fridtjof Nansen" er det andre fartøyet i programmets historie, det første med samme navn ble satt i drift i 1975. I 2000 kom boken om Nansenprogrammet, som dekker tiden med den første "Fridtjof Nansen"; perioden fra 1975 til 1993.

Boken presenterer den historiske bakgrunnen for arbeidet med fiskeriforskning og -forvaltning i våre samarbeidsland, og den gir en oversikt over hovedresultatene og toktvirksomheten i de områdene "Dr. Fridtjof Nansen" opererte i.

Bokens hovedforfatter, Gunnar Sætersdal, spilte en viktig rolle i å utvikle og gjennomføre programmet. Etter å ha arbeidet for FAO i Chile, Peru og ved FAOs hovedkvarter i Roma tidlig på 1960-tallet, ble han oppmerksom på de problemene utviklingslandene hadde når det gjaldt å kartlegge egne fiskeriresurser. Sætersdal var en viktig og sterk pådriver for å få et NORAD-finansiert forskningsfartøy som skulle gi informasjon om de marine fiskeriresursene. Han startet arbeidet med å skrive historien om Nansenprogrammet etter at han ble pensjonist i 1992, men fikk ikke selv se den ferdige boken. Han gikk bort i 1997.

Bistand til fiskeriene, spesielt til fiskeriforskning og -forvaltning, har vært en viktig del av norsk utviklingssamarbeid de siste 30 årene. Det er flere grunner til dette. Mange utviklingsland ønsket tidlig i 1970-årene å utvikle sin fiskeindustri, men fant at de hadde svært liten kunnskap om mengde og fordeling av egne fiskeriresurser. Det var også knyttet stor usikkerhet til om fisket kunne økes. De fleste kyststatene fikk på 1970-tallet utvidet nasjonal jurisdiksjon og etablerte større økonomiske soner, og dette forsterket behovet for kunnskap om de marine ressursene. Som fiskeri- og kystnasjon har Norge gjennom lang tid utviklet en forskningsbasert fiskeriforvaltning. På 1970-tallet var det derfor en rådende oppfatning at vi burde dele denne erfaringen med utviklingsland.

Toktdataene fra "Dr. Fridtjof Nansen" blir vanligvis delt med de enkelte land, men Havforskningsinstituttet disponerer fortsatt hele den samlede databasen. I en situasjon hvor miljøet stadig endrer seg på grunn av menneskeskapte aktiviteter, er dataene fra "Dr. Fridtjof Nansen" viktig historisk informasjon om fiskeriresursene på kontinentale shelf-områder i ulike deler av verden. Boken om Nansenprogrammets historie tar vare på denne kunnskapen om ressurser og fiskerier i utviklingsland og vil bidra til å sikre Havforskningsinstituttets institusjonelle hukommelse når det gjelder bistandsarbeid.

Programleder Einar Dahl

### MÅL

**Programmet skal frambringe kunnskaper om marint miljø og biologiske ressurser som grunnlag for en samlet, bærekraftig forvaltning av kystsonen.**

### PROSJEKTER

- Ressurser i kystsonen - fauna
- Ressurser i kystsonen - flora
- Prosesser og økosystem i den marine kystsonen
- Miljøstatus og trender i kystsonen
- Effekter av inngrep og aktiviteter i kystsonen

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Et nordisk samarbeidsprosjekt er etablert for å belyse mulige årsaker til at det er blitt betydelig mindre voksen torsk i deler av Skagerraks østlige kystområder de senere år.
- ▶ Det er utarbeidet en miljøstatusrapport for Skagerrak der programmets hovedansvar har vært å beskrive tilstand og utvikling i utvalgte bestander av fisk og skalldyr.
- ▶ Undersøkelser av tareressursene i Sør-Trøndelag viser at taretrålingen bør legges til de ytre områdene, hvor det er funnet best gjenvækst og lavest tetthet av kråkeboller. Ved oppstartning av taretråling vil det være behov for å overvåke gjenvæksten av stortare på trålfeltene, samt utbredelsen av kråkeboller. I Rogaland vil en taretrålingssyklus på fire år resultere i en mer effektiv ressursutnyttelse.
- ▶ Etter en oppbygging av et laboratorium for genetiske analyser, er programmet i gang med å kartlegge bestandsstrukturer av blant annet torsk og sjørrret. Innsikt i genetiske sammenhenger er avgjørende for en fremtidig forvaltning av ulike kystpopulasjoner.
- ▶ Foreløpige resultater tyder på små, men signifikante genetiske forskjeller mellom torsk langs Skagerrakkysten.
- ▶ I ulike gytebekker er det genetisk atskilte sjørrretbestander, og dermed liten feilvandring mellom bestandene.
- ▶ Nedslag av kimplanter av japansk drivtang (*Sargassum muticum*) er sterkt avhengig av nærliggende tetthet av Sargassum-planter.

### ER SJØMATEN FRA SKAGERRAKKYSTEN LIKE GOD SOM FØR?

Havforskningsinstituttet og samarbeidspartnere bidrar sterkt i arbeidet med å kartlegge forekomst og omsetning av miljøgifter i fisk og annen sjømat langs kysten. Et arbeid som fokuserte på situasjonen i en rekke havner på Agderkysten er nå avsluttet, og et tilsvarende arbeid er utvidet østover langs Skagerrakkysten til svenskegrensa. I tillegg driver Havforskningsinstituttet og Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) et større prosjekt i Grenlandsfjordene i Telemark.

### SITUASJONEN I AGDERKYSTENS HAVNER

Sjømaten i Agder har alltid vært sett på som et gode for lokalbefolkningen og feriegjestene. Men når vi til stadighet får høre at sjøbunnen i mange kystnære områder er sterkt forurenset, er det grunn til bekymring. Har dette gått ut over sjømaten?

Nye undersøkelser viser at fisk og skalldyr fanget i ytre deler av skjærgården i Agder er av god kvalitet og kan trygt spises, men inne i en del fjorder i nærheten av kystbyene må en være mer forsiktig. Her har Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) innført kostholdsråd, hvilket betyr at myndighetene fraråder konsum av sjømat, spesielt lever av fisk fanget i noen av disse områdene. Fiskefileten er lite påvirket og kan spises fra alle deler av skjærgården.

### FORURENSEDE HAVNEBASSENG

Vi har lenge visst at havbunnen nær mange industrianlegg er forurenset av miljøgifter. Nå viser det seg at også havnebasengene i Agder er betydelig forurenset. Dette kom frem da NIVA foretok en sonderende undersøkelse i 1993-94.

### KAN FISK OG SKALLDYR FRA HAVNEOMRÅDENE SPISES?

Mange lurer på om det er farlig å spise fisk og skalldyr fra havneområder som er forurenset av miljøgifter. NIVA og Havforskningsinstituttet fikk derfor i 1998 i oppdrag å undersøke innholdet av miljøgifter i torsk, ål, sjørrret, krabbe og blåskjell, slik at det ble mulig for SNT å vurdere spiseligheten av sjømaten. I tillegg ville myndighetene vite om sedimentene var så forurenset som undersøkelsene i 1993/94 hadde vist.

### RESULTATER I SJØMAT

Leveren til torsk fanget i havnene i flere av kystbyene hadde så høye konsentrasjoner av

PCB, polyklorerte bifenyl, at myndighetene valgte å innføre kostholdsråd. Fisk fra ytre deler av skjærgården hadde normale leververdier. Fileten var imidlertid lite påvirket både hos torsk, ål og sjørrret fanget i havneområdene. Analysene av blåskjell fra havneområder viste for det meste moderat grad av forurensning, med unntak av i Farsund, hvor konsum av skjell frarådes. Krabbene var lite påvirket av forurensningene.

I begge Agderfylkene ble det påvist høye nivåer av miljøgifter i bunnslammet i flere av havnene. Bedømt ut fra klassifiserings-systemet til Statens Forurensingstilsyn (SFT) varierte forurensningen fra ubetydelig til meget sterkt forurenset.

Sjømaten i ytre deler av Agderskjærgården er av god kvalitet og kan trygt spises. Bunnslammet i havnebasengene våre er derimot til dels meget forurenset, og i noen områder har dette også påvirket sjømaten. Spesielt er lever av torsk fanget i de verste områdene uegnet som føde. Det er derfor innført nye kostholdsråd for konsum av lever fra fisk fanget i havneområdene i Tvedestrand, Arendal, Kristiansand, Farsund og Flekkefjord, og blåskjell fra Farsund. Fra tidligere var det innført kostholdsråd i Fedafjorden og Kristiansandsfjorden.

### HVA GJØR MILJØVERNMYNDIGHETENE?

Miljøvernmyndighetene arbeider for å begrense tilførsler av miljøgifter til sjøen. Målsettingen er at havet, fjorder og havnebaseng gradvis skal tilbakeføres til opprinnelig tilstand – en helt riktig og naturlig målsetting for alle som er glad i sjøen og livet der. I havner som er sterkt forurenset vil det bli gjennomført en opprydding. Aktuelle tiltak er fjerning av bunnslammet eller tildekking med rene masser.

### VEDVARENDE MILJØGIFTPROBLEMER I GRENLANDSFJORDENE

Forurensingen i Grenlandsfjordene har ført til at det er gitt kostholdsråd til befolkningen og innført omsetningsbegrensninger for det kommersielle fisket. Disse begrensningene omfatter et stort fiskerikt fjordsystem, og myndighetene er selvsagt meget opptatt av å fremme tiltak som kan forbedre situasjonen.

Nivået av tungt nedbrytbare og meget giftige dioksiner er fremdeles for høyt til at restriksjonene og kostholdsrådene kan oppheves, dette på tross av god respons på

rensetiltak pålagt industrien i området. Selv om kjente utslipp nå er redusert til meget lave verdier, synes ikke konsentrasjonene i sjømat å falle tilstrekkelig.

For å kunne treffe fornuftige tiltak, er det behov for en mer helhetlig forståelse av kjemisk og biologisk flyt og effekter av dioksiner i Grenlandsfjordene. En slik helhetlig forståelse er hovedmålet for et stort samarbeidsprosjekt hvor NIVA, Havforskningsinstituttet og andre deltar. NIVA har prosjektledelsen, mens Havforskningsinstituttet er underprosjektleder for de biologiske undersøkelsene. Prosjektet løper i årene 2000-2002 og finansieres av Norges forskningsråd og Hydro.

## HOVEDMÅLENE I DEN BIOLOGISKE DELEN AV PROSJEKTET ER FØLGENDE:

- å identifisere næringsnett som leder til utvalgte predatorer med økologisk og/eller økonomisk betydning
- å kvantifisere opptaksveier for akkumulering av dioksiner i utvalgte arter
- å etablere modeller som beskriver akkumulering av dioksiner i utvalgte arter
- å kvantifisere effekter av miljøgiftbelastningen i fjordsystemet på utvalgte arter og livsstadier

Torsk, skrubbe, sjørret og brisling er valgt ut som nøkkelarter i et omfattende studium av næringsnettet. Det er behov for ny kunnskap om hvordan dioksin omsettes og flyter fra art til art i næringskjedene. For disse fire artene og deres sentrale byttedyr blir det bl.a. målt

dioksinnivåer og biokjemiske responser på forensing. Data blir samlet inn under feltundersøkelser i ulike sesonger, og det er Forskningsstasjonen Flødevigen som har ansvar for disse.

Selv om en hovedkilde til dioksin er føden fisken spiser, kan det også tenkes andre opptaksveier. Det skal derfor gjennomføres eksponeringsforsøk for å fastslå i hvilken grad fisk tar opp dioksin også fra vannet. Giftfri torsk skal settes i bur i Frierfjorden for å måle opptaket av dioksin i en situasjon hvor de ikke spiser.

Arbeidet omfatter også modellering, og dette er koordinert med et helhetlig arbeid som både omfatter fysiske-kjemiske forhold og biologiske prosesser.

# Program 2

## ØKOSYSTEM NORSKEHAVET - MARE COGNITUM

Programleder Webjørn Melle

### MÅL

**Programmet skal identifisere de viktigste faktorene og mekanismene som forårsaker variabilitet i økosystemet i Norskehavet. Slik grunnleggende innsikt i virkemåten til økosystemet vil bli brukt som grunnlag for utarbeiding av metoder for prognoser om utviklingen i havklima, produksjonsforhold og tilstandene i fiskebestandene. Dette er det nødvendige kunnskapsgrunnlaget for vårt neste store siktemål; økologisk forvaltning av ressursene i Norskehavet.**

### PROSJEKTER

- Storskalasirkulasjon i Norskehavet
- Dypvannsressurser og fluks av biomasse
- Syntese av Norskehavsprogrammet
- Sirkulasjon/planktonmodell for Benguelastrømmen (i området utenfor det sørvestlige Afrika)

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Programmet har vist at det atlantiske vannet i Norskehavet i dag har en mindre vestlig utbredelse enn for 40 år siden. Den vestlige utbredelsen varierer med intensiteten av sørvestlige vinder i Nordøst-Atlanteren.
- ▶ Volumtransporten i den ytre grenen av den norske atlantehavsstrømmen har vist en nedadgående trend de siste 22 årene. Det atlantiske vannet som strømmer nordover og inn i Arktis har blitt varmere

de siste 20 årene.

- ▶ Programmet har beskrevet viktige trekk i reproduksjonsbiologien til blekkspruten *Gonatus*.
- ▶ Det er utviklet en foreløpig økosystemmodell for Norskehavet og Barentshavet som vil bli sentral i oppsummeringen av vår viten om næringsnettet i Norskehavets økosystem.
- ▶ Det er vist at år til år variasjonen i biomassen av dyreplankton og kondisjonen hos sild i Norskehavet henger nøye sammen med klimaet.
- ▶ Det er vist at kondisjonen hos sild er korrelert dyreplanktonbiomassen.
- ▶ På grunnlag av sammenhengene mellom klima, plankton og sildekondisjonen gis det en toårig prognose for kondisjon hos sild til bruk i framskrivningen av sildebestanden
- ▶ Simuleringer med en fysisk, kjemisk, biologisk modell for Benguela-området, koblet med en modell for drift av fiskelarver, kan forklare store deler av år til år variasjonen i rekrutteringen til ansjos. Det er også utarbeidet en metode for å varsle størrelsen på denne rekrutteringen på et tidlig tidspunkt.

### KLIMA, PLANKTON OG SILD I NORSKEHAVET

Klimaets utvikling er gjenstand for stadig økende forskningsinnsats. Forskerne erkjenner at menneskene for første gang i historien er i stand til å påvirke klimaet på global skala, og

at vi er inne i en periode der klimaet blir varmere. Imidlertid har effektene av klimaendringen på økosystemene fått langt mindre oppmerksomhet. Det gjelder fysiske og i særlig grad de biologiske effektene. At det er få resultater som viser biologiske effekter av klimaendringer skyldes at de lange biologiske tidsseriene mangler. Der forskerne har gode biologiske tidsserier er det likevel ikke umulig å påvise effekter av klima. Den mer kortsiktige klimavariasjonen kan for eksempel sammenlignes med biologiske endringer på samme tidsskala. Basert på eventuelle umiddelbare biologiske effekter av korttids klimavariasjon, kan man forutsi også mer langsiktige biologiske effekter.

Et godt eksempel på en klimavariabel er Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) som er den atmosfæriske trykkforskjellen mellom Island og Portugal. Særlig har vinter-NAO, som er den midlere trykkforskjellen i vintermånedene fra desember til mars, vist seg å ha stor betydning. Forskningen innenfor Norskehavsprogrammet har hatt som mål å beskrive og kvantifisere effekter av klimaendringer på hydrografi (temperatur og salt), planktonproduksjon og vandrings- og vekst hos fisk. I disse undersøkelsene har NAO, som en indeks for korttids klimavariasjoner, vært nyttig.

### DYREPLANKTONPRODUKSJONEN

Fra 1995 har Havforskningsinstituttet hvert år gjennomført tokt i mai som blant annet har undersøkt hydrografi,

dyreplanktonbiomasse og utbredelse og fødeopptak hos sild. Norskehavet kan deles inn i tre vannmasser; arktisk vann, atlantisk vann og kystvann, der produksjonsforholdene er svært forskjellige i de ulike vannmassene. Vår relativt korte tidsserie viser at dyreplanktonbiomassen er høyest i arktisk vann. Både i de arktiske og atlantiske vannmassene var biomassen høy i 1995 for så å avta til et minimum i 1997. Deretter økte biomassen igjen. I kystvannet er endringene i biomasse svært forskjellige fra det som ble observert lenger vest i havet. Det synes altså som om prosessene som bestemmer dyreplanktonproduksjonen i de norske sokkelområdene er ganske forskjellige fra prosessene i dyphavet.

Data viser at det er en næye sammenheng mellom vinter-NAO og dyreplanktonbiomassen i mai det påfølgende året, i både atlantisk og arktisk vann. Når NAO er høy, har en mye og sterk sørvestlig vind i Norskehavet. Det er vist at under slike forhold øker transporten av kaldt og ferskt arktisk vann inn i det vestlige Norskehavet, mens transporten for

atlantisk vann fra sør blir presset mot den norske kontinentalskråningen. Strømmålinger har vist at transporten av atlantisk vann inn i Norskehavet øker under disse forholdene. Selv om store endringer i de hydrografiske forholdene i Norskehavet sammenfaller i tid med endringer i NAO-indeksen, så kjenner vi ennå ikke årsakssammenhengene mellom de atmosfæriske endringene, de fysiske prosesser i havet og dyreplanktonproduksjonen.

#### VANDRING OG VEKST HOS SILD

En av hovedoppgavene til Senter for marint miljø er å gi kunnskap om økosystemet som kan forbedre forvaltningen av fiskebestandene. Særlig viktig er det å kunne bidra med prognoser for vekst og rekruttering i fiskebestandene. Sammenhengen mellom dyreplanktonbiomassen og sildekondisjonen kan brukes til å framskrive silda sin kondisjon fra begynnelsen av beitesesongen til silda åtte måneder senere er tilbake i overvintringsområdet. Fordi det er en sammenheng mellom vinter-NAO og dyreplanktonbiomassen i mai året etter, kan forskerne gi en ca. 14 måneders prognose for

dyreplanktonbiomassen. Til sammen er det mulig å gi en prognose for silda sin kondisjon nærmere to år fram i tid, etter at vinter-NAO er kjent.

Det er altså en relativt god sammenheng mellom dyreplanktonbiomasse i atlantisk vann og kondisjonen hos sild. Men den store dynamikken i den individuelle kondisjonen hos sild kan ikke bare forklares ut fra variasjonene i dyreplanktonbiomassen i de atlantiske vannmassene. Dette skyldes trolig at silda enkelte år i større grad utnytter de høyere planktonforekomstene i arktiske vannmasser. Vi har foreløpig heller ikke skaffet oss full oversikt over hvilke effekter bestandsstørrelse, vandringslengde og alderssammensetning av bestanden vil ha for veksten.

I arbeidsgruppen under ICES (Working Group on Northern Pelagic and Blue Whiting) brukes nå sammenhengene mellom NAO, byttedyrstilbud, og kondisjon hos sild i framskrivingen av sildebestanden.

## Program 3

## REPRODUKSJON OG REKRUTTERING

Programleder Olav Sigurd Kjesbu

### MÅL

**Programmets mål er å bedre bestandsberegningene på våre fiskebestander ved å øke kunnskapen om de prosesser som regulerer reproduksjon og rekruttering.**

### PROSJEKTER

- Presisjon og nøyaktighet i otolitt mikrostruktur og mikrokjemi, og fiskelarvers kondisjon
- Midtnorsk kontinentalsokkel - et nøkkelområde i kystøkosystemet
- Fekunditet og modningsrate hos norsk vårgytende sild
- Strategisk program torsk: reproduksjonsfysiologi og histologi
- Eggproduksjon og gytevandring hos norsk-arktisk torsk
- Variasjon i årsklassestyrke hos norsk-arktisk torsk
- Påvisning av maternale effekter hos torsk ved bruk av unike sjøvannspoller og moderne molekylære teknikker

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Det er laget en manual for marine fiskelarver til bruk ved aldersbestemmelse, kondisjonsberegning og

bestandstilørighet.

- ▶ Sildearver som vokser dårlig, legger ned mindre enn en sone i øresteinen (otolitten) pr. dag. Larver med bedre vekst legger ned en sone om dagen og kan dermed direkte aldersbestemmes.
- ▶ Sild som gyter nord for 62°N synes å foretrekke de såkalte retensjonsområder, dvs. områder hvor larvene har forlenget oppholdstid.
- ▶ Det er en positiv sammenheng mellom sildekruttering og overleving av lundunger på Røst.
- ▶ God rekruttering hos norsk vårgytende sild synes ikke å opptre når gytebestanden har et stort innslag av fisk i dårlig kondisjon. Det er utviklet spesielle, enkle kriterier direkte relatert til eggproduksjon for å vurdere dette.
- ▶ Miljøgiften PCB og alkylfenoler i olje produsert vann ser ut til å påvirke negativt flere forhold ved produksjonen av egg og melke hos torsk.
- ▶ Utviklingen av en rask metode for beregning av eggantall og gytetidspunkt for torsk åpner for nye muligheter for mer detaljert forståelse av skreiens gyteinnsig. Det kan gjøre at forskerne kan legge fram for Det internasjonale råd for

havforskning årlige beregninger av total eggproduksjon.

- ▶ Bruk av selvregistrerende merker på skrei er i ferd med å gi et detaljert bilde på vandringsmønster og miljøpreferanser.
- ▶ Nordavind medfører at torskelarvene fraktes ut fra kysten og inn i Atlanterhavsstrømmen og får dermed en raskere transport nordover.
- ▶ De yngste aldersgruppene hos norsk-arktisk torsk viser tegn til tetthetsavhengig vekst som innebærer at det er lavere vekst ved høyere antall.

### HVA PÅVIRKER REKRUTTERINGEN AV SILD?

De årlige gytevandringene til norskekysten, særlig av sild og torsk, har dannet grunnlaget for levevilkårene for folket langs kysten. Svingningene i bestandene har gitt gode og dårlige år for kystfolket, og spørsmålet om hvorfor de store fiskeriene varierer fra år til år var utgangspunktet for oppstarten av havforskning for 100 år siden. Fremdeles arbeider forskerne med disse grunnleggende spørsmålene.



Hva er det som påvirker årsklassedannelsen (rekrutteringen) av sild? Er det bare de fysiske forhold, som temperatur, som er viktige? Hva med sildens biologi? Hvorfor varierer antall egg hos sild fra år til år, og hvordan regulerer silda eggantallet? Dette er utgangspunktet for prosjektet "Fekunditet og modningsrate hos norsk vårgytende sild". Målet er å presentere hvordan kjønnsmodningen hos sild av ulik størrelse forløper fra år til år.

Forskere har nå funnet ut at god rekruttering synes å skje når gytebestanden har et stort innslag av sild i god kondisjon. Samtidig synes det som at kombinasjonen av god kondisjon og høyere temperatur danner grunnlaget for gode årsklasser. En stor gytebestand betyr derfor ikke nødvendigvis at bestanden har et stort potensial for reproduksjon og rekruttering.

#### TILBAKEDANNING AV EGGANLEGG

For å vurdere potensialet for rekruttering har forskerne fokusert på hva som skjer under modningsforløpet og fram til gytetidspunktet. Fekunditet er et uttrykk for hvor mange egg en fisk produserer innefor en gytesesong. Ved å måle størrelsen på egganleggene (oocytene) kan en anslå modningsforløpet og gytetidspunkt. Ved å sammenligne slike data fra fisk av

ulik størrelse kan forskerne få en indikasjon på hvilke fisk som vil begynne å gyte først.

Hos sild er atresi en viktig prosess som regulerer antallet egg i forhold til fiskens kondisjon. Denne prosessen skjer under gytevandringen, når silda er på vei inn til norskekysten. Atresi er tilbakedanning av egganlegg ved at innholdet brytes ned av omliggende follikkelceller og føres tilbake til kroppen. Hos sild er atresi en viktig prosess som regulerer antallet egg i forhold til fiskens kondisjon. Når silda er i dårlig kondisjon, øker graden av atresi. Ei sild i "dårlig hold" vil altså under gytevandringen bygge seg opp ved å ta energi fra egne egganlegg.

#### KONDISJON, TEMPERATUR OG REKRUTTERING

Kondisjon tallfestes ut i fra forholdet mellom fiskens vekt og lengde. En kondisjonsfaktor på under 0,7 regnes som svært lav. Ved en slik verdi produserer hunnfisken lite eller ubetydelig med egg.

Ved å studere tidsseriene fra perioden 1980-99 har forskerne sett at i flere av disse årene hadde gytebestanden en lavere kondisjonsfaktor enn 0,7. I de gode rekrutteringsårene derimot, i årene 1983, 1991 og 1992, var det

bare ti prosent av sildebestanden som hadde kondisjonsfaktor på dette nivået. Mer interessant er det at den gode rekrutteringen når silda hadde god kondisjon, kom samtidig som det ble målt høyere temperaturer enn normalt (temperaturmålinger ved Kola-snippet). At høye temperaturer er positivt i seg selv har imidlertid vært kjent en stund.

Med dette arbeidet har forskerne fått en større forståelse av hva som påvirker reproduksjonen av norsk vårgytende sild. En stor gytebestand betyr altså ikke nødvendigvis god reproduksjon. Nøkkelen ligger i de prosessene som foregår i silda under gytevandringen. Gjennom atresi regulerer silda hvor mye den skal investere i reproduksjon, og graden av atresi øker når silda er i dårlig kondisjon. God årsklasser synes å utvikles i kombinasjonen mellom god kondisjon og høye temperaturer.

Det arbeides nå med å studere disse forholdene helt tilbake til 1935. Tidsserien for norsk vårgytende sild, som er innsamlet av Havforskningsinstituttet, er blant de lengste som finnes for viktige fiskebestander, og forskerne har dermed gode sjanser i det videre arbeidet til å ytterligere forstå årsklassevariasjonen hos denne viktige bestanden.

## Program 4

## POPULASJONSDYNAMIKK OG MODELLERING

Programleder Sigbjørn Mehl

#### MÅL

**Programmet skal legge vitenskapelig grunnlag for et størst mulig vedvarende utbytte av marine ressurser ved å klarlegge prosesser som bestemmer bestandenes størrelse og produksjon. Det skal nytte slik kunnskap til å utvikle verktøy for beregning av størrelse og produksjonsevne til høstbare fiskebestander, og til å vurdere strategier for høsting av bestandene.**

#### PROSJEKTER

- Vekst, modning, fekunditet og rekruttering hos norsk-arktisk torsk
- Modellering av gyteutbredelse og rekruttering hos norsk vårgytende sild
- Interaksjoner mellom spekkhugger og sild
- Bestandsstruktur hos nise i norske farvann
- Fleksible modeller for bestandsberegning og bestandsprognoser

#### (Fleksibest)

- Usikkerhet i bestandsberegninger
- Sammenligning av metoder for beregning av usikkerhet i bestandsprognoser
- Estimert av reell norsk fangst av norsk-arktisk torsk
- Flerbestandsmodellering
- Analyse av fangst per enhet innsats data fra Nordsjøen

#### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Hos norsk-arktisk torsk er det funnet en klar sammenheng mellom den samlede energien i leverfettstyrene i modnende hunnfisk og eggmengde og tilhørende rekruttering. Energimengden henger nøye sammen med mengden lodde i Barentshavet. Dette kan gjøre det lettere å predikere framtidig rekruttering.
- ▶ For norsk vårgytende sild er det laget en modell som gir rekrutteringsindekser basert på observerte temperaturer i sildelarvenes driftsrute. Indeksene er

relatert til observert bestandsstruktur- (alders-, lengde- og kondisjonsfordeling) og -størrelse. Effekten av temperatur og kondisjon er viktigst når bestanden er middels stor eller liten.

- ▶ Fleksibest-modellen er tatt i bruk og nyttes i første omgang som alternativt bestandsberegningverktøy for norsk-arktisk torsk i ICES. Resultatene samsvarer i store trekk med tidligere resultater, men viser en større dynamikk i bestandsutviklingen, noe som også flere viktige tokt indikerer.
- ▶ Fleksibest-modellen er presentert i mange fora både nasjonalt og internasjonalt. Den er også installert ved Fiskeriforskning i Tromsø og PINRO i Murmansk.
- ▶ Beregning av usikkerhet med etablerte modeller for bestandsberegning gir sprikende resultater. Det er en gjennomgående tendens å underestimere usikkerheten. En del metoder har en tendens til å overvurdere bestanden.

► En vitenskapshistorisk artikkel om "Fisheries Scientists' Struggle for Objectivity", vurderer hvordan vitenskapsidealene, med vekt på objektivitet, fungerer i ICES' bestandsberegning og rådgiving. Det blir diskutert om en bør velge andre vitenskapsidealene i slikt arbeid.

► Det er bygd opp et metodisk rammeverk for en fullt ut integrert bestandsberegning av lodde basert på føre var-prinsippet, som inkluderer estimering av grense- og mål-referansepunkter.

► Gjennom satellittmerking og analyser av DNA og radioaktivt cesium hos nise i Nord-Atlanteren, er det funnet klare tegn på bestandsstrukturer som indikerer avgrensede vandringer og en oppdeling i en rekke sub-populasjoner.

### NYE OG BEDRE BIOLOGISKE REFERANSEPUNKT

Hovedhensikten med fiskeressursforvaltning er å fremme et stort og vedvarende fangstutbytte. Siden fangstutbyttet er helt avhengig av rekrutteringen, må bestandens evne til å produsere avkom beregnes og sikres med reguleringstiltak. Hittil er biomassen av gytebestanden (gytebiomassen) blitt antatt å

være proporsjonal med antall egg som blir gytt. Derfor er gytebiomassen blitt brukt som mål for bestandens evne til å produsere avkom.

Nyere forskning viser at for en gitt gytebiomasse kan det være stor variasjon, både i antall egg som blir gytt og i kvaliteten av eggene. Denne kvaliteten, som indikerer overlevelsessevne, henger sammen med kondisjon og alderssammensetningen av individene i gytebestanden. Utviklingen av andre og bedre mål enn gytebiomasse for reproduksjonspotensialet i bestanden er derfor et prioritert forskningsfelt.

For norsk-arktisk torsk har denne forskningen foregått i et samarbeid mellom havforskningsinstituttene i Bergen (HI) og Murmansk (PINRO). Arbeidet har kombinert resultater fra fekunditets- og eggkvalitetsstudier fra HI med flere av de unike tidsseriene som finnes ved PINRO. Dessverre ble PINROs planktontokter avbrutt i 1993 slik at resultatene ikke kan benyttes til å måle nåværende reproduksjonspotensial i bestanden.

Eggdataene har likevel vært brukt til å undersøke om fekunditet og eggkvalitet kan være pålitelige mål til å vurdere en bestands

evne til å reproducere seg. Det er vist at eggmengden har liten eller ingen sammenheng med tilsvarende gytebiomasse, men den viser en positiv sammenheng med årsklassenes tallrikhet som 3-åringer. Fleregangsytere har vist seg å produsere både flere og mer levedyktige egg i forhold til kroppsvekten enn førstegangsytere. Derfor undersøkes nå sammenhengen mellom antallet 10 år og eldre fisk i gytebestanden og eggmengde i havet. Dersom denne indeksen viser seg å være et brukbart mål for reproduksjonspotensialet, vil det innebære en stor forenkling av beregningene fordi den direkte foreligger som et resultat av de årlige bestandsvurderingene. Når forskerne skal beregne gytebiomassen kreves det informasjon om både antallet fisk, vekt og kjønnsmodningsandel ved alder. Resultatet blir dermed mer usikkert.

Leverindeksen, som er levervekt som andel av total kroppsvekt, brukes i kombinasjon med andre data til å beregne den samlede energien i leverfetttsyrene i modnende hunnfisk. Denne bioenergetiske indeksen av reproduksjonspotensialet viser en positiv sammenheng, både med eggmengde og tilhørende rekruttering.

## Program 5

## ABSOLUTT MENGDEMÅLING AV MARINE RESSURSER

Programleder Egil Ona

### MÅL

**Programmet skal utvikle metodikk for å fastsette absolutt størrelse og sammensetning av fiskebestander basert på toktdata.**

### PROSJEKTER

- Usikkerhet i mengdemålinger
- Integreerte surveyteknikker
- Akustisk målemetodikk for fisk
- Forskningsfangst
- Sonardata prosesseringssystem (SODAPS)
- Nasjonalt senter for aldersbestemmelse av fisk (AldFisk)
- Merketeknologi
- Oppgradering av djuptauet farkost
- Mengdemåling av dype forekomster av uer (Redfish)
- Sonarer på nytt fartøy
- Multisystem for tauede farkoster og droppsonde
- Mengdemåling av laks i merd

### OPPNÅDDE RESULTATER

- Analyser av resultatene fra bunntåltoktene i Barentshavet viser at usikkerhet kan reduseres betraktelig ved å justere for dag-/nattvariasjoner i fangstrate. Særlig gir dette utslag ved mengdemåling av liten torsk og hyse.
- Sesongvise variasjoner i ekkostyrke fra sild og torsk er kartlagt i detalj i kontrollerte eksperimenter. For sild har en funnet en svært viktig trykkavhengig faktor i ekkoevnen som ikke var kjent tidligere. Denne kan gi store utslag i mengdemålingen av sild. For torsk fant en at de verdiene en bruker for mengdemåling var korrekte. Den effekten den sesongvise variasjonen i kondisjon og gyteprodukter har på ekkoevnen er kartlagt både for sild og torsk. I samarbeid med Universitetet i Tromsø har en også i 2000 oppnådd gode startresultater på målstyrkemåling av lodde.
- Akustiske måleserier på makrell i merd er utført ved Austevoll havbruksstasjon for å forstå grunnlaget for akustisk

refleksjon for makrell. Det er gjort viktige skritt på veien mot en ny akustisk mengdemålingsmetodikk på makrell ved å kombinere data fra fire til seks frekvenser i nye syntetiske ekkogrammer. Frekvensresponsen til målet blir her brukt til å ekstrahere makrellekkoevnen, som har en spesifikk respons, ut fra en blanding av plankton og andre fiskeslag.

► Ny metodikk for massemerking av fisk med miniatyrmerker er utprøvd på sild i fangenskap ved Austevoll havbruksstasjon. Det er særlig dødelighet som følge av selve merketeknologien som er blitt undersøkt. Det ble registrert svært lav dødelighet med det nye merket.

### EI SILD OG EI TIL

Mengdemål fra egne forskningstokt er den viktigste datakilden vi har for å vurdere tilstanden i fiskebestandene, og økt nøyaktighet vil gi positiv innvirkning på de råd som blir gitt. Akustisk metodikk er det beste verktøyet vi har for å bestemme mengden av

fisk i pelagiske bestander, som også omfatter dagens livskraftige sildebestand. En av de aller viktigste parametrene som inngår i beregningen, er størrelsen av gjennomsnittsekket, eller ekkobidraget, til ei enkelt sild. Dette ekket øker kraftig med størrelsen til silda, og beregnes derfor direkte fra en ligning som beskriver forholdet mellom fiskestørrelse og ekko. Dersom alle sild i gytebestanden var like lange, for eksempel 32 centimeter, så ville ekket være en gitt bestemt verdi (for eksempel  $8.3 \text{ cm}^2$ ). Men hvordan er det mulig å måle ekket fra en enkelt sild?

Under et tokt vil ekkointegratoren være koplet til et kalibrert, vitenskapelig ekkolodd og gi kontinuerlig måling på summert ekkobidrag fra hele vannsøyla, spesifiserte dybdelag eller fra stimer. Dersom en stor stim eller et sildeslør gir et totalbidrag på  $10\,000 \text{ m}^2$  ekkoflate, kan antall sild i stimen eller sløret beregnes ved å dividere det summerte bidraget med bidraget (ekkoflaten) for ei enkelt sild i stimen eller sløret;  $N = 10000/0.0083 = 1204819$  sild. Dette tallet er enten antall sild per kvadrantnautisk mil (for slør) eller antall sild i stimen for en avgrenset stim. I praksis er resultatet fra et helt tokt basert på titusenvis av slike punktmål av tetthet i hele utbredelsesområdet for sild.

Som det fremgår av regnestykket er det svært viktig å ha et nøyaktig mål for ekket fra en enkelt sild. Dette har i en årrekke blitt forsøkt

målt og spesifisert. På grunn av praktiske årsaker har målingene blitt utført nær overflaten, enten i eksperimenter eller på grunne forekomster av sild, der ekkoloddet maktet å oppløse registreringer i enkeltmå.

Vi har også antatt at ekket fra en sild ikke endrer seg med dypet, eller at det ikke påvirkes av fysiologiske endringer i fisken, som for eksempel under gyting eller ved endring av fettinnhold. En slik antagelse passer rimelig bra for fisk som liker å vertikallandre, og som derved har velutviklet gasskjertel i svømmeblæren, for eksempel torsk. Denne kan derfor enkelt ved hjelp av denne kjertelen produsere gass inn i svømmeblæren med høyt trykk, slik at blæren, som skal sørge for nøytral oppdrift på alle dyp, har noenlunde samme volum og form på alle dyp. Sild derimot, har ikke et velutviklet apparat for gassproduksjon ved høyt trykk. Derved har en lenge vært redd for at svømmeblæren, som er den viktigste ekkogiveren i silda, kunne bli mindre med økende trykk. Dersom silda blir "tung" på dypet, kunne ekket også påvirkes negativt ved at svømmeatferden eller orienteringen ble endret.

Direkte målinger og observasjoner av dette har imidlertid vært vanskelig fordi de akustiske senderne for presis ekkostyrkemåling ikke har tålt trykk over ca. 50 meter. Oljefylte spesialsvingere er nylig blitt tatt i bruk og kalibrert til 550 meters dyp. Ved å senke disse inn i silderegistreringene og observere med

høy oppløsning på kort avstand, er en i stand til å måle ekket fra enkelt sild selv inne i rimelig tette forekomster. Høyre del av Figur 1 viser data fra en slik måling, der en og en sild svømmer gjennom observasjonsvolumet til svingeren. Ekket fra enkelt sild blir målt 10-20 ganger per passering, og 10 000 enkeltfiskmålinger blir ofte samlet i løpet av en times registrering. Sammen med en vellykket prøvetaking av silda i dette dybdeskiktet har vi nå samlet data for en nøyaktig beskrivelse av gjennomsnittsekket fra en enkelt sild på dette dypet. Sammenstilling av en rekke slike målinger er gjort i Figur 3, der gjennomsnittsekket fra en 32 cm sild er vist som funksjon av dypet. Det kommer fram en klar trykk- eller dybdeavhengighet. Dataene er derfor blitt tilpasset en teoretisk modell for hvordan det ekkogivende arealet på ryggsiden av svømmeblæren oppfører seg under trykkøkning.

Nye utregninger av sildemengde med den nye "sildeligningen" viser allerede at den gir et mer realistisk tall for totalmengde sild, og forskningen som er utført her representerer derved et viktig nytt steg imot målet om absolutt mengdemåling av pelagisk fisk. Metodene som her er utviklet spesielt for måling av sild, viser seg nå også å bli svært aktuelle i måleprogrammer for mengdebestemmelse av dyphavsressurser.

## Program 6

## ANSVARLIG FANGST

Programleder Bjørnar Isaksen

### MÅL

**Basert på studier av fiskeatferd skal programmet utvikle teknologi for fangst og lagring av fisk og andre levende marine ressurser som gir god matkvalitet og høy verdiskaping av tildelte kvoter, og som samtidig er i overensstemmelse med nasjonale og internasjonale avtaler om utøvelse av et ansvarlig fiske.**

### PROSJEKTER

- Fangstrelevant atferd
- Redskapsteknologi
- Seleksjon i trålfiske
- Seleksjon i not og snurrevad
- Overleving/bidødelighet
- Miljøeffekter av fiske
- Beskatningsstrategier
- Utkast av ringnot i Nordsjøen

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Laboratorieforsøk viser at vertikal vannstrøm har et potensial for å tvinge/stimulere ung torsk ut av trålen.
- ▶ Mange fiskearter benytter lyd til kommunikasjon, og på et tokt i Balsfjorden høsten 2000 ble det gjort opptak av lyder fra torsk og sei som aldri tidligere er rapportert.
- ▶ Atferdsobservasjoner av kongekrabbe har gitt opphav til redskapsmodifiseringer som kan redusere bifangst av kongekrabbe under fisket etter tradisjonelle hvitfiskarter.
- ▶ Videoobservasjoner har vist at under sildetråling kan det fanges betydelige mengder konsumfisk. Forsøkene viste også at det på sikt kan utvikles seleksjonsinnretninger som skiller ut all uønsket bifangst.

- ▶ En seleksjonsdatabase med oversikt over alle seleksjonsforsøk som er gjort i ICES-området er ferdig designet og klar for implementering og innlegging av data.
- ▶ Forsøk har vist at det felles europeiske ristkonseptet EUROGRID for bruk i bunntårl er brukervennlig også på mindre båter. Det gjøres nå seleksjonsforsøk med risten.
- ▶ Overlevingsforsøk med fisk som var sortert ut fra en bunntårl gjennom sorteringsrist og masker i en trålpose, viste at torsk og sei overlever fangstprosessen uten problemer. Hyse derimot ser ut til å få en noe høyere dødelighet når den sorteres ut gjennom masker enn gjennom rist.
- ▶ Dørene på en bunntårl lager tydelige spor når det tråles på bunn av skjellsand, men disse blir utvisket i løpet av en 5-måneders periode.

## ARTSSELEKTIV REKETRÅL

Under rekefisket i våre nordlige farvann benyttes rist i trålen for å skille ut uønskede fiskearter. Bruk av rist har derfor redusert bifangsten vesentlig. Rist baserer seg på fysisk atskillelse, og derfor vil fisk som er like stor eller mindre enn reke i stor grad gå gjennom risten og bli fanget. Det fører til en for høy innblanding av 0-gruppe torsk, hyse og uer i rekefangstene.

Ved å konstruere seleksjonsinnretninger hvor en utnytter forskjellen i

svømmeegenskaper mellom reke og fisk, har forskerne i stor grad klart å skille reke og fiskeyngel inne i selve trålen bak rista. Problemet en ofte har møtt er at fisk ikke aktivt vil forlate trålen gjennom utslippsvinduet under tråling. Dette skyldes kanskje at fisken oppdager at vannstrømmen i forhold til trålen er større på utsiden enn på innsiden av trålen. Observasjoner som er gjort under laboratorieforsøk med torsk, viser at når en utsetter fisken for en vertikal vannstrøm vil dette stimulere fisken til å forlate et bestemt område. For å få fisken

til å forlate trålen gjennom utslippsvinduet utvikles det en innretning som sirkulerer vannstrømmen ut gjennom vinduet med en vinkel i forhold horisontalplanet. Innledende observasjoner av denne innretningen under rekefiske viser at torsk- og hyseyngel unnslipper gjennom vinduet, men at unnslippingsfrekvensen ikke var høy nok. Årsaken til dette skyldes trolig at innmontering og posisjon til innretningen ikke var optimal for å oppnå en stabil sirkulering av vannstrømmen.

# Program 7

## REPRODUKSJON OG TIDLIGE LIVSSTADIER HOS FISK OG SKJELL

Programleder Anne Berit Skiftesvik

### MÅL

**Programmet skal utvikle kunnskapsbasert oppdrett av fisk og skjell. Det skal øke kunnskapen om aktuelle arters grunnleggende biologi, de fysiologiske og atferdsmessige reaksjoner til miljøparametre og hvilke toleransegrenser og miljøkrav de har i tidlige livsstadier. Det skal bygge opp tidsriktig instrumentering og utstyr for forskningen innen de områder som faller inn under dette programmet.**

### PROSJEKTER

- Reproduksjon
- Produksjon av larvefôr
- Oppdrettsteknologi, ernæring og fôringsstrategi
- Atferd, lys og spektrometri - grunnleggende mekanismestudier
- Nye kandidatarter
- Skjelldyrking
- Yngelproduksjon skjell
- Sykdom skjell

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Gytetidspunktet er lett å forskyve hos torsk, og det er mulig å få til gyting to ganger pr. år. Fekunditet hos torsk er uavhengig av gytetidspunkt.
- ▶ Høy temperatur (>10°C) har negativ effekt på eggkvaliteten hos torsk. Det fører både til redusert befruktning, til feilutvikling og økt dødelighet av befruktete egg.
- ▶ Torskelarver kan drettes opp ved høye tettheter fram til 12-15 mm størrelse og uten bruk av alger.
- ▶ Torskelarvenes vekst i intensivt oppdrett kan trolig forbedres ved optimalisering av

fôringsprosedyrer og kardynamikk.

- ▶ Hyse er oppdrettet intensivt med stor suksess.
- ▶ Eksperiment med piggvar- og torskelarver indikerer at tilstedeværelse av UVA i oppdrettsmiljøet forbedrer vekstraten.
- ▶ Det er oppnådd over 80 prosent normalutviklede kveiteyngel uten bruk av dyreplankton.
- ▶ Liten kveiteyngel produsert i siloer med gjennomstrømming har god kondisjon og kan overføres med godt resultat til sjø.

### INTENSIV PRODUKSJON AV TORSK

En forutsetning for et framtidig oppdrett av torsk i stor skala er god tilgang på yngel. Til nå har metodene for dette vært produksjon av yngel direkte i poller (ekstensive systemer), eller i store kar eller poser knyttet til en poll (semi-intensive systemer). I tillegg har det også vært fanget inn villyngel fra sjøen som er blitt satt i oppdrett. I løpet av 2000 har interessen for oppdrett av torsk økt kraftig. Samtidig er det ikke lenger tillatt å fange inn yngel fra sjøen. Gode priser på torsk og krav om tilgang på kunstig klekket yngel for å ha en marin matfiskkonsesjon, har ført til svært stor interesse for yngelproduksjon av torsk. I en framtidig storskala produksjon av torsk vil ekstensive og semi-intensive metoder trolig ikke kunne dekke behovet for torskelyngel. De vil kun være et supplement til en intensiv yngelproduksjon. Den viktigste årsaken til dette er at produksjon i poller temperaturmessig er begrenset til en sesong med utbytte på maksimalt 200-500 000 yngel pr. anlegg. Variasjonen kan være stor

mellom ulike år, først og fremst på grunn av naturlige og ukontrollerbare variasjoner i pollenes planktonproduksjon.

Intensiv yngelproduksjon av de marine artene seabass og sea bream er en stor suksess i Middelhavsområdet. Her foregår produksjonen kontinuerlig og uavhengig av årstid. Stamfiskens gyting styres ved bruk av lys for å forskyve årstiden. Tilsvarende forsøk ble utført i 1994-1995 ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon. Disse viste at gytetidspunktet også er enkelt å forskyve hos torsk. Det ble utført nye forsøk med gytetidsforskyving i 2000, der det ble lagt vekt på å vurdere eggene og larvenes kvalitet. Bruk av tilleggslys i september utendørs i merd, fram til februar da fisken ble tatt inn og satt på seks måneders forskjøvet årssyklus, førte til gyting i perioden juli-november. Et tilsvarende lysregime, med unntak av tilleggslys i merd, førte først til en naturlig vårgyting i perioden februar-mai, og siden kom en ny gyteperiode som startet opp i september. Fekunditeten var lik mellom vår- og høstgytere.

Resultat fra disse forsøkene viser også at temperatur påvirker kvaliteten på gytingen. Høy temperatur, over 10°C, fører til redusert befruktning. I tillegg vil egg som er befruktet ved høy temperatur ha en større grad av feilutvikling og større dødelighet. Ut fra data på temperatur langs norskekysten settes det derfor begrensninger på hvor grunt et vanninntak til et helårlig intensivt yngelanlegg bør ligge uten at vannet til stamfisken i perioder må kjøles. Fra Vest-Agder til Finnmark varierer denne dybden fra 125 m i syd til 25 m i nord, basert på langtidlig månedlig middeltemperatur pluss standardavvik i

perioden før 1993. Med utgangspunkt i enkeltobservasjoner siste fem år er tilsvarende dybder 250 m i Vest-Agder og 30 m i Finnmark.

En del egg-grupper fra høstgytningen ved Austevoll havbruksstasjon ble inkubert og klekket. Larvene ble startfôret i 0,5 og 1,5 m<sup>3</sup> kar, og det var kun den intensive metoden med rotatorier og Artemia som fôr som ble benyttet. Det ble benyttet "grøntvann" med kontinuerlig tilførsel av alger (*Isocrysis*) i rotatoriefasen som varte fra tre til fire uker. Overlevelsen i en del av forsøkene var svært god, opp mot 50 prosent de første sju ukene etter klekking. Larvene var da ca 15 mm lange. Tettheten i karene på dette tidspunktet har vært opp i 15 larver pr. liter, noe som er svært lovende for en oppskalering av produksjonen. Det er også utført intensivt oppdrett uten omfattende bruk av alger. Resultatene fra disse karene er lovende, med opptil 29 prosent overlevelse helt uten bruk av alger til dag 45 etter klekking. Tettheten var da ti larver pr. liter av 12-15 mm størrelse. Resultatene tyder på at alger

kanskje ikke trengs i det hele tatt, eller i verste fall kan begrenses til den første uken etter startfôring. I alt ble det høsten 2000 produsert anslagsvis 70 000 yngel fram til 15 mm-stadiet ved Austevoll havbruksstasjon. Den første gruppen ble tilvondt formulert fôr med overlevelse på 80 prosent fram til ca 5 cm lengde. Flere oppdrettere har også produsert noen titusener torskeyngel i 2000 ved bruk av den intensive metoden.

Erfaringene fra høstproduksjonen ved Austevoll havbruksstasjon har også vist at yngelen var særlig utsatt for dødelighet når tilvenning til formulert fôr startet rundt dag 60 etter klekking. Noe av denne dødeligheten kan trolig tilskrives overmetning av nitrogengass ettersom torsken ser ut til å være svært følsom for dette. Andre viktige faktorer er god vannkvalitet med hensyn til organisk belastning og god førtilgang. Kombinasjoner av levende fôr (*Artemia*) og formulert kan være gunstig, og bruk av overflaterensning er også anbefalt for å fjerne fettinnen som raskt dannes ved bruk av formulert fôr.

Resultatene viser at det trolig kan produseres godt over en million 15 mm yngel årlig i et intensivt anlegg. Utvikling av sikre metoder som fører til god overlevelse gjennom tilvenningen til formulert fôr og i tidlig yngelfase er nødvendig for at store anlegg også kan bringe 15 mm-yngelen fram til salgbar størrelse. Spesielt vil teknologi for karrensing og skånsom yngelsortering være viktig.

Et annet moment er at intensivproduksjonen bør gjøre seg uavhengig av *Artemia* som levendefôr. Tilgangen og pris på *Artemia* vil kunne variere mye ettersom dette er et byttedyr som opprinnelig er høstet inn fra naturen. Tidlig tilvenning til formulert fôr er derfor et viktig område for forskningen. For å ha full lokal kontroll med alle ledd i yngelproduksjonen bør larvene i framtiden startfôres på rotatorier med overgang til formulert fôr mellom to til fire uker etter klekking. Også bruk av alger kan kanskje rasjonaliseres vekk. Pilotforsøk ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000 viser rimelig god overlevelse gjennom larvefasen uten bruk av alger.

## Program 8

## MATFISK OG KVALITET

Programleder Geir Lasse Taranger

### MÅL

**Programmet skal etablere biologisk kunnskap om viktige norske oppdrettsarter og fiskeressurser med tanke på optimal produksjon, velferd, et minimum av negative miljøeffekter og en markedstilpasset kvalitet.**

### PROSJEKTER

- Grunnleggende studier av vekst, kjønnsmodning og fôrutnyttelse hos laksefisk
- Vekst, kjønnsmodning og fôrutnyttelse hos marin fisk
- Kvalitet i sjømat
- Miljøvennlige oppdrettsmetoder
- Atferd og velferd hos fisk i oppdrett

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Det er utviklet en lysstyringsmetode som kan redusere omfang av tidlig kjønnsmodning hos høstutsatt laksemolt.
- ▶ Det er vist en klar sammenheng mellom innhold av veksthormon i plasma og smoltifisering hos laks.
- ▶ Det er vist at daglengden påvirker vekst hos regnbueørret i ferskvann.
- ▶ I kveite er det kartlagt fordeling av en

rekke viktige hormoner i hypofysen, som kan ha betydning for blant annet kjønnsmodning og vekst.

- ▶ Det er vist at redusert fôrresasjon påvirker andelen hanntorsk som blir kjønnsmodne som ettåringer, og fôrresasjonen påvirker også utviklingsgraden av eggemnene i hunntorsken.
- ▶ Det er vist ulik opptakseffektivitet av pigmentene astaxanthin og cantaxanthin i laks og regnbueørret.
- ▶ Det er vist at triploid laks har mer filetspalting enn vanlig laks, sannsynligvis på grunn av økt muskelfiberstørrelse.
- ▶ Det ble ikke funnet noen effekt av mosjonering på muskelfiberstørrelse i torsk.
- ▶ Det er dokumentert at en kan drive stormerder uten å bruke kobberstoff mot begroing. Dette er oppnådd ved å bruke en 25 m lang hydraulisk drevet notrull og hyppige notskifter.
- ▶ Det er vist at omfanget av vaksineskader hos laks avhenger av vaksinetidspunkt, og at høy vanntemperatur ved vaksinerings sannsynligvis gir mer vaksineskader.
- ▶ Det er vist at bruk av enkelte vegetabiliske fettkilder kan gi store tarmskader i laksefisk.

### MILJØVENNLIG OPPDRETTSTEKNOLOGI

Det rømmer stadig et stort antall laks fra matfiskanleggene i Norge, der rømt laks kan påvirke villaksen både genetisk, økologisk og ved smitte. Det har derfor vært et viktig miljømål for næringen å redusere omfanget av rømning. En av de vanligste årsakene til rømning er hull i nøtene, noe som ofte skyldes slitasjeskader.

Det er blitt vanlig å bruke store merder i matfiskoppdrett av laks. En typisk laksemerd er 100 m i omkrets og 25 m dyp, og en må ofte bruke mekaniske hjelpemidler for å håndtere slik tunge nøter, spesielt hvis de er begrodd. Ved slik håndtering får en ofte strekkskader ved punktbelastning, noe som kan føre til hull i nota. Havforskningsinstituttet har i samarbeid med Rabben Mekaniske Verksted AS og en kommersiell lakseoppdretter, testet ut et nytt mekanisk nothåndteringssystem som skal redusere faren for skader på nøtene. Systemet består av en 25 m lang hydraulisk drevet notrull som løfter nota i hele sin bredde. Nøtene som blir benyttet er 25 x 25

m. Da kreftene blir fordelt over hele notpanelet, unngår en punktbelastning. En har til en hver tid en reservenot som er sydd fast i en side av hovednota. Dermed kan en lettvent tromle over en ny not så ofte som ønskelig, gjerne flere ganger i måneden. En kan også lett inspisere hele nota ved hvert notskifte for å sjekke for hull eller svakheter. I et slikt system er det viktig at nota ikke får gro for mye ned og dermed øke i vekt mellom hvert notskifte, derfor er det nødvendig med hyppige skifte av notene. Den svakt begrodde nota som en har tatt opp vil tørke av seg selv på merdkanten, og kan brukes på nytt igjen uten vask. En annen stor fordel med dette systemet er at en helt kan unngå å bruke antigroemiddel som for eksempel kobberstoff på notene.

Teknologien gjør det derfor mulig å drive med tilnærmet begroingsfrie noter hele året. Dette gir også flere andre fordeler. En rein not gir bedre vanngjennomstrømning og dermed bedre vannkvalitet for fisken. I tillegg vil en rein not være mindre utsatt for å legge seg 'flat' i sterk strøm, noe som kan føre til skade på laksen på strømutsatte lokaliteter. Selv om en ikke trenger kobberstoff på notene kan det være aktuelt med annen form for impregnering, blant annet for å beskytte mot UV-stråling og for å få notene til å stå godt utspilt i sjøen. En annen fordel med reine noter er at dette gjør det mulig å bruke mindre maskevidde på notene. Dette gjør det mulig å bruke leppefisk i laksemerdene hele året for å holde utviklingen av lakselus under kontroll. Ved

vanlig merddrift vil skifte til større maskevidde om vinteren føre til at mesteparten av leppefisk går tapt. Det er likevel uklart i hvilken grad ulike leppefiskarter overlever gjennom vinteren i laksemerder. Dette blir nå kartlagt i et forsøk der en sammenligner beiteeffektiviteten til leppefisk i reine og begrodde noter, i tillegg til at en ser på overlevelse og beiteaktivitet til de ulike leppefiskartene gjennom vinteren.

## Program 9

## MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

Programleder Geir Dahle

### MÅL

**Programmet skal utvikle og tilpasse metoder og strategier for analyse og overvåking av marint biologisk mangfold.**

### PROSJEKTER

- Genetisk mangfold
- Artsmangfold
- Habitats- og økosystemdiversitet

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Programmet er i gang med å tilpasse forskjellige metoder til et overvåkningsprosjekt innen det marine miljøet. Arbeidet innebærer å utvikle redskap som skal identifisere ulike populasjoner eller bestander av både marine og anadrome fisk. Tilpasning og utvikling av molekylære verktøy for identifikasjon på alle stadier i livssyklus er et hovedtema, i tillegg til metoder for å kunne analysere gammelt materiale i form av skjellprøver. Dette siste er ikke minst en viktig faktor når det gjelder studier av påvirkning fra oppdrett på de ville bestandene av laks.
- ▶ Gjennom å delta i EU-prosjekt har Havforskningsinstituttet vært med på å legge premissene for et pågående overvåkningsprogram i Nordsjøen. Dette overvåkningsprogrammet vil danne grunnlag for lignende program i andre økosystem.
- ▶ Undersøkelser av korallrev langs norskekysten har vist et langt større

omfang av denne typen habitat enn tidligere antatt. I tillegg viste undersøkelsene av korallrevene en stor artsrikdom.

### AMERIKANSK HUMMER

I 1999 ble det levert to hummere til Akvariet i Drøbak. Hummerne som var fanget i Bunnefjorden i Indre Oslofjord var avvikende i utseende i forhold til vanlig, norsk hummer. Både morfologi og genetiske analyser viste at de var amerikanske hummere (*Homarus americanus*). Akvariet i Bergen, sammen med Havforskningsinstituttet, tok derfor initiativ til prosjektet "Kartlegging av amerikansk hummer i Oslofjorden". I august 2000 ble det etablert et nettverk mellom Akvariet i Bergen, Havforskningsinstituttet, akvariene i Drøbak og Risør, Oslofjorden Fiskerlag og Fiskeridirektoratet, Region Skagerakkysten. Senere er også Akvariet i Ålesund, Møreforskning og Universitetet i Trondheim kommet med.

Selv om rapporteringen av amerikansk hummer til nå har vært små og sporadiske, så er fangstene svært spredt. Registreringene viser en opphopning ved større byer, særlig de med internasjonal flyplass i nærheten. Fram til 1. desember 2000 ble det totalt levert inn 24 hummere til mottaksstedene; seks til Drøbak, seks til Hvasser, seks til Risør, tre til Forskningsstasjonen Flødevigen, to til hummerklekkeriet på Kvitsøy og en til

Ålesund. Av disse viser åtte hummere alle morfologiske trekk på at de er renrasert amerikansk hummer. De regnes som meget sikre funn, selv om en genetisk test gjenstår. I tillegg har de andre på en eller annen måte trekk som minner om amerikansk hummer, for eksempel et spesielt fargemønster. Disse må bestemmes ved hjelp av genetiske analyser. Eventuelle hybrider kan være vanskelig å artsbestemme, hummer er uansett en art med stor fargevariasjon.

Dette tyder på at regelverket ved import av levende hummere i liten grad er fulgt opp. Det vil derfor være behov for en løpende overvåking av kysten med særlig tanke på nyutsatt, importert hummer. I tillegg er det nødvendig med lokale undersøkelser for å se om det kan forkomme hybrider spesielt i områder som har hatt gjentatte utsetninger i flere år, slik som i Indre Oslofjord. Undersøkelsen har vist at innblanding av amerikansk hummer er et nasjonalt problem. Fordi vår egen hummerbestand er så svak som den er, kan vi se at utslipp av 1-15 amerikanske hummere i et område vises igjen i fangstene. Det vil også kunne ha konsekvenser for den lokale hummerbestanden. Vi vet ikke i dag hvor stor grad amerikansk hummer interfererer med den lokale arten. Dette vil bli undersøkt nærmere i prosjektet "Samkvem mellom amerikansk og europeisk hummer".

Programleder Jarle Klungsøyr

### MÅL

**Programmet skal kartlegge belastningen og studere effektene av forurensning i våre kyst- og havområder. Arbeidet gjennomføres for å kunne dokumentere hvordan marin forurensning påvirker miljøkvaliteten og livsbetingelsene for fisk, og skal bidra med ny kunnskap for en forbedret miljøforvaltning av havet.**

### PROSJEKTER

- Opptak av organiske miljøgifter i den pelagiske næringskjeden i Barentshavet
- Strategisk program torsk
- Organiske miljøgifter i næringsnett og fiskesamfunn i Skagerrak
- Transport og akkumulering av radionuklider i næringskjeder i Barentshavet
- Alkylfenolers hormonelle innvirkning på torsk
- Modellering av forurensningstransport
- Investigations into the Monitoring, Analysis and Toxicity of Toxaphene in Marine Foodstuffs (MATT)
- Effekter av olje og oljerelaterte kjemikalier på marine organismer
- Forurensningstransport i nord
- Contaminant transport and resuspension modelling in the Skagerrak

### OPPNÅDTE RESULTATER

- ▶ Studiene av organiske miljøgifter i Barentshavet har gitt ny informasjon om opptaket i den pelagiske næringskjeden fra dyreplankton til fisk. Konsentrasjonene av stoff som PCB og DDT øker med en faktor på 10-60 fra dyreplankton til fisk.
- ▶ Programmet har gitt ny kunnskap om dietten til viktige fiskearter i Skagerrak og koblet dette opp mot belastningen av organiske miljøgifter i de samme artene. Fisken i Skagerrak inneholder høyere mengder miljøgifter enn tilsvarende arter fra Norskehavet.
- ▶ Målemetoder er forbedret og anvendt i kartlegging av nivåene av plantevernmiddelet toxafen i kommersielt viktige fiskebestander i europeiske farvann. Toxafen kunne spores i lave mengder i fiskemuskel i alle de 23 ulike arter som ble undersøkt. De toksikologiske studiene av kreftvirkning konkluderte med at toxafenrester i fisk ikke medfører noen helserisiko for mennesker ved normalt forbruk av fisk i kostholdet.
- ▶ Studiene av alkylfenolers hormonelle

innvirkning på torsk viser en signifikant nedgang i østradiolnivået i den eksponerte fisken. Hos førstegangsgytende torsk som ble eksponert for både lav og høyere konsentrasjon av alkylfenoler, er det funnet nedgang både i østrogennivået og mengde av rogn. Ingen ting tyder på at eksponering til alkylfenoler hos foreldrefisk påvirker vekst og overlevelse hos avkommet, verken for larver eller yngel. Data på kjønnsdifferensiering tyder heller ikke på at det har forekommet noen hormonelle innvirkninger eller generasjonseffekter på kjønnsdifferensiering hos torsk.

▶ Laboratorieforsøk viser at opptak av radio-cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) i planteplankton er svært lite. Konklusjonen er at planteplankton ikke bidrar i særlig grad til bioakkumulering av  $^{137}\text{Cs}$  i marine næringskjeder.

▶ Biologisk materiale fra Barentshavet inneholder generelt svært lite  $^{137}\text{Cs}$  i størrelsesorden under 1 Bq/kg tørrvekt. Analyser av niser viser at dyr fanget langs Finnmarkskysten inneholder  $^{137}\text{Cs}$ , som gir stråling på 1-2 Bq/kg, mens niser fanget langs Sørlandskysten inneholder omtrent fem ganger så mye  $^{137}\text{Cs}$  (5-10 Bq/kg tørrvekt). Dette kan knyttes til nærhet til utslippskilder i Europa.

▶ Transporten av technecium ( $^{99}\text{Tc}$ ) fra Sellafield nordover med den norske kyststrømmen er studert, og resultatene viser at transporttiden fra Sellafield til arktiske havområder er kortere enn tidligere antatt.

▶ Sedimentprøver fra Norskehavet og Barentshavet er analysert for  $^{137}\text{Cs}$ , plutonium ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ) og americium ( $^{241}\text{Am}$ ), og de høyeste aktivitetene er funnet i området Spitsbergen-Bjørnøya. Forholdet  $^{238}\text{Pu}/^{239}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  tyder på at dette stammer fra Sellafield. Analyser av sedimentkjerner viser at det er detekterbare mengder av  $^{137}\text{Cs}$  helt ned til 20 cm i området sør for Spitsbergen. Dette tyder på at dette kan være et viktig sedimentasjonsområde.

▶ Modellen NORWECOM kjøres nå ved Havforskningsinstituttet og ved Det norske meteorologiske institutt. Modellen kjørt for Nordsjøen viser at de naturlige næringssaltfluksene med innstrømmende atlantisk vann er nesten en størrelsesorden større enn elvetilførslene fra kontinentet.

### TOXAFEN

Toxafen, som er et bredspektret klorert plantevernmiddel, var i en årrekke et av de mest brukte midler for insektbekjempelse i moderne jordbruk og skogbruk. Det har også vært anvendt til å utrydde uønsket ferskvannsfisk i innsjøer. Stoffet består av en komplisert blanding av vesentlig klorerte bornaner. Siden starten på produksjonen på slutten av 1940-tallet er det produsert mer enn 500 000 tonn av stoffet, noe som i mengde kan sammenlignes med produksjonen av miljøgiften PCB. På grunn av flyktigheten kan toxafen transporteres via atmosfæren over store avstander og akkumuleres i fisk selv i fjerntliggende områder som Arktis, tusenvis av kilometer fra stedene hvor stoffet ble anvendt.

Toksafen har vist seg å kunne medføre både akutt og kronisk giftvirkning på levende organismer og utgjøre en kreftisiko for mennesker. Dette har ført til forbud mot bruk av stoffet i de fleste land i Europa, USA, Brasil, Egypt, India og Kina, mens Russland og Canada har innført restriksjoner. Toxafen anvendes imidlertid fortsatt i Mellom-Amerika og deler av Asia. På grunn av forbudet mot anvendelsen antas det nå at befolkningen i Europa eksponeres for lave mengder toxafen vesentlig gjennom inntak av fisk.

EU-prosjektet "Investigations into the Monitoring, Analysis and Toxicity of Toxaphene in Marine Foodstuffs" (MATT) skal øke kunnskapen om betydningen av fisk som rute for toxafeneksposering til menneske. Prosjektet ble gjennomført i perioden 1997-2000 som et samarbeid mellom Netherlands Institute for Fisheries Research, Wageningen Agricultural University (Nederland), Fisheries Research Centre (Irland), Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt des Landes Schleswig-Holstein (Tyskland) og Havforskningsinstituttet.

Hovedmålet med MATT var å få frem informasjon om den toksikologiske risiko det medfører for konsumenten å få i seg spormengder av toxafenkomponenter som finnes i fisk. Prosjektet hadde fire delmål:

- Å samle den nyeste informasjon fra litteraturen om analyser, overvåking og giftvirkning av toxafen.
- Å forbedre analyseteknikkene for å kunne angi mer pålitelige verdier på toxafennivåene i fisk.
- Gjennomføre en basisundersøkelse for

kartlegging av toxafen i ulike fiskearter fra alle havområdene omkring Europa.

- Gjennomføre nye toksikologiske studier med fokus på kreftvirkning. Beregne helseisiko knyttet til toxafenrester i fisk.

Teksten videre beskriver kortfattet resultatene fra basisundersøkelsen på toxafenrester i fisk og vurderingene av giftvirkning og helseisiko for mennesker. Fiskemuskel fra 23 ulike arter som var innsamlet fra Østersjøen, Skagerrak, Nordsjøen, Irskesjøen, Norskehavet og Barentshavet ble analysert for innhold av tre dominerende enkeltkomponenter av toxafen (Parlar nr. 26, 50, 62). I tillegg ble det gjennomført målinger på fisk og skalldyr fra oppdrettsanlegg. Resultatene viste at fisken inneholdt svært lave mengder toxafen i muskel, og konsentrasjonene varierte fra 0.01 µg/kg våtvekt (µg=10<sup>-6</sup> g) i rødspette ved Irland til 18 µg/kg våtvekt i blåkveite fra Norskehavet. Generelt var verdiene lavere enn det som tidligere er rapportert i vitenskapelig

litteratur. Mager fisk som torsk og hyse inneholdt mindre toxafen enn fetere fisk som sild og laks. En økende tendens i toxafenverdier i ulike fiskearter ble registrert når en beveget seg fra Østersjøen/Nordsjøen/Irskesjøen og nordover mot Norskehavet og Barentshavet. En mulig forklaring er at de nordligste havområdene mottar mer atmosfærisk nedfall av toxafen fra Mellom- og Nord-Amerika.

Mønsteret av toxafen i fisk er vesentlig forskjellig fra det som finnes i de tekniske blandingene. Årsaken er blant annet at ulike prosesser i miljøet som eksempelvis fotokjemisk degradering, mikrobiell degradering og metabolisme bryter ned enkeltkomponenter i den opprinnelige blandingen. Andre komponenter er imidlertid bestandige og brytes ikke ned.

Undersøkelsene av utvikling av kreft på rotter ble utført med teknisk toxafen, UV-bestrålt

toxafen og toxafenrester ekstrahert ut fra torskelever. Målet var å undersøke om toxafen utsatt for ulik miljøpåvirkning hadde større eller mindre giftighetsgrad enn utgangsstoffet. Konklusjonene fra dette studiet var en lavere effektkonsentrasjon (EC50) på rotter dosert med toxafenrester fra torskelever. Dette tyder på at toxafen som har gjennomgått metabolisme i fisk kan være mer giftig enn utgangsstoffet.

For å vurdere helseisiko for konsumenter ble det satt opp oversikter over fiskekonsumet til befolkningen i ulike europeiske land, og dette ble sammenlignet med tolerabelt ("sikkert") daglig inntak av toxafen. Konklusjonen av arbeidet var at innholdet av toxafenrester i fiskemuskel fra europeiske farvann er altfor lavt til at sannsynlighet for helseskade i form av kreftutvikling er til stede.

## Program 12

## FISKEHELSE OG BIOTEKNOLOGI

Programleder Øivind Bergh

### MÅL

**Programmet skal utvikle og optimalisere molekylærbiologiske metoder for hurtig deteksjon og isolering av patogene bakterier og virus i marine organismer. Det skal utarbeide hygieneplaner, desinfeksjonsprosedyrer og andre smitteforebyggende tiltak, og utvikle probiotika og vaksinasjon som forebyggende behandlinger mot sykdom hos fisk. Det skal utarbeide effektive og forsvarlige prosedyrer for medikamentell behandling av bakterielle infeksjonssykdommer hos fisk, og finne fram til nye og bedre metoder for bekjempelse av lakselus. Det skal utvikle kjemiske og biologiske metoder for bedring og verifisering av proteinkvalitet i fiskefôr.**

### PROSJEKTER

- Virusinfeksjoner hos fisk
- Bakteriologi og forebyggende helsearbeid
- Bekjempelse av parasitter
- Trypsin-varianter, fôrproteiner og fôrutnyttelse

### OPPNÅDDE RESULTATER

- ▶ Hele det genetiske materialet til en type nodavirus er nå kartlagt. Dette viruset forårsaker den alvorlige sykdommen "Viral

encefalopati og retinopati" hos kveite.

Kunnskapen er nødvendig både for å utvikle vaksiner og for å bedre kunne detektere viruset i små mengder.

▶ En ny metodikk for påvisning av nodavirus i kveite og annen marin fisk er utviklet. Med denne metoden er det mulig å påvise svært små viruskonsentrasjoner og kartlegge smitteveiene til viruset.

▶ Det er satt i gang arbeid med å utvikle vaksiner mot nodavirus, basert på moderne bioteknologiske metoder.

▶ Vår metode for desinfeksjon av rogn basert på ozonering av sjøvann er nå tatt i bruk av de fleste norske produsenter av kveiteyngel.

▶ Tarmfloraen hos kveitelarver er nå kartlagt, og det arbeides videre med bakterier som kan brukes i kampen mot sykdomsframkallende bakterier (probiotika).

▶ Det er utviklet metodikk for behandling av bakterieinfeksjoner i bergnebb og grønngylt.

▶ Feltstudiene av skader lakselus påfører utvandrende smolt er ført videre. Sammen med laboratoriestudier av lakseluslarvenes evne til å infisere laks under ulike miljøforhold, vil disse studiene gi bakgrunn til å utvikle en modell som kan forklare hvordan lakselus blir spredt langs norskekysten.

- ▶ Det er kartlagt hvordan ulike varianter av enzymet trypsin kan bryte ned protein i laksetarm. Hvilken variant av trypsin som uttrykkes, er påvirket av temperatur og fôrkvalitet i startfôringsperioden.

### PROBIOTIKA - SPILLE PÅ LAG MED TARBACTERIENE

Probiotika er et sykdomsforebyggende konsept som blir stadig mer interessant i oppdrett, særlig til bruk ved tidlige livsstadier av marin fisk og skjell. Probiotika er levende bakterier som tilsettes fôret for å bedre sammen-setningen av mikrofloraen i vertens tarm. Ved å utnytte mikroorganismenes innbyrdes konkurranse kan man manipulere mikrofloraen slik at sykdomsframkallende mikroorganismer får dårligere konkurranseforhold. Probiotika kan også tilsettes direkte i vannet i oppdrettsystemene og kan derfor også gi virkninger andre steder enn i tarmen til oppdrettsorganismene.

Havforskningsinstituttets arbeid fokuserer spesielt på tilsetting av probiotika i oppdrett av kveite- og kamskjellarver, og arbeider også med å finne bakteriestammer som egner seg som probiotika i marint oppdrett.



## ANVENDELSE AV PROBIOTIKA

Probiotika-produkter benyttes både til human- og veterinærmedisinske formål. Innen veterinærmedisin er kyllingoppdrett et interessant anvendelsesområde, og behovet for alternativer til antibiotika i dyrefôr er også stort. Interessen for å anvende probiotika innenfor oppdrett av akvatiske organismer har økt betydelig de senere årene og anvendes også her til å forebygge sykdom. Det er spesielt interessant i oppdrett av larve- og yngelstadier, der et ufullstendig utviklet immunsystem gjør vaksinasjon vanskelig eller umulig. Havforskningsinstituttets arbeid har derfor hittil vært fokusert på kveite- og kamskjellarver.

Studier med tilsetning av probiotika til fisk kan stort sett deles i to grupper: studier der melkesyrebakterier er brukt og studier der ikke-patogene medlemmer av *Vibrio*-gruppa brukes som probiotika. Melkesyrebakterier spiller viktige roller i tarmfloraen til varmblodige dyr, men de utgjør neppe en tallmessig viktig del av tarmfloraen hos marin fisk. Tilsetninger av melkesyrebakterier til tarm hos larver av piggvar er imidlertid dokumentert å kunne gi en viss beskyttelse mot sykdom (klassisk vibriose), målt som økt overlevelse i smitteforsøk.

Bakterier i *Vibrio*-gruppa er imidlertid dominerende i den naturlige tarmfloraen til marin fisk. I denne gruppen fins bakteriestammer som er dokumentert å

hemme vekst av sykdomsframkallende bakterier. Det er sannsynlig at ikke-sykdomsframkallende *Vibrio*-bakterier konkurrerer om ressurser med sykdomsframkallende stammer innen samme slekt. Utvalgte ikke-patogene *Vibrio* vil således kunne blokkere at sykdomsframkallende bakterier fester seg og oppformerer seg for eksempel i en fisketarm. Vi har gjennomført omfattende studier av slektskapsforhold mellom probiotiske bakterier isolert fra kveite, og sammenliknet dem med kjente sykdomsframkallende bakterier. De to gruppene av bakterier er til dels svært like, men har altså dramatisk forskjellig effekt på larvene.

## PROBIOTIKA I ET LEVENDE FÔRREGIME

Når probiotika anvendes i stor skala vil utformingen av administrasjonsregimet være viktig. Vi har ved Havforskningsinstituttet gjennom prosjektet "Bruk av probiotika i yngelproduksjon av marin fisk" demonstrert at probiotika kan tilsettes via levendefôrorganismen *Artemia franciscana*, og tas opp i tarm hos kveite i startfôringsfasen. Disse organismene filtrerer partikler i bakteriestørrelse, og akkumulerer raskt store mengder bakterier fra en bakteriekultur. Disse bakteriene blir med videre til tarmen, og frigjøres der. Ved hjelp av en såkalt immunhistokjemisk teknikk har vi kunnet følge bakterienes vei via fôrorganismene gjennom kveitetarmen til de frigjøres og

koloniserer tarmen. Det synes ikke som om det totale antallet bakterier i kveitetarmen påvirkes nevneverdig av at vi tilsetter probiotika-bakteriene. Det vil være naturlig å utnytte denne tilsetningsmåten under startfôrning av kveite i oppdrett. Vi har også karakterisert egnede bakteriestammer som kan egne seg i et probiotika-produkt.

## PROBIOTIKA OG FORMULERT FÔR

Kunnskapen som vi får her, vil kunne videreføres og anvendes også når det blir utviklet et formulert startfôr for kveite. Kveite er ennå avhengig av levendefôr i startfôringsfasen, men arbeidet med å utvikle et mikropartikulært fôr går stadig framover. Dersom man gjør levendefôr unødvendig, vil en av de viktigste knapphetsfaktorene for marint oppdrett forsvinne. Det er sannsynlig at tilsats av probiotika i forbindelse med anvendelse av formulert startfôr vil øke potensialet for å lykkes med et slikt fôr. Det er dokumentert at tarmfloraen bidrar til enzymatisk nedbrytning av næringsemner og produksjon av enkelte vitaminer og essensielle fettsyrer, i tillegg til sin rolle i forsvaret mot patogener. Bakterier som lever assosiert med fôrorganismer er en dominerende kilde til kolonisering av tarmen. Med et formulert startfôr blir den bakterielle komponenten i fôret dramatisk endret. Det er en interessant arbeidshypotese at det derfor kan være nødvendig å inkludere en bakteriell komponent i et formulert startfôr for kveite.

# Program 13

## KLIMA OG FISK

Programleder Harald Loeng

### MÅL

**Programmet skal varsle endringer i klimaet, forstå og kvantifisere betydningen av disse for produksjon, utbredelse og adferd hos marine organismer.**

### PROSJEKTER

- Miljø og bestandsvurdering
- Klimaendringer
- Klima og plankton
- Effekter av klima på populasjonsparametre hos fisk

### OPPNÅDDE RESULTATER

► Innstrømningen av atlantehavsvann til Barentshavet er langt mer kompleks enn tidligere antatt. I perioder kan transporten reverseres slik at det er en netto transport fra Barentshavet til

Norskehavet. Store variasjoner i innstrømningen av atlantehavsvann forekommer på tidsskala fra dag til måned.

► Modelleksperimenter indikerer at atlantehavsvannet i snitt bruker 2-4 år på å strømme gjennom Barentshavet til Polhavet.

► Det er utført beskrivelse, testing og sammenligning av ulike statistiske metoder for varsling av havtemperaturen i Barentshavet, og resultatet er publisert.

► Det er store år til år variasjoner i vekst hos 1-3 år gammel norsk-arktisk torsk og sammenhengen med geografisk fordeling.

► Torsken søker vanligvis ikke inn i de kalde arktiske vannmassene etter føde slik lodda gjør.

Sannsynligvis ernærer torsken seg på *T. libellula* nær polarfronten, hvor den finnes i høye konsentrasjoner.

► Det er påvist positive, signifikante relasjoner mellom langtidsvariasjon i sildebestanden og langtidsvariasjoner i temperaturen i de atlantiske vannmassene. Det er også påvist signifikante relasjoner mellom midlere vintertemperatur i vannmassene og rekruttering til norsk vårgytende sild.

► Det er vist at årsklassestyrken til norsk vårgytende sild er bestemt når larvene i sin drift nordover passerer Røst. Det er klare sammenhenger mellom temperatur og vekst hos larver i deres første leveår.

Temaartikkel

## INNSTRØMINGEN AV ATLANTERHAVSVANN TIL BARENTSHAVET

Sammenlignet med andre land- og sjøområder som ligger på samme breddegrad som Norge, ligger lufttemperaturen i våre områder 5-10°C over gjennomsnittet. Dette skyldes hovedsakelig transporten av varmt atlantehavsvann til våre områder. I Barentshavet betyr denne strømmen at vi har rike fiskerier mye lenger nord enn tilsvarende områder hvor det kan drives fiske. Vi har også lært at variasjoner i denne strømmen er av stor betydning for rekruttering, vekst, vandrings og fordeling hos de kommersielt viktigste artene våre.

På grunnlag av hydrografiske observasjoner, dvs. målinger av temperatur og saltholdighet, har forskerne i årevis fulgt endringer i denne strømmen. Det er registrert at det har vært store variasjoner i disse to parametrene, men samtidig har man ikke visst noe om hvor mye vann som transporteres. Det har vært en ganske utbredt oppfatning at høye temperaturer har vært knyttet til økt innstrømning av atlantehavsvann, mens lave temperaturer har vært relatert til liten transport av atlantehavsvann.

For blant annet å studere sammenhengen mellom temperatur og transport inn i Barentshavet, har Havforskningsinstituttet deltatt i EU-prosjektet VEINS (Variability of Exchanges in the Northern Seas). Fra august 1997 er det målt strøm i hovedinnstrømningsområdet til Barentshavet, mellom Norge og Bjørnøya. Mesteparten av det tilførte atlantehavsvannet forlater Barentshavet mellom Novaja Semlja og Frans Josef Land.

Hvordan innstrømningen til Barentshavet foregår, varierer mye mer enn tidligere antatt. Det mest vanlige strømsystemet er vist i Figur a). Når norskekysten strømmer kystvann inn i Barentshavet. Nord for dette fyller atlantehavsvann størstedelen av snittet, mens arktisk vann strømmer ut fra Barentshavet langs skråningen sør for Bjørnøya. Den

mengden som strømmer inn gjennom snittet i den sørlige delen er i gjennomsnitt tre ganger så stor som det som strømmer ut i nord. I perioder har strømsystemet i området et annet mønster (Figur b). Her er det utstrømning av vann fra Barentshavet til Norskehavet i store deler av snittet, mens innstrømningen bare forgår tett inne ved norskekysten. I disse tilfellene er det en netto utstrømning fra Barentshavet, og den kan være av samme størrelsesorden som den netto innstrømningen som er beskrevet i tilfelle a). Disse store utstrømningene kan pågå over en hel måned. Dette ble blant annet observert i april både i 1998 og 1999. I 2000 var det en noe mindre utstrømning i februar. I tillegg er det flere andre mønster for strøm som opptrer i korte perioder i snittet.

To forhold er ganske iøynefallende i relasjon til de store utstrømningene som er vist i figur b). Hvor kommer dette utstrømmende vannet fra, og hva har disse utstrømningene å si for økosystemet i Barentshavet? Når det er en slik netto utstrømning fra Barentshavet i en hel måned, må vann komme inn andre steder, ellers vil vannstanden i Barentshavet synke med opptil fem meter. Det er umulig ut fra målinger av temperatur og saltholdighet å skille mellom perioder med innstrømning og utstrømning. Dette antyder at vannet som strømmer ut ikke er vann produsert i Polhavet. Andre målinger som er foretatt under VEINS vest av Spitsbergen, viser en økt innstrømning av atlantehavsvann i dette området i mars, altså måneden før. Dette vannet strømmer østover nord for Spitsbergen, og noe av det strømmer trolig inn i den nordlige delen av Barentshavet. Foreløpig vet vi alt for lite om sammenhengen mellom økt innstrømning til Polhavet vest av Spitsbergen og påfølgende utstrømning fra Barentshavet. Dette er imidlertid et sentralt forskningstema. En annen, medvirkende årsak til de store utstrømningene, er sannsynligvis knyttet til fordelingen av lavtrykk og høytrykk over Barentshavet og Polhavet. Disse feltene kan danne sterke trykkgradienter som forårsaker de store utstrømningene. Dette er også et tema som trenger mer arbeid før det kan tas

endelige konklusjoner.

Hvilke konsekvenser får så dette for økosystemet? Her er det ikke foretatt undersøkelser enda, men man kan jo spekulere litt basert på foreliggende kunnskaper. Dyreplanktonet er den viktigste matkilden for lodde, sild og årets larver av alle arter. Er det lite dyreplankton, vil dette særlig gå ut over rekrutteringen til arter som torsk, hyse, sild og lodde. Den viktigste arten dyreplankton er raudåta, *Calanus finmarchicus*. For å få nok raudåte i Barentshavet er man avhengig av transport av raudåte fra Norskehavet. Raudåta overvintrer i dypet av Norskehavet og stiger mot overflaten i løpet av sen vinteren for å gyte. En stor import er avhengig av at transporten fungerer; nemlig en innstrømning av atlantehavsvann. Denne transporten antas å foregå i tidsrommet mars-april. Den store utstrømningen som er registrert i april både i 1998 og 1999, vil være en effektiv bremse for en slik transport av dyreplankton. I tillegg vil raudåte som har blitt transportert inn i mars, for en stor del transporteres ut igjen i april. Dette betyr at man får en langt mindre gytebestand av raudåte enn det som kunne vært i disse årene, og dermed også en langt mindre produksjon av yngre stadier av raudåta. Som tidligere antydte har dette kunnet virke negativt inn på rekrutteringen av flere viktige arter. Dette kan være en forklaring til mindre gode årsklasser disse årene. I 2000, da utstrømningen var mindre og foregikk tidligere, lå forholdene bedre til rette for gode årsklasser.

Disse strømmålingene har gitt nyttig informasjon om store variasjoner i strømmønsteret, som er langt større enn tidligere antatt. Det bør fokuseres mer på hvilken betydning disse utstrømningsepisodene har på økosystemet, og det viktig at slik overvåking videreføres og knyttes sterkere opp mot for eksempel effekten transporten av atlantehavsvann har på raudåta.