

MÅL

Programmet leverer oppdatert vitenskapleg kunnskap om storleik, samansetjing og framtidig utvikling av dei viktigaste fiskebestandane, som grunnlag for ei berekraftig fiskeriforvaltning.

Norsk fiskerinæring haustar kvart år mellom to og tre millionar tonn av dei levande ressursane i havet, frå meir enn 80 ulike stammer (bestandar) av fisk, skaldyr, sel og kval. Innsatsen i dette programmet er i hovudsak retta mot overvaking og mengdemåling av dei økonomisk viktigaste artane. Saman med fangststatistikk gir dette grunnlaget for bestandsberekningar og prognoser, som i all hovudsak blir til i samarbeid med forskarar frå andre land i ICES (Det internasjonale råd for

havforskning). Frå ICES kjem årleg ressursråd for ei rekkje bestandar, og desse råda blir lagt til grunn for fastsetjing av fiskekvotar.

PROSJEKT

- Ressursrådgjeving og informasjon
- Mengdemåling og vurdering av pelagiske fiskeslag
- Mengdemåling og vurdering av botnfisk
- Mengemåling og vurdering av sjøpattedyr
- Fangstteknisk rådgjeving
- Kvalitetssikring av fiskedata
- Redusert uvissheit i bestandsberekningar
- Administrasjon og utvikling av Senter for marine ressursar

RESULTAT

- Vi har levert forvaltingsråd for ei rekkje fiskebestandar, med hovudvekt på dei økonomisk og økologisk viktigaste, som torsk, hyse, sei, blåkveite, uer, kolmule, sild, makrell, lodde og vågekval.
- Vi har vore rådgjevarar i fiskeriforhandlingar med EU, Russland, Færøyane og Grønland i NEAFC (Den nordaustatlantiske fiskerikommisjon) og i IWC (Den internasjonale kvalfangstkommisjon).
- Som ei følge av forhandlingane med EU er det lagt ned eit stort arbeid i planar for å byggja opp att torskestamma i Nordsjøen (North Sea cod recovery plan).
- Vi har vore med i forvaltningssamarbeidet i NAFO (Den nordvestatlantiske fiskeriorganisasjonen), i NAMMCO (Den nordatlantiske sjøpattedyrkommisjon) og i CCAMLR (Antarktiskommisjonen).
- Vi har gjennomført årleg nasjonalt planleggingsmøte for førebuande arbeid til ICES-arbeidsgruppene som arbeider med bestandsvurdering.
- Den nyutvikla bestandsberekningsmodellen (Fleksibest) er teken i bruk i ICES, men han er framleis ikkje akseptert som



sjølvstendig modell.

- Gjennom elektronisk rapportering frå ein referanseflåte på seks havgåande fiskefartøy har vi freista få betre data frå fiskeflåten. Røynslene frå første driftsåret (2001) er gode.
- Vi har med tilleggsføring frå Fiskeridepartementet utvida forskinga og overvakinga av makrell. Vi har gjort betydelege framsteg med bruk av fleirfrekvent akustikk for mengdemåling. Gjennom samarbeid med næringa har vi samla inn betre data for ulike fiskestorleik i bestanden (storleikssamansetjing). Bruk av flyboren laser er testa i samarbeid med russiske og amerikanske forskarar, og i 2002 vil laseren vere utprøvd i full skala. Vi har også testa nye merker og attfangstmetodar for massemerking. Resultata er lovande, og vi trur det innan få år vil vere moglege å etablere metodikk som vi gi nye og betre fiskeriuavhengige mengdemål.
- Vi har kome i gang med ein utvida forskingsinnsats på kolmule. Bestandsdynamikken til kolmule og denne arten sin plass i økosystemet i Norskehavet skal klarleggast gjennom analyser av historisk materiale. Dette blir gjort spesielt i samband med den sterke auken i internasjonal beskatning av denne bestanden dei siste åra.
- Vi har freista få til ein betre dialog med fiskerinæringa og forvaltninga, mellom anna gjennom den nasjonale "Referansegruppe for ressursforskning" og ved å vere med i eit tilsvarande dialogforum for Nordsjølanda (North Sea Commission Fisheries Partnership Group).
- Vi har gitt råd om seleksjonsinnretningar for betre beskatnings- eller fiskemønster og redusert bifangst i ulike fiskeri. Mellom anna er det viktig å unngå bifangst av sei i trålfisket etter sild.
- Vi har lagt vekt på informasjon om fiskeressursane, både via media og gjennom atskillege foredrag i ulike fora innan næring og forvaltning.
- Vi har omorganisert Senter for marine ressursar. Den tidlegare Sjøpattedyrseksjonen er styrka med personell og kompetanse for etablering av ein ny Seksjon for ressursøkologi. Hovudfokus er her større bruk av økosystem-

og fleirbestandskunnskap for å betre ressursrådgjevinga.

- Fiskeridepartementet gjorde vedtak om at Havforskningsinstituttet skal etablere ei avdeling i Tromsø, med utgangspunkt i ressursforskningsdelen ved Fiskeriforskning. Vi har gjennomført innleiande arbeid med sikte på fagleg integrering i 2002.

ØKOSYSTEMBASERT FISKERIFORVALTING

Økosystemforvaltning er eit heller nytt omgrep når vi snakkar om korleis naturressursar skal haustast, og vi må vere budde på at slik forvaltning vil få innverknad på fiskeriforvaltninga i framtida. Økosystemforvaltning er slett ikkje, som nokre kanskje trur, noko trugsmål eller avgrensing av fiskeria, snarare tvert om.

Sunne marine økosystem vil sikre ei berekraftig hausting av marine ressursar - og forbrukarane kan lite på at sjømat frå våre havområde er sunn og rein. Økosystembasert fiskeriforvaltning er såleis i fiskarane si interesse, og Havforskningsinstituttet vil medverke til ein god dialog med fiskerinæringa og forvaltninga, og også med relevante miljøorganisasjonar. Havforskningsinstituttet arbeider med å utvikle kunnskapsgrunnlaget for ei slik økosystembasert forvaltning av marine ressursar. I hovudsak må vi framskaffe betre kunnskap om økosystema og betre kunnskap om korleis fisket påverkar økosystema.

Betre kunnskap om økosystemet

Her treng vi først og fremst betre kunnskap om samspelet mellom dei ulike artane i dei marine økosystema, og kunnskap om korleis vekslingar i havklimaet påverkar vekst og minking av fiskebestandane. I dag er såkalla fleirbestandsverknader lite nytta i ressursrådgjevinga. Eitt unnatak er lodde/torsk i Barentshavet. Her bruker vi kunnskap om torsken sitt loddekonsum direkte i bestandsutrekningane.

Eit svært aktuelt tema er kor mykje fisk sel og kval set til livs. Vi treng altså meir kunnskap om "kven et kven" i den marine næringspyramiden, frå sjøpattedyr til plankton. Vi må få betre kunnskap om kor store dei ulike bestandane er, om utbreiinga og vandrings til ulike fiskeslag. Vidare treng vi betre prognosar

for havklimaet, mykje sikrere og meir langsiktige varsel om utviklinga i havtemperaturen enn berre for eit halvt år fram i tid. Elles vil slike prognosar ikkje kunne nyttast i ressursrådgjevinga.

Eit tiltak for å møte desse utfordringane er etableringa av ein seksjon for ressursøkologi i 2002. Her samlar vi kompetanse innan sjøpattedyr, fleirbestand og bestandsberekning, og hovudoppgåva vil nettopp vere å få fram økosystemkunnskap for å betre bestandsvurdering og rådgjeving for einiskildbestandar av botnfisk og pelagisk fisk. Dette skal skje i eit nært samarbeid med Senter for marint miljø ved instituttet, med seksjonane for botnfisk og pelagisk fisk, og samarbeidet vil også omfatte den nye avdelinga vår i Tromsø.

Økosystemeffektar av fisket

På dette området har vi alt nådd ei rad gode resultat gjennom forskingsprogrammet "Ansvarleg fangst". Her kan vi nemne sorteringsrister for arts- og storleiksseleksjon i ulike trålfiskeri, og likeeins metodar for å unngå bifangst av sjøfugl i linefisket. Det er viktig å halde fram utviklinga av ansvarlege, miljøvenlege fiskemetodar. Utvikle reiskap som er selektiv med omsyn til art og storleik av kommersielle artar, men òg slik at vi unngår bifangst av ikkje-kommersielle artar, inkludert sjøpattedyr og sjøfugl. Samstundes må vi utvikle reiskap som gjer minst mogeleg skade på korallar og andre botnlevande organismar. Meir energieffektive fiskemetodar, som også forureinar mindre til sjø og luft, er eit viktig mål. På dette området vil det vere særst viktig å halde fram med det gode samarbeidet vi har med fiskerinæringa og reiskapsindustrien.

Vi treng ei felles forståing av både vilkår, innhald og verknader i samband med økosystemforvaltning av havets ressursar. Difor er god dialog mellom forskar, fiskar, forvaltar og miljøvernar viktig. Drøftingar bør skje i ulike fora, og nasjonalt vil instituttet vere ein pådrivar i dialogforumet "Referansegruppe for ressursforskning". Internasjonalt vil Havforskningsinstituttet vere med i t.d. North Sea Commission Fisheries Partnership Group, Nordisk arbeidsgruppe for fiskeriforskning (under Nordisk Ministerråd) og i ICES Dialogue Forum. Dette ut frå ei overtyding om at ei betre forståing mellom fiskarar, forskarar og forvaltarar er naudsynt for å kunne nå målet om ei betre forvaltning av dei fornybare ressursane i havområda våre.



MÅL

Overvake langtidsutviklinga og gje prognoser for havklima, produksjonsforhold og forureining i norske kyst- og havområde. Resultata frå programmet skal medverke til at styresmaktene kan forvalte havmiljøet og dei levande marine ressursane på ein berekraftig måte.

PROSJEKT

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



og næringsrikt atlantisk vatn til Nordsjøen. Dette fører vanlegvis til dårlege produksjonsforhold. Frå sist på 80-talet og stort sett gjennom heile 1990-åra hadde vi stor innstrøyming av varmt atlantisk vatn. Vi hadde også i same perioden milde vintrar og fekk auka temperatur og saltinnhald i Nordsjøen. Den svake innstrøyminga vi observerte i fjor, har ført til store endringar med omsyn til samansetjinga av dyreplankton og i fiskebestandane i Nordsjøen, ei endring som mest kan karakteriserast som ei stortilt økologisk endring.

REINT HAV SIKRAR FISKERIA OG HAVBRUKET

Marknadsføringa av norsk sjømat har ein veldig enkel og klar bodskap: produkta vert hausta frå reint hav. Men det blir stadig viktigare med ein grundig dokumentasjon av denne bodskapen om sunn og frisk mat frå eit reint og kaldt hav. Det er såleis ei viktig oppgåve å forske på og overvake den marine miljøkvaliteten i våre havområde.

Ved Senter for marint miljø ved Havforskningsinstituttet har vi eit moderne, akkreditert kjemilaboratorium, og vi har tilgang til fleire forskingsfartøy. Rutinemessig hentar vi inn våre biologiske prøver og botnsediment frå havområda våre, og prøvene analyserer vi for ulike miljøgifter og framandstoff. Miljøgifter som PCB og DDT har vi funne låge verdiar av både i botnsediment og i fisk. Fiskeridirektoratet, Avdeling for kvalitet, kontroll og regional forvaltning og Ernæringsinstituttet måler nivået av andre miljøgifter som dioksin og tungmetall. Også desse målingane viser at sjømat frå våre farvatn er rein og sunn. For å kunne dokumentere den marine miljøkvaliteten vert måleresultata samla i ein miljødatabase som Fiskeridirektoratet sitt ernæringsinstitutt disponerer.

Ureining frå oljeverksemda

Dei siste åra har ureining frå oljeverksemda, særleg giftstoff som polyaromatiske hydrokarbon (PAH), kome i søkjelyset.

RESULTAT OG OBSERVASJONAR

- I mars 2001 fekk vi ei uvanleg bløming av *Chattonella*-algen i Skagerrak. Denne algebløminga årsaka stor døying i fiskeoppdrett vest for Lillesand og i Lindesnes/Lista-området.
- Tidleg i 2001 låg temperaturen i den vestlege delen av Barentshavet ca. 0,5 °C over langtidsgjennomsnittet, men minka til det normale utover året. Dei oppvekstforholda for torsk, hyse og sild som har med havklima å gjere, var difor normale.
- I Norskehavet var det i 2001 ca. 2 °C varmare i det 30-40 m djupe blandingslaget nær overflata enn kva tilfellet var i 2000. Denne temperaturauken skuldast større soloppvarming. Under blandingslaget var temperaturen normal.
- I mai 2001 registrerte vi for første gong sidan 1997 ein nedgang i biomassen av dyreplankton i Norskehavet. Dette vil truleg verke inn på kondisjonen til norsk vårgytande sild.
- Frå Stad og nordover målte vi i april 2001 uvanleg store mengder larvar av norsk vårgytande sild (ein indeks på 40.7 * 1012). Diverre overlevde få av desse sildelarvane til 0-gruppegranskinga i Barentshavet i august/september. 2001-årsklassa av norsk vårgytande sild må difor seiast å liggje godt under middels storleik.
- I det sentrale Grønlandshavet observerte vi nok ein gong ein lokal kvervel mellom 200 og 2000 meters djup. Kvervelen hadde jamne oseanografiske eigenskapar i heile djupintervallet. Dette er teikn på ein prosess som fører til danning av djupvatn, noko vi ikkje har observert i mange føregåande vintrar.
- I store delar av Barentshavet observerte vi hausten 2001 ei stor bløming av *Emiliania huxleyi*, ei alge som misfargar sjøen. Algen er mest vanleg langs norskekysten om sommaren. Eit tynt og varmt overflatelag kan ha vore årsaka til denne algebløminga i Barentshavet.
- Vinteren 2001 fekk vi ei svak innstrøyming av relativt varmt

Slike giftstoff finst i store mengder i det produksjonsvatnet som vert skilt frå råoljen og sleppt ut i havet. Nokre av giftstoffa i dette vatnet kan ha hormonhermande verknad, og dei kan dermed forstyrre livsprosessane i fisk og andre marine organismar. Ferske forsøk ved instituttet har vist at torsk som et i seg slike stoff i maten, får eit redusert nivå av "kvinnelege" hormon. Dette verkar på reproduksjonsevna til fisken, men vi må forske meir for å kunne dokumentere om slike giftstoff vil påverke rekrutteringa til heile torskbestandar.

Vi har også ein stor innsats innan måling av radioaktive stoff i fisk og andre organismar. Havforskningsinstituttet er mellom dei leiande på dette feltet, både kva gjeld kompetanse og utstyr. Vårt mobile måleutstyr vart bl.a. nytta av Statens Strålevern i samband med "Kursk"-berginga, og våre forskarar og ingeniørar var med i rådgjevingssgrupper. Instituttet sin innsats på dette området går elles attende til 1960-tallet, då vi byrja måle radioaktivitet i fisk og sjøvatn i samband med dei sovjetiske atomsprengingane ved Novaja Semlja. Framleis overvakar vi områda rundt ubåten "Komsomolets" som sakk på 1650 meters djup sør av Bjørnøya i 1986, men har enno ikkje registrert vesentlege utslipp frå ubåten. Nivåa av radioaktivitet i marine organismar i havområda våre har heile tida vore veldig låge, og langt under faregrensene fastsett av styresmaktene.

Havmiljømodellering

Ved avdelinga for fysisk oseanografi forskar vi mykje på måling og modellering av straumssystema i havområda våre. Målet er at vi betre skal forstå og kunne føreseie temperaturutviklinga i havet og drifta av nærings salt, forureingsstoff og biologiske organismar som plankton og fiskelarvar. Kompetansen vår på dette området er nytta for å illustrere spreiding av ein mogeleg lekkasje frå ubåten "Kursk", og likeeins til drift av radioaktivt materiale frå Irskesjøen og inn i havområda våre. Ein havmiljømodell for Nordsjøen og Skagerrak er nytta til å føreseie utviklinga av algebløminga der om våren. Slike varsel er svært nyttig informasjon for t.d. fiskeoppdrettarar på Sørlandskysten.

Miljøtrugsmål

Det er mykje som kan forringe den marine miljøkvaliteten i havområda våre. Eit alvorleg trugsmål er gradvis opphoping i næringskjedene av såkalla organiske miljøgifter som t.d. dioksin. Desse er feittløselege og let seg ikkje bryte ned. Slike stoff vert førte ut i havet frå industriverksemder på land, og dei kjem som nedfall frå forbrenningsanlegg. Likeeins kan akutte og vedvarande utslipp av hydrokarbon frå oljeverksemda få store miljøfølgjer. Utslipp frå havarerte oljetankarar kan også forringe den marine miljøkvaliteten, og vere eit trugsmål for oppdrett av fisk og skaldyr på kysten vår.

Eit sær alvorleg trugsmål er akutte og kontinuerlege utslipp av radioaktivt materiale som blir transportert med havstraumane eller med skip og ubåtar inn i havområda våre. Slike stoff har ei halveringstid på fleire tusen år, og dei kan hope seg opp i marine næringskjeder. Kontinuerlege utslipp av technetium-99 frå Sellafield-anlegget ved Irskesjøen har fått mykje mediemerksemd. Sjølv om nivåa av dette stoffet i sjømat frå havområda våre er langt under tiltaksgrensa på 600 Becquerel/kg, rår vi til at utslippa vert stoppa før sjømat frå større havområde vert påverka negativt.

Faglege utfordringar

Miljøovervakinga av havområda våre er langt frå god nok. Vi har ikkje kapasitet til aktuelle miljøgiftanalysar frå Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen/Skagerrak meir enn kvart tredje år. Meir omfattande og årlege granskningar må til om vi skal kunne gje fullgod dokumentasjon om sunn mat frå reint hav. Den nasjonale koordineringa av den marine miljøovervakinga er også mangelfull. Oljeselskapa gjennomfører eigne granskningar, og i kystområda er det fleire offentlege og private aktørar som gjer sine målingar. Berre i liten grad vert resultatata frå dei ulike miljøgranskningane stilt saman og gjort tilgjengelege i ein samla database for dokumentasjon av den marine miljøkvaliteten i kyst- og havområda våre.



MÅL

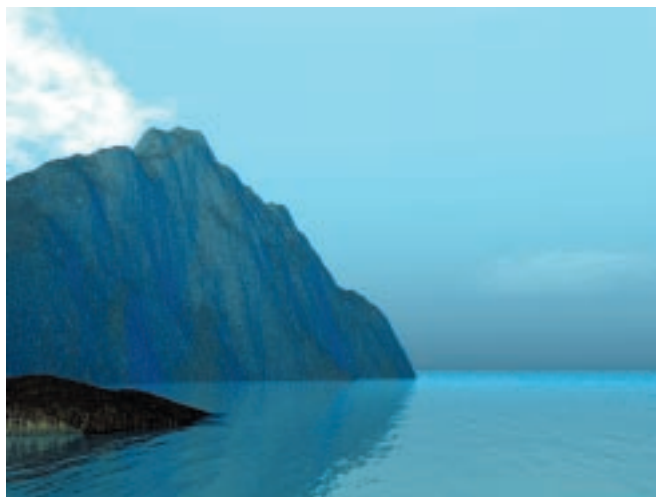
Programmet skal vidareutvikle kunnskapen om laksefisk og marine oppdrettsartar. Auka kunnskap skal leggje grunnlaget for ein produksjon som betre stettar både samfunnet sine krav til oppdrettsnæringa (helse, miljø, matkvalitet og etikk) og oppdrettaren sine arbeidsvilkår, økonomi m.v. Forskinga skal også gje grunnlag for råd til forvaltninga innan helse/sjukdom, miljø, genetik og genetiske spørsmål knytt til biologisk mangfald.

PROSJEKT

- Produksjon av laksefisk
- Produksjon av kveite, torsk og skjel
- Produksjon av torsk
- Rådgjeving helse og sjukdom
- Rådgjeving genetik/etik/miljø
- Rådgjeving info/frie prosjekt
- Forvaltning av hummar

RESULTAT

- Havforskningsinstituttet overtok i januar setjefiskanlegga til AS Fiskekultur i Matre. Før vi tok over setjefiskanlegget hadde vi kjøpt inn rogn, og i det gamle anlegget produserte vi hausten 2001 160.000 haustsmolt av laks. Denne vil dels gå inn i forsøk på eigen lokalitet, og noko vil vi selja til ein lokal oppdrettar. Vi reknar i tillegg med å produsere om lag 100.000 eittårsmolt som òg vil bli brukt i bl.a. nye matfiskforsøk og i rømmingsstudiar.
- Vedlikehald og tilrettelegging av forsøksfasilitetane ved Matre havbruksstasjon har også i år vore ei høgt prioritert oppgåve. For å stette gjeldande lover og forskrifter har vi i dag to matfisklokalitetar i drift. Det går 120.000 laks i desse anlegga, og fisken skal brukast i forsøk knytt til den nye satsinga på velferd og merdmiljø.
- Vi har byrja bygge opp eit merdmiljølaboratorium ved den nye sjøvasslokaliteten på Solheim. Her vil vi overvake laksen si åtferd og vassmiljøet for å få innsikt i velferdproblema (også helse) som kan oppstå i samband med høg fisketettleik i merden.
- I arbeidet med å finna nye marine førråstoff har forskingsfartøya våre samla inn krill frå Barentshavet. Av dette råstoffet har vi laga eit krillmjøl, som så vart blanda inn i ulike förblandingar og testa på laks. I forsøka har vi erstatta 50 % av proteinet i det tradisjonelle fiskemjølet med tilsvarande mengde protein i krillmjøl utan at vi har registrert mindre vekst hos laksen. Vi granskar no förömsætning og kvalitet på fileten.
- Vi har hatt meir enn tusen gjestar ved Austevoll havbruksstasjon i 2001, m.a. TV-team som har laga innslag om torskeoppdrett.
- Om lag 70 hospitantar har fått opplæring i ulike sider ved



marint oppdrett.

- Kamskjel: vi har produsert ca. 25.000 kamskjelyngel (2 cm store). I 2000 prøvde vi ut ein metode med produksjon i store siloar og at yngelen festa seg (setla) på nettingposar direkte i siloane. Dette var vellukka. I 2001 vart det same forsøket gjort ein gong til, men i staden for å overføre yngelen til kasser då dei vart overført til sjø om våren, vart nettingposane med den fastsittjande kamskjelslyngelen no hengde direkte ut i sjøen. Yngelen vart sortert og overført til kasser om hausten. Dette er ein metode vi vil vidareføre i 2002. Skjel produsert tidlegare vart sortert, og hurtigveksande skjel er sett av til framtidige stamskjel. Kamskjelforskinga blir gjennomført i nært samarbeid med næringsaktørar.
- Vi har etablert vår- og haustgytande bestandar av torsk, hyse og kveite. I 2001 produserte vi meir enn 10.000 torskeyngel etter intensive metodar. Vi greidde ikkje å produsere 10.000 kveiteyngel, som var målet vårt i 2001, fordi oppgraderinga av silohallen vart forseinka. Vi mista dermed første delen av kveitesesongen. Vi produserte hyseyngel både vår og haust 2001. Ved yngelpollen Parisvatnet produserte vi om lag 200.000 torskeyngel i 2001. Storparten av desse selde vi til kommersielle oppdrettarar.
- Vi har lagt ned eit stort arbeid med kvalitetssikring av rutinar og metodar ved sjukdomslaboratoriet og smittelaboratoriet. Hovudtyngda av dei vedtekne prosedyrane er no godkjende.
- I løpet av 2001 har genetikklaboratoriet fått ei svært stor oppgradering. Vi har kjøpt inn nytt utstyr for fragmentanalyser (mikrosatellittanalyser), dette gjer at laboratoriet no er på høgd med dei fremste laboratoria i verda, og analysekapasiteten er mangedobla. Fragmentanalyser vert brukte i studiar både av oppdrettsorganismar og naturlege populasjonar.
- Genetikklaboratoriet har starta karakterisering av instituttet sin eigen marine stamfisk, dvs. torsk, kveite og hyse. Målet er å få oversyn over den genetiske samansetjinga i vår eigen stamfisk for å kunne identifisere avkommet, og til å studere skilnader i overleving ved ulike livsstadium.
- Førabels resultat frå eit tokt med "Michael Sars" i 2001 viser

eit høgare påslag av lakselus i fjordar enn kva tilfellet var i 2000, då ferskvasslaget i fjordane var uvanleg djupt og strekte seg monaleg lenger ut i fjordmunningane. Det opparbeidde materialet viser at innslaget av oppdrettsfisk synest liggje på same nivå som tidlegare år.

- I det andre driftsåret til fiskefella i Guddalselva i Hardanger har vi registrert heile smoltårsklassen av laks og aure i 2001, og heile bestanden av gytefisk, umoden fisk og rømt oppdrettsfisk. Smoltutvandringa varte frå 8. april til 30. juni, og det gjekk ut totalt ca. 1 300 smolt, av desse ca. 150 laks. Frå juni til desember registrerte vi vill og rømt fisk som gjekk opp i Guddalselva, m.a. 70 sjøaurar, dvs. under halvparten av den berekna bestanden i 2000.
- Sommaren 2001 vart "The 4th Conference on Fish Telemetry in Europe" gjennomført, med Havforskningsinstituttet og NINA som arrangør. 18 land deltok og 79 arbeid vart presentert.

KRILL SOM OPPDRETTSFØR?

Norsk produksjon av laks har årleg auka med om lag ti prosent det siste tiåret, og innan 2020 kan vi produsere heile tre millionar tonn laks, seier ei prognose. Men skal vi kunne utnytte dei enorme moglegheitene for vekst i norsk oppdrettsnæring, må vi finne nye førkjelder. Vi trur at fangst av krill i dei nordlege havområda våre, og kanskje også i Sørishavet, kan sikre oppdrettsnæringa nok marint feitt.

Vi har kalkulert behovet for fiskemjøl og olje (Figur 1) basert på at alt feitt og protein i føret er av marint opphav. Våre utrekningar viser at vi innan eitt til fem år vil få mangel på marint feitt, og etter 2008 risikerer oppdrettsnæringa ikkje å skaffe seg nok protein. Marine kjelder er dei einaste reelle. Det er foreslått fleire måtar å løyse den forventa førmangelen til oppdrettsnæringa, blant anna at norsk landbruk produserer protein frå vegetabiliske kjelder som havre og raps. Vi trur ikkje

dette er vegen å gå. Vegetabilisk protein er det nok av i verda, og det er lite trulig at norsk landbruk kan konkurrere på kvalitet og pris. Dessutan er feitt det det først blir mangel på, og det er berre frå marine organismar vi kan få dei viktige langkjeda fleirumetta feittsyrene.

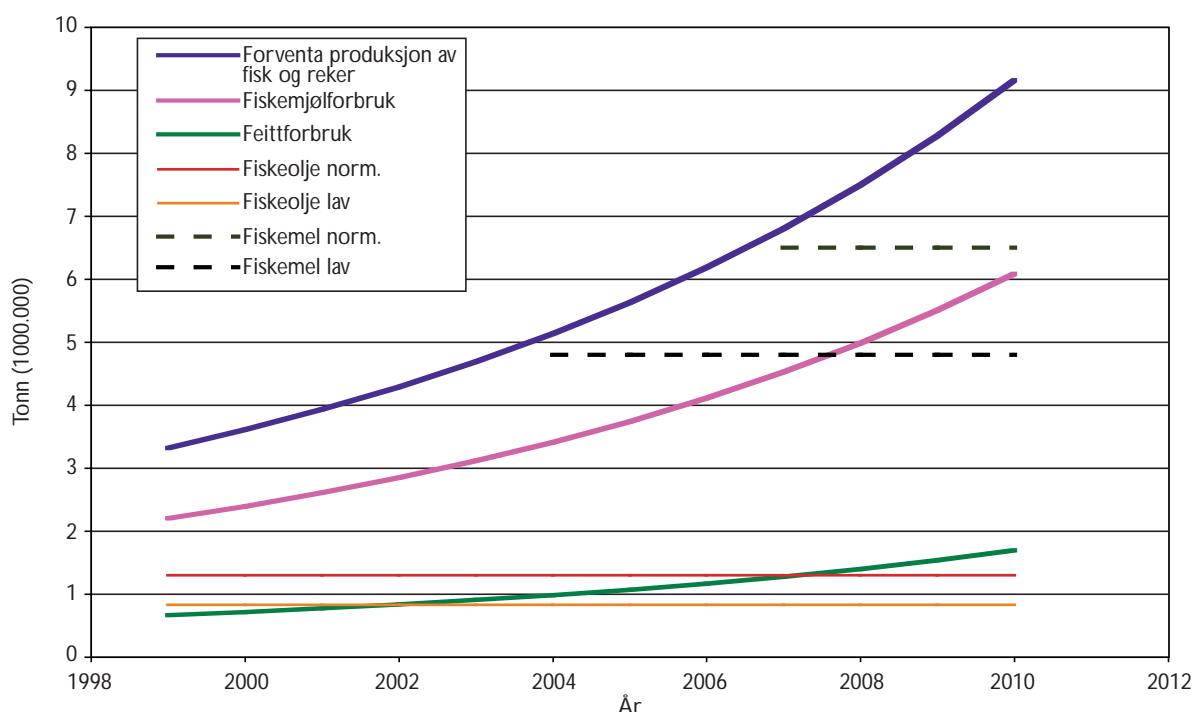
Dei marine fiskeressursane i verda blir hausta så intensivt at vi ikkje kan rekne med særleg meir råstoff frå fiskebestandane. Auken i folketalet i verda vil også føre til at artar vi tidlegare nytta til fiskemjøl og olje, i større grad blir nytta direkte som menneskemat. Det vil difor ikkje vera råd å basera ein vidare vekst i oppdrettsnæringa på nytt fiskeråstoff. Dei alternativa vi har, er difor betre bruk av industrifisk og biprodukt - og vi må nytte organismar lengre nede i næringskjeda. Det er i denne samanhengen Havforskningsinstituttet har gjort vedtak om å greie ut bruk av krill som før-råstoff til havbruksnæringa. Vi valde krillen fordi dette er eit stort dyr i høve til andre dyreplankton. Det er difor ei overkomeleg oppgåve å utvikle fangstmetodar og system for konservering og prosessering enn kva tilfellet ville vore for t.d. raudåte.

Kolossale mengder krill i havet

Ingen veit nøyaktig kor mykje krill som finst i ulike havområde, men det er gjort utrekningar som syner at i Norskehavet, Barentshavet og i austlege delar av Grønlandshavet og Islandshavet har vi ein årleg produksjon på om lag 242 millionar tonn (sjå tabell 1). Til samanlikning er også andre uutnytta kjelder med i tabellen. Dei verkeleg store førekomstane av krill finn vi i Antarktis, der det er ein krill-biomasse på kanskje ein milliard tonn. CCAMLR, organisasjonen for forvaltning av ressursane i Antarktis, reknar med at vi trygt kan ta ut fem millionar tonn krill frå Sørishavet.

Krill – kva er utfordringane?

Eit uttak på ein prosent av den årlege produksjonen av krill i norske farvatn vil i kvantum vere større enn heile landinga av pelagisk fisk i Noreg. Utsiktene til å utnytte råstoff lengre nede



Figur 1: Forventa havbruksproduksjon av fisk og reker som krev marint feitt og protein i føret samt forventa forbruk av fiskemjøl og -olje dersom ein brukar same innblanding i kommersielle før som i 1999.

i næringskjeda er såleis svært store. Det er fleire årsaker til at desse ressursane til no ikkje er utnytta:

■ Mengdemåling av krill i sjø skjer i dag ved prøvetaking med trål. Dette er arbeidskrevjande og unøyaktig. Utvikling av effektive akustiske system for mengdemåling er naudsynt for effektivt å kunne rekne ut førekomst og bestand.

■ Vi manglar ein effektiv og økonomisk fangstteknologi. Skal vi fange små dyr, må trålen ha svært lita maskevidde. Vi får då større trålmotstand og høgare drivstoffutgifter. Optimalisering av dagens trål er såleis naudsynt.

■ Eit økonomisk fiske med dagens trål vil krevje større tettleik enn 2 gram våtvekt per kubikkmeter sjø. Feittinnhaldet i

krillen varierer også gjennom året. Vi treng vesentleg betre kunnskap om kjemisk samansetjing, førekomst og ressursbiologi før vi kan ha von om eit lønsamt krillfiske.

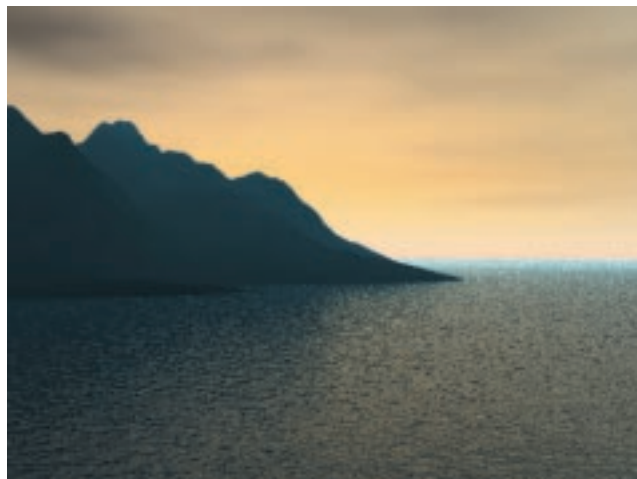
■ Krill er mat for viktige fiskeslag og dyr. Det er viktig at vi regulerer uttak av ressursane nede i næringskjeda slik at det ikkje går ut over andre viktige fiskeslag.

■ Vi har ikkje god nok kunnskap om krill og krillprodukt som førkjelder til å kunne lage eit oppdrettsfôr som både er kostnadseffektivt, som tek vare på helsa og velferda til oppdrettsfisken, og som gjev trygg, sunn og god mat for forbrukarane.

Art/gruppe	Biomasse (mill. tonn)	Produksjon (mill. tonn)	Opprinneleg areal (mill. km ²)	Kjelde
Krill	91		1.7	Dalpadado et al. 1998
Krill	161	242*	3.1	Melle upubl. resultat
Amfipoder	201		1.7	Dalpadado et al. 1998
Amfipoder	49	74*	3.1	Melle upubl. resultat
Calanus (raudåte)	22**	88	2.9	Aksnes & Blindheim 1996
Calanus (raudåte)	30-125	120-500**	3.1	Hassel & Melle 1999
Calanus (raudåte)	75	298**	3.1	Holst et al. 2000
Mesopelagisk fisk	7		1.7	Dalpadado et al. 1998
Gonatus	8.2	20	2.9***	Bjørke & Gjørseter 1998

* Basert på P/B=1.5 (Sakshaug et al. 1994) ** Basert på P/B=4 (Sakshaug et al. 1994) *** Arealet representerer hovudutbreiingsområdet for arten

Tabell 1. Biomasse og produksjon av dyreplankton og mesopelagisk fisk standardisert innanfor eit havområde på 3.1 mill. km² som tilsvarer Norskehavet og Barentshavet, samt austlege delar av Grønlandshavet og Islandshavet.



MÅL

Programmet skal medverke til ei berekraftig utnytting av dei levande marine ressursane i dei landa vi samarbeider med. Det samlande målet for prosjekta er: Effektive forskningsbaserte forvaltningssystem med tilhøyrande, sjølvstendige institusjonar i drift. Vi skal nå målet ved å overføre etablert og ny kunnskap til forskings- og forvaltingsinstitusjonar i samarbeidslanda.

Dei fleste prosjekta er finansierte av norske bistandsmidlar gjennom NORAD og femner om ressurs- og miljøforskning og institusjonsbyggjande verksemd. 2001 var første året i ein ny treårsperiode for Nansenprogrammet (prosjekta 9508-9520).

PROSJEKT

- Primærøppgäver/Fagsentralen
- Mosambik
- Indonesia
- Kina
- Vietnam - akvakultur (SRV 033)
- Vietnam - fiskerilovgjeving
- NANPRO - Namibia - fiskeriforskning
- NANPRO - Namibia - miljøforskning
- NANPRO - Namibia - institusjonsutvikling
- NANPRO - Namibia - forvaltning
- NANPRO - Angola - fiskeriforskning
- NANPRO - Angola - miljøforskning
- NANPRO - Angola - institusjonsutvikling
- NANPRO - Angola - fiskeriforvaltning
- NANPRO - Sør-Afrika - Forskning og forvaltning
- NANPRO Regionalt samarbeid sørlege Afrika
- NANPRO - Andre land/FAO
- Basisaktivitetar
- Programleiing Nansenprogrammet
- Tingingsoppgåver/Fagsentralen
- Generalia - DB
- EU-prosjekt ENVIFISH
- Namibia/Landprogram
- Sør-Afrika/Landprogram
- Kina-prosjekt 2001-2005

RESULTAT

- Sør-Afrika vil skape betre tilhøve for tidlegare undertrykte folkegrupper. Forvaltingsinstitusjonen Marine and Coastal Management har med støtte frå norske rådgjevarar utvikla ein prosedyre som skal sikre rettvís og open handsaming av søknader og tildeling av lisensar og fiskekvotar.
- Arbeidet med å lage ei ny fiskerilov i Vietnam kom eit langt steg vidare mot slutten av 2001: eit lovframlegg vart lagt fram



for godkjenning for Vietnams regjering før det skal handsamast i nasjonalforsamlinga.

- I januar vart det arrangert eit fagleg seminar på Yellow Sea Fisheries Research Institute (YSFRI). Dette markerte avsluttinga på det "gamle" prosjektet, som starta ved at Noreg overleverte forskingsfartøyet "Bei Dou" som gäve til Kina i 1984. Alle sider ved prosjektet var tema i foredrag og skriftlege bidrag (14 stk). Desse er publiserte i *Marine Fisheries Research* Vol. 22, No. 4, 2001, YSFRI, CAFS, Qingdao.
- Ein ny femårsperiode med prosjekt i Kina vart òg starta i 2001. Havforskningsinstituttet hjelpte mellom anna til med å berekne forsvarleg kvote (TAC) av ansjos. Dette er ei stor nyvinning, fordi det er første gongen kinesarane freistar å kvoteregulere eit fiskeri i samsvar med vitenskapleg rådgjeving.
- Gjennom Nansenprogrammet støtta vi arbeidet med ein strategisk plan for Angolas fiskerisektor. Planen tek utgangspunkt i ein studie av alle viktige forhold i sektoren. Med fagleg og økonomisk stønad frå Noreg blei studien avslutta i desember 2001.
- I Nordvest-Afrika gjennomførte vi to regionale tokt med forskingsfartøyet "Dr. Fridtjof Nansen". Målet var å granske alle dei pelagiske bestandane i området, det vil seie sardin, sardinella og hestemakrell. Tokta har for første gong gitt innsyn i korleis desse artane vandrar. Denne informasjonen er viktig for forvaltning av delte ressursar.
- Med stønad frå Nansenprogrammet hadde arbeidsgruppa for måling av dei pelagiske ressursane i Nordvest-Afrika sitt andre møte i 2001. Her byrja dei prosessen med å analysere eksisterande data. Nasjonale representantar for regionen og frå Spania og Russland deltok. Ein forskar frå Havforskningsinstituttet var formann i arbeidsgruppa, og FAO hjelpte til med organisering og fagleg støtte.
- Vi gjennomførte eit regionalt tokt i Guinea-bukta, ei oppfølging av ein tidsserie starta opp i 1999. Data frå toktet blei analyserte og presenterte for lokale styresmakter i samband men ei arbeidsgruppe organisert med hjelp frå FAO. Resultata frå toktet med "Dr. Fridtjof Nansen" er ei unik

kjelde med omsyn til korleis stoda er for dei ulike ressursane.

- I det sørlege Afrika har Havforskningsinstituttet i samarbeid med lokale forskarar kome fram til ny kunnskap om den vertikale fordelinga av egg og larvar frå ansjos og sardin. Denne informasjonen kan vere viktig i samband med forvaltning. Resultata viser kor viktig det er å ha ein gytebestand som ikkje berre er «stor nok» i tonn, men som òg er samansett av ulike årsklassar. Ei slik brei aldersfordeling vil gje større gytespreiing, både i tid og rom, og sjansane for god rekruttering vil auke.
- Vi sluttførte arbeidet med å utvikle ein oseanografisk database for lagring, analyse og sikring av kvaliteten til data samla med FF "Dr. Fridtjof Nansen". Databasen er overført til Angola. To lokale oseanografar fekk opplæring i Bergen og ved den lokale forskingsinstitusjonen i Angola (IIM), i bruk av denne databasen.

STYRKING AV SAMARBEID MELLOM LAND I SØR

I 2001 har Nansenprogrammet auka aktiviteten utanfor kysten av Nordvest-Afrika, blant anna fordi ei utgreiing gjort i London meinte både forskingsfartøyet "Dr. Fridtjof Nansen" og norsk fagkunne ville vere særst nyttige i dette fiskerike området. Gjennom Nansenprogrammet vil også Noreg freiste medverke til regionalt samarbeid og nord/sør-samarbeid innan fiskeriforskning og forvaltning i Vest-Afrika.

Langs den nordvestafrikanske kysten er fisk viktig både for lokalsamfunna og for internasjonale fiskekompani. I dette området har vi sidan tidleg på 1980-tallet gjennomført tokt med "Dr. Fridtjof Nansen". Det var likevel først i 2001 vi kom i gong og satsa på aktivitetar for å styrkje forskning og forvaltning i regionen. Målet er å bygge eit felles kunnskapsgrunnlag og lovverk for forvaltning av dei pelagiske ressursane landa deler. Dette gjeld først og fremst sardin, sardinella og hestemakrell. Det er ein lang prosess å få dette til. Ikkje minst er det ei utfordring å etablere ei kjensle av at ressursane er delte. Det kan også ta lang tid å dette i stand, ettersom landa er redde for at deling kan føre til at dei misser kontroll og styring over eigne ressursar.

Det er eit stort behov, slik vi ser det, for å etablere eit regionalt forskings- og forvaltningssystem tufta på regionalt samarbeid. Manglande koordinering av forskning og ressurskartlegging vil gje feil eller ufullstendig informasjon om korleis det står til med ressursane. Manglande samarbeid omkring forvaltning kan også føre til at avgjerder i eitt land, kan få store og negative følgjer for nabolanda, utan at dei har fått vere med i avgjerdsprosessen.

Eit døme er sardinellafisket. Sardinella er namnet på to sildeliknande fiskearter (*Sardinella aurita* og *S. maderensis*) som finst i store mengder langs heile den varme delen av Vestafrikakysten, frå det sørlege Marokko til Angola. Sardinella er ein særst viktig ressurs for kystfolket. Bestanden utanfor Nordvest-Afrika er delt mellom Senegal, Mauritania og Marokko. Tradisjonelt har senegalesiske kystfiskarar levd av denne ressursen. I 1996 skreiv så Mauritania under på ein fiskeritavtale med EU, som fiskar sardinella med pelagiske trålarar som har stor fiske- og lagringskapasitet. Ingen har førebels greidd ut korleis dette auka fiskepresset vil påverke bestandane, eller i kva grad kystsamfunna i Senegal vil merke dette. Dette er problem som utviklingsland må vere medvitne om og viljuge til å gjere noko med. Dei må unngå å bli offer for avgjerder tekne i andre land, og dei må freiste ikkje skade land dei deler ressursane med. Eit sterkare regionalt samarbeid kan også gje større utsikter for økonomisk vekst lokalt. Slik kan større verdiar frå fiskeressursane bli att i dei landa ressursane tilhøyrrer, i staden for å kome i-land til gode.

Nansenprogrammet, og samarbeidet med Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet, kan vere både ein viktig katalysator og eit verktøy til å stimulere utviklinga i denne leia.

Norsk røynsle innan internasjonal fiskeriforvaltning er også formidla til land i Asia. Både i Kina og i Vietnam arbeider fiskeristyresmaktene med å etablere nasjonale fiskerisoner. Gjennom seminar i desse landa har Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet medverka med kunnskap tufta på forvaltningssystema vi har for våre heimlege farvatn.

I 2001 starta ei spanande, ny utvikling: eit interregionalt samarbeid, det vil seie samarbeid mellom land som tilhøyrrer regionar med stor geografisk avstand. I juni møttest alle institusjonane som samarbeider under Nansenprogrammet for første gong, i samband med Annual Forum. Representantar frå fiskeriforskning- og forvaltingsinstitusjonar frå Nordvest-Afrika (Marokko, Mauritania, Senegal og Gambia) og Sørvest-Afrika (Angola, Namibia og Sør-Afrika) var til stades. Økosystema i dei to områda er nesten spegelbilde av kvarandre. Røynsler frå desse landa/regionane kan vere viktige å utveksle. Det er òg mogleg at teknologisk meir utvikla land i Afrika (til dømes Marokko og Sør-Afrika) kan medverke til overføring av teknologi og næringsutvikling til svakare land, og sjansar for investering. Dette er mekanismar som i dag berre finst mellom utviklingsland og industrialiserte land.

Det er inspirerende å konstatere at verksemda vår ikkje berre fremjar ei fagleg utvikling og legg grunnen for rasjonell forvaltning av delte ressursar. Ho kan også medverke til å skape sjansar for eit meir omfattande samarbeid mellom landa i sør.



MÅL

Programmet skal gje oss auka kunnskap om det marine miljøet og dei biologiske ressursane i kystsona. Denne kunnskapen skal gje oss eit betre grunnlag for ei samla, berekraftig verdiskaping og forvaltning. Noreg har ein lang kyst med stor biologisk produksjon og eit rikt biologisk mangfald. Dette har gjort fiskeria og havbruksnæringa til sentrale næringar med gode utsikter til framleis vekst. Satsinga på fiskeri- og havbruk vil auke presset på kystsona, og forvaltarane vil møte store faglege utfordringar. Dette forskingsprogrammet skal levere kunnskap og leggje grunnlaget for langsiktig bruk og vern av ressursane og miljøet i kystsona.

PROSJEKT

- Ressursar i kystsona - fauna
- Ressursar i kystsona - flora
- Prosessar og økosystem i den marine kystsona
- Miljøstatus og utviklingslinjer i kystsona
- Effektar av inngrep og verksemd i kystsona

RESULTAT

- Eit stort samarbeidsprosjekt for å utarbeide ein vegleiar i planlegging og forvaltning i kystsona er etablert og under utarbeiding.
- Ein omfattande rapport om miljøstatus for Skagerrak ligg føre.
- Vi har granska førekomstar og gjenvekst av tare i Sør-Trøndelag og Rogaland. Dette gjev nyttig kunnskap for val av haustingsområde og kor ofte vi kan hauste tare i ulike område.
- Ei innleiande ressursgranskning av taskekrabbe frå Møre og Romsdal til Lofoten er i gang.
- Eit nordisk samarbeidsprosjekt er etablert, der målet er å finne ut kvifor bestanden av vaksen torsk langs vestkysten av Sverige og i Østfold har minka monaleg dei seinare åra.
- Målingar i 1999 og 2000 av 0-gruppe torsk (fisk yngre enn eitt år) frå Hvaler viser at veksten (kondisjonen) er låg. Målingar frå 2001 vert no analyserte.
- Genetiske analyser av torsk frå seks område langs Skagerrak viser klare skilnader og tyder på at vi her har skilte, lokale populasjonar.
- Informasjon frå røynde fiskarar tyder på at viktige gyteplassar for torsk kan vere nokså små og avgrensa kystområde. Eit nytt fiskeforsøk etter gytetorsk synest å stadfeste dette.
- Prøvefiske med trollgarn på Skagerrakkysten viste ein sterk nedgang i fangstane av vaksen torsk i Ytre Oslofjord. Sjølv om det er lite vaksen fisk, ser ikkje rekrutteringa ut til å ha gått attende. På Sørlandskysten elles var fangstane no omtrent som i 1980-åra.
- Ei identifisering og kartlegging av "biologiske verdiar" i sjøen i Tvedestrand kommune er nyleg finansiert. Vi siktar mot at



opplegg og gjennomføring av prosjektet skal tena som ein modell for tilsvarande arbeid i andre kommunar.

- Vi arbeider med å auke algeproduksjonen i fjordar ved å setje i gang kunstig oppstrøyming av næringsrikt djupvatn. Dette kan blant anna gje betre produksjonsforhold for skjel.
- Vi har for nokre område på kysten gjeve kosthaldsråd på grunnlag av registrerte miljøgifter i sjømat.
- Vi arbeider med å kartleggje omsettingsveggar for dioksin frå forureina sediment til viktige arter som torsk, sjøaure, skrubbe og sild/brisling.

KAN VI DYRKE FJORDANE VÅRE?

Kan vi auke produksjonen i fjordane våre ved å skape ei kunstig oppstrøyming av nærings salt frå djupare vasslag? Inst i Lysefjorden i Rogaland skal dette no testast ut. Her vil det bli etablert eit ferskvassdrive blandingssystem for å få det nærings saltrike vatnet opp, for dermed å få ein mykje større og meir stabil algeproduksjon i dei øvre vasslaga. Lukkast vi med dette forsøket, kan det skape grunnlag for m.a. dyrking av skjel i elles næringsfattige norske fjordar.

Auka tilførsler av naturleg nærings salt frå djupare vasslag gir auka algeproduksjon med klar dominans av algar som treng silikat, såkalla kiselalgar – og kiselalgar er god mat for skjel og andre dyr som et algar. Dette viser forsøk med store plastposar i sjøen og i pollar. Same røynsla har vi frå naturlege oppstraumsområde ulike stader i verda, m.a. utanfor nordvestkysten av Spania, som produserer mest skjel i Europa. Her er mengda frittlevande planteplankton (mikroalgar) fire-fem gongar høgare enn i typiske norske fjordar og i kystområda våre etter at vårbløminga av kiselalgar er over.

Kort vårbløming – men reservar i djupet
Problemet i fjord- og kystområda våre er altså at vårbløminga av kiselalgar berre varer nokre veker i februar-april – og så er nærings saltet i dei øvre ti-tjue meter brukt opp. Seinare på våren opplever vi mange stader ei mindre algebløming, som får næring ved at snøsmeltinga gjer elvane store.

Vårflaumen strøymer ut i fjordane, der ferskvatnet dreg opp næringssalt frå djupare vasslag. Stort sett blir dei øvste 25-30 metrane i fjordane og i kystfarvatna nærmast tømde for næringssalt i løpet av våren, og slik blir dei liggjande storparten av sommarhalvåret. Resultatet er ein algeproduksjon som er svært liten, og han er berre basert på næringssalt som vert resirkulerte i det øvste vasslaget, ned til 25-30 meter frå overflata. Litt djupare, der lystilhøva ikkje er gode nok for algevekst, ligg likevel store lager av naturlege næringssalt som ikkje kjem opp til overflata og såleis kan inngå i ny algeproduksjon. Det er noko av denne unytta "reserven" vi vil freiste få opp i overflata for å skape ein større og meir stabil algeproduksjon i norske fjordar og kystfarvatn.

Tidlegare forsøk og studiar

Forsøket i Lysefjorden er ei vidareføring av tidlegare forsøk, m.a. "Fjordcult"-prosjektet, som instituttet gjennomførte i 1998-2000. Målet var også her å sjå om ein kunne auke produksjonen av planteplankton etter vårbløminga av kiselalgar i utvalde fjordar ved å nytte ferskvatn til å heve dei naturlege næringssalta frå djupare vatn opp til overflata (sjå Havets miljø 2000). Samstundes vart det peika på at problema med algegifter i skjel kunne gjerast mindre fordi nytt næringssalt eit stykke på veg ville gje konkurransefordelar til

kiselalgar framfor ulike gifthaldige dinoflagellat.

Samnangerfjorden ved Bergen var den gongen forsøksfjord, og prosjektet vart utført av Havforskningsinstituttet i samarbeid med Universitetet i Bergen og SINTEF.

Kva trur vi så, med røynsle frå tidlegare prosjekt, at Lysefjord-anlegget kan gje oss av resultat?

- Vi trur at algeproduksjonen (og blåskjelproduksjonen) i indre deler av fjordar kan aukast med ein faktor på 3-4.
- Vi vil venteleg sjå mindre fare for algegifter i skjel.
- Algeproduksjonen vil bli meir stabil, og vi får dermed ein meir jamn vekst av skjel.
- Vi vil få ei auka utskifting av vatn i dei øvre 40-50 m av fjorden.

I Lysefjord-anlegget vil vi for første gong få testa i full skala kva verknader eit ferskvassdrive blandingssystem har på fysisk/kjemiske forhold i fjorden, på algeproduksjon, alge-samansetjing, vekstforhold for blåskjel og algegiftforhold. På lengre sikt er det også viktig å sjå korleis heile det lokale økosystemet i ein fjord reagerer på auka tilførsler av næring frå kunstig oppstrøyming over lengre tidsrom, særleg for å kunne kontrollere at den kunstige næringssaltoppstrøyminga ikkje får uakseptable ringverknader.



MÅL

Det overordna målet for Mare cognitum er å identifisere dei viktigaste faktorane og mekanismane som er årsak til variasjonar i økosystemet i Norskehavet. Slik grunnleggjande innsikt i verkemåten til økosystemet vil nyttast til utarbeiding av metodar for å lage prognosar om utviklinga i havklima, produksjonstilhøve og tilstandane i fiskebestandane. Dette er det naudsynte kunnskapsgrunnlaget for økologisk forvaltning av ressursane i Norskehavet, som er det neste store målet.

PROSJEKT

- Storskalisirkulasjon i Norskehavet
- Djuvassressursar og fluks av biomasse
- Syntese av Norskehavsprogrammet
- Programleiing

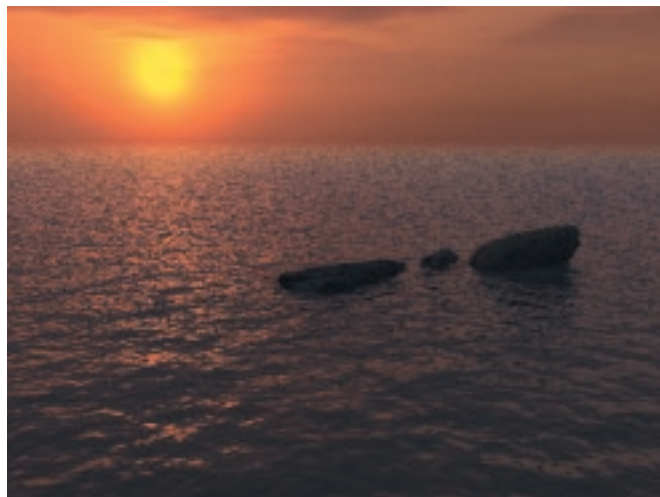
RESULTAT

- Vi har arrangert eit nordisk arbeidsmøte (workshop) med 20 deltakarar frå Noreg, Færøyane, Island og Danmark. Tema for møtet var årsaker og effektar av variasjonar i fordelinga av arktisk vatn i Dei nordiske hav, og desse variasjonane vart sett i samband med havsirkulasjon og biologi.
- Gjennom nasjonalt og internasjonalt samarbeid er det laga ein første versjon av ein økosystemmodell (ECOPATH) for Norskehavet og Barentshavet.
- Som ein lekk i syntesen av Norskehavsprogrammet er det publisert og sett i gang arbeid med ei rad publikasjonar.
- Ein internasjonal workshop vart arrangert i Bergen for å setje i gang arbeidet med å publisere materiale samla inn på fellestokt i Norskehavet (toktdata frå Noreg, Island, Færøyane, Russland og EU).
- Vi har starta arbeidet med å skrive ei bok om økosystemet i Norskehavet. Eit første skriveseminar er avvikla, vi har peika ut redaktør og instituttet har lova økonomisk stønad til bokprosjektet. Manus til boka skal vere ferdig i desember 2002.
- Programmet vart avslutta i desember 2001, og sluttrapport skal leverast i 2002.

FINNKVAL PÅ NATTEJAKT ETTER SILD
I NORSEHAVET

Finnkvalar går til nattlege åtak på sildestimar i Norskehavet. Havforskningsinstituttet var der, med instrument som gjorde det mogeleg å studere dette dramaet frå orkesterplass. Målet var å studere korleis norsk vårgytande sild tedde seg når ho vart angripen av farlege fiendar.

Finnkvalen er som ein dinosaur i levande live der han sym rundt i dei enorme havområda i Norskehavet og Barentshavet.



Han er det nest største dyret som har levd på vår klode. Ein finnkval kan vege heile åtti tonn og bli tjuseks meter lang. Det finst om lag tre tusen slike gigantar i våre farvatn. Finnkvallen har utvikla ei rad tilpassingar for å overleve i eit komplekst marint økosystem. Den slanke, strauformige kroppsforma gjev fart og smidigheit under jakt og vandring, trass tyngda til dyret. Når finnkvalen tek til seg næring filtrerer han ut fisk og plankton frå tonnevis av sjøvatn gjennom bardane sine.

Sjølv om kvalen er gigantisk, veit vi ikkje særleg mykje om dette fascinerande dyret. Hovudårsaka er at han lever i dei store verdshava, ofte langt frå kysten. Om lag 95 prosent av tida er han under vatn, og finnkvalen kan symje over store havområde. Det er såleis ei rimelig stor utfordring å drive forskning på ein slik villstyring, men no kan vi presentere dei første hydroakustiske observasjonane av finnkval som jaktar på sild.

Korleis silda reagerer på jegeren

Målet var å studere stimodynamikken og predator-interaksjonar til norsk vårgytande sild, eller sagt annleis; korleis silda stima og endra stimåferd når jegeren (predatoren) gjekk til åtak. Studiet fann stad i eit 125 kvadratkilometer stort område i kaldfronten mellom Nordaust-Islandsstraumen og Atlanterhavsstraumen (mellom 67-68 °N og 2 °A - 2 °V). Vi brukte høgoppløysleg fleistrålesonar og observerte 17 finnkvalar, seks spekkhoggarar og fem kvitnosdelfinar. Fiskepredatorar som torsk og sei vart ikkje registrert akustisk eller fanga i trålen innanfor området. Finnkval var den einaste arten vi observerte som gjekk til åtak på sildestimar. Åtaka gjorde han aleine eller i mindre grupper på to til fem individ.

Finnkvalåtak kvar tredje time

Vi fann at finnkvalen gjekk til åtak på silda i snitt nesten tredjekvar time (kvart 170. minutt). Dette gjev rundt 5 000 åtak i året, om vi går ut frå stabil åtaksrate gjennom året. Silda lever såleis eit farleg liv. Ho blir utsett for eit "umenneskeleg" press – og vi såg at når åtaka kom, endra sildestimane seg raskt med omsyn til tettleik, form og struktur (Figur 1). Sildestimane var heller store (987 m²) og tette. Silda heldt seg

djupt (200-370 m) og ho hadde moderat symjefart (1,1 kroppslengder pr. sek) om dagen. Om natta steig silda opp til grunnare vatn (10-150 m) og spreidde seg ut i tynnare slør. Fordi finnkvalen truleg ikkje kan jakte djupare enn om lag 200 m, kan det å symje djupt i store stimar på dagen vere ein "føre-var-strategi" i forhold til finnkval, at silda kan hende prioriterer livet høgare enn matfatet.

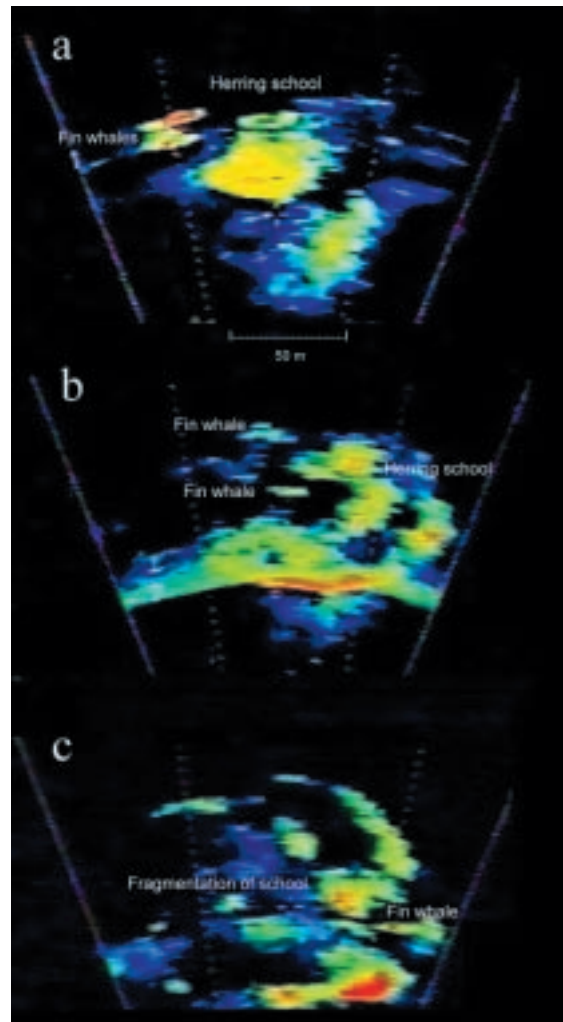
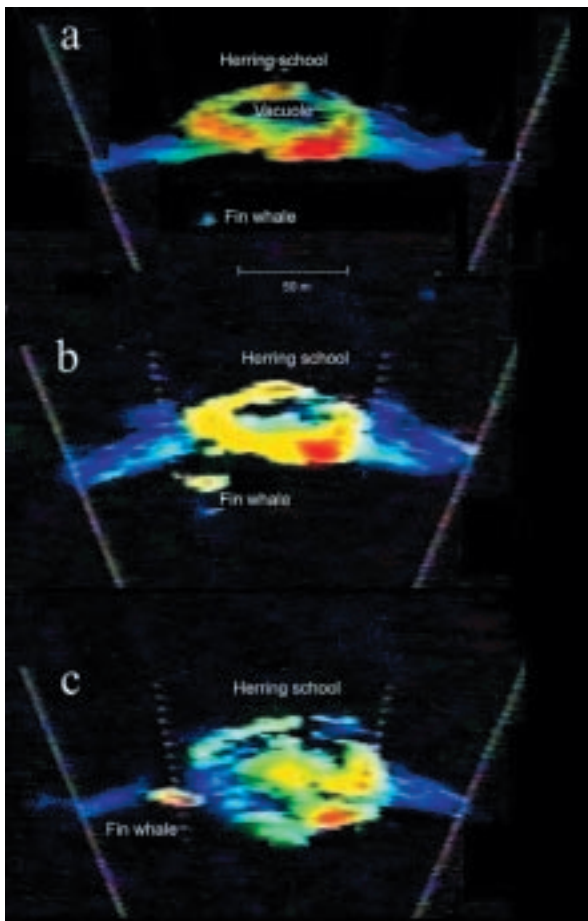
Er stiming eller slør beste forsvar?

Det var interessant å sjå korleis silda merka faren når finnkval gjekk til åtak midt på svarte natta. Vi observerte at silda reagerte når finnkvalen var 100-150 m borte, og på få sekund endra eit laust sildeslør seg til ein tett stim. Vi veit ikkje kva sansar silda nyttar på nattetid når ho reagerer på kval på så lange avstandar. Det kan vere at akustisk deteksjon og/eller sidelineorganet gjer silda i stand til å høyre trykkbølgjene frå dei store kvalane.

Spørsmålet er så: når finnkvalen lettare kan fange sild i ein konsentrert stim, kvifor held ikkje silda seg i slør når finnkvalen går til åtak? Eit svar kan vere at høg tettleik hjå sild gjer det råd

å koordinere forsvarsmanøvrar ved eit eventuelt åtak, og samordna unnavikingsmanøvrar i ein stim aukar overlevings-sjansane til den einskilde silda ved eit åtak på ein stim. Ettersom silda har mange ulike predatorar gjennom heile livet, må ho nok også finne det beste kompromisset for å overleva, og stiming ser generelt ut til å gje best overleving for kvar einskild sild. Det er samstundes mogeleg at finnkval kan manipulere silda til å symje tettare enn det som er gunstig for silda, og ho kan dermed fangast i sitt eige antipredator-forsvar.

Det er teoretisk forventat at dyr skal vere svært varsame i høgrisiko-situasjonar som oppstår sjeldan og varer i kort tid, som når silda møter finnkval på jakt. Våre observasjonar viste også at silda heldt seg til ein føre-var-strategi som minka risikoen. Sjølv om det i dag er få finnkvalar i havområda våre, i høve til tidlegare tider, vil eitt einaste møte med ei gruppe kval kunne fjerne genane frå ei sild i populasjonen. Seleksjonspresset frå einast ei gruppe av finnkval som sym rundt i Norskehavet på same tid som vandrane sild, kan difor vere nok til å selektere for den predator-unnavikinga og stimodynamikken vi observerte.



Figur 1. Åtak frå finnkval på sildestimar om natta i april månad i Norskehavet. Sjølve angrepa er over på nokre få sekundar. I eksempelet til venstre ser vi ein finnkval gå til angrep på silda i utkanten av stimen. Legg merkje til endringane i tettleik (lav = blå og høg = raud), form og struktur på stimen idet angrepet går føre seg. I eksempelet til høgre ser vi to finnkval gå til koordinert angrep på silda, noko som medfører oppsplitting og fragmentering av stimen. Figurane er reproduisert frå Nøttestad et al. (in press) i ICES Journal of Marine Science.

MÅL

Vitskapleg grunnlag for eit størst mogeleg vedvarande utbytte av marine ressursar ved å klarleggje prosessar som storleiken og produksjonen til bestandane. Bruke slik kunnskap til å utvikle verktøy som gjer det mogeleg å rekne ut storleiken og produksjonsevna til haustbare fiskebestandar, og til å vurdere strategiar for hausting av bestandane.

PROSJEKT

- Vekst, modning, fruktbarheit (fekunditet) og rekruttering hos norsk-arktisk torsk
- Modellering av gyteutbreiing og rekruttering hos norsk vårgytande sild
- Samspelet (interaksjonar) mellom spekkhoggar og sild

- Fleksible modellar for bestandsutrekning og bestandsprognoser (Fleksibest)
- Uvisse i bestandsutrekningar
- Uvisse i kommersielle fangstdata
- Effektar av seleksjonsinnretningar på bestandsnivå
- Statistiske metodar i genetikk, retta mot sjøpattedyr
- Fleirbestandsmodellering
- Bruk av tidsrekker og geostatistiske modellar i studiar av fiskebestandar
- Bestandsstruktur hos nise i norske farvatn
- Modellering av fenotypisk plastisitet i utnytta fiskepopulasjonar
- Beskattingsstrategiar/simulering av fisket

RESULTAT

- Basert på ein generell fruktbarheitsmodell (fekunditetsmodell) og oppdaterte tidsseriar for vekst og modning har vi rekonstruert ein tidsserie av total eggproduksjon hos norsk-arktisk torsk. Det syner seg at for denne bestanden er samanhengen mellom total eggproduksjon og rekruttering (som 3-åring) mykje sterkare enn samanhengen mellom gytebestand og rekruttering.
- For norsk vårgytande sild har vi laga bestands-/miljørekrutteringsmodellar som tyder på at samanbrotet i sildebestanden i 1960-åra i hovudsak skuldast ein redusert gytebestand og ikkje dårleg rekruttering som følgje av lågare temperaturar.
- Noko overraskande syner det seg at årsklasser som har høg gjennomsnittslengde som 0-gruppe, har låg gjennomsnittslengde som 2-åringar.
- Fleksibest-modellen er operativ. ICES brukar han no som alternativt bestandsutrekningverktøy for norsk-arktisk torsk. Resultata samsvarar i store trekk med tidlegare resultat, men gir ein større dynamikk i bestandsutviklinga. Det same indikerer også resultata frå viktige tokt. Fleksibest kan no også



brukt som prognosemodell.

- Ei ny formulering for lengdevekst i Fleksibest er teken i bruk. Denne gav betre tilpassing til observerte lengdefordelingar. Vidare har vi redusert talet på parametarar i modellen ved å handsame fleire fiskeflåtar som ein flåte. Vi har òg forbetra algoritmen som vert brukt til å finne den beste tilpassinga av modellen til data.
- For norsk-arktisk torsk er det utvikla delmodellar for kjønnsmodning og kannibalisme som kan brukast i Fleksibest.
- Fleksibest-modellen er presentert i mange fora både nasjonalt og internasjonalt. Modellen er no også teken i bruk for breiflabb i skotske farvatn.
- Vi har utvikla metodar for å bestemme presisjonen av aldersfordelinga i kommersielle fangstdata.
- Bruk av rist i torskestrål ser etter få år ut til å gje god gevinst både med omsyn til total- og gytebestand.
- Seleksjonen i trålposen ser ikkje ut til å bli påverka av rista.
- Vi har vidareutvikla det metodiske rammeverket for ei fullt ut integrert bestandsutrekning av lodde basert på føre-var-prinsippet. Dette omfattar berekning av grense- og målreferansepunkt, slik at silda sin effekt på rekrutteringa av lodde kan trekkjast inn. Uvisse i referansepunkta reflekterer den utrekna uvisse i historiske utrekningar av gytebestanden, og også torsken sitt konsum av lodde.
- Satellittmerking av to spekkhoggarar har vist at dei vandrar over store avstandar, og ut og inn av kjerneområdet, som er overvintringsområda for sild utanfor Nord-Noreg. Ein av spekkhoggarane følgde silda til gyteområda langs norskekysten og vidare ut i beiteområda i Norskehavet.
- Vi har funne at høgt fiskepress/utnytting av norsk-arktisk torsk har ført til at bestanden genetisk sett blir kjønnsmoden ved lågare alder og mindre storleik.
- Satellittmerking av niser i Varangerfjorden viser vandringer opp til 150 nautiske mil i løpet av tre veker.
- Vi har nytta informasjon frå datalagrande fiskemerke for å kartleggje torsken si vertikalvandring. Vi har funne halv- og heildøgns syklusar til visse årstider.

NORSK-ARKTISK TORSK: EGGMENGDGA GIR BRA VARSEL OM ÅRSKLASSESTYRKE

Rekrutteringa av norsk-arktisk torsk er svært variabel. Mange faktorar verkar inn på kor stor overlevinga blir frå gyting til tre år gamal torsk. No vil Havforskningsinstituttet samle all kunnskapen til ein ny prognosemodell som skal brukast i bestandsberekningane av norsk-arktisk torsk.

Årsklassestyrken som treåringar har i perioden etter 1946 variert mellom 112 og 1819 millionar individ. Det er mange grunnar for denne sterke variasjonen. Vi har lenge visst at der er heller dårleg samanheng mellom storleiken på gytebestanden (gytebiomassen) og rekrutteringa til bestanden (talet på treåringar). Derimot er det ein klart betre samanheng mellom berekna eggproduksjon og talet på treåringar. Dette tyder på at variasjonen i årsklassestyrke for norsk-arktisk torsk i stor grad blir bestemt i dei første tre månadane av torsken sitt liv. Mengdeindeksar på dette livsstadiet ser også ut til å gje brukbare prognosar for kor talrik årsklassa blir som to og tre år gamal torsk.

Kan ete torsk med halve si eiga kroppslengde
Rekrutteringa er betre med høg sjøtemperatur og høge verdiar av NAO-indeksen (dvs. store skilnader mellom lufttrykket på Azorene og på Island i gyteåret – sjå temaartikkel under program 13). Kannibalisme frå eldre torsk, som altså et yngre artsfrendar, verkar også inn på rekrutteringa. Kannibalismen er omfattande når loddebestanden er låg, og omvendt. Ei første kartlegging viser vidare at torsk helst beiter på torsk som er ein tredjedel så lang som seg sjølv, men han er i stand til å ete artsfrendar som er opp til halvparten av si eiga kroppslengde.

Samla kunnskap skal gi ny prognosemodell

Vi arbeider no med å setje saman all kunnskapen vi har om årsakene til variasjonar i rekrutteringa til norsk-arktisk torsk. Målet er å utvikle ein ny prognosemodell for bruk i bestandsvurderinga av denne fiskestamma. Ein må likevel vere klar over at slike prognosar er sterkt avhengige av framskrivingar eller varsel for havklimaet. Dette gjer prognosane for årsklasser som enno ikkje er fødde, svært usikre. Derimot meiner vi at prosessane omtalt ovanfor gjev grunnlag for å lage gode prognosar for dei torskårsklassane som er mellom null til to år gamle i det året vi lagar prognosen. Etter at Havforskningsinstituttet i 1994 innførte innernett i trålen vi nyttar på botnfisktoktet i Barentshavet, har mengdeindeksane for eitt og to år gamal fisk blitt mykje meir konsistente, vi får med andre ord ikkje så sprikande resultat som tidlegare. Dermed har vi også eit betre grunnlag for å lage slike prognosar.

Talrike årsklassar gir mindre vekst

Vi har også granska årsakene til den ulike veksten vi finn hos ungtorsk inntil treårsalderen. Gjennomsnittslengda av tre år gammal torsk kan variere frå 28 til 41 cm. Vi har funne ein klår negativ samanheng mellom gjennomsnittslengda av årsklassar som 0-åringar og 2-åringar. Korleis kan dette henge saman? Vi trur at årsaka kan vere at lang 0-gruppe torsk (langvaksen torsk under eitt år) tilhøyrrer årsklassar som er talrike. Vi veit at talrike årsklassar er spreidde over eit større område enn mindre talrike årsklassar. Dermed vil store deler av dei rike årsklassane vere i område med låge sjøtemperaturar og dårlege vekstvilkår. Dette fører til låg vekst etter at torskelyngelen botnslår seg (før han er eitt år gammal), og såleis til låg gjennomsnittslengde som toåringar.



MÅL

Programmet skal utvikla metodikk for fastsetjing av absolutt storleik og samansetjing av fiskebestandar basert på toktdata.

PROSJEKT

- Uvisse i mengdemåling
- Integreerte toktmetodar
- Akustisk metodikk for fisk
- Forskingsfangst
- Sonardata prosesseringssystem
- Aldersmåling av fisk
- Merketeknologi for fisk
- Mengdemåling av djuphavsuer
- Sonarar på nytt fartøy
- Mengdemåling av laks i merd
- Autonom målstyrkeinnsamlar
- Dødsone målar

- Akustisk artsidentifikasjon
- Estimering av total uvisse
- Automatisk fangstmålar

RESULTAT

- For trålmetodikk er hovudresultata ein serie nye publiserte arbeid på effekten av døgnvariasjon på trålindeksane for ulike aldersgrupper av torsk og hyse frå 1985 - 1999. Resultata er nytta til å korrigere for døgneffekten på toktindeksen og til å rekne ut uvisse for ulike aldersgrupper på alle dei djupneområda toktet dekkjer. Eit fellestrekk er at det blir målt for mange fisk på kvar stasjon, at talet på stasjonar med fordel kunne aukast, men med kortare tauetid på kvar stasjon. Forsøk med redusert tauetid frå 30 til 15 minutt vart gjennomførte med godt resultat på hausttoktet i år. Dette set større krav til nøyte måling av sveipt areal eller volum, og nye instrument for nøyaktig måling av tauetid og botnkontakt er utvikla saman med Simrad AS (sjå temaartikkel). Elles har analysar vist at fangstbaserte bestandsmål (VPA) overvurderer små årsklasser av norsk-arktisk torsk, medan dei toktbaserte bestandsmåla betre reflekterer faktisk bestandsstorleik.
- I akustisk metodikk har ein utvikla nye metodar og programvare for utrekning og isolering av støy i ekkogram-bilete, særleg på høge frekvensar. Dette er ei god hjelp når ein vidare skal nytte fleirfrekvensmetodar for identifisering og mengdemåling av makrell og dyreplankton. På dette området har ein no teke eit godt steg vidare med konstruksjon av nye, syntetiske ekkogram, der informasjon om frekvensresponsen til målet er framheva med fargekoding. Ein ser allereie klart



forskjell på ulike ekkomålgrupper i blanding som til dømes stor/liten fisk, fisk med/utan symjeblære, store/små dyreplankton i desse nye ekkogramma. Dette vil direkte også forbetre tolkinga og minske feilen i akustisk måling av andre fiskeslag. Spesifikasjon og utprøving av nye forskings-ekkolodd og sonarar er godt i gang, og krev mykje av kapasiteten i akustikkgruppa. Metodar for mengdemåling av djuphavsuer i Irmingerhavet med taua undervassfarkost på 400 meter, med måling til om lag 1500 meters djupn vart utprøvde med godt resultat sommaren 2001. Dette gir eit godt grunnlag for vidare arbeid med mengdemåling av fisk på djupt vatn.

- Massemerking av fisk for utsetjing/gjenfangst er framleis eit godt alternativ for mengdemåling og utrekning av naturleg dødsrate for fleire bestandar. Viktige feil i metoden er auka dødsrate påført i sjølve merkinga, merketap og detektor-effektivitet. Prosjektet har evaluert ny merketeknologi med mikromerke imot tradisjonelle store stålmerke, som blir skotne inn i fisken. Metoden vert i dag nytta for sild og makrell. Lange forsøksseriar på fisk i fangenskap i Austevoll viser at sjølve merkinga medfører svært små feil med begge type merke, og at ny merketeknologi er langt meir effektiv enn den gamle. Sjølv med merket skote inn i gonaden viser resultata nesten ingen merkeeffekt på fisken. Dette gjer eit godt grunnlag for å kunne utføre massemerking av sild i overvintringsområdet i Ofotfjorden/Vestfjorden der det er langt betre tilhøve for slikt arbeid enn på fangstfeltet etter gyting.
- Elles har forskingsprogrammet fleire spanande utviklingsprosjekt på gang, der måling av fisk nær botn og måling av fisken sin ekkostyrke skal utførast frå autonome farkostar. Her er ein enno i byggefasen i prosjekta.

NY SENSOR FOR NØYAKTIG MÅLING AV BOTNKONTAKT OG TAUETID

Måling av nøyaktig tauetid eller tauedistans er viktig for utrekning av sveipt areal eller avsilt volum i tokta for mengdemåling av torsk og hyse med botntrål. Særleg har dette blitt meir aktuelt når dei statistiske analysane av historiske data viser at ein oppnår ein klar gevinst i presisjon ved å nytta enda kortare tauetid enn dei 30 minutta vi nyttar i dag på kvar stasjon. Reduksjon til 15 minuttas tauetid er tilrådd, men med auka innsats (tettare stasjonsnett) i dei mest fiskerike områda.

Ettersom uvissa i tauedistans for eit botntrålhal er knytt til akkurat NÅR trålen startar å fiske skikkeleg på botn og NÅR han sluttar å fiske, under hiving, har ein lenge prøvd å utvikle ein spesiell sensor for å måle dette. Vidare vil kvaliteten til fiskedataene frå eit slikt hal vere best om det tunge trålgearet har gått eller rulla hardt i botnen under heile halet, eller at "botnkontakten" har vore stabil og god.

Noverande trålinstrumentering gir ein god peikepinn på dette, men det er enno naudsynt at personellet på brua vurderer dette subjektivt, og noterer avvik.

I samarbeid med instrumentbedrifta Simrad AS i Horten vart det i 2001 utvikla og utprøvd ein ny sensor for nøyaktig måling av botnkontakt og tauetid. Den nye sensoren er enkel, og nyttar same prinsipp som vanlege sensorar for måling av fyllingsgrad i trålekken.

Sjølve sensoren, som kommuniserer akustisk med mottakar på fartøyet, er montert på botnpanelet i trålen, rett bak fiskelina, og over sjølve trålgearet. Ei stålkule på om lag 5 kg, montert på ein om lag 1 meter lang kjetting, held strekkcella i sensoren i utstrekt posisjon under skyting og haling. Idet trålgearet når botn blir kula slept langs botn, med mykje mindre strekk enn frå fri vekt i sjø. Strekkcella vart dermed deaktivert, og strekket blir vidare oppteke av eit sekundert kjettingstag, montert direkte på fiskelina. Etter ein gitt, programmert filterresponstid i sensoren, blir signalet sendt opp til fartøyet på akustisk link. Første forsøka på "G.O. Sars" i mars 2001 viste at systemet fungerte perfekt, og gav stabile, sikre målingar av både tauetid og botnkontakt. Jamvel små hopp over stein og groper i botnen kunne registrerast om bord, og justeringar utførast med ein gong avvikande trålgeometri eller oppførsel vart registrerte.

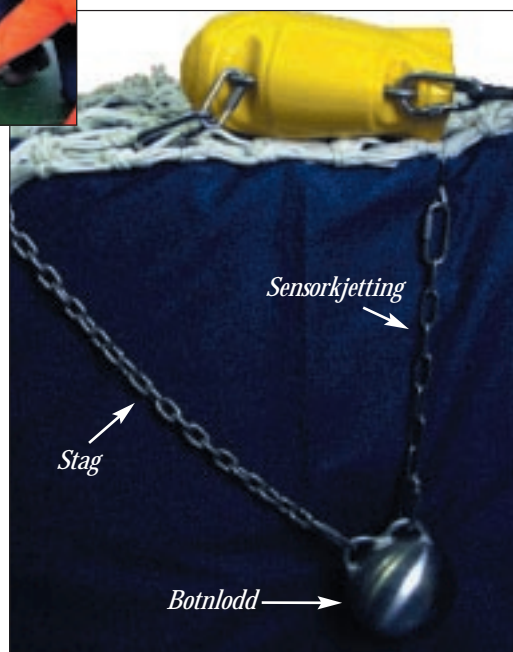
Forsøka og resultatane var faktisk såpass lovande at Simrad AS raskt sette systemet i produksjon og marknadsfører det no som eit eige produkt, som botnkontaktsensor PI32, til bruk både for forskingsinstitusjonar og for fiskarar. Med mindre tilpassingar ser ein no klart at sensoren kan nyttast på botntrål, pelagisk tråling nær botn, snurrevad og ringnot. Det å vite nøyaktig når reiskapen er i botn, eller nær botnen er viktig i alle desse fiskeria.

Resultatane vart også raskt publiserte på ICES årsmøtet i Oslo i september 2001, der fleire ulike forskingsmiljø viste stor interesse for den nye sensoren.

BOTNKONTAKT-SENSOR



Botnkontakt-sensoren festa på Campelen 1800 botntrål



Strekkcella

MÅL

Basert på studiar av fiskeåtferd skal programmet utvikle teknologi for fangst og lagring av fisk og andre levande marine ressursar, for å sikre god matkvalitet og høg verdiskaping av tildelte kvoter, og som samstundes er samstemt med nasjonale og internasjonale avtalar om utøving av eit ansvarleg fiske.

PROSJEKT

- Fangstrelevant åtferd
- Reiskapsteknologi
- Seleksjon i trålfiske
- Seleksjon i not og snurrevad
- Overleving/bidødelegheit
- Miljøeffektar av fiske
- Utkast frå fiske i Nordsjøen

RESULTAT

- Ved hjelp av åtferdsobservasjonar og seinare fiskeforsøk har vi vist at både garn, teine og line kan modifierast for å redusere bifangst av kongekrabbe.
- Forsøk viser liten uønska død i tapte kongekrabbeteiner, etter som kongekrabben kryp ut av teinene etter relativt kort tid.
- Ved å etterlikne garntap i blåkveitefisket gjennom utsetjing av garn på Storegga, fann vi at garn som hadde stått ute i 6-10 veker fiska med ein effektivitet på om lag 20 % av det som var vanleg ved kommersielle ståtider.
- Botntråling innafor vernesona ved Bjørnøya førte til oppkverving og refordeling av botnsedimentet, og vi observerte ein auke i små gravande dyr (hovudsakeleg skjel) i prøvene som vart tekne etter tråling. Vi fann ikkje fysiske skader på botnlevande dyr.
- Korkje torsk eller lange har eit tilfeldig symjemonster, men har ein større tendens til å halde fram i same retning enn å svinge til sidene. Torsk sym ofte på tvers av straumen, eit mønster vi sjeldan ser hjå lange.
- Forsøk har vist at så godt som all torsk og sei overlever etter å ha blitt sortert ut frå ein botntrål. Ein liten del av utsortert hyse dør. Det ser likevel ut til at hyse som blir sortert ut gjennom rist, overlever betre enn hyse som blir sortert ut gjennom maskar.
- Forsøk i november 2001 i Ofotfjorden med ei ny skiljerist i sildetrål, var svært vellukka. Videoobservasjonar og fangstanalyse viste nærmast null tap av sild og berre liten bifangst av sei. Fleire sildetrålarar har alt, på friviljug basis, teke ristsystemet i bruk.
- Videoobservasjonar og samanliknande fiskeforsøk med horisontalt skiljenett i snurrevad viser at det er mogeleg å skilje torsk og sei frå hyse under ordinært fiske. Kvadratmaskeposar med store maskar viser godt potensial til å skilje torsk frå sei og hyse. Standard kvadratmaskeposar med 125 mm maskevidde vil bli innført som fast seleksjonsanordning for snurrevad i 2002.



EFFEKTIV SKILJERIST I SILDETRÅL

Sildetrålarane har i fleire år blitt kraftig plaga av store bifangstar av sei. No har Havforskningsinstituttet utvikla ei svært effektiv skiljerist for sildetrål, og Fiskeridirektøren har difor også kunna oppheve strenge restriksjonar for sildetråling.

Rundt ti prosent av den norske kvoten av norsk vårgytande sild blir fanga med trål, hovudsakleg om hausten i Vestfjorden, Ofotfjorden og Tysfjorden, og på ettervinteren når silda er på veg sørover til gytefelta. Bifangstane av sei har vore store, oppimot 20 tonn på ein times tauing.

Fiskeridirektoratet innførte difor strenge reguleringar for sildetrålarane, blant anna forbod mot tråling om natta og maksimal tauetid på ein time på dagtid mellom kl 0900 og 1700. Sildetrålarane fekk såleis ei lite effektiv drift i desse områda.

Våren 2000 vart Fangstseksjonen ved Havforskningsinstituttet kontakta av Sør-Noregs Trålarlag og Fiskeridirektoratet, Avdeling for kvalitet, kontroll og regional forvaltning. Spørsmålet var om bifangstproblemet med sei i sildetrål kunne løysast. Same hausten gjennomførte vi eit tokt for å setje oss inn i bifangstproblematikken og gjere innleiande forsøk. Videoobservasjonar av sei og sild bak i trålen viste at seien sumde roleg i trålen si fartsretning, men at han likevel hamna bak i trålen mest like fort som silda. Det er heller stor skilnad i storleik mellom sei og sild, så vi meinte seien måtte kunne skiljast fysisk frå silda ved hjelp av eit ristsystem. Vi gjennomførte så innleiande forsøk med same slags ristarrangement som blir nytta i reketral ("Nordmørsrist"), men med 80 mm spilavstand. Dette gav ei sær god utsortering av sei, men også eit stort tap av sild. Åtferdsobservasjonar viste at silda gjekk aktivt ut gjennom fiskeutsleppet for sei.

Seleksjonsforsøket og observasjonane gav likevel idéar til ei anna type sorteringsrist, og i november 2001 gjennomførte vi nye forsøk. Rista hadde no eit fiskeutslepp på undersida og bak

rista, som skrødde bakover og nedover. Fiskeutslippet for sei plasserte vi slik at det ikkje kunne sjåast av silda. Vi gjorde åtte hal, og observerte med undervasskamera at vi mest ikkje fekk tap av sild – og bifangsten av sei kom ikkje over 400 kg.

Oppmuntra av dette resultatet fekk vi laga og montert ei ny rist, der spileavstanden berre var 60 mm. Denne gav enno betre seleksjonsresultat. I eit område der fleire sildetrålarar fanga opptil 15 tonn sei og 50 tonn sild på ein time, fekk vi maksimalt 300 kg sei og 100 tonn sild på to timar. Totalt under forsøket fanga vi 530 tonn sild og om lag to tonn sei.

Etter forsøka i november 2001, har vi hatt ein sterk pågang frå sildefiskarar som på friviljug basis er interesserte i å ta dette ristsystemet i bruk. I midten av januar 2002 gav Fiskeridirektoratet Havforskningsinstituttet løyve til å nytte systemet, og ved utgangen av januar har eit tjuetals trålarar skaffa seg det nye ristsystemet.

Forsøka med skiljerist i sildetrål vil halde fram på Buagrunnen i februar, og avsluttast med forsøk i Vestfjorden i november 2002. Det er all grunn til å tru at denne typen skiljerist også kan nyttast under loddeutråling, der flåten har problem med bifangst av torsk. Flåten har difor i dag ikkje høve til å tråle innafør firemilsgrensa.



MÅL

Målet med dette programmet er å utvikle biologisk kunnskap om viktige norske oppdrettsartar og fiskeressursar, slik at vi får optimal produksjon, velferd, færre negative miljøverknader og marknadstilpassa kvalitet.

- Utvikle det biologiske kunnskapsgrunnlaget for optimal produksjon av laksefisk.
- Utvikle det faglege grunnlaget for kommersiell matfiskproduksjon av marine fiskeartar ved å få fram kunnskap om biologi og miljøkrav i oppdrett.
- Utvikle kunnskap som kan sikre kvaliteten på produktet, frå stamfisk til slakting.
- Utvikle kunnskap som sikrar miljøet fisken lever i og fisken sin velferd.

- Utvikle kunnskap om optimal bruk av marine fôrressursar i oppdrett.
- Utvikle kunnskap om levandelagring og oppføring av villfisk.
- Utvikle kunnskap om kvalitet hos villfisk.

PROGRAMMET FOKUSERAR PÅ Å:

- Sikre rask vekst hos oppdrettsartar, samtidig som ein tek omsyn til trivsel, normal utvikling og kvalitet.
- Løse problemet med tidleg kjønnsnøgning hos oppdrettsfisk.
- Sikre betra fôrutnytting og fisken si velferd ved bruk av ulike fôrstoff.
- Utvikle oppdrettsmetodar som minkar negative miljøverknader.

PROSJEKT

- Grunnleggjande studiar av vekst, kjønnsnøgning og fôrutnytting hos laksefisk
- Vekst, kjønnsnøgning og fôrutnytting hos marin fisk
- Kvaliteten på sjømat
- Miljøvennlege oppdrettsmetodar
- Åtferd og velferd hos fisk i oppdrett

RESULTAT

- Høg temperatur (ca. 15 °C) i gytasesongen hindrar egggløysing hos laks, medan eit kuldesjokk (rask reduksjon frå ca. 12 til 6-7 °C) framskundar og synkroniserer egggløysing i forhold til naturleg fallande temperatur.
- Vi har utvikla nye metodar for å vurdere kvaliteten på råvarer til fiskefôr. Det er mellom anna utvikla ein biokjemisk metode grunna på fordøyingsenzym frå fisk, og denne metoden kan nyttast til å vurdere i kor stor grad protein i til dømes fiskemjøl av ulike kvalitetar, kan nyttast av fisken. Måling av trypsin-aktiviteten (eit enzym) i fisk som har fått ulike fôr, kan også nyttast som ein peikepinn på proteinkvaliteten.
- Vi har funne at redusert fôring i det første leveåret til torsken, reduserer talet av hanntorsk som vert kjønnsnøgne som eitt-



åringar. Dette seinkar også talet av hofisk som mognar som toåringar, sjølv om torsken får full fôrassjon i andre leveåret.

- Vi har granska utviklinga av dødsstivheit (rigor mortis) etter slakting hos både laks og regnbøgeaure under ulike stress- og temperaturtilhøve. Både høg temperatur og stress gir auka muskelsamandraging etter slakting. Dette verkar truleg negativt på kvaliteten. Vi har funne om lag like resultat i både laks og regnbøgeaure.
- Vi har funne store kvalitetsskilnader i dei ulike delane av laksefileten. Fileten er blautare i framkant enn i haleregionen, mens gaping (filetspalting) viser seg på ein heilt annan måte på ryggside enn i buken. Desse skilnadane kan dels forklarast ut frå forskjellar i muskelstrukturen, og likeeins i tilhøvet mellom ulike proteintypar i muskelen.
- Forsøk har vist at vi kan drive heilt utan bruk av antigroemiddel (som koparimpregnering) og notvasking gjennom ein hel produksjonssyklus av laks i stormerdar (25 x 25 m). Dette er mogeleg ved at ein skifter nota ofte ved hjelp av ein 25 m lang hydraulisk driven nottrommel. Ein nyttar to sett nøter til kvart merdbur, slik at ei not kan hengje og tørke slik at groa døyr og fell av. Nottrommelen gjev også meir varsam handsaming av nota samanlikna med vanlege metodar.
- Vi har vist at lys plassert under vatn kan få laksen til å stå djupare i merdane samanlikna med lys over vatn. Dette fører også til at det blir mindre påslag av lakselus på laksen i vintermånadene (sjå temaartikkel om dette).
- Vi har starta eit arbeid med å undersøkje verknaden av ulike bedøvingsmidlar til fisk. Fleire av desse midlane kan gje stress hos fisken, og vi har funne store skilnader i stressrespons mellom dei ulike midlane. Graden av stress er mellom anna vurdert med fôropptak etter behandling, og ved å måle eit stresshormon (cortisol) i fisk vi har teke blodprøver av gjennom eit kateter, slik at fisken ikkje vart forstyrra av sjølve prøvetakinga.
- Vi har funne ein samanheng mellom ein type åtferd og dårlegare vekst hos kveite i kar. Såkalla dupparar, som ofte sym tilnærma vertikalt i vassoverflata og med hovudet over vatn, veks mykje dårlegare enn kveite som sjeldan visar slik åtferd.

■ Vi har òg funne ein samanheng mellom tid for vaksinerings og omfanget av forkortingar i ryggsoyla hos laks. Dette kan tyde på at det er ein samanheng mellom vaksinerings og såkalla korthalar, som i varierende grad blir registrert i lakse-næringa. Forsøk har også vist at vaksinerings gjev dårlegare vekst, og at graden av vekstreduksjon varierer mellom ulike vaksinetypar.

NEDSENKA LYS – MINDRE LUS PÅ LAKSEN

Nedsenka lys kan få laksen til å stå djupare i merden, og han vert dermed mindre utsett for lakselus.



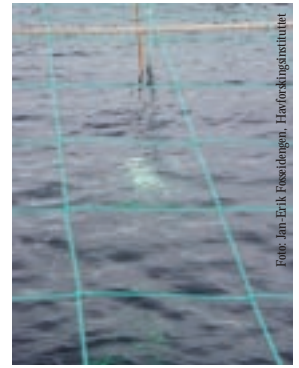
Bilete 1. Overvasslys (5 x 400 W metallhalogenlampar) på matfiskanlegg i Austevoll.

Laboratorieforsøk tyder på at dei frittsymjande larvane av lakselus blir tiltrekte av lys. Forsøk i oppdrettsanlegg har også vist at det er ein samanheng mellom kor djupt laksen står og kor mange lus som set seg på laksen. Vi finn mindre påslag av lakselus di djupare laksen går i merden.

Dette var bakgrunnen for eit fullskala-forsøk med nedsenka lys i laksemerdar, der vi studerte om plasseringa av lys kunne få laksen til å stå djupare – og om han dermed også i røynda fekk mindre påslag av lakselus.

Lysoppsettet

I forsøket nytta vi fire merdar av kommersiell storleik (25 x 25 meter) lokalisert i Austevoll kommune i Hordaland. I kvar av dei fire merdane vart det sett ut 60 000 haustmolt av laks. Over to merdar monterte vi på kvar merd fem 400 W vanlege overvasslys. Dei to andre merdane fekk kvar to 1000 W nedsenka lys. Den totale lyssettinga i kvar merd vart dermed 2000 W, og vi nytta metallhalogenlampar. For å få best mogeleg spreiding monterte vi eit overvasslys i kvart hjørne av merdane, og det femte midt over merden (Bilete 1). Undervasslysa vart senka ned til tre og sju meters djup midt i merden (Bilete 2).



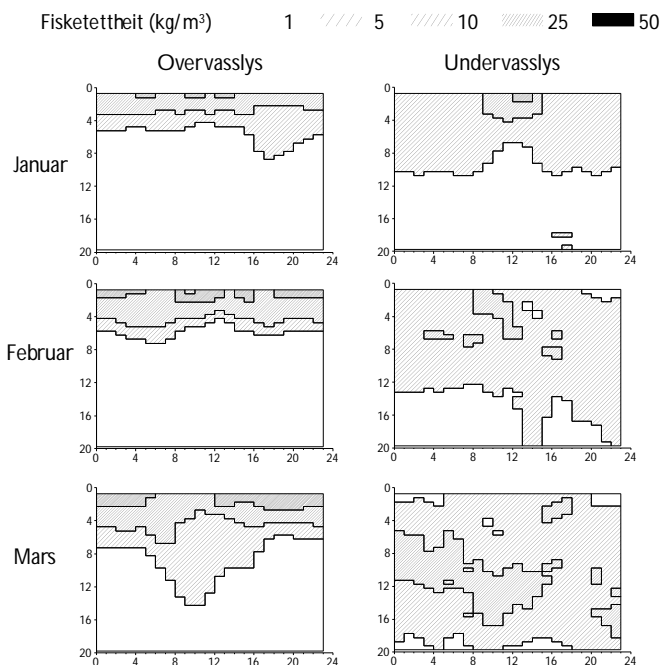
Bilete 2. Nedsenka lys (2 x 1000 W metallhalogenlampar) i 25 x 25 m merd.

Forsøket viste at laksen stod djupare i merdane med nedsenka lys, og laksen stod heller ikkje så tett i desse merdane, samanlikna med laks i merdar med overvasslys i perioden januar til mars (Figur 1). Laksen i merdar med nedsenka lys fekk også mindre påslag av chalimus 1- og 2-stadiane av lakselus i januar og februar (Figur 2). Chalimus 1 og 2-stadiane er dei minste lusa som fysisk sit fast på laksen (Bilete 3). Forsøket gav såleis positive resultat med omsyn til å minka påslag av lakselus i den mørke årstida. Nedsenka lys ser då ut til å trekkje laksen vekk frå dei frittsymjande lakseluslarvane. I sommarhalvåret fekk vi

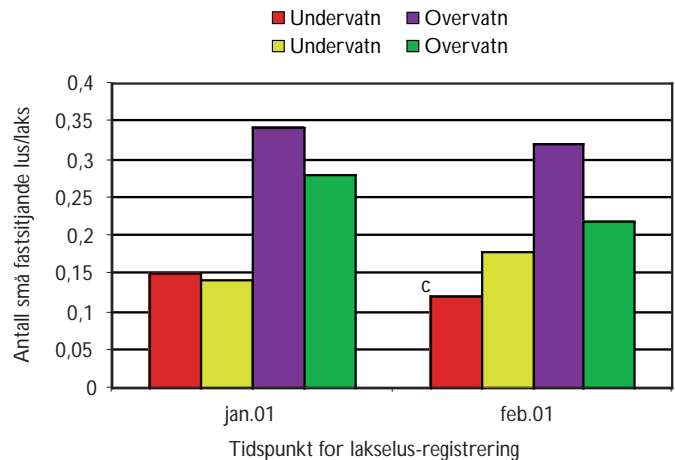


Bilete 3. Ulike stadium av lakselus.

ikkje ein slik effekt av undervasslysa (data ikkje vist). Årsaka kan vere at det naturlege lyset er mykje sterkare enn det kunstige i denne årstida, slik at vi ikkje klarte å halde laksen djupt nok i merdane.



Figur 1. Djupneutbreiing (0-20 m) og fisketettleik (1-50 kg/m³) gjennom eit døgn (0-24 t) av laks i merdar med overvasslys eller nedsenka lys på 3 og 7 m djup. (Data frå J.E. Juell m.fl.)



Figur 2. Tål av lakselus som nyleg har settla på laks i fire merdar med anten overvasslys eller undervasslys. (Data frå K. Boxaspen m.fl.)

MÅL

Målet med programmet er å utvikle og tilpasse metodar og strategiar for analyse og overvaking av marint biologisk mangfald.

- a) Kompetanseoppbygging innan relevant marinøkologisk teori og metodikk, og likeeins innan marin faunistikk og floristikk.
- b) Etablere nye relevante metodar for analyse og overvaking på gen- og artsnivå.
- c) Analyser av genetisk mangfald, artsmangfald og habitat basert på eksisterande dataseriar.
- d) Synleggjere behovet for betre analyseverktøy og sampling, og vurdere behovet for å etablere nye tidsreiar for overvaking av mangfaldet.

PROSJEKT

■ Genetisk mangfald og artsmangfald

Prosjektet skal blant anna utvikle, utprøve og standardisere ulike molekylærgenetiske markørar for marine arter. I tillegg skal prosjektet kome fram til ei liste over samfunn som må overvakast, og likeeins utvikle reiskapar og strategiar til bruk for eit eller fleire overvakingssjokk. Særleg laksefisk og hummar er sentrale artar i dette arbeidet.

■ Habitats- og økosystemdiversitet

Prosjektet skal utvikle metodar for å bestemme artsmangfaldet i utvalde habitat. Eit sentralt tema har vore det grunnleggjande arbeidet omkring overvaking av mangfaldet i Nordsjøen, og likeeins av korallreva langs norskekysten.

RESULTAT

- I 2001 fekk Havforskningsinstituttet gjennom eit spleiselag ein ny genanalysator av merket ABI 3100. Dette er ein maskin som aukar analysekapasiteten vår monaleg. Maskina har gitt genetikkprosjekta ved instituttet eit skikkeleg løft, og gjort oss meir interessant som samarbeidspartnar.
- Vi har vist at innlandsaure isolert frå sjøaure i om lag 1000 generasjonar blir sterkare infisert av lakselus enn sjøaure. Vi ser også klare skilnader i infisering mellom sjøaurebestandar frå den midtre delen av Hardangerfjorden og den indre delen av Hardangerfjorden og Sognefjorden.
- Vi har funne at både hannar og hoer av lakselus utviklar seg seinare på sjøaure frå den midtre enn kva tilfellet er i den indre delen av Hardangerfjorden. Kontrollerte karforsøk har stadfesta tidlegare observasjonar av skilnader i tilvekst basert på tilbakeberekna vekst hos bestandar frå midtre og indre fjordsystem.
- På materiale av villaks frå Vosso, Loneelva, Namsen, Neiden og Etneelva har 11 av 15 mikrosatellitt-loci gitt gode resultat. Av desse gir tre gode resultat på DNA frå gamle lakseksjel, mens seks andre er under uttesting.



- Stramme økonomiske rammer har ført til redusert eigenaktivitet i oppfølginga av Kvitsøyprosjektet. Resultatet er at ein mindre del av dei totale hummarfangstane har blitt kontrollerte. Våren 2001 var totalfangstane klart reduserte og hummarprisane høge. Dette førte til at berre eit lite materiale vart granska, men utsett hummar utgjorde 65 %. I haustfisket 2001 utgjorde utsett hummar under minstemålet over 60 %. Den totale fangsten av utsettingane gjennomført i perioden 1990-94 var i 2001 komen opp i 6,2 %, og vi har i studieperioden sett ein klar auke i fangstane, utan at vi har sett teikn på at den utsette hummaren har trengt bort den ville.
- Studia av amerikansk og europeisk hummar ble gjennomført i samarbeid med Akvariet i Bergen frå juni til november. Vi har påvist skilnader mellom artane med omsyn til evna til å forsvare og overta skjul, og likeeins i forholdet mellom kroppslengde og volumet av kloa. Vi har ikkje påvist skilnader i åtferd utan i konkurransesituasjonane.
- I 2001 var det inga ekstern finansiering for overvaking av biologisk mangfald i Nordsjøen. Vi fekk likevel interne midlar til ei minimal innsamling. Totalt samla vi inn 17 prøvar med epibenthos frå Nordsjøen.

LAKSEGENETIKKEN ER I SIGET

Nyare genteknologiske analysemetodar gjer oss i dag i stand til å identifisere individ, familiar og bestandar av fisk. Vi kan lettare finne arvelege eigenskapar som gjev t.d. god vekst og høg motstand mot lakselus i nokre laksestammar, og vi kan granske moglege gentransport frå oppdrettslaks til ville laksestammar.

Dei siste to åra har mykje skjedd innan forskning på laksefiskgenetikk ved Havforskningsinstituttet. Utviklinga starta med det brukarstyrte prosjektet Identifisering av familie- og populasjonstilhørighet hos sjøaure ved hjelp av mikrosatellitt DNA finansiert av Noregs forskingsråd (NFR) og Energibedriftenes landsforening, og dernest med eit samarbeidssjokk med Noregs veterinærhøgskole, Molekylærgenetikk for laks: avl og forvaltning, finansiert av NFR.

Fleire problemstillingar som er aktuelle for laks, gjeld også sjøaure, næraste slektningen til laksen; identifisering av individ, familiar og bestandar ved DNA-analyser, førekomst av genetisk ulike bestandar og verknaden av gentransport mellom bestandar. Sjøaureprosjektet er også eit samarbeidsprosjekt med University of Stirling, og dette har gitt genetikkforskinga ved Havforskningsinstituttet eit godt løft. Sentralt i prosjektet er tilpassing av DNA mikrosatellitt-markørar for identifisering av familiar og bestandar.

Eit av måla var å gå vidare frå tradisjonell populasjonsgenetikk til å samanlikna kvantitative eigenskapar, m.a. fordi det er blitt spurt om skilnaden mellom bestandar observert i enkle gen også speglar meir komplekse karakterar som t.d. vekst og motstand mot lakselus. Vi har samanlikna arvelege eigenskapar i familiegrupper av sjøaure frå Sima og Guddal i Hardangerfjorden, og frå Fortunelva i Sognefjorden. Ved hjelp av berre tre høgvariable mikrosatellitt-loci kunne vi identifisere individ frå inntil 30 familiegrupper, når desse gjekk i felles kar.

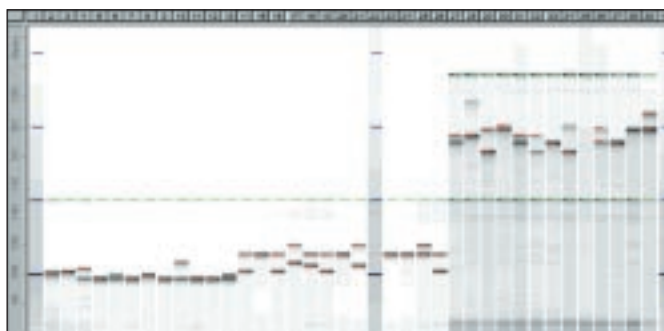
Kontrollerte forsøk har vist at motstanden mot lakselus var ulik i ulike bestandar. Bestandane frå Sima og Fortun var t.d. kraftigare infisert enn bestanden frå Guddalselva. Også utviklingstempoet for lusa var ulik på ulike sjøaurebestandar. Vi såg at lusa utvikla seg raskare på sjøaure frå Sima og Fortun enn på sjøaure frå Guddalselva. Ei gruppe av oppdrettslaks vart inkludert som kontroll, og denne gruppa hadde høgast infeksjon av lus. Ei forklaring på skilnaden mellom sjøaurebestandane kan liggja i at stammene i indre fjordområde som Sima og Fortun, gjennom lange tider har vore mindre utsette for lakselus. Det er mindre salt vatn innover i desse fjordane, og vi veit at lakselusa då får problem. Dette fekk vi stadfesta i ei anna samanlikning av sjøaure og ferskvassare frå Hardangervidda, ferskvassaren har vore isolert frå sjøen i tusen generasjonar. Her viste sjøauren større motstand mot lus enn ferskvassaren.

Det er observert at tilveksten hos sjøaure frå midtre Hardangerfjorden er langt lågare enn hos aure frå indre deler av fjorden. Forklaringa har vore at åtak av lakselus har ført til stress og nedsett tilvekst i midtre Hardangerfjorden. Det var difor interessant å finna at tilveksten og vekstmønsteret fram til smolt også er svært ulik når bestandane går saman i kontrollerte forsøksoppsett. Sjøauren frå Sima vaks også i desse karforsøka klårt raskare enn auren frå Guddalselva. Sjøauren frå Sima vaks fram til smolt første år i klekkeriet, medan sjøauren frå Guddal og Fortunelva utvikla ulik lengdefordeling, og berre ein del vart smolt første år. Vi veit ikkje kvifor sjøaurebestandane frå indre og midtre deler av Hardangerfjorden har utvikla så ulik tilvekst, men det er neppe tilfeldig.

Gjennom samarbeidet med University of Stirling kom Havforskningsinstituttet i kontakt med dei store forskingsprogramma SALMAP og SALGEN, som vart koordinert frå Noregs Veterinærhøgskole. Dette førte til oppstarting av fellesprosjektet Molekylargenetikk for laks: avl

og forvaltning, finansiert av NFR. Målet var å tilpasse molekylargenetiske metodar, dvs. DNA mikrosatellittar, til granskinga av norsk oppdrettslaks, m.a. om gentransport frå rømt til vill laks. Ei prioritert oppgåve var å finna DNA-markørar som identifiserer familiarne i norske oppdrettsliner. Vidare ville vi finne fram til DNA-markørar på laks som kunne nyttast i granskingar av bestandsoppdeling av villaks, og for granskingar av gentransport frå rømt til vill laks. Ei utfordring var her at vi ikkje kunne vera trygge på at vi granska villaksstammer som var upåverka av gentransport frå rømt laks. Trass alt er det i mange år registrert over 50 % innslag av rømt laks i ei rad laksebestandar på Vestlandet. Løysinga på dette var å testa ut DNA-markørar eigna til å finna DNA-sekvensar i gamle tørka lakseskjel, innsamla før oppdrettseventyret tok til. Slike gamle lakseskjel inneheld atskilleg biologisk informasjon, og gjennom nye DNA-baserte analysemetodar får slikt materiale endå større verdi. Diverre har det av og til vist seg vanskeleg å skaffe materiale frå alle som sit på gamle skjel, noko som har hemma forskinga på dette området.

På lakseprosjektet har vi innleiingsvis søkt etter små mikrosatellittar (80-200 basepar), med avgrensa allel-variasjon, etter di slike verkar best til å identifisere bestandar. Vi har totalt prøvt ut 15 mikrosatellittar, 11 av desse med godt resultat på laks. Av desse markørane har vi tre som fungerer godt på skjelmateriale frå laks, og 5-6 nye som vi også ventar vil fungera godt på lakseskjel. I granskingane av effektar av rømt laks prioriterer vi Vosso, Loneelva, Namsen, Neiden, Etne og Opo – og særleg dei av desse elvane der gode hjelparar generøst har stilt skjelmateriale til rådvelde.



Lakeskjel frå Namsen (1977) analysert med tre ulike mikrosatellittar: *Ssa20.19*; *SsaF43* og *SsoSL85*.

Til familieidentifisering treng vi markørar med andre eigenskapar, helst med større allel-variasjon. Av markørane utvikla gjennom SALMAP vart det ved Noregs Veterinærhøgskole valt ut ti for innleiande granskingar. Av desse vart så seks plukka ut for vidare rutineanalyser. Desse markørane er nytta ved analysing/genotyping av eit større stamfiskmateriale samla inn frå 1994 til 2000. To tredelar av lakseprosjektet er gjennomført, og resultatata er no under utarbeiding. I første rekkje vil vi ferdigstille resultatata med familiemarkørane, deretter effektar av rømt laks.

MÅL

Målet med programmet er å kunne varsle endringar i klimaet, og kunne forstå og talfeste korleis klimaendringane verka på produksjonen, utbreiinga og åtferda til marine organismar.

DELMÅL

- Forstå dei viktigaste prosessane som verkar inn på klimasvingingane, blant anna ved å nytte numeriske modellar, talfeste samanhengen mellom globale variasjonar og regionale svingingar i klimaet, og utvikle metodar for å lage regionale klimaprogosar.
- Talfeste kva verknad klimaet har på rekruttering, vekst, vandring og utbreiing av dei kommersielt viktigaste fiskeartane våre.
- Talfeste samanhenger mellom klima-utvikling og produksjonen i havbruk.

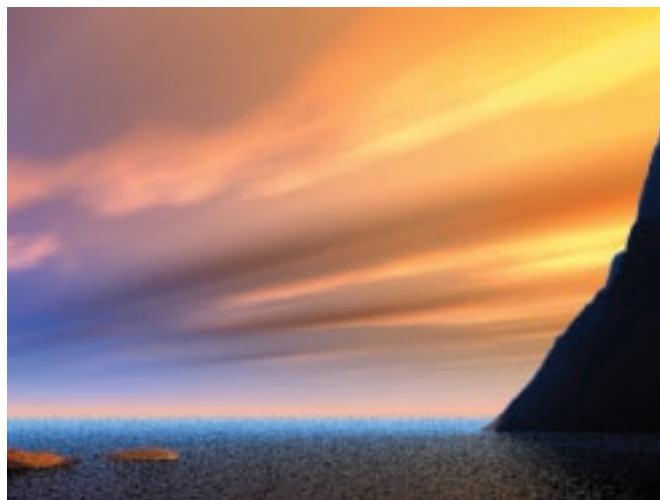
PROSJEKT

- Miljø- og bestandsvurdering
- Klimaendringar
- Klima og plankton
- Effektar av klima på populasjonsparameter hos fisk i Barentshavet og Norskehavet
- Vere med i internasjonale klimautgreiingar og klimaprogram
- Klima/fisk-relasjonar i Nordsjøen
- Bruk av ny metodikk innan klima- og effektforskning

Dei tre siste prosjekta vart oppretta i 2001.

RESULTAT

- I NOClim har ein modellert ein klimaprosess med nedsenking av arktisk vatn over polarfronten nordaust for Jan Mayen, i samsvar med tidlegare observasjonar. Denne nedsenkinga er knytt til kvervelaktiviteten i området. Vi finn han særleg i lange tynne band langs fronten, der relativt varmt atlantisk vatn trengjer fram.
- Temperaturen i atlantehavsvatnet har stige dei siste 30 åra, og utanfor Stad har vasstemperaturen om sommaren blitt 0,5 °C høgare. I eit lenger perspektiv var likevel 1990 berre det tredje varmaste tiåret i Barentshavet i det førre hundreåret.
- Forskinga har påvist at det storskala klimafenomenet "North Atlantic Oscillation" (NAO) verkar inn på marine økosystem rundt Nord-Atlanteren. Fluktuasjonar i NAO har gjennom dei siste tredve åra påverka år-til-år-variasjonen i



innstrøyminga av atlantisk vann til Barentshavet, og dermed også påverka havtemperaturen. Dette har så i sin tur påverka rekrutteringa til viktige fiskebestandar som norsk-arktisk torsk og norsk vårgytande sild.

- 3-D-fordelinga av 0-gruppene (fisk under eitt år) i forhold til temperaturen og saltinnhaldet i havet, viser at Polarfronten og sprangskiktet dannar naturlege grenser for utbreiinga av 0-gruppene. Døgnvariasjonar i vertikalvandringa er tydeleg for 0-gruppe av torsk. Vi finn ein positiv samanheng mellom lengda av 0-gruppe og omgivnadstemperaturen for torsk, hyse, sei, uer og sild – medan samanhengen i så måte er negativ for lodde.
- Vi analyserer no samspelet mellom vandringa til torsk og miljøfaktorar. Vi nyttar her tidsrekke (data over ei årrekke) for djup og temperatur frå datalagrande fiskemerke festa til norsk-arktisk torsk. Vi tek i bruk metodar for å identifisere når torsken vandrar i eit område nær ein front, slik at vi kan måle kor lang vertikalvandringa er i høve til den fysiologiske avgrensinga (aktivitetsindeks) til torsken, og likeeins for å finne døgnsyklusar.
- Om vinteren lever torsken i stabil temperatur, 2-6 °C. Om sommaren og hausten vandrar torsken til område med stor temperaturgradient og med varierende djup- og temperaturintervall. Det er større variasjon mellom individ (frå under 0 °C til 9 °C). Døgnmønster og halvdøgnmønster finst i både djup og temperatur i beitesesongane vinter, sommar og haust, og vi ser at aktivitetsindeksen aukar. Torsken viser liten vertikal aktivitet under vandring over større avstandar og i område med sterk straum.
- Temperatur- og straumtilhøva i Norskehavet ser ut til å vere avgjerande for utbreiinga og veksten hos laksen som beiter i dette havområdet. Fjernmålingsdata saman med på-stadenmålingar (in situ-målingar) vil difor vere viktige for å kunne lage modellar for utbreiing og overleving hos laks.

Høg sjøtemperatur i Barentshavet og Norskehavet gir god rekruttering og høg vekst hos dei fleste fiskebestandar. Dette skuldast eit innfløkt samspel mellom fleire fysiske og biologiske tilhøve. Ein fattig varmegrad ekstra kan auke torsken sitt loddekonsum med heile ein million tonn lodde. Slikt blir det torskevekst av.

Fisk er vekselvarme dyr, og sjøtemperaturen har difor ein direkte effekt på kroppsfunksjonar. Til dømes aukar fordøyinga ved høgare temperaturar. Denne effekten verker på dei ulike ledda i den marine næringskjeda og kan gi store utslag. Ein auke i medeltemperaturen i Barentshavet på ein °C vil t.d. gjere den norsk-arktiske torskebestanden i stand til å ete opp mot ein million tonn meir lodde i løpet av eit år. Dette aukar veksten hos torsken. Det aukar også utsiktene til at kvar kjønnsrogen hotorsk vil produsere og gyte fleire egg – og slik skape grunnlag for betre rekruttering til torskestamma, om der då finst store nok mengder lodde eller andre byttedyr i havet.

Sjøtemperaturen i Barentshavet blir påverka av temperaturen i luftmassane over Barentshavet, og av det atlantiske vatnet som strøymer inn frå Norskehavet. Viktigaste faktoren er sjølve mengda innstrøymande vatn. Ikkje berre er det atlantiske vatnet – frå Golfstraumen – varmare enn vatnet i sjølve Barentshavet om våren, det er vanlegvis også rikare på dyreplankton. Ei intens eller stor innstrøyming av atlantehavsvatn gir dermed høgare vasstemperatur i Barentshavet, og importen av dyreplankton vil vere stor. Dette gir i sin tur gode vekstvilkår for fiskelarvar og yngel, og sjølvsagt for planktonetarar som sild og lodde. Produktiviteten på høgare steg i næringskjeda, som t.d. hos torsken, aukar dermed også.

Kva er det som styrer kor mykje atlantisk vatn som strøymer inn i Barentshavet, for årsvariasjonane kan vere store? To hovudfaktorar er vinddrifta og trykkrefter som oppstår mellom vassmassar i ulike område på grunn av ulik tettleik (den såkalla thermohaline sirkulasjonen). Nyare resultat, tufta på matematiske modellar og straummålingar, tyder på at storleiken på medels- eller gjennomsnittsinstrøyminga heng saman med tettleiksskilnader mellom vassmassar. Vinddrifta derimot er hovudårsaka til variasjonane i instrøymande vassmassar.

Forskarar ved Havforskningsinstituttet har utvikla modellar som tek inn lufttrykkobservasjonar over eit stort område i Nord-Atlanteren. Ved hjelp av ei matematisk utlegging av fysiske prosessar kan vi rekne ut månadssnittet av mengda instrøymande vatn til Barentshavet. Desse berekna verdiane forklarar mykje av variasjonane i havtemperaturen i Barentshavet dei siste tretti åra. Storskala-svingingar i atmosfæren ser altså ut til å påverke havklimaet i Barentshavet. Det kan difor vere greitt å forstå meir av det som skjer i atmosfæren.

Den viktigaste drivkrafta for vindane i Nord-Atlanteren er dei rådande trykkskilnadane mellom nord og sør. I området rundt Island finn vi stort sett lågtrykk. Lenger sør, over Azorane, er det eit stabilt høgtrykksområde. Skiftingane i differansen mellom høgtrykket over Azorane og Islandslægtrykket kallar vi "Den nordatlantiske oscillasjon", forkorta NAO. Alt etter kva målestasjonar ein nyttar, får vi ulike NAO-indeksar, dei lengste samanhengande NAO-indeksane går heilt attende til 1820-talet. Det er forska mykje på verknadane av NAO dei siste åra, og vi kan no dokumentere store utslag på både fysikk og biologi, særleg i vintersesongen. Den kanskje mest grunnleggjande påverknaden gjeld vestavindbeltet over Nord-Atlanteren, kva fart og kva rute dette tek. Ein positiv NAO-indeks (stor trykkskilnad) gjev kraftigare vest-aust vind i ei nordlegare bane enn kva tilfellet er når trykkskilnaden er svakare. Ein positiv NAO-indeks fører til at den norske atlantehavsstraumen blir smal og sterk, og mykje varmt vatn strøymer inn i Barentshavet.

Ut frå dette skulle vi vente at NAO-indeksen kan seie noko om fisken i Barentshavet, og slik er det, viser nye resultat. Statistiske modellar syner ein klår samheng mellom vinterverdiar for NAO og rekrutteringa til torskestamma. Årsaksrekkja kan vi oppsummere slik: Ein positiv NAO-indeks gjev mykje vestavind – som fører mykje atlantisk vatn inn i Barentshavet – og stor innstrøyming gjev høge vasstemperaturar og meir dyreplankton som mat for torskelarvane – slik at fleire overlever og veks opp og rekrutterer til fisket.

Også i Norskehavet er det nye spanande resultat som viser verknaden av NAO. Norskehavet er dominert av tre typar vassmassar med svært ulike produksjonsforhold; kystvatn, som hovudsakleg finst over den norske kontinentalsokkelen, atlantisk vatn sentralt i Norskehavet og arktisk vatn i vest. Ein kort dataserie, men med god romleg dekning, viser at mengda dyreplankton i mai i både atlantisk og arktisk vatn har nær samheng (er høgt korrelert) med NAO-indeksen for vinteren eitt år tidlegare. Det ser såleis ut til å vere ei viss tregleik i økosystemet, slik at skiftingane i atmosfæren ikkje straks får verknad for produksjonen av dyreplankton. Sjølv om mekanismane som styrer samanhengane mellom dei atmosfæriske endringane, dei fysiske tilhøva i havet og dyreplanktonet framleis er lite kjende, må dei på eit eller anna vis verke gjennom planteplankton-leddet.

Sær interessant er det at NAO, ved å påverke dyreplankton, innverkar på viktige fiskeressursar også i Norskehavet. Vi har nemleg funne relativt gode samanhenger mellom mengda dyreplankton og kondisjonen hos norsk vårgytande sild i atlantisk vann, der denne sildestamma stort sett beiter.

Vi har vist at storskala klimavariasjonar verker inn på økosystema i Norskehavet og Barentshavet. Vi veit ein god del om mekanismane, men manglar framleis bitar i puslespelet, særleg kva gjeld rolla til plante- og dyreplankton.

MÅL

Programmet skal avklare viktige biologiske prinsipp for vellukka reproduksjon, yngelproduksjon/rekruttering hos fisk, skjel og krepsdyr. Det skal også avklare korleis ulike miljøforhold påverkar åtferda hos dei tidlege livsstadia, kva toleransegrensene og spesifikke miljøkrav organismane har. Likeeins skal programmet avklare korleis miljøvariablar påverkar stamfisk og rekrutteringa til gytebestandane. Sær viktig er det òg at denne kunnskapen blir overført til brukarane innan oppdrett og forvaltning.

PROSJEKT

- Produksjon av larvefôr, ernæring og fôringsstrategi
- Oppdrettsteknologi og vasskvalitet
- Grunnleggjande mekanismestudier av larver og yngel
- Nye kandidatartar
- Skjeldyrking
- Reproduksjon og larvekvalitet
- Påvising av maternale effektar hos torsk ved bruk av unike sjøvasspollar og moderne molekylære teknikkar
- Torsk- og silderekruttering: studiar av ulike maternale effektar
- Komparative studiar av rekrutteringsmekanismar hos sardin i Benguela-regionen

RESULTAT

- I samarbeid med andre partnerar har vi sett i gang to store prosjekt for intensiv produksjon av marin yngel, eitt på kveite og eitt på torsk.
- Vi har laga ein kveitemanual for Internett.
- Det er vist at saltinnhaldet i sjøvotnet er viktig for overleving og vekst ved startfôring av marine larver. Eit midlere saltinnhald er betre enn lågt eller høgt saltinnhald, viser våre forsøk.
- Vi har funne at rotatoriar og saltkreps frå laboratoriet, ofte brukt til startfôring i staden for naturleg samansett zooplankton, avviker biokjemisk frå kopepodar frå naturlege pollar på fleire viktige områder.
- Vi held på å etablere ein svært avansert utstyrspakke for rask og påliteleg måling av grunnleggjande miljøkrav (syn og lukt og tilhøyrande åtferd) hos akvatiske organismar.
- Forsøka med dyrkingssystem for larver og yngel av kamskjel gav gode resultat for larvefasen (20-40 % larver klare til å festa seg) etter justeringar av rutinar og noko ekstra arbeidsinnsats.
- Det er sær stor skilnad i skalstyrke hos kamskjel frå ulike lokalitetar langs kysten, både innan og mellom lokalitetar. Dei svakaste skjela i granskinga (dei mest utsette for predasjon frå krabbe) kom frå lokalitetar med dyrka kamskjel.



- Vi har funne god kondisjon og overleving for østersyngel i oppstrøymanslegg i poll, samanlikna med kontrollgrupper i tradisjonelt dyrkingsanlegg i fjordlokaltet.
- Forsøk med hyse har vist at det er mogeleg å oppdrette denne fisken på same måte som for torsk. Hyse har eit godt potensial som ny marin art i norsk havbruk.
- I pollforsøk har vi funne store variasjonar i vekst og overleving mellom ulike torskefamiliar, men ikkje mellom avkom frå første- og fleirgangsgytande torsk av lik storleik. I naturen vil fleirgangsgytarane vanlegvis vera størst.
- Data frå sjølvregistrerande merke viser at norsk-arktisk torsk opplever ein høgare temperatur om vinteren når fisken er i sørlege og vestre delar av utbreiingsområdet sitt, enn kva tilfellet er om sommaren når han beitlar på lodde i den nordlege og austre delen av Barentshavet.
- Programmet er med i viktige rekrutteringsstudiar av sardin og ansjos utanfor Sør-Afrika/Namibia.

OPPDRETT AV TORSK OG HYSE

I 2001 vart det produsert om lag 1 million setjefisk av torsk i Noreg. Produksjonen av hyse er mykje mindre og skjer i dag berre ved forskingsstasjonar. Framtidas oppdrett av torsk og hyse vil truleg verte dominert av intensivt produsert yngel. Ved Havforskningsinstituttet arbeider vi med å leggje grunnen for effektiv og lønsam produksjon av yngel og matfisk av torsk og hyse.

Dei fleste nye oppdrettarar satsar no på heilarleg yngelproduksjon, men dei har lagt seg på noko ulike strategiar. Nokre vil produsere og selje yngel på om lag fem gram, andre produserer setjefisk på over femti gram frå egg. Ei tredje gruppe kjøper yngel som dei fôrar opp og sel som setjefisk. Årsaka til at produksjonsmetodane er endra frå typisk polloppdrett til meir intensive anlegg, er trongen for å ha full kontroll med lys, temperatur og tilgang til fôr. Dei får samstundes nytte anlegga heile året, og kan få fram fleire yngelgrupper.

Kjønnsmodning og reproduksjon

Mange års forskning har gitt oss meir kunnskap om kjønnsmodning og reproduksjon. Vi kjenner difor t.d. nokre av faktorane som styrer alder ved kjønnsmodning. Ved å endre lysrytmen kan vi no forskyve gytesesongen både hos torsk og hyse. Befrukting og overleving er god så lenge vi held vassstemperaturen til stamfisk og egg under 10 °C. Til dømes har lysmanipulert stamfisk av hyse gitt egg i oktober, og med heile 85-90 % befrukting.

Vi veit også ein god del om samspelet mellom vekst, næringstilgang og alder ved kjønnsmodning. Vekst som resultat av næringstilgang første året er viktig for om torsk vel å kjønnsmodne andre året. Ernæring andre året ser faktisk ut til å bety relativt lite for oppdrettstorsk. Berre svært dårlege mattilhøve får torsken til å hoppe over ein gytesong. Dette skuldast naturlegvis at oppdrettsfisk har svært god kondisjon samanlikna med villfisk. Faktisk må vi svelte ein oppdrettstorsk i mange månader før han får så lågt energinivå som vi finn hos torsk i naturen.

Stamfisk – eit svært viktig val

Rett val av rett stamfisk er svært viktig. Mange års forskning har dokumentert kor mange egg vi kan vente å få frå ulike hoer, kor store egga er, og likeeins korleis eggstorleik og innhald endrar seg over tid. Vi veit mindre om overlevinga til avkom frå ulike stamfisk, og sameleis til produksjonsegenskapane hos ulike torskestammar. Dette er naturleg nok viktig kunnskap for framtidige oppdrettarar, og gjennom fleire forsøk analyserer vi no skilnaden mellom avkom til første- og fleirgangsgytarar. Vi studerer også familiegrupper ved hjelp av moderne molekylærbiologiske metodar. I grupper med mange familiar kan vi då sjå på utviklinga av dei einskilde heilsøskengruppene. Fisk vert følgde til vi får eit mål på variasjon mellom familiegrupper kva gjeld produksjonsegenskapar som vekst og alder ved kjønnsmodning. Til no tydar data på at einskilde familiar dør raskare ut enn andre. Dei endelege resultatata vil ligge føre i løpet av 2002.

Manglar godt tørrfôr til startføring

I intensive anlegg produserer ein no torsk og hyse på same viset. Egga blir samla inn frå stamfisk som gyt naturleg i kara. Egga

legg ein så i kar, og rett etter klekking overfører ein larvane til større startføringskar. Her kan der vere meir enn 20 larver per liter vatn. Fisken får hjuldyr som føde, og den første veka tilfører ein vanlegvis algar, sjølv om forsøk viser at dette ikkje alltid er naudsynt. Når fisken har fått hjuldyr i om lag 25 dagar, må vi auke storleiken på byttedyra. Tidlegare nytta vi difor vanlegvis saltkrepsen Artemia. Nyare forskning har vist at vi kan gje larvane tørrfôr, men overlevinga er til no ikkje like god med tørrfôr. I dag finst ikkje noko fullgodt tørrfôr som vi kan nytte til startføring av torske- eller hyselarver, men det føregår eit stort utviklingsarbeid på dette området.

Betre karmiljø og vaksineutvikling

I dag ser det ut til at torsk treng minst to veker med hjuldyr før han kan setjast over på tørrfôr. Det er moegeleg at den dårlege overlevinga på tørrfôr dels skuldast dårleg vassmiljø, fordi vi tilfører oppdrettskara store mengder organisk materiale, samstundes som vassutskiftinga er lita. Vi har nok også for liten kunnskap om korleis vi best skal føre med tørrfôr. Etter modell frå kveiteoppdrett nyttar nokre oppdrettarar automatiserte reinsesystem for å lette reinhald og dermed forbetre karmiljøet. Vi manglar også kunnskap om korleis torsken handterer kroppens trong for vassbalanse når han et tørrfôr, og det blir forska for å avklare dette. Framleis er eit av problema i yngelproduksjonen at både torsk og hyse lett får vibriose, ofte i samband med tilvenning til tørrfôr. Dette problemet arbeider ein også med å løyse, først og fremst ved å utvikle ulike former for vaksine for begge artane.

God vekst – men lever- og kjønnsmodningsproblem

Veksten frå setjefiskstadiet til både torsk og hyse er svært god. Sidan hysa er ein så ny oppdrettsart kjenner vi ikkje vekstmønsteret til denne fisken. Førebels ser det ut til at hysa veks monaleg betre enn torsk, iallfall det første halvåret frå setjefiskstadiet. Problemet er berre at hysa får svært stor lever, og ho kjønnsmodnar altfor tidleg. Ved dei beste tilhøva ser det ut til at torsk kan bli oppi tre kilo så vidt fylt to år etter klekking. Hysa som vi produserte i 2001 har no fått eit fôr som inneheld lågare mengder fett, og vona er at dette vil gje mindre lever. 2000-generasjonen har vi sett på kontinuerleg lys, for om moegeleg å hindre tidleg kjønnsmodning.



Marin miljøkvalitet

PROGRAMLEIAR FRANCISCO REY

MÅL

Programmet skal utvikle metodar for å overvake og klårleggje verknader av kjemiske stoff i det marine miljø.

PROSJEKT

- Verknader av utslipp frå petroleumsverksemda
- Effektar av miljøgifter på marine organismar
- Eutrofiering (overgjødsling) og transport/tilførsler av forureining til norske havområde
- Giftige algar
- Interaksjonar miljø-havbruk

RESULTAT

- Vi har studert om alkylerte fenolar frå produksjonsvatn frå oljeindustrien har hormonforstyrrende verknad på torsk. Granskinga viste at alkylfenolar reduserer østrogennivået hos hofisk sjølv ved svært låge dosar. Vi kan ikkje sjå bort frå at også endå lågare konsentrasjonar har slike verknader. Torsken som var utsett for den lågaste dosa alkylfenolar hadde gytestart 21 dagar seinare enn kontrollgruppa. Ein slik effekt kan ha svært stor innverknad på formeiringsevna til bestanden, og det er alvorleg dersom vi finn tilsvarende forseinka gyting i naturlege bestandar. Hos hanntorsk som var utsett for alkylfenolar fann vi eit lågare nivå av det hannlege kjønnshormonet testosteron, og hanntorsken byrja produsere plommemasseproteinet vitellogenin. Det skal hannfisk normalt ikkje gjere. Vi såg også at talet på sædceller vart redusert, medan der var ei opphoping av spermatogonia og spermatocytar (tidlege stadium av sædceller). Ei mogleg følgje av dette er redusert befruktningsevne hos hanntorsken, og dette vil forsterke konsekvensane av eit endra gytetidspunkt for hofisken.
- Vi har fått oppretta eit nytt laboratorium for dyrking av fiskeceller i kultur, og ei celleline frå regnbogeaure (RTG-2) er dyrka opp i større skala og deretter frosen ned i flytande nitrogen. Slik har vi sikra framtidig tilgang på "friske" stamkulturar.
- Vi har fått innarbeidd ein metode for å granska skader på arvematerialet (DNA) som følgje av eksponering for miljøgifter. Metodikken omfattar analyser av brot i DNA ved hjelp av såkalla agarosegel elektroforese. Teknikken krev særst lite prøvemateriale og gjev informasjon om såkalla genotoksisitet på enkeltcellenivå.
- Feltstudium har vist generelt låge konsentrasjonar av det radioaktive materialet Cs-137 i marine næringskjeder, men vi ser at det aukar oppover i næringskjeda. Dei høgaste konsentrasjonane har vi funne i niser, som står øvst på næringspyramiden. Mengda Cs-137 i niser varierer langs norskekysten. Dyr fanga ved sørlandskysten hadde om lag



fem gonger så mykje Cs-137 som niser fanga utanfor kysten av Finnmark.

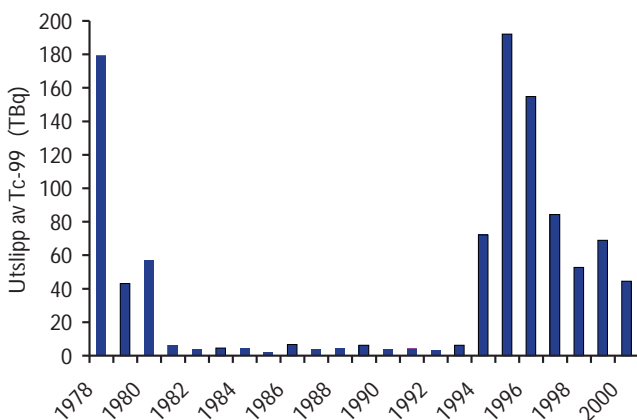
- Granskinga tyder på at konsentrasjonane av dei radioaktive stoffa Cs-137, Pu-238, Pu-239, Pu-240 og Am-241 i marine sediment er høgare sør for Svalbard enn i Barentshavet og i det djupare Norskehavet. Konsentrasjonane av Tc-99 har auka opptil ti gonger i den norske kyststraumen utanfor Troms. Tc-99-fronten hadde passert vest for Svalbard sommaren 2000.
- Vi har fått tilpassa ein tredimensjonal modell slik at vi kan simulere drift og spreieing av partiklar, som t.d. larvar av lakselus og andre smittestoff. I samband med lokalisering av oppdrettsanlegg kan ein då vurdere kvar det er størst fare for sjukdom på fisken. Simuleringar viser at overflatelaga ytst i Sognefjorden blir transportert fleire mil rundt i fjordsystemet og langs kysten. Ein må difor ha relativt mykje informasjon når ein skal talfeste spreieing av larvar av lakselus. Vind er den viktigaste drivkrafta i denne spreieinga.
- Vi har henta prøver av havbotnen rundt tre oppdrettsanlegg, ein utslppsstad for kloakk og eit område der det blir hausta tare. Målet er å granske om fosfor og sink i sedimenta kan nyttast til å seie om organisk påverknad kjem frå matfiskanlegg eller frå andre kjelder.
- Granskingane av skjelanlegg viser at påverknadene frå desse er små samanlikna med matfiskanlegg. Skjelanlegga ligg i kategori 1 dersom vi vurderer dei etter metoden for miljøovervaking av matfiskanlegg (NS 9410). Substratet under anlegga er sterkt prega av skjelrestar. Dersom ein finn det naudsynt å overvake skjelanlegg, må ein nytte ein metodikk som kan talfeste relativt små påverknader frå anlegga, samstundes som ein kan dekkje relativt store areal. Videoinspeksjon med overflatestyrt miniubåt kan vere eit alternativ.
- I 2001 har vi elles førebudd opplæring innan miljøovervaking av matfiskanlegg etter NS 9410, og vi har lagt til rette for å bruke ein tredimensjonal numerisk modell for simulering av berevne og produksjon av blåskjel.

- Vi har utvikla eit operasjonelt kopla biologisk-fysisk modellverktøy for Nordsjøen, og dette gir tidagars-prognosar av salt, temperatur, straum, næringssalt og algar. Modellverktøyet er nytta til å lage miljøstatus for år 2001 for Nordsjøen og Skagerrak.
- Vi har brukt ni ulike matematiske modeller med realistiske drivkrefter til å simulere åra 1988/89 med fokus på den sørlege Nordsjøen. Fleire ulike parameter for modelltesting er foreslått, og resultatata frå simuleringane er samanlikna og analyserte ved å nytte desse.

UTSLEPP AV TECHNETIUM-99 (Tc-99) FRÅ SELLAFIELD

Utsleppa av technetium-99 (Tc-99) frå Sellafield synest ikkje vere nokon helserisiko for oss i dag. Men vi veit lite om langtidsverknadane, og vi veit også lite om følgjene for dei utsette organismane i havet. Sjølv om gjennomsnittleg stråledose for t.d. hummar er liten, kan stråledosen for særleg utsette organ i hummaren, som t.d. lever og mage, vere store. Fordi vi manglar kunnskap bør technetium-99-utsleppa stoppast, og havet bør av prinsipp ikkje nyttast som avfallsplass.

Frå 1994 og fram til i dag har utsleppa av technetium-99 frå Sellafield vore relativt høge samanlikna kva som vart sleppt ut på 1980- og byrjinga av 1990-tallet. Figur 1 viser dei årlige utsleppa av Tc-99 frå Sellafield i perioden 1978-2000. Technetium-99 har ei halveringstid på heile 213.000 år, og er dermed i vårt tidsperspektiv å rekne for evigvarande. I sjøvatn finn vi Tc-99 løyst som pertechnetat (TcO_4^-). Dette er eit såkalla konservativt ion, og kan drive som passive partiklar med vatnet. Frå 1994 har Tc-99 blitt transportert frå Irskesjøen inn i Nordsjøen og vidare nordover langs norskekysten, frå Skagerrak i sør til Finnmarkskysten i nord.



Figur 1. Årlige utslipp av Tc-99 i TBq ($1\text{ TBq} = 1.10^{12}\text{ Bq}$) 1978-2000.

Granskingar har vist at Tc-99-fronten kom fram til den sørvestlege delen av norskekysten etter ca. 2,5 år og til den nordlige delen av norskekysten etter knappe 3,5 år. For å følgje den vidare spreinga av Tc-99, er det i perioden 1998-2000 teke vassprøver i Norskehavet, Grønlandshavet og utanfor kysten av Finnmark. Målingane viste at konsentrasjonane av Tc-99 har auka opptil ti gonger over normalt bakgrunnsnivå

langs den nordlege delen av Den norske kyststraumen. Sommaren 2000 hadde fronten passert vest for Svalbard.

Sjølv om konsentrasjonen av Tc-99 har auka opptil ti gonger i Den norske kyststraumen, er nivåa vi måler likevel svært låge, mindre enn ein promille samanlikna med kva vi finn av naturlege radionuklidar i sjøvatn. Det finst heller ingen dokumentasjon på at dagens nivå langs norskekysten av dette stoffet kan gje stråledosar som er helseskadelege. Likevel er det grunn til å følgje føre-var-prinsippet når det gjeld spreiring av Tc-99 i havet. Vi veit for lite om dei langsiktige følgjene for det marine miljøet.

Vi veit at opptaket av Tc-99 i planteplankton og dyreplankton er lågt. Det er likevel vist at nokre makroalgar (brunalgar eller tang) tek opp Tc-99 i relativt stor grad. Store variasjonar i opptaket av Tc-99 er også observert for ulike skaldyr, og særleg høgt Tc-99-opptak er påvist i hummar. Konsentrasjonane av Tc-99 i tang og hummar langs norskekysten auka i 1997 som følgje av auka utslepp frå Sellafield. Konsentrasjonane var størst i hummar. Nye målingar viser likevel ein nedgang av Tc-99 i hummar dei siste åra. Truleg er dette ei følgje av reduserte utslipp frå Sellafield (sjå Figur 1). Vidare oppover i næringskjeda, i nokre fiskeslag, har vi finne låge opptak av Tc-99. Men enno er det gjennomført få granskingar av Tc-99-opptak i fisk. Frå norske havområde har vi førebels ingen publiserte studium av kor mykje Tc-99 det er i fisk.

Laboratorieforsøk har vist at opptaket av Tc-99 varierer mykje frå organ til organ i hummar. Vi har t.d. funne meir Tc-99 i urinblæra, i magen (fordøyelseskjertelen) og i levera enn i andre organ. Slik kan det vere også for andre organismar – og vi veit ikkje kva følgjer dette har for dei mest utsette organa. Dersom Tc-99 vert konsentrert i nokre få organ, kan desse utsette organa få ein betydeleg stråledose, sjølv om heile dyret kan seiast å få ein liten gjennomsnittleg stråledose. Stråledosane vi får frå radionuklidar som finst i naturen, og altså ikkje kjem frå menneskeskapt utslepp, er mange tusen gonger høgare enn dei vi får frå Tc-99. Det er difor også liten eller ingen helserisiko knytt til dagens utslepp av Tc-99.

Er det likevel gode grunnar til å stoppe utsleppa? Ein god grunn er omdømet til norsk fiskerinæring og norsk sjømat. Norske havområde er blant dei rikaste i verda, med årsfangstar på mest tre millionar tonn. Av dette blir over 90 % eksportert. Dersom norsk fisk får rykte på seg for å innehalde radioaktiv forureining, kan det bli vanskelegare å få selt fisken både her heime og i utlandet. Så lenge vi ikkje har god nok kunnskap om transport av Tc-99 i marine næringskjeder – og så lenge vi ikkje veit kva følgjene er – bør vi heller ikkje godta utsleppa. Vi kan også spørje om det er rett å bruke havet som avfallsplass, sjølv om Tc-99-utsleppa i dag ikkje er nokon helserisiko. Meiner vi at havet ikkje bør nyttast som avfallsplass – bør utsleppa stoppast.

Prioriterte forskingsoppgåver på dette området bør vere å granske opptaket av Tc-99 i fisk som beiter dei skaldyra og botndyra vi har funne høgt Tc-99-opptak i. Eit aktuelt fiskeslag er steinbit. Det er også viktig å ha ei generell overvaking av radioaktivitet i det marine miljøet – og særleg av Tc-99. Vi må alltid kunne dokumentere at norsk fisk er rein, og at norske havområde ikkje er farleg radioaktiv, slik media ofte har meldt.

Helse hos fisk og skjel

PROGRAMLEIAR ØIVIND BERGH

MÅL

Programmet skal framskaffe grunnleggjande kunnskap om helse hos fisk og skjel, og verke til å få best mogeleg helsetilstand hos oppdrettsorganismar gjennom forskning på førebyggjande helsearbeid, diagnostikk og behandling av infeksjonssjukdommar.

PROSJEKT

- Virusinfeksjonar hos fisk
- Bakterologi og førebyggjande helsearbeid
- Eukariote parasittar hos fisk

RESULTAT

- Vi har utvikla metodar for påvising av nodavirus i sjøvåtn. Dette viruset er årsaka til sjukdommen VER (viral encephalopati og retinopati) hos kveite. VER er den viktigaste sjukdommen i oppdrett av kveite og fleire andre fiskeslag.
- Vi har laga vaksinar mot VER ved hjelp av to ulike prinsipp; rekombinante vaksinar og såkalla DNA-vaksinar. Førebels resultat tydar på at ein kan hindre sjukdom i oppdrett ved hjelp av slike vaksinar.
- Vi har utvikla metodar for å laga eit såkalla genetisk fingeravtrykk av bakteriesamfunn i tarmen til fiskelarvar eller skjellarvar. No kan vi finne ut kva bakteriar som er viktige i ulike dyrkingssystem og organ.
- Vi har funne fleire bakteriar som gir sjukdom hos kamskjellarvar. Desse bakteriane må haldast vekke frå larvetankane for å få god overleving.
- Vi har også funne bakteriar som gir god overleving hos kamskjellarvar, når dei vert sette til larvetankane. Slike bakteriar kan truleg nyttast som såkalla probiotika i forsvar mot sjukdom.
- Vi har karakterisert to bakteriar som gir sjukdom hos grøngylt, som vert brukt til avlusing av laks. Det er mogeleg at sjukdom hjå leppefisk kan påverka laksen i merdane.
- Havforskningsinstituttet sine tokt fann i 2001 vesentleg høgare påslag av lakselus samanlikna med året før i Sognefjorden. Sjølv om den hydrografiske situasjonen var spesiell i 2001, har vi vist at påslaga er så høge i Sognefjorden, at nedgangen i dei ville laksebestandane truleg vil halda fram dersom ein ikkje får lakselusa under kontroll.
- Vi har arbeidd med å identifisere serine proteasar frå lakselus, studere betydningen av bakteriar som lever i symbiose med lusa og etablert metodar for å klonestadiespesifikke cDNA frå lusa sine ulike livsstadium. Slike metodar vil verte sentrale i eventuelle FUGE-prosjekt i framtida. Forsøka våre tydar på at vi kan finne ut kva genar som er aktive på dei ulike stadia. Eit langsiktig mål er å finne antigen som kan nyttast i ein eventuell vaksine mot lakselus.



VAKSINAR – EIT VILKÅR FOR VELLUKKA HAVBRUK

Utvikling av vaksinar mot bakteriesjukdommar var eit vilkår for at lakseoppdrett kunne utvikla seg til ei av dei viktigaste næringane i Noreg. Men nye sjukdommar vil dukke opp, hos nye og gamle oppdrettsartar, og sjukdommar årsaka av virus er det langt vanskelegare å utvikle vaksinar mot enn for bakteriesjukdommar. Havforskningsinstituttet er oppteken av å vere føre var på dette området, kartlegge mogelege nye sjukdommar og drive førebyggjande helsearbeid ved blant anna å utvikle vaksiner før sjukdommar blir eit stort problem for næringa.

Midt på 1980-talet truga kaldtvassvibriose og furunkulose med å øydeleggje oppdrettsnæringa. Antibiotika var einaste forsvaret, forbruket vart uforsvarleg høgt og vi fekk bakteriar som utvikla motstand mot fleire antibakterielle stoff. Nye vaksinar reduserte bruken av antibiotika dramatisk, og i dag bruker norsk havbruk nesten ikkje antibiotika. Ho er såleis svært miljøvennleg på dette området – takk vere vaksiner og fisker.

Vaksinar mot venta sjukdomsproblem

Kampen mot sjukdom er ikkje vunnen. Andre sjukdommar, som vi i dag ikkje kan vaksina mot, trugar laksenæringa. Havforskningsinstituttet arbeidar no med grunnstudiar av samspelet mellom lakselus og immunsystemet til laksen. Enno veit vi lite om dette, trass i at lakselus i dag på mange vis er det største sjukdomsproblemet i laksenæringa. Grunnforskning er heilt naudsynt, og vona er at vi ein dag har ein vaksine mot lakselus. Nye oppdrettsartar har sine egne sjukdommar, som "alltid" har funnest hos villfisker. Det er no viktig at oppdrettarane lærer av feila frå laksenæringa sin barndom når vi skal i gang med nye artar, slik at vi i tide greier å utvikle gode vaksiner eller andre førebyggjande tiltak mot sjukdom.

Vibriose-vaksiner for torsk og kveite

Torsk er ein svært aktuell oppdrettsart, og mange nye yngelanlegg blir no bygde. Havforskningsinstituttet sitt anlegg i Parisvatnet i Øygarden var i fleire år den einaste produsenten av torskeyngel, og her arbeidde vi med å kartlegge sjukdommar som kan gje problem i torskeoppdrett. Røynsla var at vibriose, ein vanleg sjukdom hos fleire fiskeslag, ofte skapte problem. Saman med ein vaksineprodusent har instituttet difor utvikla eit konsept for vaksinasjon av torskeyngel, og ei spesiell vaksine er no i sal. Vi har også fått utvikla ei vibriosevaksine for kveite, for også kveita blir råka av denne sjukdommen. Forsøk har vist at vibriose-vaksinert kveite får betre overleving enn uvaksinert. Kveite bør difor også vaksinerast mot vibriose.

Virussjukdommar er vanskelegare

Den viktigaste sjukdommen i kveiteoppdrett så langt har vore virussjukdommen VER (Viral Encephalopati og Retinopati), som råkar sentralnervesystemet til yngelen. Sjukdommen gir ofte høge dødstal, og er den viktigaste årsaka til at den norske kveiteproduksjonen har vore relativt låg. Det vert no arbeid med å utvikla vaksinar mot dette viruset.

Utvikling av vaksinar mot virus er langt vanskelegare enn vaksiner mot bakteriesjukdommar. Dei siste inneheld først og fremst daude bakteriar og nokre stoff som vert kalla adjuvans. Fisken sitt immunforsvar lærer då å kjenne att dei bakterieslaga som fisken er vaksinert mot. Ein har freista lage virusvaksinar på same viset, men stort sett med dårlege resultat.

Genteknologi mot virussjukdommar

Nye genteknologiske metodar har nærast laga revolusjon i forskinga på virus og virussjukdommar. For nokre år sidan kom den første virusvaksinen på marknaden, mot sjukdommen IPN (Infeksiøs Pankreas Nekrose) hos laks. Havforskningsinstituttet var med på å utvikle denne vaksinen, saman med andre norske forskingsmiljø.

Røynslene frå dette arbeidet nyttar vi i utviklinga av vaksinar mot virussjukdommar hos marine fiskeslag. Genteknologien nyttar vi til å produsere store mengder av eitt av proteina som finst i viruset. Dette proteinet vert reinsa, og det reinsa proteinet utgjer vaksinen. Slike vaksinar kallar vi også rekombinante vaksinar, og har ikkje noko med utsetjing av genmodifiserte organismar å gjere. Alt genteknologiarbeidet vert gjort i laboratoriet og avslutta der. Fisken blir ikkje genmodifisert. Rekombinante produkt er no mykje brukt i menneskemedisin, og har gitt fleire nye legemiddel, nye og betre typar insulin og vaksinar.

DNA-vaksinar

Ein annan type vaksine er den såkalla DNA-vaksinen. Her set vi genet som skal produsere proteinet vi vil ha eit immunsvaret mot, inn i fisken sitt muskelvev. Slik vert sjølve fisken på ein måte genmodifisert, men det blir gjort slik at desse genane ikkje vert overførte til nye generasjonar fisk. Slike vaksinar er førebels ikkje i kommersiell bruk. Det er viktig å undersøkje nøye kva konsekvensar bruk av DNA-vaksinar kan ha, og korleis ein kan nytte slike vaksinar best mogleg. Dersom ein kan kontrollere viktige virussjukdommar med DNA-vaksinar, vil slike vaksinar truleg kome til å spele ei stor rolle for oppdrettsnæringa.

Probiotika for skjel og fiskelarvar

Skjel er ei dyregruppe som ikkje kan vaksinerast, fordi dei har eit immunsystem som ikkje hugsar. Dei tidlege utviklingstrinna hos fiskelarvar kan heller ikkje vaksinerast, sidan immunsystemet hos fisk vert utvikla gradvis ettersom fisken vert større. I oppdrett av skjel og fiskelarvar må vi freiste førebyggje sjukdom på andre måtar. Såkalla probiotika er eit døme på dette. Vi tilset då ikkje-sjukdomsframkallande bakteriar til føret eller vatnet i oppdrettskara. Målet er at slike bakteriar skal utkonkurrere dei sjukdomsframkallande bakteriane. Laboratorieforsøk med larvar av kamskjel gav auka overleving ved tilsetjing av slike bakteriar.