



Lofoten – egnet område for torskoppdrett?

Genetisk og økologisk påvirkning på ville bestander er en av de viktigste miljøutfordringene ved oppdrett. Selv om omfanget av torskoppdrett ennå er svært lite i forhold til lakseoppdrett, er det allerede rapportert om større rømmingsepisoder. Sammenlignet med laks er det flere forhold som tilsier at utfordringene vil bli større med torskoppdrett. Torsk har en annen atferd enn laks, og har lettere for å rømme når det først er hull i merden. Kysttorsk har gyte- og oppvekstområder i de samme områdene som oppdrettsanleggene ligger, uten barrierer. Under normale forhold blir torsk kjønnsmoden etter to år i oppdrett, og genetisk påvirkning kan da skje uten at torsken rømmer, ved at befruktete egg slippes ut av merden. I en startfase av torskoppdrett med til dels manglende kunnskap om genetiske og økologiske interaksjoner bør en vente med å legge oppdrett i viktige gyteområder som Lofoten.

Terje Svåsand

terje.svaasand@imr.no

Øivind Bergh

oeivind.bergh@imr.no

Geir Dahle

geir.dahle@imr.no

Lars Hamre

lars.hamre@imr.no

Knut E. Jørstad

knut.joerstad@imr.no

Geir Lasse Taranger

geir.lasse.taranger@imr.no

Paal Arne Bjørn

paal-arne.bjorn@fiskeriforskning.no
Fiskeriforskning

Genetisk påvirkning

Havforskningsinstituttet har siden 1960-tallet gjennomført genetiske studier av torsk sammen med andre forskningsmiljøer.

Studier av genetisk struktur hos torsk

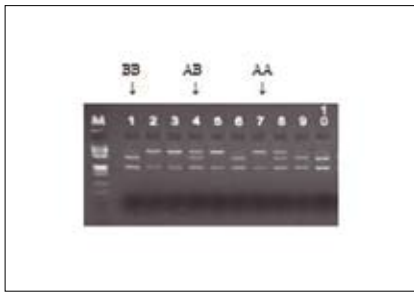
- Genetisk variasjon i blodprotein og ulike antistoffer på 1960-tallet
- Undersøkelser basert på vevsenzym (allozymer) fra 1980-tallet
- Genetiske studier, del av Havbeiteprogrammet PUSH (1990–1997)
- DNA-analyser (*Pan I*) viser klare forskjeller mellom kysttorsk og nordøstarktisk torsk (professor Svein-Erik Fevolden, Fiskerihøgskolen i Tromsø, 1995–2004)
- Storskala kartlegging av kysttorsk langs hele norskekysten (2002–2006), basert både på tidligere og nye DNA-baserte genmarkører

Fra 2002 har Havforskningsinstituttet gjennomført en storskala kartlegging av kysttorsk langs hele norskekysten, basert på tidligere (sju protein-loci) og nye DNA-baserte genmarkører (fem mikrosatellitt-loci og *Pan I*). Over 7000 prøver er samlet inn fra 70 lokaliteter langs hele kysten. De nye analysene bekrefter at det er store genetiske forskjeller mellom nordøstarktisk torsk (skrei) og kysttorsk. Det er stor genetisk variasjon mellom kysttorsk fra ulike områder – særlig mht. nord/sør. Bestanden av nordøstarktisk torsk i Barentshavet er i bra befatning, med et anbefalt uttak for

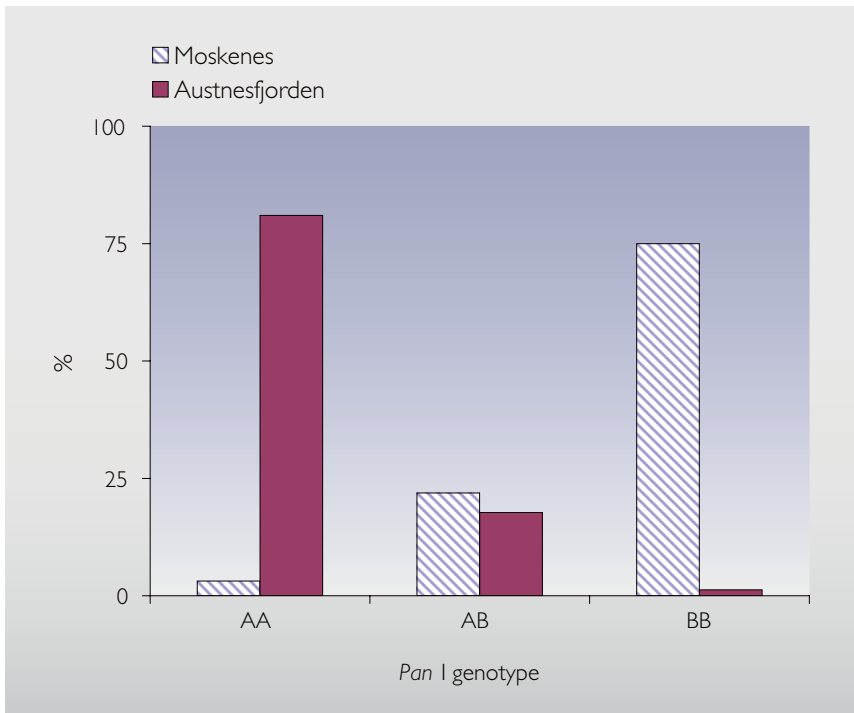
2006 på 471 000 tonn. For kysttorsk har vi registrert minkende bestander de siste ti årene, og anbefalingen er at det ikke fiskes på disse bestandene i 2006.

Ved siden av å være det viktigste gyteområdet for nordøstarktisk torsk, er Lofoten og de tilstøtende fjordområdene viktige gytefelt for kysttorsk. For å kunne hindre at det tas for mye kysttorsk under Lofotfisket, er det behov for effektive metoder for å skille de ulike bestandskomponentene. I 2005 gjennomførte Havforskningsinstituttet et pilotprosjekt under Lofotfisket som viste at *Pan I*-analyser (med kun tre allelkombinasjoner, se Figur 1.11.1 og Kapittel 2.2.1) vil kunne erstatte den mer subjektive og erfaringskrevende avlesningen av otolitter. Undersøkelsene som er gjennomført i Lofoten og på bankene utenfor viser at nordøstarktisk torsk dominerer i fangstene på utsiden, mens kysttorsken dominerer oftest i området fra Henningsværstrømmen–Hølla/Austnesfjorden (Figur 1.11.2). Men det er også store variasjoner i blandingsforholdet mellom de to gruppene fra år til år.

Nordøstarktisk torsk er en livskraftig bestand som trolig ikke vil være så utsatt for negativ genetisk påvirkning fra rømt oppdrettstorsk, i alle fall på kort sikt. Kysttorsken derimot har i de fleste tilfellene en begrenset vandring, noe som også er vist ved merkeforsøk i Lofoten. Det generelle fiskepresset på kysttorskstammene har vært stort i en årrekke, ikke minst i Lofoten. Dette gjelder i særlig grad når hovedtyngden av nordøstarktisk torsk ikke trekker inn i Vestfjorden, men gyter i de ytre områdene og ute på Røst- og Moskenesbankene. I disse årene er fangstuttaket på innsiden av Lofoten dominert av kysttorsk. Dette er også mye av bakgrunnen for de kontroversielle forslagene om nye reguleringer og fredning i dette området. Fiske på kysttorsk er et viktig grunnlag for mye av bosetningen langs kysten, da de har begrenset vandring og kan fiskes hele året. Utviklingen i kysttorskbestandene har vært så negativ at Det internasjonale råd for havforskning (ICES), gjentatte ganger har anbefalt totalfredning. Det er sannsynligvis disse bestandene som vil være mest utsatt for uheldig genetisk påvirkning fra rømt oppdrettstorsk i fremtiden. Foreløpige data tyder også på at det er flere, genetisk sett ulike stammer, som gyter i Vesterålen, Vestfjorden og Ofotfjorden/Tysfjord.



Figur 1.11.1
Bildet av en prøve med ti individer. De tre forskjellige genotypene med båndmønster AA, AB og BB er markert med pil.
The displayed banding pattern for Pan I for ten individuals, showing the AA, AB and BB genotypes.



Figur 1.11.2
Fordeling av de tre Pan I-genotypene i prøver fra Moskenes og Austnesfjorden tatt våren 2005.
Distribution of the three Pan I genotypes in samples from Moskenes and Austnesfjorden in Lofoten in 2005.

Gyting i merd

Under normale vekstforhold vil mesteparten av oppdrettstorsken bli kjønnsmoden ved toårsalder, og under særlig gode forhold allerede som ettåringer. Oppdrettstorsken blir tidligere moden enn tilsvarende torsk i vill tilstand hvor modningen gjerne først inntreffer mellom tre og åtte år, avhengig av bl.a. vekstforholdene. Det er sannsynligvis den gode fødetilgangen og veksten som forårsaker tidlig modning i oppdrett. Kjønnsmoden oppdrettstorsk kan representere en genetisk trussel mot de ville torskestammene hvis den rømmer fra merdene, eller ved vellykket gyting og befruktning av egg i merdene. Oppdrettstorsk produserer store eggmengder, og en stor bestand av gyttende oppdrettstorsk langs kysten tilsvarer en stor andel gyttede egg i forhold til villtorsk. For å få mer data om effekten av gyting i merd, vil Havforskningsinstituttet i 2006 gjennomføre forsøk hvor en setter ut en stamfiskbestand bestående av genetisk merket torsk i et avgrenset fjordsystem. Bruk av genetisk merket stamfisk mulig-

gjør identifisering av avkom, og dermed kvantifisering av naturlig gyting i merd.

Forskning har så langt vist at vi kan utsette, men ikke stoppe, kjønnsmodning av oppdrettstorsk med lysstyring i merdene. På samme måte som for laks, kan bruk av lys utsette første modning og øke veksten hos oppdrettstorsken. I kar kan vi ved hjelp av lysstyring utsette kjønnsmodningen hos torsk til den er minst tre år gammel. I merd har vi imidlertid så langt bare klart å utsette modningen med rundt fire til seks måneder, slik at selve modningen finner sted om sommeren, i stedet for den naturlige gytesesongen som normalt strekker seg fra februar til april.

Det er foreløpig usikkert om den lysstyrte torskens virkelig slipper egg i merdene når den blir moden i sommermånedene, og eventuelt om disse eggene blir befruktet og kan gi levedyktig avkom. Høye sommertemperaturer forhindrer sannsynligvis torskens gyting, men dette har vi ikke studert ennå. Selv om lysstyring kan bidra til

bedre produksjonsresultat for torskeoppdretterne, og muligens også forhindre eller redusere utslipp av befruktete torskeegg fra merdene, vil slik lysstyring ikke forhindre gyting hos rømt torsk. Torsk ser ut til å rømme lett fra oppdrettsmerdene, og det kan derfor bli behov for alternative teknikker for å hindre kjønnsmodning og gyting hos oppdrettstorsk. Dette kan omfatte produksjon av steril torsk, for eksempel ved triploidisering, som innebærer at fisken har tre kromosomsett, to fra mor og ett fra far. Triploid fisk er normalt helt steril. Den triploide fisken produseres normalt ved at en utsetter eggene for et trykksjokk like etter befruktning, men dette er ennå ikke testet for torsk. Det er også usikkert om triploid torsk vil klare seg like godt i oppdrett som normal torsk.

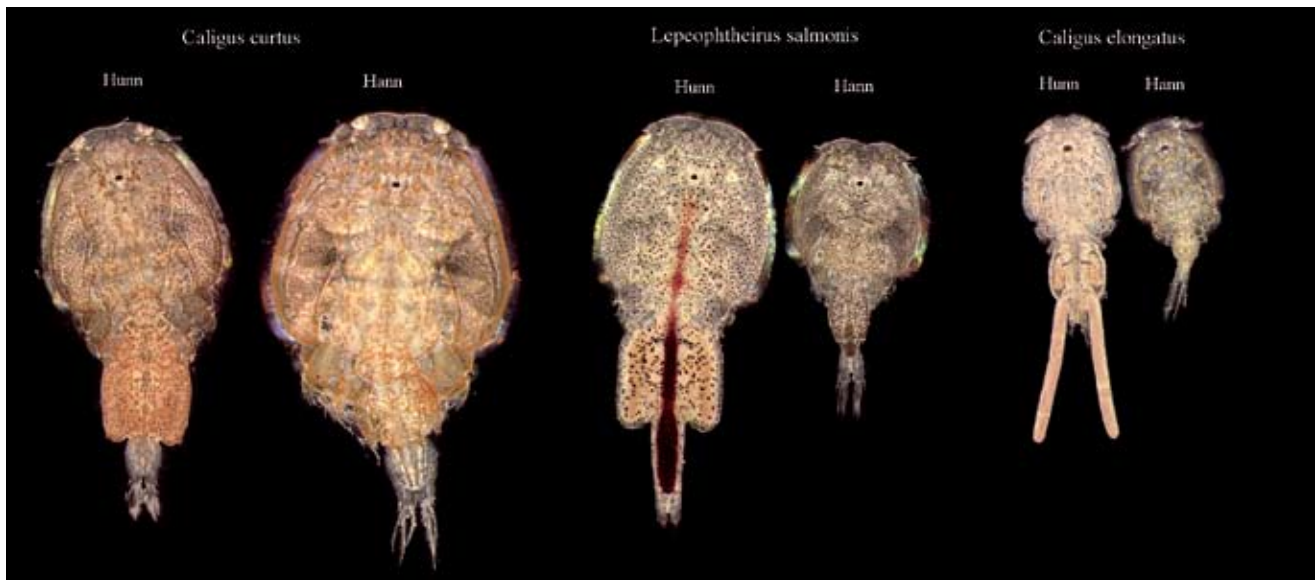
Spredning av patogener fra torskoppdrett

Spredning av patogener fra oppdrettsanlegg til ville bestander kan bli et betydelig miljøproblem. Ikke minst problemene med lakselus har vist at slik spredning kan gi store negative effekter på ville bestander. Spesielle hensyn må tas når oppdrettsanlegg legges i viktige oppvekst- eller gyteområder for villfisk.

Spredning av bakterier og virus

Sykdomsfremkallende mikroorganismer vil ha ulik overlevelsessevne i de frie vannmasser. Frie viruspartikler vil bli mer eller mindre inaktivert av UV-stråler, mens virus som er bundet i organiske partikler i større grad vil kunne bli stabilisert. Det vil også være stor forskjell i overlevelsestid mellom ulike typer virus, siden virus er "konstruert" svært forskjellig fra naturens side. De fleste bakterier som kan forårsake sykdom hos fisk er det vi kaller opportunistisk sykdomsfremkallende, og kan overleve i vann i lengre tid og formere seg utenfor verten. Omkring 1990 ble det publisert flere arbeider som omhandlet bakteriers evne til å tåle sulting, og de konkluderte med at mange slike bakterier kan overleve lenge, både i vannmasser og i sedimenter.

I dag vet vi at bildet er mer sammensatt. Omsetningen av bakterier i naturen kan være høy, og det betyr at bakterier som ikke formerer seg raskt kan minke i antall. De fleste bakterier som kan framkalle sykdom hos fisk er såkalte "opportunist". De har et mye videre sett av overlevelsesstrategier enn det vi finner hos virus eller såkalt "obligat sykdomsfremkallende" bakterier, som bare kan overleve ved å framkalle sykdom hos en vert. Opportunist kan ikke bare overleve uavhengig av verter, de kan ofte utgjøre en del av vertenes normalflora. Det betyr at de er til stede hos friske individer og først utløser syk-



Figur 1.11.3

Fra venstre: torskelus, lakselus og skottelus. Hunner av lakselus er ca. 1 cm lange, og bildet gjengir et noenlunde korrekt størrelsesforhold mellom lusene.

From the left: cod louse, salmon louse and *Caligus elongatus*. Female salmon lice are approximately 1 cm long. The image shows the relative size of the different kinds of lice.

dom når verten svekkes, for eksempel som følge av temperaturendringer, ekstrem sult eller andre former for stress. Mange slike bakterier, for eksempel vibriosebakterien *Listonella (Vibrio) anguillarum* og atypiske furunkulosebakterier (*Aeromonas salmonicida*), er kjent fra mange arter. Også viruset IPNV har et vidt vertsspekter. IPNV er viktig hos laks, og har også vært en viktig dødsårsak i oppdrett av kveite og piggvar. Vi vet lite om slike virus hos villfisk, men det er ikke usannsynlig at de har en vid utbredelse i ville fiskebestander, kanskje også hos torsk.

Nodavirus, kjent fra kveite i Norge, kan også ramme torsk. Blant annet har kanadiske torskeryngeloppdrettere rapportert om betydelige problemer med dette viruset. Sykdommen er sannsynligvis underreportert i Norge, siden påvisning vil medføre båndlegging og alvorlige økonomiske tap for oppdretterne. Det er dokumentert flere andre virussykdommer hos torsk, og all erfaring fra andre oppdrettsarter tilsier at slike problemer vil oppstå. Hvilke effekter dette vil ha på villfisk er det ikke mulig å si noe sikkert om i dag. I områder med høy konsentrasjon av oppdrettsanlegg er risiko for smittespredning fra oppdrett til villfisk størst. Her vil det være viktig å skjerme de viktigste gyteområdene – som Lofoten – for torskoppdrett.

Parasitter

Over 100 forskjellige parasittarter er kjent fra torsk. Noen av disse vil nok forårsake problemer i torskoppdrett. Generelt vil parasitter med direkte smittevei (dvs. uten mellomverter) være de som kan gi størst

problemer. Slike parasitter vil få gode livsbetingelser i et system med høy tetthet av verter – noe som per definisjon finnes i oppdrett. Parasitter med mer kompliserte livssykluser vil i mindre grad gi problemer. I ekstensive og semi-intensive oppdrettsanlegg, der dyreplankton blir brukt som fôr, kan slike parasitter komme inn. Etter hvert som intensive produksjonsmetoder tar over, vil problemet reduseres.

Lus

Lakselus er blitt et kjent begrep for de fleste etter problemene denne parasitten har skapt for oppdrettsnæringen i de senere årene. Mindre kjent er det kanskje at lakselus har en rekke slektninger, og at de fleste fisk i havet har sine "lus". Når det gjelder torskoppdrett, er det spesielt to arter som kan lage problemer, torskelus (*Caligus curtus*) og skottelus (*Caligus elongatus*). Torskelus finner man på torsk og ulike andre torskefisk som f.eks. lange, lyr, sei og brosme, mens skottelus er en generalist som man har funnet på mer enn 80 fiskearter fra ulike familier.

En betydelig andel av lakselusen man i dag finner i de frie vannmasser er produsert av lus som sitter på oppdrettsfisk i merd. Vill laksefisk blir derfor utsatt for et langt høyere smittepress enn hva som ville vært tilfelle i et naturlig miljø uten oppdrett. Spørsmålet er da om det samme vil skje med lus på oppdrettstorsk. Et scenario der omfattende torskoppdrett langs kysten er kombinert med at torskelus og/eller skottelus trives i merdene, vil utgjøre en vesentlig økologisk utfordring, ettersom villfisk i merdenes nærrområder vil være naturlige

verter for både torskelus og skottelus. Det er vist at lakselus kan overføre virus fra en fisk til en annen. Om torskelus eller skottelus kan fungere som smittebærere vet vi lite om, men potensialet for en toveis overføring av sykdom mellom villfisk og fisk i merd er til stede. Dette er spesielt aktuelt da både skottelus og torskelus synes å være mer tilbøyelige til å hoppe mellom verter enn lakselusen, og merdene naturlig er omgitt av villtorsk og andre nært beslektede arter.

Ved Havforskningsinstituttet har vi de siste årene undersøkt torskelusens livssyklus og forekomsten av lus på gytetorsk langs kysten. Undersøkelser av garnfanget torsk fra Tromsø til Stavanger har avdekket små forekomster av torskelus. Erfaringer fra laboratoriet viser imidlertid at lusen svært lett faller av fisken ved håndtering, og det er uklart i hvilken grad vi kan stole på data fra fisk fanget i garn. Erfaring tyder også på at denne lusearten forsvinner fort fra infisert fisk som settes i både merd og kar. Det synes derfor klart at torskelusen har en helt annen atferd enn lakselusen, som er tettere bundet til sin vert. Et åpent spørsmål er derfor om torskelusen vil trives i merdene.

Forekomst, økologi og atferd hos torskelus og skottelus er generelt lite undersøkt, og det er vanskelig å spå hva fremtiden vil bringe. Det avgjørende vil være om lusen vil infisere torsk i merd og trives der, og om avkom fra lus på oppdrettstorsk bidrar til økt smittepress for villfisk og annen oppdrettstorsk. Skal vi kunne si noe nærmere om hvilke konsekvenser torskoppdrett

kan ha for spredning av lus, må det legges en innsats i forskning på disse to artene i årene fremover. Først og fremst er det viktig å bringe på det rene om fisk i merd smittes, eventuelt hvor vanlig slik smitte er og hvordan fisken smittes. Er det fullvoksen lus som svømmer gjennom noten og hopper på fisken, eller vokser lusen opp på fisken i merden? Videre må oppdrettsanlegg overvåkes og data samles, slik at en kan oppdage endringer i infeksjonsbildet over tid. Spesielt viktig er også kunnskap om normalsituasjonen i havet og i oppdrettsanlegg før torskeoppdrettet brer om seg, slik at det blir mulig å måle eventuelle effekter av torskeoppdrett. Og denne innsatsen må komme nå, venter vi vil det være for sent. Innen denne kunnskapen er på plass vil det være en god strategi ikke å legge oppdrettsanlegg i torskens viktigste gyteområder.

Kan oppdrettsanlegg påvirke torskens gyteatferd?

Hvordan lakseoppdrettsanlegg påvirker torskens gyteatferd har vært studert i to forskningsrådsprosjekter¹, som har vært gjennomført i samarbeid mellom Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning. Det første prosjektet, hvor Havforskningsinstituttet hadde prosjektansvaret, undersøkte:

- Om torsk tiltrekkes/frastøtes av luktstoffer fra oppdrettsanlegg.
- Om torsk tiltrekkes/frastøtes av lys fra oppdrettsanlegg, og om gonademod-

ning og gytetidspunkt påvirkes.

- Om oppdrettsanleggene påvirker miljøforholdene på feltlokaliteten.
- Kartlegging av torskens vandring i fjordområde med oppdrettsaktivitet.

Et mangelfullt kunnskapsgrunnlag ved oppstart av prosjektet medførte at ressursene måtte spres på mange områder, med det resultat at innsatsen ble for liten til å gi utvetydige svar for flere av delmålene. På det første delmålet (Om torsk tiltrekkes/frastøtes av luktstoffer fra oppdrettsanlegg) oppnådde vi imidlertid klare responser i karstudier. Torsk unngikk vann med lakselukt.

Problemstillingen ble videreført i et nytt prosjekt der Fiskeriforskning hadde prosjektansvaret. Laboratoriestudier våren 2004 bekreftet at torsk fra områder uten oppdrett unngår "laksevann", og at dette også skjer ved svært lave konsentrasjoner. Responser er også spesifikk for vill torsk, siden oppdrettstorsk ikke responderer på lukt av laks, og den er mindre (men fortsatt til stede) hos torsk fra fjorder med oppdrett. Nye resultater fra våren 2005 indikerer dessuten at responsen ikke er artsspesifikk – torsk viser også en aversjon fra kar med "torskévann". En tolking kan være at laboratoriedesignet er for sensitivt. Feltstudier har imidlertid også vist at fjordtorsk samler seg rundt oppdrettsanlegg for torsk, og at enkelte individer kan være svært stasjonære over lang tid. Det er i tillegg indikasjoner på at oppdrettsanlegg ikke generelt

avskrekker stasjonær fjordtorsk, som tvert imot kan benytte dem som en "ressurs" i hvert fall deler av året. Bestanden av torsk i åpne nordlige fjorder, viser imidlertid en stor grad av dynamikk, og kan i perioder både ha innsig av nordøstarktisk torsk og vandrende kysttorsk ("innsigsfisk"). Det kan derfor tenkes at en i fjorder med intensivt oppdrett, både har lokal fjordtorsk som tiltrekkes av oppdrettsanlegg og "innsigsfisk" på gytevandring som unngår oppdrettsanlegg. Laboratoriestudiene indikerer at denne responsen kan være relatert til "lukt av oppdrettsfisk". Det er derfor viktig at laboratorieresponsene etterprøves i naturlige systemer samt at det blir satt i gang langtidstudier av dynamikken til torsk i fjorder med og uten oppdrettsaktivitet. Slike forsøk bør gjøres før en åpner for oppdrett i viktige gyteområder for torsk.

Konklusjoner

Torskeoppdrett er på full vei til å bli en ny næring, men vi mangler fortsatt viktig kunnskap om miljøeffektene som genetiske interaksjoner, spredning av patogener og økologisk påvirkning på de ville bestandene. Lofoten er det viktigste gyteområdet for nordøstarktisk torsk og et viktig gyteområde for kysttorsk. Fortsatt mangler vi kunnskap om populasjonsstruktur hos torsk i Lofoten. Kunnskap om miljøeffekter og populasjonsstruktur hos torsk, bør styrkes betydelig før en bygger ut torskeoppdrett i Lofoten.

1) For nærmere detaljer, henvises det til sluttrapportene fra prosjektene (http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=prosjekter&subpage=&detail=1&id=95&gid=3;)

Farming of Atlantic cod – prosperous, but not without challenges

Today, farming of Atlantic cod is in the process of becoming an industry. The environmental challenges are many, and need to be dealt with now. It is essential to learn from salmon farming, where the necessary studies of environmental effects were started only after salmon farming had already become an industry. The major environmental challenges for cod farming are genetic interactions with wild cod (including spawning in net pens) and spread of pathogens. Current farming experience has already shown that cod easily escape from even small holes in the net pens, and large escapes have already been reported. Normally, Atlantic cod mature at an age of two years (males one to two years) after hatching, and spawn-

ing in net pens can produce viable offspring that are capable of interbreeding with wild cod in the same way as escaped cod.

The genetic structure of Atlantic cod in Norway will be described on the basis of genetic profiles of more than 7000 cod sampled from 70 sites along the Norwegian coast. There has been a special emphasis on the Lofoten area, which is the main spawning area for the Northeast Arctic cod, and local coastal cod populations. This will provide a baseline for present and future studies of the effects of escaped cod, and for advice on Atlantic cod farming management. The Institute of Marine Research is also doing research in order to prevent the maturation of cod. The effects of spawning in net pens

will be studied in 2006 using a genetically marked broodstock. Control of disease is crucial to success in aquaculture.

In the case of cod, a wide range of disease-causing bacteria, viruses and parasites are known. It has been hypothesized that some of these could cause problems with an increase in cultured cod biomass. In particular, the transfer of pathogenic agents between farmed and wild cod is a potential risk. Interspecies transfer of pathogenic agents is another possibility. Better knowledge about the population structure and environmental effects of cod aquaculture must be strengthened before cod farming are built out in the main spawning area for Atlantic cod in Lofoten.