



1.9 Kysttorsk og torskeoppdrett – et umulig naboskap?

Vill kysttorsk er i nedgang langs hele kysten, parallelt med en økning i produksjon av oppdrettstorsk. I 2008 ble det slaktet ca. 14 000 tonn oppdrettstorsk. Til sammenligning ble den totale gytebestanden av kysttorsk nord for Stad estimert til kun 57 000 tonn i 2007, selv om estimatet er svært usikkert. Kysttorsk nord for Stad er også klassifisert som sterkt truet i Norsk rødliste 2006.

Terje Svåsand

terje.svaasand@imr.no

Knut E. Jørstad

knut.joerstad@imr.no

Egil Karlsbakk

egil.karlsbakk@imr.no

Geir Lasse Taranger

geir.lasse.taranger@imr.no

Rømming og genetisk påvirkning på ville bestander, og sykdom og spredning av sykdomsfremkallende organismer, er de viktigste miljøutfordringene ved oppdrett i dag.

Flere forhold tilsier at utfordringene vil bli store med torskeoppdrett. Et viktig spørsmål som må besvares er om det er mulig å utvikle et bærekraftig oppdrett av torsk, uten at dette medfører økt press på allerede truede torskebestander. I denne artikkelen gir vi en oppdatert status og skisserer mulige tiltak som kan redusere de negative effektene av torskeoppdrett.

Rømming og genetiske interaksjoner

Miljøproblemene knyttet til rømming av oppdrettslaks har vært diskutert i lang tid, men det er først de senere årene at oppdrett av torsk har økt til kommersiell skala. Erfaringene så langt tyder på at torsk i merd er mer aktiv og flinkere til å rømme enn laks, og skader på notveggen viser at torsk kan gnage seg gjennom notene for å slippe fri. Torsk er også en saltvannsfisk som kan bli kjønnsmoden i merdene, og mesteparten av oppdrettstorsken er kjønnsmoden allerede som toåring. Studier hvor det er brukt genetisk merket oppdrettstorsk, viser at torsk gyter i merdene og at befruktede egg spres ut i det naturlige miljø. Dette innebærer at oppdrettstorsk kan spre sine gener selv om den er i fangenskap. Miljøutfordringene knyttet til et økende torskeoppdrett kan derfor bli betydelige.

Den nordøstarktiske torskebestanden er stor, og det er vanskelig å tenke seg at rømt oppdrettstorsk kan føre til genetiske endringer på denne bestanden. På den andre siden er kysttorskbestandene mange steder overbeskattet og sårbare, og det er først og fremst disse som eventuelt vil bli negativt påvirket av rømt oppdrettstorsk. De omfattende genetiske undersøkelsene som er gjennomført, viser også at det er en betydelig genetisk variasjon langs hele kysten, også innenfor denne hovedgruppen av torsk.

Det er viktige argumenter for å begrense genetisk interaksjon mellom rømt oppdrettstorsk og vill torsk. Gjennom tilpasningen til oppdrett vil oppdrettsfisker etter hvert få egenskaper som er ønskelige i oppdrett, men som passer dårlig under naturlige forhold. Disse egenskapene vil i stor grad være arvelig bestemt. Det er gjort en rekke kontrollerte krysningforsøk på laks som viser redusert levedyktighet på avkom etter krysning mellom vill laks og oppdrettslaks. Det er naturlig å anta at det tilsvarende vil skje for torsk. Konsekvensene av innkryssing av rømt oppdretts torsk med vill torsk, kan derfor bidra til en ytterligere reduksjon av allerede sårbare stammer.

Vi trenger imidlertid mer kunnskap for å kunne vurdere risikoen ved genetisk interaksjon mellom oppdrettstorsk og ville kysttorskstammer. Vi vet ikke i hvilken grad rømt oppdrettstorsk overlever under naturlige forhold til den blir kjønnsmoden og krysser seg med vill torsk. Gyting i merd og spredning av befruktede egg i det naturlige miljø, er klart dokumentert. Nå fokuseres en betydelig forskningsinnsats for å få svar på om avkom fra gyting i merd er levedyktig i det naturlige miljø, og om de overlever til de blir kjønnsmodne. Da først har de muligheten til å krysse seg med vill torsk, og det er dette

som i neste omgang kan føre til negative effekter i lokale kysttorskstammer. Tiltak som reduserer mulighetene for krysning av oppdrettstorsk med vill torsk vil derfor være sentrale i en bærekraftig forvaltning av torskeoppdrett.

Hvordan hindre rømming og genetiske interaksjoner?

Utsatt kjønnsmodning, monosex og steril fisk

En rekke forsøk har vist at lysstyring i merdene kan utsette kjønnsmodning av oppdrettstorsk, men ikke stoppe den helt. Effekten av lysstyringen ser ut til å være avhengig av intensiteten på det kunstige lyset, lysets fordeling i merden og hvor torsken står i merdene. Forsøk i store kommersielle merder viser at torskens dybdefordeling varierer gjennom året, og at den kan bli påvirket av kunstig lys. Nye forsøk ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Austevoll, tyder på at det kunstige lyset har større fysiologisk effekt når torsken står dypere i merden. Dette er sannsynligvis en konsekvens av at det naturlige lyset har mindre effekt på store dyp og at det kunstige lyset da får en større effekt på kjønnsmodningen hos torsken. Det kan derfor være en fordel å bruke dype nøter, skyggenett eller neddykkede merder, for å få bedre effekt på lysstyring for å redusere omfang av tidlig kjønnsmodning.

Lysstyring kan sannsynligvis redusere eller forhindre utslipp av befruktede torskeegg fra merdene, men dette må dokumenteres. Vi har så langt ikke kunnskap om at lysstyrt torsk virkelig slipper egg i merdene når den blir kjønnsmoden i sommermånedene, og om disse eggene blir befruktet og kan gi levedyktig avkom. Dette kan også bli påvirket av vanntemperatur, da høy temperatur kan forhindre torskens gyting og sannsynligvis også overlevelse på ev.



gytte egg. Lysstyring vil heller ikke forhindre gyting hos rømt torsk. Det er derfor behov for å utvikle alternative teknikker for å hindre kjønnsmodning og gyting hos oppdrettsorsk. Dette kan blant annet omfatte produksjon av steril torsk, for eksempel ved såkalt triploidisering, som innebærer at fisken har tre kromosomsett, to fra mor og ett fra far.

Ved Forskningsstasjonen Austevoll produserte vi triploid torsk ved å utsette eggene for et trykksjokk like etter befruktning i 2008. Den triploide torsken hadde imidlertid noe lavere vekst, økt forekomst av feilutvikling (Figur 1.9.1) og økt dødelighet gjennom startfôring og tørrfôrtilvenning enn diploide kontrollfisk. Veksten hos triploid torsk var derimot like god som hos kontrollfisk fra ca. 2 gram til 40 grams kroppsstørrelse. Forsøket viser at det er en del utfordringer med produksjon av triploid torsk i forhold til overlevelse og fiskevelferd, for eksempel når det gjelder skjelleitdeformiteter. Vi bør derfor finne ut hvordan vi kan optimalisere metoden for triploidisering og produksjonsforhold for slik torsk for å minimalisere disse problemene. Vi trenger også kunnskap om produksjonsegenskaper, helse og velferd hos voksen triploid torsk under ulike miljøforhold før vi kan anbefale å ta i bruk triploid torsk i kommersiell produksjon.

Vi antar at hanntorsken vil utvikle store gonader selv om den er steril, mens vi forventer at hunntorsken vil ha små gonader gjennom hele livet og dermed ikke få de negative effektene av kjønnsmodning på vekst, forutnyttelse, fiskevelferd og overlevelse. Som en del av en strategi for å produsere rene hunnfiskgrupper (monosex), produserte vi i 2007 kjønnsreversert torsk ved Forskningsstasjonen Austevoll. Denne fisken blir kjønnsmoden i 2009. Melke fra kjønnsreversert torsk, som genetisk er hunner, vil forhåpentligvis kunne gi opphav til rene hunnfiskpopulasjoner for videre studier. En kombinasjon av triploid torsk og rene hunnfiskpopulasjoner vil muligens kunne være en akseptabel løsning både på de store produksjons- og velferdsmessige problemene med tidlig modning, samt risikoen for genetisk påvirkning på ville torskstammer. Det bør derfor arbeides videre med å utvikle og dokumentere en slik strategi for torskeoppdrettsnæringen.

Torskeoppdrettsfrie områder?

Havforskningsinstituttet har arbeidet med å etablere kunnskap om genetisk og biologisk struktur hos torsk langs kysten. Resultatene fra dette arbeidet vil være et viktig grunnlag dersom det skal settes i gang en utredning av nasjonale oppdrettsfrie fjorder (torskefjorder). Kartlegging av lokale kysttorskbestander med spesielle genetis-

ke og biologiske egenskaper setter også spørsmål om områdevern på dagsordenen. Dette vil kreve en mer aktiv bevaring av biodiversiteten innenfor arten torsk. Både størrelse på bestand, genetiske og biologiske særtrekk, kunnskap om lokale gytefelt og andre ikke-biologiske faktorer må tas med for å vurdere sårbarhet av en bestand. Det bør derfor settes i gang arbeid med å vurdere potensielle torskefjorder på en bredere basis.

Det er en rekke fordeler med å etablere oppdrettsfrie torskefjorder. Kysttorsk vandrer forholdsvis lite, og eventuelle torskefjorder vil kunne fungere bra for å redusere spredning av rømt torsk til fjorder med torskstammer en ønsker å bevare. Dessuten vil slike torskefjorder kunne bli viktige referansefjorder hvor en, gjennom et overvåkingsprogram, kan følge med på miljøeffektene fra oppdrett.

Valg av stamfisk

Spørsmålet om bruk av stedegen og/eller regional stamfisk har vært hyppig diskutert og er ett av flere mulige tiltak for å redusere risiko for negativ genetisk påvirkning for villtorsk. Forslaget har møtt stor motbør fra næringsaktørene. Etter vår vurdering bør alternative modeller og metoder i retning av regional basert stamfisk og avlsprogram vurderes. Med bakgrunn

**Figur 1.9.1**

Vi kan produsere triploid torsk ved å utsette eggene for høy trykk like etter befruktning, men foreløpige analyser tyder på noe høyere forekomst av deformiteter. Bildet er tatt med røntgen på 40 grams triploid torsk som viser lordose (en knekk i ryggraden i området mellom andre og tredje ryggfinne). Vi fant høyere forekomst av lordose i triploid torsk sammenlignet med vanlig torsk produsert ved intensiv metode ved Forskningsstasjonen Austevoll. Triploid cod can be produced by subjecting eggs to high pressure immediately after they have been inseminated, although preliminary analyses suggest that the process results in a higher rate of deformities. This X-ray of a 40-gram triploid cod shows lordosis (a bend in the spinal column between the second and third dorsal fins). We found a higher incidence of lordosis in triploid cod than in normal cod that had been produced using intensive methods at our research station at Austevoll.

i den betydelige genetiske og biologiske variasjonen vi har i kysttorskbestandene fra Finnmark i nord til Hvaler i sør, er det påfallende begrenset genetisk materiale som er tatt inn ved oppstart av avlsprogrammene på torsk. Ideen om utvikling av kun én oppdrettsstamme for torsk er hovedsakelig begrunnet ut fra kostnader og økonomiske betraktninger. Det er foreløpig ikke dokumentert at en slik stamme gir det beste produksjonsresultatet ved oppdrettsanlegg både i Finnmark og på Vestlandet. Vi trenger derfor mer omfattende dokumentasjon og kunnskap på dette feltet.

Det kan heller ikke utelukkes at det er variasjon mellom kysttorsk i ulike regioner når det gjelder motstandskraft mot smittsomme sykdommer. Kontrollerte smitteforsøk med vibriose gjennomført ved avlsstasjonen i Tromsø, har vist at avkom både av kysttorsk fra Troms og nordøstarktisk torsk har mye høyere dødelighet enn avkom fra kysttorsk fra Vestlandet. Dersom noe lignende er tilfellet med den alvorlige sykdommen francisellose, kan en risikere store tap for oppdretterne dersom settefisk med opprinnelse i nordlige stamtorsk overføres til sørlige regioner som f.eks. Rogaland.

Flytting av settefisk

I dag kan sykdomsfri settefisk i prinsippet flyttes fritt mellom ulike regioner og landsdeler. Samtidig ser vi at det er betydelig genetisk og biologisk variasjon mellom kysttorsk fra ulike geografiske områder. Effekten av innkryssning av oppdrettstorsk med lokal kysttorsk er sannsynligvis avhengig av hvor store genetiske forskjeller det er mellom de to gruppene. Vi kan tenke oss en oppdrettstorsk som opprinnelig er basert på vill kysttorsk

fra Hordaland. Rømmer den fra anlegg i Hordaland, vil den kunne krysse seg med villtorsk i nærheten av anlegget. Dersom den derimot overføres til et anlegg i Troms og rømmer, vil en innkryssning med den lokale villtorsken i Troms kunne føre til sterkere negative effekter på den lokale torsken der. Restriksjoner på transport av fisk mellom geografiske områder vil derfor kunne redusere risikoen for negative konsekvenser for lokal kysttorsk noe.

Genetisk merket oppdrettstorsk

Påvisning av effektiv gyting i merd var avhengig av at oppdrettstorsken hadde et merke som ble overført til de befruktete eggene – en genetisk markør. Gjennom dette merket kan avkommet følges fram til kjønnsmodning og eventuell innkryssning med vill torsk. Foreløpig er det ikke etablert genprofiler for de ulike oppdrettslinjene av torsk, selv om det i dag finnes et stort antall genmarkører. Kjennskap til genprofilene på oppdrettstammene gjør identifisering av rømlinger og kartlegging av genetisk interaksjon med villtorsk mulig. Gjennom avlsprogrammene som nå er i gang, er det også praktisk mulig å legge inn unike genmarkører i avlslinjene, slik at all oppdrettstorsk blir genetisk merket og forskjellig fra villtorsken. Det kan gjøres ved at all stamfisk blir genotypet og spesielle markører inkorporert. Dette vil bety at en kan evaluere både graden av rømming fra anleggene og eventuell påvirkning på de naturlige stammene. Det vil også bli lettere med sporing av store rømminger slik vi de siste årene har sett det på laks.

Spredning av patogener

Miljøproblemer knyttet til spredning av patogener fikk stort fokus i 2008. Villtorsken langs norskekysten er vert for mer enn 80 forskjellige parasitter, mange bak-

terier og sannsynligvis mange virus. Blant dette naturlige patogenrepertoaret er det arter som er alminnelige hos oppdrettstorsk, og noen er patogener som krever særskilte tiltak.

Enkelte sykdomsagens kan spres fra foreldre med egg eller sperm til avkom, såkalt vertikal smitte. Disse utgjør en spesiell trussel for intensive yngelanlegg, der desinfeksjon, vannbehandling og oppdrettet før begrenser adgangen for de fleste parasitter, bakterier og virus. Det regnes som sannsynlig at Betanodavirus, som kan forårsake sykdommen Viral nervevevsnekrose (VNN), overføres vertikalt. Også bakterien *Francisella noatunensis* (= *F. piscicida*) som forårsaker den alvorlige sykdommen francisellose hos torsk, mistenkes å kunne smitte vertikalt. Ved vertikal smitte kan disse, og kanskje andre ukjente sykdomsagens, spres ved flytting av egg mellom anlegg og ved salg av settefisk som er bærere. Begge typer sykdomsagens har utvilsomt blitt flyttet mellom ulike landsdeler ved transport av smittet fisk. En har hatt utbrudd av VNN og francisellose i torskoppdrett både sør og nord i Norge. Et viktig spørsmål er hvorvidt det før fantes bestander av torsk hvor patogenene ikke forekommer naturlig, eller hvor en gjennom flytting av oppdrettstorsk har introdusert dem. Når torsk gyter i merd, kan det spres smitte av vertikalt overførbare sykdomsagens i miljøet. I tillegg har torsk vist seg å være ”dyktige rømmere”, og smittebærende rømlinger kan effektivt spre smitten.

Et annet aspekt er at det kan finnes forskjellige varianter av patogenene, kanskje med regional eller bestandstilhørende struktur. Enkelte varianter (genotyper) kan også være spesielt skadelige (virulente). Det

Foto: Egil Karlsbakk

**Figur 1.9.2**

Vilttorsk med francisellose. Fisken var viltfanget, men hadde gått i merd flere måneder. A. Karakteristisk ved sykdommen er omfattende betennelseknutedannelse (granulom) i de indre organer. Merk svært forstørret milt med blåreaktiske granulomer. Dråpeaktige granulomer også i lever. B. Hjerter (ventrikkel) med granulom i hjertemuskulaturen. C. Svullen nyre med lyse flekker av dødt vev og begynnende granulomdannelse.

Wild cod suffering from Francisellosis. This fish was caught in the wild, but had spent several months in a sea-cage. A) A characteristic of this disease is the widespread formation of granulomas in internal organs. Note the highly enlarged spleen with its bladder-like granulomas, and the drop-like granulomas in the liver. B) Heart ventricle with granuloma in the musculature. C) Swollen kidney with pale areas of affected tissue and beginning granuloma formation.

er viktig at det oppnås smittefri stamfisk, slik at egg og yngelleveranser ikke bidrar til spredning. Dette kan trolig oppnås over tid når det gjelder kjente patogener som *F. noatumensis* og torskens betanodavirus, ved å screene individmerket fisk på for eksempel nyrebiopsier med sensitive metoder, og fjerne smittede individer. Tilgang på effektive vaksiner ville være et gjennombrudd, men ligger et stykke frem i tid.

Til tross for at en kan oppnå sertifisert betanodavirus- og *francisella*-fri settefisk, er det svært sannsynlig at det forekommer sykdomsagens, helst virus, som i dag er ukjente. Det kan godt være at vi er i ferd med å spre disse. Enda mer alvorlig er trusselen fra import av torsk fra andre land som kan medføre introduksjon av fremmede, "eksotiske" patogener. Slike kan være særlig sykdomsfremkallende for våre lokale torskebestander som kan mangle naturlig resistens. Et godt eksempel er importen av laks som var smittet med *Gyrodactylus salaris*. Praksisen med å holde småtorsk i merder for påvekst kan også bidra til smitteutveksling når fisk av forskjellig opphav står nær hverandre og senere transporteres til ulike deler av landet.

Et betydelig miljøproblem i lakseoppdrett er det store infeksjonspresset med lakselus som skapes for vill laksefisk. Mange bestander er truet. Torsken har to beslektede lusearter, skottelus og torskelus. Skottelus kan vokse opp på postlarver av torsk og annen småfisk, men ikke på større torsk. Likevel er det skottelus, og ikke torskelus, som har forårsaket så store luseskader på torsk i oppdrett at det har vært nødvendig med behandling.

Det ser ut til at torsken infiseres av voksne lus om sommeren og høsten, og disse må

komme fra villfisk. Torskelus er uvanlig på torsk tatt på grunt vann i Sør-Norge, og forekommer sjelden på oppdrettstorsk der. Derimot kan en finne dem på torsk, sei, lange og hyse tatt på dypere vann. I nord er situasjonen en annen, da torskelus der forekommer på oppdrettstorsk. Hvis dette mønsteret er korrekt, kan det være at torskelusens biologi vil begrense forekomsten i oppdrett i sør, men luseproblemer kan oppstå i nord. Miljøeffekter på grunn av torskelus kan da bli et problem der, og kreve kontrolltiltak.

Viktige tiltak for å redusere miljøproblem knyttet til spredning av patogener samsvarer med tiltakene for å redusere genetiske interaksjoner

Torskeoppdrettsfrie områder?

Føre-var-prinsippet tilsier en regionalisering av settefiskproduksjon og oppdrett, for å begrense spredning av sykdomsagens, ikke minst de som er ukjente i dag. Hvis torskeoppdrettsfrie soner eller "torskefjorder" etableres, kan disse også fungere som kontroll-regioner for miljøeffekter av oppdrett. Siden sykdomsreperatoaret hos både oppdrettet og vill torsk er dårlig kjent, kan oppdrettsfrie torskefjorder brukes som referansefjorder, ved at kvalitative og kvantitative endringer i forekomsten av sykdomsagens hos villfisk i oppdrettsområder sammenlignes med torskefjordene.

Det kan også tenkes at oppdrettsfrie soner kan fungere som bufferoner for særlig skadelige patogener som kan oppstå eller introduseres til oppdrett. Slike patogener kan effektivt spres i oppdrett hvor et stort antall mottakelige verter er til stede, men forsvinner gjerne i naturen der verter dør av sykdommen før smitten spres effektivt.

Can Wild Cod and Farmed Cod Coexist?

Stocks of wild cod are in decline all along the coast of Norway, in parallel with the rise in the production of farmed cod. Coastal cod stocks north of Stad have also been categorised as severely threatened in Norway's 2006 Red List of Endangered Species.

Escapes and genetic impact on wild stocks together with diseases and the spread of pathogenic organisms are the most important environmental challenges facing aquaculture today.

A number of factors suggest that these challenges will be extremely important for cod farming. One important question that needs to be answered is whether we can develop a sustainable cod-farming industry that will not lead to greater pressure being put on cod stocks that are already under threat.

Even though we still lack knowledge of certain important aspects, a number of measures aimed at reducing the negative environmental impacts of cod farming could be implemented immediately. Farming sterile cod would eliminate genetic interactions, and research aimed at producing triploid cod (which are sterile) is already under way.

Other important measures include the use of local or regional brood stocks and restrictions on the interregional transport of fish. In parallel with these measures, we need to fill in the gaps in our knowledge of genetic interactions and the spread of pathogens from farmed to wild cod.