

# Kapittel 4

Helse hos torsk i oppdrett



## 4.1

## Også oppdrettstorsken kommer til å bli syk

Øivind Bergh, Havforskningsinstituttet

**Kan vi forvente tilsvarende sykdomsproblemer hos torsk i oppdrett som de vi opplevde hos laks på 80-tallet? Som kjent var den norske laksenæringen svært plaget med sykdom på denne tiden. To epidemier: kaldtvannsvibriose, også kalt "Hitrasylke", og seinere furunkulose, forårsaket en serie konkurser og var årsak til et uforsvarlig høyt forbruk av antibiotika. Selv om disse problemene ble løst på en god måte ved hjelp av vaksinasjon og hygienetiltak, har vi også sett alvorlige sykdommer i seinere år, særlig virussykdommene ILA og IPN. Uten å være noen dommedagsprofet må jeg fastslå at det er ingen grunn til å tro at oppdrettstorsken vil være sykdomsfri. Det er selvsagt heller ingen grunn til å tro at villtorsk er fri for sykdom, eller at den noen gang har vært det. "Frisk som en fisk" er et lite dekkende uttrykk, hvis man med det tror at fisk skulle være friskere enn landdyr. Sykdom er en del av naturen, også i det marine miljø, men det er ganske sjelden syk villfisk når fram til en fisker. Derfor er det først når en holder fisk i fangenskap at en blir klar over hvilke sykdommer som faktisk finnes.**

Innhegning av fisk i merder kan forårsake endringer i sykdomsbildet i forhold til situasjonen for villfisk. Stress som følge av ikke-optimale forhold i oppdrettsystemene er en vanlig utløsende årsak til sykdom. Høy tetthet av verter (fisk) vil gi sykdomsframkallende mikroorganismer store fordeler dersom de er i stand til å formere seg direkte, dvs. uten å gå via andre organismer (mellomverter). Sykdomsframkallende virus og bakterier vil dermed få fordeler i oppdrett, og det samme gjelder parasitter som *Gyrodactylus* og lus (flere *Caligus*-arter). Parasitter som må formere seg via andre organismer vil imidlertid få vesentlig dårligere forhold i oppdrett. Det er derfor ingen grunn til å forvente problemer med f.eks. kveis i torskoppdrett. Tvert imot kan vi kanskje markedsføre oppdrettstorsken som fri for kveis.

Vaksiner og vaksineteknologi har vært en helt nødvendig forutsetning for ekspansjonen i oppdrett av laks og regnbueørret. Det er ingen grunn til å tro at det vil bli annerledes med torsk. Laksefisk

kan vaksineres i ferskvannsfasen, slik at fisken er beskyttet når den blir tilvendt saltvann. Marine arter som torsk kan ikke beskyttes med en slik strategi. Det er et generelt prinsipp at de tidligste livsstadier hos fisk ikke kan vaksineres. Dette skyldes at immunsystemet hos nyklekte larver av de fleste fiskearter ikke er særlig utviklet, og at de delene av immunforsvaret som kan "huske" sykdomsframkallende bakterier og virus først er til stede etter at fisken har nådd et visst utviklingsstadium eller størrelse. For å bøte på dette er det nødvendig med ekstra beskyttelsestiltak i klekkerier. Eksempler på slike tiltak er streng hygienekontroll, kontroll med stamfisk og behandling av inntaksvann. Tilsetning av probiotika, bakterier som kan påvirke tarmfloraen i gunstig retning og på denne måten bedre motstandsevnen mot sykdom, kan være en annen løsning.

#### **Hvilke sykdommer kan vi forvente hos torsk i oppdrett?**

I det følgende beskrives noen kjente virus- og bakteriesykdommer hos torsk. Det er ikke sikkert at alle vil forårsake problemer i torskeoppdrett. Hittil er det vibriose som har skapt de mest alvorlige problemene. All erfaring fra oppdrett av laks tilsier imidlertid at også andre sykdommer, kjente og ukjente, vil opptre i torskeoppdrett. Noen av disse vil være blant dem som omtales her, mens andre er helt ukjente.

### **BAKTERIELLE INFEKSJONER**

#### **Vibriose**

Den "klassiske" vibriosebakterien *Vibrio anguillarum* ble først, som det framgår av det latinske navnet, isolert fra ål, men har senere blitt isolert fra en lang rekke arter. Vibriose på fisk er vanlig over hele verden. Den forekommer først og fremst på marine fiskearter i tropiske og tempererte havområder, men det er også påvist vibriose på fisk i ferskvann. To såkalte serotyper, O1 og O2, er vanlige årsaker til fiske sykdom, og hos torsk har særlig serotype O2 vært vanlig. Det er imidlertid gjort lovende forsøk med vaksinasjon av torsk mot vibriose (se egen artikkel) og det finnes tilgjengelige vaksiner på markedet. Uvaksinert torsk i oppdrett må forventes å bli angrepet særlig ved høye temperaturer

og når stressbelastningen er høy. Vaksinasjon bør derfor gjennomføres på all oppdrettstorsk. Utbrudd kan imidlertid behandles med antibiotika.

En annen bakterie i samme slekt, *Vibrio salmonicida*, er årsak til kaldtvannsvibriose, eller Hitrasyke hos laks. Den har også vært påvist hos torsk, men gir ikke sykdomsproblemer i samme grad som hos laks.

### **Mycobacterium**

Såkalte mycobakterier dukker av og til opp hos torsk både i oppdrett og på villfanget fisk. Vi regner med at disse bakteriene er ganske vanlige i naturen. Sykdomstegnene kan variere, men hvite knuter, såkalte granulomer, i lever, milt og nyre er karakteristisk. Bakteriene vokser seint og er vanskelig å dyrke.

At noen sykdommer kan smitte fra dyr til mennesker har vært kjent lenge. Bakterien *Mycobacterium marinum* kan gi sykdom både hos torsk og mennesker. Det er derfor viktig med beskyttelses-tiltak for personell som skal håndtere fisk som mistenkes for å ha sykdom forårsaket av denne bakterien. Den kan gi alvorlige hudsår hos mennesker som har hatt kontakt med syk fisk. Tidligere var dette en vanlig lidelse blant produksjonsarbeidere i fiskeindustrien.

### **Andre bakterier**

Bakterieslektene *Flexibacter* og *Cytophaga* inneholder flere sykdomsframkallende bakterier, og slike bakterier blir ofte påvist i hudsår hos torsk. Lite er kjent om deres evne til å framkalle sykdom på torsk. Det er sannsynlig at i hvertfall noen av disse tilfellene dreier seg om såkalte sekundære infeksjoner, dvs at sykdomstilstanden har en annen hovedårsak.

## **VIRUSSYKDOMMER**

### **Viral hemoragisk septikemi (VHS)**

Dette er en alvorlig sykdom hos regnbueørret, og har forårsaket store tap i flere europeiske land, bl.a. Danmark. Sykdommen er også kjent under navnet "Egtvedsyke". I Storbritannia og Irland ble det konstatert utbrudd av VHS hos piggvar i henholdsvis 1994 og 1997. Siden er VHS-virus påvist i flere andre marine fiskearter i Stillehavet utenfor statene Washington og Alaska, bl.a. på stillehavstorsk. Genetiske sammenlikninger av virusisolater fra ulike arter tyder på at det i virkeligheten er flere

ulike virus. De offisielle diagnostiske metodene klarer imidlertid ikke å skille mellom disse. VHS er ikke påvist på oppdrettstorsk i Norge. Sykdommen står på listen over gruppe A-sykdommer i henhold til fisesykdomsloven. En påvisning av VHS-virus på torsk vil dermed være en påvisning av en gruppe A-sykdom. Dette vil føre til båndlegging og omfattende restriksjoner, også på nærliggende lakseoppdrett. Det må derfor på det sterkeste frarådes å føre stamfisk og annen oppdrettstorsk med fersk eller frossen villfisk. Inntil de offisielle diagnostiske metodene blir endret må oppdretterne forholde seg til dette.

### **Infeksiøs pankreasnekrose (IPN)**

IPN er en utbredt sykdom i norsk lakseoppdrett. IPN-viruset har også forårsaket betydelige problemer i kveiteoppdrett. Vi vet i dag ikke om naturlige utbrudd av IPN på torsk. Fiskeriforskning i Tromsø har gjennomført et smittetest forsøk der en konkluderte med at badsmitte av torskkeyngel på 0,5 g og stikksmitte av yngel på 5 g kan forårsake dødelighet. De karakteriseringer av IPN-viruset som hittil er gjennomført er stort sett basert på såkalte serologiske studier. Disse viser stor grad av likhet mellom isolater fra flere fiskearter. Det er derfor ikke usannsynlig at et og samme isolat kan framkalle sykdom hos flere fiskearter og at viruset kan smitte fra en art til en annen. Det kreves imidlertid mer kunnskaper om viruset før en kan fastslå dette med sikkerhet.

### **Cod ulcus-syndrom (CUS)**

Denne tilstanden, som har vært kjent i mange år, er et eksempel på en sykdomstilstand som er vanlig på villtorsk. Sykdommen har også vært observert på oppdrettstorsk. Man tror at et virus i gruppen "iridovirus" spiller en rolle for utviklingen av sykdommen. Det har også vært antydning at et VHS-liknende virus kan ha betydning, og at miljøfaktorer kan ha betydning for når sykdommen slår ut. Fisken får små blæredannelser i huden, som etter hvert kan utvikle seg til store sår. Dette er en kronisk tilstand, og det er sannsynlig at samme fisk kan ha flere utbrudd. Dødeligheten er ikke nødvendigvis så høy, men fiskens kvalitet forringes. Fisken blir vanskelig å omsette i et marked som stadig stiller høyere krav til kvalitet. Det finnes ingen behandling for denne sykdommen i dag.

### **Nodavirus**

Nodavirus forårsaker sykdommen VER (viral encephalopati og retinopati) som er kjent fra en

rekke marine arter. Sannsynligvis er nodavirus det alvorligste sykdomsproblemet på kveite i Norge i dag, og sykdommen er også kjent fra piggvar her i landet. Nylig ble sykdommen for første gang påvist på torsk i Canada. Virusisolatet fra torsk er genetisk svært likt isolater fra andre kaldtvannsarter, bl.a. kveite. Torskeyngel med en størrelse på 1,5-3,5 g utviklet sykdom. Typiske tegn på sykdom likner det som er beskrevet fra andre arter, med atypisk svømmeatferd og mørkere farge enn normalt. Hittil er denne sykdommen ikke påvist på torsk i Norge. Datagrunnlaget er foreløpig for spinkelt til å kunne fastslå om dette viruset utgjør en alvorlig trussel i torskeoppdrett. Nodavirusinfeksjoner er listet som B-sykdom i henhold til fiskesykdomsloven, noe som medfører meldeplikt og båndlegging.

### KONKLUSJON

Sykdommer forårsaket av bakterier og virus vil uten tvil ramme torsk i oppdrett. Det er ingen grunn til å tro at torsk er mindre mottakelig for sykdommer enn laks. Det er imidlertid viktig at vi tar lærdom av de erfaringer vi har gjort når det gjelder laks, både når det gjelder forebygging gjennom vaksinasjon og gjennom hygienetiltak. Da laksenæringen startet opp lå kunnskapene om sykdommer etter i utviklingen

sammenlignet med den teknologiske utviklingen og veksten i næringen. Når nye arter blir tatt i bruk i oppdrett, har vi muligheter for å styre utviklingen slik at forskningen hele tiden har forsprang på sykdomsutviklingen.

I dag er klassisk vibriose den alvorligste sykdommen hos oppdrettstorsk. Det finnes vaksiner mot denne sykdommen, og de gir relativt god beskyttelse. Det arbeides imidlertid med å forbedre vaksinene og vaksinasjonsstrategiene som benyttes (se egen artikkel). Andre bakterielle sykdommer er pr. i dag av mindre betydning, men vil sannsynligvis øke med økende aktivitet i næringen. Erfaringer fra lakseoppdrett tyder på at de fleste bakterielle sykdommer vil kunne håndteres med vaksinasjon og god hygiene til tross for at immunsystemet hos torsk ser ut til å respondere annerledes på vaksinasjon enn immunsystemet hos laks (se egen artikkel). Kunnskapene om virussykdommer hos torsk er begrenset. Vi vet at noen marine virus gir sykdom, bl.a. nodavirus. Sykdomsproblemer forårsaket av virus vil helt sikkert øke med økende aktivitet i næringen. Utvikling av vaksiner mot disse sykdommene er svært resurskrevende. Dette, samt at det ikke finnes noen behandling mot virussykdommer, gjør at slike sykdommer i framtiden kan bli en betydelig utfordring.

## 4.2 Antistoff-forsvaret hos torsk

Jørgen Stenvik, Universitetet i Tromsø

**Grunnleggende kunnskap om immunsystemet hos fisk kan være avgjørende for å kunne forebygge infeksjonssykdom hos oppdrettsfisk på en rasjonell og effektiv måte. Forskning har vist at i sammenlikning med andre arter har torsk et immunforsvar som er spesielt. Torsk er derfor velegnet som modellorganisme for å få en bedre forståelse av immunsystemets virkemåte generelt, både når det gjelder pattedyr og fisk. Satsing på torsk som en ny oppdrettsart og den sykdomsproblematikk dette kan medføre, har aktualisert denne forskningen ytterligere. Det gis her en kort beskrivelse av det man i dag vet (og ikke vet) om torskens immunforsvar, med fokus på antistoff-forsvaret.**

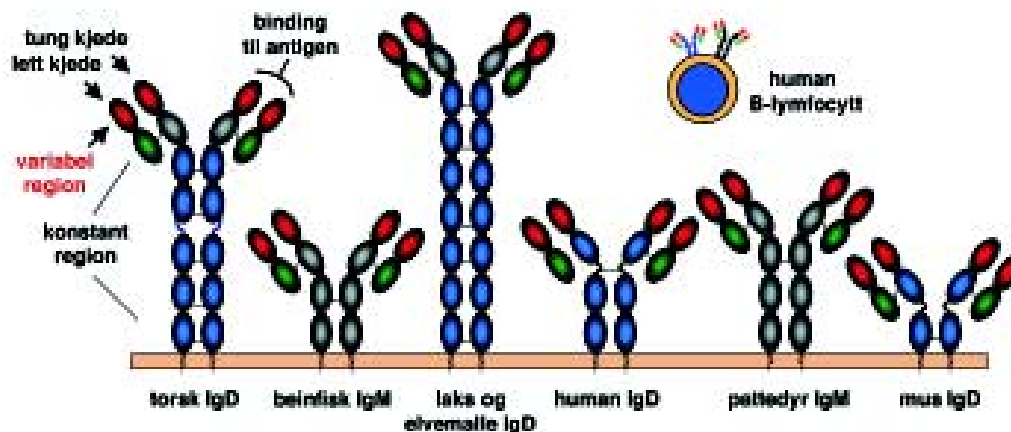
### **Antistoffresponser hos fisk og andre dyregrupper**

Når virveldyr infiseres med virus eller bakterier, vil de som regel svare på dette ved produksjon av antistoffer som binder seg til mikrobene eller store molekyler (proteiner og karbohydrater) fra mikrobene. Dette fører til nøytralisering og eliminering av patogener og toksiner, og antistoffer er således en viktig del av immunapparatet. Jevnvarme dyr kan produsere antistoffer med høy bindingsstyrke (affinitet) til slike fremmedstoffer (antigener). Gjentatt eksponering for det samme antigenet gir som regel en raskere og kraftigere antistoffrespons, og antistoffene får gradvis høyere affinitet ettersom responsen utvikles over tid. Dette kalles ”sekundær antistoffrespons” og er en av mekanismene bak ”immunologisk hukommelse” og ervervelsen av immunitet mot bestemte infeksjonssykdommer hos jevnvarme dyr. Hos vekselvarme dyr som fisk, har antistoffene som regel lavere affinitet til antigenet, og gjentatt eksponering for antigenet gir ikke den typisk kraftige, sekundære responsen som man ser hos jevnvarme dyr. Som regel er den sekundære responsen tilnærmet lik den primære responsen. Som et vekselvarmt dyr har torsk et antistoff-forsvar med flere særtrekk som skiller den fra andre fiskearter som f.eks. laks. Det mest påfallende er at man knapt kan påvise en primær antistoffrespons i serum etter vaksinasjon. Til gjengjeld har torsk, uavhengig av antigeninjeksjon, en langt høyere (ca. 10x) konsentrasjon

av ”antistoffer med ukjent spesifisitet” i serum enn laks. Slike antistoffer betegnes ofte som ”naturlige antistoffer”. At torsk har store mengder av naturlige antistoffer betyr at det ikke er noe galt med selve produksjonen og sekresjonen av antistoffer hos torsk – antistoffproduksjonen lar seg bare ikke induseres ved vaksinasjon. På den annen side kan man likevel oppnå god beskyttelse mot en sykdom som vibriose ved vaksinasjon av torsk. Hvorfor man ikke kan påvise antistoffresponser hos torsk, hva torsken bruker de store mengdene naturlige antistoffer til, og hvilke forsvarsmekanismer som aktiveres ved vaksinasjon av torsk, er noen av de spørsmål man ønsker å besvare. En bedre grunnleggende forståelse av torskens immunapparat kan derfor være avgjørende for å finne effektive metoder til å forebygge sykdom hos oppdrettstorsk, for eksempel ved utvikling av gode vaksiner mot patogener der en god antistoffrespons er sentral, eller ved avlsforskning hvor man kan lete seg fram til stamfisk som har ”gode immunparametre”. Torsk kan også tjene som modellorganisme og oppnå en bedre generell forståelse av immunsystemet hos fisk og pattedyr.

### **Antistoffrepertoaret hos torsk**

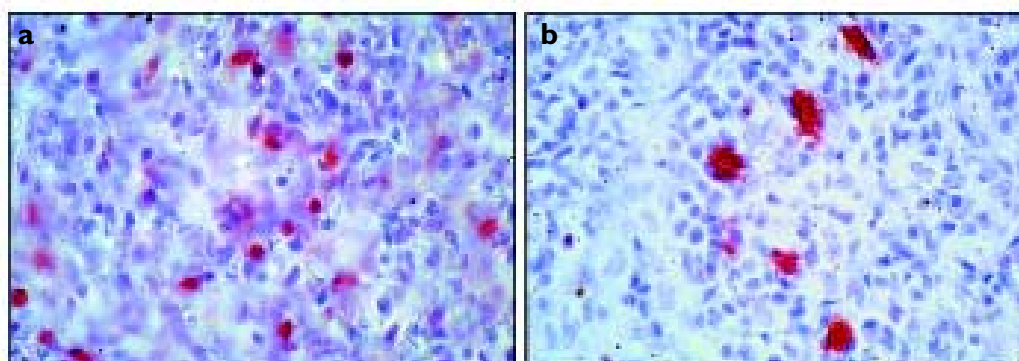
Bindingen til et antigen skjer via den såkalte ”variable regionen” hos antistoffene (Fig. 1). Hver B-lymfocytt produserer antistoffer med en variabel region som er unik, og hele populasjonen av B-lymfocytter uttrykker et repertoar av variable regioner. I teorien skal dette repertoaret dekke alle tenkelige varianter antigener/patogener. En mulig forklaring på den svake antistoffresponsen kan være at antistoffrepertoaret hos torsk er for ”snevert”. Kloning og analyser av mer enn 100 ulike gensekvenser for antistoffenes variable del er derfor utført for å undersøke denne muligheten. Analysene har vist at torsk også her har visse særtrekk sammenliknet med andre arter, bl.a. ved at antistoffer med en variabel region av *en* bestemt gen-familie er sterkt dominerende. Men til tross for dette synes torskens genetiske antistoffrepertoar å være fullt på høyde med det man finner hos andre arter, inkludert enkelte pattedyr. Dette betyr at torsk trolig har et tilstrekkelig genetisk grunnlag for å kunne respondere på vaksinasjon ved produksjon av



**Figur 1** Oppbygging av IgD og IgM antistoff-molekyler hos beinfisk og pattedyr. Antistoffene er i dette tilfellet forankret i celledommen hos antistoff-produserende celler (B-lymfocytter).  
*Structure of IgD and IgM antibody-molecules in bony fish and mammals. The antibodies are, in this case, anchored in the cell membrane of antibody producing cells (B-lymphocytes).*



**Figur 2** Stimulering av B-lymfocytter med antigener fører til at de deler seg (ikke vist) og differensierer til plasmaceller. Mens B-lymfocytterne uttrykker IgM og IgD-molekyler på celleoverflata, produserer plasmacellene sekretoriske antistoffer, i utgangspunktet av IgM-typen, og svært sjelden av IgD-typen.  
*Stimulation of B-lymphocytes with antigen activates cell division (not shown) and differentiation to plasma cells. While B-lymphocytes express IgM and IgD molecules at the cell surface, the plasma cells produce secretory antibodies, initially of the IgM type, and they rarely produce IgD.*



**Figur 3** Påvisning av genuttrykk for overflate IgM, IgD og sekretorisk IgM i celler (milt-snitt) hos torsk. Celler med genuttrykk for overflate IgM og IgD (de røde) er trolig B-lymfocytter (a). Celler med genuttrykk for sekretorisk IgM er trolig plasmaceller (b).  
*Detection of gene expression of surface IgM, IgD and secretory IgM in cells (spleen section) of cod. Cells with gene expression for surface IgM and IgD (red cells) are probably B-lymphocytes (a). Cells with gene expression for secretory IgM are probably plasma cells (b).*

spesifikke antistoffer, og det er følgelig en mulighet for at endringer i vaksinesammensetning/formulering, vaksinasjonsregime, eller i metoden for å påvise antistoffresponser kan gi et annet resultat.

### **IgD**

Mens pattedyr har flere ulike antistoff-klasser, var det lenge en "etablert sannhet" at beinfisk kun har én antistoff-klasse av IgM-typen. Men ved en tilfeldighet ble et gen for en ny antistoff-klasse klonet hos amerikansk elvemalle (*Channel catfish*). Dette genet viste enkelte likhetstrekk med IgD, en antistoff-klasse som tidligere kun hadde vært påvist hos primater (mennesker og aper) og smågnagere (mus og rotter). Like etterpå ble det homologe genet isolert fra atlantisk laks og atlantisk torsk. Til tross for det antatte slektskapet mellom disse genene har IgD hos beinfisk en helt annen oppbygging enn IgD hos mus og menneske, og i tillegg har IgD genet hos torsk en unik oppbygning, ganske ulik den hos laks og elvemalle (Fig. 1).

Funksjonen av IgD hos pattedyr har vært en gåte i lang tid. Det er i dag kjent at B-lymfocytter (de celler som lager antistoffer) hos mus og menneske uttrykker både IgD og IgM-molekyler som reseptorer på celleoverflata (Fig. 2). Når en B-lymfocytt blir stimulert av et antigen (f.eks. en bakterie eller bakterie-komponenter) blir cella aktivert og utvikler seg (deler seg og differensierer) og blir en såkalt plasmacelle som produserer og utskiller store mengder antistoff, i første omgang av IgM klassen (Fig. 2). Plasmaceller hos mus og menneske produserer sjelden antistoffer av IgD-typen, og man tror derfor at IgD hos disse artene i hovedsak er en overflatereseptor på B-lymfocytter og bidrar til å forsterke antistoffresponser. Ved bruk av en metode for å påvise uttrykk av gener (transkripter) inne i celler, ble det vist at torskceller som produserer overflate-IgM og IgD likner på B-lymfocytter (Fig. 3a), mens celler som har gennuttrykk for sekretorisk-IgM likner på plasmaceller (Fig. 3b), helt parallelt med det man finner hos mus og menneske. Til tross for mange forsøk kunne det heller ikke påvises transkripter for IgD-molekyler som kan utskilles (sekretorisk). Disse funn tyder på at IgD-molekylet hos torsk - i likhet med IgD hos pattedyr - i hovedsak har en reseptorfunksjon på overflata av B-lymfocytter. Det kan med andre ord være slik at IgD molekylet har bevart sin funksjon helt siden fisk og pattedyr skilte lag under evolusjonen for ca. 400 millioner år siden.

### **Torskefamilien**

Et naturlig spørsmål er hvorvidt den spesielle strukturen av IgD-genet hos torsk har noen forbindelse med de øvrige særtrekk man finner ved torskens antistoff-forsvar. Et sikkert svar på dette ville kreve framstilling av fisk med et "defekt" IgD-gen. Slike "knock out-teknikker" er svært krevende å etablere, og de har ikke blitt tatt i bruk på fisk ennå. En annen mulighet for å gi et svar på hvilke effekter den spesielle IgD-strukturen har på immunsystemet hos torsk, er å sammenlikne dette immunsystemet med det hos nært beslektede arter. Det er derfor igangsatt et prosjekt for å undersøke antistoff-forsvaret hos andre arter innen torskefamilien. Noen av de spørsmål som ønskes besvart er: har atlantisk torsk et unikt antistoff-forsvar, eller gjelder de særtrekk som har blitt beskrevet for flere arter, eller eventuelt alle torskefisker? Og er det korrelasjon mellom en avvikende antistoffrespons og en avvikende IgD-struktur?

### **Antistoffenes bindingsegneskaper**

Selv om antistoffrepertoaret hos torsk synes å være tilstrekkelig til å kunne gi antistoffresponser, kjenner vi ikke bindingsegenskapene til torskens antistoffer i detalj, og vi vet heller ikke hvilke molekyler (antigener) de naturlige antistoffene kan binde seg til. Tidligere undersøkelser har indikert at torskeantistoffene er mer "klebrige" enn antistoffer fra andre arter, og det har blitt spekulert i at dette kanskje kan forklare de svake antistoffresponserne. Etersom antistoffrepertoaret hos torsk nå er klonet, er det mulig å syntetisere de variable domene (Fig. 1) hos torskeantistoffene og sammenlikne bindingsegenskapene disse har med tilsvarende syntetiske antistoffer fra andre arter. Det er videre igangsatt forsøk for å finne ut mer om hvordan det naturlige antistoffrepertoaret utvikler seg gjennom yngelutviklingen, og eventuelt hvilke molekyler (antigener) de naturlige antistoffene binder seg til. Spørsmål som ønskes besvart er hvorvidt antistoffrepertoaret påvirkes av den bakteriefloraen fisken vokser opp i, hvordan repertoaret eventuelt endres som funksjon av fiskens alder og størrelse, og om det er store individforskjeller. Et negativt svar på disse spørsmålene kan bety at antistoffrepertoaret kun er genetisk forutbestemt, konstant og relativt upåvirket av eksponering for miljøantigener. Dette kan også bety at de naturlig antistoffene hos torsk binder seg til molekyler som fisken selv produserer (selv-antigener). Dette kan avklares ved bruk av ulike genetiske metoder og ved

analyser av immunreaktiviteter av naturlige serum-antistoffer mot fremmedstoffer og ”kroppsegne” molekyler. Sammenlikning av naturlige antistoffer hos atlantisk torsk med tilsvarende antistoffer hos andre torskefisker er også aktuelt. Dersom det viser seg at det ikke lar seg gjøre å påvirke antistoffrepertoaret hos torsk gjennom vaksinasjon eller eksponering for patogener, vil det måtte bety at forebyggende behandling av infeksjonssykdom hos torsk bør rettes inn mot andre immunmekanismer enn de som er basert på gode antistoffresponser.

### **Konklusjon**

Som oppsummering kan man si at vi kjenner en god del grunnleggende trekk ved torskens antistoff-forsvar. Det uspesifikke immunforsvaret og det

spesifikke cellulære (T-lymfocytt medierte) forsvaret har i liten grad vært studert, men det er igangsatt flere prosjekter også på disse områdene. Til tross for mange års forskning på antistoff-forsvaret hos torsk, er spørsmålene langt flere enn svarene. Det er per i dag lite kjent hvor viktige de ulike immunmekanismene er for sykdomsforsvaret hos fisk, men de svake antistoffresponsene hos fisk generelt, og torsk spesielt, kan bety at denne delen av immunforsvaret ikke er den viktigste. Dersom dette er riktig, bør forebyggende behandling av infeksjonssykdom rettes mot det spesifikke cellulære (antistoff-uavhengige) forsvaret ved bruk av dertil egnede vaksiner, eller mot det uspesifikke forsvaret ved bruk av immunstimulanter.

## 4.3

## Forebyggende helsearbeid

## Muligheter og begrensninger ved bruk av vaksiner

Odd Magne Rødseth og Arild Tangerås, Intervet Norbio AS

**Torsk er i ferd med å innta posisjonen som Norges neste oppdrettsart med kommersiell betydning. Med økende etterspørsel og priser fra et voksende marked samt betydelig biologisk og teknologisk fremskritt i arbeidet med å kontrollere, optimalisere og oppskalere produksjonslinjer for produksjon av yngel og matfisk, burde de kommersielle rammene ligge godt til rette for en ny satsing på torsk som oppdrettsart. Imidlertid er oppskalering av yngelproduksjon til industriell skala fremdeles en av de store biologiske flaskehalsen for videre næringsutvikling. Tilgang på settefisk i tilstrekkelige og forutsigbare kvanta vil være en forutsetning for å kunne utnytte potensialet for næringsutvikling. En nøkkelfaktor i dette arbeidet vil være vår evne til å kontrollere ulike smittsomme sykdommer i yngelfasen.**

**Sykdomsforebyggende tiltak**

Oppdrettslaksen var frem til midten av 90-tallet regnet som det mest sykdomsbefengte "husdyr" der gjennomsnittlig 40 % av all sjø satt laks aldri nådde slaktemoden størrelse - på tross av en utstrakt bruk av antibiotika og kjemikalier for å bekjempe sykdommer. I dag betegnes den samme laksen som vårt friskeste husdyr. En tilsvarende god helse-situasjon må være målet for en fremtidig næring basert på torsk eller andre marine arter. Dette forutsetter at vi klarer å videreføre og tilpasse den eksisterende kunnskapsbase vi har når det gjelder hvordan ulike fiske sykdommer opptrer under naturlige feltbetingelser. Med basis i eksisterende kunnskap om smittereservoar, smitteveier og ulike risikofaktorer for spredning og utbrudd av sykdom, bør sykdomsforebyggende tiltak basert på "avoidance"-prinsippet gjennomføres på ulike nivå i næringen. Videre vil opprettelse av sykdomsfrie stamfiskpopulasjoner og en kontinuerlig overvåking av disse være av stor betydning for å hindre spredning av vertikalt overførbare sykdommer via rogn og yngel. Etablering av et systematisk avlsarbeid på stamfiskbestander bør inkludere motstandsdyktighet overfor infeksjonssykdommer som seleksjonskriterium. I tillegg vil en videre-

utvikling av fôrkonsepter som stimulerer og mobiliserer fiskens naturlige immunitet kunne bidra til en generelt høyere motstandsdyktighet overfor sykdommer.

All erfaring viser at det ikke finnes enkle løsninger når en skal oppnå god helsestatus i fiskepopulasjoner produsert i storskala systemer med den nødvendige tetthet og intensitet som kreves for å oppnå en økonomisk forsvarlig drift. Bare ved en kombinasjon av flere virkemidler basert på generelle smittehygieniske prinsipper samt utvikling av effektive vaksiner og vaksinasjonsstrategier kan vi skape en fremtidig bærekraftig torskenering.

**Vaksineutvikling**

Bruk av vaksinasjon som en del av en helhetlig sykdomsforebyggende strategi har vært avgjørende for den positive utviklingen vi har sett innen lakseoppdrett. Spesielt er ulike bakterielle sykdommer nærmest blitt eliminert som tapsfaktor etter at effektive vaksiner ble utviklet og gjort tilgjengelig for næringen.

I likhet med lakseoppdretterne på 70- og 80-tallet vil den første utfordringen for nyetablerte torskoppdrettere i dag være å kunne kontrollere sykdommer forårsaket av vibrio-bakterier. Vibriose hos villtorsk er beskrevet tilbake til begynnelsen av 1900-tallet, og det var således ingen overraskelse at vibriose var det første sykdomsproblemet som ble introdusert da de første torskpollene kom i drift i 1980. Frem til i dag har årlige sykdomsutbrudd forårsaket dødelighet i de anlegg som har satset på yngelproduksjon. Tapet har variert, men i enkelte anlegg er det registrert opp til 90 % dødelighet.

En effektiv immunprofylakse (forebygge sykdommer ved hjelp av vaksiner) vil ha stor betydning for både kvantitet og kvalitet av den yngelen som skal produseres.

Med støtte fra Norges Forskningsråd, har Intervet Norbio i samarbeid med Havforskningsinstituttet gjennom flere år arbeidet med å utvikle effektive vaksiner og vaksinasjonsregimer mot potensielle taps-

bringende infeksjonssykdommer i en fremtidig marinfisknæring i Norge. I arbeidet med vibriosevaksiner har vi hovedsakelig lagt vekt på to områder: (1) Optimal sammensetning/formulering av vaksiner tilpasset fiskeart og geografi. (2) Kartlegging av fiskens evne til å utvikle et tilstrekkelig høyt og vedvarende immunsvare etter vaksiner.

### Valg av vibriostammer til bruk i vaksiner.

Dagens fiskevaksiner mot bakteriesykdommer er basert på inaktiverede helbakterier (bakteriner). Disse fremstilles ved å dyrke opp de sykdomsfremkallende bakteriene i et næringsmedium etterfulgt av inaktivering ved hjelp av tilsetning av f.eks. formalin. For de fleste sykdomsfremkallende vibrio-bakterier synes denne teknologien å gi vaksiner med tilfredsstillende effekt. Spesielt viktig i denne sammenheng er at vaksinerne lar seg administrere ved dypp og/eller bad uten bruk av hjelpestoffer (adjuvanter). Dette har sin bakgrunn i at komponenter med betydning for å indusere beskyttelse er lokalisert i store mengder på bakterienes overflate, og at disse beholder sin struktur og immunologisk aktive funksjon også etter at bakterien er inaktivert. Hovedutfordringen i utviklingen av denne type bakterievaksiner er imidlertid å velge de rette bakteriestammene som skal inkluderes i vaksinen.

*Vibrio anguillarum*, som forårsaker klassisk vibriose, utviser stor heterogenitet med hensyn til biokjemiske og serologiske egenskaper. De serologiske variasjonene gjenspeiler primært kvalitative forskjeller i sammensetningen av immunogene komponenter i bakteriens yttermembran. Det er disse komponentene som gjenkjennes av fiskens immunsystem og utløser en immunrespons. Er man ikke påpasselig og inkluderer de rette serotypene i vaksinerne, risikerer man at vaksinen beskytter mot helt andre typer enn de som forårsaker sykdom. Arbeidet kompliseres av at det så langt er beskrevet 23 ulike serotyper av *Vibrio anguillarum*. De fleste blir imidlertid regnet som miljøstammer uten evne til å forårsake sykdom hos fisk og kan følgelig elimineres som potensielle vaksinstammer. Totalt er 5-6 ulike serotyper beskrevet som sykdomsfremkallende for et stort antall ulike fiskearter.

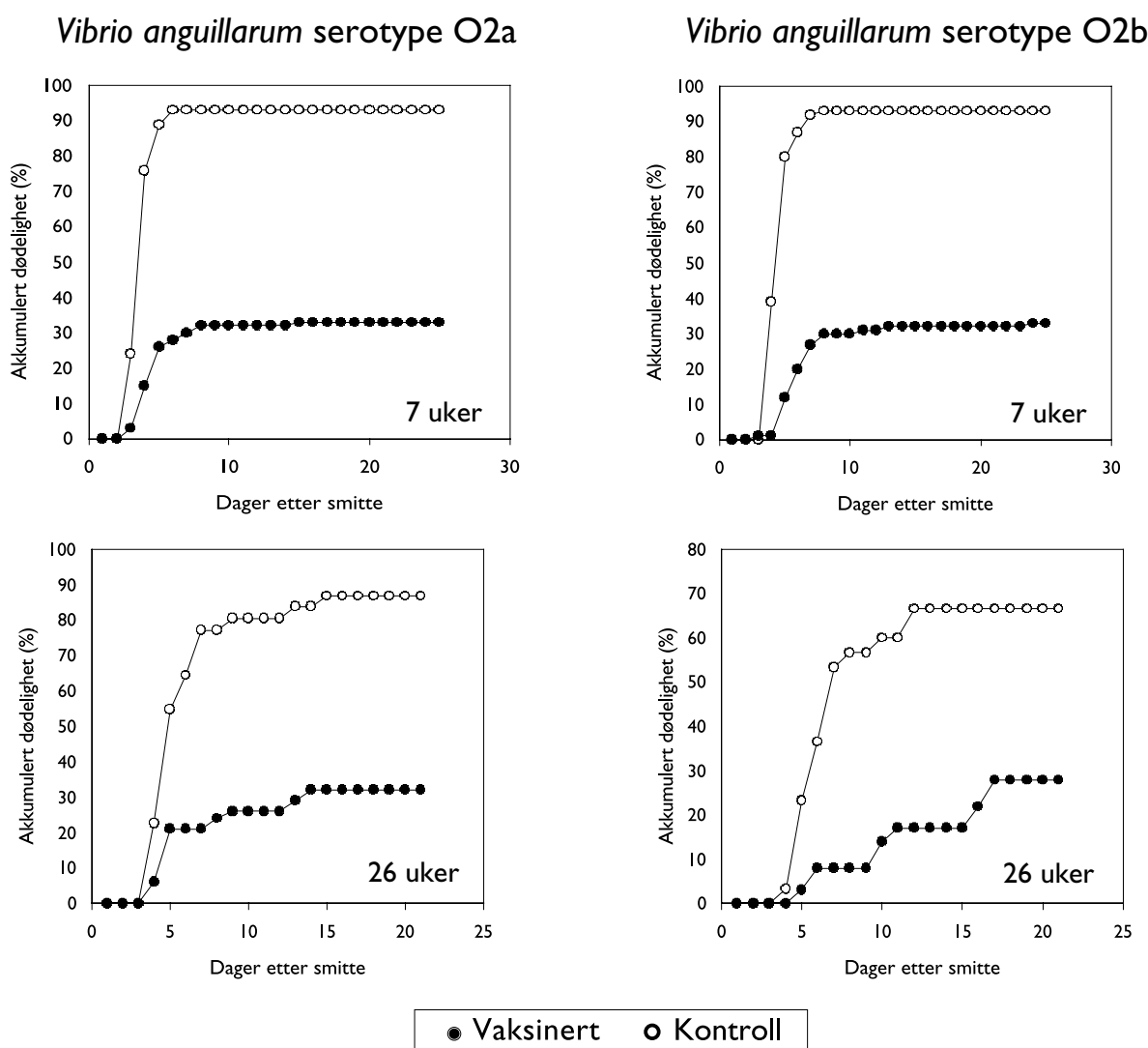
SMITTESTAMME	SMITTEDOSE	TORSK	PIGGVAR
<i>Vibrio anguillarum</i> Serotype	Bakterier/ml	% dødelighet	% dødelighet
O1	1.8 × 10 <sup>7</sup>	0	0
	9.0 × 10 <sup>7</sup>	0	20
	1.8 × 10 <sup>8</sup>	20	50
O2a	1.6 × 10 <sup>7</sup>	100	70
	8.0 × 10 <sup>7</sup>	100	98
	1.6 × 10 <sup>8</sup>	100	98
O2b	2.4 × 10 <sup>7</sup>	100	0
	1.2 × 10 <sup>8</sup>	100	0
	2.4 × 10 <sup>8</sup>	100	0

**Tabell 1** Akkumulert dødelighet hos torsk- og piggvarengel etter smittebelastning med ulike konsentrasjoner av *Vibrio anguillarum* serotype O1, O2a og O2b. *Accumulated mortality among cod and turbot juveniles after challenge with different concentration of Vibrio anguillarum serotype O1, O2a and O2b.*

Som basis for nye vaksiner tilpasset bestemte marine arter er over 100 ulike vibrio-bakterier isolert i forbindelse med kliniske sykdomsutbrudd hos torsk, piggvar og kveite. Innsamlingen strekker seg over en periode på 20 år og omfatter anlegg fra Vesterålen i nord til Arendal i sør. Alle isolatene er grundig karakterisert og kategorisert i henhold til fiskeart, geografi og virulens (evne til å forårsake sykdom). Dette datagrunnlaget danner fundamentet for å kunne gjøre de nødvendige tilpasninger i sammensetningen av vaksiner til marine fiskearter i Norge. Resultatene viser entydig at majoriteten av stammene isolert fra torsk kan types til serotype O2a og O2b. Dette er forskjellig fra det mønster en ser hos piggvar og salmonider der det vesentlig er serotype O1 og til dels O2a som dominerer. Ulike serovarianter av *V. anguillarum* har preferanse for ulike fiskearter, og vaksiner bør derfor baseres på artsegne bakteriestammer. De seroepidemiologiske undersøkelsene er verifisert gjennom virulensstudier, hvor representanter fra serotype O1, O2a og O2b er testet i smittestudier (dose-respons) med torsk og piggvar (Tabell 1).

### Vaksinasjonsregimer

Anadrome fiskearter lever første del av sitt liv i ferskvann. I løpet av denne perioden er ikke fisken eksponert for patogene vibriobakterier (såfremt



**Figur 1** Dødelighet i vaksinerte og uvaksinerte (kontroll) grupper etter smittebelastning 7 og 26 uker etter vaksinering med henholdsvis *Vibrio anguillarum* serotype O2a og O2b.  
*Mortality of vaccinated and non vaccinated groups challenged 7 and 26 weeks post vaccination.*

man ikke benytter sjøvannstilsetning). Fisk som vaksineres får følgende god tid til å utvikle immunitet i et miljø der patogenet man vaksinerer imot ikke er til stede. Marin yngel er eksponert for patogene vibriobakterier i hele sin livssyklus. Vi vet av erfaring at det er de første 6 til 8 måneder etter klekking som er mest kritisk mhp. vibrioseutbrudd. Det er følgende av stor betydning for en effektiv immunprofylakse at man kommer i gang med vaksinering så snart fiskeyngelen har utviklet et immunsystem som lar seg stimulere av en vaksine. Egne forsøk med piggvar samt en rekke publiserte arbeider tyder på at yngel allerede ved ca. 0,5 gram har evnen til å utvikle en viss grad av beskyttelse etter vaksinering. På dette tidspunkt er imidlertid ikke immunsystemet tilstrekkelig utviklet til at "huskefunksjonen" kan bidra til en tilfredsstillende

spesifisitet og varighet av beskyttelse. Det kan likevel være hensiktsmessig å foreta den første vaksinering allerede på dette tidspunktet (0,5-1g) for å redusere risikoen for introduksjon av vibriose på et tidlig tidspunkt i produksjonssyklusen. Det er imidlertid nødvendig å gjenta vaksineringen på et senere stadium (2-4 gram) for å oppnå tilfredsstillende nivå og varighet av beskyttelse gjennom hele yngelstadiet. Det er utført en rekke forsøk som dokumenterer nivå og varighet av beskyttelse etter vaksinering av torsk yngel (Fig. 1). Erfaringer fra enkelte matfiskanlegg viser at et vaksinasjonsregime basert på 1-2 ganger dypp i yngelfase ikke er tilstrekkelig til å opprettholde beskyttelse gjennom hele produksjonssyklusen. Avhengig av smittepresset i matfisklokalitetene, bør en vurdere å stikk-vaksinere fisken på høsten

Størrelse	Vaksinasjonsmetode	
0.5 - 1 gram	Bad (eventuelt dypp)	Fortynning av vaksine: 1:500 Eksponeeringstid: 60-90 min
2 - 5 gram	Dypp	Fortynning av vaksine: 1:10 Eksponeeringstid: 30-60 sek.
20 + gram	Intraperitoneal injeksjon	Injeksjon av 0.1ml vaksine bukhule

**Tabell 2** Anbefalt vaksinasjonsregime for torsk.  
*Recommended vaccination regime for cod.*

før yngelen transporteres til matfiskanlegget eventuelt senvinteren i matfiskanlegget. Basert på dagens kunnskap og erfaring anbefales et vaksinasjonsregime for torsk slik det er oppsummert i tabell 2.

### Generelle smittehygieniske tiltak

Det er viktig å understreke at begrepet beskyttelse benyttet i vaksinesammenheng er et relativt begrep. Man oppnår aldri en absolutt immunitet, men en økt evne til å motstå et smittepress slik at det ikke utvikles klinisk sykdom. Blir smittepresset for stort vil immuniteten brytes. Det vil også være "urettferdig" å sammenligne den beskyttelsen som oppnås gjennom bruk av oljebaserte injeksjonsvaksiner til vaksiner av fullt ut immunkompetent lakseparr på 30-60 gram med en dyppvaksiner av torskkeyngel på 0,5-2 gram. Basert på det faktum at vaksiner mangler adjuvaner (hjelpstoffer), blir administrert ved bad/dypp, samt på et tidspunkt hvor immunsystemet ikke er fullt utviklet, kan man ikke forvente en tilsvarende nivå og varighet av beskyttelse ved bruk av denne vaksinasjonsstrategien. Andre smittehygieniske tiltak vil følgelig ha en relativt større betydning for "torskehelsen".

Det tar normalt minimum 3 til 4 uker etter vaksineringen før yngelen har utviklet beskyttende immunitet. Håndteringsstress i forbindelse med innsamling, transport og vaksinerer kan være utløsende for vibriose. Ofte vaksinerer man populasjoner hvor infeksjonen allerede er etablert, og gjennom håndteringen påføres populasjonen en ekstra stressbelastning som kan utløse et vibrioseutbrudd. En tett oppfølging med daglige observasjoner av populasjonen er derfor svært viktig. Ved forhøyet dødelighet eller endringer i

adferd/apetitt må sykdomsstatus avklares før vaksinerer iverksettes.

En vanlig feil som gjøres ved oppstart av marine yngelanlegg er at man ikke vurderer generelle smittehygieniske aspekter, inkludert praktisk gjennomføring av vaksinerer ved planlegging av driftsstrategi og produksjonslinje/teknologi. Med den erfaringen oppdrettsnasjonen Norge har gjennom laksenæringen, bør vi på dette feltet dra nytte av den kompetanse som er utviklet i ulike forskningsmiljøer samt praktiserende veterinærer/fiskehelsepersonell. Denne kompetansen bør utnyttes allerede i planleggingsfasen og ikke først når sykdom oppstår. Et eksempel på dette er bruk av pollsystemer til ekstensive og semi-intensive oppdrettsmetoder. En aktiv gjødsling av systemet samt fôr/fecesrester representerer en organisk belastning, som sammen med en temperaturøkning utover vår og sommer utvikler seg til "vibriobomber". Så snart pollsystemet har tjent sin funksjon som spiskammer i startforingsfasen er den derfor uegnet både til å oppbevare fisken i og som vannkilde til kar for tilvenning og påvekst.

### Oppsummering

Kontroll av ulike smittsomme sykdommer vil være en nøkkelfaktor for å kunne bygge opp en ny næring med den nødvendige forutsigbarhet når det gjelder kvalitet og kvantitet av torskkeyngel. I dagens situasjon vil en effektiv kontroll av vibriose være av stor betydning for å redusere tapene i tidlig yngelfase. Forskning og utvikling knyttet til vaksiner og vaksinasjonsregimer tilpasset oppdrett av torsk i Norge har fremskaffet resultater som vil redusere tapene forårsaket av vibriose. Resultatene så langt viser at en effektiv forebygging av vibriose bør baseres på:

- Tilpasning av teknologi og driftsrutiner basert på eksisterende kunnskap om generelle smittehygieniske prinsipper.
- Utvikling av spesialtilpassede vaksiner der artsegne vibriovarianter inkluderes i vaksinen.
- Vaksinasjonsregimer basert på to til tre vaksinasjoner på ulike tidspunkt i produksjonssyklusen.

## 4.4 Parasitter hos torsk - hvilke problemer kan man møte i et fremtidig torskeoppdrett?

Frank Nilsen, Havforskningsinstituttet

**Hos torsk er 107 arter parasitter kjent. Mange av disse er bare kjent fra spesielle geografiske områder, mens andre er funnet i torsk i de fleste områdene som har vært undersøkt. En av årsakene til det høye antallet arter som er kjent fra torsk skyldes en variert føde og stor geografisk utbredelse. Kommersielt torskeoppdrett er i oppstartfasen og det er enda for tidlig å si hvilke arter som vil utgjøre et problem i fremtiden. Man kan likevel komme opp med noen sannsynlige kandidater basert på erfaring fra andre oppdrettsarter og med utgangspunkt i biologien til parasitter som er funnet på villtorsk. I lakseoppdrett er det i dag lakselus som utgjør det største problemet, og da torskefisk har sine egne lusarter, er det nærliggende å forvente at disse kan skape problemer også i et fremtidig torskeoppdrett. I tillegg kan bruk av levendefor, særlig naturlig zooplankton, utgjøre en innfallsport for parasitter med mellomvert eller ved at parasitter med planktoniske larver kan komme inn sammen med føret.**

### Parasitter på yngel

En potensiell innfallsport for parasitter med mellomvert er via føret. Starvføring av torsk foregår i stor grad ved bruk av plankton, og dersom man benytter naturlig zooplankton kan dette føre til introduksjon av flere ulike parasittgrupper. Undersøkelser av oppdrettet torskeyngel har vist at man kan finne flere ulike arter flatmark, rundorm og bendelmark. For større fisk utgjør disse normalt ikke et problem for verten, men situasjonen er mer dramatisk for yngel som kan bli svekket eller dø som følge av slike infeksjoner. Forebyggende tiltak er nøkkelen her, og man kan unngå problemer ved å ikke benytte naturlig plankton. Parasittiske krepsdyr har planktoniske larver og disse kan bli introdusert sammen med zooplankton eller via inntaksvannet. Flere arter (*Caligus elongatus*, *Clavella adunca* og *Holobomolocus confusus*) er funnet på torskeyngel i oppdrett. Det er kjent at larver av parasittiske krepsdyr kan forårsake dødelighet på larver og yngel av marin fisk.

Noen ektoparasitter, særlig flagellater og ciliater er typiske yngelsykdommer. Direkte livssyklus gjør at man lett kan spre smitte fra fisk til fisk og for eksempel til nye kar med fisk. Tre arter *Trichodina* er kjent fra torsk, og på oppdrettstorsk (yngel) har man i Norge påvist *T. cooperi* på huden. Trichodinainfeksjoner er relativt enkle å behandle med formalin. Flagellaten *Ichthyobodo* sp. ("costia") er også påvist på oppdrettstorsk i Norge. Parasitten forekommer særlig på gjeller og kan forårsake relativt store skader dersom man ikke behandler. Formalinbehandling er normalt effektiv mot costia.

På oppdrettet torskeyngel har man påvist en mikrosporidie, sannsynligvis *Pleistophora gadi*. *Pleistophora gadi* er beskrevet fra torsk i Barentshavet og den infiserer skjelettmuskulaturen. Mikrosporidier er intracellulære parasitter som utnytter og endrer vertscellen i stor grad, og cellefunksjonene blir styrt av parasitten. Infeksjoner i torskeyngel er synlige som kuler i huden fylt opp med sporer og andre utviklingsstadier til *P. gadi*. Infisert fisk vil mest sannsynlig dø og det finnes ingen behandling. Man antar at denne typen mikrosporidier har en direkte livssyklus med smitte fra fisk til fisk.

### Øvrige parasitter

Parasitter som ikke har mellomvert er generelt de som forårsaker størst problem i fiskekultur. Av de parasittgruppene som er kjent fra torsk er det særlig to man kan forvente å skape problemer i oppdrett. Lus er nevnt og i tillegg er torsk vert for minst sju arter *Gyrodactylus*.

### *Gyrodactylus*

Problemene med *G. salaris* på laks i norske vassdrag illustrerer klart hvor alvorlig infeksjoner med denne typen parasitter kan være. *Gyrodactylus* smitter direkte fra fisk til fisk og føder levende unger. Disse ungene er gravide ved fødsel. Dette gjør at de har et svært stort reproduksjonspotensial, særlig i oppdrett der man har en høy tetthet av potensielle verter. På torsk er det forskjellige arter *Gyrodactylus* som infiserer blant annet huden og gjellene. I

torskeoppdrett er det rapportert om sykdomsutbrudd som følge av *Gyrodactylus*-infeksjon på gjellene. I oppdrettssammenheng kan man behandle med formalin, men man må da ofte benytte gjentatte behandlinger, med høy dose (høyere konsentrasjon enn 1:4000) og så lang behandlingstid som mulig. Dette kan i enkelte tilfeller gå hardt utover fisken.

### ”Torskelus”

Torsk er vert for flere ulike arter parasittiske copepoder og noen av disse omtales her. På gjellene kan man finne ”torskens gjellemark” (*Lernocera branchialis*) og på huden er ”torskelus” – *Caligus curtus* og ”skottelus” – *Caligus elongatus* vanlige. I tillegg kan man finne *Clavella adunca* på hud, finner og gjeller. Torskens gjellemark er avhengig av en mellomvert for å fullføre livssyklusen, mens de to *Caligus*-artene har en lignende livssyklus som lakselusa. Med utgangspunkt i problemene lakselus har skapt, er det nærliggende å forvente at en eller flere av disse artene kan komme til å skape problemer i torskeoppdrett. Det har allerede vært rapportert om infeksjoner med *C.*

*curtus* og *C. elongatus* på oppdrettstorsk. Skader de to *Caligus*-artene kan forårsake vil sannsynligvis ligne på de man får av lakselus på laksefisk. Behandlingsmetodene vil også være de samme som man i dag benytter mot lakselus. Torskens gjellemark har en spesiell morfologi der bare deler av dyret er synlig fra utsiden. Hoderegionen på parasitten er inne i selve fisken og går helt inn i torskens hjerte. Stor torsk som har flere gjellemark kan bli anemiske.

Størrelsen på fisken har ofte betydning for hvor mange parasitter en fisk kan håndtere uten større problemer. Da torsk er en marin art, kan man forvente en del andre problemer enn de man har sett i oppdrett av laks som har den første fasen av livet i ferskvann. Smittemessig er det en fordel at livssyklusen er delt mellom ferskvann og sjø. Dette betyr at hele spekteret med parasitter er tilgjengelig gjennom hele livssyklusen hos torsk. Det betyr igjen at parasitter som normalt er antatt å være ”ufarlige” kan, dersom de for eksempel infiserer yngel og små fisk, utgjøre et alvorlig problem.

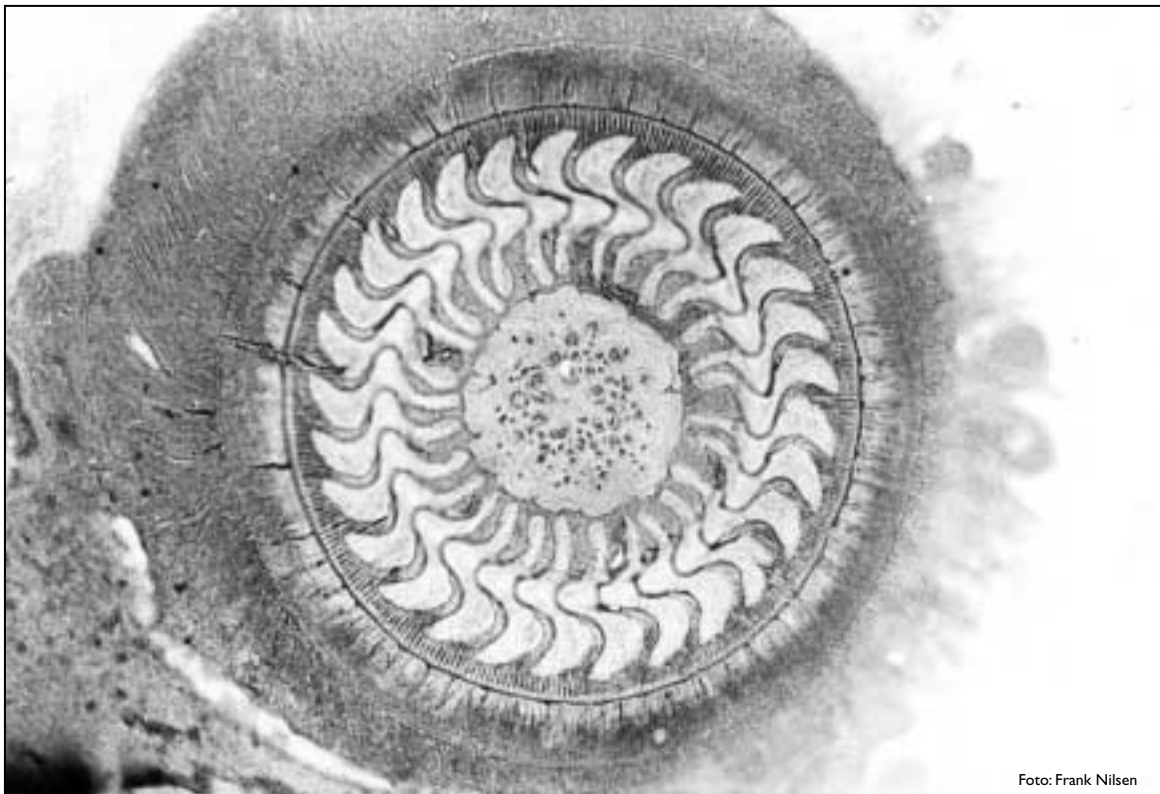


Foto: Frank Nilsen

**Figur 1** Flere arter *Trichodina* er kjent fra torsk. På oppdrettstorsk har man mellom annet funnet *Trichodina cooperi*. Bildet viser sølv impregnert *Trichodina hippoglossi* fra kveite. Several species of *Trichodina* are known from cod. From farmed cod *Trichodina cooperi* has been recorded. The picture shows a silver impregnated *Trichodina hippoglossi* from Atlantic halibut.



Aglen, Asgeir Akse, Leif Andreassen, Johan	Havforskningsinstituttet, asgeir.aglen@imr.no Fiskeriforskning, leif.akse@fiskforsk.norut.no Villa Miljølaks AS, johan@leppefisk.no
Bergh, Øivind Bleie, Hogne Bolla, Sylvie Borthen, Jørgen Brattgjerd, Tore	Havforskningsinstituttet, oivind.bergh@imr.no Veterinærinstituttet Bergen, hogne.bleie@vetinst.no Norway Marine Culture AS, sylvie.bolla@panmarine.no Norsk Sjømatsenter Bergen, borthen@sjomat.no Kontali Analyse, tore.brattgjerd@kontali.no
Drengstig, Asbjørn	Norwegian Lobsterfarm AS, asbjorn.drengstig@norwegian-lobster-farm.com
Harboe, Torstein Hjeltnes, Brit Hovgaard, Peter	Havforskningsinstituttet, torstein.harboe@imr.no Havforskningsinstituttet, brit.hjeltnes@imr.no Høgskolen i Sogn og Fjordane, peter.hovgaard@anf.hisf.no
Jørstad, Knut E.	Havforskningsinstituttet, knut.jorstad@imr.no
Karlsen, Ørjan Kjesbu, Olav Klakegg, Øystein Kristiansen, Tore S. Kvenseth, Per Gunnar	Havforskningsinstituttet, orjan.karlsen@imr.no Havforskningsinstituttet, olav.kjesbu@imr.no Kontali Analyse, oystein.klakegg@kontali.no Havforskningsinstituttet, tore.kristiansen@imr.no Norsk Sjømatsenter, Bergen, kvenseth@sjomat.no
Mortensen, Stein	Havforskningsinstituttet, stein.mortensen@imr.no
Nilsen, Frank Norberg, Birgitta	Havforskningsinstituttet, frank.nilsen@imr.no Havforskningsinstituttet, birgitta.norberg@imr.no
Olsen, Anne Berit Opstad, Ingegjerd, Otterå, Håkon	Veterinærinstituttet Bergen, anne-berit.olsen@vetinst.no Havforskningsinstituttet, ingegjerd.opstad@imr.no Havforskningsinstituttet, hakon.ottera@imr.no
Rødseth, Odd Magne	Intervet Norbio AS, Bergen, OddMagne.Roedseth@intervet.com
Slinde, Erik Stenvik, Jørgen Strand, Øivind	Havforskningsinstituttet, erik.slinde@imr.no Universitetet i Tromsø, joergens@nfh.uit.no Havforskningsinstituttet, oivind.strand@imr.no
Tangerås, Arild Taranger, Geir Lasse Torrissen, Ole	Intervet Norbio AS, Bergen, Arild.Tangeraas@intervet.com Havforskningsinstituttet, geir.lasse.taranger@imr.no Havforskningsinstituttet, ole.torrissen@imr.no
Waagbø, Rune	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, rune.waagbo@nutr.fiskeridir.no
van der Meeren, Terje	Havforskningsinstituttet, terje.van.der.meeren@imr.no