

# Betydningen av lys og temperatur på vekst og smoltifisering hos lakseunger fra oppdrettsstamme og villstamme

Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson, Universitetet i Bergen

## Bakgrunn og motivasjon

Bruk av lys i settefiskfasen har vært grunnlaget for den differensiering av smoltproduksjonen som har funnet sted i Norge de siste ti årene. Tidligere prosjekter finansiert av NFFR, NTNF og igangværende prosjekter under Norges forskningsråd har støttet denne forskningen. Erfaringer med liknende produksjonsregimer, som bl.a. inkluderer bruk av kontinuerlig lys i deler av parrstadiet fra andre laksestammer, viser at laks av ulikt opphav responderer forskjellig på lysstimulering. Slike forskjeller kan skyldes tilpasninger til forskjellige breddegrader og dermed lysperioder, men det er også forhold som taler for at norske avlsprogram kan ha endret (styrket) laksens forutsetninger for å respondere på slik lysstimulering. Hensikten med delprosjekt 2 har vært å gi en komparativ beskrivelse av de grunnleggende fysiologiske og vekstmessige effektene av lysstimulering i de tidlige fasene av smoltifisering hos lakseunger fra oppdrettsstamme og villstamme.

## Metode

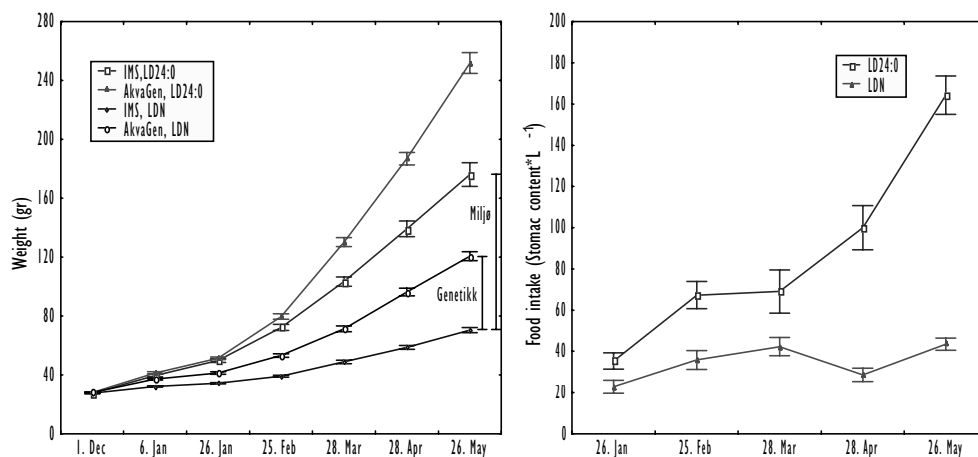
Dette forsøket besto av et 2 X 2 faktorielt design hvor en varierte både genetisk bakgrunn (AkvaGen og Imsa-stamme) og lyssignal (LDN og LD24:0) under smoltifisering. Forsøket startet i januar samtidig som de ulike eksperimentelle gruppene ble etablert. Villfisk ble hentet inn fra NINA sin forskningsstasjon på Ims mens oppdrettsfisk kom fra Nutreco ARC sin forskningsstasjon på Lerang. Alle fiskene var individuelt merket (Carlinmerker) for studie av individuelt vekstmønster. Under hele forsøket ble fiskene fôret med et spesialfôr som inneholdt røntgentette kuler. Dette muliggjorde direkte måling av individuelt fôrøptak på levende fisk ved hjelp av røntgen-

fotografering. Fysiologiske prøver ble tatt hver 14. dag under hele ferskvannsfasen i den hensikt å gi en komparativ beskrivelse av smoltifiseringen hos vill og oppdrettet smolt. Prøvene omfattet måling av GH og gjelle  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase-aktivitet.

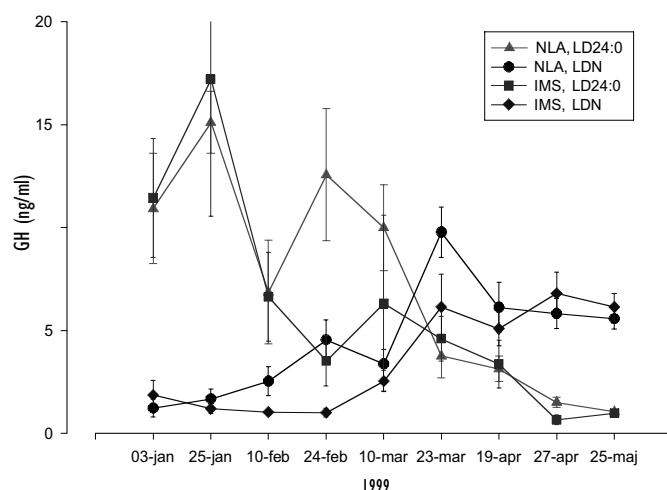
## Resultat

### Vekst og fôrinntak

Resultatene fra forsøket viste klare signifikante forskjeller i vekst både mellom stammene og som følge av lysbehandlingen (LDN og LD24:0, Figur 1A). Videre viste resultatene ingen forskjell i fôrinntak mellom stammene, men heller en klar sammenheng mellom bruk av kontinuerlig lys og inntak av fôr (Figur 1B). M.a.o. at årsaken til at fiskene som gikk på LD24:0 vokste signifikant bedre enn LDN-gruppen trolig skyldes at bruk av tilleggslis stimulerer fiskene til et høyere fôrinntak. Et annet interessant aspekt med resultatene er å sammenlikne effektene av genetikk mot effekten av kontinuerlig lys med tanke på vekst. Generelt viser resultatene at oppdrettsstammen vokser bedre enn villstammen under de samme lysbetingelser. Splitter en imidlertid lysgruppene, og sammenlikner villfisk under konstante lysbetingelser med oppdrettsfisk som går på naturlig lys, viser våre resultater at effekten av å bruke kontinuerlig lys mht. vekst, er mer enn dobbelt så stor som den registrerte forskjell i vekst mellom de to stammene.



Figur 1A og 1B Vekst og fôrinntak hos smolt fra Imsa og AkvaGen under to ulike lysbetingelser.



**Figur 2** Veksthormon-nivå hos smolt fra lmsa og AkvaGen under to ulike lysbetingelser.

#### Veksthormon

Under naturlige lysbetingelser ble det for begge stammene observert en signifikant økning i veksthormon (GH) i perioden under smoltifisering (Figur 2). Hos fisken som gikk på kontinuerlig lys ble det derimot registrert en signifikant økning i GH-nivå de første ukene etter lypåslag, hvorefter GH-nivået sank signifikant frem til forsøket ble avsluttet den 25. mai. Det ble ikke funnet noen forskjeller i GH mellom stammene innen hver lysgruppe.

Prøvene som omfatter måling av gjelle  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase-aktivitet er fremdeles under analyse, og vil derfor bli presentert i forbindelse med publisering.

#### Diskusjon

Resultatene fra forsøket viste en klart bedre vekst

hos oppdrettsstammen i tillegg til at bruk av konstant lys ble funnet å ha en klar positiv effekt på vekst. Det ble imidlertid ikke registrert noen forskjell i fôrinntak mellom stammene, men heller en klar sammenheng mellom bruk av lang dag og inntak av fôr. M.a.o. var årsaken til at fiskene som gikk på konstant lys, vokste bedre enn gruppen på naturlig lys sannsynligvis at bruk av tilleggslys stimulerer til et høyere fôrinntak. I hvilken grad det økte fôrinntaket hos lysgruppen er koblet til den observerte GH-responsen i gruppen er usikkert.

En annen interessant tolking av resultatene fra forsøket finner en ved å sammenlikne effektene av genetik mot effekten av kontinuerlig lys med tanke på vekst. Generelt viser resultatene at oppdrettsstammen vokser bedre enn villstammen under ellers like lysbetingelser. Splitter en imidlertid lysgruppene og sammenlikner villfisk under konstante lysbetingelser med oppdrettsfisk som går på naturlig lys, så viser resultatene at effekten av kontinuerlig lys mht. vekst, er mer enn dobbelt så stor som den registrerte forskjellen i vekst mellom de to stammene. I norsk oppdrettsnæring har en de siste ti årene sett at smoltstørrelsen ved utsett har økt fra ca. 50 til 120 g. I samme periode har også oppdrettstiden i ferskvann blitt betydelig kortere. Våre resultater tyder på at årsaken til denne fremgangen skyldes en kombinasjon av avl og ikke minst optimalisering av oppdrettsmiljøet, herunder bruk av både lys og oppvarmet vann i tidlig fase samt under smoltifisering. I tillegg til disse faktorene bør en også ta med at en de siste årene har hatt en betydelig utvikling av nytt og bedre fôr, hvilket også bidrar til å forklare den høye veksten til dagens smolt.

## Fôringredienser dyrket på landjorda?

Camilla Røsjø, AKVAFORSK

***I dag lever oppdrettslaksen i hovedsak på fiskemel og -olje. Hvorfor ikke fôre vårt største husdyr med korn og andre plantevekster som er tilpasset fisk?***

Vi var det første landet i verden som brukte landbrukskompetanse til å utvikle oppdrettsnæringen. Kunnskap innen husdyravl, husdyrnæring og dyrehelse var forutsetningene for det industrielle eventyret som har gjort fisk til vårt største husdyr. Det ga gevinst. Gjennom et prosjekt initiert av NLH, AKVAFORSK, MATFORSK og PLANTEFORSK vil miljøet på Ås nå jobbe mot et annet felles mål – norske fôringredienser. Landbruksministeren var den første til å velsigne og støtte denne satsingen. All landbrukskompetanse som er mulig å oppdrive vil være nødvendig og relevant i denne sammenheng.

### ***Ingenting skal være uprøvd***

Fôr til oppdrettsfisk er hovedsakelig basert på fiskemel og fiskeolje. Én kilo tilvekst hos oppdrettsfisk krever ca to kilo marint fôrstoff. Produksjon av fiskemel og -olje er blant annet sterkt regulert av fiskekvoter, samtidig som den globale oppdrettsnæringa stadig ekspanderer, noe som kan medføre en mangel på fiskemel og -olje i fremtiden. Utvikling av nye fôrmidler vil derfor være helt avgjørende for fortsatt vekst i oppdrettsnæringen. Det finnes flere aktuelle nye fôrmidler basert på høsting av marin planteproduksjon, proteinproduksjon fra naturgass, landbruksbaserte vekster og utnytting av bioavfall fra skog- og landbruk, som kan videreutvikles til å dekke underskuddet. Dette krever imidlertid flere års nitidig forskning på mange områder, blant annet innen landbrukssektoren.

### ***Planter tilpasset fiskemagen***

Når sant skal sies, brukes allerede både hvete, mais og soya i laksefôr. Disse fôrmidlene er

imidertid basert på eksisterende planteproduksjon myntet på menneskefôde eller som fôrmiddel til tradisjonelle husdyr. Gjennom et århundrelangt systematisk sortsarbeid, planteforedling og utvikling



Ved at miljøet på Ås jobber sammen, vil det være mulig å dyrke ingredienser til fiskefôr i Norge, tror Per Olav Skjervold, NLH, (t.v.), Camilla Røsjø, AKVAFORSK og Øistein Jakobsen, MATFORSK. (Representanten fra PLANTEFORSK var ikke til stede).

av dyrkingsteknikker, er plantene tilpasset human- og husdyrnæring. Dette er ikke nødvendigvis det beste utgangspunktet for å utnytte plantematerialet til fiskefôr. Et av delmålene i prosjektet er derfor å undersøke mulighetene for systematisk sortsarbeid, planteforedling og utvikling av dyrkingsteknikker for å produsere fiskefôr.

### ***Fakta om forprosjektet***

Forprosjektet gjennomføres som et samarbeid mellom Norges landbrukshøgskole (instituttene for plantefag, husdyrfag, kjemi/bioteknologi, tekniske fag og økonomi/samfunnsfag), MATFORSK, AKVAFORSK og PLANTEFORSK. Forprosjektet løper i tiden 1. november 2000 til 31. desember 2001. Seniorforsker Grete Skrede på MATFORSK er ansvarlig prosjektleder. En styrings- og referansegruppe er under oppbygging.

Målene for forprosjektet er følgende:

- Kartlegge eksisterende kunnskap om laksefôrbetegnelse i forhold til alternative landbruksbaserte råvarekilder (vegetabler, alger, zooplankton, bioprotein osv.)

- Utarbeide "kravspesifikasjon" som grunnlag for å vurdere ernæringsmessig egnethet hos de ulike landbruksressurser.
- Utarbeide oversikt over aktuelle fôrprodukter og mulighetene for optimalisering/tilpassing av disse gjennom systematisk planteforedling, endrede produksjonsprosesser osv.
- Beskrive forventet markedspotensial for ulike fôrmidler
- Vurdere muligheten for genetisk tilpassing av laksefisk til nye fôrmidler ved for eksempel seleksjon.

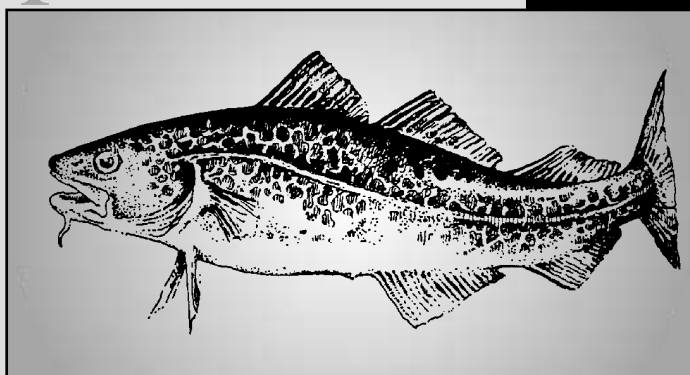


I løpet av forprosjektet skal det dessuten initieres tre konkrete FoU-prosjekter i samarbeid med næringslivet.

Endelig skal det utarbeides en konkret handlingsplan for selve hovedprosjektet (2002-2007).

# Kapittel 2

## Marin fisk



Markedet i 2000 for marin fisk

## Torsk – den nye store oppdrettsarten

Håkon Otterå, Havforskningsinstituttet

***I løpet av de siste par årene har interessen for oppdrett av torsk endret seg radikalt, fra å være et uinteressant område til kanskje det "hotteste" satsingsområdet for norsk havbruk. Årsaken til denne endringen i interesse er nok sammensatt; kunnskapen om torsk som oppdrettsfisk er forbedret, og markedsutsiktene for hvitfisk generelt og torsk i særdeleshet er svært gode. Den viktigste årsaken er likevel trolig at norsk oppdrettsnæring er inne i en gullkantet periode, med store overskudd innen lakseoppdrett og generell optimisme. Samtidig synes ekspansjonsmulighetene innen lakseoppdrett å være begrenset. Mange ser seg derfor om etter nye bein å stå på, og har funnet svaret i torskeoppdrett. I motsetning til for eksempel kveite har torsk trolig potensial til å bli en volum-art. Dette innebærer at en har et stort marked i tonn, men at en må produsere fisken med lave kostnader.***

### **Biologiske flaskehals**

Biologisk har en behersket oppdrett av torsk i liten skala i 10-15 år. Skal en derimot produsere større mengder torsk til lave kostnader, er det en del igjen å gjøre. Dette gjelder særlig innen yngelproduksjon, men også matfiskfasen og helsesiden vil måtte vies betydelig oppmerksomhet. Et viktig område som avl har til nå manglet totalt.

Innen yngeloppdrett vil følgende faktorer være av særlig stor betydning:

- Helårlig yngelproduksjon; for å få lønnsom drift av intensive yngelanlegg er en avhengig av å utnytte anlegget gjennom hele året, ikke bare under den naturlige gyteperioden om våren. Gytetidspunktet for torsk kan påvirkes med lysregimet. Innledende forsøk ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000 viser at det er relativt lett å produsere torskelarver også om høsten.
- Tilpasning av levendefôrproduksjon; produksjon av rotatorier og *Artemia* foregår i stor grad etter standardprosedyrer for de fleste fiskearter. En tilpasning av anrikingsmedier til torsk vil likevel være nødvendig.
- Korte ned perioden der levende fôr er

nødvendig; i dag er bruk av levende fôr (rotatorier etterfulgt av *Artemia*) nødvendig innen oppdrett av torsk og andre marine arter. En tidligere overgang til formulert fôr kan i første omgang gjøre bruken av *Artemia* overflødig, og dermed forenkle produksjonsteknologien.

- En generell optimalisering av oppdrettsforholdene (fôringsregime, vannutskifting, karutforming, etc.) vil være nødvendig for å få god vekst og overleving, og samtidig produsere yngelen ved høye nok tettheter til å gi lønnsom drift. Småskalaforsøk utført i USA viser at torskelarver kan startfôres ved opptil 300 larver pr. liter, og allikevel gi brukbar vekst og overleving. Greier en dette også i stor skala, kan en langt på vei sammenligne seg med det en oppnår med arter som sea bass.
- Automatisering og teknologitilpasning; behovet for manuelt arbeid kan fort bli stort innen yngeloppdrett dersom en ikke har gode nok tekniske løsninger. Dette gjelder både innen levendefôr-produksjon, utfôring, kar-rengjøring, sortering og forflytning av yngel. På dette området er det nok mye å lære av intensive anlegg for andre arter, selv om en i Norge nok må gå enda lenger i automatiseringen enn i Sør-Europa der lønnsnivået er lavere.

For å lykkes med intensivt yngeloppdrett trenger en rikelig med kapital, men også tålmodighet og et perspektiv utover et par år. Selv om utsiktene synes lovende er det mange biter som skal på plass. Når mange snakker om å overføre sea bass/sea bream-teknologi fra utlandet til torsk, må en være klar over at svært mye av det som har vært gjort innen forskning på oppdrett av torsk har skjedd i Norge, og at det neppe er noe ukjent teknologi innenfor andre arter. Teknologien er mye av den samme både for torsk, kveite, piggvar, sea bass og andre marine arter, men variasjoner og tilpasninger må til. Når det derimot gjelder oppskalering og drift av fullskalaanlegg, er det ting å lære fra andre land. Overgangen fra å få det til i liten skala til å få funksjonelle anlegg som kan produsere millionvis av yngel er krevende, og vil ta tid. Utviklingen av yngeloppdrett vil neppe skje ved de

store gjennombrudd, men heller gjennom de små detaljer. For å lykkes er det mange detaljer som må stemme – hver dag. Det er ikke mangel på kunnskap som gjør at vi i dag ikke har kommersiell intensiv yngeloppdrett av torsk, men heller mangel på tålmodighet og utsikter til marginal lønnsomhet.

Torsk i oppdrett vil i de aller fleste tilfeller bli kjønnsmoden to år etter klekking. Den vil da være i minste laget for salg, og oppdretteren vil tape flere måneder med tilvekst. Dette kan være avgjørende for lønnsomheten til torskeoppdrett. Ved bruk av kunstig tilleggsllys har en greid å utsette kjønnsmodningen med ett år i innendørs forsøk. Det er også indikasjoner på at dette vil lykkes i storskala merdoppdrett innen få år. Ved siden av tidlig kjønnsmodning har kvalitetsproblemer tidligere vært sett på som et problem for oppdrettstorsk. Ved bruk av for fett fôr vil torsken få en stor lever, som både kan virke skjemmende estetisk og redusere filetutbyttet. Oppdrettstorsk har også ofte en mørk skinnfarge, som i noen markeder anses som tegn på dårlig kvalitet. Oppdrettstorsk har i tillegg vært dårlig egnet til fryselagring. Utvikling av bedre fôrtyper til torsk vil ventelig gjøre at disse problemene kan løses relativt raskt.

Pr. i dag har vibriose vært den eneste sykdommen som har skapt større problemer for torskeoppdrett. Selv om yngelen blir vaksinert er det en betydelig dødelighet, særlig i yngelfasen. En overgang til intensivt yngeloppdrett med effektiv vannbehandling vil forhåpentligvis redusere problemene med vibriose hos torsk. Etter hvert som oppdrett av torsk øker i omfang, vil nok også andre sykdommer gjøre seg gjeldende. Det er liten grunn til å tro at torskeoppdrett skal bli forskånet for dette. På den andre siden står en i dag langt bedre rustet til å takle sykdommer enn en gjorde under oppbyggingen av lakseoppdrett i Norge.

Den faktoren som raskest kan gi oppdrett av torsk et hopp framover er avlsarbeid. Dette har ennå ikke startet opp for torsk, selv om en allerede har en del grunnlagsmateriale fra ville bestander tilgjengelig. Spredningen i for eksempel vekstegenskaper blant oppdrettstorsk er svært stor, og genetiske faktorer er helt sikkert av stor betydning. Avlsarbeidet med torsk vil bli sterkt forenklet med bruken av moderne DNA-metoder, som allerede er utviklet for torsk. En kan da ha fisk fra forskjellige foreldre i det samme karet eller merden, og ved hjelp av DNA-fingerprinting finne fram til foreldrene til de fiskene

som har best vekst eller andre ønskede egenskaper. Det pågår allerede i dag forsøk der denne metoden blir benyttet på torsk (<http://macom.imr.no>).

### **Vekst og styring**

En rask vekst i torskeoppdrett er i de nærmeste årene begrenset av mengden yngel som er tilgjengelig. I 2000 ble det produsert ca. 500.000 torskkeyngel i Norge, hovedsakelig med ekstensive/semi-ekstensive metoder. Dette tilsvarer ca. 1500 tonn tre kilos fisk i 2003, noe som er i samsvar med produksjonsmålene som ble lagt i prosjektet “Sats på torsk – 1999-2002” i regi av Norsk Sjømatsenter. Det er bred enighet om at skal en komme over på en industriell skala når det gjelder yngelproduksjon, må en over på intensive produksjonsformer, etter mønster fra andre marine arter (sea bass, sea bream). Det er nå en storstilt satsing på dette området i Norge. Et titalls selskap har uttrykt at de vil satse på yngeloppdrett av torsk, og flere er allerede i gang med prosjektering og utbygging. Et fullskala intensivt yngelanlegg krever relativt store investeringer og vil måtte basere seg på helårig yngelproduksjon og store produksjonsvolum for å bli regningssvarende. En kan i løpet av en femårsperiode “risikere” å ha ti intensive yngelanlegg med en samlet produksjonskapasitet på 20-100 millioner yngel pr. år.

For å fortsette dette tankeeksperimentet vil en i 2008 ha 60.000-300.000 tonn oppdrettstorsk på markedet. Det er opplagt at slik vil det neppe gå. Eksporten av laks fra Norge var i 2000 ca 400.000 tonn, et volum det har tatt ca 30 år å bygge opp. Utviklingen for torsk kan likevel gå betydelig fortere enn for laks, mye av lakseteknologien kan nærmest overføres direkte til torskeoppdrett, kapitaltilgangen er god, og markedet ligger der. Lozowick Market Research anslo for eksempel i høst en produksjon av 50.000 tonn oppdrettstorsk i Storbritannia i 2010. Torskeoppdrett vil også konkurrere med laks og annen oppdrettsfisk om fôrkilder, og antall lokaliteter til matfiskoppdrett vil fort bli begrensende. Videre vil oppdrettstorsk til dels måtte konkurrere med villfanget torsk og andre fiskearter både fra oppdrett og fangst på markedet. Potensialet for oppdrettstorsk vil naturlig nok til syvende og sist bli bestemt av produksjonskostnadene. Skal de store markedene være reelle må en betydelig ned i produksjonskostnader, trolig godt under det en har for laks i dag. En må også påregne konkurranse fra utlandet, både Storbritannia og Canada er i gang med pilotskala-produksjon av oppdrettstorsk. Norge bør likevel,

særlig på matfisk-siden, ha store konkurransefortrinn når det gjelder oppdrettstorsk. Skotsk torskoppdrett vil for eksempel fort bli begrenset av antallet tilgjengelige matfisk-lokaliteter.

Det som er den virkelige store utfordringen for utviklingen av torskoppdrett er hvordan en kan øke produksjonsvolumet på en fornuftig måte, uten at for mange må blø. Samspillet mellom produksjonskapasitet for yngel og matfisk på den ene siden og produksjonskostnader og markedsmuligheter på den andre siden er dynamisk og avgjørende for utviklingen. Å finne gode feedback-løsninger for å regulere dette er ikke lett; både offentlig styring og kapitalismens “survival of the fittest”, kan lett gi en suboptimal utnyttelse av ressursene totalt sett. Pr. i dag synes det som om yngelproduksjonen vil sette en effektiv brems på veksten i næringen. Med den innsatsen som nå ser ut til å bli gjort innen intensivt yngeloppdrett, er det liten grunn til å tvile på at dette vil lykkes innen få år. Situasjonen vil da bli snudd på hodet, fra at en i dag avkreves avtaler om leveranse

av yngel fra myndighetene for å få konsesjon på matfisk-oppdrett, til at matfiskkonsesjoner blir en mangelvare. Behovet for allerede i dag å tenke på vertikal integrasjon er innlysende.

### **Jojo-satsing**

Dagens satsing og tro på oppdrettstorsk minner en del om det vi var vitne til på midten av 1980-tallet og noen år framover – markant optimisme etterfulgt av en like kraftig nedtur.

Satsingen vi ser nå synes likevel å være noe grundigere fundert, både fra myndighetenes side og fra de private som ønsker å satse. Jeg tror torsk kan bli den nye store oppdrettsarten, men at suksess er betinget av at en har et langsiktig perspektiv, tålmodighet og evne til å tenke på alle ledd, fra stamfisk til marked. Jeg tror også at innen området intensiv yngelproduksjon og avlsarbeid vil en form for koordinering av innsatsen være avgjørende. Dette er områder som er så kostnadskrevende at for spredt satsing kan ødelegge hele grunnlaget for torskoppdrett i Norge.

## Helsesituasjonen – marin oppdrettsfisk

Hogne Bleie, Veterinærinstituttet, Øivind Bergh og Brit Hjeltnes, Havforskningsinstituttet

***Vi mangler ennå mye kunnskap om de ulike marine fiskearters miljø- og ernæringskrav. Trolig foregår deler av oppdrettssyklusen under suboptimale forhold. Under slike forhold kan infeksjose sykdommer lett få god grobunn og gi betydelig dødelighet i anleggene. Omfattende forskning gjenstår før en med stor sikkerhet kan forebygge de mest tapsbringende sykdommene i marint fiskeoppdrett. Foruten forskning på smittestoffer og deres epidemiologi, er det viktig at dette sees i sammenheng med utviklingen av bedre fôringsregimer og oppdrettsmiljøer. Arbeidet med å bedre den generelle hygienen må stå sentralt.***

En høyt prioritert forskningsoppgave er arbeidet med å avdekke molekylærbiologien og smitteveiene til nodavirus, som er årsaken til sykdommen viral encefalopati og retinopati, (VER). Sykdommen VER gir fortsatt store tap av larver og yngel i kommersielt kveiteoppdrett, selv om problemene syntes å ha mindre omfang i 2000 enn i de foregående årene. Årsakene til denne tilsynelatende forbedringen av sykdomssituasjonen er ikke fastslått. Forebyggende tiltak, deriblant vaksiner og effektiv desinfeksjon, er under utvikling og utprøving. Nodavirus har evnen til å fremkalle sykdom hos mange ulike marine fiskearter, og utgjør derfor en potensiell trussel mot flere marine oppdrettsarter.

Utbrudd av sykdom relatert til infeksjøs pankreas nekrose-virus (IPNV), som også fører til dødelighet hos et vidt spekter av fiskearter, forårsaket høy akkumulativ dødelighet i kveiteyngelproduksjonen i 2000.

Bakterielle sykdommer, da spesielt vibriose, har stor betydning hos marin fisk. Torsk later til å være svært utsatt for vibrioseangrep, og videre vaksineutvikling vil være av avgjørende betydning for å sikre en stabil torskeyngelproduksjon.

Parasitter kan også by på problemer for både marin yngel og matfiskproduksjon. Det er svært viktig å kartlegge de ulike parasitenes betydning og finne egne tiltak mot de viktige artene.

### VIRUSSYKDOMMER HOS MARIN FISK

#### VER

Sykdommen, som også blir også kalt viral nervevevs-nekrose (VNN), skyldes ulike stammer av nodavirus. Nodavirus har et stort vertsregister og er vist å forårsake sykdom hos en rekke marine fiskeslag. Syk fisk vil ofte vise nervøse tegn med overreaksjon på ytre stimuli, samt spiralsvømming. Gul misfarging av huden er vanlig. I Norge har naturlige sykdomsutbrudd med stor akkumulativ dødelighet forekommet hos oppdrettet kveite og piggvar. Vi har til nå ingen funn som knytter nodavirus til sykdom på torsk i Norge, men sykdommen ble i 2000 påvist hos oppdrettstorsk i Skottland. Dødeligheten der var imidlertid lav. Sykdommen er fra tidligere kjent fra marin fisk i oppdrett i Middelhavet, det østlige Asia og Australia.

Sykdommen VER diagnostiseres i dag på grunnlag av typiske histologiske funn med vaccoulisering (blæredannelse) av celler i retina, hjerne og ryggmarg. Positiv immunohistokjemi med bruk av antistoffer (polyklonale) mot nodavirus bekrefter diagnosen.

Påvisning av viruset kan nå gjøres med svært følsomme metoder basert på polymerase kjedereaksjoner (PCR). Viruset kan da detekteres i vev fra fisk uten at sykdommen nødvendigvis er til stede. Nylig er det utviklet en PCR-metode for påvisning av nodavirus i sjøvann. Denne metoden vil være et nyttig redskap for den videre kartlegging av smitteveier for viruset.

Vi vet nå at nodaviruset fra kveite kan overføres horisontalt. Videre vet vi at det kan smitte effektivt mellom de ulike enhetene i et oppdrettsanlegg, forutsatt at konstruksjon av vanntilførsel og manglende smittevernhygiene tillater det. Resultatene fra et bredt forskningssamarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen og næringsaktører, tyder på at nodavirus også kan overføres vertikalt fra stamfisk (persistent infisert) til larver i kveite-

oppdrett. Det er også vist at viruset kan overføres på overflaten til egg.

Hos flere eksotiske fiskearter er det kjent at smitten overføres vertikalt. I Japan er derfor oppdrett av flere marine fiskearter i økende grad basert på seleksjon av stamfisk som er fri for nodavirus. Fiskehelsepersonell utfører systematiske undersøkelser av stamfiskrekrutter for å påvise spesifikke antistoffer i blodet. Fisk med slike antistoffer blir betraktet som smittet og avlivet. Stamfiskseleksjon kombinert med andre smitteforebyggende tiltak, har så langt gitt lovende resultater for bl.a. oppdrett av fiskearten striped jack i Japan.

Det er ønskelig å utvikle hurtige, serologiske metoder for screening av levende stamfisk for nodavirus til bruk i kommersielt kveiteoppdrett. Videreutvikling av PCR-baserte metoder for påvisning av nodavirus i kjønnsprodukter fra stamfisk ville også kunne vært svært nyttig. Forsøk for å kartlegge mekanismene bak persistente infeksjoner med nodavirus i flatfisk pågår nå ved Havforskningsinstituttet.

VER/VNN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

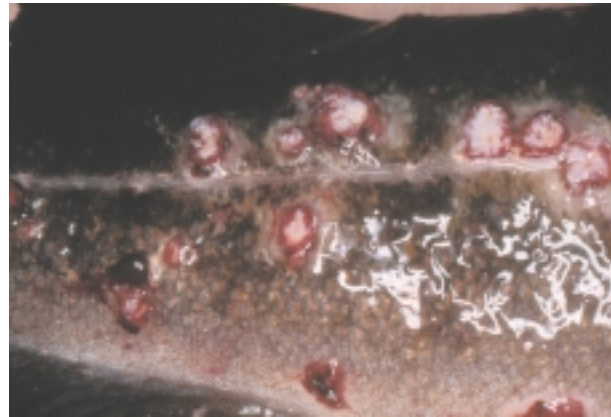
### **IPN**

IPN (infeksiøs pankreasnekrose) er tidligere blitt påvist både hos kveite og piggvar i Norge. Sykdommen forårsakes av infeksiøst pankreasnekrose-virus (IPNV). I 2000 ble det registrert et utbrudd av IPN med stor akkumulativ dødelighet i et anlegg for oppdrett av kveiteyngel. Hovedtyngden av problemet startet etter at metamorfose og tilvenning til tørrfôr hadde funnet sted. Mørk misfarging av huden og "slapp" fisk noe sent i den ekstensive oppdrettssyklusen er assosiert med IPN. Diagnose stilles på grunnlag av histologiske funn, som ofte består av flekkvise nekroser i levervev. I tilfeller med stor dødelighet kan en også finne nekroser av eksokrint pankreasvev. Diagnose bekreftes med positiv immunohistokjemi der en benytter antistoff (polyklonale) mot IPN-virus serovar Sp.

I sesongen i 2000 ble det fortløpende tatt ut prøver fra enhetene med kveiteyngel som utviklet IPN. Disse prøvene er verdifulle for videre forskning på denne sykdommen i marint oppdrett. Det utføres arbeid med å utvikle sensitive metoder for påvisning av viruset, for eksempel basert på PCR-teknikk.

Utvikling av vaksine mot IPN kan også bli en mulighet for marin fisk.

IPN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".



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

Sykdommen, som også blir kalt "Ulcer Disease of Atlantic cod", er relativt utbredt hos villtorsk. Tilstanden har vært kjent i mer enn 60 år. Den er ofte blitt registrert på torsk i baltiske havområder, men også fra våre områder er den rapportert på fangster av villfisk. Infeksjonen er karakterisert ved små blæredannelser i huden. I noen tilfeller kan sykdommen utvikle seg gjennom flere stadier til store sår. Som regel fører ikke dette til økt dødelighet, og etter en tid forsvinner blærene og sårene heles. Det største problemet er lav tilvekst og en lite salgbar fisk. Tilstanden er kronisk, og det er sannsynlig at samme fisk kan ha flere utbrudd. Fra tid til annen er CUS blitt påvist på oppdrettstorsk, bl.a. stamfisk.

Sykdomsårsaken er ikke fullt ut klarlagt, men en regner med at et iridovirus spiller en stor rolle. Selv om dette viruset ikke er et konstant funn ved CUS, har danske forskere kunnet fremkalle sykdommen eksperimentelt ved laboratoriesmitte. Iridovirus tilhører gruppen DNA-virus (dobbeltrådet uten kappe), og det finnes en rekke iridovirus som er patogene for fisk. I tillegg til iridovirus, er det sporadisk funnet et rhabdovirus som sannsynligvis kan grupperes som et marint VHSV-isolat. Fra sårene kan en ofte isolere vibriobakterier (*V. anguillarum*). Imidlertid er dette sannsynligvis sekundærinfeksjoner. Miljøfaktorer som temperatur ser ut til å ha betydning, da sykdomsutbrudd oftest registreres om høsten. Forurensing kan ha betydning for sykdomsutbrudd; sykdommen er hyppigere fore-

kommende i områder med sterk organisk belastning (celluloseproduksjon, sukkerfabrikker).

I dag finnes det ingen vaksiner eller effektiv behandling av CUS. Siden sykdommen er vanlig forekommende på villfisk, er det sannsynlig at problemet reduseres når en ikke benytter seg av vill stamtorsk eller innfanget småtorsk. I tillegg vil muligheten til å holde generasjoner atskilt være sykdomsforebyggende.

### **Herpesvirus scophthalmi**

Denne sykdommen ble i 2000 påvist hos et parti med importert piggvar i forbindelse med et nasjonalt overvåkningsprogram. Virussykdommen gir hud- og gjellelesjoner som diagnostiseres ved hjelp av lysmikroskopi. Betydningen av sykdommen er ikke helt kartlagt, men er trolig minimal.

Lidelsen er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

## **BAKTERIELLE SYKDOMMER HOS MARIN FISK**

### **Vibriose**

Vibriosebakterien, *Vibrio anguillarum*, er en vanlig årsak til dødelighet hos kveite og torsk. Larver og yngel synes særlig utsatt for vibriose rundt startfôring og tilvenning til tørrfôr. Det er særlig *V. anguillarum* serovar 02 som isoleres fra marin fisk. Det er vist at vaksiner av torsk kan gi god beskyttelse. Vaksiner utviklet mot vibriose på laksefisk har vært brukt til vaksiner av torsk, men beskyttelsesgrad er usikker da vibriosebakteriene hos torsk trolig skiller seg noe fra tilsvarende hos laksefisk. En vaksine som inneholder antigener fra vibriobakterier isolert fra torsk, vil derfor høyst sannsynlig være å foretrekke. I dag er det ingen slik kommersiell vaksine tilgjengelig. Imidlertid foregår det for tiden forsøk med utprøving av vaksiner.

Ved produksjon av torskeyngel i poll, har det å velge riktig vaksinasjonsmetode og vaksinasjonstidspunkt vært et stort problem. Normalt burde fisken vaksineres første gang på forsommeren når den fanges i pollen. På det tidspunktet er den for liten til å stikkvaksineres, og vaksinasjonen må foregå ved dypp eller bad. Dette gir en langt lavere beskyttelsesgrad enn injeksjonsvaksiner. Ved normale vanntemperaturer vil fisken være ømtålig for håndtering i sommermånedene, og det er derfor problematisk å foreta revaksiner før ut på høsten.

Da er fisken så stor at stikkvaksiner kan benyttes.

Det foreligger vaksiner med dokumentert effekt mot vibriose, og det er grunn til å anbefale vaksinasjon av tørrfôrtilvent yngel.

Kaldtvannsvibriosebakterien *Vibrio salmonicida* er påvist hos torsk og kveite. Den kan forårsake sykdom, om enn ikke i samme grad som *V. anguillarum*.

Bakterien som fremkaller "atypisk furunkulose", såkalte atypiske *Aeromonas salmonicida*, er isolert fra kveite. Det er uvisst om dette er sekundære infeksjoner, eller om disse bakteriene kan være primærårsak til sykdom.

### **Flexibacter**

Bakterien *Flexibacter ovolyticus* angriper kveiteegg i inkubator og lagringsfasen samt plomme-sekklarver. Effektiv overflatedesinfeksjon av egg og generelt god hygiene i klekkeriene er trolig det beste middelet mot bakterien. En har sett gunstig effekt av overflatedesinfeksjon av befruktede egg med ozonert sjøvann.

### **Marin tuberkulose**

Infeksjoner med mycobakterier, mellom andre *Mycobacterium marinum*, dukker av og til opp hos torsk i både oppdrett og villfangst. Også annen fisk kan bli angrepet. Ofte er det vanskelig å stille en helt sikker diagnose, da bakterien er tidkrevende og vanskelig å dyrke. Infeksjonen har et kronisk forløp og utvikles over lang tid. Sykdomstegnene kan variere, men hvite knuter i indre organer som lever, nyre og milt er karakteristisk. Den sykdomsfremkallende bakterien *Mycobacterium marinum* er zoonotisk og kan gi hudlesjoner hos mennesker. Dette har i tidligere tider vært en vanlig lidelse hos arbeidstakere i fiskeforedlingsindustrien.

Bruk av ubehandlet våtfôr med råstoff fra fiskeflåten er en viktig smittekilde i oppdrett. Da bruk av slikt fôr ikke lenger er vanlig, er også slike infeksjoner mindre utbredte nå.

### **Parasitter hos marin fisk**

Ulike parasitter som er påvist fra kveite kan føre til sykdom, stress og produksjonstap. Flere av disse har vist seg å ha helsemessig betydning for oppdrettet kveiteyngel. Villfanget zooplankton representerer en

viktig smittekilde for bl.a. trematoder, bendelmark og rundmark. Dette kan være et problem i startfôrings- og weeningsfasen. Ciliaten *Trichodina hippoglossi* har forårsaket sykdom i kveiteyngelanlegg. Mikrosporidier tilhørende *Nucleospora sp.* har blitt påvist i nyrene på kveiteyngel. Infeksjonen fører til sykdom og økt dødelighet. Det er ennå usikkert hvilken rolle parasittinfeksjoner spiller for kveiter i matfiskanlegg, men det finnes flere arter av parasitter som kan skape problemer. Kjent her er blant annet kveiteikten *Entobdella hippoglossi*, som kan være et problem hos stamfisk og matfisk, samt kveitelusa *Lepeophtheirus hippoglossi*.

Også hos torsk kan bruk av villfanget zooplankton til startfôr føre til at yngel blir smittet med parasitter. Disse ligner tilsvarende parasittarter hos kveite. Infeksjoner med *Trichodina cooper* kan være et sykdomsproblem på torskeyngel. Videre er mikrosporidien *Pleistophora gadi* funnet på oppdrettet torskeyngel. Det er dokumentert at kraftige infeksjoner med *Gyrodactylus sp.* på gjellene til torsk kan føre til sykdom. *Gyrodactylus*-infeksjoner er i hovedsak funnet på større torsk, og sykdomsutbrudd med denne parasitten kan være vanskelig å behandle effektivt.

## POTENSIELLE PROBLEMER

### VHS

Viral hemoragisk septikemi (VHS), "Egtvedtsyke" er særlig kjent hos regnbueørret hvor den kan forårsake alvorlige tap. I løpet av de ti siste årene er VHS-virus blitt isolert fra både oppdrett og villbestander av en rekke marine fiskearter, deriblant torsk, piggvar og sild.

I 2000 ble det rapportert om utbrudd av VHS på flyndrefisk (*Paralichthys olivaceus*) i Japan. Den smittede fisken var fra 2 g til 1 kg, og dødeligheten ble angitt å variere fra 2-70 %. Dødeligheten var klart temperaturavhengig, og den avtok ved temperaturer over 15°C. Med de offisielle diagnostiske metodene (serologi), er det i dag ikke mulig å skille disse marine isolatene fra isolater fra regnbueørret. Genetiske undersøkelser og smitteforsøk tyder imidlertid på at det er snakk om flere ulike virus. VHS har ikke blitt påvist verken på oppdrettstorsk eller andre marine oppdrettsarter i norske farvann. Skulle VHS bli påvist på norsk marint fiskeoppdrett, ville dette føre til båndlegging, og trolig omfattende restriksjoner i samsvar med gjeldende EU-reglement, også for nærliggende lakseoppdrettsanlegg. Dette til tross for at isolatet

trolig kan klassifiseres som et marint VHS-virus. Fôring av stamfisk og annen oppdrettsfisk med fersk eller frossen villfisk er derfor meget risikabelt og kan få ekstreme konsekvenser for akvakultur i nærområdet.

Lidelsen er på listen over gruppe A-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

### Deformiteter hos torsk

Ryggradsdeformiteter og deformiteter i hode-regionen på villtorsk er velkjente fenomener, og forekomsten kan i enkelte områder være høy. Den direkte årsakssammenheng er ikke klarlagt, men lidelsen antas å skyldes et samspill av flere faktorer hvor grunnlaget legges i tidlige livsstadier. Ryggradsdeformiteter er påvist på oppdrettstorsk, men omfanget av problemet er ikke tallfestet.

### Forebyggende tiltak

Slik et vanlig norsk oppdrettsanlegg for marin yngel er designet i dag, finnes det mange muligheter for introduksjon av smittestoffer (agens), samt intern spredning av etter at infeksjon har oppstått. Ubehandlet utløpsvann resirkuleres til vanninntaket, transport og blanding av eggbatcher, flytting og blanding av fisk fra ulike enheter, fôring med levende zooplankton og andre tvilsomme rutiner gir et økt smittepress. En strategi for å bekjempe smittsomme sykdommer må være basert på grundig kunnskap om epidemiologien til de enkelte agens, for så å kunne etablere smittebarrierer.

Vaksiner har vært en av hovedforutsetningene for utviklingen av laksenæringen, og det er all grunn til å tro at så vil være tilfelle også i kveiteoppdrett. Også innen vaksineutvikling blir molekylærbiologiske metoder stadig viktigere. Avanserte konsepter som opprinnelig ble utviklet for humanmedisinske formål blir nå tatt i bruk innenfor fiske- og dyrehelse. Såkalte rekombinante vaksiner mot virus, der bakterier ved hjelp av avansert DNA-teknologi blir benyttet til å produsere tilstrekkelige mengder av virusprotein, har gitt lovende resultater mot IPN hos laks. Tilsvarende teknologi kan forventes å gi resultater hos marine oppdrettsarter.

Det arbeides med utvikling av tilsvarende vaksiner mot VER.

Såkalte DNA-vaksiner, der gener fra virus eller bakterier blir uttrykt i muskelvev hos dyr, representerer også store muligheter, spesielt med tanke på immunisering av stamfisk. Sikkerhet og effekt av slike vaksinekonsepter blir evaluert videre.

Probiotika, der gunstige bakterier tilsettes miljøet som en motvekt mot sykdomsframkallende bakterier, kan være et interessant sykdomsforebyggende tiltak ved fiskens tidlige livsstadier.

Effektiv desinfeksjon av inntaksvann i yngeloppdrett har lenge vært et ønske. Bestråling av sjøvann med ultrafiolett (UV) lys, en metode som benyttes i stor utstrekning i lakseoppdrettsnæringen, har trolig liten effekt på robuste virus som nodavirus. UV-lys har også andre svakheter og ulemper. Behandling av ferskvann med ozon har en tid vært benyttet med hell i smoltoppdrett. Ozonering av sjøvann gir derimot opphav til giftige frie radikaler, da sjøvann inneholder en rekke ulike grunnstoffer og kjemiske forbindelser. Direkte bruk av ozonert sjøvann er derfor svært giftig og vil drepe fisken. Ozonbehandling av sjøvann med etterbehandling med thiosulfat er blitt prøvd ut med tilsynelatende gode resultater på et kveiteyngelanlegg i 2000. Ozonbehandling av sjøvann er komplisert, og mange

problemstillinger gjenstår å løse.

Ozonert sjøvann brukes nå også til overflatedesinfeksjon av rogn, da forskningsresultater har vist at ozon gir høy grad av inaktivering av nodavirus. I denne prosessen blir det ozonerte sjøvannet brukt direkte på eggene, for deretter å bli grundig vasket med avgiftet vann.

Tradisjonell eggdesinfeksjon med aldehyder, som formalin og glutardialdehyd, gir god effekt mot bakterier, men har i liten grad virkning mot viruspartikler. Siden vasking av egg med ozonert sjøvann ble implementert i de fleste kveiteklekkeriene i 2000, kan dette være en medvirkende årsak til at det ikke ble registrert noen vesentlig dødelighet på grunn av VER dette året.

For å unngå introduksjon av alvorlig smitte til marine oppdrettsanlegg, bør en straks finne midler til å unngå føring av stamfisk med fersk eller frossen fisk.

## Asking fish larvae what they see and smell

Howard Browman, Havforskningsinstituttet

***In order to design an adequate rearing environment for fish larvae, we must first know details of their fundamental biology and ecology: their sensory abilities (particularly vision and olfaction, since their feeding behaviour is guided primarily by these two senses), their behaviour under different rearing conditions, and also how both of these change with size and developmental state. Until recently, this kind of information was extremely difficult (sometimes impossible) to obtain, and it was always time-consuming to generate.***

The kinds of questions which we must ask, and answer, before attempting to develop husbandry protocols for a marine fish (or invertebrate) species are, for example:

- What can fishes see (light intensity and quality, imaging of prey and feed particles, etc.) at different life stages? This knowledge can be used to optimize the lighting conditions under which fishes are raised. Even small changes in light intensity and quality can have significant effects on the feeding behaviour, and therefore survivorship and growth, of fish larvae. Despite this, the choice of light environment for rearing has, with few exceptions, been little more than guesswork.
- What can fishes smell at different life stages and do they “prefer” some odours (e.g. exudates of specific prey) over others? Can such odours be used to enhance feeding rates? Virtually nothing is known of the olfactory abilities of fish larvae nor of its role in feeding. In fact, only a handful of such studies exist for fishes, and that work has been mostly on salmonids, which do not have a true larval period.
- At low light intensities (or total darkness) what role, if any, does mechanoreception play in feeding? How might fish abundance in rearing systems affect processing of mechanosensory information and does this affect feeding performance? Although there is some knowledge of these questions for juvenile and adult fishes, virtually nothing is known for fish larvae. And certainly

nothing in the context of aquaculture rearing systems.

- What roles do container size and colour, water movement, temperature, salinity etc., play in feeding behaviour? Although these issues have been examined separately, their interaction has not been rigorously investigated.
- What prey characteristics (e.g. size, colour, movement pattern, odour, consistency) determine food preferences of fishes at different life stages?

These are only a small subset of the questions that remain to be addressed, inside or outside of an aquaculture context. To increase the probability of successfully developing a species for commercial production, we must be able to systematically address these types of questions, from first principles.

### ***A unique approach to answering these questions at Austevoll Aquaculture Research Station***

The first principles approach requires an ability to collect information on the fundamental biology and life support requirements of organisms targeted for aquaculture. Thus, our work brings together several modern biomedical and ethological techniques in order to more rapidly and accurately generate the kinds of information that are essential to the planning and implementation of husbandry protocols for marine fish (or invertebrate) species targeted for commercial production.

The basis for the utility of these techniques is that they all allow the researcher to ask questions of organisms which cannot communicate with us verbally.

### ***Techniques to Study Behaviour: Silhouette Imaging and Motion Analysis***

Silhouette video-based three dimensional motion tracking and move path analysis allows detailed observations of the reactions of aquatic organisms to different environmental conditions. This type of analysis provides us with information on overall activity, swimming patterns, foraging and prey



**Figur 1** Silhouette video photography system (SVP) used to make behavioural observation of fish larvae. Light from a 1-kW Xenon arc lamp (not shown) is focussed onto the aperture of a UV-visible liquid light guide (O) and passes through various optical components in a filter holder (F) before reaching the test aquarium (A) in which the animals are freely swimming in 12 l of sea water. The aquarium (30 cm square) is located at the intersection of two 3 m long optical rails. Each rail supports a far-red light emitting diode (D) placed at the focal point of a 14.5 cm diameter biconvex collimating lens (L), and a video camera (C) to image the shadows projected by the collimated beam that passes through the aquarium. Also shown are the lasers (Ar) that are used to align all of the optical components on the rails prior to a given set of experiments. The red spot at the far end of one of the rails is the light emitted by the diode.

search behaviours. All of these are directly relevant, and of great importance, in developing appropriate rearing environments. Such observations can be used very effectively in order to evaluate different combinations of rearing conditions.

### **Other Applications of the Approach**

This instrumentation and approach can be applied to any group of organisms, invertebrate or vertebrate, for which this kind of information might be useful. For example,

- (1) little is known about the responses of salmon lice (free-swimming stages of the life history) to various stimuli, visual, olfactory or tactile – all stimuli that might be important in host-finding. The instrumentation and approach we propose is ideally suited to obtaining such information and to determining how it might be used to ameliorate the salmon lice pest problem on farms. If we can determine the spectral sensitivity of the salmon lice eye, it might be possible to develop a light trap that would attract their free-swimming stages in sea pens thereby at least reducing the number of lice present to infect fish;
- (2) thyroid hormones are directly involved in several key physiological processes at certain times during the life of fishes. They are, for example, associated with metamorphosis and with the significant changes in the visual system that occur during this transformation. The instrumentation that we will develop can be used to measure these changes and to assess how we might change the rearing environment in consequence;
- (3) the effects of environmental pollutants on the physiological responses of fish larvae, juveniles or adults, can also be assessed using these techniques. We could, for example, measure changes in central nervous system function and in swimming behaviour in larvae exposed to various pollutants.

## Intensiv produksjon av torskeyngel

Terje van der Meeren, Havforskningsinstituttet

En forutsetning for et fremtidig oppdrett av torsk i stor skala er god tilgang på yngel. Til nå har metodene for dette vært produksjon av yngel i ekstensive systemer (direkte i poller) og semi-intensive systemer (store kar eller poser knyttet til en poll). I tillegg har det også vært fanget inn villyngel fra sjøen som er blitt satt i oppdrett. I løpet av 2000 har interessen for oppdrett av torsk økt kraftig, samtidig med at det ikke lenger er tillatt å fange inn yngel fra sjøen. Gode priser på torsk samt krav om tilgang på kunstig klekket yngel for å få eller opprettholde en marin matfisk-konsesjon, har ført til stor interesse for yngelproduksjon av torsk. I en fremtidig storskala industriell produksjon av torsk, vil ekstensive og semi-intensive metoder trolig ikke kunne dekke behovet for torskeyngel og vil derfor kun være et supplement til en intensiv yngelproduksjon. Den viktigste årsak til dette er at produksjon knyttet til poller temperaturmessig er begrenset til en sesong med utbytte på maksimalt 200.000-500.000 yngel pr. anlegg. Variasjonen kan være stor mellom ulike år, først og fremst grunnet naturlige og ukontrollerbare variasjoner i pollenes planktonproduksjon.

Intensiv yngelproduksjon av marine arter er en stor suksess for seabass og sea bream i Middelhavsområdet. Her foregår produksjonen kontinuerlig og uavhengig av årstid, og stamfiskens gyting styres ved bruk av lys for å forskyve årstiden. Tilsvarende forsøk ble utført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon i 1994-1995. Disse viste at gytetidspunktet er enkelt å forskyve hos torsk. Nye forsøk med gytetidsforskyving er utført i 2000, med vekt på å vurdere eggene og larvenes kvalitet. Bruk av tilleggslys i september utendørs i merd frem til februar, da fisken ble tatt inn og satt på seks måneders forskjøvet årssyklus, førte til gyting i perioden juli-november. Et tilsvarende lysregime med unntak av tilleggslys i merd førte først til en naturlig vårgyting i perioden februar-mai, og siden kom en ny gyteperiode som startet i september. Fekunditeten var lik mellom vår- og høstgytere (ca. 900.000 egg pr. kg hunnfisk ved starten av gytingen).

Resultatet fra disse forsøkene viser også at temperatur påvirker kvaliteten på gytingen. Høy temperatur ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) fører til redusert befruktning. I tillegg vil egg som er befruktet ved høy temperatur ha en større grad av feilutvikling og større dødelighet.



Ut fra data på temperatur langs norskekysten settes det derfor begrensninger på hvor grunt et vanninntak til et helårlig intensivt yngelanlegg bør ligge uten at vannet til stamfiskene i perioder må kjøles. Fra Vest-Agder til Finnmark varierer denne dybden fra 125 m i syd til 25 m i nord, basert på langtids månedlig middeltemperatur pluss standardavvik i perioden før 1993. Med utgangspunkt i enkeltobservasjoner de siste fem år er tilsvarende dybder 250 m i Vest-Agder og 30 m i Finnmark.

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

til dag 45 etter klekking. Tettheten var da 10 larver pr. liter av 12-15 mm størrelse. Resultatene tyder på at alger kanskje ikke trengs i det hele tatt, eller i verste fall kan begrenses til den første uken etter startfôring.

I alt er det produsert anslagsvis 70.000 yngel frem til 15 mm-stadiet ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000. Den første gruppen ble tilvendt formulert fôr med overlevelse på 80 % frem til ca 5 cm lengde. Flere oppdrettere har også produsert noen titusener torskelyngel i 2000 ved bruk av den intensive metoden.

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

Resultatene viser at det trolig kan produseres godt over en million 15 mm-yngel årlig i et intensivt anlegg. Utvikling av sikre metoder som fører til



god overlevelse gjennom tilvenningen til formulert fôr og i tidlig yngelfase er nødvendig for at store anlegg også kan bringe 15-mm yngelen frem til salgbar størrelse. Spesielt vil teknologi for karrensing og skånsom yngelsortering være viktig. Et annet moment er at intensiv produksjon bør gjøre seg uavhengig av *Artemia* som levendefôr. Tilgangen og pris på *Artemia* vil kunne variere mye, da dette er et byttedyr som opprinnelig er høstet inn fra naturen. Tidlig tilvenning til formulert fôr er derfor et viktig område for forskningen. For å ha full lokal kontroll med alle ledd i yngelproduksjonen bør larvene i fremtiden startfôres på rotatorier med overgang til formulert fôr mellom to-fire uker etter klekking. Også bruk av alger kan kanskje rasjonaliseres vekk. Pilotforsøk ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000 viser rimelig god overlevelse gjennom larvefasen uten bruk av alger.

## Produksjon og bruk av Artemia til startfôring av kveitelarver

Jan Ove Evjemo, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU)

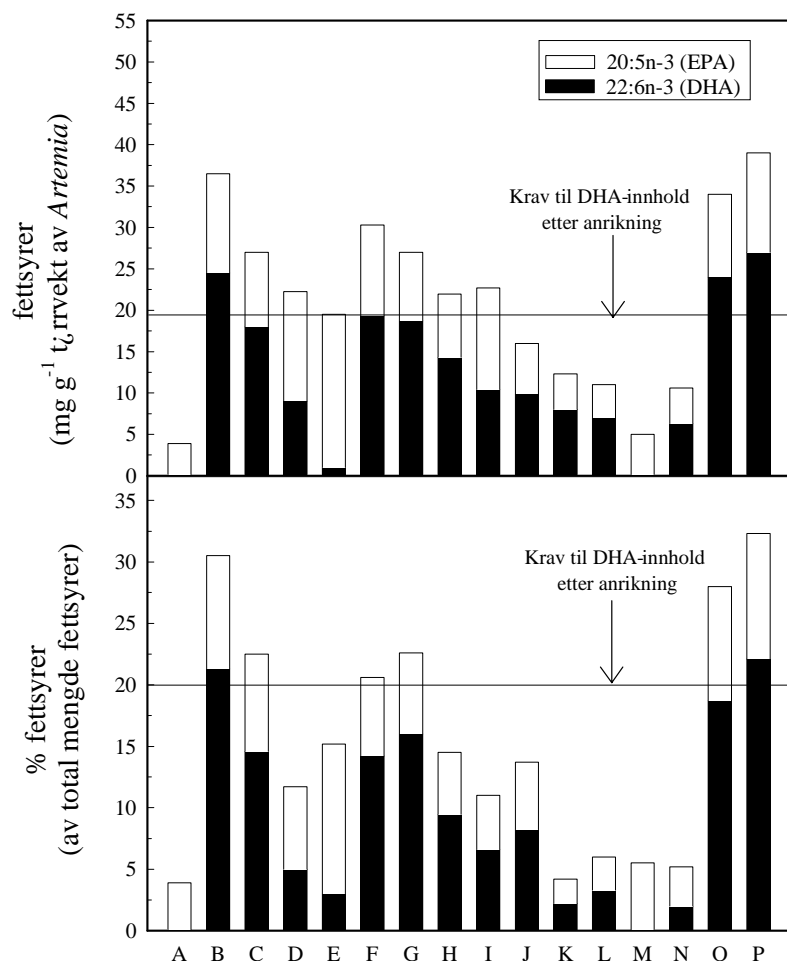
**Startfôring av marin fiskeyngel kan fremdeles betraktes som en av flaskehalsene innen kommersiell yngelproduksjon. Denne fasen av produksjonen karakteriseres ofte av høy dødelighet på fisken samtidig som produsentene investerer store ressurser til innsamling av levende zooplankton og produksjon av levende fôrorganismer som Artemia. I motsetning til laks, som kan fôres med formulert fôr fra første dag av startfôringsperioden, er torsk og kveitelarver helt avhengige av levende fôrorganismer en periode før de gradvis går over til formulerte fôrtyper.**

*Artemia* er den mest benyttede levende fôrorganismen. Den benyttes i dag til produksjon av over 40 ulike marine fiskearter og krepsdyr rundt omkring i verden. Årsaken til at bruken av *Artemia* er blitt så omfattende er tilgjengeligheten av *Artemia*-cyster (hvile-egg), som er en kommersiell vare, og som klekkes når behovet er til stede for levende fôrorganismer. En annen viktig årsak er at denne organismen kan dyrkes ved høye tettheter.

Ved SINTEF Havbrukscenteret ble det på nittitallet utviklet metoder for intensiv *Artemia*-produksjon til startfôring av våre marine fiskelarver. Ulike anrikningsemulsjoner ble utprøvd, ulike *Artemia*-stammer sammenlignet, stabilitet av næringsverdi ble bestemt, oppskalering av produksjonsprosessen ble gjennomført, og det ble gjort forsøk med å videredyrke *Artemia* for å produsere en større fôrorganisme spesielt for kveite. Mye av arbeidet ble konsentrert omkring fetttsyresammensetningen i *Artemia*, og spesielt innholdet av de essensielle flerumettede fetttsyrene DHA og EPA (dokosaheksaen-syre (DHA, 22:6n-3) og eikosapentaen-syre (EPA, 20:5n-3)). På grunnlag av disse resultatene ble det konkludert med at DHA-innholdet i *Artemia* etter anrikning burde ligge mellom 18 og 25 mg DHA/g tørrvekt, og at DHA skulle utgjøre minimum 20 % av totalmengden fettstyrer. Forholdet mellom DHA og EPA burde ligge mellom 1 og 2. Dette er ofte blitt brukt som et kriterium for å beskrive næringsverdien i *Artemia*. Disse

verdiene ble også vurdert ut fra analyser av fetttsyresammensetning og DHA-innholdet i naturlig zooplankton (hovedsakelig copepoder), som trolig utgjør en betydelig del av fiskens naturlige føde i den pelagiske næringskjeden, og som derfor kan antas å ha en optimalt ernæringsmessig sammensetning for fiskelarvene.

De kommersielle *Artemia*-stammene/artene som brukes til startfôring av marine fiskelarver inneholder ikke DHA, og har kun lave og varierende konsentrasjoner av andre flerumettede n-3 fettstyrer som regnes som essensielle for marine fiskelarver. Mange studier har vist at DHA er en meget viktig komponent i dietten til marine fiskelarver, konsentrasjoner av denne fettstyren gir dårlig pigmentering, redusert overlevelse og ufullstendig metamorfose av yngel. Det er derfor helt nødvendig at *Artemia* anrikes (fôres) med emulgerte lipider for å få en akkumulering av disse fettstyrene før den utfôres til fiskelarver. De kommersielle anrikningsproduktene inneholder varierende mengder av DHA og EPA og etter anrikning vil fetttsyresammensetningen i *Artemia* være sterkt influert av fetttsyresammensetningen i anrikningsmediet. Innholdet av DHA og EPA utgjør ofte mer enn 30 % av totalmengden fettstyrer, og det er spesielt viktig at innholdet av DHA er høyt i *Artemia* etter anrikning. Denne delen av *Artemia*-produksjonen må gjøres etter nøye kontrollerte prosedyrer, for å sikre optimal næringsverdi. Bruk av eksperimentelle emulsjoner har vist at DHA-innholdet i *Artemia*, i løpet av en standard 24 timers anrikningsperiode, kan bli relativt høyt og betydelig høyere enn det som finnes i de marine copepodene, forutsatt at anrikningsmediet har høy konsentrasjon av denne fettstyren. Dette er viktig fordi *Artemia* selektivt omdanner DHA til EPA både under og etter anrikning, noe som resulterer i en nedgang av DHA-innholdet i *Artemia* etter anrikning. Denne prosessen er temperaturavhengig, og forsøk med anriket *Artemia* som er blitt sultet har vist at DHA-mengden kan bli redusert med 50 % i løpet av 24 timer dersom temperaturen er 11-13°C. Ved temperaturer opp mot 30°C kan DHA-mengden bli redusert med over 90 % i løpet



**Figur 1** Innhold av de essensielle flerumettede fettsyrene DHA og EPA i *Artemia* som er blitt anrikt med emulgerte lipider (anrikningsemulsjoner) ved ulike yngelanlegg og forskningsinstitusjoner i Norge (A – P). I, viser absolutt fordeling av DHA og EPA (mg av DHA og EPA g<sup>-1</sup> tørrvekt av *Artemia*) og II, relativ fordeling (% av total mengde fettsyrer) av DHA og EPA. Verdi A viser *Artemia* som ikke er anrikt (nyklekte *Artemia* nauplier), og som dermed ikke inneholder DHA (kun EPA), mens neste punkt (B) viser samme *Artemia* etter anrikning (standard ved SINTEF/NTNU.)

*The content of the polyunsaturated fatty acids EPA and DHA in Artemia enriched with emulgated lipids (enrichment emulsions) at different hatcheries and research institutions in Norway (A-P). I shows the absolute content of DHA and EPA (mg g<sup>-1</sup> dry weight of Artemia) and II their relative content (% of the fatty acids). Value A shows Artemia that has not been enriched (newly hatched nauplii) and that do not contain DHA (only EPA). Value B shows Artemia following enrichment (standard procedure at SINTEF/NTNU).*

av et døgn. For i størst mulig grad å redusere denne effekten er det viktig at *Artemia* blir utført til fiskelarvene rett etter anrikning. Dersom dette ikke passer inn i den daglige driften/rutinene, må *Artemia* oppbevares ved lave temperaturer (6-8°C) for å redusere nedgangen av DHA. Videre er det viktig å etablere fôringsrutiner som bidrar til at oppholdstiden for *Artemia* i fiskekarene reduseres. Lang oppholdstid bidrar til at *Artemia* sultes og DHA-innholdet reduseres. Ulike *Artemia*-arter/stammer er blitt sammenlignet for å se om alle har denne egenskapen. Til nå er det funnet en

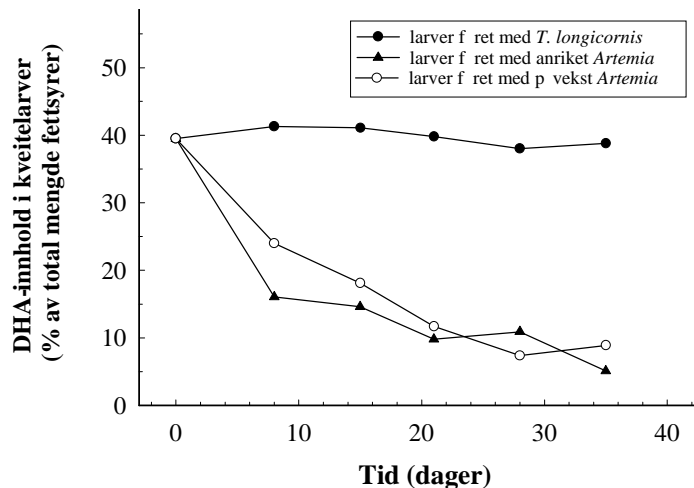
*Artemia*-stamme som opprettholder et relativt stabilt DHA-nivå etter anrikning. Denne stammen er ikke kommersielt tilgjengelig.

Analyser gjennomført ved SINTEF/NTNU av lipid- og fettsyresammensetningen i *Artemia* produsert ved ulike marine yngelanlegg her i landet, viste at det kun var i to av ti tilfeller at *Artemia* hadde en tilfredsstillende næringsverdi. Innholdet av de essensielle fettsyrene, DHA og EPA, var generelt for lavt. I flere tilfeller ble det ikke funnet DHA i anrikt *Artemia* (Figur 1). En av hovedårsakene

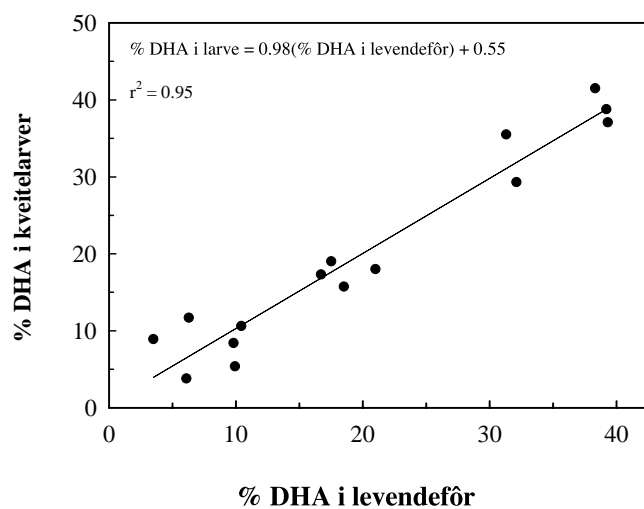
til dette kan være at *Artemia*-produksjonen ikke blir gitt høy nok prioritet. Man får ofte inntrykk av at så lenge *Artemia*'en svømmer, tror de fleste at den er et tilfredsstillende fôr til fisken. Dette er helt feil fordi det er den ernæringsmessige sammensetningen som avgjør hvordan fiskeyngelen vokser og utvikler seg. Fiskelarvene er svært følsomme i denne perioden, og det er meget viktig at de føres med en levendefôrorganisme som har høy næringsverdi. De fleste yngelprodusenter som skal bestille kommersielt fôr til sin fisk er interessert i hvordan føret er sammensatt (protein, lipid, vitaminer etc.). Når det gjelder *Artemia* er det imidlertid svært liten kontroll med hensyn til innholdet av viktige næringskomponenter.

Figur 1 viser DHA- og EPA-innholdet i *Artemia* sp. fra flere ulike anlegg (A-P). Årsakene til de dårlige og svært varierende resultatene kan være for lav eller høy temperatur i dyrkningstankene, lave konsentrasjoner av fôrpartikler, dårlig oksygenering i dyrkningsperioden, for lav pH i anrikningsmediet (vannet i dyrkningstanken) eller feil dekkapsulering av cystene som gjør at *Artemia* sp. dør enten i samband med anrikning eller etter en tid i fiskekarene. Feil lagring av *Artemia*-cyster og dermed dårlig kvalitet på naupliene og feil lagring av anrikningsmediet (oksidasjon/harskning), kan også være årsak til lavt fødeopptak og lav akkumulering av de essensielle fettsyrene i *Artemia*. Det samme gjelder dårlig hygiene og høy bakteriell belastning i dyrkningskarene.

En annen viktig årsak til lav næringsverdi i anriket *Artemia* er valget av emulsjon. De fleste kommersielle emulsjonene er universelle, det vil si at de er produsert for *Artemia* som anrikes og senere føres ut til fiskelarver som kommer fra både varme og kalde farvann. Det er innlysende at marine varmtvannsarter har helt andre ernæringsmessige krav enn hva som er tilfellet med våre marine kaldtvannsarter. Det er til nå ikke produsert anrikings-emulsjoner som er beregnet for *Artemia* som skal utføres til marine kaldtvannsarter. En slik emulsjon bør ha en annen fettsyreprofil, det vil si at den må ha et annet innhold av og forhold mellom de essensielle flerumettede fettsyrene DHA og EPA enn dagens kommersielle emulsjoner. Fettsyreanalyser av ulike levendefôrorganismer som har blitt brukt



**Figur 2** Relativt DHA-innhold (% av total mengde fettsyrer) i tre grupper med kveitelarver som enten ble føret med *Artemia* eller copepoden *T. longicornis*. Relative DHA content (% of total fatty acids) in three groups of halibut larvae fed either *Artemia* or the copepod *T. longicornis*.



**Figur 3** Sammenheng mellom relativt DHA-innhold (% av total mengde fettsyrer) i ulike organismer som er blitt brukt som levendefôr til kveitelarver, og i larvene etter en fôringsperiode på mellom 28 og 36 dager. The relation between dietary DHA content (% of fatty acids) in various live prey organisms and halibut larvae after a feeding period of 28-36 days.

til startfôring av kveitelarver har vist et relativt høyt innhold av DHA i de marine copepodene, *Temora longicornis* (30 – 38 %) og raudåte (*Calanus finmarchicus*) (20 – 30 %), og noe lavere og langt mer varierende innhold i *Artemia*. Dette skyldes som nevnt tidligere ulik kjemisk sammensetning av anrikningsmedier, og ulik og varierende anrikning slik som resultatene i Figur 1 viser.

Startfôringsforsøk med kveitelaver har vist at mengden DHA i levendefôret (% av total mengde fettsyrer) i stor grad påvirker DHA-nivået i kveitelarvene. Høy konsentrasjon av DHA i levendefôret gir høy konsentrasjon av DHA i fisken og vice versa. Dette er vist i Figur 2 der ulike grupper med kveitelarver er blitt fôret enten med *Artemia* eller copepoden *T. longicornis* i løpet av en periode på 35 dager. Analyser av fettsyresammensetningen i de to levendefôrorganismene viste at DHA-mengden utgjorde henholdsvis 10 – 12% og 34 – 38% av totalmengden fettsyrer. Dette medførte at larvegruppen som ble fôret med *T. longicornis* opprettholdt det relativt høye DHA-nivået de hadde ved dag 0 (første dag av startfôringsperioden) gjennom hele forsøksperioden, mens gruppene som ble fôret med *Artemia* fikk et betydelig lavere innhold av DHA allerede etter 8 dager. Ved forsøkets avslutning utgjorde det relative DHA-innholdet i kveitelarvene som var blitt fôret med *Artemia* 5 – 8 % av totalmengden fettsyrer. Denne nedgangen kunne vært redusert ved at det hadde blitt brukt *Artemia* med langt høyere næringsverdi.

Sammenhengen mellom det relative DHA-innholdet i forskjellige levendefôrorganismer som er blitt brukt til startfôring av kveitelarver og DHA-innholdet i larvene som har spist de respektive organismene er vist i Figur 3. Som nevnt tidligere har de marine copepodene et høyt DHA-innhold, og dette gir også høyt DHA-innhold i fiskelarvene

(> 30 % DHA av totalmengden fettsyrer). Det varierende DHA-innholdet i *Artemia* (3.5 – 21 % DHA av totalmengden fettsyrer) gir et svært varierende DHA-innhold i larvene, men det er allikevel en nær korrelasjon mellom DHA i *Artemia* og DHA-innholdet i larvene (Figur 3).

Karakteristisk for de larvene som har spist copepoder er at de blir normalt pigmenterte og fullstendig metamorfoserte. De larvegruppene som har fått *Artemia* med lav næringsverdi (DHA-innhold < 12 %) er i stor grad feilpigmenterte og ufullstendig metamorfoserte, men de viser ofte bedre vekst enn larver som er fôret med copepoder. Larver som er fôret med *Artemia* som har høyere næringsverdi (omkring 20 % DHA, Figur 3) er i langt større grad normalt pigmenterte og metamorfoserte, samtidig som de viser meget bra vekst. Dette betyr at fettsyreprofilen i *Artemia* kan manipuleres i en slik grad at den trolig kan imøtekomme kravene som kveitelarvene har til DHA, og at *Artemia* etter hvert kan tilpasses kveite som levendefôrorganisme. Det forutsetter imidlertid optimal anrikning av *Artemia* som bare kan oppnås dersom produksjonen av *Artemia* gjennomføres etter nøye kontrollerte prosedyrer med et egnet anrikningsmedium.

Utviklingen av en anrikningsemulsjon til *Artemia* som skal brukes som levendefôrorganisme til våre marine kaldtvannsarter vil ytterligere øke næringsverdien av *Artemia*. En optimal levendefôrorganisme vil dessuten bidra til å etablere en lønnsom, helårig forutsigbar produksjon av kveiteyngel. Flere gyteperioder i løpet av året er avhengig av intensiv produksjon av levende fôrorganismer til fiskelarvene. Dette er helt avgjørende, ikke bare fordi levende plankton fra sjøen er tilgjengelig en kort periode av året, men også fordi det kvantitative og kvalitative innholdet av det innsamlede planktonet kan variere i meget stor grad.

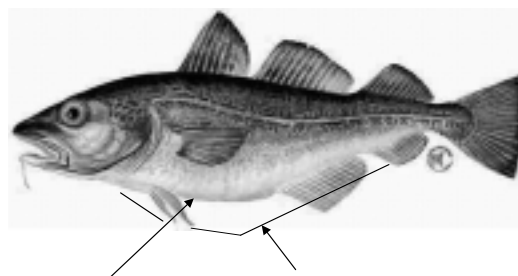
## Hvordan føre oppdrettstorsk slik at den skal vokse hurtig og ikke bygge opp for stor lever?

Gro-Ingunn Hemre, Ragnar Nortvedt og Øyvind Lie, Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt  
Kjartan Sandnes, SeaGrain AS, Austevoll

**Torskeressursene er igjen under sterkt press, kvotene små, og markedet for torsk umettet. Dette gir seg utslag i gode priser og økt interesse for oppdrett. En tilsvarende situasjon opplevde vi på 80-tallet. Den gang ble det fra offentlig hold (Forskningsrådet) investert en del kroner i forskningsprosjekter, bl.a. for å optimalisere et effektivt og kostnadssvarende vekstfôr. Da utviklingen av torskefôr startet tok man utgangspunkt i laksefôr (1980-tall), som den gang fordelte seg med om lag like andeler protein og fett, og et karbohydratinnhold på ca. 10 % (energi på tørrstoffbasis). Selv om føret resulterte i god vekst, var det altfor fett, og torskene bygde opp enorme energilagre i lever. Leveren kunne utgjøre over 17 % av fiskevekten. Torskemuskelen var likevel mager, under 1 % fett, og uavhengig av førets fettinnhold.**

Hvordan få en torsk med normal leverstørrelse, samtidig som man beholder en høy veksthastighet?

En rekke studier har vært gjennomført på fordøyelighet, lipolytisk aktivitet, behov for flerumettede fettsyrer (både n-6 og n-3), innbygging av disse fettsyrene i ulike organer, og måling av



### Villtorsk:

3 - 7 % lever  
25 - 40 % fett i lever  
<1 % fett i filét  
ca. 50 % filét

### Oppdrettstorsk:

7 - 19 % lever avhengig av førfett  
>50 % fett i lever  
<1 % fett i filét  
40 - 50 % filét

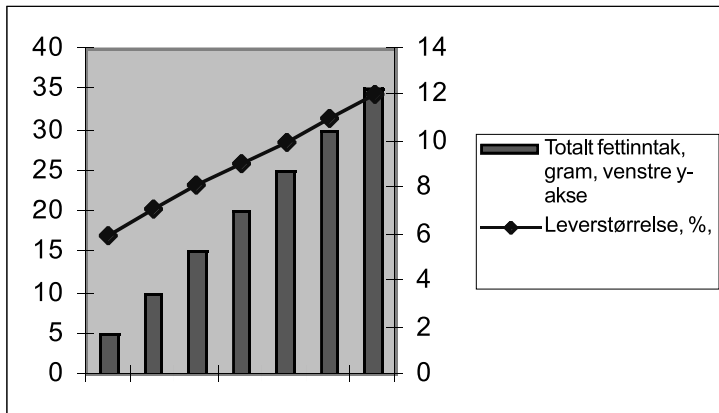
**Figur 1** Sammenligning av villtorsk og oppdrettstorsk mht. leverstørrelse og fettdeponering (figuren er hentet fra heftet Fakta om fisk; Eksportutvalget for fisk med flere).  
*Wild and farmed cod; Farmed cod shows significantly higher liver somatic index additionally to higher liver lipid levels compared to wild cod.*

**Tabell 1** Leverindeks og % daglig tilvekst hos torsk føret med enten 15, 30, 45 eller 65 % fettenergi (energiverdi for fett er her satt til 38 kJ per gram).

*Liver index and daily growth rate (%) in cod fed either 15, 30 45 or 65 % energy from lipid (energy value lipid=38 kJ per g). Lipid is given as a percentage of dry matter in left column parenthesis.*

Fettenergi i føre, %  
(g/100 g tørrstoff er  
gitt i parentes)

Fettenergi i føre, % (g/100 g tørrstoff er gitt i parentes)	Leverstørrelse, % av hel fisk vekt	% daglig tilvekst
65 (39)	14	0,7
45 (25)	12	1,0
30 (15)	10	1,0
15 (6)	7	1,0



**Figur 2** Venstre y-akse angir hvor mange gram fett oppdrettstorsken har spist (kolonner), mens høyre y-akse angir % lever (linje med merker). Fôringsforsøket varte i 60 dager. Left y-axis shows g lipid intake (columns), while right y-axis shows liver index (dotted line).

fettsyrenes betydning for torskens helse. Andre arbeider har vært konsentrert om fett som energikomponent i fôret, og hvordan fettnivået i fôret påvirker leverstørrelsen hos oppdrettstorsk. I figur 1 er det skissert typisk leverstørrelse og leversammensetning i en vill torsk kontra en oppdrettstorsk.

Figur 1 viser at den største forskjellen på vill og oppdrettet torsk forefinnes i mengde lever samt sammensetning av leveren, der oppdrettstorsken som regel både har større relativ andel lever og at leveren fra oppdrettstorsk inneholder mer fett. Fettets sammensetning i torskens lever gjenspeiler mye sammensetningen av fettene i fôret. Med det menes: fôres torsken med et høyt nivå av n-3 flerumettede fettsyrer (PUFA), vil man også finne

mye n-3 PUFA i leveren. Og selv om torskemuskelen er mager (<1 % fett), vil det i fettene som finnes der (membranfett) også finnes høye andeler n-3 PUFA om man fôrer torsken med høye andeler flerumettede fettsyrer. I tabell 1 er det gitt resultater som viser hvordan fôrets totale fettinnhold påvirker vekst og leverstørrelse hos torsk som vokste fra ca. 180 gram til 300 gram i løpet av 60 dager. Resultatene er fremkommet etter fôring med et mykfôr sammensatt som vist i kolonne 1. Leveren responderte ganske raskt på fôrets fettinnhold.

Resultatene viser en klar sammenheng mellom fettenergi i fôret og leverindeks. I tillegg resulterte det fetteste fôret (tilsvarende sammensetning som et høyenergi laksefôr anno 2000) i en redusert tilvekst. Fisken i forsøket var fôret en gang om dagen, fem dager i uken, til metthet.

Figur 2 viser igjen en klar sammenheng mellom fettinntak og deponering av fett i lever, her vist som økt leverstørrelse med økt fettinntak. Resultatene fra forsøk vist i tabell 1 og forsøk vist i figur 2 tilsier at torsken ikke bør fôres med fôr inneholdende mer enn 45 % fettenergi (25 % fett, gram av tørrstoff) dersom leveren ikke skal bli for stor. Opp til dette nivået har derfor fett en reell proteinsparende effekt. Resultatene gjelder for ca. 300 grams torsk.

#### **Fôringsregime påvirker også vekst og leverstørrelse**

I regi av NFFR\*-prosjektet "Fôroptimalisering til oppdrettstorsk" på 80-tallet ble det gjennomført en rekke forsøk for å undersøke effekten av fôringshyppighet, rasjonsstørrelse og fôrsammensetning på fiskens vekst og leverutvikling (\*NFFR=Norges

**Tabell 2** Sammenheng mellom fôringsfrekvens og veksthastighet, energiutnyttelse og leverstørrelse hos torsk (100-200 gram). Feeding frequency and growth rate, energy utilisation and liver index in cod subjected to different feeding regimes.

	Fôringsfrekvens			
	2 ganger daglig	1 gang daglig	Annehver dag	Hver 4. dag
Vekst, % per dag	0,63	0,62	0,59	0,47
KJ spist/gram tilvekst	26,7	21,3	20,9	19,6
Leverprosent	11,9	12,7	11,3	9,5

**Tabell 3** Sammenheng mellom veksthastighet og leverstørrelse hos torsk gitt ulike rasjoner, rasjonsstørrelse er basert på metthet=100%.  
*Daily growth rate (%) vs. liver index in cod fed different rations, where ration is calculated from "metthet=100".*

	Metthet	Rasjon		
		75% av metthet	50% av metthet	25% av metthet
Vekst, % per dag	0,84	0,72	0,51	0,13
Leverprosent	11,5	10,6	8,4	6,2

fiskeriforskningsråd, nå en del av Norges forskningsråd). Ettersom lagring av fett i leveren er et uttrykk for at energiinntaket er større enn energiforbruket, var det naturlig å undersøke hvorvidt en reduksjon i fôrintaket ville forbedre forholdet mellom muskelvekst og levervekst til fordel for muskelveksten. En reduksjon i fôrintaket kan gjennomføres enten ved å redusere fôringsfrekvensen eller å redusere mengde fôr ved hver utfôring (reduisert rasjon). I tabellene 2 og 3 er det vist resultater fra forsøk over to måneder med varierende fôringsfrekvens og rasjonsstørrelse (Lied, Lie og Lambertsen, *Norsk Fiskeoppdrett 6/1989*). Forsøkene ble utført i 350 L akvarier og med en vanntemperatur på 8-9°C, og med torsk i størrelsen fra 100 - 200 gram. Torsk gitt ulikt fôringsregime (frekvens) varierende fra to ganger daglig til en gang daglig, annenhver dag og hver 4. dag, ble fôret til metthet ved hver fôring, mens fisk i rasjonsforsøket fikk varierende fôrmengde ved hver fôring; til metthet, 75 % av metthet, 50 % og 25 % av metthet. Fordeling mellom hovednæringsstoffene var 45 % proteinenergi, 45 % fettenergi og 10 % karbohydratenergi, og fôret var av type mykfôr.

Som det fremgår av tabell 2 fant man liten forskjell i veksthastighet mellom gruppene fôret annenhver, hver og to ganger daglig. Innenfor disse gruppene var leverindeksen lavest hos torsken som var fôret annenhver dag. Torsken som var fôret annenhver dag trengte kun 20,9 KJ energi per gram tilvekst, mens torsken fôret to ganger daglig trengte 26,7 KJ/gram tilvekst. Dette utgjør en forskjell i fôrbehov per tilvekstenhet på 22 %, altså 22 % dårligere fôrutnyttelse med for hyppig fôring. Fôring hver 4. dag gav en reduksjon i veksthastighet, og samtidig en lavere leverindeks. En reduksjon i mengde fôr per dag (fôr-rasjonsforsøket vist i tabell 3) medfører en reduksjon i torskens veksthastighet. Fisk fôret til metthet (maksimalt fôrintak) har en klart høyere veksthastighet enn fisk fôret med rasjoner tilsvarende 75 % og 50 % av maksimalt fôrintak. En ser en klar sammenheng mellom leverutviklingen og rasjonsstørrelsen med høyest leverindeks hos fisk som blir fôret til metthet. Torsk fôret en rasjon tilsvarende 25 % av det maksimale inntaket vokste svært sent (0,13 % daglig tilvekst), og hadde en lavere leverindeks ved slutt enn ved start av forsøket (start = 7 % lever), dvs. ved så lav rasjon har fisken forbrukt fettreserver fra

**Tabell 4** Effekt av varierende innhold av energi fra protein og fett i fôret i forhold til veksthastighet, energiutnyttelse, leverstørrelse og proteinretensjon (PPV) hos torsk.  
*Daily growth rate (%), liver index, energy utilisation and protein retention in cod fed different ratios of protein and lipid.*

	Fôrsammensetning (protein-/fett-/karbohydratenergi)		
	41/47/12	56/29/15	75/11/14
Vekst, % per dag	0,9	1,0	0,9
Leverprosent	11,9	9,7	7,3
kJ inntak/gram tilvekst	5,6	14,7	12,8
PPV * 100 (% retinert protein)	27	28	19

lever, men likevel økt helfisk-vekt (mest sannsynlig muskelmasse).

Sammenstiller man forsøksresultatene fra flere forsøk gjort i det ovennevnte NFFR-prosjekt, kan man konkludere med at torsk har lav evne til å utnytte fettenergi (sammenlignet med laks). Fører man torsken med et for fett fôr, vil dette hovedsakelig resultere i økt levervekt, uten en forbedret vekst eller fôrutnyttelse. Lange intervaller mellom fôringene alternativt til reduserte rasjoner vil gi et gunstigere forhold mellom muskelvekst og levervekst. Det maksimale utbyttet syntes å komme ved fôring til metthet annenhver dag, og med et fôr inneholdende ca. 25 % fett (av tørrstoff).

### **Torskens behov for protein**

Generelt har fisk et høyt proteinbehov i forhold til de fleste landlevende dyr, noe som antas å komme av at fisken i større grad er "avhengig" av protein og aminosyrer som energikilde. Forsøk har vist at i fôr til torsk bør 55 % av energien komme fra protein (vanntemperaturer på 8°C). Reduseres proteininnholdet vil dette resultere i lavere vekst, men ikke i lavere proteinretensjon (målt som "protein productive value"; PPV, dvs. proteinlagring i fisken relativt til mengde protein spist).

I forsøkene fra tabell 4 (hentet fra Lie, Lied & Lambertsen 1988, *Aquaculture* 69, 333-341) var proteinretensjonen relativt lav (27-28 %), og ingen negativ effekt var funnet ved å øke proteininnholdet fra 41 energiprosent til 56 energi-

prosent på proteinutnyttelse. Imidlertid viste torsk gitt 56 energiprosent protein hele 10 % bedre vekst enn torsken gitt det laveste proteinnivået. Økning av proteinmengden i fôret utover dette (75 energiprosent-gruppen) hadde imidlertid mye dårligere proteinutnyttelse, men samme vekst, som gruppen gitt 41 energiprosent fra protein. Den relative leverstørrelsen varierte avhengig av fôrets innhold av fett. Tilsvarende resultater ble rapportert fra Jobling og medarbeidere i *Norsk Fiskeoppdrett*, nr. 8, 1990.

### **Kan smak ha betydning for fôrutnyttelse og vekst hos torsk?**

For flere arter er det fastslått at fôrets smakelighet påvirker ikke bare appetitt og fôrinntak, men også proteinutnyttelsen (retensjon) hos fisk. For å finne hvorvidt torsken fikk stimulert appetitt, fôr- og proteinutnyttelse avhengig av hvilke smaksråstoffer fôret var basert på, ble det laget mykfôr basert enten på seifilét som eneste proteinkilde, eller 90 % sei + 10 % reke, 90 % sei + 10 % akkar, eller akkar som eneste proteinkilde og fôret til torsk i et åtte ukers forsøk. Samme proteinnivå ble brukt i alle fôr. Tabell 5 viser resultatene fra dette forsøket. Fisken var ca. 290 gram ved forsøkets start.

Resultatene viser at man får økt fôrinntak og samtidig forbedret proteinutnyttelse ved smaksforbedringer av fôret. De beste resultatene ble oppnådd ved akkartilsetning. Sammenligner vi

**Tabell 5** Vekst, fôrforbruk, leverindeks og proteinretensjon hos torsk (300-400 gram) fôret med ulik innblanding av akkar og reke.

*Growth, feed intake, liver index and protein retention in cod given diets added either saithe or squid as feed attractants.*

Fôr basert på:	Sei	Sei + 10 % akkar	Sei + 10 % reke	Akkar
Fôrinntak, gram	58	86	82	78
Daglig tilvekst, %	0,56	1,10	1,03	1,14
Leverindeks, %	6,5	7,9	6,9	7,6
PER (g vekst/g protein spist)	1,45	2,10	2,00	2,20
PPV *100 (% av inntatt protein som ren proteinvekst)	28	34	33	35

**Tabell 6** Gonadosomatisk indeks (GSI %), sloindeks (slo %) og leverindeks (lever %) i mars 1992 hos torsk gitt enten tørrfôr, synkende våtfôr eller flytende våtfôr.

*Gonadal size (%), dress out loss (%) and liver index (%) in cod fed either a commercial dry feed, a sinking or floating wet feed.*

	% GSI	% Slo	% Lever
Tørrfôr	23,3	22,9	8,3
Våtfôr synk	15,7	20,6	7,5
Våtfôr flyt	13,3	17,0	5,9

sei+akkar og ren akkar, ser vi at vi får samme vekst og proteinutnyttelse med et lavere fôrinntak hos torsk fôret med ren akkar.

Fôrkostnadene er en nøkkelfaktor i oppdrett av torsk. Et proteinrikt fôr er dyrt, og en aktuell måte å redusere kostnadene på er å bruke billigere råvarer, for eksempel ved å bytte ut en del av proteinet med karbohydrater. Dette var også bakgrunnen for at man i forrige periode med torskeoppdrett (80-tallet) startet forskning omkring karbohydrater som alternativ energikilde til deler av proteinet (proteinsparende effekt). Torsk hadde jo en begrenset evne til utnyttelse av fett. Dessverre viste disse studiene at torsken kun kan nyttiggjøre seg små mengder karbohydrater, og en optimal tilsetning for fullstendig energiutnyttelse ble funnet å ligge rundt 7 % stivelse på tørrstoffbasis. Torsketarmen viste en begrenset evne til å fordøye komplekse karbohydrater. I tillegg viste torsk en svak og sen regulering av blodglukose, dvs. at den etter et karbohydratrikt måltid ville komme i en sukkersykelignende tilstand, med vedvarende høye konsentrasjoner av sukker i blodet. I forsøk tok det hele fire dager før blodsukkeret normaliserte seg etter et høyt inntak. I tillegg ble det funnet et metningspunkt for lagring av karbohydratenergi i form av glykogen, både i lever og muskel.

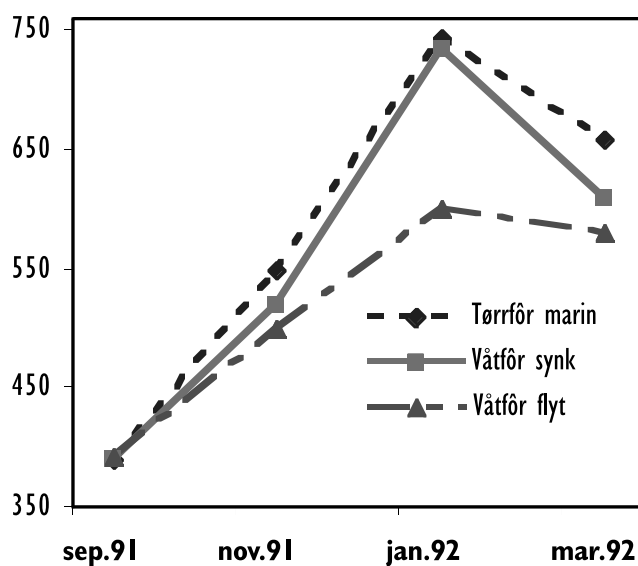
I arbeidene med karbohydratoptimalisering fant man at denne fôringrediensen i sterk grad påvirket fôrfaktoren, og ved riktig tilsetning (lave nivåer) oppnådde man i gjentatte forsøk fôrfaktorer ned mot 0,6 for ca. 0,5 kg fisk. Tilveksten ble også forbedret ved lave nivå karbohydrater i fôret, og 0,5 kg torsk

ble funnet å doble sin vekt i løpet av åtte uker når fôret var optimalisert.

Resultatene for effektiv fôrutnyttelse og muligheter for rask vekst gir interessante perspektiver når det gjelder lønnsomt oppdrett av torsk. Nøkkelen ligger fremdeles i å komme frem til et billig nok fôr som gir tilnærmet samme vekst og fôrfaktor som nevnt over. Dette vil avhenge av tilgang på billig nok råstoff i fôrproduksjon, for eksempel utnyttelse av biprodukter fra fiskeriene direkte og/eller ensilasje, samt en prosess som ikke koster for mye. I denne sammenheng har forfatterne stor tro på Rubin-fôret, som bl.a. er testet i full skala ved Lofilab AS (Lofoten), og som ble positivt profilert på Torskenettverksamling i juni 2000 (Bergen). Rubin-konseptet er i dag under videreutvikling (GellyFeed AS) bl.a. for å ivareta hygienerisiko (manglende varmebehandling). Resultatet fra evaluering om GellyFeed AS vil falle innenfor regelverket er ennå ikke på plass.

### Vanninnhold og flyt-/synkeegenskaper til fôr - betydning for vekst og kjønnsmodning hos torsk

I et forsøk ble tre ulike fôrtyper; tørrfôr (Skretting Marin, 1992), sentsynkende våtfôr (SeaGrain AS) og flytende våtfôr (SeaGrain AS) gitt til 350 grams torsk i merder i sjø ved Havforskningsinstituttet Matre havbruksstasjon. Torsk som fikk sentsynkende



**Figur 3** Vektutvikling hos tre grupper torsk i merder ved Matre havbruksstasjon. *Weight (g) development in three groups of cod fed either a commercial dry feed, or a sinking or floating wet feed.*

våtfôr og torsk som fikk tørrfôr vokste likt og bedre enn torsk gitt vått flytefôr de fire første månedene etter forsøket start (fra sept. 91 til jan. 92). Etter dette (januar 1992) inntraff kjønnsmodning og totalveksten sank i alle grupper. Forskjellene i vekt ved slakting i mars 92 gjenspeilte tilsvarende mønster i relativ gonadestørrelse (GSI, %), sloindeks (%) og leverindeks (%) (tabell 6 og figur 3).

Ingen av gruppene, selv ikke tørrfôr-fôret torsk hadde særlig høye leverindekser, mens både gonadevekst og sloindeks var høyere i tørrfôr-fôret torsk enn i torsk gitt synkende våtfôr. Lavere veksthastighet og sluttvekt ble funnet når torsken ble fôret med et flytende våtfôr. Ut fra disse resultatene kan man ikke anbefale våtfôr fremfor tørrfôr ved oppdrett av torsk (eller vice versa). Filet av torsk fra alle grupper, samt en gruppe villfanget torsk, ble sendt til sensorisk analyse ved Matforsk. Det trente dommerpanelet fant generelt størst forskjell mellom villtorsk og torsk som hadde fått tørrfôr. Resultatene viste at det var signifikant forskjell (5 % nivå) mellom villtorsk og tørrfôr-fôret torsk med hensyn til egenskapen fasthet. Tørrfôr-fôret torsk ble bedømt til å være løsere i konsistensen og saftigere og ha en friskere smak enn de to andre gruppene (gitt våtfôr). Utover dette var de sensoriske ulikhetene mellom de tre oppdrettsgruppene så små at man ikke fant noen andre statistiske forskjeller blant de 11 øvrige sensoriske parametrene. Hovedkonklusjon fra forsøket er derfor: Torsk vokste like godt med tørrfôr og sentsynkende våtfôr frem til kjønnsmodningsperioden startet. Deretter kunne forskjellene i gjennomsnittsvekt tilskrives kjønns-

modning og deponering av fett i slo (lever). Torsk som fikk tørrfôr hadde noe avvikende smak fra villtorsk og torsk som hadde fått sentsynkende våtfôr. De to sistnevnte gruppene ble bedømt likt av det sensoriske panelet.

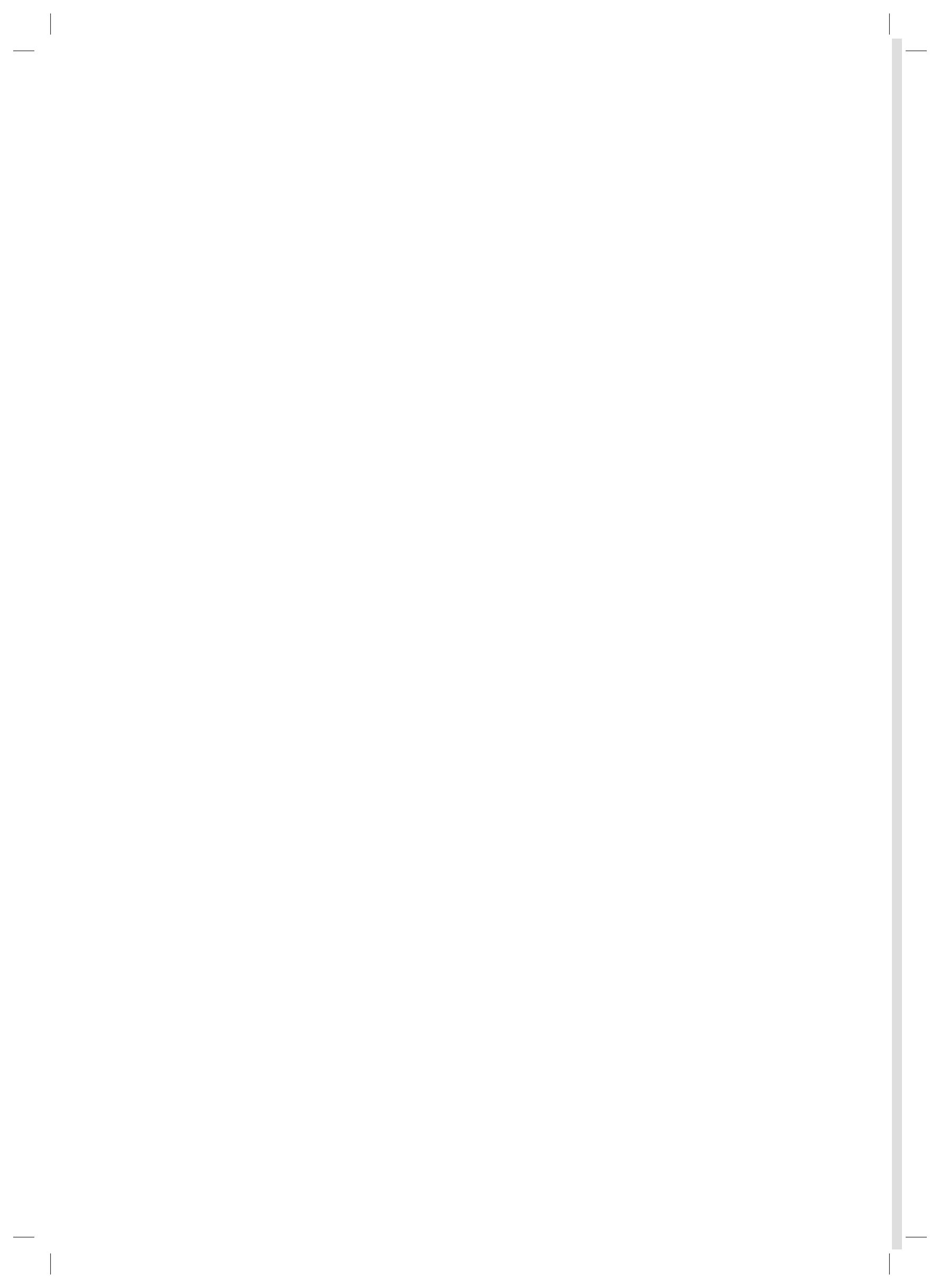
### **Hovedkonklusjon**

*- hvordan skal vi fôre oppdrettstorsken for at den skal vokse hurtig uten å bygge opp for stor lever - blir derfor:*

For best mulig vekst, lav fôrfaktor og lite leverstørrelse (%) bør torsken fôres til metthet annenhver dag (maksimal rasjon), dvs. tre ganger per uke (gjelder ikke larver og yngel) med et magert fôr (<25 % fett av tørrstoff), inneholdende mye protein og et lavt nivå karbohydrat (7 - 11 % av tørrstoff), samt inneholdende råstoffer som gir appetittstimulans, for eksempel noe akkar. Tørrfôr gir samme vekst og fôrutnyttelse som våtfôr, men noe større lever er målt ved fôring av tørrfôr. Et sentsynkende fôr er bedre enn et flytefôr. Man bør finne driftsrutiner som unngår kjønnsmodning, og her er det en del forskningsresultater fra Havforskningsinstituttet (v. Hansen og Taranger) der spesielle lysregimer kan utsette kjønnsmodningen.

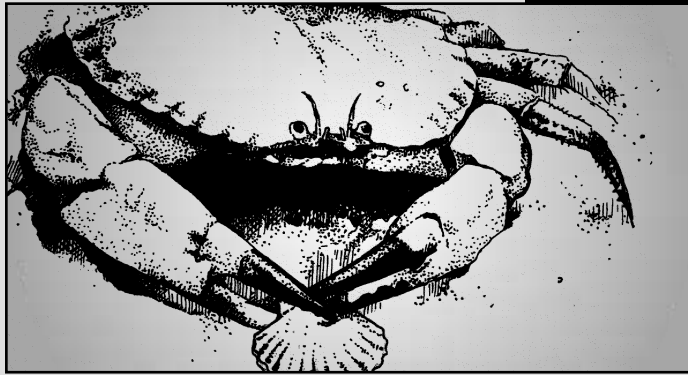
En omfattende publisering foreligger bl.a. på fôring av torsk. De artikler som er kommet fra Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt kan finnes i litteraturlisten utlagt på våre nettsider:

[www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no). Innlegget er gjengitt fra *Norsk Fiskeoppdrett nr. 16, 2000*.



# Kapittel 3

Andre arter



## Skjellhelse og smittespredningsproblematikken

Stein Mortensen, Havforskningsinstituttet  
Hege Hellberg, Veterinærstituttet i Bergen

**En del sentrale emner som angår forvaltningen av skjellnæringen, om tiltak for å opprettholde vår gode helsestatus og bygge opp en langsiktig forvaltningsmodell, ble beskrevet i fjorårets Havbruksrapport. Helsestatus hos både skjell og fisk er i hovedtrekk som i fjor, men en del områder er blitt aktualisert i året som har gått. I dette kapitlet skal vi gi en kort oversikt over en del av de forvaltningsmessige problemstillingene som er i fokus, og som angår skjellhelse og smittespredningsproblematikken, og noen konkrete tiltak som er satt i verk.**

### Rift om kystarealene

Det strømmer inn søknader om konsesjoner til skjelldyrking. Langs praktisk talt hele kysten ligger bunkene høye på fiskerisjefkontorene og gir forvaltningsapparatet en god del grå hår i hodet. For at konsesjonene skal få lik, rettvist og korrekt behandling, må man ha klare svar på en rekke spørsmål; hvor mange konsesjoner bør gis, hvor tett kan skjelldyrkingsanleggene ligge, hvor nær opptil fiskeoppdrettsanleggene kan de plasseres, skal det tillates skjelldyrking i områder med store algegiftproblemer, med mye ærfugl, i landskapsvernområder, naturreservat, friluftsområder etc., men mange av de klare svarene finnes ikke. Kysten er ikke urørt, og er heller ikke fri til å forsyne seg av. En av de viktigste grunnene er at fiskeoppdrettet har gode tider. Fiskeoppdrettsnæringen ønsker også arealer, flere konsesjoner og økt produksjon. Når produksjonen av flere arter må sees i sammenheng, blir bildet mer komplisert.

### Regionalisering eller ikke?

En av de faktorene som kompliserer bildet er risikoen for smittespredning. Forhåpentligvis klok av skade er fiskeoppdrettsnæringen redd for innførsel av nye sykdommer - eller spredning av de allerede eksisterende.

Ett mulig virkemiddel i sykdomsforvaltningen er regionalisering - en inndeling av kysten i regioner hvor det ikke skal transporteres levende materiale

mellom sonene, eller være strenge restriksjoner på slik flytting. Regionalisering kan både minke risikoen for smittespredning, og avgrense nye sykdomsutbrudd geografisk. Hvis næringen langs hele kysten er selvforsynt med yngel, er regionaliseringen praktisk gjennomførbar. I en situasjon hvor noen kystsoner ikke er selvforsynte, vil regionaliseringen skape praktiske problemer.

Skjellnæringen er i den sistnevnte situasjonen. Kamskjellprodusentene har kun én yngelprodusent, og det er kun ett vekstanlegg i drift. Disse ligger også i ulike landsdeler. Produksjonen av østersyngel skjer på noen få lokaliteter. Dyrkingen av både kamskjell og østers er i dag derfor avhengig av transport av yngel, fra klekkeri til yngelanlegg til dyrker. Situasjonen er mest komplisert for kamskjell, siden yngelproduksjonen for denne arten er relativt komplisert. Produksjonen av østersyngel vil sannsynligvis bli satt i gang på flere lokaliteter enn i dag, hvis markedet etterspør yngelen. Når det gjelder blåskjell er ikke dette noe problem, siden det langs hele kysten finnes områder med god tilgang på vill yngel.

Regionalisering er også aktuell for skjellnæringen, og et offentlig nedsatt utvalg har vært i arbeid for å utrede regionalisering av hele havbruksnæringen - inklusive skjell. Det er gitt flere innspill til dette utvalget. Et hovedpoeng i sykdomsforvaltningen av skjell er at erfaringene fra utlandet viser at skjellsykdommer ofte blir oppdaget etter at de er spredd over betydelige områder. Når de først er spredd, lar de seg ikke fjerne, ettersom man verken kan vaksinere skjell eller utrydde skjell helt fra et område.

På bakgrunn av dette - og dagens yngeltilgang - kommer vi lett i en situasjon hvor faglige hensyn og praktiske behov drar i hver sin retning. Vi har behov for sikkerheten i en forvaltningsmodell - næringen trenger yngeltransport. Dette resulterer i ett kortsiktig og ett langsiktig scenarium. Det kortsiktige er som i dag, med en tilnærmet fri flyt av skjellyngel over hele landet. Dette fungerer bra når det ikke er sykdomsproblemer, men kan bli en katastrofe for

skjellnæringen hvis en alvorlig skjellsykdom dukker opp. Det langsiktige er naturligvis en regionalisert skjellnæring, hvor hver region er autonom og forvaltes deretter. En slik modell vil i dagens situasjon kunne resultere i at eksempelvis Trøndelag står uten både kamskjell- og østersyngel – et problem!

Som fagpersoner er vi nødt til å arbeide for å få til både langsiktige, bærekraftige og funksjonelle løsninger. I denne sammenhengen er det ikke enkelt, og inntil det er etablert et skjellklekkeri nord for Stad, er den eneste åpenbare kompromissløsningen at det innføres en regionalisering, med en overgangsfase hvor det aksepteres yngeltransport fra noen få produsenter som gjennomfører definerte tiltak for sporbarhet, dødelighetskontroll, helsekontroll etc.

### **Skjellhelse**

Selve grunnstammen for sykdomsforvaltningen er naturligvis å kjenne til helsesituasjonen for oppdrettsartene. For skjell er det bygget opp et samarbeid mellom Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet, som gradvis kan ivareta både diagnostikk, forskning og forvaltningsrådgivning på skjellsykdommer.

Status for skjellhelse er heldigvis som tidligere - vi har ikke påvist alvorlig sykdom i norske skjellbestander.

Prøver av kamskjell-stamdyr fra klekkeriet har ikke vist tegn på sykdom. Det er i liten grad gjort undersøkelser av kamskjell i produksjon, men det er tidvis kommet inn materiale fra anlegg som har opplevd dødelighet. Bortsett fra ett tilfelle med børstemarkinfeksjoner på yngel i vekstanlegg i 1997, er det ikke påvist sykdomsfremkallende organismer i forbindelse med dødelighetstilfellene. Det er derfor behov for grundigere undersøkelser for å forsøke å finne årsakssammenhengene. Vi har imidlertid sett tilfeller av unormal skallvekst og forstyrrelser langs kappekanten som tyder på at slitasje på skallkanten i mellomkulturfasen kan gi skader, stress og sannsynligvis infeksjoner i kappen. I noen tilfeller tror vi at dette kan ha medført forhøyet dødelighet. I andre tilfeller tror vi at dødeligheten skyldes stress etter transport eller utsett av skjellyngel med lave energireserver. Kamskjell er på mange vis ikke så robuste som vi skulle ønske.

Det er blitt gjort en omfattende undersøkelse av flatøsters siden 1995. Undersøkelsen blir gjennomført av Veterinærinstituttet som et nasjonalt overvåkingsprogram for parasittsykdommene bonamiose og marteiliose. Resultatene er oppløftende. Verken disse eller andre alvorlige østerssykdommer er blitt påvist, og resultatene er rapportert til Statens dyrehelsestilsyn, som har utformet og sendt en søknad til EU (via EFTAs overvåkingsorgan ESA) om godkjenning av Norge som en sone fri for østerssykdommene bonamiose og marteiliose. Dette kan gjøre norsk flatøsters til en interessant ressurs internasjonalt.

For blåskjell og andre skjellarter er situasjonen at vi vet svært lite. Ut fra en begrenset undersøkelse av teppeskjell og et generelt fravær av unaturlig dødelighet, kan vi kun anta at helsesituasjonen er tilfredsstillende. Det vil i dagens situasjon antakelig være unaturlig å bruke ressurser på omfattende studier på helseundersøkelser av nye skjellarter.

Skjellsykdomsproblematikken er aktuell for skjellnæringen, men ikke for fiskeoppdrettsnæringen. Siden fisken stort sett har prioritet, og det ikke er utbrudd av skjellsykdommer, er det fare for at vi slurver med føre var-prinsippene med hensyn til skjell. Det bør vi definitivt ikke. Ved å beskytte norske skjellbestander gjennom et fornuftig forvaltningsregime, har vi en unik mulighet til å holde bestandene sykdomsfrie og bevare en verdifull ressurs.

### **Fiskehelse og smittespredning**

Det er betydelig mer fokus på fiskeesykdommene, og på skjellenes mulige rolle som bærere eller reservoarer for smitte. Smittespredningsproblematikken er både faglig og forvaltningsmessig svært utfordrende. Det er i modellstudier vist at skjell kan fungere som smittereservoarer, og at sykdom kan overføres fra fisk til skjell, og fra skjell til fisk. Dette betyr at fiskeoppdrett og skjell dyrking må forholde seg til hverandre i en praktisk og forvaltningsmessig sammenheng. Gjennomføring av en sikker forvaltningsstrategi vil få konsekvenser både for skjell- og fiskeoppdrettsnæringen, og spille inn på områdetildeling, nærhet, samlokalisering osv.

Dagens forvaltning på dette området baserer seg i stor grad på kunnskap som er opparbeidet med studier av skjell i en eksperimentell situasjon, og på føre var-prinsipper. Det mangler i dag imidlertid

grunnleggende kunnskap om hva som faktisk skjer i en "naturlig" situasjon i sjø, og i eller ved anleggene. Det er behov for mer kunnskap på dette området, og vi har etablert et prosjekt med mål å studere problemstillingen et trinn videre. Resultatene fra prosjektet vil kunne gi en klar nytteverdi for forvaltningen, og vil kunne brukes ved planlegging av havbruksaktiviteter som inkluderer flere arter, som;

- Etablering av skjellanlegg i områder med oppdrett av laks eller marin fisk
- Praksis for flytting av skjellyngel mellom ulike skjelldyrkingsområder
- Samdrift med flere arter i ett system
- Vurdering av interaksjoner mellom oppdretts- og ville organismer
- Vurdering av smittestoffenes persistens i miljøet (i forbindelse med blant annet brakklegging)

### **Utfordringen - langsiktighet i havbruksforvaltningen**

Det er knyttet tette bånd mellom forsknings- og forvaltningsinstitusjonene, og det er en svært god informasjonsflyt mellom institusjonene. Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, Fiskeridirektoratet og Statens dyrehelsetilsyn samarbeider i konkrete saker som angår forvaltning av skjellnæringen. Det arbeides i dag med etablering av konkrete rutiner i forbindelse med helsekontroll i skjelldyrkingsanlegg, med kompetanseheving i både næring og forvaltning, med planlegging av kurs, og en trinnvis utdanningsplan for å få kunnskap om skjell inn på ulike nivåer. Vi deltar også i den internasjonale diskusjonen om hvilket sikkerhetsnivå man i EU - og i utenforstående land som blir påtvunget EUs direktiver - skal forvalte skjellhandel og -produksjon. Ved å arbeide bredt kan vi nå målet om å oppnå en langsiktig og sikker skjellforvaltning. Ved å arbeide i dybden kan vi skaffe kunnskapen og datagrunnlaget som er nødvendig for å gjøre denne forvaltningen troverdig.

## Ny grenseverdi for yessotoksin - godt nytt for blåskjelldyrkere

Peter Hovgaard, Høgskolen i Sogn og Fjordane  
Tore Aune og Hanne Ramstad, Norges Veterinærhøgskole

**I august 2000 sendte Fiskeridirektoratet, ved kontoret for kvalitet og miljø, ut et rundskriv om endrete grenseverdier for algegiften yessotoksin (YTX). Dette innebærer et stort fremskritt for blåskjelldyrkere fordi YTX i betydelig grad har ført til høsteforbud uten at det egentlig hadde vært nødvendig av hensyn til konsumentene. YTX ekstraheres sammen med diarétoksinene (DSP) og dreper mus når toksinet er til stede i konsentrasjoner over ca. 40 mg per 100 gram skjellmat. Forekomst av YTX over denne grensen kan derfor gi positivt utslag på musetest uten at diarétoksin (okadasyre (OA)/dinofysistoksin (DTX)) er til stede i mengder over tillatt grenseverdi som EU i 1999 senket fra 25 til 16 mg OA-ekvivalenter per 100 gram skjellmat.**

Siden YTX første gang ble beskrevet i japanske kamskjell i 1986, har det vært diskutert i hvilken grad det representerer noen helseisiko for konsumenter av skjell. Det har vært arbeidet med vitenskapelige risikovurderinger, blant annet ved kompetansemiljøet for marine algegifter i Norge ved Norges Veterinærhøgskole. I tråd med den økte kunnskapen om oral toksisitet (giftighet ved spising, i motsetning til musetesten som foregår ved injeksjon i bukhalen), har Fiskeridirektoratet innført en øvre grenseverdi på 100 mg YTX per 100 gram skjellmat. Det er et vesentlig poeng i denne sammenheng at håndhevelse av denne grenseverdien hadde vært umulig uten å gjøre kjemiske analyser. Derfor er bevilgningene til analyseutstyr til Veterinærhøgskolen i 2000 også en nødvendig forutsetning for at de problemer som YTX har representert, skal bli redusert.

Dersom utslaget i musetest ikke kan forklares ved kjemiske analyser av YTX, kan det være andre, ikke-identifiserbare, toksiner til stede i prøven. I slike tilfeller skal det ikke gis høstingstillatelse.

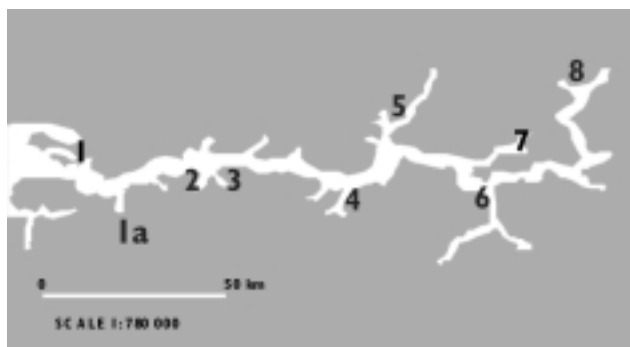
Hva innebærer så denne hevingen av grenseverdien i praksis? En større undersøkelse i Sognefjorden i 1997 av forekomsten av YTX, samtidig med andre toksiner, og bruk av musetest

kan illustrere dette. Da ble ni lokaliteter fordelt langs fjorden undersøkt med jevne mellomrom (to-fire uker) i tidsrommet mars til november. Figur 1 viser Sognefjorden med plassering av lokalitetene.

Figur 2 viser resultatene. Det er for DSP bare tatt med i hvilken grad verdiene ifølge kjemiske analyser lå over tillatt grenseverdi, 16 mg/100 g skjellmat (dvs. høsting forbudt, sort farge i figur 2), eller under tillatt verdi (grå farge i figur 2). For YTX er det intervallet mellom 40 og 100 mg/100 g skjellmat som er interessant. Etter de nye retningslinjene kan skjellene godkjennes om YTX-verdien ligger i dette intervallet, selv om musetesten viser DSP > 1 (hvilket tidligere førte til høsteforbud) forutsatt at kjemisk måling av DSP ikke var over 16. Figur 2 tar også med i hvilke tilfeller PSP lå over grenseverdien 400 ME (MuseEnheter, tilsvarende 80 mg Saxitoksin-ekvivalenter/100 g skjellmat).

### DSP

Ved vurdering av DSP alene, viser figuren en klar tendens med lengst tid med høsteforbud på de innerste stasjonene Lusterfjorden og Skjer (i Sogndalsfjorden). Her førte DSP til høsteforbud fra ca. midten av juni og ut året. I mars var i tillegg verdien over det tillatte på Skjer, hvilket kan forklares med rester av DSP-toksin i skjellene



**Figur 1** Ni stasjoner i Sognefjorden fra Lifjorden (nr. 1) ytterst til Lusterfjorden innerst (nr. 8).  
Nine stations in Sognefjorden from Lifjorden (no 1) to Lusterfjorden (no 8).

Stasj/Tox	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
<b>Lusterfj.</b>									
DSP	[Grey bar from April to August]								
YTX, 100	[Black bar from April to August]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from April to August]								
<b>Skjer</b>									
DSP	[Black bar from March to August]								
YTX, 100	[Black bar from March to August]								
YTX, 40	[Black bar from March to August]								
PSP	[Black bar from March to April]								
<b>Simlenes</b>									
DSP	[Grey bar from March to August]								
YTX, 100	[Black bar from April to July]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from April to May]								
<b>Menes</b>									
DSP	[Grey bar from March to August]								
YTX, 100	[Black bar from April to July]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from March to May]								
<b>Arnafj.</b>									
DSP	[Grey bar from March to October]								
YTX, 100	[Black bar from April to August]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from April to May]								
<b>Østerbøv.</b>									
DSP	[Grey bar from March to September]								
YTX, 100	[Black bar from April to July]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from March to August]								
<b>Bjordal</b>									
DSP	[Grey bar from March to September]								
YTX, 100	[Black bar from April to July]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Grey bar from March to May]								
<b>Asheim</b>									
DSP	[Grey bar from March to May]								
YTX, 100	[Grey bar from March to May]								
YTX, 40	[Black bar from March to May]								
PSP	[Grey bar from March to May]								
<b>Lifjord</b>									
DSP	[Grey bar from March to November]								
YTX, 100	[Black bar from April to July]								
YTX, 40	[Black bar from April to August]								
PSP	[Black bar from May to June]								

**Figur 2** Høsting forbudt (sort) og tillatt (grått) på ni stasjoner i Sognefjorden i 1997 etter grenseverdien for algetoksinet DSP på 16 mg OA-ekv. (øverste linje i hver boks). Linje 2: YTX-verdier over (sort) eller under (grått) 100 mg. Linje 3: YTX-verdier over (sort) eller under (grått) 40 mg. Linje 4: PSP over (sort) eller under (grått) 400 ME (alle verdier per 100 gram skjellmat).

*Harvesting prohibited (black) and allowed (grey) on nine stations in Sognefjorden in 1997 given according to limits set for the algae toxin DSP on 16 mg OA equivalents (upper line in each box). Line 2: YTX-values over (black) or under (grey) 100 mg. Line 3: YTX-values over (black) or under (grey) 40 mg. Line 4: PSP over (black) or under (grey) 400 ME (all values pr 100 g shellfish meat).*

fra foregående høst. Lenger ute i fjorden kom giftinnholdet over tillatt grenseverdi gradvis senere, på Simlenes fra midten av august, på Menes fra midten av september, i Arnafjorden og Østerbøvatnet fra midten av oktober, ved Bjordal i slutten av oktober, mens det i Lifjorden ikke ble målt noen verdier over tillatt grenseverdi. Ved Asheim er det bare tatt med verdier fra mars til mai (alle under tillatt grenseverdi) ettersom skjellene som ble brukt i forsøket bli spist opp av ærfugl. Nye skjell fra Skjer ble utsatt i juli, men representerer ikke lokale skjell og er derfor ikke tatt med her.

### **En samlet vurdering**

Akseptering av YTX-innhold mellom 40 og 100 mg per 100 gram skjellmat ville ha ført til stor forskjell i når skjell kunne vært høstet i 1997. Figur 2 viser at forskjellen er størst i de midtre og ytre stasjonene. I Lusterfjorden viser figuren at skjell kunne vært høstet i mars og halve april, da det ble høsteforbud en kort periode på grunn av PSP. YTX forekom ofte i konsentrasjoner over 40 mg/100 g skjellmat (hvilket tidligere har vist seg å være tilstrekkelig til å gi utslag på musetesten). Følgelig bidro YTX til høsteforbud ut året, først på grunn av YTX, deretter på grunn av DSP. Med aksept av YTX inntil 100 mg/100 g skjellmat kunne det også vært høstet et par uker i begynnelsen av juni. På Skjer i Sogndalsfjorden kunne den nye grenseverdien for YTX ha medført en høstperiode på ca. seks uker i mai – juni. På Simlenes ville høstemulighetene økt fra bare mars til også å gjelde april og august. På Menes kunne det med ny verdi for YTX åpnet for høstemuligheter første halvdel av april og en periode i august. Tilsvarende ville det i Arnafjorden kunne vært høstet sammenhengende i mars og april til litt ut i mai, og i tillegg en periode om høsten, men det er usikkert hvor lenge på grunn av få målinger. I Østerbøvatnet var det høstingstopp fra mai til september med musemetoden, mens en betydelig kortere forbudsperiode kunne vært aktuell med en kombinasjon av musemetoden og kjemiske analyser

av genuine diarétoksiner (OA og DTX) og YTX med den nye grenseverdien. Basert på bare musemetoden ville det vært høstestopp i Bjordal fra tidlig i april til et stykke ut i august, mens 100 mg YTX/100 g skjellmat som grenseverdi ville gitt høstestopp en periode i juli og august og igjen fra slutten av oktober på grunn av DSP. I de tre månedene vi har målinger fra Asheim, ville tidligere metode gitt høstestopp i to måneder, mens den nye grenseverdien for YTX ikke ville gitt høstestopp. I Lifjorden var det høstestopp i mai på grunn av PSP, mens man ved anvendelse av egen grenseverdi for YTX hadde unngått høstestopp i juli og august.

I denne gjennomgangen bør man ta forbehold om sporadisk opptreden av ikke-identifiserbare toksiner som kan bidra til utslagene i musetest. Denne situasjonen vil bli betydelig forbedret når det nye LC-MS-instrumentet tas i bruk ved Veterinærhøgskolen.

### **Hva med EU-regulativet?**

Mange vil sikkert spørre seg om EU vil akseptere at Norge innfører en høyere grenseverdi for YTX enn det som kan gi utslag på musetesten. Til det er å svare at EU indirekte allerede aksepterer at YTX ikke er et helsemessig problem ved konsum av skjell. Det gjør de ved å akseptere at rottetesten blir brukt som kontrollmetode slik det gjøres i Nederland. Etter som YTX ikke gir diaré hos forsøksdyrene, vil toksinet ikke bli oppdaget ved denne testen. I tillegg har Tyskland benyttet seg av HPLC-metode for diarétoksinene, og følgelig heller ikke tatt hensyn til YTX. Det er derfor presserende å få EU til å akseptere toksikologisk baserte grenseverdier for YTX, i stedet for et utslag i musetest som ikke sier noe om helserisiko hos mennesker ved normalt konsum. De pågående oraltoksikologiske studiene ved Veterinærhøgskolen vil forhåpentlig føre til en avklaring på dette problemet.

## Avlsarbeid på skjel like aktuelt som for laks

Trygve Gjedrem, AKVAFORSK

**Noreg har eit stort potensial for ein høg produksjon av skjel, fyrst og fremst basert på artane blåskjel (*Mytilus edulis*), østers (*Ostrea edulis*) og kamskjel (*Pecten maximus*). Vårt overordna mål bør difor vere å etablere og vidareutvikle ei livskraftig skjelnæring for å utnytte dei store naturlege ressursane langs kysten og for å skape nye arbeidsplassar. Vi må difor lage produksjonssystem og produksjonsliner for å utvikle skjel som vil vekse og trivast i oppdrettsmiljø og som konsumentane vil ha. Skjela må vere av høg kvalitet, og kravet må vere at kvaliteten kan dokumenterast slik at opphavet til kvart skjel kan sporast attende til foreldre, veksestad, nytta teknologi, helsetilstand, haustedato og så vidare. For å få ein vellukka produksjon må mange faktorar vere til stades. Å skaffe rikeleg med næringsemne og produktive dyr vil vere heilt avgjerande.**

I rapporten "Norges muligheter for verdiskaping innen havbruk" uttaler utvalet at avlsarbeid har vore Noregs sterkaste kort ved utviklinga av laksenæringa. Mykje talar for at dette er ein rett konklusjon. Det er difor naturleg å samanlikne mulighetene for avlsmessig framgang hos laks og skjel når vi skal vurdere å byggje opp eit avlsarbeid for skjel, i første omgang for østers og kamskjel.

### Biologisk grunnlag

Den generelle avlslæra er godt utvikla og gjeld for alle dyreartar, også for fisk og skaldyr. Teoretisk kan vi rekne ut kor stor framgang vi kan vente i eit avlsarbeid med skjel. Det er to parametarar som avgjer kor stor framgang vi kan vente oss når vi gjer utval eller selekterer:

- Prosent av dyra som må nyttast til avlsdyr (utvalsstyrken) og
- Genetisk variasjon for den eller dei eigenskapane vi vil betra.

Skjel har større reproduksjonsevne enn laks og difor kan vi gjere eit strengare utval for skjel enn for laks, altså ei føremon for skjel. Når det gjeld genetisk variasjon for tilvekst (vekt) og motstandsevne for sjukdom, må vi ty til litteraturen sidan vi ikkje har

norske studiar å vise til. For østers og kamskjel ser det ut til at den genetiske variasjonen relativt sett er om lag som for laks. Dette er basert delvis på andre artar enn dei som er aktuelle hos oss, men det er ingenting som tilseier at det er nokon vesentleg artsskilnad i storleiken av den genetiske variasjonen. Vi kan såleis konkludere:

*Det biologiske grunnlaget for avlsmessig framgang ser ut til å vere minst like bra hos østers og kamskjel som for laks.*

### Avlsmetodar

Både for østers og kamskjel er det funne at innavl har skadelege verknader for både tilvekst og motstandsevne mot sjukdom.

I eit kryssingsforsøk med ulike stammar av kamskjel (*Argopecten circularis*) vart det ikkje funne nokon nytte i kryssing. Ingen av kryssingsgruppene var betre enn den beste av foreldrestammene. Heller ikkje for østers er det påvist store utslag i kryssingsforsøk. I eit avlsprogram for østers og kamskjel er det såleis i utgangspunktet mest naturleg å satse på reinavl og seleksjon.

### Har avlsarbeidet gitt framgang i praksis?

Det er vanleg å angi avlsmessig framgang i prosent per generasjon. Det kan nemnast at for tilvekst hos norsk laks er det oppnådd ein framgang på 10-14 % per generasjon. Dette er ein svært stor framgang og resulterer i ei fordobling av tilveksten etter seks-syv generasjonar. I litteraturen kan vi alt finne mange resultat frå avlsforsøk og avlsprogram med skjel (for østers tolv og for kamskjel seks). Dei fleste forsøka er utførte i Canada, USA, Mexico og Australia. Oppnådd framgang varierar frå nokre få prosent til så mykje som 18 % auke i tilvekst per generasjon. Det mest imponerende resultatet er oppnådd i Maine, USA, med østers (*Crassostrea virginica*), der dei har fordobla vekta på fire generasjonar, dvs. framgang på 20 % per generasjon. Det kan nemnast at det i Canada er oppnådd ein avlsmessig framgang på 17 % for vekt på vår østers-art (*Ostrea edulis*).

For overleving eller motstandsevne mot sjukdom

er det færre resultat. Nokre er svært positive når det gjeld auka overleving, medan andre viser mindre eller ingen framgang. Det kan nemnast at det er oppnådd auka motstandsevne mot parasittar både for vår østers og for den dei dyrkar på austkysten av USA (*Crassostrea virginica*).

Det er ganske vanleg at resultat frå avlsforsøk og avlsprogram varierar mykje, og det kan vere fleire årsaker til at framgangen vert liten eller ingen. Det kan vere:

- Mangelfull planlegging og gjennomføring slik at miljøskilnadene hindrar framgang.
- Bruk av få og innavla avlsdyr som har liten genetisk variasjon i eigenskapane ein gjer utval for.
- Svakt og usikkert utval slik at dei beste avlsdyra ikkje vert valde til avlsdyr.

### **Konklusjon**

Det er like gode muligheter for avlsmessig framgang for tilvekst hos østers og kamskjel som hos laks. Det gjeld truleg også for motstandsevne mot sjukdom. Sidan generasjonsintervallet er tre-fire år hos desse skjelartane, vil det ta tid før næringa får denne nytten av avlsarbeidet. Det er difor viktig at avlsarbeidet med skjel kan starte så fort som mogeleg. AKVAFORSK har alt planane klare.

## Taskekrabben – ein velsmakande ressurs

Gerd Marit Berge og Erland Austreng, AKVAFORSK  
Astrid Woll, Møreforskning

**Taskekrabben (*Cancer pagurus*) fins langs heile norskekysten oppover til Troms, og er ein av dei viktigaste kommersielle krabbeartane i Noreg. Dei registrerte fangstane ligg på nærmare 3000 tonn i året, i tillegg kjem eit populært fritidsfiske. Krabbefisket går stort sett føre seg frå juli til november. Fangsten kan bli selt direkte frå fiskar, den kan bli selt til fiskehandlarar eller til produksjonsbedrifter. Felles for alle kjøparane er at dei ikkje er garantert å få fullmata krabbe. I ein krabbefangst vil det alltid vere ein viss andel av krabbene som ikkje er skikkeleg fylt. Dei dårlegaste vil bli utsorterte, men alle dei som kjem i kategorien “middels fyllingsgrad”, vil ha eit potensial for forbetring, - og dermed auka verdi på produktet.**

I løpet av siste året har vi fått innvilga eit brukarstyrt prosjekt med Møreforskning, AKVAFORSK og produksjonsbedrifta Hitramat & Delikatesse A/S. Eitt av måla i dette prosjektet er å auke verdien på dei “middels gode” krabbene gjennom oppføring. Utfordringa blir å finne fram til eit fôr som krabbene vil ete, “med god appetitt”, og eit fôr som som kan fungere i høve til krabben sin måte å ete på. Og sist, men ikkje minst, eit fôr som gir god smak på krabben, med tanke på forbrukaren.

Før vi byrja å lage fôrblendingar til krabbene, ville vi skaffe oss litt bakgrunn for val av fôrmiddel. At krabbe er glad i blåskjel og at sei er god krabbemat er noko “alle veit”. Men på den andre sida veit vi også at krabben er ein åtseletar og altetar. Kva vil den velje dersom den kan velje sjøl? Vi skaffa oss eit lite utval av fôrmiddel for å teste dette, sei, blåskjel, akkar, sild og makrell. Sidan sei har vore brukt i ein del oppføringsforsøk med krabbe, valde vi å bruke sei som referanse i desse testane.

Vi hadde krabber gåande i kar (1m<sup>2</sup>, 60 cm vannstand), om lag 25 krabber i kvart av tre kar, og kara sto innandørs med svakt lys. Vi skar opp bitar av fisk og akkar (ca. 3x3 cm), og blåskjela delte vi i to. Vi tok ein bit sei og ein av dei andre fôrmidla og la dei ved sida av kvarandre på botnen

av karet, og observerte kva for ein partikkel som blei spist først. Vi gjorde seks samanlikningar for kvart fôrmiddel, og resultatet var eigentleg ganske greitt. Når krabben kunne velje så tok den sei, nesten utan unntak. Akkar var det som kom på andre plass, men dei andre blei også spist når seien var borte. Eit anna fôrmiddel vi hadde tenkt å teste var konsentrat av fiskeensilasje. Slike produkt er flytande, og kunne dermed ikkje vere i med i den same typen test som dei andre. Det vi gjorde, var å ta eit par dråpar ensilasje direkte i karet nær innløpet, for så å observere reaksjonen. I utgangspunktet låg alle krabbene i karet roleg, men straks ensilasjen vart spreidd i vatnet så byrja dei å røre seg, flytte seg rundt omkring, som om dei leita etter mat. Med grunnlag i desse testane, laga vi nokre prøveblendingar av mjukfôr med sei som basis, både med og utan ensilasje, og begge typane såg ut til å fungere bra. Ensilasjen har eigenskapar som gjer det vanskelegare å få god konsistens på



Trond Storebakken med ein taskekrabbe

fôret, men krabbene viste god respons på fôret, og det vil bli gjort meir for å få dette til å fungere. Alt i alt fôra vi krabbene i fire veker på diverse mjukfôrblendingar, for å få ein del erfaring med fôrproduksjon og fôrkonsistens.

Vidare i prosjektet skal vi gjere meir med fôret til krabbene. Fôret må tilpassast taskekrabba for at både muskelmasse, lever og rogn skal utviklast

optimalt. Krabben tar truleg lett smak frå fôr og omgjevnader, difor blir det viktig å følgje opp effekt på kvalitet. Planlagte fôringsforsøk vil bli avslutta med ei kvalitetsvurdering som mellom anna omfattar eit smakspanel. I tillegg til å arbeide med fôr, skal vi gjere ein del på miljøforhold for krabben i ein oppfôringsituasjon. Dette går både på tekniske løysingar og miljøparametrar.

Målet med prosjektet er sjølvsagt å bidra til at ein ressurs som er der skal kunne bli betre utnytta, til glede både for næringsutøvarane og alle oss som er glad i krabbe!



## Forfattere i Havbruksrapporten 2001

Aune, Tore Austreng, Erland Axen, Barbro	Norges Veterinærhøgskole, <a href="mailto:tore.aune@veths.no">tore.aune@veths.no</a> AKVAFORSK, <a href="mailto:erland.austreng@akvaforsk.nlh.no">erland.austreng@akvaforsk.nlh.no</a> Havforskningsinstituttet
Berg, Arne Berge, Gerd Marit Bergh, Øivind Bleie, Hogne Browman, Howard	Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:arne.berg@imr.no">arne.berg@imr.no</a> AKVAFORSK, <a href="mailto:gerd.berge@akvaforsk.nlh.no">gerd.berge@akvaforsk.nlh.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:oivind.bergh@imr.no">oivind.bergh@imr.no</a> Veterinærinstituttet, <a href="mailto:hogne.bleie@veinst.no">hogne.bleie@veinst.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:howard.browman@imr.no">howard.browman@imr.no</a>
Evjemo, Jan Ove	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, <a href="mailto:jan.ove.evjemo@chembio.ntnu.no">jan.ove.evjemo@chembio.ntnu.no</a>
Gjedrem, Trygve	AKVAFORSK, <a href="mailto:trygve.gjedrem@akvaforsk.nlh.no">trygve.gjedrem@akvaforsk.nlh.no</a>
Handeland, Sigurd O. Hambro, Christian Hansen, Tom Hellberg, Hege Hemre, Gro-Ingunn Hjeltnes, Brit Hovgaard, Peter	Universitetet i Bergen, <a href="mailto:sigurd.handeland@ifm.uib.no">sigurd.handeland@ifm.uib.no</a> Norges forskningsråd, <a href="mailto:cha@forskningsradet.no">cha@forskningsradet.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:tom.hansen@imr.no">tom.hansen@imr.no</a> Veterinærinstituttet, <a href="mailto:hege.hellberg@veinst.no">hege.hellberg@veinst.no</a> Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, <a href="mailto:gro-ingunn.hemre@nutr.fiskeridir.no">gro-ingunn.hemre@nutr.fiskeridir.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:brit.hjeltnes@imr.no">brit.hjeltnes@imr.no</a> Høgskolen i Sogn og Fjordane, <a href="mailto:peter.hovgaard@anf.hisf.no">peter.hovgaard@anf.hisf.no</a>
Johansson, Barbro Johansson, David	Havforskningsinstituttet Havforskningsinstituttet
Kiessling, Anders Klakegg, Øystein	Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:anders.kiessling@imr.no">anders.kiessling@imr.no</a> Kontali Analyse A/S, <a href="mailto:oystein.klakegg@kontali.no">oystein.klakegg@kontali.no</a>
Lie, Øyvind	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, <a href="mailto:oyvind.lie@nutr.fiskeridir.no">oyvind.lie@nutr.fiskeridir.no</a>
Meeren, Terje van der Mortensen, Stein	Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:terje.van.der.meeren@imr.no">terje.van.der.meeren@imr.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:stein.mortensen@imr.no">stein.mortensen@imr.no</a>
Nortvedt, Ragnar	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, <a href="mailto:ragnar.nortvedt@nutr.fiskeridir.no">ragnar.nortvedt@nutr.fiskeridir.no</a>
Olsen, Rolf Erik Otterå, Håkon	Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:rolf.erik.olsen@imr.no">rolf.erik.olsen@imr.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:haakon.otteraa@imr.no">haakon.otteraa@imr.no</a>
Pettersen, Kristian	Universitetet i Bergen
Ramstad, Hanne M. Ringø, Einar Røsjø, Camilla	Norges Veterinærhøgskole, <a href="mailto:hanne.m.ramstad@veths.no">hanne.m.ramstad@veths.no</a> Norges Veterinærhøgskole, <a href="mailto:einar.ringo@veths.no">einar.ringo@veths.no</a> AKVAFORSK, <a href="mailto:camilla.rosjo@imr.no">camilla.rosjo@imr.no</a>
Sandnes, Kjartan Slinde, Erik Solbakken, Victor Stefansson, Sigurd O.	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, <a href="mailto:kjartan.sandnes@nutr.fiskeridir.no">kjartan.sandnes@nutr.fiskeridir.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:erik.slinde@imr.no">erik.slinde@imr.no</a> Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:victor.solbakken@imr.no">victor.solbakken@imr.no</a> Universitetet i Bergen, <a href="mailto:sigurd.stefansson@ifm.uib.no">sigurd.stefansson@ifm.uib.no</a>
Torrissen, Ole J.	Havforskningsinstituttet, <a href="mailto:ole.torrissen@imr.no">ole.torrissen@imr.no</a>
Woll, Astrid	Møreforsking, <a href="mailto:astrid.woll@hials.no">astrid.woll@hials.no</a>