

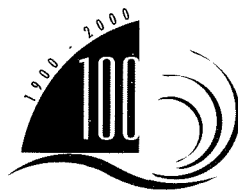
FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 3 - 2000

ISSN 0802 0620

HAVBRUKSRAPPORT

2000

Redaktører
Ørjan Karlsen
og
Anders Mangor-Jensen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Februar 2000

FORORD

Havbruksrapporten er ment å skulle gi leseren en status på hva som har skjedd i løpet av det siste året innen næring og forskning.

Årets utgave av Havbruksrapporten inneholder få overraskelser med hensyn til store gjennombrudd innen forskning og næring. Likevel har det vært redaktørens intensjon å presentere den retningsbevisste utviklingen som kjennetegner norsk havbruk. Både havbruket selv og det FoU-arbeidet som ligger til grunn for er i stor grad blitt et område som omfatter flere disipliner. Det er derfor ikke mulig hvert år å gi en fyllestgjørende beskrivelse av hele aktiviteten. En rekke områder og emner vil derfor i liten eller ingen grad være beskrevet i årets utgave, slik at brukere av rapporten også bør konsultere tidligere års utgaver.

Stadig flere arter blir vurdert som aktuelle kandidater for oppdrett. I årets utgave av Havbruksrapporten har vi begrenset oss til de mest aktuelle. En gjennomgang av ytterligere kandidater er gitt i fjordårets rapport. I tillegg til å presentere fakta og resultater, rommer denne rapporten vyer som kanskje ikke helt faller inn under tradisjonell havbrukstankegang, men som antyder hvilket potensial havbruk har.

Et tankekors for fremtidens oppdrettsnæring er forholdet mellom behov for og tilgang på for-

ressurser. Dette temaet er derfor viet spesiell oppmerksomhet i årets rapport. Som flere av kapitlene beskriver, har man trolig nådd en øvre grense for hva uttak av fisk fra havet angår. Dersom man fortsatt ønsker vekst innenfor havbrukssektoren, vil dette kreve nytenkning på en rekke områder hvor andre kilder for proteiner og fett enn de tradisjonelle marine kildene må vurderes. Sannsynligvis blir resultatene av dette å finne i fremtidige utgaver av Havbruksrapporten..

Selv om Havbruksrapporten i første rekke er en publikasjon fra Havforskningsinstituttet, har vi også i årets rapport lagt vekt på å invitere de ulike havbruksmiljøene i Norge til å komme med bidrag på aktuelle emner. Til tross for dette vil Havbruksrapporten aldri kunne bli en komplett rapport, men forhåpentligvis representativ for det som skjer innen norsk havbruksforskning, om enn noe farget av redaktørens faglige tilknytning og interesser.

Redaktørene vil rette en takk til alle bidragsytere for godt samarbeid og gode miner, selv om vi av egen erfaring vet at dette forfatterskapet legger ytterligere sten til byrden i en ellers hektisk tid. En spesiell takk rettes til Kari Østervold Toft, Hege Iren Svensen og Berit M. Gullestad for layout, korrektur - og en god innspurt!

INN H O L D

FORORD	Anders Mangor-Jensen og Ørjan Karlsen	5
SAMMENDRAG		8
SUMMARY		9
HAVBRUKSÅRET 1999		
Norsk havbruk i det nye årtusen.....	Erik Slinde	10
I. LAKSEFISK		
Lakse- og ørretnæringen 1999 - en oversikt	Lars Liabø	12
Markedstrender for laks og ørret.....	Tom Sebulonsen	16
Økt kunnskap sikrer velferd og gir mer effektiv produksjon i oppdrett av laksefisk.....	Geir Lasse Taranger, Arne Mikal Arnesen, Grete Bæverfjord, Sigurd O. Handeland og Torbjørn Åsgård	20
Vekstmønster og dverghannmodning.....	Ove T. Skilbrei	31
Effekter av variabelt fôropptak i tidlig sjøfase på osmoreguleringsevne og vekst hos høstsmolt	Sigurd O. Handeland, Leif Tvenning, Tor A. Giskegjerde, Bjørn Sveinsbø og S.O. Stefansson	36
2. MARIN FISK		
Oppdrett av kveite	Terje van der Meeren	38
Trivselsatferd hos kveite - viktig både for oppdretter og konsument	Jens Chr. Holm og Anders Fernø	49
Oppdrett av torsk	Håkon Otterå og Geir Lasse Taranger	52
Stor interesse for oppdrett av torsk.....	Jørgen Borthen	55
Effekter av temperatur på reproduksjonsutvikling hos gråsteinbit.....	Helge Tveiten og Helge K. Johnsen	58
Oppdrett av piggvar.....	Joachim Stoss	60
3. SKJELL		
Folke- og dyrehelse - utfordringer i forvaltningen av skjellnæringen.....	Stein Mortensen	61
Stort kamskjell - produksjon av yngel.....	Thorolf Magnesen	67
Gode resultater med gjennomstrømming for larver.....	Sissel Andersen	68
Bioteknologiske metoder gir bærekraftig yngelproduksjon av kamskjell.....	Øivind Bergh, Lise Torkildsen og Christophe Lambert	70
Taskekrabben, vår konkurrent om kamskjell i bunnkultur.....	Øivind Strand	72
Østers.....	Eivind Bergtun, Stein Mortensen og Øivind Strand	74
Kråkebolle - en nykomling med stort potensial.....	Atle Mortensen	76

*Ettertrykk av artikler er tillatt ved henvisning til kilde.
Forfatter setter pris på å bli kontaktet.*

Blåskjell som havbruksorganisme.....	Bjørn Bøhle og Einar Dahl	78
Bioremediering ved bruk av blåskjell	Dag Oscar Oppen-Berntsen	83
Taskekrabben, et stort potensial for en bærekraftig kystnæring.....		
	Gro I. van der Meeren, Astrid K. Woll og Alf Albrigtsen	87
Hummeren, populær og hemmelighetsfull.....	Gro I. van der Meeren og Ann-Lisbeth Agnalt	90
Helsesituasjonen for laksefisk.....	Tore Håstein og Brit Hjeltnes	94
Helsesituasjonen - kveite og torsk.....	Øivind Bergh og Brit Hjeltnes	98
Hva er probiotika - og hva har det i oppdrett å gjøre.....	Øivind Bergh	101
DNA-vaksiner, en ny vaksinasjonsstrategi.....	Audun Nerland og Ingunn Sommerset	104
Kan <i>Kudoa</i> og andre myxosporidier bli eit problem i oppdrett av marin fisk i framtida?.....	Frank Nilsen	108
Spredning av lakselus i sjøen: hvilke biologiske faktorer har innvirkning?.....	Karin Boxaspen	110
Skadeeffekter med høye mengder planteoljer til laksefisk.....	Rolf Erik Olsen	114
Lakselusen dreper villaksen. Tiltak på vei!		
	Jens Chr. Holst, Per Jakobsen, Frank Nilsen og Marianne Holm	116
Fôrtilgang for akvakultur.....	Yngvar Olsen	119
Fôr og ernæring.....	Grethe Rosenlund og Kjartan Sandnes	122
Kan våre gassreserver bli en begrensning i framtidig norsk sjømatproduksjon?.....		128
	Ivar Holmefjord og Gerd Marit Berge	
Ernæringsbetinget katarakt hos oppdrettslaks?.....	Rune Waagbø og Ellen Bjerkås	130
Genteknologi i havbruks- og fiskeriforskning	Geir Dahle	132
Dag Møller - fødselshjelperen - snart sytti	Intervjua av Arnold Farstad	134
Forfatterliste		139

Tillegg til Helsesituasjonen for laksefisk:

Additional information:

Antibiotikaforbruket i norsk oppdrettsnæring i 1999 var totalt på 591 kg.

The total use of antibiotics in Norwegian fish farming industry amounted to 591 kg in 1999.

Foto på side 117 av laks med skader etter lakselus er tatt av Jens Christian Holst.

Photo on page 117: Jens Christian Holst

Denne rapporten refereres slik/*This report should be cited as:*
Karlsen, Ø. et al, Fiskerihav, Sænr. 3 - 2000

SAMMENDRAG

Oppdrettsåret 1999 var et godt år for norsk havbruksnæring. Produksjonen av laks og ørret i Norge nådde nye rekorder. Laksen representerer nå det økonomisk viktigste sjømatproduktet fra Norge, og er i produksjonsvolum det viktigste husdyret i Norge. Det har også vært en sterk økning i ørretproduksjonen det siste året, mens røyeproduksjonen fortsatt ligger på et lavt nivå. Den sterke økningen i produksjon av regnbueørret skyldes både at den ikke omfattes av forkvøterestriksjoner samt en stigende interesse for dette produktet i markedet.

Sykdomssituasjonen i Norge på oppdrettsfisk er fortsatt god. 1999 var igjen et år der svært lite antibiotika ble benyttet. Kampen mot lakselus fortsetter på mange områder, både ved å kartlegge lusas biologi, vandringer etc., og ved å iverksette fellesavlusninger. I tillegg til å være den viktigste "sykdommen" i oppdrett, påvirker dessverre også lakselusa i stor grad de ville laksestammene. Helsesituasjonen for norsk oppdrettsnæring, inkludert lakselus, potensielle sykdommer og nye vaksinasjonsmetoder er omtalt i denne rapporten. Innenfor marin fisk representerer nodaviruset VER et stort problem for produksjonen av kveiteyngel. Utviklingen av en effektiv vaksine er derfor et prioritert område.

Utviklingen av kveitenæringen har vært synonymt med produksjon av yngel. I så måte var ikke 1999 spesielt godt for Norge. Det ble produsert 350.000 yngel, litt lavere enn fjoråret. Derimot har volumet av slaktet kveite økt til 400 tonn, en vekst på 30 % fra året før. Dette har sammenheng med de store yngelkullene fra 1994-1995, som nå har nådd slaktestørrelse. Fremdeles er tilgangen på kvalitetsyngel den begrensende faktoren i kveiteproduksjonen. Et lyspunkt er imidlertid at overgang fra ekstensiv til intensiv metode på kort sikt kan bedre situasjonen.

Torsk har lenge vært en aktuell art for oppdrett, spesielt var interessen stor på slutten av 80-årene, da metoden for ekstensiv produksjon i poller ble utviklet. Hovedsakelig på grunn av lave priser ble torskoppdrett likevel ikke noen ny næring. Dette

er nå i ferd med å snu, på grunn av både økt kunnskap og høye priser; det siste som et resultat av den negative utviklingen i bestanden av norsk-arktisk torsk. Som for kveite vil tilgangen på yngel i første omgang være begrensende for torskeoppdrett i større skala, men det er grunn til å tro at antallet yngelprodusenter vil stige raskt.

Ved Norges eneste kommersielle yngelprodusent av stort kamskjell, har man i 1999 hatt stor suksess med både eggproduksjon og vekst fram til 2 mm yngel. Salget av ca. 1.8 millioner 15 mm yngel til videreoppdrett viser at det fortsatt er rom for forbedringer i vekstfasen fra 2 til 15 mm. Også ved Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon har man hatt svært lovende resultater med yngelproduksjon i store intensive systemer.

Blåskjell er i ferd med å vokse til en betydelig næring. Interessen for blåskjell dyrking viser seg blant annet i form av et økende antall søknader om dyrkingskonsesjoner. Fremdeles er problemene knyttet til giftige alger, og til deteksjon av slike gifter.

I intensiv akvakultur benyttes hovedsakelig marine oljer og proteiner som basis for produksjonen av fôr. Fortsatt vil disse kunne dekke den stadig økende etterspørselen til produksjon av fiskefôr, men med dagens vekst vil det kun være et tidsspørsmål før alternative råstoffkilder må finnes. Beregninger viser at akvakulturindustrien i 2010 vil ha behov for henholdsvis 25 % og 100 % av verdens totale produksjon av fiskemel og -olje. I denne sammenheng er vegetabiliske olje og proteiner aktuelle. Undersøkelser har vist at laks tolererer store innblandinger av disse komponentene uten kvalitetsforringelse. Gass kan også bli en ny kilde til proteiner ved hjelp av bioreaktorer der gassen omdannes til bakterieproteiner ved fermentering.

Havbruksforskningens "Grand old man", Dag Møller, avslutter sin karriere til høsten. Han er vår gjest i Havbruksrapporten 2000.

S U M M A R Y

1999 was another good year for the Norwegian aquaculture industry. The production of salmon and trout reached record high levels. Salmon is now the most important seafood product from Norway and has become the most important farmed "animal" in volume produced. The increase in trout production continued in 1999, while the production of char still is on a low level. Production of trout does not come under the feeding quota restrictions and this, together with a growing interest for trout in the markets, is the main reason for the strongly increased production.

The Norwegian farmed fish is in good health condition. 1999 was another year when very small amount of antibiotics was used. The struggle against salmon lice continues on several arenas; describing of the lice's biology, migration etc and implementing collective de-licing. Additional to being the most important "disease" in the fish farming industry, the salmon lice also has a great impact on the wild salmon stocks. In this report you will find articles covering the health situation in Norwegian fish farming industry, included salmon lice, potential diseases and new vaccination strategies. When it comes to marine species the Noda virus VER represents a big problem in the production of halibut fry. The development of a vaccine is therefore given priority.

Development of an industry for farming of halibut has so far been concentrated on fry production. From a development point of view, the results reached in 1999 were rather negative. 350.000 halibut fries were produced, somewhat less than in 1998. The amount of slaughtered halibut, however, increased by 30 % to 400 tonnes from the year before. This was a result from the strong year-class produced in 1994-1995 that reached slaughter size in 1999. Still the supplies of quality fry are the limiting factor in the production of halibut. One positive sign is that the change from extensive to intensive production method seems to improve the situation in a short-term view.

In the late 80ies the interest for farming of cod was strong because the method for extensive production of fry in ponds were developed. Cod

farming did not become a success, mainly because of low prizes. The trend now seems to be turning because of increased knowledge and higher prizes; the prizes have increased as a result of reduction in the Northeast arctic cod stock. As in the halibut industry, the supplies of fry probably will be limiting a large-scale production of cod; however, we have reason to believe that the number of fry producers will increase rapidly.

Norway's only commercial producer of king scallop fry succeeded both with egg production and growth up to 2 mm. 1.8 million 15 mm fry were sold to farmers and this indicates that the growth phase from 2 to 15 mm might be improved. At the Institute of Marine Research, Austevoll Aquaculture Research Station, experiments gave promising results in fry production in large intensive systems.

Blue mussels are growing to be an important industry. The number of applications for farming licenses is increasing. Still there are problems related to poisoning algae and the detection of poison in the mussel.

Marine oils and proteins are the basis for the production of feed for the intensive aquaculture industry. These products will still meet the increasing demand for feed production, with today's growth; however, it's only a question of time before alternative raw materials have to be found. Prognosis shows that the aquaculture industry will need respectively 25 % and 100 % of the world's total production of fishmeal and – oil. Vegetable oils and proteins might be an actual replacement. Experiments have shown that salmon tolerates high quantities of these components without decreased quality. Gas might also be a new source for production of protein by use of bioreactors where the gas is transformed to bacteria proteins by fermentation.

The "grand old man" of Norwegian aquaculture research, Dag Møller, ends his career this autumn. He is our guest in this report on the Norwegian aquaculture 2000.

Norsk havbruk i det nye årtusen

Erik Slinde

I løpet av de siste tretti år har Norge fått fram en ny næring, akvakultur. Produksjon og foredling av sjømat har alle muligheter for å bli landets viktigste næring. Potensialet er enormt, men hvordan skal det utløses?

Vår erfaring sier at skal dette bli en stabil og varig næring, må det skje ved å bygge opp og ta i bruk kunnskap. Vår erfaring fra laksefisk er blant annet at tilbakeslagene har vært store på markedssiden, og på slutten av åttitallet holdt sykdom på å knekke næringen.

Produksjon av sjømat på en fornybar måte er Norges store utfordring i det nye årtusen. Hva kan vi så forvente?

Atlantisk laks og regnbueørret nærmer seg 0,5 millioner tonn per år, og produksjonen vil lett kunne økes til både to, fem og 10 millioner tonn. Hvor mye laks er det ønskelig å produsere? Dette er noe politikerne må bestemme, det er de som setter rammebetingelsene. Noen synes dette er store tall, men Danmark produserer 25 millioner gris som resulterer i 2 millioner tonn svinekjøtt, uten at det fører til store avisoverskrifter. Så produksjonsvolumet vi velger er et spørsmål om politisk vilje. Verdens fiskerier har nådd et tak på 100 millioner tonn, befolkningen øker og tilgangen på sjømat er begrenset. Markedet er der, men må selvfølgelig bearbeides, logistikk må opprettes og en må få til gode handelsavtaler. Potensialet vi har gjennom foredling og produktutvikling må tas vare på. Dette gir økt verdiskaping, økt holdbarhet og lettere distribusjon. Men det utstyr som skal brukes må produseres, og den kunnskap som skal til må fremskaffes.

Hvilke vansker vil vi møte? Vår kunnskap om laksefisk er mangelfull, noe som kommer klart til uttrykk når vi for eksempel sammenligner med hva vi vet om produksjon av landdyr. Spesielt gjelder dette laksens fysiologi slik som for eksempel fordøyelsen, men også den genetiske sammensetning må vi lære mer om. Mangelen på marine oljer til feite fisker i akvakultur vil bli et problem i løpet av de nærmeste år. Markedet vil derfor differensieres, basert på hvilket fôr fisken får. Den store utfordringen er miljø og helse. Akilleshælen i norsk oppdrett er sykdommer. Her er den forebyggende forskning ikke kommet langt nok, og de forebyggende tiltak i dag er altfor dårlige. Sykdommer som i dag regnes for uproblematisk, kan om ti år vise seg å skape store problemer som da må løses gjennom kriseprogrammer i ettertid. Kostnaden med dette vil bli i milliardklassen og vil kunne true oppdrett som næring i forskjellige regioner i Norge.

Innen de marine fiskeslag vil kveite, torsk og noe steinbit bli produsert. For at dette skal nå volumer på størrelse med laksefisk, må det for eksempel utvikles et ernæringsmessig riktig startfôr til erstatning for dagens levendefôr. Dette er et spørsmål om FoU-innsats og vil bli løst i nær eller fjern framtid, avhengig av de midler forskningen får til disposisjon. De feite marine fisker er sannsynligvis avhengige av marine oljer i større grad enn laksefisk, og det vil derfor bli konkurranse om fôr av riktig kvalitet. Torsk som er en mager fisk har dermed det største potensialet, og vil etter hvert bli vår viktigste marine oppdrettsart. Denne utviklingen vil imidlertid møte motstand fra våre tradisjonelle fiskerier fordi den representerer en konkurrent til dem. I løpet av de tjue første år i det neste årtusen vil produksjonen av marine fiskeslag nå en million tonn, dersom de politiske forhold legges til rette for

det, og det politiske miljø vil at dette skal skje. Men det forutsetter også at det investeres tilstrekkelig i kunnskapsgenerering.

Norskekysten og havet omkring oss inneholder sjømat som bokstavelig talt gir oss et hav av muligheter. Videre finnes det en utrolig mengde av genetiske ressurser som vi i dag vet lite om. Hvilken betydningen genteknologi, koblet sammen med informasjonsteknologi, vil få for Norges økonomi er det i dag umulig å spå noe om.

Her ligger det utrolige rikdommer. Hvordan vil vi så kunne utnytte dette?

Uten investering i kunnskap vil avkastningen bli minimal, både når det gjelder produksjon og høsting av havet, bearbeiding og produktutvikling samt utstyrproduksjon. Som den råvareorienterte nasjon vi er, vil vi nok fortsatt ha hovedfokus på høsting av ressursene og bruke minimalt med ressurser på kunnskapsinvestering. Dette gjelder spesielt for kunnskapsinvestering som kan bygges inn i produktene og gi økt verdiskaping. Ansvar for en positiv utvikling ligger for en stor del hos Fiskeridepartementet. Men dette er Norges minste departement, som synes å ha fått nasjonens største ansvar i det nye årtusen.

Ved overgangen til det nye årtusen ser en at skjell kanskje er den ressurs som har det største potensialet. Vi vet i dag ikke hvordan vi skal høste primærproduksjonen i havet på en økonomisk måte, noe som vil være nødvendig for en voksende akvakulturnæring. Skjell har evnen til å filtrere denne produksjonen på en svært effektiv måte. Blåskjell vokser som ugress langs kysten, men vi har aldri hatt noe tradisjon for å ta vare på denne type mat-og fôrressurs. Ut fra det vi ser i andre områder av verden, kan vi lett dyrke frem noen millioner tonn. Skjell har en stor evne til å rense havet for næringsalter og all annen forurensning. Dette er utfordringen når det gjelder skjell, de skal helst bare spise riktig næring for at det skal bli mat. Hvorvidt skjell vil bidra med milliarder i inntekter til landet eller ikke, avhenger av hva det politiske system er i stand til å bygge opp. I dag ser vi at vi har en mangelfull algegiftkontroll og utilstrekkelig næringsmiddelkontroll. Dette kan bare bli bedre i det neste årtusen.

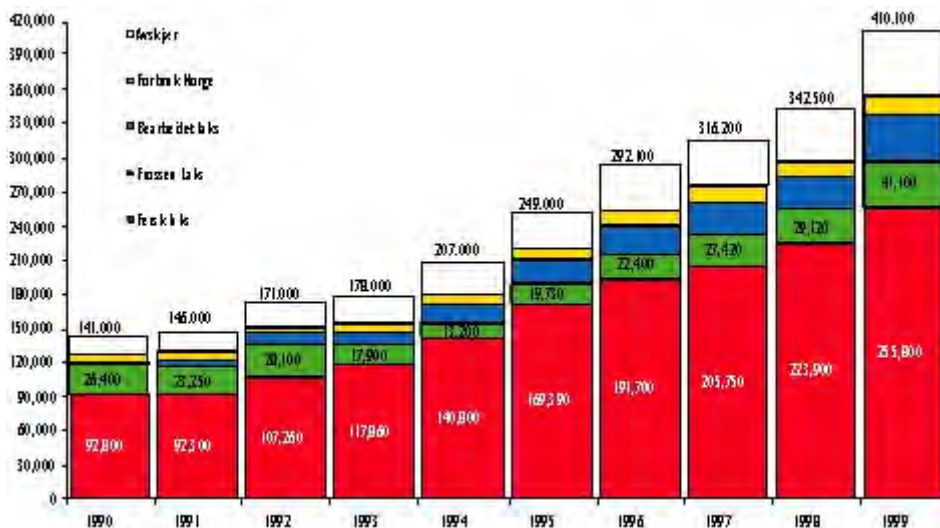
Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Lakse- og ørretnæringen 1999 - en oversikt

Lars Liabø

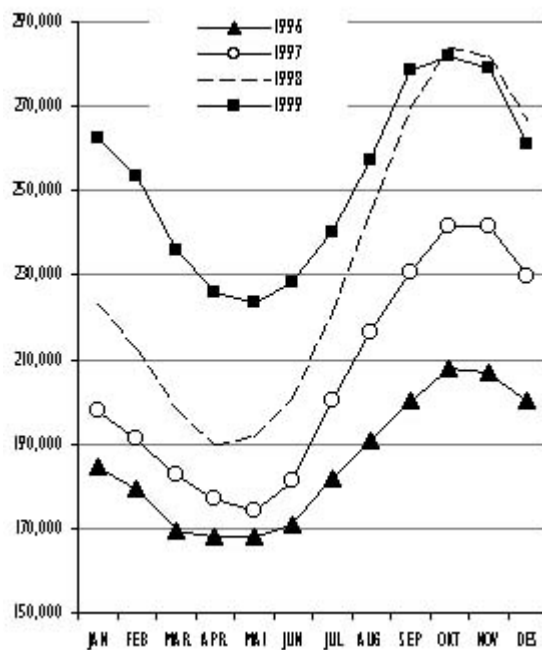
1999 ble enda et rekordår for norsk lakse- og ørretnæring. Salgskvantumet for laks økte med ca. 68.000 tonn rund vekt (+20%) til ca. 410.000 tonn rund vekt. For ørret var økningen noe mindre, ca. 3.000 tonn rund vekt (+5%) til 50.000 tonn. Totalt salgskvantum endte dermed på ca. 460.000 tonn rund vekt.

Eksportverdien, samt verdien av innenlands salg passerte 12 milliarder kroner i 1999, en verdiøkning på hele 23 % i forhold til 1998. I begynnelsen av 1999 var det ikke lyse utsikter. Et presset laksemarked i EU-området høsten 1998 ga priser i underkant av gulvprisen gitt i lakseavtalen mellom Norge og EU. Dette medførte at oppdretterne ikke kunne levere så mye fisk som planlagt, og vi fikk en kraftig økning i stående biomasse i sjø. Denne situasjonen fortsatte ut januar og inn i februar 1999.



Figur 1 Slaktekvantum laks 1990-1999.

Production of Atlantic salmon 1990-1999.



Da begynte man å se en lysning, Fiskeridepartementet reduserte fôrkvoteøkningen for 1999 fra 10 til 5 %, en svak norsk krone mot US\$ og japanske yen ga økt konkurransekraft i disse markedene, og fokus ble vridd bort fra EU-markedene.

Eksportutvalget kjørte i løpet av 1999 store generiske markeds kampanjer for laks i EU, og dette medførte trolig et løft i etterspørselen i andre halvår.

I sum fikk vi i andre halvår en betydelig vekst i etterspørselen, og høy slakteaktivitet gjorde at vi gikk ut av året med lavere biomasse enn ved årets begynnelse.

Omregnet til levende vekt og inkludert ørret var stående biomasse ved årsskiftet ca. 295.000 tonn.

Vi har foreløpig beregnet smoltutsettet i 1999 til 123 millioner, det vil si en økning på 5 %.

Mens det i 1998 var store tap på grunn av IPN- utbrudd, var registrert svinn fra utsettdato til 31.12.1999 omtrent halvert i forhold til 1998.

Ørret

Ørretproduksjonen er ikke underlagt fôrkvoteordningen og har derfor hatt en kraftig økning de siste år. Lønnsomheten har også vært god det siste året og det har oppmuntret flere til å satse på ørret.

Figur 2 Biomasseutvikling av atlantisk laks i Norge for årene 1996-1999 (tonn levende rund vekt).

Development of the total standing stock of Atlantic salmon in Norway (tonnes round weight).

Produksjonsutviklingen

Produksjonsforholdene både i settefisk og matfiskanleggene var jevnt over gode.

Som nevnt var det mindre tap på grunn av IPN i 1999, og totalt må 1999 ansees som et år uten spesielle sykdomsproblemer eller tilvekst-utfordringer.

I vår EDB- baserte produksjonsmodell har vi simulert norsk lakseproduksjon siden 1992. Modellen bygger på en rekke inputdata fra ulike kilder og viser tilvekst, slakting, svinn samt fôrforbruk per måned for hver generasjon fisk i sjøen.

Fra modellen kan vi ta ut en rekke rapporter, blant annet ulike fôrfaktorer per generasjon fisk og per kalenderår.

Våre beregninger viser at biologisk fôrfaktor (BFCR) økte i årene 1995 og 1996 på grunn av reguleringene, for så å synke igjen, og i 1999 viser våre modellberegninger den laveste fôrfaktor siden 1992.

Da fôrfaktoren øker progressivt ved økende slaktevekt på fisken, har vi også vist gjennom-snittlig slaktevekt for de samme år. Økonomisk fôrfaktor (sløyd vekt, slaktet fisk) gikk også ned i 1999.

I produksjonsmodellen kan vi måle veksthastigheten, både i antall måneder det tar fra gjennomsnittsfisken blir klekket til den når slaktevekt og i form av omløpshastighet på varelageret (biomassen).

Omløpshastigheten økte i 1999, og med den lave biomassen som var i sjøen per 1.1. år 2000, vil vi i inneværende år kunne oppnå ytterligere forbedring.

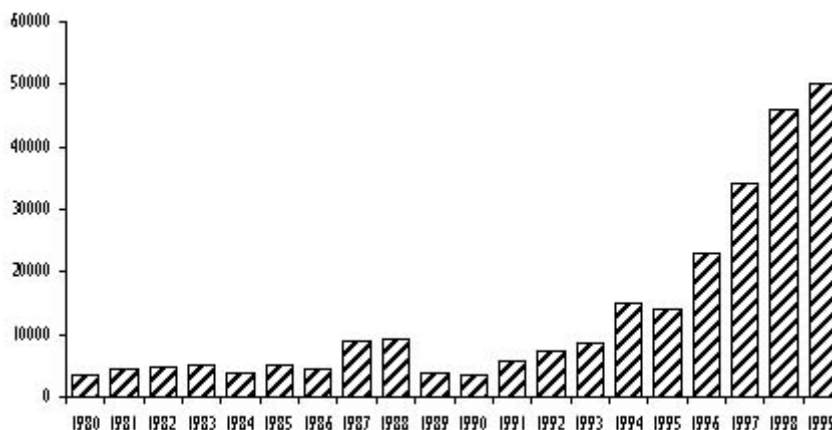
De siste årene har norsk havbruksnæring greid å øke inntjeningen, samtidig som veksten har vært stor. Dette har medført stor interesse for næringen, blant annet fra investormiljøet både i Norge og utlandet.

Markedspotensialet for laks og stor ørret er ikke utnyttet på langt nær. Det er mulig å selge mange ganger så mye fisk som i dag. Men da må laksen produseres raskere og fôrfaktoren må ned. Dette er mulig, forutsatt at forskningsmidlene økes betydelig.

Tabell 1 Smoltutsett av laks i Norge for perioden 1994-1999.

Number of Atlantic salmon smolts transferred to netpens from 1994 to 1999.

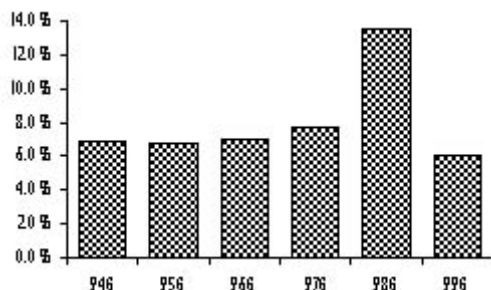
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2-åring	6.0	5.0	3.5	4.0	2.0	1.5
1-åring	64.0	73.5	76.5	83.5	85.0	89.5
0-åring	11.5	18.5	18.0	22.5	31.0	32
Total	81.5	97.0	98.0	110.0	118.0	123.0



Slaktekvantum (tusen tonn)

Figur 3 Slaktekvantum ørret 1980-1999.

Production of Rainbow trout in Norway 1980-1999.



Tabell 2 Utsett av ørret 1994 -1999 (millioner smolt). 1999 er estimert.

Number of Rainbow trout smolts transferred to netpens 1994 - 1999 (in millions). 1999 estimated.

År Antall

1994 6,2 1995 11,3 1996 13,0 1997 16,0 1998 16,0 1999E 25,0

Figur 4 Beregnet svinn i % av utsett til 31. desember.

Estimated loss in % of transferred smolts until 31 December.

Tabell 3 Fôrfaktor biologisk/økonomisk

Biological/economical food conversion ratio.

År Økonomis Biologisk Gj.snittlig slaktevekt

kFôrfaktor Fôrfaktor (sløyd vekt)

1992 1,67 1,15 2,93

1993 1,49 1,15 3,55

1994 1,46 1,16 3,74

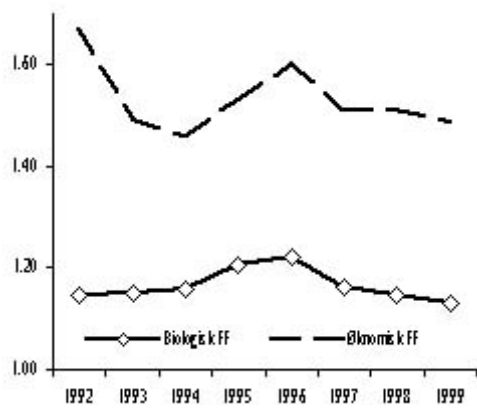
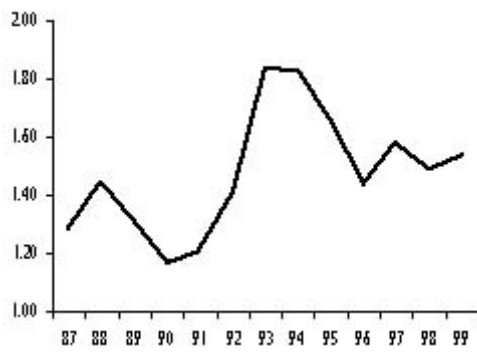
1995 1,53 1,21 3,78

1996 1,60 1,22 3,70

1997 1,51 1,16 3,81

1998 1,51 1,15 3,82

1999 1,487 1,13 4,00



Figur 6 Omløpshastighet av laksebiomasse for årene 1987 - 1999 (omløpshastighet defineres som slaktekvantum i kalenderåret dividert på beregnet biomasse i sjø 1. januar).

Production/biomass ratio of farmed salmon, defined as harvested biomass each year divided by standing stock alive 1 January.

Figur 5 Sammenligning av biologisk og økonomisk førfaktor.

Comparison of biological and economical food conversion ratio.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

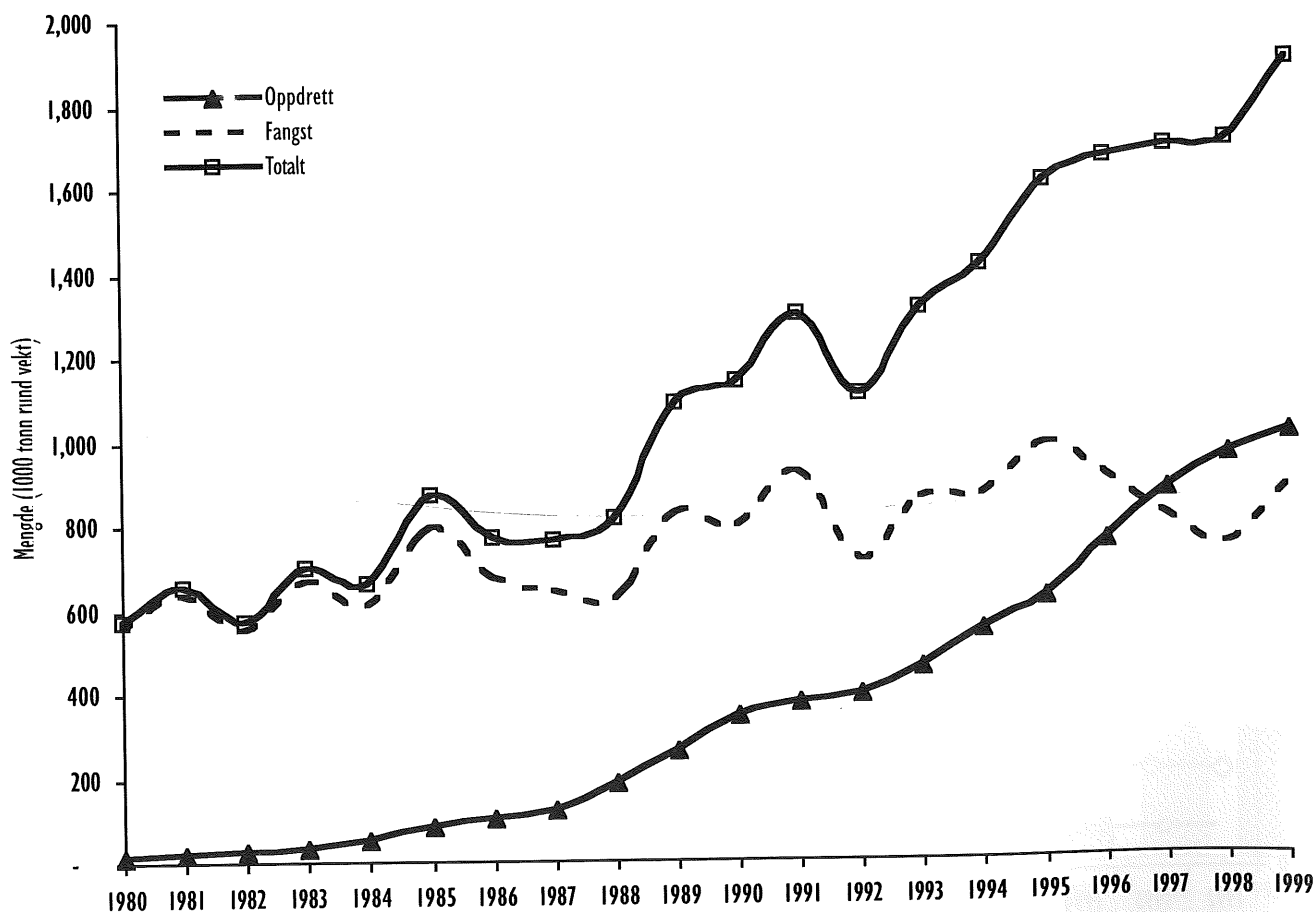
1999 har vært et godt år for norsk lakse- og ørretnæring. Totalt slaktet man mellom 410. og 412.000 tonn laks og 50.000 tonn ørret i Norge. Mens veksten for ørret var ubetydelig, økte uttaket av laks med om lag 20 prosent fra 1998.

Verdensbildet

I årene fra 1995 til 1998 har produksjonen av laks og ørret ligget relativt konstant mellom 1,6 og 1,7 millioner tonn. I 1999 derimot økte produksjonen til over 1,9 millioner tonn. For villaksfisket opplevde man for første gang

på flere år vekst. Spesielt var det sockeyefisket i Alaska som fikk en positiv utvikling. I tillegg viste fisket etter pink både i USA og Russland en positiv utvikling i 1999. Imidlertid er pink en art som prises lavt, og den har på svært få områder vært en trussel i markedet for vår laks og ørret.

På oppdrettssiden har veksten fortsatt, men veksten de to siste årene har slakket litt av i forhold til tidligere år og ligger på om lag 10 prosent per år. For den viktigste av oppdrettsartene, atlantisk laks, har veksten vært høyere i 1999 enn året tidligere.



Figur 1 Produksjon av laks og ørret i sjøen på verdensbasis (tusen tonn rund vekt). Kilde: Diverse nasjonal fangst og oppdrettsstatistikk, Kontali Analyse
Production of salmon and trout in sea on world basis (100 tons, uncut). Source: Various national catch and culture statistics, Kontali Analyse.

Fortsatt er Norge verdens største produsent av laks og ørret sammen med å være den klart største eksportøren. Vårt hovedmarked er fortsatt EU, selv om marked som Japan, USA og Asia for øvrig har bidratt positivt i året som gikk. Dette kommer vi tilbake til senere.

Ved inngangen av 1999 så det relativt dystert ut for Norges lakse- og ørretnæring. Vi gikk inn i året med en langt høyere biomasse i sjøen enn tidligere år. Markedet utover høsten 1998 hadde ikke vært det beste, og 1999 tegnet ikke til å bli et toppår.

Japan så ut til å være kommet opp av sin økonomiske krise. Der begynte etterspørselen etter laks og ørret å melde seg allerede på slutten av 1998. Etter en dårlig 98-sesong i både sockeyefisket i Alaska og et katastrofalt dårlig høstlaksfiske i Japan, begynte man etter hvert i Japan å se seg om etter alternative produkter. Valget falt naturlig på coho og ørret. Begge artene er svært lik sockeye og kunne derfor substitueres direkte. Utover 1999 økte importen av coho og ørret til Japan og lagrene ble fylt med disse artene

istedenfor sockeye. I forbindelse med den økonomiske krisen i Japan hadde både Norge og Chile holdt igjen utsettet av disse artene, så tilbudet av både ørret og coho var lavere enn året før. Dette ga særs gode priser for ørreten. I tillegg profitterte Norge på en positiv utvikling i yenkursen.

Norge er dominerende i markedet for atlantisk laks i Japan. Hovedproduktet har vært fersk laks. Men da prisen på frossen atlantisk laks lå 100-150 yen under prisen på de andre artene, importerte japanerne en del av dette produktet også. På den måten fikk Norge sendt en del av sin "overskuddsbiomasse" av atlantisk laks til Japan.

USA har de siste årene vært det hurtigst voksende laksemarkedet i verden. Det fortsatte også i 1999, men da fikk Chile leveringsproblemer pga sykdom. De greide i 1999 bare så vidt å øke sin produksjon og eksport til USA. Dette fikk Norge, Canada og Storbritannia nyte godt av og i Norge gikk filetindustrien for fullt på våren 1999. I perioder var det faktisk kapasitetsproblemer på flyfrakt til USA.

Tabell 1.1 Norsk eksport av laks og ørret.
Norwegian export of salmon and trout.

Produkt	Mengde (tonn produktvekt)		Mengde (tonn rund vekt)		Verdi (1000 NOK)		Pris (NOK/kg)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Fersk laks	222 698	255 480	247 654	284 152	6 241 362	7 140 178	28,03	27,95
Fryst laks	29 660	41 396	33 644	47 409	897 651	1 288 253	30,26	31,12
Fersk laksefilet	12 432	18 088	19 126	27 828	588 625	896 651	47,35	49,57
Fryst laksefilet	13 406	19 117	20 625	29 411	737 080	1 119 921	54,98	58,58
Røkt laks	2 677	3243	4 62	5 404	219 743	263 408	82,02	81,23
Tilberedt laks	1 090	803	2 181	1 606	77 480	62 738	71,05	78,11
Totalt laks	281 964	338 128	327 692	395 810	8 761 941	10 771 149	31,07	31,86
Fersk ørret	3 756	375	4 171	416	91192	10 968	24,28	2928
Fryst ørret	28 825	34 122	31 882	37 882	826 597	1 221 569	28,58	35,80
Fersk ørretfilet	452	230	578	284	15 994	10 670	35,39	46,34
Fryst ørretfilet	581	417	893	642	23 560	15 518	40,58	37,18
Totalt ørret	33 614	35 144	37 525	39 225	957 343	1 258 725	28,48	35,82
Totalt	315 578	373 271	365 217	435 034	9 719 285	12 029 874	30,80	32,23

Kilde: SSB

Også i EU viste markedet en positiv utvikling. Frem til sommeren var det Storbritannia som tok veksten i markedet. Fra Norge var eksporten til EU stabil på om lag samme nivå som i 1998. Men utover høsten i 1999 hadde man tatt ut så mye laks i Storbritannia at man ikke greide å tilfredsstille den veksten som var i markedet. Etterspørselen frem mot jul var faktisk så stor at heller ikke Norge eller Færøyene greide å levere så mye laks som markedet forespurte. Det førte til at prisen på fersk laks frem mot jul steg kraftig og da man hadde de høyeste kvanta i ukene før jul, var faktisk også prisen på topp.

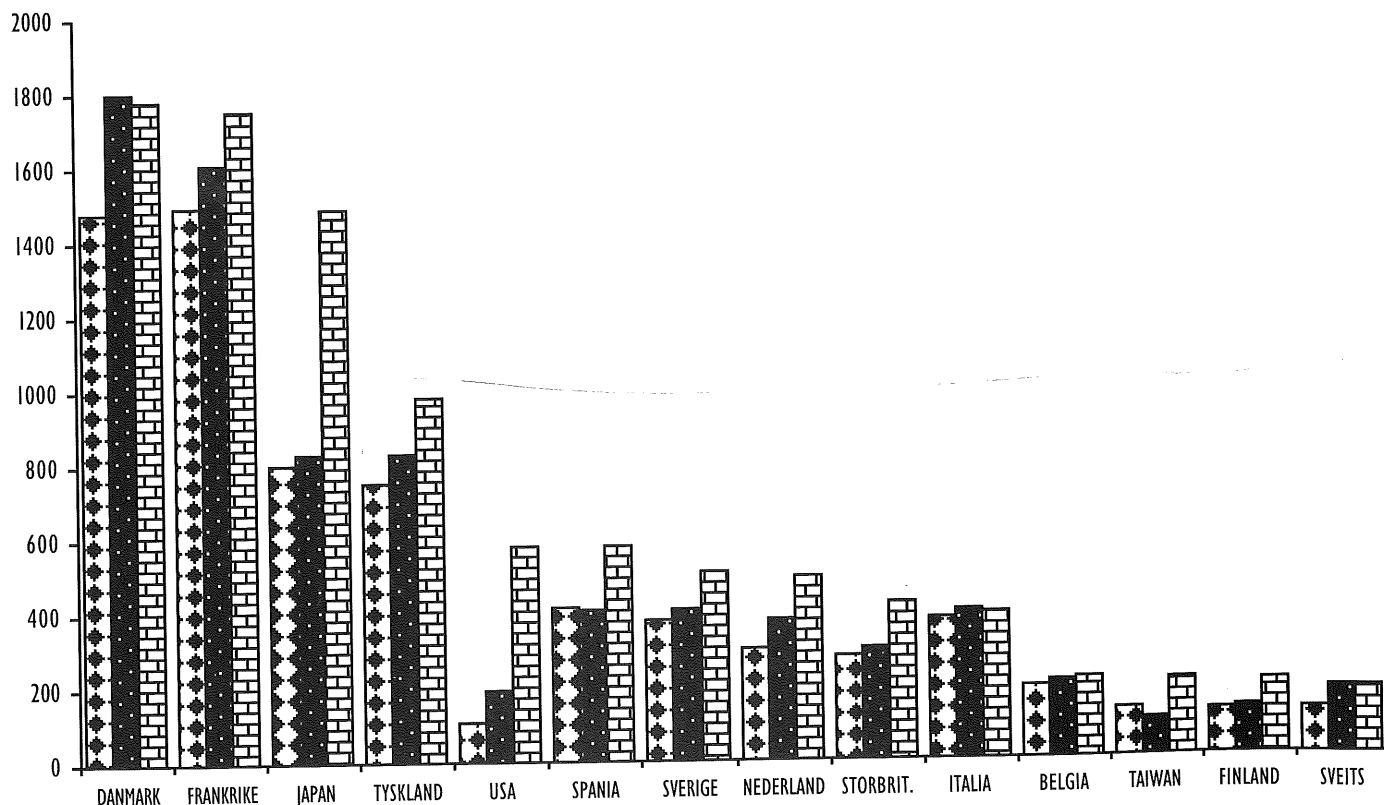
Norsk eksport av laks og ørret

Det viktigste produktet fra Norge er, som alle år tidligere, fersk laks. Andelen har derimot falt fra over 76 prosent i 1998 til under 72 prosent i 1999. Eksporten av både fryst laks (til Japan) og

filetprodukter av laks har vokst mer enn eksporten av fersk, sløyd laks.

Utviklingen på filet ser ut til å tilpasse seg konsumtrendene i markedet i større grad. Fra både Tyskland, Frankrike og USA vet vi at konsumentene i all hovedsak kjøper laksen røkt (Tyskland og Frankrike) eller som filet. På fersk filet er det hovedsakelig USA som har mottatt det meste av veksten, mens av fryst laksefilet har Japan, Tyskland og USA tatt om lag 85 prosent av veksten.

Totalt for både laks og ørret er Japan vårt viktigste marked. Eksporten endte i 1999 på 2,6 milliarder kroner. Til Danmark og Frankrike var eksporten henholdsvis 1,79 og 1,74 milliarder. Eksporten til disse tre landene står for halvparten av eksportkvantumet av laks og ørret.



Figur 2 Norsk eksport av laks til de viktigste markeder 1997-1999. Verdi (millioner NOK).

Kilde: SSB.

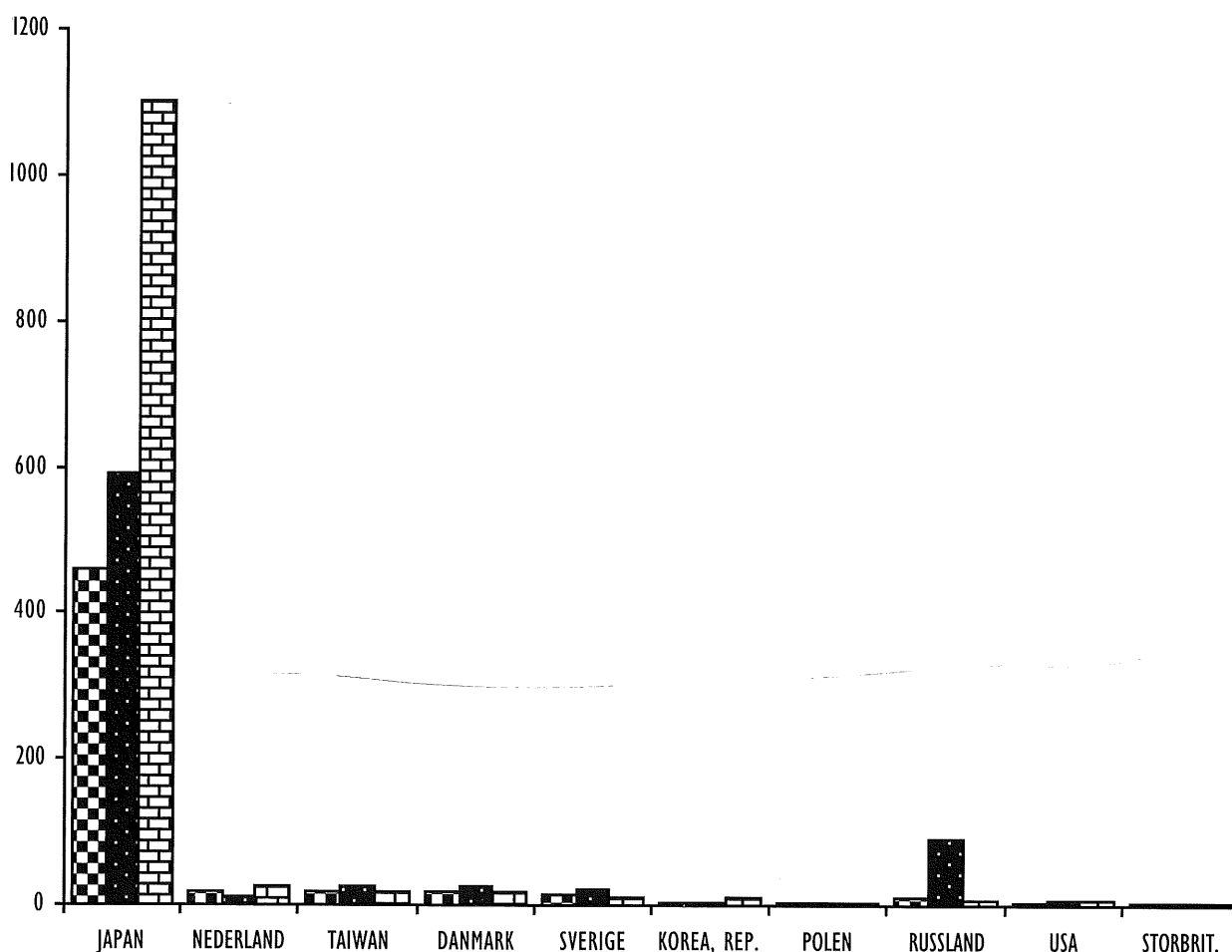
Norwegian export of salmon to the most important markets 1997-1999. Value (million NOK)

Danmark er fortsatt vår største kunde på laks. Men i motsetning til mange andre markeder, gikk faktisk eksporten til Danmark tilbake i 1999. Den største veksten gikk til Japan, med over 615 millioner kroner på et år. Også veksten i eksporten til USA på 362 million kroner var viktig. Landene i EU utenom Danmark har hatt jevnt over positiv vekst, totalt en vekst på 787 millioner kroner.

Markedet i 2000 kan være vanskelig å si noe om. Men utsiktene for norsk laks det første halve året ser bra ut. Fortsatt er prisene forholdsvis høye, samtidig med at tilbudet fra Norge og Storbritannia mot EU fortsatt er begrenset.

Situasjonen utover høsten vil være avhengig av hvordan produksjonen og uttaket av atlantisk laks i Storbritannia og Chile utvikler seg.

Markedet for ørret har vært dominert av Japan i 1999. I 1998 var land som Finland, Russland og Danmark med i større grad. Med stor etterspørsel i Japan, en god yen-kurs og gode priser har 85 prosent av eksportert norsk ørret havnet i Japan. Prisen begynte på 31,70 for fryst ørret i januar og var faktisk hele 40,50 kroner i oktober. I snitt over året i 1999 var prisen 36,50. Hele 6,30 kroner over snittprisen for 1998.



Figur 3 Norsk eksport av ørret til de største markedslanene. Verdi (millioner NOK). Kilde: SSB.
Norwegian export of trout to the most important markets. Value(million NOK).

Økt kunnskap sikrer velferd og gir mer effektiv produksjon i oppdrett av laksefisk

Geir Lasse Taranger, Arne Mikal Arnesen, Grete Bæverfjord, Sigurd Handeland og Torbjørn Åsgård

Produksjonen av laks og ørret i Norge nådde nye rekorder i 1999. Laksen representerer nå det økonomisk viktigste sjømatproduktet fra Norge, og er i produksjonsvolum det viktigste husdyret i Norge. Det har også vært en sterk vekst i ørretproduksjonen i Norge de siste årene, mens røyeproduksjonen ligger på et stabilt lavt nivå.

Produksjonen av laks og ørret bli stadig mer effektiv blant annet på grunn av bedre fiskemateriale (avl), fôr, fôringsrutiner og helse, samt mer optimale miljø- og driftsforhold. Viktige delårsaker om denne effektiviseringen er økt kunnskap til artenes biologi og miljøkrav, samt at en kan styre de ulike livsfasene blant annet med lysstyring, slik at en får til en effektiv og sesonguavhengig produksjon. Økt intensivering av produksjonen kan imidlertid medføre ulike problemer og stiller større krav til vår grunnleggende kunnskap om disse artene.

Misdannelser hos oppdrettslaks

I løpet av nittitallet ble det observert en økende forekomst av ulike deformiteter hos oppdrettslaks. Størst omfang og størst økonomisk betydning hadde forekomsten av fisk med ryggdeformiteter ('korthaler'; figur 1). I tillegg ble det observert andre utviklingsfeil som snute- og kjevedefekter, manglende skillevegg mellom hjertehule og bukthule ('septumdefekt') og svømmeblæreavsnøring. NFR-prosjektet 'Feilutvikling og deformiteter hos laks' har vært gjennomført i samarbeid mellom mange forskningsinstitusjoner og med betydelige bidrag fra industrien. Målet for prosjektet var å klarlegge aktuelle årsaker til utvikling av deformiteter hos laks i oppdrett. Prosjektet har vist at rognperioden er et kritisk stadium for utvikling av deformiteter. Alle de aktuelle deformitetene viste klar sammenheng med miljøbetingelser i rognperioden, det vil si under utvikling av embryo inne i rognkornet. Dette er sammenlignbart med kjente mekanismer for utvikling av misdannelser hos andre arter, men har ikke vært vist for fisk tidligere. Det ble funnet en klar sammenheng mellom temperatur i rognperioden og utvikling av en rekke misdannelser som; septumdefekt (figur 2), feilsnudd hjerte (*sinus inversus*), gjellelokkforkortelser (påvist ved startfôring), pigmenteringsfeil, svømmeblæreavsnøring, forkortet snute, speilvendte bukorganer og ryggmisdannelser (figur 3). Det ble for eksempel funnet septumsdefekter hos 0,2 % av fisken ved en inkubasjonstemperatur på 7,9 °C mot 17 % ved 10,4 °C. For ryggmisdannelser er årsakssammenhengene trolig mer sammensatte enn for de øvrige. Det er blant annet tegn som tyder på at også desinfeksjon av nybefruktet rogn påvirker forekomst av ryggmisdannelser. Mens de fleste misdannelsene ser ut til å være oppstått allerede i rognperioden, er det ting som tyder på at miljøfaktorer seinere i livssyklus påvirker omfanget av problemene ved ryggdeformiteter. Ulike ernæringsfaktorer har vært undersøkt i prosjektet, uten at det er vist sikre sammenhenger mellom ernæring og utvikling av korthaleproblemer.

Vannkvalitet og vannmiljø har også vært mye i fokus, med vekt på moderne vannhusholdning og mulige skadevirkninger på fisken. Det er grunn til bekymring

over miljøforholdene for fisken, men vi har så langt ingen sikre indikasjoner på effekt av vannmiljø på utvikling av deformiteter.

Det er ikke vist en sikker nedre temperaturgrense for de ulike misdannelsene.

Resultatene viser likevel at en ved å holde rogn på temperaturer på 8 °C eller lavere fram til klekking kan redusere forekomsten av misdannelser betydelig. Fra og med rognsesongen 1997 ble det derfor anbefalt å holde temperaturen for lakserogn og plommeseckkyngel under 8 °C helt fra befruktning og til startfôring.

Resultatene peker på høy vanntemperatur i rognperioden som den absolutt viktigste årsaken til deformitetsproblemer blant de faktorene som er undersøkt. Felles for slike utviklingsfeil er likevel at type feil først og fremst sier noe om når embryo er blitt utsatt for negativ påvirkning, og mindre om hva som har påvirket embryo. Det er derfor fullt mulig at andre miljøfaktorer kan gi samme effekt på samme stadium.

I løpet av 90-tallet har det vært mye fokus på intensiv produksjon, med tidlig startfôring og produksjon av stor ett-årsmolt eller høstsmolt som produksjonsmål i næringen. Bruk av oppvarmet vann har vært en enkel og mye brukt måte å framskynde produksjonen på. Høy vanntemperatur på rognstadiet er både en mulig og sannsynlig hovedårsak til deformitetsproblemene i norsk oppdrett på midten av 90-tallet, selv om det nok er sannsynlig at også andre faktorer har vært av betydning.



Figur 1 'Korthale'. Stor laks med innsnevring og avkorting i bakre del av ryggspylen. (Foto: Vidar Vassvik, AKVAFORSK, NFR-prosjektnr. 119510/122).

'Short-tail' in Atlantic salmon. Salmon with deformities in vertebral column and shortening of the caudal region. (Photo: Vidar Vassvik, AKVAFORSK).



Figur 2 Septumsdefekt hos laks. Skilleveggen mellom hjertehule og bukhule mangler, og hjertet ligger vendt bakover i en fordypning i leveren.

(Foto: Grete Bæverfjord, AKVAFORSK, NFR-prosjektnr. 119510/122).

Septum deformity in Atlantic salmon. There is no septum between the cardiac cavity and the peritoneal cavity. The heart is pointing backwards into the liver.

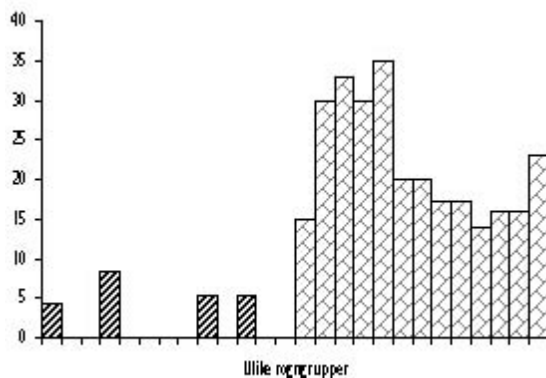
(Photo: Grete Bæverfjord, AKVAFORSK).

Smolt og smoltkvalitet

På slutten av åttitallet ble det utviklet teknikker for produksjon av nullårig høstsmolt av laks ved bruk av lysperiodestyring. Disse teknikkene er blitt utvidet til en helårlig smoltproduksjon der en ved rett lysmanipulering kan få lakseparren til å smoltifisere i en hvilken som helst måned, gitt at den har en viss minimumsstørrelse. Imidlertid har det vært lite kunnskap om hvilken minimumstemperatur laksen krever i ferskvann for å smoltifisere, og også hvilken betydning sjøvannstemperaturen har for vellykket tilpasning og vekst i sjøvannsfasen.

I NFR-prosjektet "Betydning av vanntemperatur for årstidsuavhengig produksjon og sjøsetting av laksesmolt" har en studert smoltifisering ved ferskvannstemperaturer ned til 0,5 °C. Forsøket viste at laks (NLA-stamme) kan smoltifisere ved temperaturer ned til 3 °C, men mellom 0,5 og 1 °C oppnådde ikke fisken smoltstatus i løpet av forsøksperioden. Det ble imidlertid observert at fisken som hadde gått på disse lave temperaturene oppnådde smoltstatus en uke etter at temperaturen ble hevet til 12 °C. Dette tyder på at den nedre kritiske grense for smoltifisering ligger mellom 1 og 3 °C, noe som innebærer at en rekke smoltanlegg må bruke oppvarmet vann for å kunne få til smoltifisering hele året.

Prosjektet har også vist at en kan få bedre oppløsning i resultatene i sjøvannstest ved lave temperaturer (0 og 2 °C) ved å bruke normal saltholdighet (33 i 24 timer) sammenlignet med høy saltholdighet (39 i 96 timer). Et svært interessant resultat er at ferdig smoltifisert laks klarte seg like bra i sjøvannstest ved 0 °C som ved 6 °C. Dette tyder på at laksesmolt er mer tolerant for lav sjøvannstemperatur enn tidligere antatt. Det ble også testet hvordan smolten klarte seg med hensyn på sjøvannstoleranse, fôropptak og vekst over en lengre periode (syv uker) ved ulike sjøtemperaturer i 33 (figur 4). Det ble vist at laksen klarte seg bra ved temperaturer ned til 4 °C, mens et vellykket resultat ved 2 °C var avhengig av at temperaturen steg i de neste fire-seks ukene. Totalt sett tyder dette på at laksesmolt kan settes ut ved betydelig lavere sjøvannstemperatur enn det som har vært anbefalt tidligere (ca. 6-7 °C), men at temperaturforløpet i den påfølgende perioden er avgjørende for tilslaget på smolten.



% fisk med deformiteter i ryggvirvlene (röntgen)

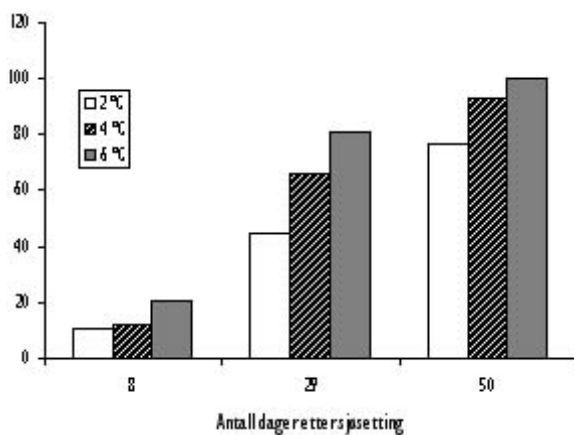
Figur 3 Andelen ryggdeformiteter (%) registrert med röntgen i laks fra ulike rogngrupper. Figuren viser effekten av temperatur i perioden fra befruktning til startfôring. Skadene er registrert som enten/eller og er ikke graderte (Data fra Bæverfjord m.fl. upubl, NFR-prosjektnr. 119510/122).

The frequency (%) of deformities in the vertebral column as determined by x-ray in salmon from different batches of egg maintained at two temperatures from fertilisation until first feeding. The deformities are scored as present or absent.

Det er lite kunnskap om eventuelle stammeforskjeller i smoltifisering og temperatortoleranse. Innen NFR-prosjektet "Grunnleggende trekk ved utvikling av smoltegenskaper hos atlantisk laks" har en sammenlignet smoltifiseringen ved lav temperatur (3 °C) hos laks fra tre stammer; Norsk Lakseavl (NLA), Namsen og Alta. Saltvannstoleransen ble testet i sjøvann (33) ved 6 °C i perioden februar til juli. Det var visse forskjeller i tidsforløpet av sjøvannstoleransen utover våren mellom stammene, noe som sann-synligvis kan tilskrives forskjeller i kropps-størrelse. Alle stammene viste imidlertid like god og full sjøvannstoleranse fra slutten av mai. Resultatene indikerer at NLA-fisk, selv etter flere generasjoner med intensiv avl på produksjonsrelaterte egenskaper, fremdeles har en smoltutvikling som kan sammenlignes med villfisk. Det er heller ikke grunn til å tro at innkryssing av villfisk fra Alta- eller Namsen-stammen vil føre til vesentlige endringer i NLA-stammens smoltifiseringsrelaterte egenskaper.

I forbindelse med utviklingen av en sesonguavhengig smoltproduksjon, er det sentralt å ha gode kriterier for smoltkvalitet. Smoltkvaliteten kan defineres ut fra en rekke

parametre som sjøvannstoleranse (målt som ioneregulering i saltvannstest), aktivitet av gjelle-enzymet $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$ samt fôropptak, vekst og dødelighet i sjøvann. I NFR-prosjektet 'Smoltkvalitet, sesonguavhengig utsetting og tidlig sjøvannsfase' har en undersøkt osmoregulering, vekst og dødelighet hos nullårig høstsmolt i tidlig sjøfase ved ulike temperaturer. Fisken ble tilvendt til fire ulike temperaturer i ferskvann (ca. 5, 9, 14 og 19°C) før de ble overført til sjøvannskar med samme temperatur. Sjøvannstoleranse målt som plasmaklorid, vekst og dødelighet ble fulgt i 60 dager. Gruppene ved 5 og 19 °C hadde størst problemer med osmoreguleringsevnen etter sjøvannsoverføring (figur 5). Fire dager etter sjøvannseksposering hadde 9- og 14°C-gruppene normale kloridverdier (ca. 140 mM) mens 5- og 19 °C gruppene hadde signifikant forhøyede verdier, og da spesielt 5 °C gruppen. Veksthastigheten i sjøvann økte med økende temperatur opp til 14 °C, mens 19 °C-gruppen hadde en tilvekst på nivå med 5 °C-gruppen. Det var svært lav dødelighet i alle gruppene.

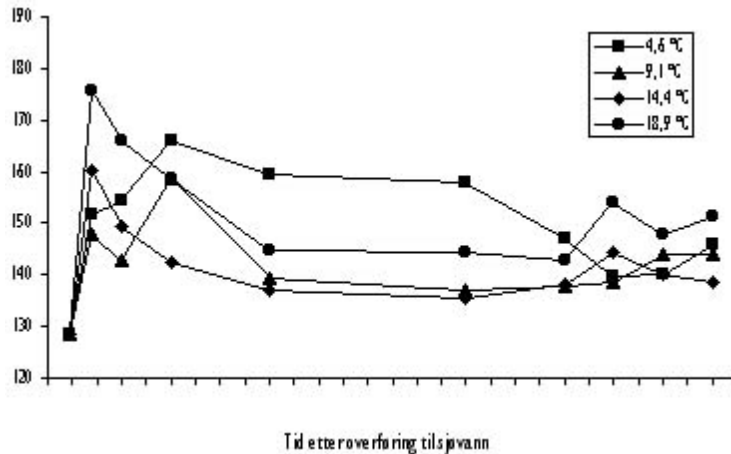


Figur 4 Appetittutviklingen hos laksesmolt som ble satt ut i sjøvann (33 saltholdighet) ved henholdsvis 2, 4 og 6°C. Langs y-aksen vises prosent-andelen fisk i hver gruppe som hadde spist i løpet av det siste døgnet før målingen av fôrinntak ble utført. Over 75 % av fisken spiste etter 50 dager i sjøvann ved 2°C. Denne temperaturen er 4 grader lavere enn det en har antatt var minimumstemperaturen for overføring av laks til sjøvann

(Data fra/from Arnesen, A.M., Johnsen, H.K., Mortensen, A. & Jobling, M., 1998. Acclimation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts to «cold» sea water following direct transfer from freshwater. *Aquaculture* 168: 351-367. NFR-prosjekt nr. 108350/122).

The development of feed uptake in Atlantic salmon postsmolts in sea water (33 salinity) at 2, 4 and 6 C. The figure shows the proportion of fish that had eaten during 24 prior to the determination of feed intake. More than 75 % had taken feed 50 days after seawater transfer hours at 2 C.

% Fisk som har spist



Plasmaklorid (mmol/l)
0 0,5 1 2 4 8 14 30 42 60

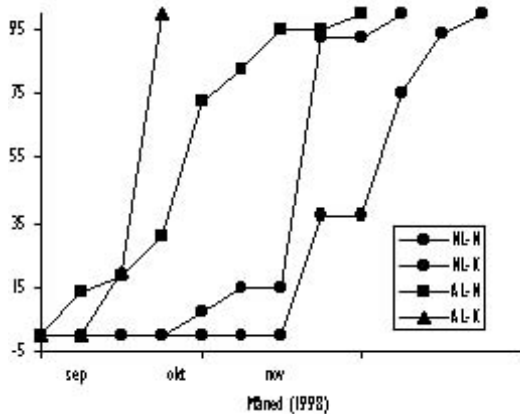
Figur 5 Plasmaklorid hos laks etter overføring til sjøvann ved ulike temperaturer; n: 4,6 °C, s: 9,1 °C, u: 14,4 °C og l: 18,9 °C. Høye verdier tyder på problemer med saltreguleringsbalansen. Figuren indikerer at kloridinnstrømmingen skjer langsommere ved lave temperaturer, slik at toppen i plasmaklorid kommer seinere. Gruppene på 4,6 og 18,9 °C har forhøyede verdier selv etter 8 dager, og 18,9 °C-gruppen synes å ha problemer selv etter 30 dager (Data fra/ from Handeland, S.O., Berge, Å., Björnsson, B.Th., Lie, Ø. & Stefansson, S.O., 1999.) Seawater adaptation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different temperatures. *Aquaculture* 181, 377-396, NFR-prosjektnr. 108848/122).

Seawater tolerance measured as plasma chloride in Atlantic salmon transferred to sea water with different temperatures; n: 4.6 °C, s: 9.1 °C, u: 14.4 °C and l: 18.9 °C. Values above 150 mmol/L indicate problems. The figure indicates that the inflow of chloride is slower at low temperatures resulting in a delay of the plasma chloride peak. The groups at 4.6 and 18.9 °C displayed high levels even at day 8 post transfer, and the group at 18.9 °C indicated problems even at day 30.

Et interessant aspekt var at kloridverdiene først nådde toppen etter to døgn i 5 °C-gruppen, og forble på et relativt høyt nivå med stor individuell variasjon (ca. 160 mM) fram til dag 8. Det så ut som om den passive innstrømmen av kloridioner økte med økende temperatur de første timene/dagene i sjøvann, og at det dermed tok lenger tid før en nådde maksimalt kloridnivå ved lav temperatur. Dette kan tyde på at en 24 timers saltvannstest ikke er tilstrekkelig for å beskrive smoltkvalitet ved lave temperaturer! En mulig standardisering er å bruke døgngrader (d°; døgn x temperatur [°C]) i stedet for et gitt antall timer før blodprøve i sjøvannstesten. En slik analyse viste en topp i plasmaklorid etter ca. 5 til 18 d°, mens en normalisering ble sett etter 70-80 d°. For å kunne sammenligne resultater fra ulike saltvannstester bør derfor såvel temperatur (både i ferskvann og i saltvann), som eksponeringstid og saltholdighet oppgis sammen med testen. Saltvannstester ved lave temperaturer bør sannsynligvis være mer langvarige for å sikre at en har passert toppen i plasmaklorid før en tar blodprøve.

Dverghannmodning

I forbindelse med en generell intensivering av smoltproduksjonen, blant annet ved bruk av høy vanntemperatur, synes problemet med dverghanner å ha økt i oppdrettsnæringen. Det kan imidlertid også være at en nå i større grad ser den modningen som faktisk finner sted. Dverghanner er lakseparr som blir kjønnsmodne ved en størrelse på ca. 11-16 cm. Modningen fører til veksttap, og kan også komme i konflikt med den påfølgende smoltifiseringen (se egen artikkel om dverghannmodning).



Kumulativ eggløsning %

Figur 6 Gyteforløp hos holaks på simulert naturlig lysperiode (NL) eller akselerert lysregime (AL) i kombinasjon med normal temperatur (N) eller kuldesjokk (K) fra 6. september. Kuldesjokket framskyndet og synkroniserte gytingen på både simulert naturlig lysregime og i akselerert lysregime. Gytingen (eggløsningen) var ufullstendig i AL-N-gruppen som hadde en vanntemperatur på 12-13 °C i begynnelsen av gyteperioden. Denne temperaturen synes å være for høy til å kunne oppnå en vellykket gyting og eggoverlevelse hos laks.

(Data fra Taranger, G., L., Oppedal, F., Hansen, T. & Stefansson, S. 1999. Kuldesjokk framskynder gyting hos laks. Norsk Fiskeoppdrett, 3/99.)

Timing of spawning in Atlantic salmon females at simulated natural photoperiod (NL) or an accelerated photoperiod regime (AL) in combination with ambient temperature (N) or cooled water from September 6. The cold shock advanced and synchronised spawning at both AL and NL. The spawning (ovulation) was incomplete in the AL-N group which had a water temperature of 12-13 °C in the beginning of the spawning period. The temperature appeared to be too high for successful spawning and egg survival.

Figur 7. Ekkogram av laks i merd på naturlig (øverst) og kontinuerlig lys (nederst). Figuren viser laksens dybdefordeling gjennom et døgn (fra kl. 00.03 til 23.52, 28. januar 1996) i merder ved Matre havbruksstasjon. Fargeskala fra grå til rød viser økende fisketetthet (ekkestyrke). Y-aksen viser økende dybde fra 0 til 15 meter. En kan se at fisken står spredt ut over hele dypet om natten på naturlig lys, mens den står mer samlet og dypt om dagen. På kontinuerlig lys står laksen samlet dypt nede i merden hele døgnet. Grønne, vertikale striper viser når fôring starter og røde, vertikale

striper viser når fôring slutter (tre måltid per dag). En kan se at en del fisk søker opp mot overflaten under fôringen (data fra Oppedal og Taranger 1998, NFR-prosjektnr. 107537/120).

Hydro-acoustic plot showing the vertical distribution (from 0 to 15 m) of Atlantic salmon postsmolts in sea cages at natural (upper panel) and continuous light (lower panel) during a diel cycle (from hours 00.03 to 23.52 at January 28). Colour scale from grey to red indicate increasing biomass. Under natural light the fish is distributed in the whole water column at night, while at day the fish stays concentrated in the deeper part of the sea cage. Under continuous light the fish stays concentrated in the deeper part of the sea cage both day and night. The green vertical lines indicate commencement of feeding and vertical red lines indicate when feeding ceases. The figure shows that some fish seek to the surface during the feeding events.

Sjøvannsfasen

Lysstyring er blitt et svært viktig hjelpemiddel i matfiskoppdrett av laks, og en stor del av de norske lakseanleggene har tatt i bruk kunstig lys i merdene. Det er tidligere vist at kontinuerlig tilleggslys fra november/januar og fram til midtsommer øker veksten og reduserer tertmodningen, det vil si laks som blir kjønns-moden etter 1,5 år i sjø. En rekke spørsmål har imidlertid stått ubesvart som: hvilken lysintensitet skal en bruke, hvordan skal en lysstyre nullårig høstsmolt i sjøen, medfører lysstyringen stress på fisken, hvordan blir atferden påvirket samt hva er de underliggende fysiologiske årsakene til endringene i vekst og modning?

I prosjektet "Atferd og fysiologi hos laks ved bruk av kunstig lys" har en undersøkt disse problemstillingene. Det er vist at økende lysmengde (fra 0,2 til 22 W/m² merdoverflate med metallhalogenlamper) på tilleggslyset ga økt vekst, mens selv den laveste lysmengden var tilstrekkelig for å blokkere tertmodningen (Oppedal m. fl. 1997). Det ble vist at økningen i vekst i lysgruppene falt sammen med en økning i plasma veksthormonnivå. Dette tyder på at en del av den observerte veksteffekten av lys skyldes økt sirkulasjon av veksthormon. Det ble ikke funnet tegn på stress målt som endringer i plasmaklorid som følge av lyssetting på noen av lysintensitetene, verken på nullåringer eller på ettårig postsmolt.

Kontinuerlig tilleggslys fra første dag i sjø (oktober) til januar økte vinterveksten hos nullårig høstsmolt, men naturlig lys-gruppen tok igjen den tapte veksten i løpet av sommeren (Oppedal m. fl. 1999). Det var ingen forskjeller i vekst mellom ulike lysintensiteter (fra 0,2 til 22W/m²), og kjønnsmodningen etter ett år var lav i alle gruppene (< 1%). Imidlertid er det vist i et annet forsøk at en lengre belyningsperiode (fra sjøutsett til midtsommer) gir en betydelig større vekstgevinst enn belysning fram til januar. En kan derfor ikke se bort fra at en kunne ha funnet effekt av lysintensitet hvis belyningsperioden var lengre.

Lyssetting hadde klar effekt på dybdefordeling og svømmeaktivitet gjennom døgnet hos både nullåringer og ettårig postsmolt. På naturlig lys viste laksen en karakteristisk dybdefordeling der den sto dypt om dagen, unntatt i fôringsperiodene da den søkte mot overflaten, og mer spredd over hele dypet om natten. I dagslys svømte laksen i stim i en ringstruktur, mens om natten ble denne strukturen brutt opp og fisken sto

mer eller mindre i ro på vannstrømmen. Kontinuerlig lys førte til at laksen opprettholdt en dagatferd hele døgnet (figur 6). Det ble også observert interessante endringer i dybdefordelingen med årstid, der laksen sto relativt dypt (på dagtid) om vinteren, og grunnere om våren. Dette ble observert både på naturlig og kontinuerlig lys, men lysgruppene fikk endringene tidligere på våren, noe som tyder på at dette delvis er lysstyrt. I tillegg er det mulig at denne atferden skyldes at laksen valgte dyp ut fra høyeste temperatur, da forsøket ble utført på en fjordlokalitet med sterke temperatursjikt i vannmassene.

Stamfisk av laks

Ved produksjon av nullårig høstsmolt er det en fordel å få laksen til å gyte tidligere på høsten. Dette medfører at en kan få smolten i sjø tidligere neste høst uten å måtte bruke høye temperaturer på egg- og yngelstadiet. Det er tidligere vist at en kan framskynde eller utsette gonade-modningen hos laks ved lysstyring som i andre laksefisk. En tidlig overføring til lang lysdag eller kontinuerlig lys om vinteren/våren framskynder modningsprosessen, og en ytterligere framskynding får en hvis en gir laksen kort dag (for eksempel 8 timer lys og 16 timer mørke) utpå vårparten eller tidlig på sommeren. På samme måte kan en forsinke gonadeutvikling og gyting ved å gi laksen kontinuerlig lys fra midtsommer og utover høsten. Imidlertid har lysbehandlingen hatt mindre effekt på gytetidspunktet enn forventet, og det har vært spekulert i om høy vanntemperatur har forhindret de siste utviklingsstadiene som fører til eggløsning. Det har tidligere vært vist at en økning i vanntemperatur til 12-14 °C i begynnelsen av gyteperioden stopper egg-løsningen hos laks. I det EU-finansierte prosjektet "Environmental and Neuroendocrine Control Mechanisms in Finfish Reproduction and their Applications in Broodstock Management", er det nylig vist at et kuldesjokk framskynder og synkroniserer eggløsning hos laks (figur 7; Taranger m. fl. 1999). Laks som hadde fått kontinuerlig lys fra februar og deretter kort dag fra mai fikk framskyndet gytingen med ca. fem uker under naturlig temperatur (AL-N-gruppe; temperaturen sank fra 13 til 8 °C i løpet av gyteperioden for denne gruppen) i forhold til fisk på simulert naturlig lysperiode og naturlig temperatur (NL-N-gruppe). Eggløsningen var imidlertid ufullstendig i AL-N-gruppen, gyteperioden ble veldig langstrakt og eggdødeligheten var høy. Da en kombinerte lysstyring med et kuldesjokk 6. september (AL-K-gruppe) fikk en derimot en ytterligere framskynding av eggløsningen sammenlignet med AL-N-gruppen, og en mer synkron gyting og mye bedre eggoverlevelse. Kuldesjokket innebar at temperaturen ble senket fra normal temperatur på 12-13 °C til 6-8 °C med en varmepumpe. Det er interessant at dette kuldesjokket også framskyndet og synkroniserte eggløsningen hos laks på simulert naturlig lysperiode (NL-K-gruppe) sammenlignet med NL-N-gruppen. Forsøket tyder på at en bør kombinere lysstyring med temperaturkontroll hvis temperaturen er over ca. 12°C i den antatte gyteperioden. Det er usikkert om det er selve reduksjonen i temperatur som framskynder gytingen, eller om temperaturen må komme under et gitt kritisk nivå (for eksempel 12 °C) før vellykket gyting kan finne sted.

Regnbueørret

Settefisk regnbueørret

En har vanligvis regnet med at sjøvannstilpasning hos regnbueørret er en størrelsesavhengig prosess, og at den mangler en klassisk smoltifisering slik en ser

hos atlantisk laks. Regnbueørret kommer opprinnelig fra vestkysten av Nord-Amerika, der den finnes i en resident form ("rainbow trout") som forblir i ferskvann hele livet og i en anadrom form som vandrer ut i saltvann ("steelhead trout"). Tidligere studier har vist at den anadrome formen har en mer klassisk smoltifisering som responderer på lys, mens ferskvannsformen mangler en klar smoltifisering og ikke responderer på lysmanipulering. Det er uklart i hvor stor grad regnbueørret i Norge har gener fra disse to formene, og om avlsarbeidet som har vært gjennomført har styrket de anadrome egenskapene. Innen prosjektet "Optimal settefiskproduksjon av regnbueørret" har en testet effekten av lysstyring på regnbueørret, og om det er mulig å indusere sjøvannstoleranse ved en mindre størrelse enn det som er vanlig 'smoltstørrelse' i næringen (ca. 60-200 gram). Forsøkene viser at stammen som er brukt responderer på daglengde ved å vokse raskere på kontinuerlig lys. I tillegg er det vist at ørreten kan oppnå sjøvannstoleranse ved ca. 25 gram under kontinuerlig lys (målt som plamaklorid i en 24 timers test i 35 sjøvann). Dette tyder på at det er mulig å sette ørreten i sjø tidligere enn antatt. Den viser imidlertid ikke så klar respons på endringer i daglengde som laks.

Matfisk regnbueørret

På basis av de vellykkede resultatene med bruk av lys på matfiskanlegg i lakseproduksjonen, har det vært interesse for å se om en kan øke veksten og utsette kjønnsmodningen hos regnbueørret i sjø ved lys. Innen prosjektet "Lysstyring av vekst og kjønnsmodning av regnbueørret" har en studert effekten av kontinuerlig tilleggsbelysning i ulike tidsperioder i sjøvannsfasen på både vårutsatt (150 gram) og høstutsatt (170 gram) regnbueørret. Individmerket fisk ble plassert i 5x5x5m merder med enten 150W halogenlys/merd (LL) eller naturlig lys (NL). Vårutsettet ble holdt på enten NL eller LL fra juli 1995 til juli 1996, mens høstutsettet ble holdt på NL eller LL fra oktober 1995 til juli 1997. I tillegg ble det flyttet fisk mellom NL og LL i oktober 1995, desember 1995 og mars 1996 for vårutsettet, samt desember 1995, mars 1996 og juli 1996 for høstutsettet, slik at en fikk åtte forsøksgrupper for hvert av utsettene.

I juli 1996 ved forsøksavslutning for vårutsettet hadde NL-gruppen høyest vekt (3,9 kg), mens den gruppen som hadde LL fra oktober 1995 var minst (3,5 kg). Det ble ikke funnet noen vesentlige forskjeller i vekt, vekstrate eller kondisjonsfaktor mellom behandlingene i dette utsettet. Gruppen som ble overført til LL i oktober og LL-gruppen hadde størst andel modne hanner våren 1996 (henholdsvis 15 og 11 %), mens NL-gruppen og gruppen som fikk LL fra desember hadde det laveste innslaget (henholdsvis 1 og 2 %). Det ble ikke funnet noen modne hunner. Andelen observerte modne hanner økte kraftig fra februar (0-1 %) til juni 1996 (11-15 %) i LL gruppen og i gruppen som fikk LL fra oktober. Det var en økning i samme periode fra 2 til 4 % i gruppen som fikk NL fra januar, mens den var stabil i NL-gruppen og i gruppene som fikk NL fra oktober og LL fra januar.

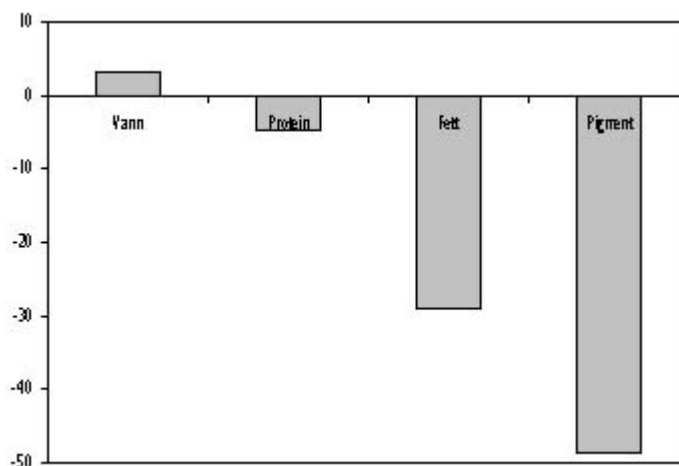
For høstutsettet ble det ikke funnet signifikante vektforskjeller mellom noen av gruppene ved forsøksavslutning i juni 1997 (snittvekt fra 7,2-8,3 kg). De første modne hannfisk ble funnet i juni 1996 i LL-gruppen, mens hovedinnslaget kom i perioden januar-april 1997. Modningsandelen i de belyste gruppene varierte mellom 11 og 24 %, mens NL-gruppen hadde ca. 14 % modning. Det var også her en tendens til at andelen modne fisk økte utover våren og sommeren 1997 i noen av lysgruppene, noe som kan tyde på en gradvis rekruttering til modning under LL.

Forsøkene tyder på at det kun er marginale veksteffekter av kontinuerlig lys i sjøvannsfasen, og at en slik behandling kan øke andelen kjønnsmodne individer sammenlignet med fisk på naturlig lys. En kan derfor ikke anbefale lyssetting av regnbueørret i sjøvann, og en bør vurdere å skjerme den fra lyspåvirkning fra nærliggende laksemerder hvis en har ørret og laks i samme matfiskanlegg.

Røye

Tidlig kjønnsmodning er et av de største problemene i oppdrett av røye, da dette fører til tap av vekst, dårligere fôrutnyttelse og redusert filetkvalitet. Erfaringer fra andre laksefisk viser at dette problemet kan reduseres med avl, og at valg av stamme har stor betydning for denne egenskapen. I prosjektet 'Kjønnsmodning en flaskehals i røyeoppdrett' har en sammenlignet vekst og kjønnsmodning hos Hammerfestrøye og Svalbardrøye i oppdrett. Hammerfestrøya modner tidlig, med en andel på 26 % av hannene etter 20 måneder, og 94 % av hannene og 71% av hofisken etter 32 måneder. Hos Svalbardrøya modnet ingen etter 20 måneder, og bare 14 % av hannene og ingen hofisk etter 32 måneder. Det var ikke forskjell i vekst mellom stammene før første gytesesong, men etter 32 måneder var Svalbardrøya 25 % større, i hovedsak grunnet modningsrelatert veksttap hos Hammerfestrøya. Det ble ikke funnet forskjeller i muskelpigmentering (rødfarge) eller pigmentopptak mellom de to stammene, mens det var en sterk positiv sammenheng mellom vekst og pigmentkonsentrasjon i muskel. Disse dataene viser at det kan være en betydelig genetisk variasjon i alder ved kjønnsmodning mellom ulike røyestammer, noe som kan tyde innholdet med henholdsvis 49, 30 og 5 %. Vanninnholdet i filet økte med 5 % i samme periode (figur 8). Undersøkelsen indikerte at fisk som holdes på naturlig daglengde bør slaktes senest i løpet av første halvdel av september dersom en skal unngå en vesentlig reduksjon av pigmentinnhold i filet.

på at denne egenskapen har et avlsmessig potensial. Samlet indikerer de refererte resultatene at Svalbardstammen har bedre produksjonsegenskaper i oppdrett enn Hammerfeststammen. Hos Hammerfestrøya førte kjønnsmodning til en dramatisk nedgang i filetkvaliteten i løpet av høsten. Fram til slutten av november sank pigment-, fett- og protein-



% endring

Figur 8 Effekten av kjønnsmodning på biokjemisk sammensetning av filet fra oppdrettet Hammerfestrøye. Figuren viser endringer i innholdet av vann, protein, fett og fargepigmenter hos kjønnsmoden fisk relativt til umoden fisk (100 %) fra samme

gruppe. Fisken ble holdt under naturlig fotoperiode og ble slaktet i slutten av november (Data fra/from Hatlen, B., Jobling, M & Bjerkgeng, B., 1998).

Relationships between carotenoid concentration and colour of fillets of Arctic charr, Salvelinus alpinus (L.), fed astaxanthin. Aquaculture Research, 29: 191-202., NFR prosjekt nr. 107538/122). The effect of sexual maturation on biochemical composition (water, proteins, lipids and carotenoids) of filet in farmed Arctic charr of the Hammerfest strain harvested in November. The figure depicts the difference relative to immature fish (100 %) of the same strain. Both groups were maintained under natural photoperiod.

Basert på kapittel Produksjon i "Kunnskapstatus for produksjon av laksefisk" utgitt av Norges forskningsråd, februar 2000.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Vekstmønster og dverghannmodning

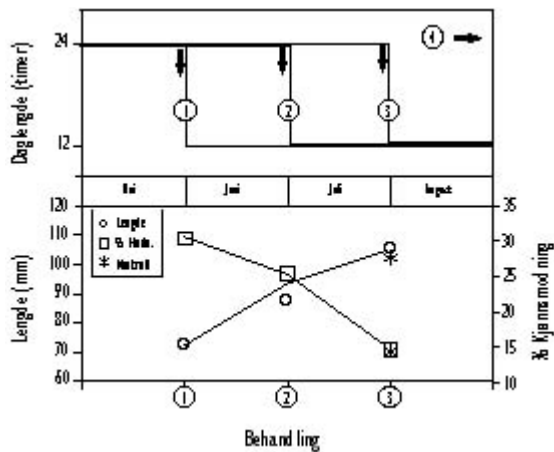
Ove T. Skilbrei

Laks er som art tilpasset et svært variabelt fysisk livsmiljø og har utviklet en stor grad av økologisk plastisitet. Når laks oppdrettes i kultur synliggjøres også konsekvensene av artens brede repertoar som betydelige individuelle vekstforskjeller og kjønnsmodning i ulike faser og ved ulike størrelser. En stor del av hannfisken i mange norske lakseelver kjønnsmodner allerede i ferskvann som dverghanner, og høye innslag forekommer også på settefiskanlegg (opptil 30 %).

Laks bruker lyset for å få informasjon om årstiden for å forberede seg på kjønnsmodning og smoltifisering, og dette blir benyttet til produksjon av høstsmolt ved hjelp av lysstyringsprogrammer. I tillegg er det vist at lakseungens respons til endring i lyset avhenger av hvilken størrelse den har. Dette bidrar til at det kan utvikles en totoppet lengdefordeling med enten liten eller stor fisk, og dette mønsteret fram-kommer i en rekke forsøk som er utført uavhengig av hverandre. Den lille firkanten under "Sensitiv fase" i figur 1 illustrerer at det er en finjustert samvirkning mellom fiskens størrelse og daglengden som innebærer at kombinasjonen av å være mindre enn *terskellengden* på ca 7.5 og kort daglengde (maksimum 12 timer), gir lakseungen en høy sannsynlighet for lav påfølgende vekst og opphoping av fisk i en nedre modal, i tillegg til forsinket smoltifisering. Er fisken større vil den vanligvis vokse videre gjennom en hurtigvekstfase som medfører at det dannes en øvre størrelsesgruppe (øvre modal) av smoltifiserende fisk, uavhengig av om den får beholde lang daglengde eller settes ned på kort dag. Slike mekanismer kan også aktiviseres på settefiskanlegg. Det er vanlig praksis både ved produksjon av høst- og ettårssmolt at daglengden reduseres, og deretter økes før smoltifiseringen.

Figur 1 Vekstmønster i ferskvann. Skjematisk oppsummering som viser hovedresultatene fra flere forsøk der en har studert ulike kombinasjoner mellom fiskestørrelse/lysregime og påfølgende vekstmønster fram mot smoltifisering og kjønnsmodning.

Growth pattern in fresh water. Outline of the main results from several experiments on combinations of fish size/light regime and subsequent growth patterns towards smoltification and sexual maturation.



Figur 2 Forsøksoppsett for å belyse effekter av reduksjon i dag- lengden på ulike tidspunkt (på tidspunkt 1,2,3 og kontroll: 4), fiskens gjennomsnittsstørrelse på disse tidspunktene og % kjønnsmodningen seinere om høsten (% av hannfisken i de 2 familiene av 3 som gav vesentlig kjønnsmodning).

Experimental set-up for reduction in day-length at different time-points (timepoint 1,2,3 and control:4), mean fishsize at these timepoints and sexual maturation rate later in the autumn (% of the males in the 2 families of three that gave significant sexual maturation).

Dverghannmodning - bryter med teori om vekstratens betydning?

Det er hevdet i litteraturen at det er en direkte sammenheng mellom økt vekstrate og sannsynligheten for kjønnsmodning. Dette skulle da medføre at det er de mest hurtigvoksende lakseungene som kjønnsmodner som dverghann, og at de miljøforholdene som gir den beste veksten også skal gi høyere innslag av dverghanner. Fordi det tidligere var påvist at det eksisterer en størrelsesavhengig fase i løpet av settefiskproduksjonen, der følsomheten for lysperiode, endres og med påviselige konse-kvenser for videre vekst, ble det satt opp forsøk for å se om innslaget av dverghanner ble påvirket av daglengdereduksjoner rundt den sensitive fasen (se figur 2).

Forsøket viste at den tidligste reduksjonen i daglengde når fisken var minst, gav høyest dverghannmodning, mens den seineste reduksjonen ikke hadde effekt i forhold til kontrollgruppen på kontinuerlig lys (figur 2). Dessuten varierte både andel dverghanner og responsen til reduksjonen mellom de tre familiene i forsøket (tabell 1). Andelen fisk i nedre størrelsesgruppe sank med redusert lysmengde; eksemplifisert ved de to ytterpunktene vist i figur 3, som også gir eksempel på at veksten til den umodne fisken var dårligere ved tidlig lysreduksjon.

Tabell 1 Prosentvist innslag av dverghanner i forsøksoppsett vist i figur 2. Dataene er splittet opp i de tre familiene (A, B og C) som inngikk.

Rate of dwarf males in the experimental set-up shown in figure 2. The data is arranged on the three used families (A,B and C).

% MODNING I HVER FAMILIE A B C

Lys ned fra mai 16.1 21.2 0.8

Lys ned fra juni 8.5 20.0 0.9

Lys ned fra juli 5.7 10.7 0.9

Kontinuerlig lys 5.6 7.4 0.8

Tabell 2 Prosent små fisk i de enkelte gruppene som ble holdt under tre ulike lysintensiteter fra startfôring 1. april. I tillegg ble lyset satt ned fra 24 til 12 timer i juni eller i august. Lysintensitene ble enten holdt konstant eller redusert i juni. Gjennomsnittvektene av øvre modal fisk i november er inkludert. Hvert tall i tabellen representerer tre kar på hver behandling.

Rate of small fish in the individual groups that were kept under three different light intensities from first feeding at 1. April. In addition the day length was reduced from 24 to

12 hours in June or August. The light intensity was kept constant or reduced in June. Mean fish weights from upper modal in November are included. Each number in the table represents tree tanks in each treatment.

Lysintensitet: 2 LUX 100 LUX 1000 LUX

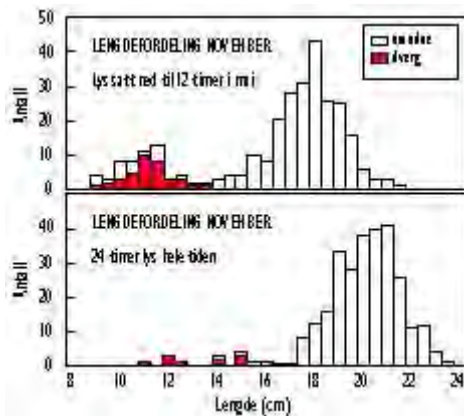
Daglengde ned: Juni Aug. Juni Aug. Juni Aug.

Snittvekt november 74.8 g 82.3 g 92.4 g 91.0 g 78.0 g 80.9 g % Små-Konstant 11.6 % 7.0 % 8.7 % 2.2 % 4.9 % 2.7 %

% Små-Endret lysintensitet i juni 6.0 % (fra 1000 Lux) 4.8 % (fra 2 lux)

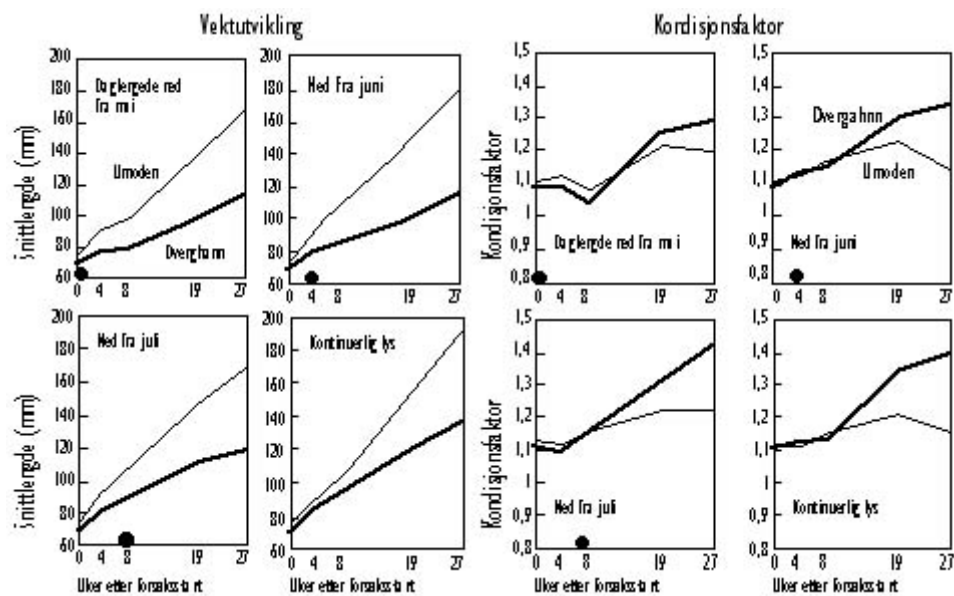
De kommende dverghannene var allerede ved forsøksstart mindre enn umodne søsken, og de vokste klart dårligst gjennom det neste halve året fram til de første ble rennende (se figur 4). Kondisjonsfaktorene til de kommende dverghannene og umodne søsknene var sammen-lignbare gjennom den første delen av forsøket (der det er mest sannsynlig at forskjellene i dverghannmodning ble initiert), og økte som forventet for laks fram mot kjønnsmodning (se figur 4). Likevel kunne de ikke kompensere for de betydelige størrelsesforskjellene som utviklet seg. Det var med andre ord ikke noe som tydet på at dverghannene var større på noe tidspunkt, eller at kjønnsmodning ble stimulert av høy vekstrate.

Dette resultatet har klare likhetstrekk med den opprinnelige vekstmodellen for umoden fisk i figur 1, og utviklingen av dverghannene kan oppsummeres i den samme modellen fordi de atskiller seg i vekst fra umodne søsken i omtrentlig det samme lengdeintervallet.



Figur 3 Eksempler på lengdefordelinger fra forsøk beskrevet i figur 2 der lyset ble satt ned fra 24 til 12 timer i mai eller beholdt på 24 timer daglig belysning. To parallelle kar er slått sammen for hver lengdefordeling.

Examples on size distributions from experiments described in figure 2 where daylength was reduced from 24 to 12 hours in May, or remained on 24 hours daylength. Results from two replicate tanks are pooled for each size distribution.



Figur 4 Gjennomsnittlig lengdeutvikling og endring i kondisjonsfaktor til individmerkete dverghanner og umodne søsken (to familier er slått sammen) i kar der daglengden ble satt ned til 12 timer lys på tre ulike tidspunkt eller beholdt på 24 timer lys.

Mean values for growth (fork length) and changes in condition factor of individual tagged dwarf males and immature siblings (two family data are pooled) in tanks where the daylength was reduced to 12 hours on three different timepoints, or were maintained at 24 hours.

Forekomsten av dverghanner økes altså av redusert daglengde dersom de er små nok når daglengden reduseres. Om det finnes en like fast terskellengde for kjønnsmodning som for den totoppete oppsplittingen er imidlertid usikkert, så i figuren er det indikert et utvidet lengde-intervall på 60-90 mm. Når konkurranse også er inkludert i figur 1 som en tredje faktor i tillegg til lengde og daglengde, skyldes det forsøk der økt tetthet og tilstedeværelsen av større fisk i karene har forsterket den negative effekten av redusert daglengde. Selv om det ifølge denne modellen er relativt seintvoksende fisk innen en gruppe som blir dverghanner, er det viktig å være klar over at en generell forbedring av vekstvilkårene også vil framskynde dverghann-modningen. Dette kan være et problem ved produksjon av høstsmolt fordi dverghannene kjønnsmodner lenge før de er et år gamle, og kan være rennende når smolten skal overføres til sjøvann.

Effekter av lysintensitet på vekst

Det ble satt opp nye forsøk for å undersøke om lysintensiteten kan påvirke dverghann-modningen, blant annet fordi tidligere forsøk hadde vist at veksten reduseres når lysintensiteten faller under 100 lux. Dessuten viste en kartlegging av innslaget av dverghanner på en rekke smoltanlegg at mens noen hadde få dverghanner, kunne innslaget være betydelig hos andre. Årsakene forble ukjente, men lysintensitetene varierte både mellom og innen anlegg fra 1 - 400 lux. For å dekke denne spennvidden i lysintensiteter, ble det satt opp forsøk der fisken ble holdt under tre ulike lysintensiteter fra startforing, ca 2 lux, 100 lux og 1000 lux. I dette forsøket var det en lav kjønnsmodningsandel, kun 2.8 %. Fordi antall dverghanner er klart koblet med antallet i den minste størrelsesgruppen, blir prosentandel småfisk brukt her for å illustrere resultatene.

Antall småfisk (og dermed dverghanner) var høyest når gruppene fikk en tidlig reduksjon i daglengden under alle de tre lysintensitetsregimene, og i karene med 2 lux var det over dobbelt så mange små som i 1000 lux- karene (se tabell 2). Overføringen fra 2 lux til 1000 lux i juni da fisken var 6-9 cm medførte en svak, ikke statistisk holdbar, reduksjon i antall små. Overføringen motsatt vei, fra 1000 til 2 lux, resulterte derimot i at antallet små økte fra 2.7 til 6.0 %. Selv om 1000 lux gav det beste resultatet i forhold til ønsket om å redusere antall fisk i den minste størrelsesgruppen, var veksten i disse karene ganske lik den i 2 luxkarene. 100 lux kom klart best ut når det gjaldt veksten til den store fisken, som tross alt utgjorde mesteparten av fisken i karene (se tabell 2). Når fisken på 100 lux er så mye som 10-15 % større enn fisken på 2 og på 1000 lux (tabell 2), er dette sannsynligvis et eksempel på at lysintensiteten er viktig for veksten i ferskvannsfasen. Om dette skyldes forskjeller i adferd og/eller fysiologiske mekanismer er ukjent. Målinger av plasmatyroksin, som påvirker en rekke metabolske prosesser, viste at tyroksin ble påvirket av lysintensiteten. For en oppdretter vil det være vanskelig å komme opp i 1000 lux i innendørskar, blant annet på grunn av skygge-virkninger av de høye tetthetene av fisk i karene. Ved å ta hensyn til lyskildens styrke og plassering, bør det imidlertid være mulig å unngå lysintensiteter godt under 100 lux. I henhold til de framlagte resultatene vil dette bedre veksten, og også gjøre det lettere å ha kontroll med og røkte fisken.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Effekter av variabelt fôropptak i tidlig sjøfase på osmoreguleringsevne og vekst hos høstsmolt

Sigurd O. Handeland, Leif Tvenning, Tor A. Giskegjerde, Bjørn Sveinsbø og S. O. Stefansson

De senere årene har norske oppdrettere overført store mengder smolt til sjøvann i perioden august-januar. Det økende behovet for utsetting av smolt om høsten og vinteren, enten som 0+ (halvtårsmolt, ca. 20 millioner høsten 1995) eller 1+ (høstsmolt) reiser en rekke spørsmål knyttet til smoltkvalitet, utsettingstidspunkt og miljøforhold for å sikre tilslag og vekst i sjøen.

Perioden fra august til januar er preget av store forskjeller i temperatur og daglengde. Dette innebærer at smolt som settes ut om høsten normalt erfarer en kraftig forandring i miljøforholdene ved at både temperatur og daglengde synker. Samtidig med at både temperatur og daglengde er i forandring utsettes fiskene ofte for et betydelig håndteringsstress under og like etter overføring til sjø. Summen av disse stressfaktorene vil ofte være et variabelt fôropptak den første tiden i sjøen, og fra enkelte anlegg rapporteres det om en lengre periode hvor fisken ikke spiser i det hele tatt. I tillegg til de negative effekter på tilveksten i sjøen, vil en lengre periode med variabelt fôropptak, eller sult, innvirke på både osmoreguleringsevne og sykdomsrisiko, og derved indirekte kunne redusere overlevelsen til fisken etter utsett. I prosjektet "Smoltkvalitet, sesonguavhengig utsetting og tidlig sjøvannsfase" har vi undersøkt betydningen av et variabelt fôropptak i tidlig sjøfase på osmoreguleringsevne og videre vekstpotensial ved utsett av høstsmolt. Prosjektet har vært et samarbeid mellom Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen, Nutreco ARC/T. Skretting A/S.

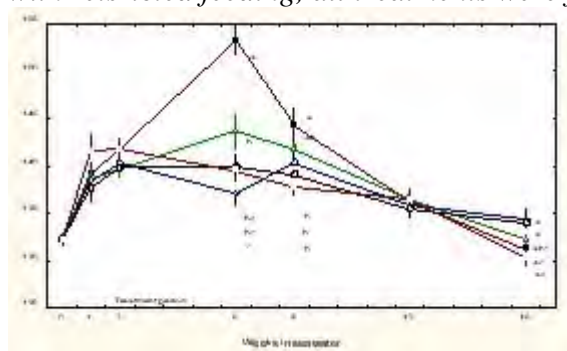
Metode

I dette forsøket ble en gruppe smolt (0+) stimulert til å smoltifisere i november 1996 ved hjelp av kunstig lysbehandling (faseforskjøvet simulert naturlig vår gitt i perioden fra juni til november, totalt 16 uker). Etter smoltifisering ble fiskene delt inn i ti grupper (n=100) som deretter ble overført til sjøvann og gitt fem ulike fôrregimer de seks første ukene (100, 75, 50, 25 % og sult). Fiskene ble fulgt opp med blod- og vevsprøver hver fjortende dag de første to månedene i sjøen, og deretter månedlig i to måneder. Vekstregistreringer på individnivå ble tatt hver måned. Alt fôr som ble gitt til de ulike gruppene under hele forsøket ble veiet forut for utfôring, og alt fôrspill ble samlet opp straks etter at fôringen var avsluttet. Fôrspillet ble tørket i varmeskap (24 timer) og senere brukt til beregning av fôrutnyttelse.

Figur 1. Plasmakloridnivået hos smolt i sjøvann under fem ulike fôrregimer 0 %: sort firkant, 25 %: trekant, 50 %: diamant, 75 %: sirkel og 100 %: åpen firkant. Ulike bokstaver mellom ulike fôrregimer ved ett måletidspunkt indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ($p < 0.05$). Etter seks uker med restriktiv fôring ble alle gruppene fullfôret.

Plasmachloride levels in smolts in sea water offered five different feeding regimes 0 % (filled square), 25 % (triangle), 50 % (diamond), 75 % (circle) and 100 % (open square). Different letters indicates

significant differences between treatments at that time. After 6 weeks with restricted feeding, all treatments were fed to satiation.



Tabell 1. Forandring i fôrutnyttelsen hos smolt i sjøvann under fem ulike fôrregimer 0, 25, 50, 75 and 100 %. Verdiene i uthevet tekst er fra perioden når fiskene gikk på ulike fôrregimer.

Changes in feed conversion of smolts in seawater given five different feeding regimes; 0, 25, 50, 75 and 100 %. Bold values indicates the period with different feeding regimes.

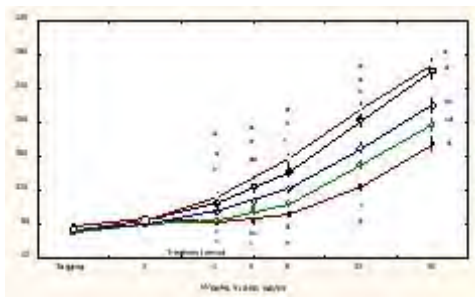
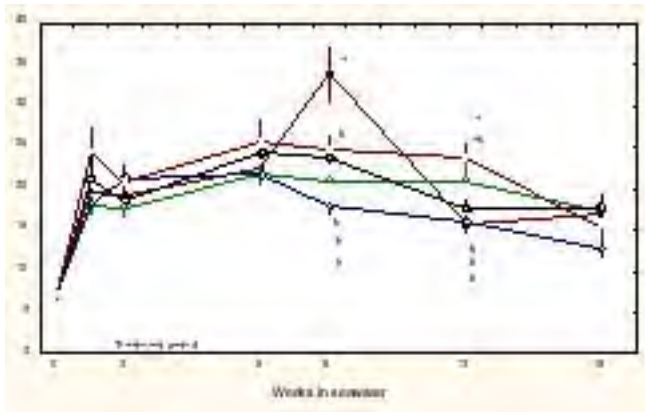
Uke i sjøvann	0	25	50	75	100
0-4	0.60	0.77	1.19	1.23	
4-6	0.64	0.81	1.15	1.37	
6-8	0.64	0.70	0.91	0.88	1.00
8-12	0.81	0.94	1.01	0.97	0.97
12-16	1.32	1.47	1.41	1.45	1.54

Effekter av sult på osmoregulering og vekst

Forsøket viste en signifikant økning i nivået av plasmaioner etter seks uker i sjøen hos sultgruppen sammenliknet med de andre fôringsregimene (figur 1). Dette støtter tidligere resultater og viser at sult påvirker fiskenes osmoreguleringsevne. Etter fullfôring fra uke 6 økte gjelleenzymaktiviteten signifikant i sult-gruppen (figur 2), hvoretter plasmakloridnivået sank til verdier som var sammenliknbare med kontrollgruppen i løpet av to uker. Fôrutnyttelsen sank i takt med at fôtildelingen ble redusert, og viste også en tendens til å forbli lav i sultgruppen etter at fôringen startet opp igjen etter seks uker med variable fôringsregimer (tabell 1).

Lik fôrutnyttelse mellom gruppene ble først observert i to måneder etter fullfôring. I kontrollgruppen (100 % fôring) ble det observert en signifikant høyere vekstrate de første fire ukene i sjøen sammenliknet med resten av forsøket (figur 3). Dette tyder på at fiskene responderer på sjøvannet ved å "ta ut" et ekstra vekstpotensial den første måneden, et potensial som sultgruppen mistet og ikke klarte å ta igjen etter at fôringen startet etter seks uker i sjøen. Ingen kompensasjonsvekst ble observert i hverken sultgruppen, eller 25 og 50 % gruppene etter fullfôring (figur 3).

Forsøket viser at seks uker med redusert fôrinntak i sjøen resulterer i et økt plasmaioninnhold i blodet, redusert fôrutnyttelse og nedsatt vekst. Resultatene understreker dermed betydningen av skånsom håndtering og effektiv fôring like etter utsett og viser at selv en kortere periode med sult kan gi seg utslag i osmoregulatoriske problemer, dårlig fôrfaktor og tap av verdifull vekst.



Figur 2. Gjelle Na^+ , K^+ , ATPase aktiviteten hos smolt i sjøvann under fem ulike fôrregimer 0, 25, 50, 75 og 100 %. Se figur 1 for flere opplysninger.

Gill Na^+ , K^+ , ATPase-activity for smolts in seawater under five different feeding regimes; 0, 25, 50, 75 and 100 %. cf. figure 1 for further details.

Figur 3. Vekst hos smolt overført til sjøvann under fem ulike fôrregimer 0, 25, 50, 75 og 100 %. Se figur 1 for flere opplysninger.

Growth of smolts transferred to sea water under five different feeding regimes; 0, 25, 50, 75 and 100 %. cf. figure 1 for further details.

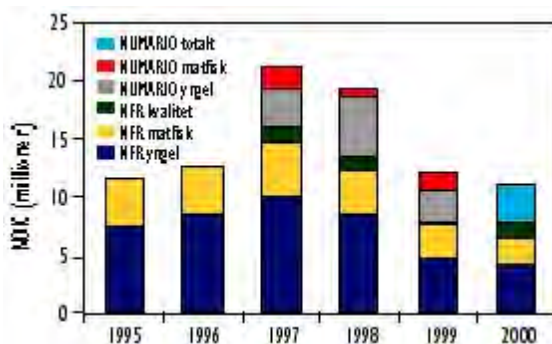
Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Oppdrett av kveite

Terje van der Meeren

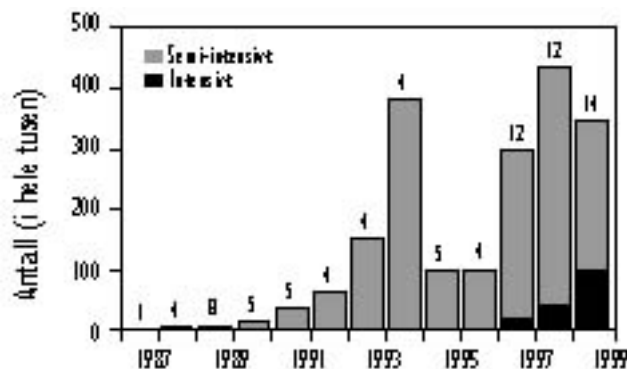
Kveite er den marine arten som det har vært størst innsats på for å bringe inn i kommersielt oppdrett. Mens økningen i yngelproduksjonen første halvdel av 90-tallet nå gir en pen vekst i eksport av oppdrettet matfisk av kveite, synes det klart at dagens oppdrettere strir med å kunne produsere store mengder kveiteyngel av god kvalitet.

Årsakene til problemene er sammensatte, og har blant annet vært knyttet til sykdom (VER), manglende tilgang på egg av god kvalitet, og generelt tap av egg eller larver i ulike ledd av produksjonslinjen fra stamfisk til salgbar settefisk. Interessen for yngeloppdrett er imidlertid stor, og resultatene fra Island og Skottland har vist at det er mulig for ett enkelt anlegg å produsere flere hundre tusen kveiteyngel med liten grad av feilpigmentering eller andre kvalitetsmessige defekter. Mens de utenlandske yngelanleggene produserer hele året med utgangspunkt i innendørs intensiv oppdrettsteknologi, er norsk yngeloppdrett av kveite fremdeles dominert av sesongproduksjon i store utendørs pose- eller karsystemer.



Figur 1 Bevilgninger fra Norges forskningsråd og NUMARIO-programmet til kveiteforskning i perioden 1995-2000. Tallene for 2000er estimerer beregnet i desember 1999 før fordeling mellom matfisk- og yngelprosjekter er klar i NUMARIO. Bevilgninger til fiskehelse og sykdom, strategiske program og stipendiater er ikke inkludert.

Halibut research fundings from the Norwegian Research Council and the NUMARIO programme 1995-2000. The numbers for 2000 are calculated from preliminary data available December 1999. Fundings for fish health, strategic programmes and scholarships are not included.



Figur 2 Produksjon totalt av kveiteyngel i Norge 1987-1999. Tallet over søylene angir antall produsenter. (Kilde: oppdrettere og forskningsstasjoner)

Total production of halibut fry in Norway 1987-1999. The numbers above to the bars represents number of producers.

Utvikling av atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) som oppdrettsart har vært et langt lerret å bleke, og forskningen har i stor grad lagt fundamentet for metodene som benyttes innen de ulike livsstadiene til kveita gjennom produksjonsprosessen. Mesteparten av vår biologiske kunnskap om kveitas tidlige livsstadier er fremkommet som resultat av FoU-arbeidet i de norske offentlige forskningsinstitusjonene. Forskingen har i stor grad vært finansiert gjennom Norges forskningsråd (NFR), og i de siste årene også gjennom en årlig bevilgning fra Fiskeridepartementet til et selvstendig program for utvikling av marine arter (NUMARIO). Næringen har i tillegg bidratt ved deltagelse i brukerstyrte prosjekter innen NFR og NUMARIO hvor det kreves egenfinansiering i størrelsesorden 50 %. Fra 1995 til 1997 var den offentlige innsatsen økende, for deretter å bli redusert, særlig i 1999 (figur 1). Mens bevilgningen til matfisk i 1999 var ca.13 % lavere enn året før, ble innsatsen på yngelsiden redusert med 43 %. Den totale offentlige bevilgningen til kveiteforskning i 1999 var like under 1996-nivå.

Kommersiell yngelproduksjon

Produksjon av kveiteyngel foregår etter to metoder: 1) intensiv produksjon og 2) semi-intensiv (også kalt ekstensiv) produksjon. Forskjellen mellom de to metodene kan være vanskelig å definere. Intensiv produksjon er vanligvis assosiert med startfôring i små innendørs systemer med utelukkende *Artemia* som fôr, mens semi-intensivt oppdrett er avledet fra posemetoden med startfôring i store oppdrettssystemer (utendørs tanker eller poser) hvor naturlig zooplankton (copepoder) samlet inn fra pollsystemer benyttes som byttedyr. Siden *Artemia* i stor grad også brukes ved sistnevnte metode, og copepoder kan brukes innendørs i små karsystemer, er det foreslått en definisjon som tar utgangspunkt i byttedyrene. I denne sammenheng vil *ekstensivt oppdrett* omfatte et system hvor fiskelarvene utelukkende beiter på byttedyr som selv reproducerer i systemet. Et godt eksempel er oppdrett av torsk i poll. Startfôring av kveitelarver i poser eller kar innendørs vil være en *intensiv metode* fordi byttedyr hele tiden må tilføres. Betegnelsen "*Semi-intensiv*" viser til en intensiv

metode hvor det benyttes copepoder som enten er samlet inn fra sjøen eller produsert "ekstensivt" i poll.

Den norske produksjonen i 1999 av kveiteyngel i salgbar størrelse er estimert til 346000, inkludert ca 30000 fra forskningsinstitusjonene (figur 2). Av dette ble vel 72 % produsert semi-intensivt, men rein intensiv produksjon viser en stadig økende andel. Anslag for produksjon av kveiteyngel i utlandet for 1999 er 48.000, 170.000 og 350.000 for henholdsvis Canada, Skottland og Island (tall fra ett enkelt anlegg i hvert av landene). Den utenlandske produksjonen foregår i helårlege intensive anlegg med kontroll av vannkvalitet og bruk av anriket *Artemia* som fôr, men anlegget i Skottland produserer copepoder i store kar som tilleggsfôr for å bedre yngelkvaliteten. Antall oppdrettere i Norge har ikke endret seg mye fra 1998. Et nytt intensivt anlegg er startet opp, mens en av de større semi-intensive produsentene fra i fjor ikke har hatt drift i anlegget i år. Prisen for kveiteyngel i Norge har i 1999 variert mellom 15 og 50 kr, avhengig av kvalitet (størrelse, pigmentering og øyevandring). Data for kostpris på yngel er ikke tilgjengelig, men ble i 1997 angitt å være mellom 43 og 123 kr per individ.

De norske yngelprodusentene strir med ulike problemer. Silofasen, startfôring og tilvenning til formulert fôr (weaning) er områder hvor problemene er størst. Ulike anlegg oppgir imidlertid forskjellige områder hvor tap av biologisk materiale (egg og larver) begrenser produksjonen i vesentlig grad. Basert på erfaringer har oppdretterne ofte utviklet egne metoder, teknologi og driftsprosedyrer for de ulike livsfasene til kveitelarvene. Oppdretterne vil således ikke alltid kunne gjøre seg direkte nytte av resultatene fra forskningen fullt ut uten omfattende endringer og investeringer (f.eks. innen vannkvalitet og vannbehandling). Videre forskning mot enhetlige metoder og teknologi når det gjelder fôrutvikling, vannkvalitet, oppdrettsmiljø og sykdomsforebyggende tiltak er svært viktig for å redusere fremtidige tap av biologisk materiale i produksjonslinjen.

Rognproduksjon

Situasjonen for stamfisk og produksjon av kveiterogn er utførlig beskrevet i NUMARIO-rapporten "*Status og fremtidig perspektiv for stamfisk og rognproduksjon av kveite i Norge 1999*" (Adoff 1999, Bergen Aqua AS). I Norge produseres mesteparten av kveiterognen fra stamfiskbestander på naturlig lyssyklus med gyting i vårsesongen. I og med at de fleste store yngeloppdrettere benytter semi-intensive systemer og copepoder samlet inn fra den naturlige vårproduksjonen i sjøen eller poller, er eggproduksjonen stort sett sammenfallende med behovet for egg til inkubering. Et fåtall av de store kommersielle stamfiskanleggene har flere bestander med både lys- og temperaturstyring. Kontroll på både lys og temperatur har vist seg å være nødvendig for å kunne foreta en vellykket forskyvning av gytetidspunktet. En del anlegg har i det siste satt stamfisk på kun lysstyring. Utenom den naturlige gyteperioden om våren er rogn stort sett bare tilgjengelig fra forskningsinstitusjonene. Etablering av helårlege kommersielle gytebestander (styrt rognproduksjon) i samsvar med oppbygging av intensive yngelanlegg ser derfor ut til å være viktig for økt produksjonskapasitet slik dette er gjort hos Fiskey (Fiskeldi Eyafjardar hf.) på Island. Fiskey vurderer stamfiskarbeid og lysstyrte gytebestander for helårlig rognproduksjon som avgjørende for suksess i yngelproduksjonen. Fiskey har ca. 300 stamfisk (villfisk) fordelt på tre gytebestander. Det produseres vel 200 liter rogn årlig fra hver gytebestand i en startfôringsrunde. Tilgang på så mye rogn gjør det mulig å erstatte

rogngrupper som ikke fremviser god nok kvalitet, slik at bare de beste gruppene tas videre til lagring og startfôring.

Det ser videre ut til å være et marked for salg av kveiterogn. Flere norske anlegg har i 1999 ikke egen stamfisk og har derfor basert sin yngelproduksjon på kjøp av egg. Netto rognproduksjon (befruktede egg klar til inkubering) var i 1999 ca 1100 liter, en økning på vel 16% fra året før, men fremdeles under produksjonen på 1150 liter i 1997. Rogn ble generelt solgt for 7000-10000 kr. pr. liter (eks. mva), med pris på opp til 12000 kr. utenom den naturlige gytesesongen. Totalt sett ser det ikke ut til å være noen sammenheng mellom antall yngel produsert og rognproduksjon, og yngelproduksjonen generelt ser tilsynelatende ikke ut til å være begrenset av tilgang på egg. Likevel opplever noen oppdrettere at tilgang på rogn av god kvalitet til rett tidspunkt er en stor begrensning. Dette kan skyldes at mesteparten av rognproduksjonen stort sett foregår i en begrenset periode (mars og april), og at den foregår i integrerte stamfisk- og yngelanlegg med egne siloer som skal fylles opp først. Beregninger viser at hold av stamfisk og rognproduksjon i liten skala er en betydelig utgiftspost, og det kan derfor være behov for større regionale stamfiskanlegg som kan forsyne yngeloppdrettere med rogn året rundt. Slike anlegg kan være lønnsomme basert på salg av rogn alene, og vil kunne bidra til utvikling av en helårlig yngelproduksjon. De vil også kunne utføre oppgaver innenfor avl som forventes å gi en betydelig forbedring av ønskede egenskaper hos oppdrettskveita.

Det finnes ikke objektive og enkle kriterier for å vurdere rognkvalitet. Kveita er en porsjonsgyter, og rognkvalitet kan påvirkes av ulike faktorer knyttet til gytingen. Blant annet er det viktig med godt samsvar mellom stryking av egg og tidspunkt for ovulasjon (modning av en eggporsjon). Også ernæring hos stamfisken kan tenkes å påvirke rognkvalitet. Befrukningsprosent i kombinasjon med visuell inspeksjon av eggene vil for en erfaren oppdretter etterhvert kunne gi en brukbar pekepinn om hvordan kvaliteten på rogngruppen er. Lav dødelighet de første dagene etter befruktning, klare og gjennomsiktlige egg samt symmetrisk celledeling dagen etter befruktning indikerer en rogngruppe av akseptabel kvalitet. Inkubering av egg blir utført på forskjellige måter, men må foregå i stummende mørke da lys vil påvirke klekkeprosessen. Inkubering direkte i siloer har vært benyttet, men vanligvis brukes egne egginkubatorer med tilførsel av vann i bunn (oppstrømssystem). Temperatur og saltholdighet holdes stabilt rundt henholdsvis 6C og 34,5 , og noen oppdrettere bruker svak luftbobling for å holde eggene svevende i vannmassen. Røkting av døde egg skjer vanligvis med noen dagers mellomrom. Overlevelsen i klekkeriet varierer en god del og settes ofte i forbindelse med rognkvaliteten. Ubefruktede egg røktes ofte ut kort tid etter innlegging, og ytterligere dødelighet tilsier at gruppen ikke er noe å samle på. Dødelighet etter at ubefruktede egg er røktet ut kan skyldes bakterieangrep (*Flexibacter*). Også tette ansamlinger av egg på avløpssil og mekanisk påvirkning fra høy vannstrøm når eggene er tunge og samler seg i bunnen av inkubatoren har vist seg å være ugunstig for god overlevelse. Til tross for dette, vurderes ikke selve inkuberingen som en flaskehals i næringen. Tilgang på rogngrupper av god kvalitet er imidlertid et større problem. Det er derfor behov for utvikling av objektive kriterier for rognkvalitet og prosedyrer i forbindelse med pakking og forsendelse av rogn for å ivareta kvaliteten under transport.

Klekking

Nær klekking (ved ca. 70 døgngrader) overføres eggene til siloer. For å kunne styre posisjonering av egg og larver er det anbefalt å ha kontroll med både temperatur (6

°C) og saltholdighet (34,5) i siloene. Klekking forventes å skje like over 80 døgngrader, og under selve klekkingen må eggene være i fullstendig mørke. Det har vært observert betydelig variasjon i klekkesidspunkt i siloene. Årsakene til dette er imidlertid ikke klarlagte. Lys og vannbevegelse (turbulens) vil kunne stoppe klekkeprosessen. Vannbevegelse vil i noen grad være avhengig av eggenes egenvekt. Tunge egg synker ned i siloens kon, og økt vanngjennomstrømning benyttes for å "heve" eggene. Resultatet er ofte sterkere bevegelse og økt mekanisk stress på eggene. Lys har vært benyttet til å utsette klekkingen. Når da lyset slås av ved f.eks. 86 døgngrader skjer en synkronisert klekking over kort tid. Fordelen er at alle eggeskallene kan røktes ut kort tid etter klekking slik at substratet for bakterievekst i siloen reduseres. Synkronklekking har imidlertid av og til vist seg å være vanskelig å få til. Ved påvirkning av lys før klekking vil også eggene bli tyngre. Dette kan være en fordel ved fordeling av eggene i siloen når eggene er lette.

I de fleste tilfeller skjer det tap av en del egg ved røkting etter klekking. Dette er spesielt tilfelle der klekkingen skjer over flere dager og uklekte egg befinner seg i lag med eggeskall. Tapet kan noen ganger utgjøre i størrelsesorden 10-20 % av innlagte egg i siloen. Det er derfor viktig å bestemme hvordan mekanismene som påvirker eggenes egenvekt og klekking kan anvendes i en optimalisering av klekkeprosessen. Videre utvikling av teknologi for denne optimaliseringen er her et viktig moment.

Plommesecklarver

Siden eggeskallet utgjør en av de tyngre komponentene i det uklekte egget, vil larvene like etter klekking vanligvis stige mot overflaten i siloen. Selv om det er observert en del variasjon vil larvene i de fleste tilfeller være nøytrale mellom 32 og 33 saltholdighet. Med 34,5 i siloen vil de nyklekte larvene legge seg i et tett lag enten i overflaten eller i grensesjiktet mellom fersk- og saltvann hvis det benyttes ferskvannslag. Det har vist seg at stor forekomst av kjevedeformiteter ved startfôring har en sammenheng med tette ansamlinger av plommesecklarver den første tiden etter klekking. Imidlertid er mekanismen som fører til kjevedeformiteter ikke klarlagt. Det er derfor ikke grunnlag for å si om det er lav saltholdighet (<30), forringelse av vannkvalitet (for eksempel lavt oksygen eller høyt ammonium-nivå) eller andre faktorer som er avgjørende for dannelsen av kjevedeformiteter. Kjevedeformiteter har vært et vesentlig problem gjennom mange år, og det anbefales nå kjøre siloene slik at tette ansamlinger av larver den første tiden etter klekking unngås.

Forsøk ved Austevoll havbruksstasjon i 1999 har vist at ved bruk av kontinuerlig saltvannsgradient har andelen kjevedeformiteter vært lav (ca. 16 % i snitt), mens overlevelsen har vært god og stabil (ca. 72 % i snitt). Saltvannsgradienten opprettholdes med kontinuerlig tilførsel av ferskvann i en vertikal gradientstang med små hull. Mengde ferskvann reguleres slik at saltholdigheten holder seg på 30,5 i overflaten, og avløpsilen ligger like under overflaten. Larvene befinner seg svært sjelden i dette området av siloen, og tidligere problemer med at larvene suges mot silduken observeres ikke med gradientsystemet. Gradientens suksess er knyttet til at larvene oppnår god fordeling i øverste del av siloen, og at vannutskiftingen er god i dette området. Utvikling av gradientsiloen er ennå i en tidlig fase. Metoden har rom for ytterligere forbedringer for å standardisere og forenkle drift av siloer.

Flere oppdrettere mister en del larver gjennom silofasen. I noen tilfeller kan dette knyttes til manglende kontroll med saltholdighet og temperatur. Økende saltholdighet vil kunne samle larvene i tette sjikt, mens minkende saltholdighet vil kunne skape turbulens og omrøring. Temperaturer på over 8 °C er ikke anbefalt i

plommesekkfasen. Grunnet langsom vannutskiftingsrate er siloene sårbare for temperatursvingninger i omgivelsene. Raske temperaturstigninger i siloen kan teoretisk føre til gassovermetning.

Startfôring

Den generelle produksjonslinjen med ulike metoder for startfôring av kveitelarver er vist i figur 3. I Norge dominerer den semi-intensive produksjonsmetoden med bruk av poser eller store kar. Slike systemer vil gi produksjon i en kort sesong og er vanskelig å kontrollere med hensyn til miljøparametere som temperatur, oksygenmetning, nitrogenovermetning og organisk belastning (blant annet ammonium, fjerning av organisk materiale og bakterievekst). Alger i posene vil forbruke ammonium og produsere oksygen. Dette er imidlertid avhengig av tilgang på nok lys, noe som kan være i konflikt med at posene tildekkes for at kveitelarvene ikke skal utsettes for sollys. Vannutskifting i store poser eller kar vil også foregå langsommere enn i mindre karsystemer. Negative "miljøeffekter" vil derfor lettere kunne oppkonsentreres i de store systemene. Dette vil spesielt være tilfelle hvis posene kjøres "intensivt" med høye tettheter av larver og fôr. Larver som dør av ulike årsaker vil synke til bunns og vanskelig kunne fjernes. Dette kan føre til økt belastning av patogener i posene. I flere poseanlegg har bl.a. viruset VER (Viral Encephalopathy and Retinopathy) vært en vesentlig årsak til redusert yngelproduksjon. Videre kan lav vannutskiftingsrate i pose- eller karanlegg kombinert med hurtig økning av temperatur i omgivelsene føre til gassovermetning. Effekter av nitrogenovermetning på kveitelarver er ikke dokumentert, men det er indikasjoner på at dette er skadelig for larvene. Med intensive anlegg innendørs vil det være enklere å kontrollere vitale miljøparametere i oppdrettskarene. Et slikt anlegg består typisk av 2,5-3 meters kar med vannbehandlingsanlegg og temperaturkontroll. Mens vannutskiftingen i et poseanlegg gjerne er mellom 25 og 75 % av posens volum per døgn, vil tilsvarende tall for et 2,5 meters kar være mellom 100 og 450 %, avhengig av karetts biomasse (larvenes størrelse). Ved 450 % vannutskifting vil 90 % av opprinnelig vann være fjernet fra karet innen ca 32 timer. Tilsvarende vannutskifting i en pose på 50m³ utgjør en tilførsel på 160 liter/min; noe som ikke er mulig ut fra posens avløpssystem (maks. 20-25 liter/min). Mange oppdrettere melder at første del av selve startfôringen i semi-intensive systemer fungerer bra. Fôrtilslaget er godt, og larvene vokser bra. Først senere i startfôringsfasen oppstår problemer med stor dødelighet. Dette er en periode hvor den organiske belastningen i systemet er størst, og beregningen ovenfor viser at det intensive innendørsanlegget er posene overlegent med hensyn til kontroll av vannkvalitet. Imidlertid vil fôrtapet være større i et intensivt anlegg. Utvikling av fôringsstrategier (f.eks. kontinuerlig fôring gjennom deler av døgnet) kan redusere fôrtapet, og det vil ellers være en fordel å få vasket ut gammelt fôr (anriket *Artemia*).

Figur 3 Produksjonslinjer for kveiteyngel.

Outline of main production lines for halibut fry.

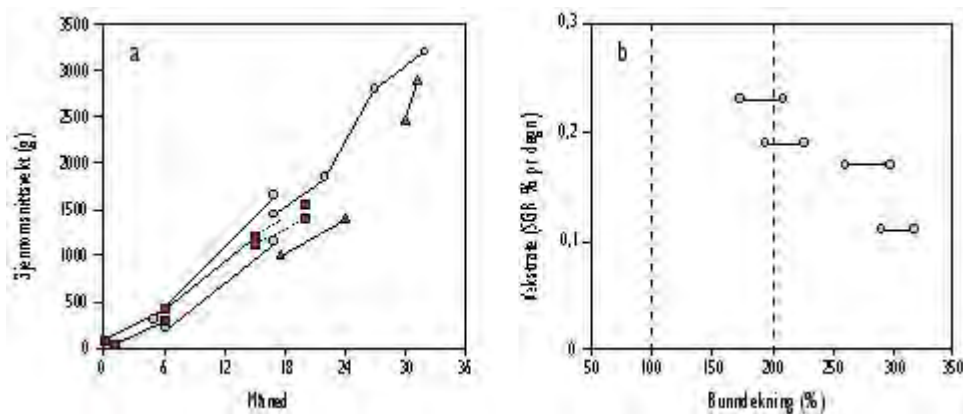
Figuren er ikke tilgjengelig

I intensive karsystemer brukes også alger til å lage grønt vann (figur 3), og ved høy vanngjennomstrømning vil algeproduksjonen måtte være svært stor. Erfaringer viser at kveitelarvene klarer seg uten alger etter to uker, og alger kan derfor begrenses til den første perioden i startfôringen hvor vannutskiftingen er lav. Alger ser ut til å være nødvendig for å få et godt tilslag ved første næringsinntak. I intensive anlegg er det også mulig å enkelt kunne fjerne organisk materiale fra karene. Bruk av automatisk

karrensing vil begrense den organiske belastningen til et minimum og effektivt kunne fjerne potensielle smittekilder for patogener som f.eks. døde larver. Erfaringer med automatisk rensing i 2,5m kar ved Austevoll havbruksstasjon viser at det er mulig å produsere salgsklar yngel fra startfôringsklare larver i et og samme kar med svært liten arbeidsinnsats. Systemet for automatisk karrensing er beskrevet i ICES-rapporten: *A new cleaning system for rearing tanks in larval fish culture* (van der Meeren *et al.*, 1998, ICES CM 1998/L:13).

Yngelkvalitet har vist seg å være et problem ved den intensive produksjonsmetoden. Det er først og fremst yngelens pigmentering og øyevandring som ikke utvikler seg normalt. Siden *Artemia* i seg selv har en ugunstig sammensetning av essensielle næringssemner, er det nødvendig med anrikning (figur 3). Utvikling av gode anrikningsemulsjoner er for tiden et viktig forskningsområde. Det fokuseres spesielt på sammensetning av lipider i byttedyr som gis til larvene. Bruk av naturlig plankton (copepoder) viser at en betydelig del av problemene rundt yngelkvalitet er knyttet til fôr kvalitet og ernæring, selv om andre faktorer også kan ha betydning. Copepodene er marine fiskelarvers naturlige byttedyr i sjøen, og larvenes fordøyelse er evolusjonsmessig tilpasset disse organismene. Bruk av selv små mengder copepoder vil gi en betydelig forbedring av yngelkvaliteten. Dette forklarer at de semi-intensive anleggene som høster copepoder fra poller eller sjøen kan vise til god pigmentering i forhold til yngel drettet opp intensivt utelukkende på *Artemia*. Sammensetning av næringssemner i copepoder er i liten grad undersøkt. Kunnskap om variasjonen i biokjemisk innhold hos copepoder vil derfor være svært viktig for utvikling av anrikningsemulsjoner og formulerte fôr for kveitelarver og yngel. De to siste årene har vist et gjennombrudd i *Artemia*-basert helårlig intensiv produksjon av kveiteyngel hos Fiskey på Island. I tillegg til at dette ene anlegget produserer et stort antall yngel (ca 350.000 i 1999) er kvaliteten rimelig bra. Et viktig trekk ved denne produksjonen er at det benyttes en lokalt utviklet emulsjon for anrikning av *Artemia*.

Et tilsvarende intensivt anlegg i Skottland har også produsert betydelige mengder yngel de siste to årene. Som Fiskey på Island benytter dette anlegget intensiv oppdrettsteknologi med *Artemia* som hovedfôr. I tillegg dyrkes copepoder i store tanker på land som tilleggsfôr. Yngelkvaliteten er god, og produksjonen foregår hele året. Helårlig produksjon og intensiv oppdrettsteknologi ser altså ut til å være viktige faktorer for økt suksess. Antall intensive anlegg øker også i Norge, og den fremtidige yngelproduksjonen vil trolig i stor grad være basert på intensiv produksjon. Bruk av copepoder etter skotsk modell for å bedre yngelkvaliteten representerer en stor lokal ressurs. Pollene kan derfor også kunne spille en viktig rolle i fremtiden. Grunnet begrensninger i temperatur er poseproduksjon sterkt sesongavhengig, og det utnyttes kun en liten del av den naturlige planktonproduksjonen i poller. Ved intensivt yngeloppdrett kan det i Sør-Norge høstes copepoder fra pollene i perioden april til oktober. Som tilleggsfôr til intensive anlegg ligger her et betydelig potensial for bedring av yngelkvalitet. Man må imidlertid være oppmerksom på at copepoder kan være bærere av parasitter. Det er heller ikke kjent i hvilken grad slike byttedyr vil kunne overføre patogener til kveiteyngelen.



Figur 4 Vekst hos kveite i merd ved Austevoll havbruksstasjon. Måned 0 er her mai. a) Vekt av ulike grupper kveite utsatt i merd til forskjellige tidspunkt. b) Spesifikk vekstrate som funksjon av bunndekning (fiskens samledeareal dividert på bunnsflate) i merd. Område mellom stiplede linjer angir optimal dekningsgrad i henhold til islandske resultater. Se teksten for formel til beregning av fisketetthet ved 100 % bunndekning fra ulike fiskestørrelser. (Kilde: Tuene *et al.* 1999: *Sluttrapport "Kveite i merd"*, NFR prosj. nr. 115690/122)

Growth of halibut in netpens at IMR Austevoll Aquaculture Research Station. Month 0 refers to May. a) Weights of halibut groups transferred to netpens at different timepoints. b) Specific growth rate as a function of bottom coverage (total fish area/bottom area). The area between dotted lines indicate optimal stocking density according to Icelandic research reports.

Tilvenning (weaning)

Tilvenning til formulert fôr foregår både i kar og lengdestrømsrenner. Det er viktig med god vannutskifting for å fjerne fôroverskudd. Grunnet blant annet lav vannstand er lengdestrømsrenner godt egnet til dette og vil være nærmest selvrensende ved 80-100 % bunndekning. Lav vannstand kan også innføres i runde larvekar, slik at disse kan kjøres som en "lengdestrømsrenne". Med automatisk karrensing er ikke vannstanden så kritisk fordi fôroverskudd fjernes av rensearmen. Det er behov for utvikling av gode weaningfôr som yngelen umiddelbart vil akseptere. Weaning stadig tidligere i larvefasen (pelagisk stadium) vil kunne føre til nedkorting av perioden med levendefôr, og effektiv karrensing vil være en forutsetning for å lykkes med dette. Weaning i pelagisk stadium vil stille store krav til fôrets egenskaper og innhold for at larvene skal kunne nyttiggjøre seg fôret.

Matfisk

Produksjon av matfisk foregår etter to metoder: 1) oppdrett i merd og 2) i karanlegg på land. Oppdrett i kar på land krever store investeringer og er svært plasskrevende. Imidlertid gir denne metoden god kontroll med produksjonsprosessen med hensyn til vannkvalitet, fôring, vekst, og dødelighet. Kar på opp til 5 m diameter benyttes for liten kveite, mens stor kveite må ha større kar. Siden kveite er uten svømmeblære og har sterk bunntilknytning, regnes tetthet i kg pr. bunnareal. Også dekningsgrad (areal

av fisk dividert på bunnareal, gitt som prosent) har vært benyttet. Omregning mellom tetthet ved ulike størrelser av fisk og dekningsgrad kan gjøres med formelen: *Tetthet ved 100% dekning* = $18,4 * \text{individvekt}^{0,43}$ (beregnet fra data gitt i Björnsson, 1994: "Effects of stocking density on growth of halibut [*Hippoglossus hippoglossus*] reared in large circular tanks for three years". *Aquaculture* 123: 259-270). Bruk av hyllesystemer i karene har derfor økt utnyttelsesgraden fordi dette gir mer areal. I fremtidig oppdrett av kveite i landanlegg vil bruk av resirkulering være interessant. Resirkulering vil kunne gi stor grad av temperaturkontroll, slik at matfiskoppdrett kan foregå hele året ved temperaturer som er mest mulig optimal med hensyn til vekst. Oppdrett av kveite i merd er utviklet som et resultat av god yngeltilgang midt på 90-tallet. Tanken var at eksisterende lakseanlegg også skulle kunne brukes til kveite, slik at yngeloppdretterne kunne få avsetning for kveiteyngel uten store og usikre investeringer i landanlegg. Ved bruk av merder er det viktig at fisken har en flat bunn å ligge på. Det benyttes ulike typer løsninger til dette. Utgangspunktet er rammer i forskjellige typer materiale som enten 1) anvendes til å spenne opp bunnen i en vanlig merd fra innsiden eller utsiden, 2) brukes som en dobbelbunn for en vanlig merd, eller 3) er en del av selve merden der bunnen heves og senkes med pneumatikk (REFA-merden). Forskningen vedrørende utvikling av kveite i merd er i stor grad utført gjennom brukerstyrte prosjekter. En oppsummering av flere av disse prosjektene finnes i sluttrapporten *Kveite i Merd, NFR prosj. nr. 115690/122* (Tuene et al. 1999: <http://www4.imr.no/database/kveite/index.html>). Konklusjonene fra disse forsøkene viser at merdoppdrett av kveite matfisk er et alternativ til landbasert oppdrett. Håndtering av fisken i merdanlegg er mer tungvint enn i landanlegg, og reduksjon av håndtering oppnås blant annet ved utsetting av stor settefisk (>200 gram). Ved bruk av "varmt" vann (13-14°C) vil fisk av en slik størrelse kunne produseres i landanlegg på ca 7 måneder etter overføring av larvene til startfôring. Hannfisk vil kjønnsmodne tidligere enn hunnfisk og kan nå et snitt på ca 3 kg etter 24 måneder i merd ved utsetting i juni. Hunnfisken kan tas videre til ønsket størrelse og vil etter beste praksis i dag kunne passere 5 kg etter 36 mnd fra utsetting i merd (Engelsen 1998: *Matfiskoppdrett av kveite. En økonomisk betraktning. NFR-prosj. nr. 126351/122*). Vekstdata fra merdforsøkene i Austevoll er gitt i figur 4a. Fôrutnyttelsen hos kveite er god, og med kontroll av fôrspill kan fôrfaktoren komme ned mot hva som observeres for laks (biologisk fôrfaktor på under 1,0). Ulike faktorer vil kunne påvirke veksten hos kveite i merdoppdrett. God vekst ser blant annet ut til å være avhengig av god fôrutnyttelse, fisketetthet og at fisken er rolig med liten grad av svømming. Fôrutnyttelse har vært best med bruk av automatisk appetittfôring i forhold til fôring etter tabell. Fisketetthet bør ikke overstige 100% bunndekning (figur 4b). Faktorer som vil påvirke fiskens aktivitet vil blant annet være lys, temperatur, tilgjengelig bunnflate og bevegelser i merdanlegget. Bruk av kontinuerlig tilleggslys reduserer svømmeaktiviteten om natten. Datagrunnlaget er imidlertid utilstrekkelig for å vurdere om kontinuerlig tilleggslys vil utsette kjønnsmodning. Utsatt kjønnsmodning hos hannene vil være en viktig produksjonsfaktor for å bedre økonomien i oppdrett av matfisk kveite. Høy temperatur vil øke svømmeaktiviteten. Optimalt temperaturområde regnes for å være mellom 6 og 14 °C. Ved høy temperatur (ca 19 °C) er det noen ganger observert stor dødelighet i merdanlegg, særlig hos fisk som blir håndtert. Det er også observert solforbrenning hos fisk i merd, og dype merder med tildekking med skyggenot er derfor nødvendig. Valg av merdlokalisitet ser ut til å være viktig for oppdrett av kveite. Lokalisiteten velges slik at overflatetemperaturen varierer minst mulig utenfor det optimale området (åpne,

eksponerte lokaliter) med mulighet for å senke ned merdene. Lokaliteten bør imidlertid ikke være slik at anlegget settes i bevegelser på grunn av strøm og bølger. Den vesentlige delen av matfisk kveite er så langt produsert ved Stolt Sea Farm AS sitt landbaserte anlegg på Eggesbønes, men i 1999 har også andre produsenter bidratt til matfiskproduksjonen i stor grad. Til tross for den store 1994-årsklassen av produsert yngel, ble den forventede økning i produksjonen for 1999 (*Havbruksrapporten 1999*) ikke innfridd. Årsakene til dette er trolig at oppdrettere med utgangspunkt i de svake 1995- og 1996-årsklassene ønsker å fordele uttaket av 1994-årsklassen over flere år. Også tidlig kjønnsmodning blant hannfisk vil bidra til spredning av uttaket for denne årsklassen.

Marked

Salg av oppdrettskveite fra Norge kom i gang i 1993 men har foreløpig kun nådd beskjedne høyder med ca 275 tonn omsatt i 1998 (figur 5). Oppdrettskveita omsettes hovedsaklig fersk. Fordi omsetningen av oppdrettskveite er størst i perioden oktober til mars, er tallene for 1999 ennå ikke helt klare, men det vil trolig selges vel 400 tonn i 1999. Nesten 40 % av oppdrettskveita i 1998 ble solgt innenlands, mens eksport til Spania og England utgjorde hver ca 16-17 % av produksjonen. Mye av fisken til Spania har vært reeksportert til Storbritannia. Basert på yngelproduksjon og slaktevekt på 3,6 kg er prognosen for norsk matfiskproduksjon de neste årene økende, med et estimat på 1400 tonn i 2002. Først i 2002 er det stor sannsynlighet for at oppdrettskveite vil bidra med større volum enn villfanget kveite. Det knyttes stor usikkerhet til prognoser utover tre år, både fordi norsk yngelproduksjon er lav og ustabil, og fordi det importeres kveiteyngel for matfiskoppdrett i Norge. Oppdrettskveita konkurrerer med villkveite på markedet. Landing av atlantisk kveite skjer stort sett i perioden april til oktober. Totalfangsten av atlantisk kveite var ved begynnelsen av 90-tallet rundt 7500 tonn pr. år men har siden vist en synkende tendens. Vel 3700 tonn ble landet i 1996 (Kilde: FAO fiskeristatistikk, 1996). Mellom 50 og 60 % av fangsten ble tatt i østatlantiske farvann i perioden 1987 til 1991, men denne andelen har steget til ca 70 % midt på 90-tallet. Kveite landet i Norge fra norske båter på 90-tallet har vært relativt stabilt med et snitt på 672 tonn per år (figur 5). Villkveita selges stort sett frossen, men en økende andel omsettes nå fersk. Grunnet bedre tilgang på oppdrettskveite øker norsk eksport av fersk kveite, og den er størst i perioden oktober til mars (figur 6). I det siste har stillehavskveite (*Hippoglossus stenolepis*) blitt introdusert som ferskvare på det europeiske markedet. Arten tilsvarende den atlantiske kveita, og artene vil vanskelig kunne skilles i markedet. Frossen stillehavskveite har vært solgt i Europa en tid, men arten bringes nå også fersk med fly over Atlanterhavet. Det omsettes nå i størrelsesorden mellom 20000 og 30000 tonn årlig totalt (fersk og frossen) i Europa, USA og Canada tilsammen. Som for atlantisk kveite har fangsten av stillehavskveite gått jevnt nedover på 90-tallet, og i 1996 ble det landet 28800 tonn som er ca 65 % av fangsten i 1988 (Kilde: FAO fiskeristatistikk, 1996). Grunnet omlegging av fangstmønsteret i Canada og Alaska fra et kort og hektisk "Derby"-system til et nytt reguleringsregime med mer stabile fangster over tid, er landingene av denne arten nå jevnere i en lengre periode fra mars til oktober. Til tross for at importen har ført til økt volum av fersk villkveite på det europeiske markedet, har prisene på oppdrettskveite av tilsvarende størrelse ikke falt. Årsaken kan være at stillehavskveita virker stabiliserende på omsetningen av kveite, med økt etterspørsel som resultat. Dette vil i sin tur kunne føre til økt etterspørsel både på det

nordamerikanske og europeiske markedet i perioden fra oktober til mars når fersk villkveite ikke er tilgjengelig.

Figur 5 Salg av matfisk oppdrettskveite og landet fangst av villkveite i Norge. Tall for fangst 1998 og salg av oppdrettskveite 1999 er usikre. Estimer av oppdrettskveite for 2000-2002 er basert på yngelproduksjon og slaktevekt på 3,6 kg. Heltrukket linje er gjennomsnitt av landet villkveite 1993-1998, og område mellom stiplede linjer angir 95 % sannsynlighet for fremtidige årlige fangster gitt uendret fiskemønster og innsats. (Kilder: Fiskeridirektoratet, matfiskoppdrettere og Eksportutvalget for fisk)

Sales statistics of farmed halibut and landed halibut in Norway. Landings 1998 and farmed 1999 are estimates. Estimates of farmed halibut sales volume 2000-2002 are based on fry production and a mean slaughter weight of 3.5 kg. Solid line represent mean volume of landed halibut.

Prisene for kveite generelt vil være avhengig av mange faktorer. Kveita har en svært lang holdbarhet (opptil 20 dager på is), uten å tape kvalitet med hensyn til smak, lukt eller tekstur. Dette gjør den svært godt egnet til transport i fersk tilstand. Utskillelse av slim som bevarer fiskens kvalitet under transport, kan imidlertid være negativt estetisk sett når kveite omsettes som ferskvarer til vanlige forbrukere. Restaurantmarkedet, som er kjent med denne slimdannelsen, vil i liten grad reagere på dette. En del oppdrettskveite vil ha ulike defekter som pigmenteringsfeil eller manglende øyevandring. Andelen av fisk med slike defekter kan forventes å øke fordi utviklingen går mot at yngelproduksjonen i større grad overtas av intensive produsenter (figur 1). For piggvar gis det lavere pris for feilpigmentert oppdrettsfisk, og oppdrettere sorterer derfor ofte denne yngelen ut før salg til matfiskanlegg. En av de viktigste faktorene for prisen er kveitas størrelse. Ulike markeder ser ut til å foretrekke ulike størrelser. Mens nordlige deler av Europa har preferanse for stor fisk (> 5 kg) er de sydlige deler av Europa vant med fisk av mindre størrelse. Kiloprisen på oppdrettskveite har generelt vært best for fisk >5 kg, men hovedomsetningen har vært for fisk mellom 3 og 5 kg. Dette kan blant annet forklares med betydelig innslag av kjønnsmodne hanner i denne størrelsesgruppen. Prisene for slaktet og pakket kveite satt på bil klar til eksport (FOB pris Norge) har det siste året variert mellom 32 og 87 NOK (kilde: Eksportutvalget for fisk). I tillegg kommer transportkostnadene til de europeiske markedene. Fisk over 5 kg oppnår priser i øverste halvdel av denne skalaen og har vært omsatt for mellom 85 og 90 NOK hos kundene i Europa. Oppdrettskveite i størrelse 1-3 kg har i 1998 vært omsatt til lavere priser (opp til 1/3 av prisen for større fisk). Rund kilopris for levende kveite til oppdretter vil være i størrelsesorden 20-25 % lavere enn denne prisen.

Kompetanseformidling

I løpet av år 2000 vil oppslagsverket "*Kveite i oppdrett*" bli gitt ut (redaktør J.C. Holm, Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon). Oppslagsverket er ment å fungere som en håndbok i alle sider ved oppdrett av kveite, og bidragsytere til boken er både forskere og personer fra næringen.

Figur 6 Eksport av kveite fra Norge. a) Månedlig eksport av fersk kveite i 1998 og 1999. b) Årlig eksport av fersk og frossen kveite i perioden 1997-1999. Estimat for fersk kveite for oktober til desember 1999 er satt lik tilsvarende eksport i 1998. (Kilde: Eksportutvalget for fisk)

Norwegian halibut export. a) Monthly export of fresh halibut in 1998 and 1999. b) Annual export of fresh and frozen halibut 1997-1999. Estimates for October-December 1999 is assumed identical as in 1998.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Trivselsatferd hos kveite – viktig både for oppdretter og konsument

Jens Chr Holm og Anders Fernö

En rekke forbrukere stiller allerede i dag krav til at en oppdrettsfisk er blitt produsert på en måte som ikke har medført mistrivsel eller lidelse. Dette inngår i et slags utvidet kvalitetsbegrep for en rekke forbrukere, og en må regne med at denne tendensen bare vil øke i det europeiske markedet. Arbeidet som i dag foregår med å definere og siden forlange normalatferd hos akvatiske produksjonsdyr tilkjenner den samme utfordringen.

I tradisjonell husdyrproduksjon vil akselerert produksjonsrate og økt utbytte gi ulike dilemma både mht. kvalitet og etikk (burhøns, tvangsfôring og unormal levervekst hos and og gås, jurbetennelse som produksjonslidelse hos ku, avl av gris med flere ryggvirvler mv.). Akvatisk produksjon har neppe utviklet seg så langt, selv om en finner tegn på at lignende problemstillinger vil komme. Akvariefisk avles fram til former som må betraktes som handikappede (gullfisk og guppier). Misdannelser som oppstår som bieffekt av vaksinerings gir en avveining i forhold til sykdomsbeskyttelse. Slakting av oppdrettsfisk basert på karbondioksid gir utilfredsstillende lang tid før full anestesi inntreffer. (Det kan ta over 3 minutter hos regnbueaure). Generelt må en likevel kunne anta at fisk som mistrives vokser dårligere enn fisk som trives.

Optimalisering av kveiteoppdrett: fra mistrivsel til trivsel

Optimaliseringsarbeidet i fiskeoppdrett har med stor sannsynlighet økt fiskens trivsel for dermed å bedre livsutfoldelsen i form av overlevelse, tilvekst og reproduksjon. I et samarbeidsprosjekt mellom Havforskningsinstituttet og Universitetet i Bergen skal vi definere et sett med atferdsindikatorer som viser at kveita trives, og siden bruke denne kunnskapen for å hindre at fisken opplever tilstander hvor den mistrives. Etter hvert som yngelproduksjonen av kveite blir mer stabil og rasjonell, vil kravene til en kostnadseffektiv settefisk- (5-500 g) og matfiskproduksjon (100-10000 g) øke. Selv om optimaliserings-historien til dagens rasjonelle lakseproduksjon kan danne en nyttig rettesnor, vil det også være klare forskjeller.

Kveite er ikke laks

Laksen er en stimfisk på smoltstadiet, og stiming opprettholdes av oppdretter ved hjelp av høye tettheter slik at aggressiv atferd ikke blir lønnsom for det enkelte individ. Dette demonstreres tydelig dersom en setter en liten gruppe laks (f.eks. 5 stk.) i en stor merd, da vil revirhevding og fysisk aggresjon inntreffe umiddelbart. Dette illustrerer at laksen har en latent aggressiv atferd.

Laks har svømmeblære, noe kveita ikke har. I oppdrett av laks vil volum tilgjengelig per individ være et funksjonelt tetthetsmål, da laks kan holde seg svevende i vannmassen uten større energetisk innsats. Laksen «hviler» i vannsøylen. Kveita derimot «hviler» på bunnen, opphold i vannsøylen krever et høyere forbruk av energi, og bunnoverflate per individ vil være et biologisk fornuftig tetthetsmål.

Laksen foretar næringsvandring fra ferskvann ut i fullt sjøvann, for siden å formere seg stort sett i bare en gytetesong. Den er da avhengig av maksimal reproduktiv

suksess i første gytesesong. Noen hannlaks kan ha flere gytesesonger, mens hunnlaksen er i all vesentlig grad engangsgyter. Hunnkveita gyter mange ganger i løpet av livsløpet, den blir langt større og langt eldre enn en laks. Fiskens vekstmønster er preget av forberedelser og tilpasninger til reproduksjonen, noe som ofte utgjør et problem for oppdretteren. En oppdretter ønsker lav dødelighet, høy vekst og ikke innslag av kjønnsmodning i en vanlig produksjonsbesetning. Hos laks i oppdrett har en klart å beholde en ønsket atferd (smoltens stiming) fram til slakt.

Kan vi klare å gjøre tilsvarende hos kveite - har kveite i perioder atferd som er tjenlig i oppdrett? Hva slags atferd er det vi eventuelt leter etter? I en del sammenhenger ansees undertrykkelse av naturlig atferd som selve årsaken til mistrivsel. Det trenger nødvendigvis ikke være slik. Unnvikelsesatferd overfor rovdyr forekommer i mindre grad hos oppdrettsdyr, og det ville være en feiltolkning å påstå at dyr i oppdrett lider eller mistrives av den grunn.

Vekstpotensialet er ikke realisert i kveiteoppdrett

Tidligere oppfôring av villfanget og oppdrettet kveite i små grupper har dokumentert et vekstpotensial som det ikke har vært mulig å kopiere i større grupper. I 1987 vokste en gruppe på 28 villfangede kveite ved HI Austevoll havbruksstasjon fra 0,79 til 2,2 kg på 6 måneder. Dette tilsvarer en daglig vektøkning på 0,57% av kroppsvekten. En har ikke klart å oppnå tilsvarende vekstrater for sammenlignbare størrelser i større grupper. En daglig spesifikk vekstrate på 0,35% vil de fleste regne som kommersielt akseptabel, noe som ville ha gitt en snittstørrelse i underkant av 1,5 kg med samme utgangspunkt. Mange oppdrettere erfarer vekstrater som kanskje er så lave som 20 % av potensialet.

Kveite spiser kanskje mindre fordi den blir forstyrret

En rekke tidligere observasjoner tyder på at fôropptaket hos kveite er påvirket av sosiale forhold. Dersom det medfører riktighet, kan dette i seg selv forklare redusert tilvekst i større grupper. Grunnlaget for dette er tilstede, selv om såkalte linjære hierarkier er usannsynlige i større grupper. I store grupper av landlevende produksjonsdyr forventer en generelt at sosial rang og/eller konkurranse påvirker produktiviteten.

Kveitegrupper som er sultet reagerer nødvendigvis ikke når de blir tilbudt fôr. Dette er av enkelte betegnet som «stureatferd». Etter en stund kan fisken vise en helt annen atferd, eller stureatferden kan vedvare. Endring av oppdrettsbetingelsene vil kunne løse opp denne negative situasjonen (egne observasjoner). Enkeltfisks aktivitet kan undertrykke fôropptak hos en hel gruppe. Unormal svømmeatferd (f.eks. rask svømming i overflaten) ser ut til å skremme andre individer. Dette er først og fremst observert i mindre kargrupper, og en kan bedre situasjonen ved å fjerne slik fisk. Fisk som ligger på bunnen (tilsynelatende rolig) påvirker hverandre. Hos ciklidearten *Tilapia zillii* vil bare synet av en dominant artsfrende undertrykke fôropptaket hos mer underdanige individer, selv om fôret gis i overskudd. Ulike positurer forekommer hos kveite, og en kan heller ikke utelukke andre former for signalisering fisker i mellom. Mange av miljøbetingelsene i oppdrettssituasjonen er gitt, men det foreligger fortsatt muligheter for å forbedre flere. En organisme har en større eller mindre grad av fleksibilitet, men hvis en går utenfor bestemte grenser, får det store konsekvenser. Det er sannsynlig at forhold som optimaliserer oppdrettsfiskens trivsel for en stor del faller

sammen med forhold som på lang sikt gir den største økonomiske gevinsten for oppdretteren.

Noen begreper

Atferden til en organisme kan sees på som det observérbare endelige uttrykket av samtlige prosesser på ulike nivåer i organismen. Atferden er derfor en følsom indikator på ulike typer av belastninger og generell trivsel i oppdrett. Samtidig er fortolkningen av atferdsforandringer komplisert og krever en balansert tilnærming. Det er dessverre flere eksempler på at det er gitt forenklete svar på vanskelige atferdsproblemstillinger.

Trivselsatferd defineres av oss som den atferd et dyr viser når den befinner seg i et miljø som det ville ha - eller har - foretrukket i en valgsituasjon. Videre vil trivselsatferden ikke være tilstede når dyret mistrives. Vår oppfatning av grensen mellom trivsel og mistrivsel vil hele tiden være under endring ut fra forståelse og kunnskapsnivå.

Bruk av begrepet **lidelse** impliserer at dyret er bevisst at det lider, og er således en mental tilstand. Dette er det belegg for i relevant vitenskapelig litteratur, og det samsvarer også med vanlig norsk språkforståelse. **Mistrivsel** er nødvendigvis ikke en bevisst tilstand. Den ekstreme grad av mistrivsel og muligens lidelse forekommer når dyret føler smerte. Ingen biologiske målemetoder eller modeller er så langt i stand til å påvise bevissthet knyttet til smerte eller mistrivsel hos andre dyr enn mennesket. Dette impliserer ikke at lidelse er fraværende, men vi kan ikke kommunisere med dyrene slik at lidelse kan fastslås. Dette til tross for at norsk lovtekst nytter lidelse som begrep om mer enn smertebevissthet: «Det skal farast vel med dyr og takast omsyn til instinkt og naturleg trong hjå dyret så det ikkje kjem i fåre for å lida i utrengsmål» (§2 i Dyrevernloven av 20.12.94).

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Oppdrett av torsk - status yngelproduksjon og matfiskoppdrett

Håkon Otterå og Geir Lasse Taranger

Interessen for oppdrett av torsk har økt kraftig det siste året. På kort sikt vil det være tilgangen på yngel som er begrensende for utviklingen av torskeoppdrett i større skala. Norge har tradisjonelt vært ledende innen yngeloppdrett av torsk. Det er særlig ekstensive og semi-ekstensive oppdrettsmetoder (poll, basseng, poser) som har vært rådende i Norge. Dette har sammenheng med at det var med disse metodene en først greidde å produsere torskeyngel i større mengder i midten av 1980-årene.

Torsk, i likhet med annen marin fisk, er avhengig av levende fôr, plankton, den første tiden. I ekstensive systemer skjer dette ved pollen/posens egenproduksjon av plankton supplert med innfanget naturlig plankton, men i intensive systemer må man dyrke planktonet, noe som gjør produksjonen langt mer komplisert.

De største utfordringene innen fremtidens yngelproduksjon ligger i å oppskalere produksjonen til en industriell og lønnsom skala. Det er mye som tyder på at skal en greie dette, må en over på intensive produksjonsmetoder, etter mønster fra produksjon av andre arter som sea-bass, sea-bream m.fl. For disse artene foregår produksjon nærmest industrielt og med en relativt stabil produksjon av flere millioner yngel i året pr. anlegg. Dette er anlegg som krever store investeringer, de er dyre i drift og som krever en relativt stor produksjon for å være lønnsomme. Viktige forutsetninger for å lykkes med produksjonen er:

- helårig drift, det vil si en må ha tilgang på rogn året rundt
- stabil produksjon av levende fôr (rotatorier og *Artemia*) av god kvalitet
- god og stabil vannkvalitet
- kontroll med hygiene og sykdom
- egnede oppdrettsfasiliteter (kar, sorteringsutstyr etc.)

Mye av metodikken som er utviklet for yngelproduksjon av sea-bass og sea-bream, vil kunne overføres til torsk. Tilpasninger må imidlertid til, og dette vil kreve både tid og utviklingskostnader.

Det er en god del erfaringer i Norge med intensiv yngelproduksjon av torsk fra noen år tilbake. Resultatene i form av antall produserte yngel var dårlige, men metodisk fikk en lovende resultater. "Krakket" i torskeoppdrett på begynnelsen av 1990-tallet satte imidlertid en stopper for en videre utvikling. I mellomtiden har det blitt skapt en betydelig interesse for torskeoppdrett i utlandet. I Canada og Skottland har det blitt produsert flere titusen torskeyngel etter intensive metoder de siste årene, og det satses videre for å få i gang kommersielt torskeoppdrett i stor skala. Det er en økende forståelse også i Norge for at dette er et område som har et potensial, og allerede i år er det flere kommersielle firmaer som ønsker å starte opp med intensiv yngelproduksjon av torsk.

Selv om en i fremtiden trolig vil produsere størsteparten av torskeyngelen med intensive metoder vil dette kreve en god del offentlig- og privat risikokapital, og det vil ta noen år før en kan regne med lønnsom produksjon. En vil derfor være avhengig av ekstensive- og semi-ekstensive metoder de nærmeste årene for å ha en rimelig sikker yngelproduksjon. Havforskningsinstituttet, Parisvatnet har vært den eneste

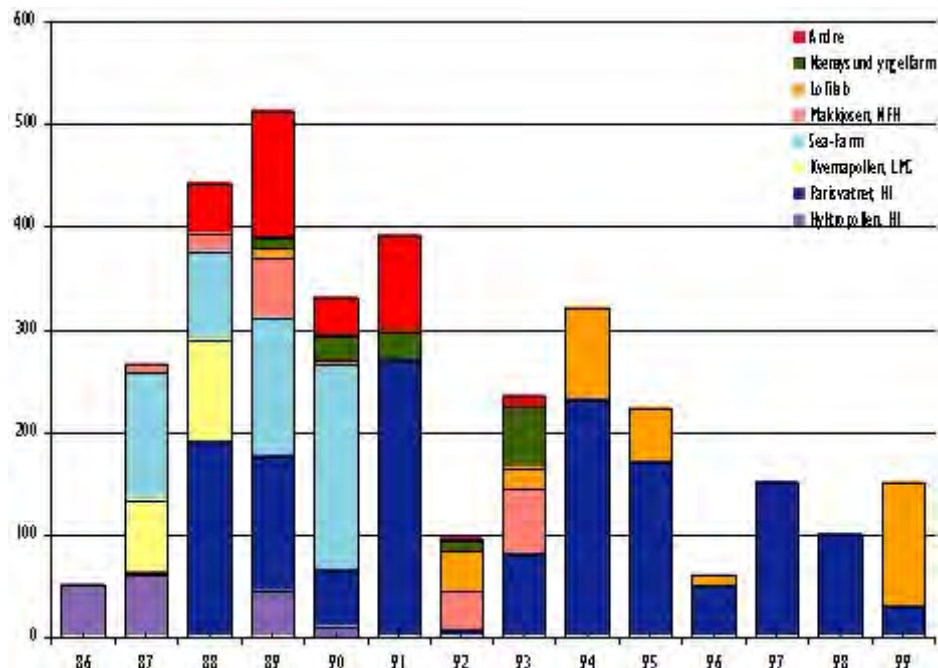
produsenten av torskeyngel de siste årene, men i 1999 startet Lofilab AS i Lofoten opp igjen produksjonen. Produksjonen der foregår i poser i en poll, og for 2000 har de et produksjonsmål på 600.000 yngel. Produksjonsmålet for Parisvatnet er satt til 300.000 yngel for år 2000.

Matfiskoppdrett

I den siste tiden har det vært en sterk økning i interessen for matfiskoppdrett av torsk. Dette har i stor grad sammenheng med de gode prisene som blir oppnådd på villfisk, og mulighetene for høye priser i flere år framover. Torsk er en relativt enkel art i matfiskoppdrett, og vil kunne vokse godt i de temperaturene en har langs store deler av kysten i Norge. En kan i stor grad bruke eksisterende lakseteknologi, bl.a. vanlige merder. Torsken viser rask vekst på kommersielt tørrfôr. Selv uten noe særlig optimalisering har en oppnådd en vekt på over 3 kg, 28 måneder etter klekking i merder med lysstyring ved Tveit

Oppdrett AS i Hordaland. En ser for seg at en skal kunne produsere torsk til samme pris som laks etter noen år med optimalisering, og ved å komme opp i samme størrelse på matfiskanleggene.

I dag ligger produksjonskostnadene på torsk rundt 18 kr pr. kg levende rund ved not. En ser for seg at disse kostnadene kan senkes en god del hvis en kan ta i bruk billigere fôr, f.eks. fôr basert på fiskeavskjær. Et forsøk utført ved Lofilab AS tyder på at en får bedre kvalitet på fisken ved å bruke mykfôr produsert med RUBIN-metoden sammenlignet med tørrfôr. I tillegg ga mykfôret lavere produksjonskostnader. En kan også tenke seg bruk av mykfôr produsert med mikrobølgeteknologi. Imidlertid er bruk av mykfôr mer krevende enn tørrfôr, bl.a. trenger en kjøle/frysemuligheter, en bør ha god tilgang på fiskeavskjær o.l., samt at mye av fôringsteknologien i dag er basert på tørrfôr. En videre optimalisering av tørrfôr for torsk vil derfor også være av stor interesse.



Antall (tusen)

Figur 1. Antall torskeyngel produsert i Norge fra 1986 til 1999.
Cod fry production in Norway 1986-1999.

Oppdrettstorsk hadde tidligere et noe dårlig rykte grunnet variabel kvalitet. I de siste årene har en imidlertid fått god tilbakemelding på kjøttkvaliteten av oppdrettstorsk. Det vil imidlertid være viktig å få bedre kunnskap om hvilken kvalitet markedet ønsker, og etablere kunnskap om hvordan en kan styre kvaliteten i ønsket retning. Det har så langt vært relativt lite sykdoms-problemer på torsken. Bakteriesykdommen vibriose har vært et av de største problemene, selv om det finnes vaksiner for torsk. Det ser derfor ut til å være et behov for å teste ut andre vaksineringsstrategier, for eksempel å gå over til stikkvaksinering. Det har også vært en del problemer med ektoparasitter, blant annet *Gyrodactilus*.

Et av de største problemene i matfiskoppdrett av torsk er tidlig kjønnsmodning. Under gode vekstforhold blir omtrent 100 % av fisken kjønnsmoden to år etter klekking, og da gjerne ved en størrelse på rundt 1,5 kg. Vanligvis fører kjønnsmodningen til en nedgang i vekt på mellom 25 og 35 %, og det tar relativt lang tid før den tar igjen det tapte veksten. I tillegg fører dette til dårlig fôrutnyttelse. Innledende forsøk ved Matre havbruksstasjon tydet på at en kunne utsette modningen med ett år ved å bruke kontinuerlig lys, slik at torsken kommer opp i en fornuftig slaktestørrelse før modningen starter. Lysstyringen gav også mye bedre vekst da en unngikk vekstreduksjon og vekttap som en normalt har i forbindelse med modningen. Bruk av kontinuerlig lys på merder har også vist seg å øke veksten og utsette modningen. I merder har modningen derimot bare blitt utsatt med 4-5 måneder, sannsynligvis på grunn av at det naturlige lyset er mye sterkere enn det tilleggslyset en har satt på. Forsøk som er utført på Austevoll havbruksstasjon i 1998-1999 tyder på at sterkere tilleggslys kan utsette modningen i de fleste individene med et helt år. Forsøket ble gjennomført i utendørs kar som fikk både naturlig lys og kontinuerlig tilleggslys med ulike lysintensiteter opp til 1600 lux. Det gjenstår imidlertid å se om en får like gode resultater i merd, og det bør også undersøkes om en kan utvikle mer effektive lyskilder som kan gi ønsket biologisk effekt med mindre strømforbruk.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, *FiskenHav*, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Stor interesse for oppdrett av torsk!

Prosjektleder Jørgen Borthen, Nettverket "Sats på torsk 1999-2002", Stiftelsen Norsk Sjømatsenter

I 1999 har det vært store problemer med å skaffe nok torskeyngel til videre oppdrett. Av nettverkets medlemmer er det bare fem anlegg som har fått kjøpe yngel, og dette tilsier at en må satse nasjonalt for en kraftig utbygging av yngelproduksjon (figur 2).

Nettverket arrangerte et internasjonalt møte i november 1999. Møtet viste at en sannsynlig strategi blir at yngelproduksjon foregår to-tre ganger per år, med forskjøvet gyting, og at yngelen tas opp i tre-fire gram før den flyttes til annet anlegg på land som tar den videre til utsettingsstørrelse 100-300 gram for utsett i merd i sjøanlegg. Det vil nok utvikle seg ulike modeller avhengig av årstidssyklus og geografisk plassering. En vet nå at optimal temperatur er over 14 grader helt i starten av yngelens liv, mens den vokser godt ved 10-12 grader senere i livet.

Av de nye prosjektene skal nevnes ett i Troms i samarbeid med FoU miljøet i Tromsø, som vil satse på en intensiv produksjonsstrategi for torskeyngel framover. Lave produksjons-kostnader betinger imidlertid en produksjon på flere millioner yngel per år i ett og samme anlegg. Derfor er strategien å legge opp en utviklingsplan som skal føre til en produksjon i størrelsesorden 10-20 mill. torskeyngel årlig. Oppskaleringen vil skje gradvis i årene framover med følgende produksjonsmålsetning: 50.000-100 000 yngel i 2000, 1 mill. yngel innen 2002 og 20 mill. yngel innen 2005.

Et nytt, liknende anlegg planlegges i Møre og Romsdal, med produksjonsmål på flere hundre-tusen i år og over en million neste år.

I Sogn og Fjordane planlegges også et intensivt anlegg i nærheten av Florø. Dette anlegget vil også starte opp i 2000, og har planlagt en gradvis økning av kapasitet. I Tunsbergpollen i Sogn og Norsk Sjømatsenter er ansvarlig for det nasjonale torskenettverket, som ble etablert våren 1999. Arbeidsoppgavene er enkelt og greit følgende: Få fart på utviklingen av torskeoppdrett i Norge, både med utgangspunkt i produsert yngel og innfanget villfisk.

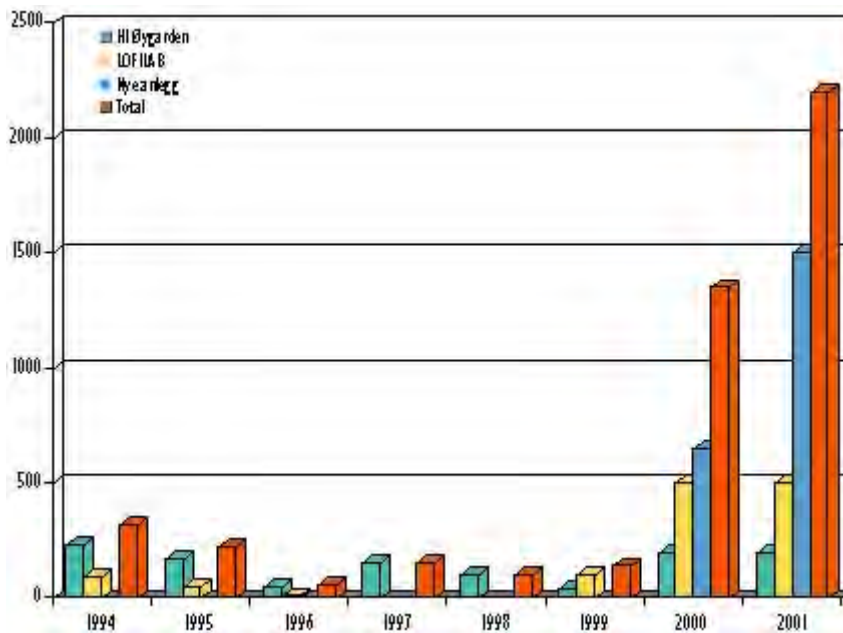
Det er helt naturlig at en vil se økende produksjon av oppdrettstorsk de neste årene, grunnet økt kunnskap og økte priser avspeilet av den negative utviklingen i bestanden av norsk-arktisk torsk. Allerede tidlig i 2000 er det tre eller fire nye torskeyngelanlegg som starter opp, i tillegg til de to som produserte i 1999.

Nettverket har som mål å oppnå et produksjonsmål på 1000 tonn årlig innen to år, og dette utgjør en tidobling i forhold til anslaget for 1999-produksjonen. En har nå systemer for yngelproduksjon i Europa som overført til torsk vil kunne gi titusener av tonn av ferdig torsk, med utgangspunkt i torskeyngel fra et enkelt yngelanlegg. Det er bare et tidsspørsmål før en i Norge kan videreutvikle slik teknologi utviklet for sea-bream også til torsk.

Samtidig blir det stadig klarere at marint oppdrett, særlig av yngel, er svært kunnskaps-krevende og med et bredt kunnskapsbehov. Dette stiller krav til sterk satsing på FoU, og mer spesialisert kunnskap i våre forskningsmiljøer. Nettverket har de fleste av våre større forskningssentre som medlemmer.

Det nasjonale nettverket "Sats på torsk 1999-2002" advarer imidlertid mot kortsiktig tenkning basert på lave kvoter for de neste årene. Det er viktig å planlegge for priser som kan være på et nivå som er noe lavere enn det vi har sett i 1999. Til dette trengs etter hvert kostnadseffektive systemer basert på produksjon og slaktning av store

kvanta.



Figur 2 Produksjon av torskelyngel de siste årene, samt nye produksjonsplaner i tusen yngel, inkludert de kjente utbyggingsplaner per januar 2000. Det er lagt inn ca 60 % av oppgitte produksjonsmål.

*Recent years production of cod fry, included planned development.
Numbers represent 60 % of estimated production.*

Tilskuddsproduktene i SND gjelder:

- Landsdekkende utviklingstilskudd (kun til myke investeringer i forbindelse med FoU-basert nyskaping)
- Distriktsutviklingstilskudd (til myke investeringer i DU-kommuner)
- Distriktsrettet investeringstilskudd (til «risikable» fysiske investeringer, maks 20 % i Hordaland)

Andre momenter

- Sum lån og tilskudd skal normalt ikke overstige 50 % av prosjektets kapitalbehov.
- Tilskudd til anvendt FoU skal ikke overstige 35 % av godkjente interne og eksterne kostnader
- Tilskudd til kompetanseheving etc. skal ikke overstige 50 % av godkjente eksterne kostnader
- Risikolån kan gis som pantelån eller gjeldsbrevslån (usikret).

Fjordane planlegges det også yngelproduksjon, i en poll som tidligere har vært brukt til torskproduksjon. Videre planlegges det et intensivt anlegg for marin yngel (inklusive torsk) knyttet til Kollsnesutbyggingen utenfor Bergen. Dette anlegget vil ikke komme i produksjon før neste år.

Hva er det offentliges rolle i finansieringen av anlegg/utstyr/metodeutvikling?

Staten har SND som viktigste virkemiddelapparat for anleggsfinansiering. Aktuelle låneprodukter omfatter landsdekkende risikolån (inklusive landsdekkende FoU-lån med ettergivelsesadgang) samt distriktsrettet risikolån i kommuner med DU-status (f.eks. i Hordaland gjelder dette Etne, Ølen, Kvinnherad, Indre Hardanger, Voss, Fedje, Masfjorden og Modalen). Lavrisikolån er lettere å få, men er kun aktuelt med god pant.

SND har også en rekke spesialvirkemidler og programmer (IFU/OFU, FORNY, FRAM etc.).

(Kilde: Rolf Sørland, SND Hordaland, observatør i styringsgruppe torsk).

Gjør gjerne tilskuddene betinget!

Som mange søkere har erfart, er det ikke alltid lett å vinne fram med søknader på risikofelt som særlig yngelproduksjon vil være. Delvis er grunnen stor risiko, delvis skyldes det for små rammer. Diskusjoner med enkeltmedlemmer i nettverket har gitt innspill på å bruke betingete tilskudd, dvs. at det skal tilbakebetales helt eller delvis ved suksess. Dette vil være lettere å håndtere overfor subsidieanklager i markedet, og vil også gjøre at SND-midlene kan få en mer effektiv og bredere anvendelse. Tilskuddene kan da også øke i beløp, da tilbakebetalte tilskudd kan "resirkuleres". Samfunnsøkonomisk oppnår en da en god gevinst.

Hva med lønnsomheten?

De oppdretterne som har solgt torsk de siste måneder, har vært fornøyd med 20 kr per kg for levendevekt fisk, hentet ved merd. Dette er en pris som gir opp mot 90 kr for skivet torsk av topp kvalitet til konsument. Det norske, høytbetalende torskemarkedet er imidlertid begrenset, og en må nok planlegge ut fra at torsk skal eksporteres både fersk og bearbeidet. Dette arbeidet er langsiktig, og nettverket har satt i gang prosjekter som skal analysere den beste markedsstrategi i oppstartfasen til en kommende

stornæring. Det er svært avgjørende å finne strategier som kan fungere i et samspill med villfisken, og at en sammen kan utvikle totalmarkedet både i forhold til produkter, geografi og sesong. Oppdrett vil ha store fordeler med helårig tilgang til forutbestemte kvanta, og vil tilby kvalitet tilpasset det kresne levendefiskmarkedet. Fisk fra oppdrett vil være tilnærmet kveisfri, noe som er viktig for en del områder i landet.

Samtidig er det klart at kostnadene vil synke mye når produksjonen øker. Per i dag er det, bortsett fra skala, i prinsippet et nokså likt kostnadsmonster i forhold til laks, en har imidlertid saktere vekst, men sparer kostnader til innfarging som laksen er avhengig av. Fôret er i dag noe dyrere, men også dette er et spørsmål om kvanta og videreutvikling.

Dersom en vil satse en del fra både offentlig og privat side på den avgjørende yngelproduksjonen, vil næringen utvikle seg raskt. Det satses nå stort i Skottland og Canada, og vi må passe på å være på høyde eller helst bedre enn konkurrentene. Per i dag har vi en del å ta igjen når det gjelder intensiv torskelyngelproduksjon, der en produserer plankton selv og kontrollerer de fleste ytre faktorer. Nettverkets oppgave

er å fungere som en brobygger for kunnskap, en stimulator for investorer og et billig instrument for samfunnets satsing på denne viktige marine oppdrettsarten, en art som markedet kjenner fra før.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Effekter av temperatur på reproduksjonsutviklingen hos gråsteinbit

Helge Tveiten og Helge K. Johnsen

Gråsteinbit (*Anarhichas lupus*) og flekksteinbit (*Anarhichas minor*) er to av våre marine arter som har fått stor kommersiell interesse, både innen fiskeriene og innen oppdrett. De senere år er det opparbeidet betydelig innsikt m.h.t. generelle trekk i steinbitenes biologi både fra felt og lab. Gråsteinbit, og trolig også flekksteinbit, synes å ha relativt komplisert gyteadferd med pardannelse som starter flere måneder i forveien, og som kulminerer med parring og indre befruktning av eggene. Etter gyting, hvor eggene legges i en sammenklistret ball, voktes eggene av hannen fram til klekking.

Mens de generelle trekkene ved steinbitenes reproduksjonsbiologi synes å være godt dokumentert, er det lite som er kjent når det gjelder fysiologisk (hormonell) regulering av gonadeutviklingen, og hvordan viktige miljøfaktorer som lys og temperatur påvirker denne utviklingen. Temperatur kan i denne sammenheng ha avgjørende betydning fordi steinbitene er typiske stenoterme kaldtvannsarter som oppholder seg ved relative stabile temperaturer. Formålet med prosjektet har derfor vært å belyse effekter av temperatur på reproduksjonsutviklingen hos steinbit. Viktige mål har vært å undersøke hvorvidt økt vanntemperatur 1) påvirker og eventuelt hemmer gonadeutviklingen, og 2) reduserer kvaliteten på egg/sperm ved gyting. Datamaterialet er framskaffet gjennom to omfattende forsøk (to årssykluser) hvor tre grupper av steinbit ble gitt en temperaturbehandling (4, 8 eller 12 °C) enten i gonadenes vekstfase (vitellogenese/spermatogenese) eller i gonadenes sluttmodningsfase.

Effekter av temperaturbehandling i gonadenes vekstfase (vitellogenese/spermatogenese)

Økt temperatur i gonadenes vekstfase (mai-september) førte til en klar utsettelse av tidspunktet for ovulering hos hunnfisken. I forhold til kontrollgruppen holdt ved 4 °C, ble det registrert en gjennomsnittlig utsettelse på 4 og 5 uker hos fisken holdt ved henholdsvis 8 og 12 °C. I tillegg var det tendenser til lavere fekunditet og redusert overlevelse av egg fram til øyerognstadiet hos hunnfisken holdt ved 12 °C. Best resultat med hensyn til eggstørrelse, fekunditet, og overlevelse av egg, ble imidlertid oppnådd hos fisken holdt ved 8 °C. Det ble ikke funnet klare effekter av temperatur på hannfisk.

Effekter av temperaturbehandling i gonadenes sluttmodningsfase

Manipulering med temperaturen i sluttmodningsfasen av gonadeutviklingen (oktober-desember) førte til en markert økning i frekvens av unormal celledeling og en markert reduksjon i overlevelse av egg. Når fisken ble holdt ved 4 °C i sluttmodningsfasen oppnådde vi i gjennomsnitt rundt 75 % overlevelse på eggene fram til øyerognstadiet, mens tilsvarende ved 8 og 12 °C var henholdsvis 50 og mindre enn 20 %. Dette viser at temperaturen helt klart påvirker sluttmodningen, og at en lav temperatur (rundt 4 °C) i denne fasen (oktober/november) er en forutsetning for at sluttmodningen skal

forløpe normalt. Det ble heller ikke i dette forsøket funnet klare effekter av temperatur på hannfisk.

Effekter av temperatur på plasmanivåer av steroider knyttet til sluttmodning/gyting. Analyser av steroider som produseres i forbindelse med sluttmodningen/gyting hos hunnsteinbit viser at temperaturmanipulering i den vitellogene fasen påvirker plasmanivåene av både frie og konjugerte progestiner. Resultatene viser at nivåene av sulfaterte progestiner (spesielt 5,-pregnane-3-,17,20,-triol 20-sulfat) er langt høyere hos fisken holdt ved 4 og 8°C, sammenlignet med gruppen holdt på 12 °C. Verdiene av progestin-konjugater som ble målt i våre forsøk er dessuten blant de høyeste som noensinne er registrert hos fisk. Den fysiologiske betydningen av slike progestin-konjugater er imidlertid ikke klart dokumentert hos marine fisk, men antas å være et omdanningsprodukt fra 17,20,-dihydroxy-4-pregnen-3-one (17,20,-P) som på sin side antas å være det primære hormonet for indusering av sluttmodning hos en rekke arter fisk, deriblant laksefisk. Våre resultater viser at også nivået av 17,20,-P, som forøvrig var lavt i alle grupper, var redusert i gruppen som var holdt på 12 °C. Under alle omstendigheter er det grunn til å anta at den temperatur-avhengige reduksjonen i progestiner hos hunnfisken holdt ved 12 °C i den vitellogene fasen reflekterer en forstyrrelse av sluttmodningen.

Effekter av temperatur på plasmanivåer av østradiol og testosteron

Analysene av østradiol og testosteron (forstadium for østradiol) viser at temperaturbehandlingen i gonadenes vekstfase hadde en klar effekt på begge steroidene. Hunnfisken som ble holdt ved 4 °C viste jevnt økende plasmanivå av begge steroider i perioden mai til oktober, etterfulgt av en rask nedgang i forkant av ovuleringen. Hunnfisken holdt ved 8 og 12 °C viste derimot kun en moderat økning i steroider helt fram til temperaturen ble redusert til 4 °C. Da det skjedde, steg nivåene av begge steroidene, for deretter å avta raskt rundt tidspunktet for ovulering. Resultatene viser at vitellogenese (som stimuleres av østradiol) var hemmet i 8 og 12 °C gruppene mens temperaturbehandlingen pågikk, og at denne blokkeringen førte til en tidsforskyvning av vitellogenese som tilsvarer omtrent forskjellene i ovuleringstidspunkt mellom gruppene. Forskjellene i ovuleringstidspunkt kan derfor trolig i hovedsak forklares ut ifra den temperatur-induserte forskyvningen i vitellogenese.

Våre forsøk viser helt klart at vanntemperaturen er en viktig faktor som må tas i betraktning ved hold av stamfisk for kunstig produksjon av steinbityngel. Resultatene antyder at temperaturen ikke bør overstige 8 °C i gonadenes vekstfase (mai-september i våre forsøk), mens den i sluttmodningsfasen (oktober og utover i våre forsøk) bør holdes rundt 4 °C.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Oppdrett av piggvar

Joachim Stoss, Stolt Sea Farm AS

Piggvar er en marin flatfisk med begrenset tilgang fra fangst (ca. 10 000 tonn årlig som bifangst). Fisken anses som delikatess og oppnår gode priser i de fleste europeiske land. Oppdrett av piggvar ble startet tidlig på 80 årene, men det har tatt mange år før både yngel- og matfiskproduksjon oppnådde tilfredstillende resultater.

Som en marin flatfisk er piggvarlarvene meget små (ca. 2-3 mm i lengde og 0,5 mg i vekt) og krever spesielle miljø- og ernæringsforhold til startfôring. Intensiv helårig klekkeridrift er i dag etablert og larvene fôres med dyrkede hjuldyr etterfulgt av Artemia. Overlevelse i startfôringen frem til yngel av salgsstørrelse (ca. 10 gram) er ofte ikke mer enn 10-20 %. Dette anses allikevel som akseptabelt, men gjenspeiler problemet med startfôring av marine larver generelt. Hovedårsak for lav overlevelse antas å ligge i mikrobielle forhold som vanskelig lar seg styre i både kulturer av næringsdyr og i startfôringskar. I Mellom- og Sør-Europa finnes i dag flere klekkerier som produserer yngel til salg, i Norge er kun ett piggvarklekkeri i drift. Yngelen omsettes i størrelser fra 3-30 gram, og med forskjellig vaksinasjonsstatus og forskjellig genetisk status. Avhengig av temperaturforhold og størrelse er yngelen da ca. 3-6 måneder gammel fra klekking.

Matfiskoppdrett av piggvar er i dag utelukkende knyttet til landbaserte karanlegg. Anleggets beliggenhet må ha et stabilt temperaturnivå for å sikre seg mot både for høy og for lav temperatur. Ideelt oppdrettes piggvar ved ca. 16 °C. I Nordvest Spania har havet en meget høy temperaturstabilitet og forholdene er meget bra for piggvaroppdrett. I Norge må det brukes oppvarming og det finnes i dag to anlegg som utnytter spillvarme fra prosessindustri. Begge anleggene har til sammen en produksjonskapasitet på ca. 250 – 300 tonn, mens oppdrett i Sør- Europa produserer vel 4000 tonn. Man regner med en økning med noen hundre tonn norsk piggvarproduksjon etter oppstart av et nytt spillvarmeanlegg på Tjeldbergodden.

I forhold til laks er vekst i piggvar heller moderat. Man oppnår ca. 2 kg snittvekt etter 24 måneder i oppdrett. Selv om fisken kan bli betydelig større enn 2 kg, så begrenser kjønnsmodningen videre oppdrett. Kjønnsmodning kan vare mellom 2-4 måneder, og fisken taper vekt og får dårlig kondisjon. Økt dødelighet, spesielt i hunnfisk, og redusert toleranse for høy temperatur, kan også bli problematisk. Ellers foregår produksjonen relativt arbeidsintensivt og et høyt investeringsbehov gir produksjonskostnader som ligger langt over det man oppnår med pelagisk fisk som laks.

Markedet for piggvar ser ut til å være stabilt, men lite. Det registreres også sesongvariasjoner og trender som kan føre til både økt og redusert etterspørsel. Erfaringen generelt er at produktet viser begrenset priselastisitet, det vil si at markedets absorpsjonsevne er svak.

Piggvar vil trolig forbli en art med begrensede oppdrettsmuligheter på grunn av spesielle krav til areal, temperatur og anleggsutforming så vel som moderat vekst og fiskens status som nisjeprodukt. Arten beherskes imidlertid som marin oppdrettsart, og teknologisk kunnskap er overførbart til andre marine arter. Fordi piggvarrogn og yngel er tilgjengelig over hele året, brukes arten mye som modellfisk i forskning.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet -
www.imr.no

Folke- og dyrehelse - utfordringer i forvaltningen av skjellnæringen

Stein Mortensen

Etter hvert som skjellnæringen utvikler seg, øker også behovet for forvaltnings- og støttetiltak. Havbruksforvaltningen i Norge er bygget opp for laksenæringen, men skal vi *forvalte* skjell, så må vi *tenke* skjell. Aktiviteten i Skjellprosjektet har ført til at næring og forvaltning har sittet rundt samme bord, - mye oftere enn de ellers ville ha gjort. Vi er nå inne i en fase hvor det arbeides med en rekke skjellrelaterte problemstillinger innen forvaltningen. Spørsmålene er hvor raskt, og i hvilken grad det finnes ressurser til å få generert ny kunnskap som forvaltningsapparatet trenger i prosessen.

Problemene med giftproduserende alger er i skuddet som aldri før. Dette feltet er komplisert, for norskekysten er lang og variert, og overvåkning tilsvarende krevende. Den overvåkingen som gjøres av Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) er en viss veiledning for publikum, men ikke særlig nyttig for skjellnæringen. Overvåkingen av skjelldyrkingsområder som er etablert i regi av Fiskeridirektoratet vil gi mye nyttig informasjon, og generere verdifull kunnskap om skjelldyrkingsområdenes særlige forhold, og egnethet. Fullt utbytte av de midlene som legges inn i overvåkningstiltak får vi først når SNT og Fiskeridirektoratets tiltak er fullt ut harmoniserte, inkluderer resultater av prøver som næringen tar av de enkelte skjellpartier, og informasjonen gjøres tilgjengelig både for publikum og næringen. Det sentrale for næringsutviklingen er at bedriftene får resultater som gir dem muligheter til å høste skjellene sine.

Gifttesting av skjell

I tillegg til en overordnet kontroll av kysten, må hvert enkelt skjellparti godkjennes før høsting. Testingen har vært et stridens eple i mange år. Musetestene som brukes er upresise, og relativt kostbare for skjelldyrkerne. For små anlegg spiser testutgiftene opp en betydelig del av fortjenesten. I mange EU-land betaler det offentlige for testing og overvåking. Dette gir norske skjelldyrkere en ulempe i konkurranse med utlandet.

Mikroskopering av algeprøver i tillegg til den tradisjonelle musetestingen, har forbedret testrutinene her i landet, men situasjonen er fremdeles ikke tilfredsstillende. Alle er i prinsippet enige i at vi trenger enkle, pålitelige, raske og billige analysemetoder for algegifter. Situasjonen er imidlertid mer komplisert enn menigmann er klar over. Det finnes kort sagt svært mange alger som produserer svært mange giftige forbindelser, og det finnes ingen vidundertest som fanger opp alle disse forbindelsene. Påstander som at "vi kan jo bare bruke en kjemisk test, slik de gjør i" er derfor feil.

Det kan stadig vekk dukke opp "nye" alger, som inneholder "nye" giftstoffer. Derfor må kunnskap om algesamfunnet kombineres med kunnskap om analysemetoder og giftstoffenes egenskaper. Fagmiljøene må til en hver tid være mest mulig faglig oppdatert for å kunne mestre situasjonen. Påstander om at "vi kan jo bare kjøpe analysetjenestene i utlandet" er derfor også feil.

Når det gjelder algegifter i skjell, har vi fremdeles et klart forskningsbehov, behov for de til en hver tid beste analysemetoder og behov for faglig og metodisk oppdatering. Samlet kan norske fagmiljø bygge seg opp og fungere meget sterkt, men oppbygging og "satsing" koster penger. Av de offentlige midlene som brukes på oppbygging av skjellnæringen, må de første millionene plasseres her. Algegiftproblematikken er skjellnæringens høyre akilleshæl.

Dyrehelses spørsmål

Sykdom kan bli næringens venstre akilleshæl. Sykdom i norske bestander kan raskt føre til at produksjonen blir ulønnsom. Hittil har vi ikke påvist alvorlige skjellsykdommer. Det er kun én grunn til det: Næringen har i mange år vært så liten at det ikke har vært importert skjellyngel. All erfaring fra utlandet tilsier at den største risikoen for sykdom er ved flytting av skjell mellom smittede og sykdomsfrie områder. Diagnostikk er ofte komplisert, tidkrevende, og ligger derfor i etterkant av næringsaktivitetene. Problemet er altså at sykdom ikke alltid er *påvist* når flyttingene skjer, selv om den sykdomsfremkallende organismen er til stede.

I tillegg til flytting av skjell representerer ballastvann fra skip en trussel. Ballastvannet inneholder ofte en rekke fremmede organismer når det tømmes ut. Vi har ikke vitenskapelige belegg for å slå fast at dette er et problem i forbindelse med skjell dyrking, men bør være observante. Det er mulig at det ikke bør etableres skjell dyrkingsanlegg nært opptil de områdene hvor vi vet at det tømmes mye ballastvann.

Undersøkelser av norske østers og kamskjell tyder på at disse har en svært god helsestatus. Skal vi opprettholde denne, er tre tiltak sentrale:

1: Vi må unngå enhver import av skjell til utsetting. Det viktig at skjellnæringen forstår viktigheten av dette, og praktiserer en selvjustis. Dessuten må myndighetene gjøre det de kan for å få etablert importforbud. Forholdet til EUs regelverk, i henhold til EØS-avtalen, kan imidlertid komme til å skape problemer. Det diskuteres nå hvordan vi best mulig kan verne om de norske østersbestandene.

2: Dele inn norskekysten i regioner, hvor hver region fungerer som en autonom enhet. Skulle det oppstå sykdom i en region, kan vi unngå spredning og i verste fall båndlegging av hele kysten. I dagens situasjon vil imidlertid regionalisering føre til problemer for deler av skjellnæringen,

3: Bygge opp forskning på, og diagnostikk av skjellsykdommer, ut over dagens nivå. Det må i tillegg etableres rutiner som muliggjør diagnostikk av alle

internasjonalt listeførte skjellsykdommer hos de skjellartene vi har i Norge. Det arbeides nå med en samarbeidsmodell som viderefører og utvider arbeidet med skjellsykdommer som de siste fem år har vært utført i samarbeid mellom Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet.

Lokalitetsvurderinger

Et viktig forhold i forvaltningssammenheng er områdenes faktiske "egnet" for skjell dyrking. Ordningen med prøvekonsesjoner har vist seg i mange tilfeller å være et glimrende tiltak. Prøvedyrking, undersøkelser av ville skjell og innsamling av historisk materiale kan belyse et områdes biologiske potensial.

Et annet forhold er så skjellenes kvalitet som mat i de aktuelle områdene. Skjell kan bli giftige etter å ha filtrert giftproduserende alger, de kan bli forurenset av sykdomsfremkallende bakterier, virus, tungmetaller og organiske forurensninger. Hvis det er stor belastning med disse elementene i et område, kan det neppe betegnes som "egnet", selv om skjellene vokser bra. I EU klassifiseres skjell dyrkingsområdene i fire klasser etter egnethet. Forholdene som er nevnt over, analyseres etter definerte metoder og en frekvens fastlagt i et eget direktiv for "kvaliteten på vann i skjell dyrkingsområder". Kun i såkalte A-områder kan skjell høstes direkte til konsum. Fiskeridirektoratet endrer nå de norske forskriftene slik at de skal harmonisere med EUs regelverk. Dette er viktig. Det vil bli et viktig konkurransefortrinn hvis vi kan stadfeste at norske skjell som eksporteres, *kun* kommer fra A-områder. I dag mangler vi imidlertid måledata fra de fleste områder. Disse må vi derfor opparbeide, i tråd med EUs normer.

Det neste spørsmålet er: hvilke virkemidler skal det offentlige bruke for å styre næringen inn i en produksjon som kun foregår i "egnede" områder? Skal for eksempel "egnet" brukes som kriterium ved konsesjonstildeling? Hvis det søkes om konsesjon i et område hvor man for eksempel *vet* at problemene med algegifter er store, eller at det forekommer kloakkforurensning, skal man kunne avslå søknaden på dette grunnlaget? Skal det således stilles næringsmiddelhygieniske krav ved konsesjonstildeling, på samme måte som ved høsting? . . . eller skal dyrkerne kunne produsere hvor de vil, men risikere at skjellene ikke kan brukes til konsum når de er høstklare? Her er det virkelig utfordrende å få til et koordinert og fornuftig regelverk og en hensiktsmessig forvaltningspraksis. Nøkkelordene er som vanlig: kunnskap, kommunikasjon og samarbeid mellom de ulike forvaltningsorgan og en klar strategi hos næringen.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, Fiskeridirektoratet, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - <http://www.imr.no/>



Kontakt oss
Havforskningssinstituttet
©2000

Stort kamskjell - Produksjon av yngel

Thorolf Magnesen

Scalpro AS driver Norges eneste klekkeri for produksjon av skjellyngel på Rong i Øygarden kommune. Produksjonsprosessen av 2 mm kamskjellyngel (postlarver) i klekkeriet omfatter dyrking av fôralger, kondisjonering av stamskjell, gyting og produksjon av egg og larver fra desember til august. Sjøen nær klekkeriet benyttes til utsetting av 2 mm yngel i perioden juni til august for vekst frem til 15 mm salgsstørrelse.

I 1999 fikk klekkeriet for første gang full uttelling av resultatene fra forsøk med kondisjonering av stamskjell i FoU-prosjekter støttet av Norges forskningsråd i perioden 1996-98. Det ble i 1999 foretatt gyting på totalt 393 stamskjell, som kun er 50 % av tidligere års antall. Resultatene viser at andelen skjell som gav egg var omkring 50 %, og totalt ble det produsert 2,4 milliarder egg, klekkeprosenter var 33 %. På lik linje med resultatene fra 1998 er produksjonen effektivisert i forhold til tidligere år. Antall stamskjell er lavere, andelen larver fra eggene er økt og antall 2 mm yngel økte 15 %. Den viktigste forbedringen i forhold til 1998 er at den høye klekkeprosenten er et resultat av 14 gytegrupper fordelt over hele sesongen, hvorav 13 grupper hadde over 23 % klekking, mens kun en gruppe hadde 16 %.

Utviklingen i produksjonen ved klekkeriet på Rong er vist i figur 1. I 1999 ble det produsert 15 millioner 2 mm yngel. Antall 15 mm yngel som ble solgt videre til dyrkere fra Scalpro AS var 1,8 millioner. Det ble høsten 1998 investert betydelig i nytt utstyr og ny teknologi for kontinuerlig produksjon av alger ved klekkeriet.

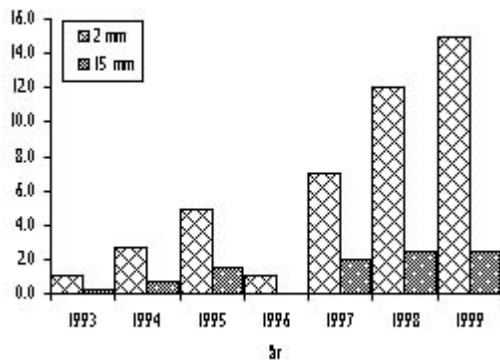
Ved klekkeriet på Rong vil overføring av 2 mm yngel til sjøen tidlig i sesongen gi lav overlevelse som følge av lave sjøtemperaturer, mens utsetting når temperaturen er over 7 °C har gitt gode resultater. Det er en fordel for dyrkerne å få yngel tidlig, og sommeren 1999 forsøkte vi å sette ut store grupper av 2 mm yngel fra 20. juni til 1. august. Resultatene viste høy overlevelse og god vekst for de første gruppene med yngel etter utsett i sjøen. Utsettet viste seg å falle sammen med settling av sjøstjerner, noe som resulterte i at disse gruppene ble spist opp av sjøstjerner. Antall sjøstjerner seinere i sesongen var betydelig lavere og utgjorde et mindre problem.

Videreutvikling av yngelproduksjonen på kort sikt

Den høye produksjonen av 2 mm yngel i klekkeriet og de positive resultatene med nye systemer for larver uten bruk av antibiotika, skaper et godt grunnlag for å oppskalere produksjonen av 15 mm yngel til dyrkere. Dersom potensialet skal kunne realiseres er det viktig å fortsette satsingen på landbaserte vekstanlegg for å bringe 2 mm yngel frem til salgsklar størrelse. Fordelen for klekkeriet er helårig levering av 2 mm yngel, mens fordelene for dyrkerne er tilgang på yngel tidlig i sesongen. Dermed unngår vi problemer knyttet til transport av yngel seint om høsten, produksjonstiden blir kortere, og kostnadene reduseres.

Et pilot vekstanlegg er etablert på Kårstø i Rogaland, et lite anlegg finnes hos Scalpro AS i Hordaland og er stort anlegg er etablert hos Tarovekst AS i Sør-Trøndelag. Deler av en nødvendig basisstruktur for tilgang av yngel i ulike regioner begynner å komme på plass, men for å etablere en kommersiell næring må yngelantallet som omsettes

økes betraktelig.



Antall (millioner)

Figur 1 Utvikling i produksjon av 2 og 15 mm yngel av stort kamskjell fra 1993 til 1999.

Succession in production of 2 and 15 mm fry from queen scallop during 1993-1999.

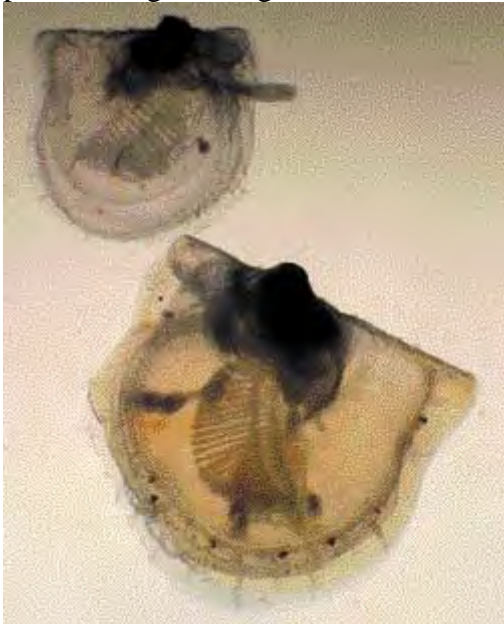
Det er vår oppfatning at før dette vil skje må kompetansen om den siste fasen i produksjonen mot konsumskjell bedres. Det arbeides med å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget, og det drives eksperimenter i ulik skala med skjell i kontrollerte systemer (kasser, rammer) og i telt. Det ble i 1999 satt igang et storskala utviklingsprosjekt med utsett av 5 cm store skjell i innhegninger (30 cm høye gjerder) på bunn eller med 7 cm skjell fritt på bunn i Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane fylke. Det er viktig å videreføre disse prosjektene for å bedre kunnskapen, redusere risikoen og for å fremskaffe realistiske kostnadsbilder. Redusert risiko i produksjonslinjen er en nødvendig forutsetning for storskala produksjon av kamskjell langs kysten.

Utvikling i produksjonen på lengre sikt

Vi har så langt kun utnyttet en del av produksjonen av 2 mm yngel til viderevekst. Kapasiteten i anleggene har ikke vært tilstrekkelig for ytterligere produksjon. Dette har sin årsak i at produksjonen av 2 mm yngel foregår over en lang tidsperiode (januar til august), og til nå har vi vært avhengige av naturlige sesonger i sjøen for viderevekst til 15 mm. Etableringen av vekstanlegget hos Tarovekst AS vil bedre denne situasjonen.

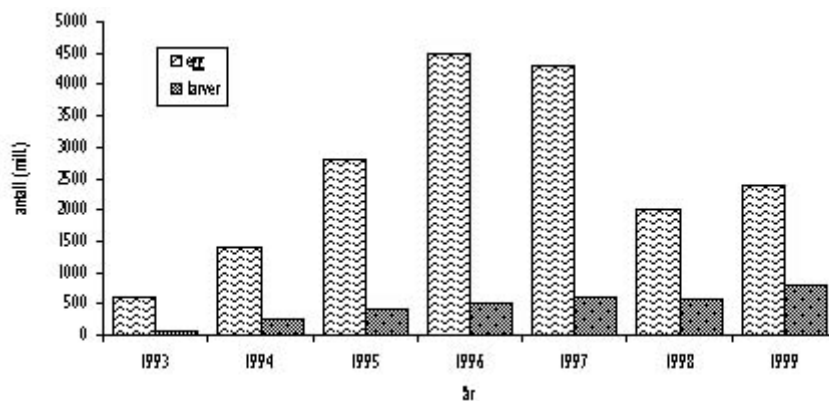
Klekkeriet har kapasitet til årlig å produsere 20 millioner 2 mm yngel. Potensialet til produksjonskjeden er illustrert i figur 2. Vi vet fra flere års erfaring at under gode forhold i sjøanlegg vil 75 % av 2 mm yngel nå 15 mm størrelse. Potensialet til en årsgruppe fra klekkeriet er derfor 15 millioner 15 mm yngel. Etter mellomkultur der vi normalt regner 75 % overlevelse skal vi ha 10 millioner 50 mm setteskjell tilgjengelig. Dette produksjonsvolumet har vi foreløpig ikke kapasitet eller store nok anlegg til å ta hånd om. En tilgang på 10 millioner setteskjell bør kunne gi 5 millioner konsumskjell. Omregning av kurvene for utvikling i antall skjell til biomasse viser en økning fra omkring 50 kg i klekkeriet til 1250 tonn med konsumskjell. Verdien i

produksjonslinjen viser en økning fra 3 mill. kr i klekkeri til 30 mill. kr etter sluttkulturen. Dette er verdier ut fra produsent, og må ikke sammenlignes med priser på Fisketorget i Bergen, der totalverdien ville vært 120 mill. kr.



Figur 3 Yngel med fot og øyeflekker. Skallbredden er 1 og 2 mm.
(Foto Per A. Jensen, HI)

Fry with foot and eyespots. Shellheights are 1 and 2 mm.



Figur 2. Potensiell og etablert produksjon fra en 20 mill 2 mm yngel.

Potential and established production from a 20 mill 2 med mer fry.

Ved salg av produktene benyttes det i dag enhetspriser som er valgt. Prisene representerer ikke kostnadene med produksjonen, men er basert på en ønsket og forventet oppfatning av prisnivå. Yngel (15 mm) selges til kr 0,50 pr stk og setteskjell (50 mm) omsettes ofte for kr 2,-. Enhetsprisene vil måtte reduseres for tilpasning til et europeisk marked. Prisen på yngel bør reduseres mot kr 0,30 og på setteskjell mot kr 1,- pr stk. Dette vil bidra til enhetspriser på konsumskjell på 4-5 kr pr stk (25 kr/kg).

Når disse målene er nådd, er det virkelig skapt et grunnlag for storskala produksjon og omsetning i et internasjonalt marked.



Figur 4 Svømmende larver med et ciliert velum (høste-apparat for fôrpartikler).
Foto Per A. Jensen, Havforskningsinstituttet

Swimming larave with a ciliated velum (filtering organ). Photo: Per A. Jensen

FoU - arbeidet med bakterieproblemer i larvefasen

Thorolf Magnesen

I samarbeid med Havforskningsinstituttet har vi arbeidet med en tredelt løsning for å finne metoder og utstyr for å løse bakterieproblemet:

1. Forsøk med andre typer antibiotika til erstatning for kloramfenikol.
2. Utvikling av probiotikakonsept.
3. Utvikle nye metoder og utstyr for å omgå problemet.

Ved klekkeriet er det også i 1999 gjennomført forsøk for å unngå bruk av antibiotika i larvefasen. Forsøkene er støttet av NUMARIO-programmet.

Dårligere overlevelse våren 1999

Forsøk våren 1999 har vist at ved bruk av kloramfenikol i larvefasen nådde 19 til 36 % av larvene frem til settling. Andelen var lavest etter gyting i april, da vi observerte store mengder partikler i vanninntaket og sterkt redusert larvevekst. Forsøk med ulike typer vannkvalitet (biofiltrert, skummet, UV) i systemer med gjennomstrømning i larvetankene, tilsetning av alge med antibakteriell effekt (*Tetraselmis* sp), økt grad av gjennomstrømning (100 til 200 % utskifting pr. døgn), og ulik frekvens vannskifte hos larvene (1 til 3 ganger per uke) gav ikke mer enn 0-17 % larver klare til settling. Det ble oppnådd bedre resultat ved sjelden siling av tankene med gjennomstrømning (1

mot 3 g/uke) og best resultat med vann fra biofilter (17 %). Kontroll med standardbetingelser uten antibiotika gav aldri larver til settling i disse forsøkene.

Bedre overlevelse høsten 1999

Forsøk gjennomført høsten 1999 har gitt 33 % larver til settling etter bruk av kloramfenikol, men en betydelig bedring i overlevelsen uten bruk av antibiotika. Forsøk med larver etter tre gytinger gav 22-44 % til settling i standardtank uten antibiotika, og 20-41 % til settling ved bruk av gjennomstrømning (100 % utskiftning per døgn) i larvetankene.

Problemet med de gode resultatene på Rong og ved Austevoll havbruksstasjon høsten 1999, er at det ikke var høy dødelighet i standardtanker uten antibiotika på dette tidspunktet. Dette betyr at vi foreløpig ikke kan si at de nye metodene og utstyret vil fungere godt i klekkeriet når vi har bakterieproblemet. Før de nye metodene og utstyret kan tas i bruk i produksjonen, er det nødvendig å bedre kunnskapen om betydning av tetthet av larver og fôr i tankene. Likeledes er det behov for å undersøke om de nye metodene kan fungere gjennom hele produksjonssesongen.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Gode resultater med gjennomstrømming for larver

Sissel Andersen

Utprøving av larvesystemer med gjennomstrømming er gjort hos HI, Austevoll havbruksstasjon i 1997 og 1999, og hos klekkeriet Scalpro as siden 1997. Ved HI ble arbeidet i 1997 utført i samarbeid med dr. Gavin Burnell, Cork, Irland, og Scalpro as har levert larver til to av tre forsøk.

Det mest lovende systemet som ble utprøvet ved Austevoll havbruksstasjon, var gjennomstrømming i store sylindriske tanker med kon bunn - siloer (foto), som er utviklet til produksjon av kveitelarver ved stasjonen og rommer 4700 liter. Siloene var svært lite arbeidskrevende, og for kamskjellarver som ble overført til siloer i juni 1997, i juni og i november 1999, har resultatet vært godt uten bruk av antibiotika. Det ble oppnådd utbytte av settlingsklare larver på 10-50 %. Imidlertid er det flere faktorer i disse nye systemene vi har liten kunnskap om, og som kan forbedre resultatene ytterligere. Dette gjelder særlig fôrbehov, effekt av lys og driftsrutiner.

Effekt av larvetetthet

Effekten av larvetetthet på larvevekst og utbytte av settlingsklare larver, det vil si larver med skallbredde $> 212 \mu\text{m}$, ble undersøkt i siloer. Ved start var tettheten av larver 9, 4 og 1 larver/ml. Hos Scalpro as er starttettheten oftest 8-10 larver/ml i 800 liters tanker. Forsøket ble utført i seks siloer, to tanker for hver tetthet. Forsøket startet med 120 millioner tre dager gamle larver som ble overført fra Scalpro as. Dyrkingstemperaturen var 15-16 °C, mot normalt 18 °C i klekkeri. Dietten var vanlig larvediett, som består av tre algearter. Fôrkonsentrasjonen ble justert etter tettheten av larver, og varierte mellom 25 og 5 celler/ μl i inntaksvannet til siloene. Foreløpige resultater viser at tettheten ved start påvirket utbyttet av settlingsklare larver og skallveksten. Den laveste tettheten av larver ga det høyeste relative utbyttet av settlingsklare larver målt som % av starttetthet (figur 2). Utbyttet var 46 og 40 % i to parallelle siloer. Det var ingen forskjell i utbyttet for de to høyeste tetthetene, som varierte mellom 11 og 21 %. Overlevelsen totalt var imidlertid på 60-95 %. Larveutbyttet i klekkeriet er gjennomsnittlig 19-36 % med tilførsel av antibiotika.



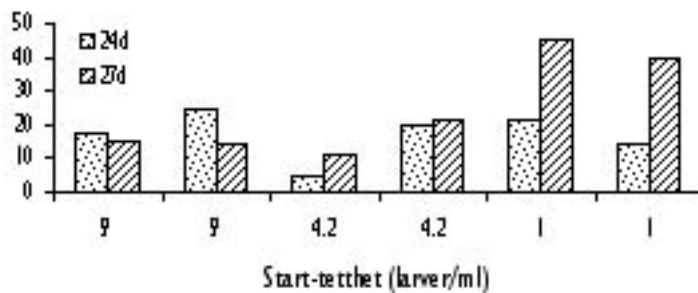
Figur 1 4 m høye siloer er nå benyttet til kamskjell med godt resultat.
(Foto Per A. Jensen, HI)

*Silos four meter in height are now succesfully utilized for fry
production of queen scallops*

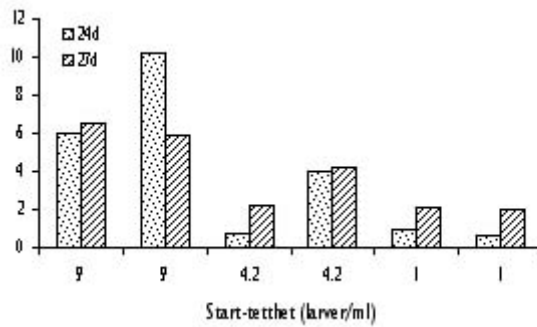
Faktisk utbytte (målt i larver/silo) beregnet på bakgrunn av tetthetsmålinger, var imidlertid høyest ved høyeste starttetthet: 7,4 og 10,2 millioner i to siloer (figur 2). Utbyttet for de to andre tetthetene var 1,9-4,2 millioner. Skallveksten var litt høyere ved laveste larvetetthet, men innholdet av organisk materiale i larvene var ikke høyere i denne gruppen.

Hvorvidt settlingsevnen blir påvirket av tettheten i siloene før settling, er ikke undersøkt. Men, forsøkene har vist at siloene kan brukes til produksjon av settlingsklare larver med godt resultat og liten arbeidsinnsats.

Silosystemet er nå benyttet tre ganger til kamskjellarver: juni 1997, juni 1999 og november 1999, og hver gang ble det oppnådd gode resultater uten bruk av antibiotika. Spørsmålet om hvordan settlingsklare larver skal videreføres til sett ling og viderevekst fra siloene, må imidlertid avklares før dette konseptet kan anbefales til næringen. Et internt prosjekt ved Austevoll havbruksstasjon igangsatt i desember 1999, er første forsøk på å besvare dette spørsmålet.



% av start-tetthet



millioner larver/tank

Figur 2 Utbyttet av settlingsklare larver ved tre ulike starttettheter 24 og 27 dager etter gyting, gitt som % av starttetthet (øverst) og som faktisk utbytte i millioner larver/silo (nederst).

Yield of larvae prior to settling at three different start-densities 24 and 27 days after shedding. Values are given as per cent of start-density (upper) and as actual yield in mill. larvae/silo (bottom)

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Bioteknologiske metoder gir bærekraftig yngelproduksjon av kamskjell

Øivind Bergh, Lise Torkildsen og Christophe Lambert

Foreløpig skjer all kommersiell produksjon av kamskjellyngel i Norge ved ett klekkeri, Scalpro AS på Rong i Øygarden utenfor Bergen. Larver og yngel føres med mikroalger, og tilstedeværelsen av sykdomsframkallende bakterier i algekulturene og i larvetankene forårsaker periodevis stor dødelighet. Akkurat som med kveite og torsk er det avgjørende å sikre en produksjon av skjellyngel som gir forutsigbare resultater og er fri for sykdom.

Scalpro og Havforskningsinstituttet arbeider nå med å utvikle metoder for deteksjon og kontroll med sykdomsframkallende bakterier i kamskjellyngeloppdrett. Deler av arbeidet skjer i samarbeid med franske forskere ved det franske havforskningsinstituttet IFREMER og Universitetet i Brest. Franske skjellfiskerorganisasjoner og skjellklekkerier, som lenge har slitt med tilsvarende problemer, er også trukket inn i helsearbeidet på skjell. Smitteveier for sykdomsframkallende mikroorganismer i skjellklekkerier blir kartlagt. Såkalte PCR-metoder gir anledning til å finne og gjenkjenne uhyre små mengder av de aktuelle sykdomsframkallende organismene. Slik metodikk er nå utviklet og vil bli tatt i bruk i kommersielle oppdrettsanlegg.

Vi leter også etter bakterier som egner seg til bruk som *probiotika*. Dette er bakterier som kan hindre framvekst av sykdomsframkallende bakterier. Ved å dyrke opp probiotika-bakterier og tilsette disse til skjellarvene er det mulig å undertrykke de sykdomsframkallende bakterier. Ved bruk av probiotika er det spesielt viktig å undersøke om probiotika-bakteriene kan ha noen som helst form for sykdomsframkallende egenskaper - det vil jo i så fall gjøre dem temmelig uegnet til formålet! Vi legger også stor vekt på å undersøke hvordan probiotika-bakteriene klarer å hindre vekst av andre bakterier. Noen skiller utvilsomt ut stoffer som dreper eller hemmer veksten til andre bakterier, mens andre rett og slett konkurrerer om næringsressurser.

Det er nå dokumentert at probiotika-bakterier tas opp i kamskjellyngel. Et opptaksforsøk med en probiotisk bakterie (*Vibrio* sp. 6-1) isolert fra kveiteyngel demonstrerte opptak av bakterien i 10 dager gamle kamskjellarver. (figur 1). Det har vært nødvendig å utvikle egne systemer for å teste sykdomsframkallende evne hos bakterier på kamskjellarver. Dødstidspunkt hos kamskjellarver er vanskelig å måle eksakt, og det har vist seg at det gir mer pålitelige resultater å måle larvenes bevegelse. Normale larver er bevegelige, mens døende larver gjerne blir mindre og mindre bevegelige. Resultatene fra et forsøk der et stort antall bakterieisolater er testet er vist i figur 2. En stor del (71 %) av isolatene ga økt antall ikke-bevegelige larver sammenliknet med kontrollene, mens 5 % av isolatene ga økt antall bevegelige larver i forhold til larvene.

Vi har funnet flere sykdomsframkallende bakterier som lever sammen med kamskjellarvene. Bakterien *Vibrio pectenicida*, som er årsak til kamskjelldødelighet ved franske klekkerier, har vi ikke kunnet påvise i Norge, og de "norske" bakterieisolatene ser ut til å være hittil ubeskrevet i litteraturen.



Figur 1 Immunhistokjemisk preparat av kamskjellarve fra opptaksforsøk med den probiotiske bakterien *Vibrio* sp. 6- 1. Positivt merkete bakterier vises med rød farge.

*Immunohistochemical preparation of scallop larva from intake experiments with the probiotic bacteria *Vibrio* sp. 6-1. Positively marked bacteria displays a red color.*



Figur 2 23 % av stammene gav ikke signifikant forskjellig resultat fra *V. pectenicida*

*23 % of the strains did not differ significantly from *V. pectenicida**

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Taskekrabbe, vår konkurrent om kamskjellene i bunnkultur

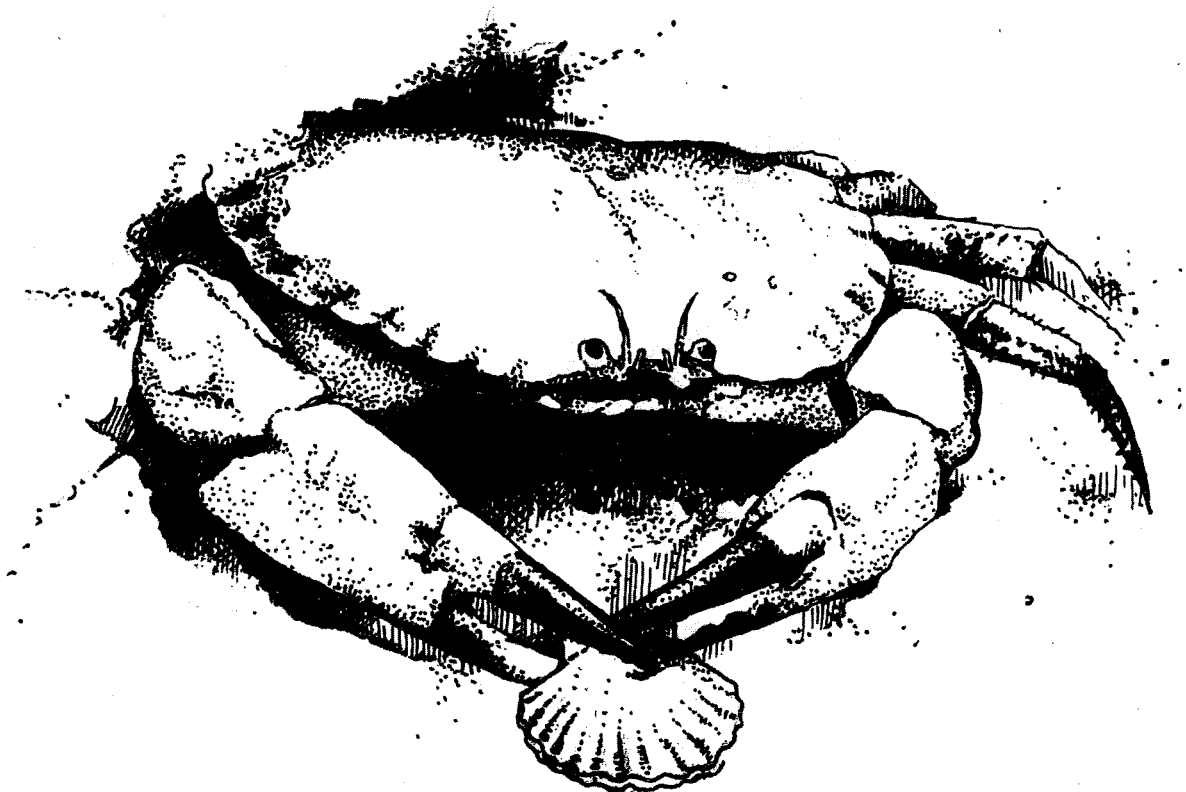
Øyvind Strand

Taskekrabbe (*Cancer pagurus*) er den viktigste fienden for kamskjell som skal settes ut på bunn for dyrking. Mulige strategier for å hindre at taskekrabber spiser opp kamskjellene, er å hindre krabben tilkomst til skjellene, for eksempel ved bruk av gjerder på bunn, eller å sette ut kamskjell som er så store (sterke) at krabben ikke klarer å trenge gjennom skallet.

I fjorårets Havbruksrapport fortalte vi at taskekrabbe heller vil spise våre dyrkede kamskjell enn kamskjell av samme størrelse og alder som vi kan samle fra naturlig bestand. I naturen vil svake dyr bli spist. For kamskjell vil dette i stor grad ramme skjell med svakt skall. Vi kan derfor forvente at kamskjell vi har samlet fra naturlige bestander, vil være individer med sterkt skall, skjell som har overlevd. I kultur blir skjellene skjet net for rovdyr, og individer med svakt skall overlever inntil de blir stilt overfor taskekrabber i våre forsøk, eller satt ut i

bunnkultur. Hvis dette skal kunne forklare forskjellen vi ser mellom ville og dyrkede kamskjell, må vi kunne forvente at en del av de dyrkede individene er like sterke som de ville. Dette ser så langt ikke ut til å være tilfelle for vårt forsøksmateriale, og vi ønsker derfor å undersøke om forskjeller i vekstmiljø og ernæring kan gi forskjeller i skallstyrke.

I 1999 har vi startet arbeidet med å klarlegge hvordan skallstyrke utvikler seg med alder og størrelse hos dyrkede og ville kamskjell. Dette for å øke vår kunnskap om vekstmiljøets betydning for utvikling av skallstyrke. Foreløpige resultater tyder på at yngel av kamskjell (15-30 mm) som er samlet inn fra naturlig påslag, ikke har sterkere skall enn dyrkede kamskjell av denne størrelsen. På grunnlag av de klare forskjeller vi ser hos ville og dyrkede kamskjell med størrelse 40-70 mm



(Havbruksrapporten 1999), styrker dette vår mistanke om at dyrkingsmiljøet i sjøfasen påvirker utvikling av skallstyrke hos kamskjell. Lav predasjonsrisiko for kamskjell som settes ut i bunnkultur, og kort produksjonstid i mellomkultur, er faktorer som er avgjørende for utvikling av en lønnsom kamskjell dyrking. På denne bakgrunn vil det være svært viktig å finne årsaken til forskjellene i skallstyrke mellom ville og kultiverte kamskjell, og dermed kunne legge grunnlag for å etablere metoder som gir sterke skjell.

I 1999 er det satt ut kamskjell i bunnkulturer på en rekke lokaliteter langs kysten. På Vestlandet gjennomføres det med støtte fra Landbruksbanken (!), flere større utsett på bunn bak gjerder. Os kamskjellproduksjon AS gjennomfører i samarbeid med Havforskningsinstituttet et prosjekt for å øke sikkerheten ved bruk av gjerder for produksjon av kamskjell på bunn. Her er det gjort forsøk for å redusere flere problemer ved bruk av gjerder: opphopning av sediment ved gjerdet (og dermed reduksjon av gjerdets effektive høyde), festing av gjerdet mot bunnen, og utformingen av gjerdet for å hindre

at drivtare legger seg opp til og bidrar til at krabber kan passere. Videre er det gjort innledende forsøk for å undersøke effekt av luktestoffer på taskekrabbens adferd i forhold til utsetting av kamskjell (føde) og økt sikkerhet ved eventuell bruk av gjerder.

I Trøndelag driver Norshell AS storskala-utsetting av villfangete kamskjell i bunnkultur, som i praksis er en kombinasjon av levende lagring av overmåls skjell (> 10 cm) og oppvekst av undermåls skjell. Selskapet planlegger nå utsettinger av dyrkede kamskjell i stor skala, det vil si utsetting av flere millioner skjell.

Det synes å være bred støtte i næringen og i fagmiljøet for at utsett i bunnkulturer er helt nødvendig for å komme videre i arbeidet med å utvikle kamskjellnæringen, og de sentrale aktørene har et meget godt fundament for å kunne gjennomføre aktiviteten. Forslaget om havbeitelov for blant annet skjell, vil kunne sikre forvaltningsmessige og juridiske sider ved en slik virksomhet. Samlet sett har Norge her en unik mulighet til å utvikle en ny havbruksart med et eksisterende marked som bare vil ha mer!

Østers

Eivind Bergtun, Bømlo Skjell as, Stein Mortensen og Øivind Strand

Som presentert i Havbruksrapporten tidligere år, er østersdyrkingen i Norge inne i en spennende utviklingsfase. Situasjonen er imidlertid fremdeles preget av at det finnes få produsenter, et begrenset hjemmemarked for skjellene, lite kapital og liten offentlig satsing på å få revitalisert næringen.

Det produseres to østersarter i Norge: flatøsters og stillehavsøsters. I dag er det tre produsenter som aktivt produserer flatøstersyngel: Nes as (Rekefjord, Rogaland), Bømlo Skjell as (Aga, Hordaland) og Scalpro as / Taro Vekst as med kombinasjonsdrift med Scalpros klekkeri i Øygarden, Hordaland, og Taros vekstanlegg i Roan, Trøndelag.

Bømlo skjell baserer produksjonen på en modernisert, halvintensiv pollproduksjon, og erfaringene fra siste sesong er gode for deler av produksjonen. For larveproduksjonen gjenstår det fremdeles en del før målene er nådd. Fra driften i Rekefjord er det såvidt vi vet gjort de samme erfaringer som ved Aga-pollen på Bømlo.

Scalpro as og Taro Vekst as benytter en intensiv driftsform. I løpet av 1998 produserte Scalpro as 500 000 stk 1 - 2 mm flatøstersyngel. Produksjonen i 1999-sesongen ble 6 millioner yngel. Mesteparten av dette er sendt til Taro Vekst as som tar skjellene frem til 15 mm yngel. En del er også eksportert til Frankrike. I tillegg til disse tre aktive produsentene, kan det muligvis høstes litt flatøstersyngel fra enkelte østerspoller som ikke er i aktiv drift.

I tillegg til flatøstersproduksjonen, produserer Sealife as i Espevikpollen på Tysnes yngel av stillehavsøsters, hovedsakelig til egen produksjon. Det var ingen yngelproduksjon i Espevik i 1999, men det planlegges yngelproduksjon våren 2000.

Produksjon av matskjell - status og utvikling

Den norske produksjonen av konsumskjell er i dag liten. Anslag fra dyrkerne viser imidlertid et stort potensial, og tro på vekst i produksjonen i løpet av de kommende årene. I dag er det imidlertid bare ett stort dyrkingsanlegg i Norge: Bjerga Østers as (Ryfylke, Rogaland), en datterbedrift av Norshell as. Bjerga Østers as har de førstkommende årene planer om å sette ut fire - fem millioner yngel årlig. Det er imidlertid mange som har konsesjoner på dyrking av østers, og har drevet eller driver småskalaproduksjon eller prøvedrift. De fleste ligger i Hordaland og Rogaland. Erfaringer fra tidligere - blant annet på 1980-tallet - viser at de beste lokalitetene for østers langs norskekysten ligger i midtre og ytre strøk, mellom Stavanger og Statt. Produksjonstiden for konsumøsters på minst 60 g er fire-fem år i Norge. Dette resulterer i et visst kapitalbehov. Et anlegg som eksempelvis skal produsere en million konsumøsters årlig, verdt litt over 4 millioner kroner, må ha fire - fem årsklasser i sjøen samtidig. Bare varelagerverdien på østersen vil for et slikt anlegg ligge på 7-9 millioner kroner. Det er få som kan våge en slik satsing, så lenge de ikke vet om de har et marked for skjellene. For å få til et nettverk, arbeider en gruppe skjelldyrkere i Sunnhordland i disse dager med å lage en forretningsplan for å vurdere en satsing på østers i denne regionen. Det arbeides også med planer for å finne egnede lokaliteter for østersanlegg i Trøndelag.

Forskning og utvikling

Som nevnt innledningsvis, er det de siste årene utviklet klekkeriproduksjon og videreutvikling av halvintensive produksjonsformer, i regi av bedriftene. Målet med de halvintensive driftsformene er å få en kostnadseffektiv og forutsigbar yngelproduksjon ved å nytte det beste fra tradisjonelle og intensive metoder (se fjorårets Havbruksrapport). Resultatene fra et forsknings- og utviklingsprosjekt hos Bømlo skjell/Havforskningsinstituttet er i korte trekk at av de seks driftsfasene driftsformen består av, går fire meget godt, mens overlevelsesprosenten i to av fasene fremdeles er for lav til kommersiell drift. De fasene som fungerer best, er kondisjonering av stamdyr, klekking (ca. 1 milliard larver er klekket i år), samt nedstrøms- og oppstrøms vekstanlegg (1 – 20 mm).

Næringens behov og visjoner

For å oppnå en bærekraftig østersnæring, er det ikke nok å forbedre produksjonsmetodene. Det er mange utfordringer foran oss. Flere av oppgavene som det må arbeides med, representerer områder som er felles for hele skjellnæringen, uavhengig av art:

- Kontroll og overvåkning av algegifter
- Planer og modeller for kystsonenebruk, inklusive eventuell regionalisering og egnethetsvurderinger av skjelldyrkingsområder
- Etablering av kvalitetskriterier og - standarder
- Markedsføring av norske skjell

I tillegg til disse punktene vil vi nevne fem spesielle prioriterte oppgaver, som vi anser for helt nødvendige å utføre de første årene:

1. Kartlegging av egnede lokaliteter for produksjon av setteskjell og konsumøsters
Norge er i utkanten av det naturlige utbredelsesområdet for europeisk flatøsters, og det er viktig at vi finner de beste lokalitetene med hensyn til vekst, dødelighet, osv. Miljøet på dyrkingslokaliteten er viktig for produksjonstiden, og vi ser kartlegging som det viktigste virkemiddelet for å finne en optimal dyrkingsform. Det er sannsynlig at det også ligger mye verdifull informasjon i historisk materiale som lokaliserer gamle dyrkings-lokaliteter.

2. Effektivisering av dyrkningsteknikker og –utstyr for produksjon av setteskjell og konsumøsters.

Produksjon av sette- eller konsumskjell består hovedsakelig av rengjøring og sortering. Vi har fremdeles ikke utviklet og/eller tilpasset dyrkningsteknikker og utstyr til våre farvann og vårt lønnsnivå.

3. Stabilisering og økning av yngelproduksjonen

Det er viktig å sikre kompetansen hos dagens yngelprodusenter, og få til en videreutvikling av anleggene som er bygget opp, blant annet gjennom myndighetenes tilskuddspolitik. Vi bør satse på det fortrinnet Norge har, med klekkerier, etablerte poller, og lokalisering av påvekstlokaliteter som nevnt under punkt 1, til å oppnå en kostnadseffektiv yngelproduksjon.

4. Gjennomføring av markedsundersøkelse for eksport av setteskjell.

På kontinentet er det parasittsykdommer på flatøstersen som fører til at den dør før den kan høstes. Ved å eksportere halv voksne østers fra Norge til kontinentet vil

østersen oppnå konsumstørrelse før den dør. Kanskje blir dette det viktigste markedet for norsk østersnæring?

5. Øke tilgangen på risikovillig kapital, og offentlige garantier for lån og driftskreditt.

Et generelt høyt kostnadsnivå og lang produksjonstid, gjør at østersdyrking krever mye kapital. Det er få dyrkere som våger å satse uten offentlig støtte før de er sikret omsetning av skjellene.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Kråkebolle – en nykomling med stort potensial

Atle Mortensen

Tradisjonelt har kråkeboller vær lite påaktet i Norge. De er ikke engang blitt benyttet som agn, og at de skulle duge som menneskemat har knapt noen tenkt på før de siste årene. Det er som skadedyr vi først er blitt oppmerksom på kråkebollene.

En sterkt økende bestand av kråkeboller har mange steder beitet ned tareskogen, og dermed skadet oppvekstområdet for blant annet fiskeyngel. Det er imidlertid gått opp for oss at kråkebolle også er en verdifull ressurs, da særlig japanere er villig til å betale en svært høy pris for rogn fra vår mest vanlige kråkebolle (drøbakkråkebolle, *Strongylo-centrotus droebachiensis*).

Mulighetene for oppdrett av kråkebolle

I 1995 ble det fangstet ialt ca 120.000 tonn kråkeboller på verdensbasis (Keesing and Hall, 1998). Størst var fangsten i Chile (ca 55.000 tonn), med USA og Japan på de neste plassene. Felles for alle områder hvor fangst av kråkeboller har foregått i noen år er overfiske og reduserte bestander. Chile har kunnet øke sin fangst over mange år ved at stadig nye fangstområder er blitt tatt i bruk. Denne muligheten er snart ute også for Chiles vedkommende.

Høy pris og reduksjon i de ville bestandene har aktualisert oppdrett av kråkeboller. Forsøk med kråkebolleoppdrett foregår i dag blant annet i Japan, Kina, Chile, USA og Canada, og noen land er også kommet i gang med kommersielt kråkebolleoppdrett, dog i liten skala. Også i Norge er det nå en gryende aktivitet når det gjelder kråkebolleoppdrett. Ved Høgskolen i Bodø har det i flere år vært drevet forsøk med yngelproduksjon av drøbakkråkebolle. Resultatene er positive, og det anses fullt mulig å produsere kråkeboller helt fra rogn. Produksjonstiden er beregnet tiltre-fire år fra klekking til optimal høstingsstørrelse (55-60 mm skall diameter) (Hagen, 1999).

Oppfôring av ville kråkeboller

Ved Fiskeriforskning i Tromsø har vi siden 1995 arbeidet med oppfôring av innsamlede kråkeboller. Fordelen med dette er at en da kan utnytte de store forekomstene av ville kråkeboller langs kysten, samtidig som produksjonstiden blir langt kortere enn ved oppdrett helt fra yngelstadiet. De ville kråkebollene i Norge har ofte for lavt rogninnhold for direkte eksport. Rogninnholdet (gonadeindeksen) i de ville kråkebollene er gjerne godt under 10 %, mens det bør være over 12 % for å oppnå lønnsomhet ved eksport. Ved oppfôring kan en lett oppnå et rogninnhold på 20 % i løpet av en to måneders fôringsperiode. Jan Raa komponerte det første kråkebollefôret, som blant annet inneholder store mengder fiskeskinn. Han utviklet også produksjonsmetoden for det nye fôret, som er slik at fôret får en gummiaktig konsistens og ikke går i oppløsning selv etter en uke i sjøvann (Raa, 1998). Fôret synes å være lett fordøyelig for kråkeboller, og det skal ikke mer enn tre kilo fôr for å produsere ett kilo rogn (Siikavoupio *et al.*, 1999).

En av utfordringene har vært å lage et fôr som gir riktig kvalitet på rogn med hensyn til farge, smak og konsistens. Nylig avsluttede forsøk har bekreftet at den ønskede fargen på rogn kan oppnås ved innblanding av pigment i fôret, slik det gjøres innen

lakseoppdrett. Konsistensen er heller ikke noe problem så lenge rognprosenten ikke overskrider 20 %. Rask gonadevekst har i noen tilfeller gitt en viss bittersmak på rogn. Denne lar seg imidlertid fjerne ved å sulte kråkebollene et par uker, og det er også håp om at problemet kan fjernes ved å justere førsammensetningen noe. Tilgang på kråkebolleføde er en viktig forutsetning for mange som ønsker å starte oppføring av kråkeboller. Ved at Miljøprosess AS i Båtsfjord har satt i gang produksjon av kråkebolleføde, basert på oppskriften fra Fiskeriforskning, er også denne brikken kommet på plass.

Kråkeboller kan trolig oppføres i både landbaserte og sjøbaserte systemer. En mulighet for sjøbasert oppdrett er å bruke fleretasjes bur som forankres til bunnen, men holdes svevende ved hjelp av blåser noen meter under vannflaten (figur 1). På denne måten blir burene i liten grad påvirket av bølger på overflaten. Selve tildelingen av føde har også voldt bekymringer. Men nå viser det seg at kråkebollene er godt i stand til å dele fødet jevnt mellom seg når de går i lag og blir tilbudt fødet i form av sukkerbitstore terninger. Selv ved tettheter opp mot 20 kg/m² var rognveksten like god som hos kråkeboller som ble fødet hver for seg. På grunn av det stabile fødet er det forøvrig ikke nødvendig å føde kråkebollene oftere enn en gang i uka (Siikavuopio *et al.*, 1999).

Innsamling av kråkeboller

Den vanligste måten å samle kråkeboller på er ved dykking. Mangel på kvalifiserte dykkere kan også bli en flaskehals når det gjelder denne metoden. Skraping er forsøkt, men egner seg dårlig på ujevn bunn, fjellgrunn og i tareskog, hvor de største kråkebollene vanligvis fins. Det er dessuten lett å skade kråkebollene ved skraping. Det er spesielt viktig å benytte skånsomme innsamlingsmetoder når en skal føde opp kråkebollene etterpå. Passive metoder i form av teiner og gliper er forsøkt i Japan, og også vi har gjort innledende forsøk, med lovende resultater.

Forvaltning

Nedgangen i kråkebollebestandene i de viktigste produsentlandene stiller Norge i en meget gunstig posisjon, da vi ennå ikke har begynt å utnytte denne ressursen på alvor. Faren for at vi skal havne i samme situasjon som Japan, USA, Canada og Chile er imidlertid stor hvis vi ikke allerede fra starten sørger for å forvalte denne ressursen på en fornuftig måte. Forskjellige tiltak, så som minstemål, begrenset dykkedyp og fredning enkelte dager, er satt i verk for å begrense opptaket i disse landene, uten at det har klart å hindre overfisket. Der forvaltningen kanskje fungerer best er i Nova Scotia, Canada, hvor hvert dykkerteam får disponere hvert sitt område, og kan legge opp egne høstingsstrategier uten konkurranse fra andre. Hos oss vil innsamling av kråkeboller i utgangspunktet være en allemannsrett. Det blir derfor en utfordring for forvaltningen å finne fram til ordninger som sikrer en bærekraftig utnyttelse av denne verdifulle ressursen.

Kråkebollenettverk

I Nord-Norge er det etablert nettverk for dem som driver med oppdrett av kveite, steinbit, torsk og skjell. På et nettverksmøte i regi av Landsdelsutvalget for Nord-Norge i november 1999 ble også grunnsteinen lagt for et eget kråkebollenettverk. Det ble valgt en styringsgruppe for nettverket, og fastslått at Fiskeriforskning skal fungere

som sekretariat for nettverket. Effektiv innsamling og spredning av informasjon og kunnskap er et av målene med dette nettverket. Et annet mål er at nettverket skal fungere som en kommunikasjonskanal mellom dem som driver med kråkebolle og de offentlige myndighetene. Vi tror at dette nettverket vil vise seg å bli et svært nyttig verktøy for alle som er interessert i oppdrett og oppfôring av kråkeboller.

Figur 1 Bur for oppfôring av kråkebolle i sjø. Foto: Frank Gregersen, Fiskeriforskning.

Cage for feeding of sea urchins in the sea.

Fotografiet er ikke tilgjengelig

Kilde: Karlsen, Ø. et al, Fiskerihav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Blåskjell som havbruksorganisme

Bjørn Bøhle og Einar Dahl

Ved inngangen til et nytt århundre er det fra mange hold uttrykt en stor optimisme og store vyer for vår gryende blåskjellnæring. Dette reflekteres i en formidabel søknadsmengde til Fiskeridirektoratets Regionsdirektører langs kysten om å få konsesjon til skjellproduksjon. Uten ønske om å virke bakstreverske og negative, vil vi kort trekke frem litt historie og erfaringer fra skjellnæringen i Norge, og følge opp hva vi mener er status med hensyn til muligheter og problemer.

For å ta konklusjonen først: "Vi har et meget stort potensial for produksjon av skjell langs vår kyst, men det er ikke og vil heller ikke i fremtiden bli en problemfri næring. Vi må tenke helhetlig og langsiktig om det skal bli en betydelig nasjonal skjellnæring. Veksten i næringen må foregå i balanse med en utvikling av markeds- og forvaltningsapparatet, og bygge på et faglig solid fundament som løpende må vedlikeholdes og oppdateres."

Tilbakeblikk, og dagens muligheter og flaskehalser

I Norge oppstod interessen for dyrking av blåskjell for alvor i 1960-årene da Havforskningsinstituttet tok det opp i sine undersøkelser som varte ut 1970-årene. Undersøkelsene bestod av registrering av naturlige forekomster, biologi, vekstforsøk og praktiske dyrkingsforsøk. Helt siden 1960-årene har Havforskningsinstituttet samarbeidet med Norges Veterinærhøgskole om undersøkelser av forekomst av algegifter i blåskjell.

I 1970- og 1980-årene fattet en del kommersielle firma interesse for dyrking av blåskjell. Viljen til investeringer var dessverre basert på en optimisme som ikke stod i forhold til de kunnskaper som forelå, og mange firma og enkeltpersoner tapte penger, og utviklingen stoppet opp. Viktige årsaker var dårlige vekstforhold, manglende tekniske løsninger og algegifter som hindret salg. Vesentlige hindringer var også for små kvanta, små fortjenestemarginer og ikke ferdige bearbejdede markeder.

I 1990-årene ble det en fornyet interesse for skjell dyrking i Norge, samtidig med at det ble arbeidet meget med algegiftproblemene. Det ble etablert en landsomfattende kontinuerlig informasjon om algegift i blåskjell. Det er nå startet dyrking av blåskjell i større anlegg ved Hvaler, Tvedestrand, i Lysefjorden, Sogne-fjorden og Trøndelag.

Produksjonen totalt i Norge har hittil bare vært 300-400 tonn per år, mens produksjonskapasiteten til de nevnte anleggene er mange ganger større (~5000 tonn). Store forretningskjeder med kapital og internasjonal erfaring deltar.

Det biologiske, miljømessige og ressursmessige *potensialet* for produksjon av blåskjell i norske farvann er meget stort. En rapport fra SINTEF (oktober 1999) antyder en årsproduksjon på 190.000 tonn i 2010 og 1.2 mill tonn i 2030 (!).

Mange faktorer er avgjørende for en slik utvikling. Foreløpig er det forekomst av giftige alger, innhold av algegifter i blåskjell og kontrollen av disse som er den mest aktuelle hindring for produksjon og omsetning av blåskjell. Øvrige faktorer er mangel på:

- kunnskap om biologisk bærekraft til fjordområder.
- kommuneplaner som avsetter egnede sjøarealer til blåskjell dyrking

- tekniske løsninger for innhøsting av blåskjell fra anleggene
- kartlegging av og bevisstgjøring om negative faktorer (begroing, beitere, suboptimale vekstbetingelser, manglende eller varierende yngelavsetning)
- tilgang til de internasjonale markeder (pris, kvalitet, kvanta, leveringsdyktighet)

Kunnskaper som vil være til nytte for en skjellnæring er :

- relasjon mellom forekomst av giftige alger og algegifter i blåskjell
- miljøfaktorer som bestemmer forekomst av giftige alger og variasjon i disses innhold av relevante gifter
- karakterisering av sjøområder og vanddyp som kan brukes til midlertidig lagring av ikke-giftige og salgbare blåskjell
- avgiftningsmuligheter
- beregninger og vurderinger av biologisk bæreevne til utvalgte fjorder og sjøområder, inkludert effekter av forsert oppstrømning av næringsrikt dypvann
- negative faktorer som påvekst av andre organismer, nedbeiting av f.eks. sjøstjerner og ærfugl, manglende og varierende yngelavsetning
- biologiske og miljømessige vurderinger av kystkommunenenes arealplanlegging i lys av potensialet for skjellproduksjon.

Forekomst av giftalger og gift i skjell i 1999

I regi av Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) har det de senere år vært gjennomført en overvåkning av forekomsten av algegifter i skjell for å kunne gi publikum råd om plukking og konsum av ville skjell langs kysten. Det dreier seg om et samarbeid mellom mange institusjoner. I 1999 deltok foruten Havforskningsinstituttet også Fiskeridirektoratet ved Regiondirektøren for Skagerrak, OCEANOR, NIVA, Norges Veterinærhøgskole og Næringsmiddelkontrollen i Midt-Rogaland i analysearbeidet. Næringsmiddelkontrollen i Trondheim stod for den daglige styringen av prosjektet, som i flere år har hatt avgjørende finansiell støtte fra SNT. I 1999 foregikk denne overvåkningen på 27 stasjoner fra svenskegrensen til Finnmark, fra slutten av mars til midt i oktober. Prøvene samles og videresendes av de deltagende, lokale næringsmiddelkontroller.

Overvåkningen og rådgivningen baserer seg på resultatene av ukentlige algeanalyser av vannprøver og håvtrekk, med vekt på forekomsten av potensielt giftige alger som kan opphopes i skjell. I tillegg utføres kontrollmålinger av giftinnhold i skjell ved bruk av såkalte musetester. To kjente grupper av algegifter opptrer langs kysten hvert år. Det er lammende (paralystiske) gifter og diarégifter. Skjellene får giftene i seg ved at de spiser alger tilhørende slektene *Alexandrium* og *Dinophysis*. Som grunnlag for varsling utfra algeanalysene er det etablert et sett av faregrenser. Etter en advarsel mot plukking og konsum av skjell fra et område på grunn av algesituasjonen, vil det ved bruk av musetesten etter en tid bli sjekket for algegift i skjellene. Dersom musetesten viser at det ikke er gift i skjellene, og algebildet viser at faren er over, vil advarselen normalt opphøre. Et problem for rådgivningen er at algene varierer i giftighet. Men av «føre var»-hensyn går man stort sett ut fra at algene alltid er giftige. Ofte er det derfor slik at selv om potensielt giftige alger har vært tilstede i et område i mengder over faregrensene, så finner man ikke algegift i skjellene.

En oppsummering av resultatene fra overvåkningen av algegifter i skjell i 1999, uke 11-43, er gitt i tabell 1, Kostholdsråd 1999. Det er en skjematisk sammenstilling av

alle rådene fra SNT i 1999, inkludert litt om grunnlaget for rådene, se forklaring under tabellen.

Stasjon 1-4: Østfold-Vestfold.

På strekningen opptrådte bare *Dinophysis* i mengder over faregrensen i 1999. De utførte gifttester på mus registrerte imidlertid ikke de typiske diarégifer i skjellene noen gang, men i uke 25 på stasjon 3, var det andre stoffer i skjellene som gav effekter på mus (symbol *D!*). Ut fra algeanalysene ble publikum advart mot å plukke og konsumere skjell fra denne kyststrekningen fra 0 (stasjon 2) til 14 (stasjon 3) av 32 uker.

Stasjon 5-7: Telemark, Aust- og Vest-Agder.

På disse stasjonene var i hovedsak forekomsten av *Alexandrium* årsak til varsler om giftfare fra mars til juni, og *Dinophysis* fra juni til oktober. Der ble påvist paralytisk gift (små mengder) i skjell på denne kyststrekningen i ukene 11, 12, 14 og 15 og diarégift i ukene 40 og 42. På stasjon 6 i uke 30 og 38 inneholdt skjellene også andre stoffer som gav effekter på mus. Ut fra algebildet ble publikum advart mot å plukke og konsumere skjell fra denne kyststrekningen fra 12 (stasjon 7) til 20 (stasjon 5) av 32 uker.

Stasjon 8-13: Rogaland og Hordaland.

På en eller flere av stasjonene forekom *Alexandrium* over faregrensen fra uke 11-28 og *Dinophysis* fra uke 14-38. Det ble ikke påvist paralytisk gift på overvåkningsstasjoner i disse fylkene, men noe diarégift på stasjon 9 i uke 29 og 36. I tillegg var det andre stoffer i skjellene som slo ut på musetesten på stasjon 8 i uke 27 og stasjon 9 i uke 32. Ut fra algebildet ble publikum advart mot å plukke og konsumere skjell fra stasjonene i Rogaland og Hordaland fra 5 (stasjon 8 og 13) til 21 (stasjon 9) av 32 uker.

Stasjon 14-17: Sogn- og Fjordane og Møre og Romsdal.

Her forekom *Alexandrium* over faregrensen på en eller flere av stasjonene fra uke 11-27, samt i uke 38 og 39 på stasjon 15. *Dinophysis* forekom over faregrenser i ukene 22-43. Det ble påvist paralytisk gift i skjell på stasjoner på denne kyststrekningen i ukene 12, 14, 15, 16, 18, 22 og 26 og diarégift i uke 23. I tillegg var det andre stoffer i skjellene som slo ut på musetesten på stasjon 14 i uke 28, 36 og 41 og på stasjon 16 i uke 30. Ut fra algebildet ble publikum advart mot å konsumere skjell fra stasjoner på denne kyststrekningen fra 5 (stasjon 17) til 32 (stasjon 14) av 32 uker.

Stasjon 18-21: Trøndelag.

Her var det ingen registreringer av *Alexandrium* over faregrensen i 1999. *Dinophysis* ble påvist over faregrensen på en eller flere stasjoner i ukene 25-29 og 39-41. Det ble ikke påvist hverken paralytisk gift eller diarégift i skjell fra stasjonene i Trøndelag, men ved tre anledninger var det andre stoffer i skjell som slo ut på musetesten. Det var på stasjon 20 i uke 30, 32 og 40. Ut fra algebildet ble publikum advart mot å konsumere skjell fra stasjoner på denne kyststrekningen fra 0 (stasjon 18) til 5 (stasjon 20) av 32 uker.

Stasjon 22-27: Nord-Norge.

På en eller flere av overvåkningsstasjonene var det mengder av *Alexandrium* over faregrensen i ukene 17-38 og av *Dinophysis* i ukene 25-29 og 28-40. Det ble påvist paralytisk gift på en eller flere stasjoner i Nord-Norge i ukene 19, 22, 24, 25, 29, 33 og 36 og diarégift i skjell fra stasjon 26 i ukene 35 og 38. Det siste er de nordligste registreringer vi har av diarégift i skjell her i landet. Ut fra algebildet og giftanalyser ble publikum advart mot å plukke og konsumere skjell fra denne kyststrekningen fra 0 (stasjon 25) til 16 (stasjon 27) av 32 uker.

I sum var giftproblemene i 1999 omtrent som normalt de senere år, bortsett fra relativt mange påvisninger av stoffer i skjell som gav effekter på mus uten å være de typiske diarégifter. Det kan ha vært såkalte yessotoksiner og/eller andre gifter. Vi må regne med at slike «nye» giftproblemer vil forekomme nokså jevnlig. For at dette ikke skal hindre en skjellnæring unødige trenger vi et godt fagmiljø. Et fagmiljø som både kan drive egen forskning og utvikling i samarbeid med og til støtte for skjellnæringen, og kommunisere med den internasjonale ekspertisen og derved kunne «importere» ny og nyttig kunnskap. I tabell 1, så er det også, for stasjon 5, en advarsel mot å plukke skjell på grunn av mye *Pseudo-nitzschia* (P-N) tilstede. Algeslekten *Pseudo-nitzschia* kan være kilde til gifter som gir hukommelsestap og såkalt ASP (Amnesic Shellfish Poisoning). Denne gifttypen er siden den første gang rammet Canada i 1987 funnet mange andre steder også. Skottland ble rammet både i 1997, 1998 og ikke minst i 1999. Vi må påregne å registrere denne giften langs vår kyst om ikke så lenge.

Noen mønstre, men betydelige kunnskapshull

Overvåkingen i 1999 bekrefter tidligere års erfaringer med at potensielt giftige alger finnes langs hele kysten. I og med registreringen av diarégift i skjell i Finnmark i 1999 (stasjon 26), har vi erfart at vi kan risikere opphopning av både paralytiske gifter og diarégifter i skjell langs hele norskekysten. Det positive er at giftproblemene ikke har rammet hele kysten samtidig, og at når de har oppstått, så har de oftest ikke vært langvarige. Men det kan være store forskjeller. Noen stasjoner har gjennom flere år hatt betydelige større problemer med algegifter enn andre. De 27 overvåkningsstasjonene representerer bare en brøkdel av kystarealene, så vi har ennå mye å lære om regionale og lokale forskjeller. I grove trekk synes faren for diarégift i skjell å være størst på kysten av Skagerrak og i fjordområder langs Vestlandet, men et bredere datagrunnlag vil gi oss en bedre innsikt i fremtiden. For forekomsten av paralytiske gifter i skjell langs kysten, er det grove mønsteret at de største konsentrasjonene har de senere årene vært langs Vestlandet, særlig lokalt i Møre- og Romsdal, og i Nord-Norge, ikke minst i Finnmark. I nord registreres algegiftene noe senere på året enn lengre sør.



En skjellnæring kan ha nytte av en betydelig mer detaljert kunnskap om variasjon i forekomst av algegifter i skjell, både i tid og rom. Det er ikke utenkelig at vi kan finne mønstre i variabiliteten, knyttet til hydrografiske faktorer som vannmasse-typer (saltholdighet), stabilitet, strømforhold og næringssaltforhold. Det vil også være nyttig å ta i bruk nye analysemetoder for algegifter, eksempelvis kjemiske metoder som spesifikt måler de «klassiske» paralytiske- og diarégiftene, og «domoic acid» (gir

Bioremediering ved bruk av blåskjell

Dag Oscar Oppen-Berntsen

Bioremediering kan defineres som all bruk av levende organismer eller bioteknologisk kunnskap (i ordets videste forstand) til å reetablere miljøkvaliteter eller økologisk balanse, som innenfor et avgrenset område er gått tapt eller på annen måte forringet, vanligvis på grunn av menneskelig aktivitet.

Bioremediering utføres vanligvis med utgangspunkt i biologisk kunnskap, som setter oss i stand til - ved hjelp av relativt enkle håndgrep - å legge vekstforholdene til rette for organismer som ut fra sine biologiske egenskaper kan håndtere (les fjerne eller nyttiggjøre seg) stoffer eller utslipp som kan representere et miljøproblem.

Bioremediering benytter seg med andre ord av biologiens egne prinsipper for å opprettholde eller gjenopprette ønskede miljøkvaliteter. Det ligger i kortene at bioremediering forutsetter grundige biologiske og økologiske kunnskaper om de organismene man søker å utnytte til et bioremedieringsformål.

Som spesielle eksempler på bioremediering kan nevnes bruk av blåskjell som filterorganisme for å høste marin primærproduksjon eller organisk materiale i avrenningsvann fra land. Dette er spesielt relevant for marine resipienter der tilførte næringssalter er med på å stimulere primærproduksjonen utover det normale, eller der tilførselen av organisk materiale forårsaker nedslamming av marine biotoper. Det tiltalende ved konseptet er at blåskjell er en filterspiser som fjerner både levende alger og dødt organisk materiale og bakterier fra vannmassene. Den levende algebiomassen som blir filtrert ut av vannmassene og spist av blåskjellene, representerer i dette tilfellet ikke ensidig fjerning av et næringssalt (fosfat), men en balansert fjerning av næringssalter (ammonium, fosfat, nitrat og silikat).

Generelt

I 1987 undertegnet Nordsjølandene en gjensidig deklarasjon som ut fra miljøhensyn skulle regulere næringssaltavrenningen til Nordsjøen. Det ble satt som mål å redusere avrenningen av næringssalter fra menneskelige aktiviteter med 50 %. I Norge har det i lengre tid pågått en diskusjon av faglig karakter som har belyst hydrografiske forhold relevante for Norges bidrag til avrenningen til Nordsjøen. Mye av rensinnsatsen er lagt inn på behandling av urban kloakk og avrenning fra menneskelig bebyggelse. I mellomtiden er de europeiske forskningsmiljøene kommet til det resultat at Nordsjødeklarasjonens målsetting ikke kan nås utelukkende ved rensing av urban kloakk, siden langt mer enn 50 % av avrenningen har sitt opphav fra andre, diffuse kilder. Situasjonen er tilsvarende for Norge og spesielt uttalt for estuarine fjordsystemer, der mer enn 95 % av organisk materiale og næringssalter til tider kan tilføres den marine resipienten som diffus avrenning.

Menneskelige aktiviteter og marint miljø

Som en konsekvens av at mennesket i tiltagende grad de siste to tusen år har valgt å leve i organiserte samfunn med ansvars- og arbeidsfordeling, har vår art lagt grunnen for en befolkningsvekst som kanskje går langt utover tålegrensene for denne kloden. Kunnskap og teknologiske nyvinninger har frem til nå i liten grad tatt innover seg de

biologiske rammebetingelser som er gitt fra naturens side. Intensiv matproduksjon samt høsting av naturlige ressurser på landjorden er allerede i stor utstrekning begrenset av tilgjengelige arealer og tilveksten av naturlige populasjoner. Med utgangspunkt i at akvakultur er i sin spede begynnelse og at menneskeheten til nå har hentet en relativt beskjeden andel av sitt proteinbehov fra havet (ca. 5 %), kan det se ut som at havet vil spille en rolle som verdens matfat i en langt større utstrekning enn det til nå har gjort. Nøkkelfaktorer i denne sammenheng er tilgang på areal, lys og vann.

I tillegg er havet levested for et vidt spekter dyreformer som kan komme til å ha betydning for en lang rekke anvendelser vi i dag ikke øyner rekkevidden av (Medisin, bioteknologiske prinsipper, farmasi etc.)

Problemet i denne sammenheng er at havet er havnet i den situasjon at det er blitt mottager av en rekke avfallsprodukter som vi ikke ser noen anvendelser for i dag, eller som vi ikke øyner noen annen egnet plass å gjøre av enn i havet. Listen over stoffer som vi tilsiktet eller utilsiktet tilfører havet er lang, og utgjør en cocktail av ulike komponenter. Her skal kort bare nevnes at listen inneholder komponenter fra alle menneskelige kjerneaktiviteter som industri, husdyrhold, jordbruk, urban kloakk, fiskeri og akvakultur.

I tillegg bør det presiseres at listen over avfallsprodukter som jevnlig dumpes i havet grovt kan deles i to. Den første gruppen omfatter miljøgifter og fremmedstoffer som syntetiske, menneskeskapte eller kunstig anrikede avfallstoffer som tungmetaller og radioaktivt avfall etc. Den andre gruppen utgjør stoffer av biologisk opprinnelse som fiskeslo, prosessvann fra matforedlingsbedrifter og annet organisk materiale, næringssalter og sporelementer samt biologisk aktive metaller i moderate konsentrasjoner.

For all fremtidig forvaltning og håndtering av disse stoffene er det viktig å innse at strategien for de to gruppene må være forskjellig. Den første gruppen har overhodet ingenting i biologiske systemer å gjøre og må håndteres deretter. Dette kan gjøres enten ved å øke gjenvinningsgraden av stoffene eller ved varige deponeringsløsninger. Den andre gruppen volder først og fremst problemer der de opptrer i uforholdsmessige store konsentrasjoner. Stoffene er altså ikke giftige i seg selv men opptrer i gale mengder, steder og/eller tidspunkter. Håndtert på den rette måten kan disse stoffene utmerket ses på som en ressurs innenfor de økonomiske rammebetingelser vi kjenner i dag.

Gjødsling, produksjon, høsting og resirkulering.

Forutsatt at avrenningen fra land til kystnære farvann begrenses til næringssalter og organisk materiale, representerer dette et gjødslingstilskudd til det marine nærrområde. Med økt gjødslingsintensitet legges forholdene til rette for økt produksjon, og økt høsting - med andre ord *resirkulering av landderiverte næringssalter*. Hvis man antar at havet kommer til å spille en større rolle som fremtidens matfat, er det viktig å utvikle marin miljøteknologi som tilfredsstillende de faglige realiteter i allerede inngåtte og fremtidige internasjonale miljøavtaler - dvs. fremtidsrettet teknologi mht. resirkulering (Recycling), gjenbruk (Reuse) og fornybarhet (Renewable) («*De tre R'er*»).

Primærproduksjon på landjorden blir vanligvis høstet ved at budskap sendes ut på beite, eller ved at høstingen foretas maskinelt for deretter å bli gitt som vinterfôr til buskap på bås. Tilsvarende skjer høstingen av den marine primærproduksjon i Norskehavet ved at dyreplankton og krill beiter ned mikroalgene. Disse krepsdyrene

blir igjen spist av sild og makrell som i denne sammenheng fungerer som et gigantisk omflakkende biofilter. Den marine primærproduksjonen blir altså tradisjonelt tilgjengelig for mennesket når den er spist (les konsentrert) av dyreplankton, krill, sild og makrell.

For å høste den marine primærproduksjon, som i de frie vannmasser foreligger som mikroalger spredt ut over et stort volum, trenger vi et filter. Som regel vil «marin buskap» som sild og makrell ha en stor aksjonsradius og vandrer av egen vilje til de beiteområder de til en hver tid finner som mest attraktive. Disse artene vil derfor i kystnære systemer med stabile tilførsler av næringssalter og relativt stabil produksjon, kun representere et variabelt beitepress. Dessuten beiter disse fiskeartene bare på krepsdyr som igjen har spist alger, noe som både kompliserer systemet og reduserer utbyttet.

Blåskjell er imidlertid en filtrerende organisme som beiter direkte på algeproduksjonen og partikulært dødt organisk materiale. I tillegg er denne organismen stasjonær, slik at høsting av blåskjellbiomassen blir redusert til et teknisk problem. Dyrking av blåskjell for å høste marin algeproduksjon er å sammenligne med å holde ei ku i en klave mens «beitemarkene ruller forbi». En sammenligning av produksjonspotensialene mellom ulike biotoper demonstrerer dette forholdet klart. Tropisk regnskog og korallrev, som går for å være de mest produktive biotoper på kloden, kan fremvise en biomasseproduksjon per kvadratmeter og år på ca. 3-3.5 kg. Til sammenligning kan vi i norske farvann dyrke 200 -300 kg blåskjell pr. kvadratmeter og år! Grunnen til dette er at blåskjellene beiter ned primærproduksjonen innenfor et større område enn de selv benytter som levested - «beitemarkene» kommer rullende forbi med havstrømmene.

Tabell 1 Analyse av skjellmateriale basert på 60 kg råskjell.

Analyses of blue mussels based on 60 kilos of raw material from shells.

Tabellen er ikke tilgjengelig.

Larviksfjord-prosjektet

Dette prosjektet har hatt som overordnet målsetting å sannsynliggjøre hvorvidt man ved hjelp av biologiske prinsipper kan finne frem til en alternativ metode for å redusere de negative miljøeffekter av marin eutrofiering (overgjødning). Et av målene har derfor vært å etablere et næringssaltbudsjett for Larviksfjorden som tilfredsstillere renskravene i Nordsjøavtalen. Strategien for arbeidet har vært basert på verdiskapende bioproduksjon og resirkulering av næringssalter.

Prosjektet har demonstrert at det innenfor et areal på ca. 35 - 40 mål er mulig å dyrke en blåskjellbiomasse på minst 17.500 tonn (ca. 500 kg/m²), hvorav ca 58 % vil ha markedsstørrelse (større enn 4,5 cm) etter ett år. Dette innebærer at ca 10. 000 tonn vil være salgbare skjell. Denne produksjonen kan gi en førstehandsverdi på et sted mellom 25 - 100 mill NOK/år, avhengig av hvilken pris man får (2,5 - 10,0 kr/kg). Dette innebærer at man innenfor en (1) kvadratmeter kan dyrke en blåskjellmengde som representerer biologisk fikserte næringssalter i en størrelsesorden på 3,3 kg nitrogen/m² år og 300 gr fosfor/m² år. Hvis vi grovt regner at 1 personekvivalent (PE) nitrogen og fosfor er henholdsvis 4,0 og 0,9 kg/år vil blåskjellbiomassen produsert innenfor et areal på 50 mål representere et næringssaltuttak på 41 250 PE_{Nitrogen} og 16 666 PE_{Fosfor} når skjellmassen er høstet.

Tabell 2 Vekt av blåskjellkulturer på tre ulike lokaliteter i Larviksfjorden.

Weight of cultures of blue mussels at three different locations in the Larviksfjord.

Nummer og navn på lokalitet Vekt

Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 230 kg
Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 260 kg
Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 260 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 270 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 260 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 280 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 270 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 260 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 220 kg
Gjennomsnitt lok. 1,5 og 10 262 kg



Litteraturverdier oppgir at 1 kg blåskjell (ca. 30 individer) har en gjennomsnittlig filtreringsrate på 90 liter/time. NIVA har anslått Larviksfjordens volum til ca. 800 mill.m³. En skjellmengde som antydnet over vil være istand til å filtrere et volum tilsvarende Larviksfjordens totalvolum på ca 30 dager. I naturen finner vi slike skjellfiltreringssystemer på terskelen i Øresund. Denne skjellbanken er antatt å ha en samlet biomasse på vel 1 million tonn, og filtrerer ut i størrelsesorden 75-80 % av alt partikulært materiale som passerer i vannmassen gjennom dette sundet. Dette har opplagt stor betydning for vannkvaliteten i kyststrømmen.

Gjennom prosjektperioden har det til stadighet vært reist spørsmål om skjellenes kvalitet. Målinger har vist at bakterietallet svinger i takt med nedbørsmengden og avrenningen fra jordsmonnet. I tillegg kan det se ut som at fjorden er belastet med en svak bakgrunn på grunn av Lågen. Hva tungmetaller og andre miljøgifter angår er skjellene fullt ut omsettbare.

En grov gjennomgang av det dyrkede materialet ga resultatene som spesifisert i tabell 1. Som et forsiktig estimat på en gjennomsnittlig storskalaproduksjon tar tabell 2 utgangspunkt i at det er mulig å produsere minst 500 kg råskjell- masse pr. m². Dette innebærer at det utplasseres ca. 2 ranker pr. m², noe som av plasshensyn og fôrtilgang ikke synes for tett.

En skissert produksjonsintensitet på omlag 500 kg/m² innebærer at man på 50 mål (et areal tilsvarende ca. syv fotballbaner) kan dyrke en skjellbiomasse på ca 17 500 tonn hvorav 10.000 tonn er markedskjell (større en 4,5 cm).



Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Taskekrabben, et stort potensial for en bærekraftig kystnæring

Gro I. van der Meeren, Astrid K. Woll og Alf Albrigtsen

I tider som disse, med en viss svikt i de store fiskeriene, blir det raskt et press på de mer marginale fiskeriene. Dette kan være risikabelt, all den tid det stort sett ikke er tilfredsstillende kunnskap om de mer kystnære artene som er av interesse for fiskerinæringen. Da det samtidig er en stor etterspørsel etter sjømat på det internasjonale markedet, bør den naturlige ressursen vi har i krabben kunne utnyttes bedre.

En av de kystære artene som har vist en interessant fiskeriutvikling er taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Dette er den mest utbredte, kommersielt utnyttede krabbearten i Norge. Den finnes i betydelige tettheter langs kysten opp til Nordland, og det registrerte fisket er nå opp mot 3 000 tonn i året.

Biologi

Taskekrabben er utbredt fra Nordland i nord, til Egeerhavet og Marokko og Algeries kyst i sør. Vestover er den utbredt til Orknøyene, Shetland og Færøyene.

Hovedutbredelsen er ved Den engelske kanal og kysten rundt de britiske øyene.

Nordgrensen endrer seg over tid, og er tidlig i 1990-årene flyttet nord til Vesterålen.

Det har samtidig vært betydelige innslag av taskekrabbe tatt på garn under

Lofotfisket. Det nordligste registrerte funnet er ved Kvaløya i Troms. Krabbene finnes fra overflaten og ned til flere hundre meters dyp, men er vanligst grunnere enn førti meter, både på hardbunn og bløtbunn.

Krabben er effektiv både som åtseleter og predator, og forsyner seg av den føden som til enhver tid er tilgjengelig. Med sin meget gode luktesans, kan den registrere lukt, f.eks. fra åte, på lang avstand. Alle slags bunnlevende smådyr er funnet i mageprøver fra krabber. Hannene foretrekker steinbunn, mens hunnene gjerne er å finne på mer blandet bunntype. Det er gjerne hanner som trekker opp i fjæresonen og beiter på rur og blåskjell om sommernettene. Ellers er krabben svært mobil, og særlig hunnene er kjent for å kunne ha lange vandringer i månedene før gyting, som trolig foregår på mykere bunn, mer skjermet enn i viktige oppvekstområder som tareskogen. De parrer seg i forbindelse med skallskifte, hvor hannen legger igjen en pakke med sperm, en spermatofor i hver av egglederne til hunnene, for så å forsegle egglederne med en «plugg». Hunnene må så bygge opp gonadene, før de gyter. Dette kan ta fra måneder til år. Eggene befruktes på vei ut egglederne når de passerer spermen, for så å feste seg under det brede haleskjoldet før videre fosterutvikling finner sted. Hunnkrabber med utrogn tar ikke til seg føde i de syv-åtte månedene de går med utrogn. Fra juli og utover klekkes vanligvis eggene, fra 500 000 og opp til 3 millioner.

Larvefasen varer fra én måned eller mer, der larvene svømmer pelagisk, i de øvre vannmassene. De beskytter seg mot rovdyr med utvekster i form av lange pigger på kroppen. Først når de søker bunnen, vil kroppsformen omdannes til den som de voksne har. Krabben utnytter tareskogen som oppvekstområde. Veksthastigheten er temperaturavhengig. Det tar antagelig tre-fem år før hunnene når kjønnsmoden størrelse.

Fiskerihistorikk/næringshistorikk

Inntil 1910 ble krabben stort sett nyttet fersk ved salg i byene. Fra 1910 vokste hermetikkindustrien frem på øst- og sørvestlandet. Krabbefisket tok seg kraftig opp og ble en kjærkommen inntekt for kystfiskerne i dette området. Krabbefisket ble utviklet til et kommersielt fiske og ført opp i fiskeristatistikken i 1914. Det kommersielle fisket har vært rettet mot hermetikkindustrien, først i øst- og sør, og nå i Midt-Norge. Det har vært store variasjoner i fangstene, med topper opp mot 8 000 tonn i slutten av førtiårene, og et lavmål i slutten av åttiårene på vel 1300 tonn årlig (figur 1). Pris til fisker har vist en stigende tendens nominelt, men er mer avhengig av markedsetterspørsel enn råstofftilgang. Det som er mest oppsiktsvekkende for krabbenæringen, er likevel at den i løpet av ti år har gått fra å være en subsidietung næring i nedgang, til en selvfinansiert næring i god vekst og med stor optimisme. Fiskeristatistikken de siste åtte årene er hovedsakelig basert på Midt-Norge, da fiskeriet i Sør- og Vest-Norge for det meste foregår uten registrering. Likevel er fangstene mer enn doblet og ligger nå nær 3 000 tonn årlig.

Produktutvikling og marked

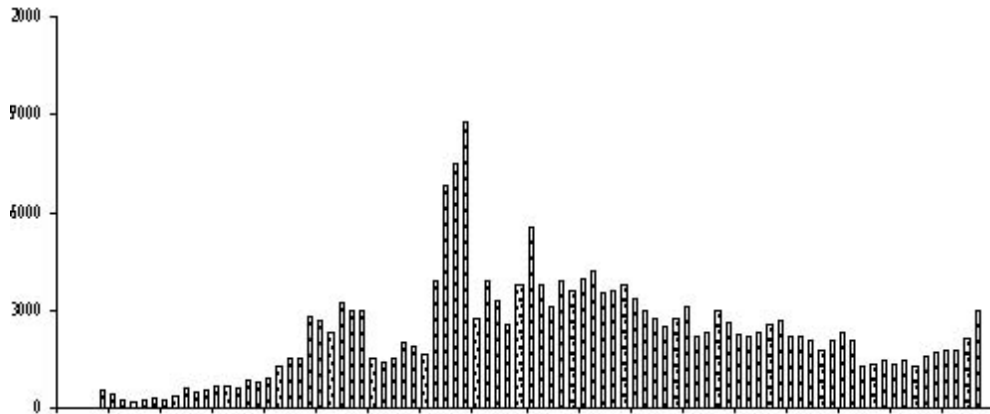
Krabbefisket i Norge er sterkt sesongavhengig og tilnærmet all krabbe omsettes i perioden august - november. Mange godt betalende markeder ønsker imidlertid krabbe på mer helårig basis, også vinterstid (f.eks. Frankrike, Spania, Asia). En mer helårig produksjon vil kunne gi mer stabil og faglig dyktig arbeidskraft og kanskje en høyere verdiskaping. I lavsesongen stiger prisene og er høyest ved jul, nyttår og påske, selv om kvaliteten på krabbe da er lavest.

Hvis salg av levende krabbe ble mer sesonguavhengig gjennom utvikling av egnede lagringsenheter og transportmetoder, kunne salget økes og bedre priser oppnås. I England, Skottland og Irland har lagring og transport av levende krabbe vært dominerende siden 80-tallet. Krabben lagres i sjøvann fra fangst og til den er på markedet. I Asia, USA og Canada har også omsetting av levende krabbe foregått i mange år, og prosedyrer for behandling og transport er innarbeidet. Salg av levende krabbe på det skandinaviske marked har foregått i flere år. Overlevelse ved transporten fungerer bra så lenge temperaturene ikke er for høye. Transport til mer fjerntliggende marked som Asia, har til nå ikke vært vellykket. Transporttiden til disse markedene er lang, og pakkemetoder og logistikk har ikke vært gode nok.

Ved lagring av levende krabbe må det skilles mellom følgende formål:

1. Lagring for å oppnå bedre kvalitet, det vil si oppforing. Dette krever relativ høy temperatur for et optimalt resultat, minst 10 °C og gjerne over 12 °C.
2. Lagring i forbindelse med salg og forsendelse. Dette vil kreve lave temperaturer, ned på 5-3 °C.

Ved mottak av krabbe i sesongen beregner produksjonsbedriftene at 10-20 % av leveringene er av så god kvalitet at de kan selges som hel konsumkrabbe. For at en større andel av krabben skal oppnå denne kvaliteten, er et alternativ å fore opp krabben. Pilotforsøk er gjort, men mye gjenstår. Krabben krever god utskifting av vann (ca 11 /1 kg biomasse ved 12°C) og foringsforsøk har vist seg å være arbeidskrevende. Rasjonell oppførings metodikk og egnet fôr vil være nødvendig for at foring skal være lønnsomt. Sei er nyttet med hell, liksom akkar og blåskjell. Industrielt framstilt fôr er ikke prøvd ut, hverken ernæringsmessig, smaksmessig eller i praktisk drift.



Registrerte landinger (tonn)

1915 1925 1935 1945 1955 1965 1975 1985 1995

Figur 1 Norske landinger taskekrabbe fra 1915 til 1999.

Norwegian landings of crab in the period 1915 to 1999.

Ulike kvaliteter og foredlingsgrad vil kunne ha ulike markeder. Innen krabbenæringen, som i all annen næring, er det viktig å analysere og segmentere markeder for krabbe, for å finne preferansene en setter til krabbe m.h.t. kvalitet, foredlingsgrad, sesong m.m. i de ulike markedene og hvilken pris en kan oppnå. Dette for å omsette større kvantum med krabbe til de best betalte markedene og å få en utvidet sesong for salg av krabbe. Mye av krabben blir kokt før den sendes ut på markedet. Det er også flere bedrifter som produserer og markedsfører ferdig rensede krabbeskjell. Det er 2-3 bedrifter i Trøndelag som også markedsfører levende krabbe. Den levende krabben går til Østlandet og Sverige. Både i Norge og Sverige er det store preferanser for hunnkrabber. Krabbene må bli sortert ut i fra hva markedene vil ha og hvilken pris en kan oppnå nå eller senere.

Krabbefisket tar slutt rundt november, da hunnene normalt gyter. Ved juletider og fram gjennom vinteren til fastetiden i de katolske landene i Europa, er imidlertid levende krabber svært ettertraktet og oppnår en betydelig pris. Tilbudet da er stort sett hanner av varierende kvalitet på markedet. Også i forbindelse med feiringen av nyttår i Kina på omtrent samme tid, er krabbe ettertraktet. Om gytingen kunne utsettes med en til tre måneder, ville det derimot være mulig å tilby krabbe av høy kvalitet til et underdekket og godt betalende vintermarked.

Det er ikke kjent i hvilken grad gonadeutvikling og gyting hos hunnkrabber kan la seg framskynde eller forsinke. Hos fisk i oppdrett kan en forskyve årsrytme ved hjelp av lysmanipulering. Denne metoden er ikke forsøkt på krabbe.



Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet -
www.imr.no

Hummeren, populær og hemmelighetsfull

Gro I. van der Meeren og Ann-Lisbeth Agnalt

At hummeren er populær er det nok få som bestrider. Langs store deler av vår langstrakte kyst har mange gjennom lange tider, voksne som barn, hatt et spesielt forhold til hummeren. Som en ressurs var og er den høyt skattet som mat og som salgsvare.

Selve fisket etter hummer har lange tradisjoner, og for eksempel i 1930-årene ble det årlig fanget rundt 1000 tonn, mens det i de siste tiårene kun er blitt fanget ca. 30 tonn hvert år. Den kraftige nedgangen i vår hummerbestand har gitt grunn til stor bekymring blant fiskere og fiskeriforvaltningen, og har ført til en økt interesse for tiltak som kan styrke bestanden for eksempel gjennom oppdrett av yngel for utsetting i sjøen (se blant annet Havbruksrapport 1999 for mer omtale av hummerutsettinger i regi av PUSH). For å kunne bidra til en langsiktig økning og bevaring av hummerbestanden er det nødvendig med kjennskap til grunnleggende biologiske forhold, og i så måte kan hummeren betraktes som hemmelighetsfull. Også for å utvikle en god oppdrettsmetode, er det av betydning å få svar på de mange ubesvarte spørsmål om hva hummeren egentlig foretar seg i naturen. Vi vil forsøke å belyse hva som gjennom mange forskningsforsøk er blitt avslørt om hummerens biologi.

Utbredelse og generell biologi

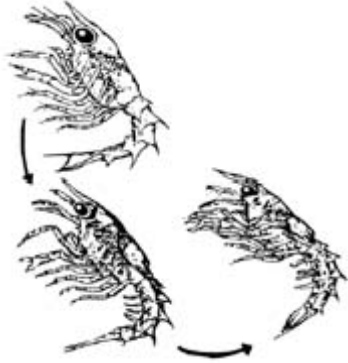
Europeisk hummer (*Homarus gammarus*) har en utbredelse som strekker seg fra Tysfjordområdet i Nord-Norge til nordvestlige Afrika, og helt inn til Svartehavet. Den kan bli nærmere 50 cm lang, veie rundt 8 kg og bli minst 60 år gammel. Fargen varierer fra gråbrun eller blålig med hvite marmoreringer rundt De britiske øyene, til kullsort i Norge og Sverige, men rødlige, fiolette eller albino (hvit - uten pigmenter) varianter forekommer også. Klørne er velutviklet med en tung, kraftig knuseklo som oftest nyttes til knusing av føden, og en slankere sakseklo som er mer et våpen. Hummerens utbredelse er nok

stort sett begrenset til tilgjengelighet av egnede bunnforhold samt temperatur og saltholdighet i sjøen. Hummeren trives best i sjøtemperaturer mellom 10 og 20 °C, og lever fortrinnsvis på hardbunn hvor det er mye skjul i form av steinrøys eller huler under steinblokker. Ofte finnes hummeren i utgravde huler i fast sand- og leirbunn i utkanten av steinrøys. Den er nattaktiv og holder seg altså skjult om dagen. Den er relativt stasjonær, og vandringer på mange kilometer er kun unntaksvis påvist. Til tross for at det fiskes med halvråttent agn, så er den en jeger som fanger mindre krepsdyr, skjell, makk og fisk. Når temperaturen synker under 8 °C avtar appetitten, den blir inaktiv og vanskelig å fange.

Forplantning

Skallskifte med påfølgende forplantning skjer om sommeren, når vanntemperaturen er rundt 15 °C. Når hunnen skifter skall har hannen anledning til parring, der han overfører pakker med sperm, spermatoforer, inn i hunnens eggledere. Spermatoforene i egglederne kan inneholde levende sperm i årevis etter parringen, men tapes ved skallskifte. Hann og hunn skiller lag når hunnens skall har stivnet til et panser igjen. Oppbyggingen av innrogn tar ca. ett år, før eggene legges ut og festes på

svømmeføttene under bakkroppen. Eggene befruktes på vei ut når de passerer sædlageret i egglederne. Det tar omtrent enda ett år før eggene klekkes og fritt svømmende larver blir sluppet. I tillegg til den tidkrevende eggutviklingen, produserer hummeren relativt få egg sammenlignet med fisk, fra 5 000 (25 cm total lengde) til 40 000 egg (ca. 40 cm). Hvis mattilgangen er lav eller temperaturen er ugunstig kan hunnen tilbakedanne rognen, noe som også er et kjent fenomen hos fisk.



Figur 1 De tre første larvestadiene til hummer.
The lobsters three earliest fry stages.



Figur 2 Bilde av stadiet V, nylig bunnslett yngel
Picture of a lobster in stage IV, newly settled fry.

I Norge blir hummeren kjønnsmoden fra den er 5 til 8 år gammel, men sentralt i utbredelsesområdet er 4 til 5 år det vanligste. Størrelse ved kjønnsmodning varierer betydelig mellom ulike populasjoner. I den tilsynelatende isolerte hummerbestanden i Tysfjord skjer kjønnsmodningen ved en vesentlig mindre størrelse enn for eksempel på vestlandet, men vi vet ikke om dette skjer fordi hummeren vokser sent eller om den faktisk er yngre når den blir kjønnsmoden.

Larver og yngel, det store mysteriet

De nyklekte fritt svømmende larvene er store (>1 mm) og velutviklede til plankton å være (Figur 1a). Larveutviklingen er svært avhengig av sjøtemperaturen, og larvene

trives best mellom 14 og 18 °C. Klekking utenom den varme sesongen kan redusere larvenes overlevelsessevne og dermed påvirke årsklassestyrken.

Hummerlarver gjennomgår fire fritt svømmende stadier (figur 1) før de når det første bunnlevende stadiet (figur 2). På dette stadiet vil hummeren søke mot bunnen ved aktiv svømming. Hummerlarver er store og effektive svømmere, men det er uvisst hvor langt de kan bli ført med strømmen før de søker mot bunnen. Larver av den amerikanske arten svømme aktivt mot strømmen, samtidig som de også er svært kravstore på bunnforholdene og kan svømme dagevis over uegnet bunn for så å slå seg ned på få minutter når "god" bunn er funnet. På grunn av størrelsen er det likevel usannsynlig at de kan overleve uten beskyttelse i de frie vannmassene over lengre tid. En såpass stor og godt synlig yngel er lett bytte for rovdyr, og det er vist at amerikanske yngel kan bunnslå på mindre egnet bunn hvis de registrerer nærvær av rovdyr. Amerikansk hummeryngel finnes oftest i bunn bestående av småstein og grus (kultbunn) og i mindre grad i fast mudder, sand og ålegress. Akvarieeksperiment har vist at de etter bunnslåing vokser raskt og kan nå lengder på 3-6 cm total lengde innen temperaturen synker på høsten og aktiviteten avtar.

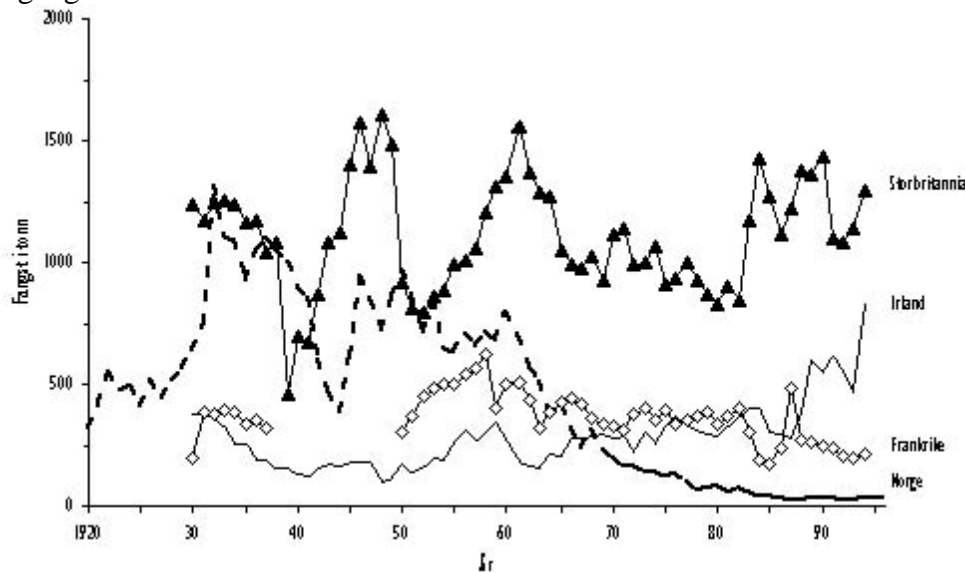
Bunnslått yngel av vår europeiske art er ennå ikke funnet noe sted i sjøen i noen land i Europa, og det uansett bunntype og søke/innsamlingsmetode. Rundt De britiske øyene, dvs. i kjerneområdet til europeisk hummer, formes bunnen av kraftige tidevannsstrømmer og består ofte av fast sandbunn eller rev med godt pakket smågrus. Dette finner vi lite av i Norge. Her er det mer vanlig med løst sediment som grov røys, gytje eller oftest skjellsand. I akvarieforsøk foretrakk hummeryngelen kultsteinbunn framfor skjellsand. Et 3-årig EU-forskningsprosjekt har imidlertid ikke klart å stadfeste om dette faktisk stemmer i naturen. Tross iherdig og intens innsats ble det overhode ikke funnet hummeryngel på slik bunn, verken i Irland, Storbritannia, Italia eller Norge. Dette til tross for grundige faunaundersøkelser over store arealer med den mest effektive kjente metoden (utviklet for å finne amerikansk yngel) for innsamling og kvantifisering av yngel. Tettheten og arts mangfoldet av andre krepsdyrarter er imidlertid mye høyere i Europa enn i Amerika, ofte rundt 100 individer eller mer, fordelt på opp til 24 arter, per m².

En rekke fisk og krepsdyr har vist seg å jakte på hummeryngel, særlig leppefisk, ulke, torsk og strandkrabbe. Etter bunnslåing er det sannsynligvis livsviktig at yngelen kan leve fullstendig skjult. Det første året lever amerikansk yngel til dels av dyreplankton som den «pumper» inn i skjulet. I Europa vet vi som sagt veldig lite om disse larvestørrelsene, og det er først ved 12-15 cm lengde at den lar seg fange i redskap. Inntil da viser akvarieforsøk at den konkurrerer godt om skjul med andre krepsdyrarter helt opp til sin egen størrelse, men kan bli fortrent av større dyr. Det er imidlertid grunn til å frykte at nærværet av selv mindre konkurrenter kan ha en negativ betydning på vekst og overlevelse over tid.

Bestandsdynamikk

Vi vet veldig lite om hva som påvirker eggproduksjonen i naturen, og enda mindre om rekrutteringsmekanismer hos hummer. I dag finnes det ingen sikre metoder for å bestemme alder på hummer, og den lange levetiden fra klekking til rekruttering byr på store utfordringer i forvaltningssammenheng. Vi vet noe om vekst og dødelighet i enkelte områder. Angående reproduksjon er det alltid blitt antatt at en hunnhummer klekker egg kun hvert annet år, men i merkeforsøk på Kvitsøy i Rogaland er det påvist at hunner kan ha innrogn og utrogn samtidig. Det ble også gjenfanget flere hunnhummer som i to påfølgende år hadde utrogn, samtidig som de hadde skiftet skall

i denne tidsperioden. Med andre ord kan en hunn gyte hvert år, men dette påvirkes nok mye av miljø- og ernæringsforhold. Det er vist, gjennom PUSH-programmet, at med en minste lovlige størrelse på 25 cm total lengde eller 88 mm ryggskjoldlengde vil de fleste av hunnene på vestlandet ha gytt minst en gang før fangst, men noen også to ganger.



Figur 4 Hummerfangster i Norge, Storbritannia, Frankrike og Irland (Kilde: FAO og Fiskeridirektoratet).

Catches of lobster in Norway, Great Britain, France and Ireland. (Source: FAO and Directorate of fisheries.)

Fiskeri- og forvaltning

Hummer har vært fisket siden 1600-tallet, og har fisket alltid som for så mange andre arter gått i store svingninger. De første årene ble hummeren plukket for hånd og med tenger i strandkanten, men så innførte nederlenderne teiner for å fiske hummer på større dyp. Den første nedgangen i fangstene ble notert i 1716 og forslag om fredningstid og minstemål kom i 1737 og 1790, men ble ikke tatt til følge. Fangstene fra 1815 til 1930 har svingt relativt voldsomt, men med et gjennomsnittlig uttak på 900 000 individer hvert år. Dette tilsvarer omtrent 500 tonn årlig. Fredningstid ble først innført i 1849, og et minstemål på 21 cm total lengde ble innført i 1879. Fra 1930 steg fangstene og kom opp i 1 300 tonn i 1932-33 (Tveite 1991), antatt å være en kombinasjon av god rekruttering i sørvest Norge og delvis av økt fiskeinnsats i sørlige deler av Norge. Bortsett fra i krigsårene lå leveransene på godt over 600 tonn helt fram til 1961. Siden 1960 har leveransene sunket til et historisk lavmål, men registreringene de siste tiår viser imidlertid ikke reell fangst, siden mye hummer fiskes og distribueres lokalt. At bestanden har kollapset viser informasjon om fangst per teinetrekk; kun en tredjedel av hva de var for 50 år siden. Minstemålet ble økt til 22 cm total

lengde i 1964. Likevel fortsatte nedgangen i fangstene og nådde ca. 30 tonn årlig i 1980-årene. Det har det stabilisert seg fram til i dag, uten å vise tendens til økning. Det er ennå for tidlig å si om minstemålshevingene de seneste årene vil gi økt rekruttering som kan styrke bestanden.

For å styrke sviktende bestander er det i over 100 år blitt klekket og satt ut hummerlarver og yngel i Norge. Havforskningsinstituttet, i regi av PUSH, merket

oppdrettede hummerunger med et innvendig magnetmerke og satte disse ut i stor skala på Kvitsøy fra 1990 til 1995. På grunn av merkene kan det nå sikkert påvises at utsatt hummer faktisk overlever og bidrar i en betydelig grad til det lokale fisket.

Totalgjenfangsten ti år etter at de første utsettingene ble gjort er nå på 5 %. For enkelte grupper ligger det på 10 %, men det er fortsatt gjenfangst. Der er nå over 75 % utsatt hummer blant hummer under minstemålet. Man visste i 1990 lite om de økologiske og fysiologiske faktorer som er avgjørende for vekst og overlevelse i naturen. Basert på et så svakt grunnlag er gjenfangsten egentlig svært høy. Kunnskapsbasert utsetting har derfor et stort potensial til å bli et redskap for lokal bestandsforvaltning, særlig der rekrutterings-grunnlaget er svært svakt.

Framtidige behov

Kunnskapen om hummerens økologi i norske farvann er i dag dessverre svært begrenset. Det er spesielt behov for å framskaffe innsikt i de 3 til 4 første leveårene. Dersom havbeiteloven blir vedtatt, blir det enda større interesse for å sette ut hummerunger langs kysten. I den sammenheng er det viktig å vite mest mulig om hummerens mulighet til å overleve. Vi vet nesten ingenting om de ulike habitatenes bæreevne, lokal vandring ved ulike bestandstørrelser, økologi i yngelfasen, oppveksthabitat, konkurransevner, anti-predatoratferd etc. Alt dette er viktige momenter å belyse for at framtidig fiskeriforvaltning skal trygge bestandene, og særlig for at havbeite skal kunne resultere i stor nok gjenfangst og derved ha et økonomisk potensial.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Helsesituasjonen for laksefisk

Tore Håstein og Brit Hjeltnes

Også i 1999 har helsesituasjonen for laksefisk stort sett vært god. Lakselus er fortsatt en av de vanligste infeksjonssykdommene, men angrep av denne parasitten i lakseoppdrett kontrolleres i dag ved hjelp av leppefisk og medikamentell behandling. For å øke effekten av medikamentell behandling, vil synkronavlusning av oppdrettsområder få en mer utstrakt bruk. Hos vill laksefisk er infeksjoner med denne parasitten et betydelig problem. I tillegg er parasitten *Gyrodactylus salaris* fremdeles en stor trussel mot villaksen. Parasitten blir bekjempet ved rotenonbehandling av infiserte vassdrag. Ikke all behandling har vært vellykket, og det ble i 1999 meldt at Lærdalselva som tidligere var rotenonbehandlet var blitt reinfisert.

Kliniske utbrudd av infeksjøs pankreasnekrose (IPN) opptrer hyppig og sykdommen påfører oppdrettsnæringen store tap. Sykdommen piscirickettsiose er i løpet av de siste ti årene bare blitt påvist sporadisk. Av de ikke-meldepliktige sykdommene er det rapportert at enkelte oppdrettsområder har til dels store problemer med epitheliocystis. I tillegg til de rene infeksjonssykdommene ble det registrert en rekke tilfeller av sykdommer/sykdomstilstander som katarakt (blakking av linsen), misdannelser ("korthaler" etc.) og ulike sårddannelser. Sannsynligvis er en rekke av disse lidelsene i noen grad produksjonsrelatert og kan settes i sammenheng med fiskens ernæring og miljøbetingelser. Omfanget og en eventuell økning i omfanget av disse lidelsene er vanskelig å fastslå.

Bakteriesykdommer

Furunkulose: Klassisk furunkulose forårsaket av bakterien *Aeromonas salmonicida* var fra 1988-1993 et av de største sykdomsproblemene i norsk lakseoppdrett. Sykdommen ble i utstrakt grad behandlet med antibiotika, og det utviklet seg etter hvert et problem med resistente bakterier. For mange av bakterieisolatene ble det registrert nedsatt følsomhet mot quinoloner (flumequine og oxolinsyre). Disse preparatene var vanlige i behandling av furunkulose rundt 1990. Som følge av effektive vaksiner er sykdommens betydning blitt sterkt redusert. Sommeren 1997 ble det igjen registrert enkelte kliniske sykdomsutbrudd i Hordaland, og dette ble satt i sammenheng med den usedvanlig varme sommeren med høye vanntemperaturer. I 1998 var situasjonen normalisert, og det ble kun gjort en registrering av sykdommen i Hordaland. Bakterien ble påvist i forbindelse med et massivt IPN-utbrudd i nærheten av et anlegg hvor det var registrert furunkulose året før. I 1999 ble det registrert tre tilfeller av klinisk furunkulose. Bakterien som ble isolert fra et utbrudd i Trøndelag hadde en sterkt nedsatt følsomhet mot quinoloner (oxolinsyre og flumequine). Dette tyder på at resistente furunkulosebakterier fremdeles finnes i miljøet, til tross for minimal bruk av antibiotika de siste årene. Det er flere mulige forklaringer på de tilfellene av klinisk furunkulose som er påvist. Særlig på Vestlandet og Trøndelag var ettersommeren og høsten fin, med høyere vanntemperaturer enn normalt. I løpet av 1999 ble det påvist produksjonsproblemer med vaksinen (problemer med emulsjonen) til en av de større vaksineprodusentene og vaksinen med dette problemet ble trukket tilbake fra markedet. Tilsvarende vaksiner fra samme produsent har

gjennomgått en grundig produktkontroll, og den skal kunne gi en fullgod beskyttelse. Disse problemene understreker nødvendigheten av at vaksineemulsjonen må kontrolleres før vaksinasjon.

Bakteriell nyresyke (BKD)

BKD er forårsaket av bakterien *Renibacterium salmoninarum* og må regnes som en kronisk sykdom på laksefisk. Sykdommen har vært et betydelig problem i oppdrett av stillehavslaks på vestkysten av USA og Canada og i Chile. Av stillehavslaksene er coho særlig mottagelig for denne type bakterieinfeksjoner. Innen oppdrett av atlantisk laks er sykdommen et langt mindre problem. Ved utgangen av 1999 var det registrert fem anlegg med BKD. Det arbeides med å utvikle vaksine, og norske forskere deltar i dette arbeidet. Videre arbeides det også med å ta i bruk nyere molekylærbiologiske metoder (PCR) for undersøkelse av stamfisk.

Vibriose og kaldvannsvibriose

Vibriose og kaldt vannsvibriose forårsakes av henholdsvis *Vibrio anguillarum* og *Vibrio salmonicida*. Begge disse sykdommene er klassifisert som gruppe C-sykdommer hos fisk. Det betyr at påvisning av sykdom som følge av disse vibriobakteriene, ikke medfører at anlegget blir pålagt restriksjoner. Utvikling av effektive vaksiner har ført til at vibriose og kaldtvannsvibriose på laksefisk ikke anses som noe stort problem. Til tross for vaksiner ble det en del år registrert utbrudd av kaldtvannsvibriose på noen få anlegg i Nord-Norge. Årsaksammenhengen er ikke fastslått. I 1997/1998 ble det ikke meldt om slike registreringer i Troms og Finnmark.

Piscirikettsiose

Piscirikettsiose forårsakes av *Piscirickettsia salmonis*. Sykdommen er særlig kjent fra chilensk lakseoppdrett, hvor den er rapportert å ha gitt opp til 90 % dødelighet i affiserte anlegg. I Norge ble sykdommen registrert første gang i 1988. Siden dengang har det vært relativt få sykdomsutbrudd, og bare med moderat dødelighet. I 1999 ble det registrert fem nye tilfeller av sykdommen. Alle tilfellene ble påvist på lakseyngel i ferskvann. Dette kan tyde på at sykdommen er i ferd med å få økt betydning.

Epiteliocystis

Sykdommen er i Norge hovedsakelig et problem i lakseoppdrett, hvor den forårsaker gjelleproblemer. Både dødelighet og redusert vekst er registrert. Sykdomsårsaken er antatt å være forårsaket av *Chlamydia*-lignende bakterier. Imidlertid er det nylig isolert et paramyxolignende virus fra gjellene fra syk fisk. Om dette viruset kan settes i sammenheng med sykdommen, er uklart. Sykdommen har vært et økende problem på Sør- og Vestlandet, og den rammer hovedsakelig laks som har gått tre til seks måneder i sjøen. Dødelighet på 10-30 % over en periode på to til tre måneder, er ikke uvanlig. Ifølge de opplysninger som vi har fått, førte denne sykdommen til tap på ca. 2.3 millioner kroner i ett enkelt anlegg i 1999.

Vintersår

Vintersår er en vanlig forekommende sykdom hos oppdrettslaks. Bakterien *Vibrio viscosus* er en viktig sykdomsårsak, selv om også andre bakterier er isolert fra sår av syk fisk. I 1998 ble sykdommen registrert i 39 % av oppdrettsanleggene. Dødeligheten er vanligvis ikke høy, men en betydelig andel av fisken blir nedklassert som følge av sårene. Det er utviklet vaksine mot sykdommen, og denne ser ut til å ha en relativt god virkning.

Sykdommer som forårsakes av virus

Infeksiøs lakseanemi (ILA)

ILA er en sykdom hos atlantisk laks. Frem til 1996-1997 var sykdommen bare rapportert fra Norge. I dag er imidlertid sykdommen diagnostisert i så vel Canada («haemorrhagic kidney syndrome») i 1996/97 som i Skottland/Shetland i 1998. Viruset er karakterisert som et orthomyxovirus, men det skiller seg sterkt fra andre kjente virus som tilhører denne gruppen.

Tabell 1.1 Oversikt over registrerte tilfeller av furunkulose, bakteriell nyresyke (BKD), infeksiøs pankreasnekrose (IPN) og infeksiøs lakseanemi (ILA) i perioden 1995 til 1999. Antall restriksjonsbelagte anlegg er angitt i parentes.

Tabellen er ikke tilgjengelig.

Genetiske studier av kanadiske og norske isolater har vist at de er relativt forskjellige. Så langt er atlantisk laks den eneste arten der man har registrert klinisk sykdom, men ILA-agens er påvist å kunne formere seg i ørret og i regnbueørret. Nylige rapporterte forsøk tyder på at viruset replikerer (oppformerer) i sild. Dette åpner for at sild kan fungere som marint reservoar. Så langt er det ikke vist at smittet sild kan overføre smitte til laks. Fra Skottland er ILAV påvist i villfisk (laks, ørret, ål) og i en rekke anlegg uten kliniske sykdomstegn. Tilsvarende undersøkelser er til nå ikke kjent fra Norge.

I løpet av de siste årene er det blitt utviklet spesifikke diagnostiske metoder for ILA. Ved sykdomsutbrudd kan ILA-virus påvises ved dyrkning i cellekulturer (SHK-celler) og ved hjelp av indirekte fluorescens antistoff-undersøkelse (IFAT) på frysesnitt/vevsavtrykk der det blir benyttet spesifikke antistoffer mot ILA-virus. I tillegg er det de siste årene utviklet en molekylærbiologisk metode, RT-PCR (Polymerase chain reaction) for påvisning av ILAV. Denne metoden er ikke godkjent som offisiell metode for påvisning av ILA, men blir brukt som et supplement til de andre. I Norge er strategien å begrense utbredelsen og eventuelt utrydde ILA. Om denne strategien bør endres er det opp til myndighetene å vurdere. Imidlertid er en rekke vaksineprodusenter allerede i gang med å utvikle vaksiner. I Canada synes det som om vaksinasjon vil inngå i en bekjempelsesstrategi. Imidlertid tyder mye på at den norske strategien med brakklegging, avlastingslokalitet og sanitetsslakting har hatt en stor betydning for å kontrollere ILA-situasjonen. Ved utgangen av 1999 var 12 anlegg pålagt restriksjoner på grunn av ILA, mot 24 i 1998. Disse anleggene er spredt fra Hordaland til Troms.

Infeksiøs pankreasnekrose (IPN)

IPN er den vanligste virussykdommen i norsk lakseoppdrett. Sykdommen forårsakes av infeksiøs pankreasnekrose-virus (IPNV), og opptrer på yngel i ferskvannsfasen så vel som på smolt/postsmolt i sjøvannsfasen. Inntil 1988 var tapene forårsaket av IPN moderate, men de har siden utviklet seg til å bli et betydelig problem. Antall meldte

anlegg med IPN-diagnose har variert. Fra 1988 til 1991 ble det registrert en kraftig økning, etterfulgt av en reduksjon i 1992, og en ny økning i 1993-1994. I de siste årene synes det å være en tendens til at antall sykdomsutbrudd har økt. Dødeligheten i forbindelse med sykdom varierer fra anlegg til anlegg. I 1998 var forsikringsbransjens tap på over 60 millioner kroner, og det totale tapet i laksenæringa er anslått til 75 millioner kroner. Det er uklart hvor mye av disse problemene som direkte skyldes IPNV, eller hvor dette bare er en underliggende og utløsende årsak. Undersøkelser tyder på at anlegg som tidligere har hatt IPN, har en større sjanse for å få sykdomsutbrudd enn andre anlegg. Andre faktorer som kan øke risikoen for IPN, ser ut til å være sjøvannstilblending i settefiskanlegg. Det er utviklet vaksiner mot sykdommen, men disse er fremdeles under utprøving. Til nå har det vært problematisk å få en skikkelig evaluering av vaksinene, da en har manglet en skikkelig smittemodell til bruk i laboratorieforsøk. En slik modell er nå under utvikling, og resultatene så langt tyder på at en av de vaksinene som ble brukt i 1998 (en helvirusvaksine) hadde liten virkning. Andre vaksiner har i laboratorieforsøk vist seg å gi en langt bedre beskyttelse. Nye undersøkelser tyder på at enkelte norske IPNV-isolater kan være hissigere, mer virulente enn andre. Totalt var 26 anlegg ilagt restriksjoner som følge av denne sykdom ved årsskiftet 1999, mens det tilsvarende tallet for 1998 var 48 ved utgangen av året.

Pankreas disease (PD)

PD er en alvorlig infeksjonssykdom på oppdrettslaks. Sykdommen har særlig vært et problem i Skottland og Irland, og den opptrer hovedsakelig første året laksen er i sjøen. Sykdommen skyldes salmon pancreas disease virus (SPDV), som er et alfa-togavirus. Mye tyder på at sykdommen "sleeping disease", som er beskrevet hos regnbueørret i Frankrike, forårsakes av et nært beslektet virus. I Norge er det hos både laks og regnbueørret tidligere påvist forandringer som er satt i forbindelse med PD, men virus ble først isolert i 1997. 1998 ble det ikke påvist noen nye tilfeller av PD, men i 1999 ble det diagnostisert to nye tilfeller i Hordaland med til dels betydelig dødelighet. Diagnosen stilles på grunnlag av patologiske forandringer. Positivt resultat etter dyrking i cellekulturer gir en sikrere diagnose, men i dag er dette en meget krevende diagnostisk test. Det arbeides med å utvikle en vaksine, og denne prøves nå ut i laboratorieforsøk og i feltforsøk. I dag er PD klassifisert som en gruppe C-sykdom.

VHS (Hemorrhagisk virusseptikemi):

Norge har i henhold til EU direktiv 91/67/EEC hatt status som godkjent sone med hensyn på hemorrhagisk virus septikemi (VHS) og infeksjøs hematopoietisk nekrose (IHN) siden 1994. Som følge av dette har det i henhold til Direktiv 91/67/EEC og EU beslutning 96/240/EEC (92/532/EEC) vært gjennomført et dokumentasjonsprogram for de to sjukdommene.

I tilslutning til dette dokumentasjonsprogrammet ble det påvist VHSvirus i et settefiskanlegg på Vestlandet i 1998. Dette er det førstetilfelle av VHS i Norge siden 1974. I og med at VHS er en gruppe A sjukdom ble settefiskanlegget umiddelbart pålagt restriksjoner i henhold til "fiskesjukdomslovens" bestemmelser. Senere ble all fisk destruert på det infiserte settefiskanlegg. Materiale fra et anlegg som ble regnet som en del av det infiserte anlegget pga. av fysisk beliggenhet/kontakt ble også destruert ("stamping out"). Det ble videre gjennomført omfattende saneringstiltak i de affiserte klekkerier. Anlegget har nå satt inn fisk for kunne starte prøvetaking i 2000 med sikte på å få status som VHS fritt igjen. Smitteforsøk med det isolerte virus viste at det var svært patogent (sykdomsfremkallende) under forsøks-betingelser.

Som følge av påvisningen ble det gjennomført omfattendeepizootiologiske undersøkelser i henhold til EU direktiv 93/53/EEC, men disse undersøkelser ga ikke indikasjoner med hensyn på hvor smitten kom fra. Anlegg i området rundt det infiserte settefiskanlegg og kontaktbesetninger ble også pålagt restriksjoner mens undersøkelsene pågikk. Det ble ved det utvidete prøvetakingsregime ikke påvist VHS virus i noen av disse anleggene.

Forbruket av antibiotika

Også i 1999 ble det brukt svært lite antibiotika i norsk fiskeoppdrett.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Helsesituasjon - kveite og torsk

Øivind Bergh og Brit Hjeltnes

Våre ennå mangelfulle kunnskaper om de forskjellige fiskeartenes miljø- og ernæringskrav fører til at sykdomsframkallende mikro-organismer og andre parasitter kan få gode vilkår. Et omfattende forskningsarbeid er derfor nødvendig for å kartlegge sykdommer hos marine fiskerter. Det er viktig at dette arbeidet ses i sammenheng med utviklingen av et bedre oppdrettsmiljø, og bedre fôr.

Det viktigste arbeidet innenfor sykdomsforskning på kveite i dag, er arbeidet mot virussykdommen VER (viral encefalopati og retinopati), som i hovedsak angriper yngel i startfôringsfasen, og som kanskje utgjør den alvorligste trusselen mot kommersielt kveiteoppdrett i dag. Et annet virus, IPNV (infeksiøst pankreasnekrosevirus) har også forårsaket problemer og akutt dødelighet i kveiteyngelproduksjon. Også bakterielle sykdommer har betydning hos kveite, først og fremst klassisk vibriose. Det er videre viktig å undersøke hvilke parasitter som kan by på problemer, og finne egnede midler mot dem. Torsken ser ut til å være svært utsatt for vibrioseangrep, og vaksineutvikling vil være nødvendig for å sikre yngelproduksjonen. Også ulike parasitter kan by på problemer for torske- og kveiteoppdrett.

Hva er VER?

VER, som skyldes såkalte nodavirus, er en sykdom som angriper sentralnervesystemet hovedsakelig hos tidlige livsstadier av en rekke forskjellige marine fiskearter. Sykdommen er kjent fra Asia, Australia og Europa. I noen tilfeller er smitten påvist å kunne overføres vertikalt, og stamfisk er her en viktig smittekilde. Viruset kan også overføres horisontalt og spres ved smittet fisk til resten av populasjonen. Det kan derfor være viktig å sjekke stamfiskens helsestatus. I Japan har oppdrett av enkelte marine fiskearter basert på nodavirusfri stamfisk, gitt gode resultater. Systematiske undersøkelser av stamfisk, kjønnsprodukter, larver og yngel utføres, og infiserte individer blir systematisk avlivet. Resultatene er gode, og har f.eks. langt på vei reddet oppdrettet av striped jack. For å påvise små mengder av virus i rogn og melke er det utviklet en molekylærbiologisk metode (PCR-teknikk). Virus i syk fisk kan også påvises med den samme metoden. I tillegg arbeides det med en metode for å påvise spesifikke antistoffer i blodet til smittet stamfisk. Likevel er VER fortsatt et problem på flere fiskearter, og noe av årsaken kan være at en ikke klarer å etablere 100 % sikre smittebarrierer med vanlig oppdrettsteknologi. Et vanlig oppdrettsanlegg for marin yngel, slik vi ser det hos oss, innebærer så langt fra en fullstendig atskillelse av oppdrettspopulasjonen fra omgivelsene. Vannet tas inn utenfra, og transport av rogn, fisk, fôr, røktene og annet medfører et visst smittepress. En strategi for å bekjempe VER bør derfor inneholde flere komponenter, både bedret hygiene, utsortering av smittet fisk og utvikling av et vaksinekonsept.

Ozonering - mer effektiv desinfeksjon

Ozonering av sjøvann gir opphav til svært giftige forbindelser, og direkte bruk av ozonert vann ville øyeblikkelig drepe fisken. Ozoneringsanlegget er derfor koblet til et

aktivt kullfilter som avgifter vannet før det går ut til oppdrettsanlegget. Ozonert sjøvann brukes også til overflatedesinfeksjon av rogn. I denne prosessen blir det ikke brukt avgiftning med aktivt kull, men det ozonerte vannet blir grundig vasket vekk med avgiftet vann etter desinfeksjonen. Nyere forskningsresultater har vist at ozonering gir høy inaktivisering av virus, og viruset som forårsaker VER hos striped jack blir effektivt nøytralisert i ozoneringsprosessen. Aldehyder, som formalin og glutardialdehyd, gir god effekt mot bakterier, men har i liten grad virkning mot viruspartikler. Glutardialdehyd er mest brukt til overflatedesinfeksjon av rogn og annet marint biologisk materiale i Norge, og denne prosessen vil i liten grad ha effekt mot viruspartikler på eggoverflaten, i rognvæsken og inkubatorvannet. Selv ved nøye undersøkelse av stamfisken for forekomst av viruset som forårsaker VER, bør man beholde den ekstra forsvarslinjen som rognedesinfeksjonen representerer.

Diagnostikk av VER

Diagnosen VER stilles i dag ved å farge vevssnitt fra syk fisk med spesifikke antistoffer rettet mot virus. Imidlertid blir nå PCR-baserte metoder (polymerase kjedereaksjon) for deteksjon av virus i kjønnsprodukter, larver og yngel nå for alvor tatt i bruk. Denne metoden er raskere, og den ser ut til å være mer følsom. Det er ennå for tidlig å si om det er mulig å etablere effektive smittebarrierer mot viruset, men det er uansett viktig å kartlegge smitteveier, slik at risikoen for smitte kan minimaliseres.

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 er utviklet for humanmedisinske formål blir nå tatt i bruk innenfor fiske- og dyrehelse. Såkalte rekombinante vaksiner mot virussykdommer, der bakterier ved hjelp av rekombinant DNA-teknologi blir benyttet til å produsere tilstrekkelige mengder av protein fra virus, har gitt lovende resultater mot IPN hos laks. Tilsvarende teknologi kan forventes å gi resultater hos andre oppdrettsarter, bl.a. kveite. Det arbeides med utvikling av et vaksinekonsept som kan gi beskyttelse mot VER. Rekombinante vaksiner er vesentlig sikrere og kan være mer effektive enn tidligere virusvaksiner, som består av svekkede eller drepte virus. Såkalte DNA-vaksiner, der gener fra virus eller bakterier blir uttrykt i muskelvev hos fisk, representerer også store muligheter. Det er naturligvis svært viktig å kartlegge sikkerhet og effekt av slike vaksinekonsepter før de tilbys markedet.

Andre virussykdommer

Viral hemoragisk septikemi (VHS), "Egtvedtsyke" er særlig kjent hos regnbueørret hvor den er vist å gi alvorlig sykdom. I løpet av de ti siste årene er VHS blitt isolert fra marine fiskearter som torsk, piggvar og sild. 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 forskjellige virus. VHS er ikke blitt påvist verken på oppdrettstorsk eller på villtorsk i norske farvann. Skulle VHS bli påvist på norsk oppdrettstorsk, vil dette føre til en båndlegging av nærliggende lakseoppdrett, selv om isolatet kan klassifiseres som marint VHS.

"Cod ulcer syndrome" blir fra tid til annen påvist hos norsk oppdrettstorsk. Infeksjonen er karakterisert ved små blæredannelser i huden. I noen tilfeller kan dette

utvikle seg 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. Sykdomsårsaken er ikke fullt ut klarlagt, men en regner med at virus (iridovirus) spiller en stor rolle.

Bakterielle sykdommer hos marin fisk

Vibrio anguillarum, vibriosebakterien, er en vanlig årsak til dødelighet hos kveite og torsk i alle livsstadier bortsett fra eggfasen. Særlig i kritiske faser som startfôring og weaning er larver og yngel utsatt for vibriose. Det er vist at vaksiner av torsk kan gi god beskyttelse. Vibriobakteriene hos torsk skiller seg noe fra dem som er vist å gi sykdom hos laksefisk. En vaksine som inneholder vibriobakterier isolert fra torsk, vil høyst sannsynlig være å foretrekke, men i dag er ingen slik vaksine kommersielt tilgjengelig. Imidlertid foregår det for tiden utprøving av forsøksvaksiner. Vaksiner utviklet mot vibriose på laksefisk har vært brukt til vaksiner av torsk, men beskyttelsesgraden er usikker. Ved produksjon av yngel i poll, har vaksinasjonsmåte og vaksinasjonstidspunkt vært et stort problem. Normalt vil fisken bli vaksinert første gang på forsommeren når den fanges i pollen. På det tidspunktet er den for liten til å stikkvaksineres, og vaksinasjonen må skje ved dypp/bad som i forhold til injeksjon er langt mindre effektive. Ved normale vanntemperaturer vil fisken være ømtålig for håndtering i sommermånedene, og det er derfor problematisk å foreta revaksiner før ut på høsten. På den tiden er fisken blitt så stor at stikkvaksiner kan benyttes. Hvor lenge beskyttelsen vil vare, vet vi i dag ikke.

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

Slektinger av furunkulosebakterien, såkalte atypiske *Aeromonas salmonicida*, er isolert fra kveite, og kan sannsynligvis forårsake sykdom hos kveite. Det er uvisst om dette er sekundære infeksjoner, eller om disse bakteriene er den primære årsaken til sykdom.

Flexibacter ovolyticus som angriper egg og larver kan sannsynligvis behandles effektivt ved hjelp av overflatedesinfeksjon av egg, og god hygiene i klekkerier. Mot de andre bakteriesykdommene vil vaksinasjon være det viktigste leddet i forsvarskjeden, men det er ennå usikkert hvor tidlig kveite kan vaksineres. Arbeid med probiotika, der gunstige bakterier tilsettes fôret for å bedre motstandsdyktigheten mot sykdomsframkallende bakterier vil derfor være en interessant mulighet ved tidlige livsstadier.

Mycobacterium-infeksjoner (fisketuberkulose) dukker av og til opp hos torsk, både i oppdrett og villfanget. Ofte er det vanskelig å stille en helt sikker diagnose, da bakterien kan være vanskelig å påvise. Infeksjonen har et kronisk forløp og utvikles over lang tid. Symptomene kan variere, men hvite knuter i ulike organer som lever, nyre og milt er karakteristisk. Sannsynligvis er bruk av infisert våtfor en viktig smittekilde i oppdrett.

Parasittproblemer

Ulike parasitter er isolert fra kveite, og kan i likhet med bakterier og virus føre til sykdom. 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 yngelanlegg.

Mikrosporidien *Nucleospora* sp. er funnet i nyrene på kveiteyngel. Infeksjonen fører til sykdom og økt dødelighet.

Hvilken rolle parasittinfeksjoner vil spille for større kveite (matfisk) i framtiden er ennå usikkert, men det fins flere potensielle problemarter. Kjent her er blant annet kveiteikten *Entobdella hippoglossi*, som kan være et problem hos stamfisk og matfisk, samt kveitelusa *Lepeophtheirus hippoglossi*. Som for kveite, kan bruk av villfanget zooplankton til startfôr føre til at torskeyngel blir smittet med parasitter. Disse ligner tilsvarende arter hos kveite. Særlig på torskeyngel kan infeksjoner med *Trichodina cooper* være et sykdomsproblem. 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.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Hva er probiotika - og hva har det i oppdrett å gjøre?

Øivind Bergh

Probiotika er et sykdomsforebyggende konsept som i stigende grad er interessant i oppdrett. Først og fremst er det tidlige livsstadier av marin fisk og skjell som er aktuelle for bruk av probiotika. Probiotika-preparater består av levende mikroorganismer, vanligvis bakterier. Ved å utnytte mikroorganismenes innbyrdes konkurranse kan man manipulere mikrofloraen slik at sykdomsframkallende mikroorganismer får dårligere konkurranseforhold.

Probiotika kan defineres som "*levende bakterier som tilsettes føret for å bedre sammensetningen av mikrofloraen i vertens tarm*" (Fuller 1989). Dette er imidlertid ikke en definisjon som dekker alle områder der probiotika blir brukt. Tilsetning av probiotika direkte til vannet i oppdrettssystemene vil ha virkninger også andre steder enn i tarmen til oppdrettsorganismene. Det kan også diskuteres om ikke tilsetning av gunstige alger, slik som *Tetraselmis* spp. har en virkning som på mange måter kan sammenliknes med probiotiske bakterier, så det er ikke nødvendigvis riktig å begrense probiotika-begrepet til bakterier.

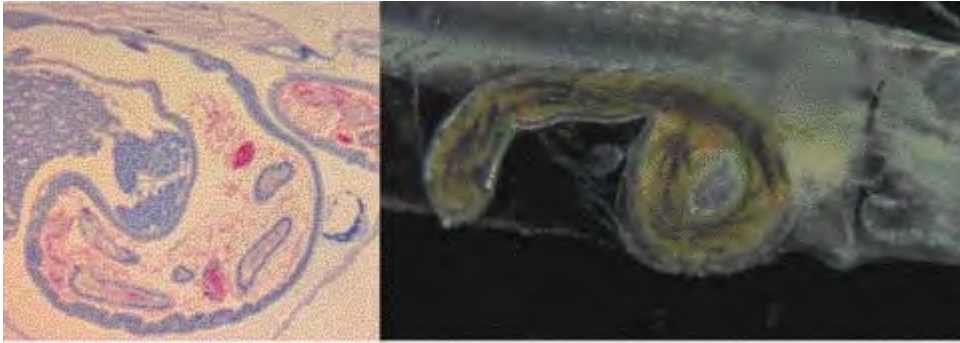
Anvendelse av probiotika

Probiotika-produkter er tilgjengelige både for human- og veterinærmedisinske formål. Innen veterinærmedisin er kyllingoppdrett et interessant anvendelsesområde, og behovet for alternativer til antibiotika i dyrefôr synes åpenbart. Interessen for å anvende probiotika-konseptet innenfor oppdrett av akvatiske organismer har økt betydelig i senere år. Probiotika anvendes også her som forebyggelse mot sykdom. Siden probiotikakonseptet ikke involverer krav om immunkompetanse hos verten, er det av spesiell interesse for tidlige livsstadier, der et ufullstendig utviklet immunsystem gjør vaksinasjon vanskelig eller umulig. For slike organismer er det betydelig behov for brukbare konsepter for forebygging av sykdom. Det er derfor i oppdrett av larve- og yngelstadier av fisk, samt skalldyr, at probiotika-konseptet sannsynligvis har sitt største potensiale. I norsk oppdrett vil det være naturlig å fokusere på yngelproduksjon av fisk og skjell.

Melkesyrebakterier eller andre bakterier?

Studier med tilsetning av probiotika til fisk kan stort sett deles i to grupper: studier der melkesyrebakterier er brukt (se oversiktsartikkel av Ringø og Gatesoupe 1998) og studier der ikke-patogene medlemmer av *Vibrio*-gruppa brukes som probiotika. Melkesyrebakterier spiller viktige roller i tarmfloraen til varmblodige dyr, men de utgjør neppe en tallmessig viktig del av tarmfloraen hos marin fisk. I en omfattende studie av tarmfloraen til larver og yngel av kveite ble det ikke isolert Gram-positive bakterier i det hele tatt (Bergh 1995). Tilsetninger av melkesyrebakterier til tarm hos larver av piggvar er imidlertid dokumentert å kunne gi en viss beskyttelse mot sykdom (klassisk vibriose), målt som økt overlevelse i smitteforsøk (Gatesoupe 1999). Bakterier i *Vibrio*-gruppa er imidlertid dominerende i den naturlige tarmfloraen til marin fisk (Onarheim og Raa 1990). Ut fra prinsippet om at bakteriestammer som skal anvendes som probiotika bør velges blant stammer som hører til i vertens naturlige

bakterieflora, er det naturlig å konsentrere arbeidet om stammer som hører til denne gruppen. I denne gruppen fins bakteriesterammer som er dokumentert å hemme vekst av bakterielle patogener (Westerdahl et al. 1991, Bergh 1995). Det er sannsynlig at ikke-patogene *Vibrio* konkurrerer om habitater med patogene stammer innen samme slekt. Utvalgte ikke-patogene *Vibrio* vil således kunne blokkere for at sykdomsframkallende bakterier fester seg og oppformerer seg i f. eks. en fisketarm.



Artemia fransiscana i tarm på kveitelarver. Bildet til venstre er et såkalt immunhistokjemisk preparat, der bakterier som i utgangspunktet er tilsatt fôret er blitt farget rød. Preparatet, som er snitt fra en kveitetarm, viser rødfarge inni mer eller mindre intakt *Artemia*-individer i tarmen, samt en god del frie bakterier i tarmen (rødfarge). Til høyre ser vi et lupe-bilde av en tilsvarende kveitelarve med tarmen full av *Artemia*.

Artemia fransiscana in a halibut larvae gut. The immunohistochemical preparation in the left picture shows bacteria introduced through the feed coloured red. The picture, a section of the halibut gut, shows red bacteria inside more or less intact *Artemia* in the gut, and free bacteria in the gut (red colour). The right picture taken through a binocular shows a similar halibut larvae with the gut filled with *Artemia*.

Probiotika i et levendefôrregime

I en storskala-anvendelse av probiotika vil utformingen av administrasjonsregimet være sentralt. Vi har ved Havforskningsinstituttet gjennom prosjektet "Bruk av probiotika i yngelproduksjon av marin fisk" demonstrert at probiotika kan tilsettes via levendefôrorganismen *Artemia fransiscana*, og tas opp i tarm hos kveite i startfôringsfasen. Disse organismene filtrerer partikler i bakteriestørrelse, og akkumulerer raskt store mengder bakterier fra en bakteriekultur. Disse bakteriene blir med videre til tarmen, og frigjøres der. Ved hjelp av en såkalt immunhistokjemisk teknikk har vi kunnet følge bakterienes vei via fôrorganismene gjennom kveitetarmen til de frigjøres og koloniserer tarmmucosa. Det synes ikke som om det totale antall bakterier i kveitetarmen påvirkes nevneverdig av at vi tilsetter probiotika-bakteriene. Det vil være naturlig å utnytte denne administrasjonsveien under startfôring av kveite i oppdrett. Vi har også karakterisert bakteriesterammer som kan egne seg i et probiotika-produkt.

Probiotika og formulert fôr

Kunnskapen som genereres her vil kunne videreføres og anvendes også når et formulert startfôr for kveite blir tilgjengelig. Kveita er ennå avhengig av levendefôr i startfôringsfasen, men utviklingen av et mikropartikulært fôr

går stadig framover. Dersom man gjør levendefôr unødvendig, vil en av de viktigste knapphetsfaktorene for marint oppdrett forsvinne. Det er sannsynlig at tilsetning av probiotika i forbindelse med anvendelse av formulert startfôr vil øke potensialet for å lykkes med et slikt fôr. Bakgrunnen for dette er at det er dokumentert at tarmfloraen bidrar til enzymatisk nedbrytning av næringsemner og produksjon av enkelte vitaminer og essensielle fettsyrer, i tillegg til sin rolle i forsvaret mot patogener. Bakterier som lever assosiert med fôrorganismer er en dominerende kilde til kolonisering av tarmen. Med et formulert startfôr blir den bakterielle komponenten i fôret dramatisk endret. Det er foreløpig en hypotese at det kan være nødvendig å inkludere en bakteriell komponent i et formulert startfôr for kveite.

Probiotika og forsvar mot virale patogener

Alle publiserte arbeider med probiotikakonseptet på europeiske fiskearter er fokusert på bakterielle patogener. Japanske forskere har over flere år arbeidet med slike problemstillinger, og har vist produksjon av substanser som kan ha virkning mot virus fra bakterier isolert fra tarm hos marine fiskearter. (Kimura et al. 1990; Yoshimizu et al. 1992). Arbeid med tilsetning av slike bakterier til levendefôrkulturer til marin fiskeyngelproduksjon er igangsatt, og det undersøkes spesielt om slike substanser kan ha effekt mot nodavirus på striped jack og barfin flounder. Etablering av en bakteriestamme i tarm med antiviral effekt vil i tilfelle utgjøre en ekstra forsvarslinje mot virussykdommer.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

DNA-vaksiner, en ny vaksinasjonsstrategi

Audun Nerland

Det er ingen tvil om at vaksiner er en av hovedgrunnene til at fiskeoppdrett har vokst til en av Norges største næringer i løpet av de siste 20 årene. Trass i dette så sliter næringen fortsatt med en del sykdommer som det ikke er utviklet effektive vaksiner mot. En av strategiene for å bekjempe disse sykdommene er bruk av såkalte DNA-vaksiner.

De første fiskevaksinene som ble utviklet var mot sykdommene vibriose, kaldtvannsvibriose og yersinose hos laksefisk. Her viste det seg at bakterier som ble oppdyrket på næringsrike medier, og deretter drept med formalin, gav god beskyttelse når de ble injisert i fisken.

For andre sykdommer viste det seg imidlertid at vaksineutviklingen ikke var fullt så enkel. For å få en akseptabel beskyttelse mot furunkulose måtte formalindrepte bakterier tilsettes hjelpestoffer (adjuvans) for å bli tilstrekkelig stimulert.

Men det var også sykdommer der vaksineutviklingen viste seg enda vanskeligere. Formalindrepte *Renibacterium salmoninarum* injisert i fisk gav liten eller ingen beskyttelse mot BKD (Bacterial kidney disease), selv om det ble tilsatt ulike typer adjuvans.

For å finne en forklaring på dette må man se på oppbyggingen til immunsystemet og hvordan dette blir stimulert.

Antigenpresentasjon, immunstimulering, beskyttelse

Stimulering av immunsystemet kan enten medføre en humoral immunrespons med produksjon av antistoffer fra B-celler, eller en cellulær immunrespons (CMI) med dannelse av reaktive T-celler. Hos pattedyr har man kartlagt og videreinndelt både det humorale (IgA, IgG, IgM etc.) og cellulære (T-hjelpeceller, T-cytotoksiske celler) immunsystemet. Selv om man ikke er kommet så langt når det gjelder kartleggingen av immunsystemet hos fisk, ser det ut til at mange av hovedtrekkene er like.

Hvilken del av immunsystemet som blir stimulert når en mikroorganisme kommer inn i kroppen, avhengig av to ting. For det første om mikroorganismen består av komponenter (antigener) som har evne til å stimulere henholdsvis B-celler eller T-celler. For det andre om disse antigenene blir presentert for immunsystemet på en hensiktsmessig måte.

Antigener som blir injisert i kroppen i løst form blir som regel tatt opp av APC (antigen- presenterende celler) ved pinocytose, bearbeidet, og presentert på overflaten sammen med vevsforlikshets-antigener av typen MHC klasse II. Dette vil kunne medføre stimulering av T-hjelpeceller, som igjen vil hjelpe til i aktiveringen av B-celler (som er stimulert av de samme antigenene). Man får altså en humoral immunrespons.

Antigener som blir syntetisert inne i kroppens celler (for eksempel av et virus) vil bli bearbeidet på en annen måte, slik at de blir presentert på celleoverflaten sammen med vevsforlikshets-antigener av typen MHC klasse I. Dette vil kunne medføre stimulering av T-cytotoksiske celler, som vil ha evnen til å lysere infiserte celler, en såkalt cellulær immunrespons.

Hvilken type immunrespons som gir beskyttelse vil kunne variere avhengig av den patogene organisme. For å være beskyttende må immunresponsen på et eller annet stadium interferere og stoppe den patogene organismens livssyklus.

En humoral immunrespons vil ha tilgang til, og kunne interferere med ekstracellulære mikroorganismer, men det vil være nødvendig med en cytotoksisk immunrespons for å frigjøre intracellulære mikroorganismer, slik at disse blir tatt hånd om av profesjonelle drepe-celler. I og med at ulike patogener ofte har ulik livssyklus, vil det kunne variere hvilken immunrespons som virker beskyttende. Mye tyder likevel på at for en gitt patogen organisme, vil en optimal beskyttende immunrespons være en gitt avbalansert stimulering av de forskjellige deler av immunsystemet.

Sett på bakgrunn av dette vil utfordringen når det gjelder vaksineutvikling være å identifisere potensielle beskyttende antigen, og deretter presentere dette (disse) for immunsystemet på den rette måten.

Intracellulære mikroorganismer

Flere patogene mikroorganismer lever (i større eller mindre grad) inne i vertsorganismens celler i deler av sin livssyklus. I en slik intracellulær tilværelse vil de være beskyttet mot vertsorganismens humorale immunsystem hvis ikke de aktuelle cellene blir identifisert og lysert av det cellulære immunsystemet. En del mikroorganismer har utviklet evnen til å unngå selv de avanserte mekanismene (lysosomer, frie radikaler) som profesjonelle dreperceller (f.eks. makrofager) har for å inaktivere mikroorganismer som har trengt inn i cellene.

Virus har et obligat intracellulært stadium i sin livssyklus. Av fiskepatogene bakterier har noen (f.eks. *Renibacterium salmoninarum*) et obligat intracellulært stadium, mens andre (f.eks. *Aeromonas salmonicida*) sannsynligvis er avhengig av en intracellulær tilstedeværelse for å gå inn i et latent stadium.

Det er nettopp mot intracellulære mikroorganismer det har vist seg vanskelig å utvikle effektive vaksiner basert på inaktiverte (formalindrepte) mikroorganismer. Og hovedgrunnen til dette er at injeksjon av inaktiverte mikroorganismer medfører at antigenene blir presentert på en slik måte at det i liten grad vil stimulere det cellulære immunsystemet som er nødvendig for å lysere de cellene som er infisert.

Et alternativ ville være å bruke attenuerte (altså ikke-patogene) levende mikroorganismer som vaksiner. Men innenfor oppdrettsnæringen ville dette være betenkelig, blant annet fordi det forligger en mulighet for disse til å revertere til en patogen form.

DNA-vaksiner gir beskyttende immunrespons mot intracellulære mikroorganismer. Ved DNA- vaksinerer blir genet som koder for et antigen klonet inn i en plasmidvektor bak en eukaryot promotor. Plasmidet blir deretter oppformert i en bakteriekultur og renses opp i større mengder. Ved injisering av slikt rent plasmid-DNA i muskelvev har det vist seg at plasmidet vil gå inn i muskelcellene hvor det kodede genet vil bli transkribert og translatert. Antigenet, som på denne måten vil bli uttrykt i muskelcellene, vil da bli prosessert og presentert på celleoverflaten sammen med MHC klasse I, og på denne måten kunne stimulere cytotoksiske T-celler. I tillegg vil fritt antigen også kunne komme ut av muskelcellene.

Dette kan enten skje ved eksport ut av cellene, eller ved at de aktuelle cellene blir lysert av de cytotoksiske T-cellene. Fritt antigen vil da kunne tas opp av profesjonelle APC (f.eks. makrofager), bearbeidet, og presentert på celleoverflaten av disse sammen med MHC klasse II, som igjen kan stimulere T-hjelpeseller.

På denne måten vil DNA-vaksiner kunne medføre at antigenet stimulerer immunsystemet på en lignende måte som det som ville ha skjedd ved infeksjon av den tilsvarende intracellulære mikroorganismen.

En annen fordel med DNA-vaksiner er at man ved å blande forskjellige plasmidkonstrukt relativt raskt kan teste ut forskjellige antigenkandidater, både med hensyn til humoral og cellulær immunrespons og beskyttende virkning.

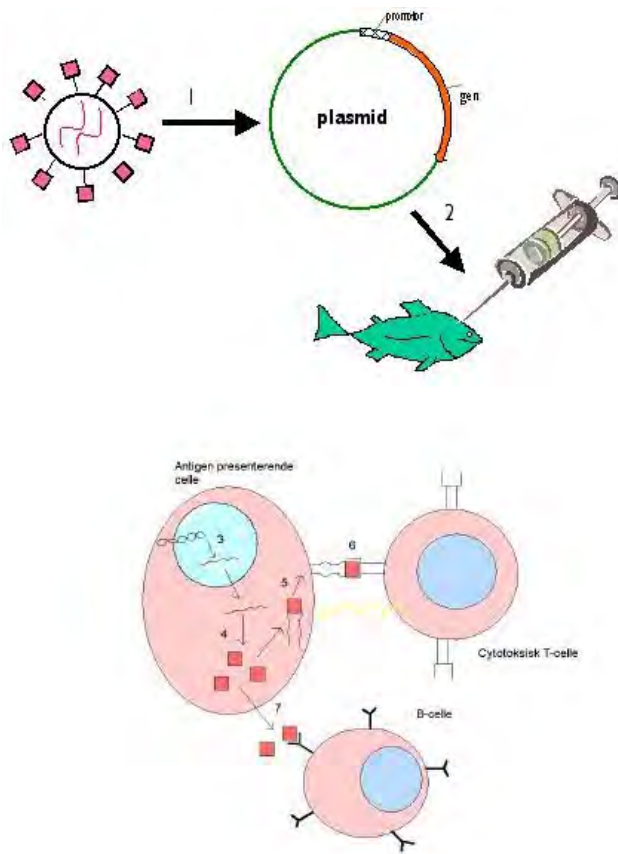
Det vil også være mulig å kombinere DNA- vaksinen med forskjellige adjuvaner; både ved å administrere plasmidet som koder for antigenet sammen med adjuvansetoffer, og ved å blande inn et annet plasmidkonstrukt som koder for immunstimulerende stoffer (f.eks. cytokiner). Man kan på denne måten modifisere immunresponsen slik at man får en riktig sammensetning av humoral og cellulær respons som vil virke beskyttende mot en gitt infeksjonsykdom. Interessant i denne sammenhengen er såkalte CpG-motiver, der det har vist seg at hvis man i vektoren inkluderer sekvenser av umetylert CpG dinukleotider som er flankert av to 5'puriner og to 3' pyrimidiner, vil dette medføre stimulering av immunsystemet til å produsere IL-6, IL-12 og IFN-gamma.

Ved produksjon av DNA-vaksiner vil disse ha den fordelen i sammenligning med tradisjonelle vaksiner at DNA er meget stabilt og i frysetørret tilstand vil kunne oppbevares ved romtemperatur i årevis.

Hvilke sykdommer er aktuelle

Som nevnt overfor er utvikling av DNA-vaksiner spesielt aktuelt for infeksjoner av intracellulære patogene organismer der tradisjonelle vaksinekonsepter har vist seg lite effektive. Uttesting av DNA-vaksiner mot virus- (for eksempel influensa, rabies), bakterie- (for eksempel myco-plasma, tuberkulose), og parasitt-sykdommer (for eksempel malaria) har i dyremodeller vist at dette gir beskyttelse i form av antistoffer og cellulær immunrespons.

Når det gjelder fisk har bruk av DNA-vaksine mot VHS (viral haemorrhagic septicaemia) vist lovende resultater der yngel av regnbue-ørret fikk en relativ beskyttelse på over 90 % i smittforsøk.



DNA-vaksiner, en ny vaksinasjonsstrategi. (Audun Nerland)

1. Gen fra en patogen organisme (her et virus) klones inn i et plasmid bak en eukaryot promotor
 2. Renset plasmid injiseres i fiskevev
 3. Fiskens celler tar opp plasmidet og man får transkripsjon og
 4. Translasjon og syntese av antigen
 5. Antigenet presenteres på cellens overflate
 6. Stimulering av cytotoxiske T-celler
 7. Antigen eksporteres ut av cellen og kan stimulerer B-celler og T-hjelpeseller
1. *A gene from a pathogenic organism (in this case a virus) is cloned into a plasmid behind an eukaryotic promoter.*
 2. *Purified plasmid DNA is injected into the tissue of a fish.*
 3. *Transmission of plasmid DNA into the fish cells, followed by transcription and*
 4. *translation and synthesis of antigen.*
 5. *Presentation of the antigen on the surface of the cell.*
 6. *Stimulation of cytotoxic T-cells.*
 7. *Antigen is exported out of the cell and may stimulate B-cells and helper T-cells*

Innenfor oppdrettsnæringen har man andre aktuelle sykdommer som virussykdommene ILA (infeksiøs lakseanemi), IPN (infectious pancreatic necrosis), VER (viral encefalopati og retinopati), PD (pancreatic disease) og bakteriesykdommene BKD (bacterial kidney disease), furunkulose, mycobacterie-infeksjoner og rickettsia-infeksjoner. Det kan også være aktuelt å benytte DNA-vaksiner for å modulere immunresponsen, slik at man oppnår beskyttelse mot parasitter som f.eks. lakselus.

Men for å benytte denne typen vaksiner innenfor akvakultur må man utvikle vektorer som er akseptable for denne næringen, både markedsmessig og miljømessig. Ved utvikling av slike vektorer må de tradisjonelle viruspromotorene byttes ut med for eksempel beta-actin promotor fra fisk, og antibiotika-resistensgener må byttes med andre seleksjonsmarkører (for eksempel næringskrav- markører).

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Kan *Kudoa* og andre myxosporidier bli eit problem i oppdrett av marin fisk i framtida?

Frank Nilsen

Myxozoa, eller myxosporidier som dei gjerne vert kalla, er ei gruppe med fleircella parasittar som er vanlege hos fisk. Sporane ein finn i fisken syner likskap med nesleceller hos cnidarier og genetiske studiar indikerar at desse to gruppene kan vera i slekt.

Ein trudde tidlegare at myxosporidier hadde ein direkte livssyklus og kunne smitte frå fisk til fisk. Dette har seinare vist seg å vera feil, og i dag veit ein at myxosporidier har to vertar i livssyklusen (gjeld for dei artane som ein har studert livssyklusen til så langt). I tillegg til ein fiskevert må parasitten ha ein evertebrat, vanlegvis ein oligochaete (Annelid) før livssyklusen kan fullførast. Faktisk er det fisk som må reknast som mellomvert her, då den kjønna formeiringa føregår i evertebraten. Oligochaeten får i seg sporar som kjem frå fisken, og ein får danna ein ny type sporar (actinosporer) i tarmen på evertebraten. Desse sporane er i mange tilfeller utstyrt med "flytevingar" og vil ved kontakt med rett fiskevert infisera denne. Infeksjon av fisken kan skje på fleire måtar og parasitten kan kome inn via hud, gjeller og tarm. Ei tid etter infeksjon vil ein finne dei typiske myxosporidiane i det aktuelle mål organet. I mange tilfeller er det slik at fiskeverten må dø før ein får ei frigjering av sporar frå fisken.

Ein kjenner i dag til langt over 1000 artar med myxosporidier frå fisk, eit tal som aukar kvart år. Dei kan infisere dei aller fleste organa i fisk og ei rekkje av desse kan vera svært skadelege for verten.

Kudoa

Myxosporidier i slekta *Kudoa* infiserar kroppsmuskulatur og hjertemuskulatur hos marin og estaurin fisk. Ein kjenner til meir enn 40 artar i denne slekta i dag. Undersøker ein nyleg avliva infisert fisk kan ein sjå kvite eller gråkvite striper/områder i muskulaturen. Eit anna særtrekk ved *Kudoa*-infeksjonar er at muskulaturen kan verta blaut og degenerert på grunn av frigjeving av proteolytiske enzym frå parasitten når verten er død. Desse to eigenskapane ved *Kudoa*-infeksjonar gjer at infisert fisk er ueigna til konsum. Ein kjenner i dag ikkje livssyklusen til *Kudoa*, men forsøk tyder på at der er ein torvertssyklus liknande andre myxosporidier. Forsøk der ein har prøvd å infisera fisk med *Kudoa*-sporar direkte (dei sporane ein finn i fisken) har ikkje resultert i infeksjon.

Infeksjonar med *K. thyrssites* er eit problem i lakseoppdrett (*Salmo salar*) i Canada, USA og Irland. Ein har så langt ikkje påvist *Kudoa*-infeksjonar i laks i Noreg. Studiar med *K. thyrssites* på atlantisk laks i Canada viser at laksen vert infisert like etter at den er sett i sjøen, og meir enn 50 % av fisken i ein merd kan verta infisert. Ein stor del av infeksjonane vil over tid tilsynelatande forsvinne men det er kjent at ved t.d. kjønnsmodning kan ein få tilbakefall. Ein får då problem med degenerering av muskulaturen på fisken, som då vert ueigna til konsum. Denne nye oppblomstringa av parasitten er hevda å skuldast "kryptiske" stadier av parasitten som ligg latent i fisken. I Noreg har ein fleire fiskeartar som det er rapportert *Kudoa*-infeksjonar frå (m.a. sild, makrell, lysing og laks), men så langt er det ikkje rapportert om infeksjonar i norske farvatn. Det første funn av *Kudoa* i Noreg var frå sandkutling. Seinare er det funnet

Kudoa i oppdretta gråsteinbit. Steinbiten var infisert i kroppsmuskulaturen og infeksjonsfoki var synlege ved kvite til gråkvite striper i muskulaturen. *Kudoa* har ikkje vore rapportert frå steinbit før, og det er truleg ein eigen art som går i steinbit.

Andre myxosporidier

Ei rad myxosporidier er kjend å vera patogene i laksefisk. Dei mest velkjente er *Myxobolus cerebralis* (dreiesjuka) og PKD (*Tetracapsula bryosalmonae*). Oppdrett av marine artar er i Noreg i dag i startfasen, og ein kjenner ikkje til at myxosporidier har skapt problem så langt. Alle dei marine artane som i dag er aktuelle som oppdrettsartar i Noreg (kveite, steinbit og torsk) har fleire artar myxosporidier som er kjende frå villfisk og nokre av desse er òg funnen i oppdretta fisk. Om desse ein gong vil utgjera eit problem i framtidig storskalaoppdrett er vanskeleg å seie, men med bakgrunn frå det ein veit frå andre "problem"-myxosporidier er dette noko ein må vera merksam på. Sidan myxosporidier har to vertar i livssyklusen gjer dette at ein kan bryte syklusen ved å hindre at fisken kjem i kontakt med den andre verten. Ein såg effekten av dette med dreiesjuka då ein slutta å nytta jorddamar i oppdrett av regnbogeare. Fisken kom då ikkje lenger i kontakt med dei infektive stadia (*Triactionmyxon* sporane) som vert produsert i *Tubifex tubifex*. Forutan oligochaeter veit ein at myxosporidier kan nytte polychaeter og bryozoer som andre vert. Størsteparten av kunnskapen ein har i dag om myxosporidie livssyklusar er i frå ferskvatnartar, og det er berre eit fåtal rapportar om funn av actinosporer ifrå marint miljø. Truleg kan marine myxosporidier ha andre evertebratvertar enn dei ein kjenner til i dag. Bruk av pollar til oppdrett av marin fisk kan vera ein innfallspor for infeksjonar, då ein vil ha eit stort tal med potensielle evertebratvertar der.

Spredning av lakselus i sjøen: hvilke biologiske faktorer har innvirkning?

Karin Boxaspen

Lakselusas tre første stadier lever som plankton fritt i sjøen. I denne fasen sprer den seg med vannmassene. Spredningen kan skje passivt ved at lakselusa driver som partikler i vannmassene eller så kan egenbevegelsen til lusa virke inn. Havforskningsinstituttet skal nå koble sin kunnskap fra fysisk oseanografi (Senter for marint miljø) med lakselusbiologi (Senter for havbruk) for å bygge opp en modell for denne spredningen.

Lakseluslarvene skal inngå som en partikkel i en partikkelsporingsmodell. Det er spesielt to biologiske problemstillinger som må studeres og implementeres i modellen; hvor lenge er en lakseluslarve i stand til å leve i vannmassene og infisere en vert, og hvor mye vil lakselusas egenbevegelse ha å si for posisjonering. For enkelte krabbe- og skjellarter er det for eksempel beskrevet hvordan de frittlevende larvene ved hjelp av egenbevegelse opp og ned kan utnytte tidevannstrømmer til å drive i en stor sirkel og komme tilbake dit de var klekket. Lakselusa er flink til å finne verter, men vi vet ikke hvilke ytre faktorer den styrer etter.

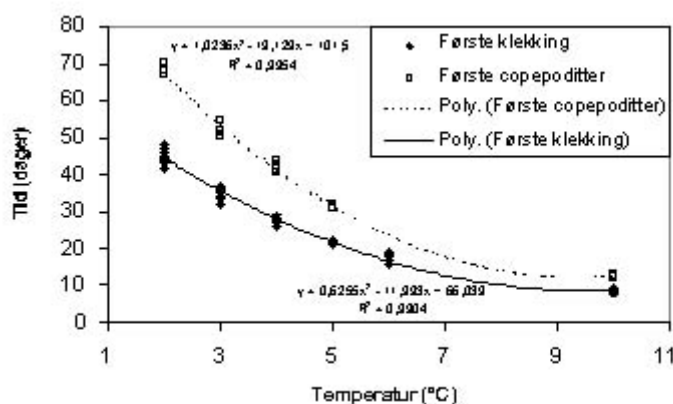
Bredde på infektivt vindu: hvor lenge kan lakselus være infektive?

1. Tid til første klekking og copepoditt

Lakselusas utvikling over tid er i stor grad styrt av temperaturen i sjøen. Vi har over flere år studert denne utviklingen på lave temperaturer (Boxaspen og Næss, 1999). Resultatene er nå systematisert og kan settes inn i en modell (figur 1).

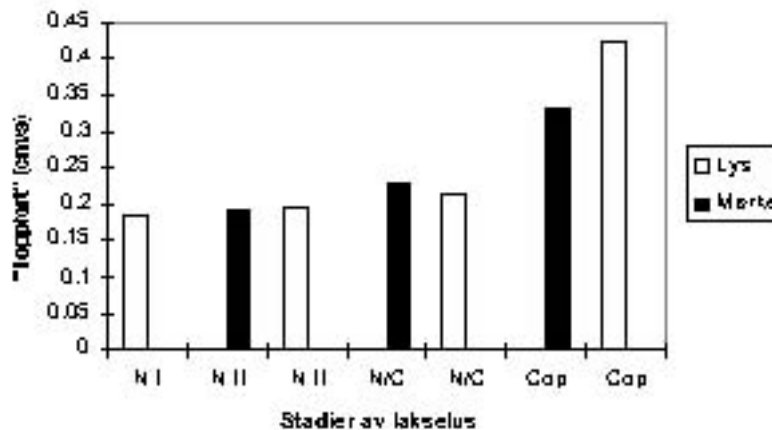
2. Påslagssuksess som funksjon av alder på copepoditter

Hvis lakselusa når så langt at den blir copepoditt finnes to klare utfall: den finner en vert eller ikke. Siden copepoditten har opplagsnæring og ikke spiser, er tiden den har begrenset. Før eller siden vil den ha brukt opp så mye av sine energireserver at den ikke er i stand til å skifte skall og gå videre i livssyklusen selv om den har funnet en vert.



Figur 1 Tid til første klekking (svarte ruter) og første copepoditt (åpen firkant) fremstilt for alle eggstrengene. Linjene er beste polynome tilpasning.

*Time to first hatching of *Lepeophtheirus salmonis* egg strings (open triangle, black triangle) at two different water qualities and time to first appearance of the copepodid stage (black box). Eggs and nauplii were maintained in darkness at various temperatures and ambient salinity. Lines are the fitted polynomial functions.)*



Vi har prøvd ut to metoder for å studere copepodittens evne til å infisere laksen over tid. I første metode brukte vi 300 levende copepoditter, 24 timers eksponering og opptelling av copepoditter på laksen rett etter avslutning. I den andre metoden brukte vi større kar slik at laksen fikk sjanse til å svømme mer, 200 copepoditter, 2,5 timer eksponering og opptelling en uke etter infisering slik at kun copepoditter som var i stand til å skifte skall ble talt opp. Ut ifra sammenligning mellom de to metodene kan det se ut som copepodittene fester seg raskt slik at lengre eksponeringstid ikke har stor betydning for påslagssuksess. Totalantallet copepoditter innenfor hver forsøksserie viser at både dag 1 og dag 14 gir klart lavere grad av infeksjon (figur 2). På dag 17 var copepodittene i oppbevaringskaret døde, slik at dag 14 er siste dag vi har greid å gjennomføre en vellykket infisering på 10°C.

Figur 3 Gjennomsnittlig vertikal hastighet (cm/s) målt for forskjellige larvestadier under stabile lys eller mørke betingelser.

. Mean vertical migration velocity (cm/sec) in different larval stages under stable light and dark conditions.

Betydning av egenbevegelse hos lakselus

Studier og kvantifisering av egenbevegelse hos lakselus som kun er fra 0,3 til 0,7 mm lange, er blitt mulig ved hjelp av et spesielt registreringssystem. Systemet består av et observasjonskammer eller akvarium (7l) montert i midten av to rammer lagt i kryss (90°), to silhuett (skygge) videokamera og linser er montert på rammene. To infrarøde lysdioder gjør det mulig å filme i mørke. Ved hjelp av nyutviklet programvare til å analysere videoene er det så mulig å følge individuelle dyr bilde for bilde i rommet.

1. Atferdsobservasjoner i normalsituasjonen (ingen ytre påvirkninger)

Naupliene har stort sett en vertikalvandring som består av korte svømmeturer oppover, avløst av passiv synkeatferd.

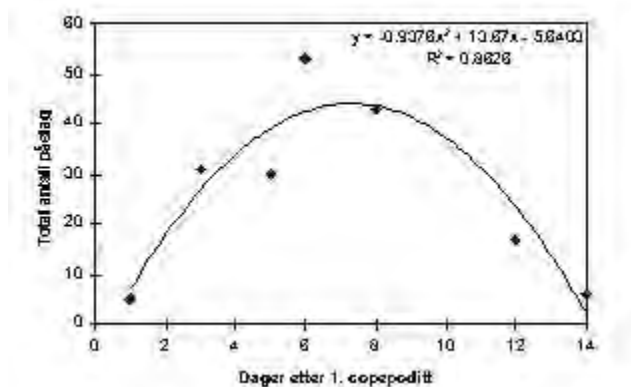
Farten i den aktive fasen ble registrert til 0,17 cm/s (figur 3). Nettoresultatet var allikevel en relativ svømme hastighet lik 0 mm/s. Det skjer imidlertid en tydelig endring i atferd ved skallsifte fra nauplie II til copepoditt. Der hvor naupliene bare viser vertikalvandring har copepoditten også horisontal bevegelse. Ved å måle hastighet på kun den vertikale aksene ble farten målt til 0,42 cm/s i lys og 0,35 cm/s i

mørke (figur 3). Enkelte dyr kunne komme opp i en fart på 2 cm/s for kortere intervaller.

2. Lakselusa reaksjon på variasjoner i salinitet

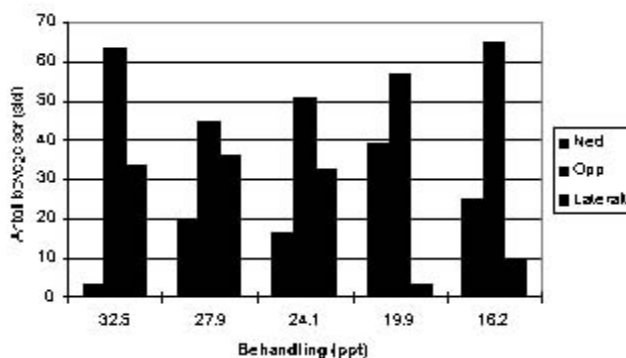
Lakselus er en saltvannsparasitt og tåler ikke ferskvann. De ramler da også av en kort stund etter at laksen har svømt opp i en elv. De kan imidlertid tolerere endringer for kortere tid. Inne i fjordene regner vi med at lakselus har en stor grad av egenbevegelse som svar på forandringene i salinitet. Ved å ta ut lakselus av samme alder og eksponere dem for ulike saliniteter (32,5; 27,9; 24,1; 19,9; 16,2 og 12,1 ppt) sank nauplier passivt ned allerede på 27,9‰. For nauplier som befinner seg i fjordsystemer kan dette være en god respons. Den tåler kanskje ikke så store variasjoner og bør komme seg ned til vannlag med høyere salinitet.

For copepoditter ble det observert at de svømmer rundt helt ned til nest laveste salinitet som ble testet (16,2 ppt). De hadde imidlertid en klar økning i horisontale og nedover rettede bevegelser på lavere saliniteter (figur 4). På laveste salinitet sank også copepodittene ut av synsfeltet. For kyststrøkene vil kanskje ikke salinitet ha mye å si for atferden til lakseluslarvene, siden salinitetsforholdene er mer stabile. I fjordsystemer derimot antar vi at salinitet kanskje vil være en av de sterkeste påvirkningsfaktorene med tanke på posisjonering.



Figur 2 Infisering av laks med copepoditter av økende alder. Resultater fra både optelling av copepoditter og chalimus er inkludert (to metoder).

Infection of salmon using copepodids of varying age.



Figur 4 Standardisert retningsbestemt bevegelse hos lakselus copepoditter ved varierende salinitet. Graden av copepoditter som svømmer ned øker på lavere saliniteter. Graden av horisontale bevegelser synker under 24 ppt..

Standardized directional movement in copepodites of salmon lice at varying salinities. The fraction of descending copepodites increase on low salinities. The fraction of horizontal movement decrease below 24 ppt.

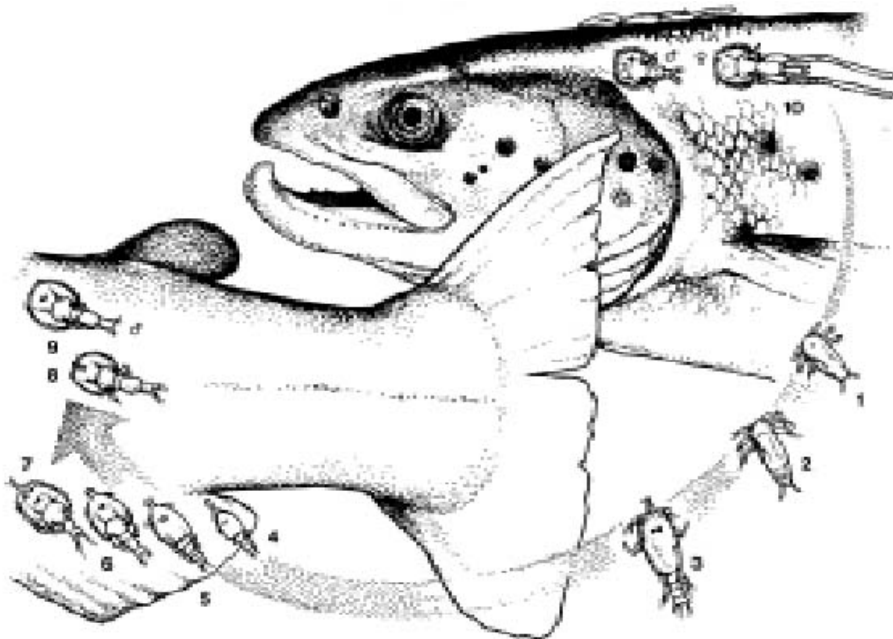
3. Lakselusas reaksjon på forandringer i lys

I tidligere undersøkelser (Heuch et al. 1995) har vi vist at lakselus vil ha en aktiv bevegelse oppover på dagtid og en mer passiv synkeatferd om natten. Her ble det tatt prøver kun midt på dagen og midt på natten. For å undersøke dette nærmere har vi undersøkt både virkningen av lysintensitet målt i fotonflux (fotoner/m²s) og lyskvalitet (ulike bølgelengder). Vi har også undersøkt hva som skjer ved plutselige forandringer, slik som når en enten slår lyset på eller av.

Ved plutselige forandringer i lysstyrke (evt. til mørke) får man en kraftig respons hos både larver og voksne. Det varierer imidlertid hvor sensitive de er for grad av forandring. Hos nauplier fant vi ingen respons ved å slå på lys. Ved å slå av lyset får en derimot en sterk skyggerespons hvor naupliene svømmer oppover. Det ser da ut som om alle dyrene tar et stort hopp i samme retning. Fra lysintensiteter lik eller under $4,24 \times 10^{16}$ fotoner/m²s var det ingen av-respons. Denne av-responsen kunne observeres over hele lysspekteret fra 350 nm til 600 nm. Hos copepoditter får en den motsatte effekten, slik at de reagerer når lyset blir slått på. En såkalt skyggerespons er beskrevet for andre parasitter som en viktig funksjon i vertsgjenkjennelse. Dette er ikke beskrevet i litteraturen for lakselus før. Hva denne atferden vil ha å si for lakselusas spredningsmønster i kyst- og fjord strøk må evalueres.

Videre arbeid

På 10 °C har copepoditten evne til å infisere opp til dag 14 etter den ble copepoditt. Vi vil gjøre de samme undersøkelsene på både lavere og høyere temperaturer for å få et mer fullstendig bilde av påslagsmønsteret til lakselusa. Både lys og salinitet har en klar effekt på lakseluslarver. Videre studier er nødvendig for å få en bedre forståelse for hva dette innebærer for lakselusas posisjonering og evne til å finne en vert.



Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Sist oppdatert: / [Info](#)



[Kontakt oss](#)
Havforskningssinstituttet
©2000

Skadeeffekter med høye mengder planteoljer til laksefisk

Rolf Erik Olsen

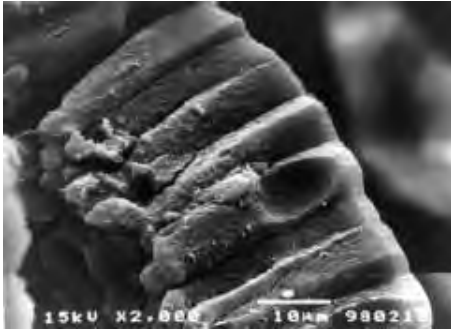
I løpet av de siste årene har det vært en betydelig økning i produksjonen av fisk i marint oppdrett. Dette gjelder spesielt for laks og etter hvert nå også regnbueørret. I årene som kommer vil sannsynlig produksjonen av nyere arter som kveite, piggvar og torsk også tilta.

Tradisjonelt har diettene som har vært benyttet til oppdrettsfisk vært basert på marine råstoffer. Denne situasjonen er nå på vei til å endres. Økt produksjonsvolum og begrenset tilgang på marine råstoffer gjør at disse fôringrediensene etter hvert vil bli mangelvare. I fremtiden må vi derfor regne med at atskillig større mengder av fiskens fôr må komme fra alternative fôrkilder. De mest realistiske alternativene i dag er plante-mel og -oljer. Disse er også relativt rimelige, slik at produksjonskostnadene per kilo produsert fisk kan reduseres betraktelig.

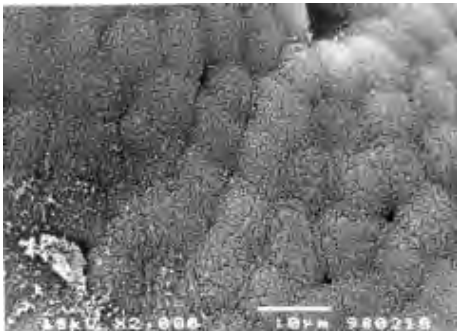
Men disse fôrkildene er svært forskjellige fra den maten fisken er genetisk tilpasset. Eksempelvis er det nå kjent at de fleste plante proteiner ikke inneholder den riktige blandingen av essensielle aminosyrer, og fettene mangler ofte tilstrekkelige mengder av de essensielle fettsyrene som fisken trenger. Det at de fleste planter også inneholder såkalte anti-næringsfaktorer som kan gi en lang rekke skadelige effekter, dersom melet ikke behandles riktig, gjør heller ikke situasjonen noe enklere. I en viss grad er dette problemer man er klar over, og som i en viss grad kan kompenseres for i praktiske fôrblandinger.

Men økende mengde plantemateriale i fiskefôr kan også føre til at det dukker opp nye og uventede problemer som vi i dag ikke har oversikt over. Når problemet er ukjent, er det heller ikke noe man kan gjøre for å beskytte seg mot det.

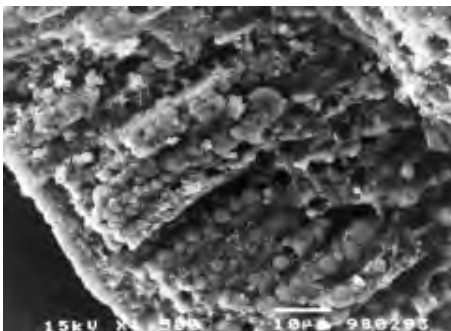
Jeg vil her redegjøre for et slikt uventet problem som vi ble oppmerksomme på for et par år siden. Som et ledd i en lengre forsøksserie hvor vi undersøkte alternative fettkilder i laksefisk, ble røye fôret med rensede dietter som kun var tilsatt planteoljer som fettkilde. I enkelte tilfeller så vi at fisken mistet appetitten etter å ha blitt gitt noen av disse fôrene. Vi antok at dette kunne skyldes at oljene på en eller annen måte påvirket fiskens tarm. Det ble derfor bestemt å undersøke dette problemet nærmere. En av de tingene vi gjorde, var å undersøke snitt av tarmen i elektronmikroskop som gir en svært høy forstørrelse. I figur 1 ser vi normale tarmceller fra blindsekken av røye som har spist en diett med marin olje som eneste fettkilde. Det er disse cellene som ligger langs tarmens innside, og som er aktive i opptaket av næringsstoffer. Til venstre ser vi bunnen av cellene, og til høyre et karakteristisk membransystem som vender inn mot tarmen. Dersom vi ser på disse cellene fra tarmsiden, ser vi at membransystemet lager et tett teppe som dekker tarmen og hindrer at større fôrpakninger og bakterier trenger inn i cellene og videre til fiskens vev (figur 2). Fordypningene i bildet viser omrisset av hver enkelt celle.



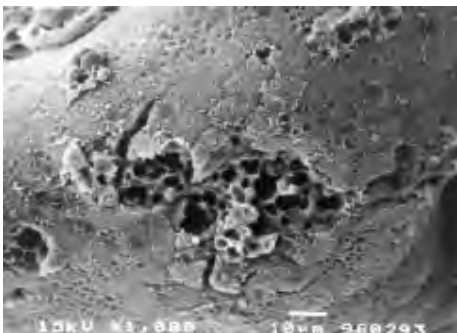
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

Hva skjedde så når røye ble gitt enkelte planteoljer? I figur 3 ser vi tarmceller i røye når den ble gitt linfrøolje. Vi ser at cellene er fulle av dråpelignende kuler. Dette er

fett som hopet seg opp i cellene. I enkelte tilfeller utgjorde disse fettdråpene over 60 % av cellens volum. Dette så ut til å nedsette cellenes funksjon. I mange tilfeller var skadene så store at cellene ble ødelagt. Det ble også lagd store hull i noen celler (Figur 4) som godt kunne ha fungert som infeksjonsrute for bakterier som lager sykdom i fisk.

Hva var så årsaken til at fett hopet seg opp? En viktig prosess som skjer i tarmcellene, er at de klargjør det absorberte fettene for transport med blodet rundt i kroppen. Blod består som kjent for det meste av vann, og kan ikke uten videre transportere dette fettene. Derfor bakes det inn i lipoproteiner som er langt mer blandbare med vann. Disse kan lett transporteres rundt til fiskens ulike organer. Vi antok at opphopningen av fett kunne være forårsaket av at planteoljen hindret produksjonen av disse lipoproteinene. Eller sagt på en annen måte, vi antok at planteolje ikke inneholdt en del faktorer som er viktige i syntesen av lipoproteiner. Ved å undersøke hvilke faktorer som ikke var i planteoljene vi hadde benyttet, men som det var mye av i de marine oljene, kom vi frem til flere alternative kandidater. For det første er fosfolipider viktige for dannelsen av lipoproteiner. De planteoljene vi hadde benyttet inneholdt ingenting av dette, mens det er mye fosfolipider i fiskemel. En annen mulighet var at dersom fisken skulle lage sine egne fosfolipider i tarmcellene, så ville de være avhengige av å benytte en del fettsyrer som ikke fantes i linfrøolje. Vi lagde derfor et sett med forsøksfôr. I ett fôr tilsatte vi fosfolipider. I et annet fôr erstattet vi en del av linfrøoljen med den fettsyren som ville være nødvendig å ha dersom fisken skulle lage sine egne fosfolipider. I begge tilfeller forsvant fettdråpene, og transporten av fett så ut til å være tilbake til det normale (jf. figur 1 og 2).

Selv om effektene kan være store ved relativt små variasjoner i sammensetningen av planteoljer i fôret, kjenner vi ennå ikke fullt ut de mekanismer som forårsaker slike effekter. I dette forsøke indikeres dette ved at to ulike tilnæringsmåter gav samme resultat. Vår kunnskap i dag er helt sikkert bare deler av sannheten. Dette gjelder også for andre deler av fiskens ernæring med plantemel og -oljer.

Slike forsøk som dette illustrerer hvor viktig det er å ha inngående kjennskap til de basale mekanismene i fiskens biokjemi. Slik forskning burde prioriteres mer enn hva som er tilfelle i dag. Ikke minst blir slik kunnskap viktig i tiden fremover, slik at vi er best mulig rustet når det blir en absolutt nødvendighet å gjennomføre betydelige tilsetninger av alternative næringsmidler til fiskefôr.

Lakselusen dreper villaksen. Tiltak på vei !

Av Jens Christian Holst, Per Jakobsen, Frank Nilsen og Marianne Holm.

Allerede tidlig på 1990-tallet advarte forskere ved Universitetet i Bergen mot lakselus som en potensiell bestandsregulerende faktor i sjørret- og laksebestander. Massive angrep på sjørret var beskrevet fra Irland og lignende forhold ble observert i Norge. På grunn av sjørretens levesett og kystnære utbredelse, ble prematur tilbakevandring kun observert hos denne arten. Laksens direkte utgang til havet gjorde det mer komplisert å undersøke lusangrep, men det var nærliggende å anta at massive infeksjoner også kunne opptre hos laks.

Forskere fra NINA observerte på midten av 90-tallet postsmolt laks i Trondheimsfjorden, fanget med trål med foruroligende høye luspåslag, en observasjon som ga videre grunn til bekymringer. Havforskningsinstituttet hadde fra 1990 fanget postsmolt laks i Norskehavet om sommeren. Materialet som ble fanget i 1991 ble analysert med hensyn til bl.a. lakseluspåslag, og det ble ikke observert mer enn 10 voksne lus per fisk. Materialet viste en negativ korrelasjon mellom skjelltap og antall lus, og det var klart at for å oppnå gode lusestimer fra trålfangster trengte man en ny metode som kunne fange postsmolten uten at den ble vasket.

Utover 90-tallet kom meldinger om varierende lusangrep på sjørret fra ulike deler av norskekysten. Samtidig ble det rapportert om en negativ bestandsutvikling, både i sjørretbestander og kanskje spesielt i mange vestnorske laksestammer. Dette skjedde til tross for at drivgarnsfisket opphørte på slutten av 1980-tallet og at stadig strengere restriksjoner ble innført i kilenot- og krokarnfisket. Også i mange elver ble fisket begrenset eller stoppet. Tiltakene som skulle stoppe den negative trenden ga på ingen måte de forventede virkninger.

HI's forskningsinnsats etter postsmolt i havet førte utover 90-tallet til et samarbeid med skotske forskere ved Marine Laboratories i Aberdeen. Også disse anså problemene med vasking i trålen som en klar begrensning for videre fremgang i havgående lakseforskning. På dette grunnlag ble det i samarbeid mellom Marine Lab og HI bygget en prototyp på et trålredskap for levendefangst av laks. Ideen var at hvis laksen kunne overføres fra trålen og inn i et akvarium under trålingen, ville det være mulig å få opp fisken uten skader. I beste fall kunne det bli mulig å gjennomføre forsøk på denne fisken.

Prototypen på redskapet, som senere fikk navnet FISH-LIFT, ble testet under et 10 dagers tokt med R/V "Scotia" i juni 1997 i områdene vest av Shetland og på Vikingbanken. Det ble gjort gode fangster av postsmolt, spesielt i et område vest av Shetland. Området ble døpt "Smolt - City" på grunn av de overraskende store fangstene en fikk midt ute i havet. Sammenlignet med fisk fra konvensjonell trål hadde fisken som ble fanget beholdt mer skjell og lus, men ikke nok i forhold til målsetningen. Fremdeles så man typiske skjelltap på 20-50 %, langt fra de 0-2 man ideelt sett ønsket. Resultatene var for så vidt nedslående, men samtidig var det klart at metoden hadde et potensial. HI bestemte seg for å fortsette utviklingen av FISH-LIFT, og i mai 1998 ble en ny versjon testet i vestnorske fjorder mellom Bergen og Statt ombord på F/F "G.M. Dannevig". Den nye versjonen hadde et vesentlig tettere akvarium, med atskillig mindre turbulens inni. Første fangst ble tatt på nordsiden av Sognefjorden like utenfor Lavik. Gleden var stor da sprell levende postsmolt laks, helt

uten ytre skader, kunne helles fra trålakvariet over i et akvarium ombord. Fiskene overlevde uten problemer i et akvarium på båten.

Fangstene som ble tatt i Sognefjorden og Nordfjord i mai 1998 viste infeksjoner på opptil 311 copepoditter på én fisk. I gjennomsnitt hadde fisken fra Sognefjorden 5.34 lus, mens fisken fra Nordfjord hadde 19.01 lus. I forhold til tidligere forsøk gjennomført på oppdrettsfisk ved UiB indikerte spesielt nivåene fra Nordfjord at en del av den utvandrende fisken høyst sannsynlig ville dødd på grunn av lusinfeksjonen. Resultatene viste at ytterligere datainnsamling var påkrevd.

Dødeligheten i de to gruppene utviklet seg meget ulikt (figur 2). Den avluste gruppen (kontrollgruppen) hadde en dødelighet på 11 % i løpet av den første uken etter avlusing. De fleste av fiskene som døde hadde finneråte, som oftest i halefinnen. Vi mener at denne dødeligheten kom som en konsekvens av behandlingen fisken ble utsatt for ved veiing, måling og overføring til forsøksakvariene, og at den ble avlust 2 ganger. I eksperimentgruppen var dødeligheten høyere og etter 37 dager var 75 % av fisken død. Her døde ca åtte fisk av behandlingsskader. Likevel er forskjellen mellom de to gruppene stor og signifikant.

Utover eksperimentet ble det trålt på syv posisjoner i Sognefjorden og 13 posisjoner i Nordfjord. Resultatene viser at de 22 fiskene som er tatt fra ytre deler av Sognefjorden hadde et gjennomsnitt på 104 lus (minimum 8, maksimum 268, standardavvik 68.67), mens de 40 som er tatt fra det ytterste halet i Nordfjord (eksperimenthalet) hadde i overkant av 30 lus. Antallet lus på fisken sank raskt innover i begge fjordsystemene. På grunnlag av telleresultatet og eksperimentet beregnes konservativt at 86 % av fisken fra Sognefjorden ville dødd med lakselusangrepet som direkte årsak i løpet av den første måneden i havet og mellom 48.5 og 81.5 % i Nordfjorden.

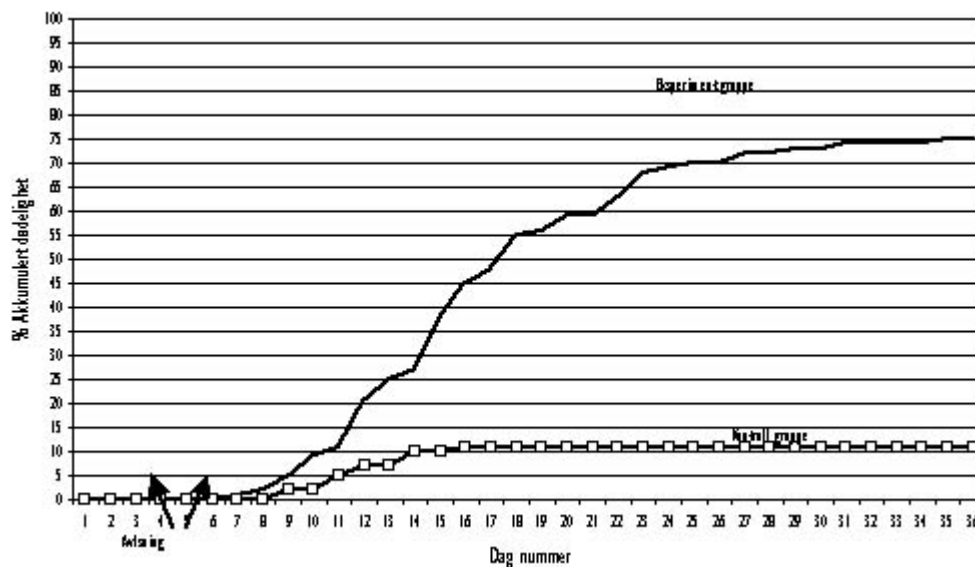
Det endelige gjennombruddet kom i mai 1999 da F/F "G.M. Dannevig" gjorde gode fangster av utvandrende postsmolt både i Sognefjorden og Nordfjord. Det største trålhalet inneholdt over 300 fisk. Den naturlig lusinfiserte fisken fra dette halet ble fraktet levende til Bergen og satt i forsøk ved HI. 200 fisk ble fordelt med 20 fisk i hvert av ti kar. fem av karene ble avlust som kontrollgruppe, mens fisken i de fem andre karene fikk gå med lusen den hadde på seg fra fjorden. Vi hadde forventet problemer med å få fisken til å spise, men allerede første gang postsmolten ble tilbudt en blanding av frosset krill og pellets spiste den med god appetitt. I løpet av de 37 dagene fisken gikk i forsøk vokste den avluste gruppen omtrent som i naturen.

Akvariene ble inpsisert jevnlig både dag og natt, og døde og døende fisk ble tatt ut. Etter 37 dager hadde kun en fisk dødd siste uke, og de overlevende fiskene hadde tilsynelatende ingen problemer med de få lusene de hadde på seg.



For sjøørret er omfanget og alvorlighetsgrad av angrepene fra lakselus størst i regioner med mye oppdrettsaktivitet. Selv om denne sammenhengen mellom oppdrett og infeksjonspress fra lakselus er påfallende, har en ikke konservative vitenskapelige bevis for eller imot oppdrettsnæringens rolle som hovedsmittekilde for lusa. Dette er fordi en foreløpig mangler metoder for å identifisere opprinnelsen til lusen. HI har ment at en strategi der en setter kreftene inn på å samarbeide med oppdretterne og forvaltningsmyndighetene om å finne løsninger for å senke luskonsentrasjonene i fjordene er den mest konstruktive veien å gå.

Blant tiltakene som er satt i gang i siste halvår av 1999 er at Vestnorsk Havbrukslag har tilrådd sine medlemmer å foreta avlusning to ganger i vinter ved nivåer over 0.5/2 lus (bevegelige/fastsittende). Dersom dette gjennomføres etter intensjonen og en til våren ser at anleggene har disse eller lavere lusnivå er en viktig milepæl nådd. Det vil da være viktig å få evaluert hvilken betydning oppdretternes innsats har hatt for de ville bestandene og for oppdrettet selv. På denne bakgrunn har HI i samarbeid med Vestnorsk Havbrukslag, UiB og Fylkesveterinæren for Hordaland og Sogn og Fjordane sendt en søknad til Fiskeridirektoratet, Direktoratet for Naturforvaltning og Statens Dyrehelsetilsyn om å gjennomføre et evalueringsprosjekt av den pågående fellesavlusningen. I skrivende stund pågår det samtaler mellom partene om hvordan et slikt prosjekt best kan gjennomføres. Det synes rimelig at årlig overvåking av lusnivåene på den utvandrende postsmolten er et av tiltakene som er aktuelle.



Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Fôrtilgang for akvakultur

Yngvar Olsen

Det norske oppdrettet av laksefisk har vokst langt fortere de siste tiårene enn de mest optimistiske spådommene. Havbruk framstår som et av våre mest lovende områder for framtidig næringsvekst når oljeaktiviteten avtar. Det norske oppdrettet av laks utmerker seg internasjonalt som spesielt rasjonelt og høyteknologisk.

Mange oppdrettere ute og ikke minst internasjonale organisasjoner som FAO oppfatter også det norske lakseoppdrettet som miljømessig bærekraftig og et eksempel på hvordan framtidens akvakultur bør utvikles og drives. Dette internasjonale perspektivet kommer sjelden fram i den hjemlige diskusjonen der helt lokale forhold og hendelser, normalt negative, blir premisser for slike vurderinger.

Den kanskje største usikkerheten i forbindelse med den videre utviklingen av lakseoppdrettet er tilgangen på fôrressurser. Lakseoppdrett og andre former for oppdrett av marine arter som kveite representerer egentlig en effektiv foredling av proteiner fra de lavere nivåene i næringskjeden, og ikke det man kan kalle ny produksjon av marin biomasse. Følgelig vil lakseproduksjonen kunne bli begrenset av tilgangen på fôr. Vi nærmer oss i realiteten den situasjonen der det kan bli et vesentlig større og vedvarende press på ressursene av fiskemel og marine oljer som anvendes i fôrproduksjonen. Dette vil hemme den videre utviklingen av havbruket, og veksten av næringen kan bli redusert.

Fôret til laksefisk er i hovedsak basert på marine råstoffer der pelagiske fiskebestander som for eksempel lodde samt avskjær fra fiskeindustrien utgjør viktige primære komponentene. Det er disse ressursene som kan settes under press ved en sterkere konkurranse fra internasjonal akvakultur og landbruk. I denne situasjonen er det nærliggende å spørre om vi i større grad enn nå kan basere den videre utviklingen av lakseoppdrettet på produkter fra landbruket?

Dette vil være gunstig, fordi fisk omsetter fôret til fiskekjøtt langt mer effektivt enn det varmblodige dyr gjør i landbruket. Allerede i dag anvendes det i noen grad protein og fett fra landbruket i laksefôret, i tillegg til de marine råstoffene, men det er knyttet stor usikkerhet til en videre økning. Dette har årsak i både fiskehelse og markedsmessige forhold.

Et hovedproblem ved anvendelse av landbaserte produkter i oppdrett av marine arter og laks er de grunnleggende forskjellene i fettkvalitet i marine og landbaserte produkter. Det skulle være velkjent for de fleste at fiskefett anses å ha en langt mer positiv virkning i vårt eget kosthold enn mange fettkilder fra landbruket. Fettet til fisk og andre marine organismer inneholder en hovedbestanddel av såkalte omega-3 fettsyrer mens landbaserte produkter er rikest på omega-6 fettsyrer. Begge disse gruppene av fettsyrer er hva man betegner som essensielle, noe som betyr at alle dyr må tilføres disse fettsyrene i føden. Det er i landplanter og alger at disse fettsyrene produseres. Populært kan det sies at enhver dyreart, både laks og mennesket, gjennom evolusjonen er blitt tilpasset et nivå i forholdet mellom de to gruppene av fettsyrer. Når sammensetningen i føden avviker vesentlig og vedvarende fra dette forholdet, vil den generelle helsesituasjonen kunne skranke og dødeligheten øke. Dette skaper en usikkerhet ved anvendelse av fett fra landplanter i fiskefôr. Noen spørsmål i denne sammenheng er om fisken kan få hjerteinfarkt eller andre såkalte livsstilssykdommer,

om immunforsvaret vil hemmes, om tilveksten og produksjonen vil reduseres og om dødeligheten vil øke?

Det er sannsynlig at fôret til laksefisk kan inneholde en del fett fra landplanter dersom disse velges med omhu. Olje fra både raps og oliven inneholder en vesentlig andel omega-3 fettsyrer, og disse kan være interessante kilder i denne sammenheng. Olje fra mais og soya har derimot et lavt omega-3 innhold. For proteiner kan i teorien mindre tilpasninger i sammensetningen være tilstrekkelig for å møte fiskens krav til ernæring. Det er følgelig sannsynlig at:

- En noe økt anvendelse av fett fra utvalgte landplanter til fiskefôr kan dempe behovene for marine råstoffer i en viss grad, men de kritiske grensene for anvendelse er ikke fullstendig klarlagt.
- Proteinråstoff fra landplanter kan kanskje langt på veg tilpasses fiskens behov gjennom tilpasninger i råvare og prosesseringsmetode.
- Marine arter som kveite vil sannsynligvis være mer sensitive for fett fra landplanter enn laksefisk, og dette kan ha betydning for utviklingen av nye arter i akvakultur.
- Fisken kan miste sitt positive helseinntrykk og markedspotensial dersom fiskens fettsyreinnhold blir som i dyr fra landbruket, og fettsammensetningen i fôret vil bestemme dette («man blir hva man spiser»).
- Nye, marine kilder vil i vid forstand være helt avgjørende for utviklingen av lakseoppdrettet og havbruk på lang sikt.

Problemstillingen ovenfor må avklares gjennom målrettet innsats i forskning og utvikling, og dagens innsats er overhodet ikke tilstrekkelig. På kort sikt må det arbeides med forbedringer av dagens prosesser og metoder. På lengre sikt må det arbeides med å øke potensialet for høsting av marine ressurser som kan anvendes til fiskefôr. Næringsutviklingen knyttet til havbruk vil generelt være kunnskapsbasert slik som annen avansert industri. Målrettet og vedvarende innsats er nødvendig for å ta ut potensialet for næringen og for at Norge skal beholde sin posisjon som havbruksnasjon i fremste front også i framtiden.

En langsiktig hovedutfordring blir å øke potensialet for høsting av råstoff fra havet som kan anvendes til fiskefôr, eller for den saks skyld som mat direkte. Slik det kan synes i dag er det bare få alternativer til en slik utvikling:

- Reduksjon av tap i fiskeriene. Dette kan gi inntil 30 % økning i tilgang på råstoff.
- Bioprotein produksjon basert på for eksempel naturgass. Dette krever at bakterien som anvendes må ha en marin fettsyresammensetning, noe som ikke er tilfelle for organismer som anvendes i dag.
- Genetisk modifisering av organismer som anvendes til bioproteinproduksjon eller langsiktig avl på landplanter.

Det vil uten tvil bli arbeidet med slike tilnærminger for å avhjelpe ressurstilgangen, reduksjoner i tap i fiskeriene bør kunne være innen rekkevidde. Uansett vil en økning av potensialet for uttaket av marint råstoff fra havet utvilsomt være en stor utfordring for en fiskerinasjon som Norge. Analyser som er gjennomført i det norske/europeiske forskningsprogrammet Maricult gjennom de siste fem årene har klart identifisert at det er slike muligheter. Det er også overveiende sannsynlig at de uheldige miljøkonsekvensene ved en økt bruk av havet til matproduksjon vil være langt mindre enn ved den økning av landbruksproduksjonen som en voksende befolkning krever.

Miljøkonsekvensene for havet kan faktisk være positive, for hvem vil bruke »åkeren» til søppelplass?

Havet har store potensialer som ikke utnyttes, men som kan mobiliseres gjennom en langsiktig strategisk satsing. En dyrking av havet kan omfatte tiltak som:

- Dyrkning og høsting av organismer som står lavt i næringskjeden.
- Øke oppstrømning av næringsrikt vann fra dypet i begrensede kystområder.
- Målrettet kanalisering av næringsalter fra folk, akvakultur og landbruk som slippes ut i kystsonen til akvakulturproduksjon; et potensielt miljøproblem og kostnad blir da en ressurs!
- Strategisk gjødsling av begrensede lokaliteter, for eksempel lokaliteter med skjelloppdrett.
- Målrettet utsetting av yngel, gjerne i kombinasjon med økning i næringsalter.

På kort sikt er det utvilsomt høsting og dyrkning av organismer på lavt nivå i næringskjeden som har det langt største potensialet. Det vil, for å utdype dette, være overraskende for de fleste at havet globalt bare bidrar med om lag 1% av matforsyningen som energi, eller 5 % av proteinet. Dette er situasjonen selv om produksjonen av planter er om lag den samme i havet som på landjorden. Årsaken til det store tapet i den marine næringskjeden er ikke mangel på fangsteffektivitet i fiskeriene, men at vi høster og spiser organismer som i gjennomsnitt står to trinn høyere i næringskjeden fra havet enn fra landbruket. Vi spiser en blanding av korn, grønnsaker og noe kjøtt av plantespisere fra landbruket. Fra havet spiser vi en blanding av fisk som lever på dyreplankton og fisk høyere i næringskjeden. Når 90 % av energien tapes i hvert ledd, betyr dette i teorien at 99 % av den potensielle marine produksjonen går tapt. For å motvirke dette må vi ta ut ressursene lavere i næringskjeden før de tapes som karbondioksid gjennom respirasjon. Dersom vi i stedet høstet den marine produksjonen som alger og marine "kyr", som dyreplankton eller skjell (f. eks. blåskjell), ville utnyttelsen kunne bli like effektiv som for landbruket, og potensialet kan spekulativt anslås som hundre ganger høyere enn uttaket i dag.

Dersom fiskeriene i et hypotetisk tilfelle høster bare dyreplankton istedenfor sild og lodde som spiser dyreplankton, ville man i teorien kunne ta ut den tidobte mengden. Slikt dyreplankton er viktig føde for laksen i havet, og råstoffet vil med stor sannsynlighet kunne erstatte fiskemelet i fôret. Mange skjell har den samme posisjonen i næringskjeden som dyreplankton, og skjelloppdrett som allerede får stor oppmerksomhet kan bidra i samme retning. Blåskjell har egenskaper som tilsier at organismen kan bli en storprodusent av marint protein og fett til fiskefor og andre produkter. Marine planter er en stor, nesten ubrukt ressurs på laveste nivå i næringskjeden, og det er vanskelig å se en slik ressurs forbli nærmest utnyttet i framtiden. Det er en sterk vekst i den globale akvakulturen av tang og tare. Eksemplene ovenfor illustrerer potensialer som kan avledes basert på meget enkle, men robuste økologiske prinsipper. Verdiøkning og lønnsom kommersiell utnyttelse beror selvsagt på etablering av den nødvendige kunnskap og teknologi. Det krever også politisk og kommersiell vilje til fokusering og en sterk strategisk satsing for å legge grunnlaget for en bærekraftig fremtidig næringsvirksomhet. Mange tradisjonelle marine næringssektorer kan bli involvert i en utvikling av våre biologiske marine ressurser, og en slik utvikling må i alle fall ha et 25-års perspektiv.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet -

www.imr.no

Fôr og ernæring

Grethe Rosenlund og Kjartan Sandnes

Veksten i norsk oppdrettsnæring har vært nært knyttet til utvikling av effektive tørrfôr. Vi forventer at denne utviklingen vil fortsette også når det gjelder akvakulturnæringen på verdensbasis. Tørrfôr med en sammensetning som gir en optimal dekning av fiskens behov for næringsstoffer, er en forutsetning for intensivt og effektivt fiskeoppdrett. Fôr til akvakultur utgjør mindre enn 5 % av verdens totale produksjon av dyrefôr.

Den dominerende rollen marine råvarer spiller i akvafôr og i fôr til laksefisk i særdeleshet, gjør denne næringen svært følsom for svingninger i tilgang, kvalitet og pris på denne type råvarer. Videre vekst i akvakulturnæringen, både nasjonalt og internasjonalt, vil kreve et større utvalg av råvarer til bruk i fiskefôr, kunnskap om deres ernæringsmessige verdi for fisk samt økt kunnskap om fiskens behov for ulike næringsstoffer uttrykt som inntak heller enn som andel av fôret.

Kontroll av fôrinntak er viktig både fra et økonomisk og miljømessig synspunkt. Dette sikrer bedre fôrutnyttelse, da både over- og underfôring kan unngås. Slik oppnås best mulig vekst og minimalisering av utslipp til miljøet. Videre må vi forvente at dagens økte fokus på matvaresikkerhet også vil knyttes til førsikkerhet i alle former for animalsk produksjon inklusive fisk. Full sporbarhet gjennom hele produksjonskjeden forventes å bli et absolutt krav.

Markedstrender indikerer et framtidig forbruksmønster med et mer differensiert utbud av produkter enn i dag, og spesielt ser det ut til at økologiske produkter blir mer og mer etterspurt. Hittil er det landbruket som har vært i front på dette området, men økologisk akvakultur kommer nå etter. En EU-forordning (Nr. 1804/1999) legger opp til å få utarbeidet regler for økologisk akvakulturproduksjon så snart som mulig. Grunnprinsippene som gjelder for økologisk produksjon generelt kan tilpasses akvakultur, men spesifikke regler må likevel utarbeides. Stikkord her er en mest mulig bærekraftig produksjon med hensyn til fôrressurser, fravær av syntetisk framstilte tilsetninger, miljø, helse og etikk.

Ressursgrunnlag

Den globale produksjonen av fisk og krepsdyr i 1995 var på vel 14 millioner tonn (Tacon 1998), og dette tilsvarte et forbruk på mer enn 8.5 millioner tørrt fôr (tabell 1). Den totale produksjonen av fisk og krepsdyr som krever tilførsel av fôr, er forventet å stige til 25 millioner tonn i 2000 og videre til 60 millioner tonn i 2010. Dette tilsvarer fôrbehov på henholdsvis 15.6 og 48.5 millioner tonn (tabell 1).

Fiskemel og olje

Verdens produksjon av fiskemel og olje er regulert av fiskekvoter, og har siden 1986 variert mellom 6 og 7 millioner tonn fiskemel og 1 til 1.7 millioner tonn fiskeolje. Dette tilsvarer omtrent en tredjedel av verdens fiskefangst på ca 110 millioner tonn. En kan ikke regne med at det totale fangstvolumet vil øke. Derimot vil antakelig en større del av fangsten gå direkte til humant konsum for å dekke behovet for fisk i takt

med økningen i verdens befolkning. Tilgangen på fiskemel og olje som råvarer til fôr vil derfor gå ned.

Tabell 1 Mengde tørt fôr, fiskemel og fiskeolje brukt til oppdrett av fisk og krepsdyr i 1995, og tilsvarende estimat for 2000 og 2010. Alle tall i millioner tonn.

Amount of dried food, fish meal and fish oil used for farming of fish and crustaceans in 1995 and corresponding estimates for 2000 and 2001. All numbers in million tonnes.

Tabellen er ikke tilgjengelig.

Dagens volum av fiskemel og olje kan imidlertid nærmest fordobles dersom man tar bedre vare på bifangst og biprodukter fra fiskeforedlingsindustrien. Til tross for dette er det en økende bekymring i enkelte befolkningsgrupper om riktigheten av å bruke høyverdig animalske råvarer til annen dyreproduksjon istedenfor til menneskeføde, og videre om det totale volumet fisk som høstes faktisk representerer et bærekraftig uttak på lengre sikt.

Tabell 1 viser at behovet for fiskemel og olje til produksjon av fôr til akvakulturindustrien i 2010 vil tilsvare ca 25 % og 100 % av verdens totale produksjon av henholdsvis fiskemel og olje. Fjorårets værphenomen El Niño, viste tydelig at tilgangen på disse råvarene, og da særlig fiskeolje, kan bli begrenset lenge før det. I første omgang fører det til økte råvarepriser, siste El Niño doblet prisen på fiskeolje i løpet av et år, men knapphet kan føre til at kvaliteter som ellers ikke ville blitt brukt i fiskefôr blir benyttet. Konsekvensen av dette kan bli økt pigmentkostnad fordi astaxanthin forbrukes som antioksydant, men nedsatt fôropptak og derved vekst samt at negativ effekt på slaktet produkt ikke kan utelukkes.

Alternative proteinkilder

Verdensproduksjonen av ulike typer proteinråvarer var i 1996/97 på 69.5 millioner tonn proteinekvaliteter. Som det framgår av figur 1 utgjorde fiskemel kun 6.2% av den totale produksjonen. For å redusere avhengigheten av denne spesifikke råvaren, har det i en årrekke foregått forskning med henblikk på å øke antallet råvarer som er aktuelle i fiskefôr.

Fiskemel brukes som referanse for ernæringsverdi på andre proteinkilder. Imidlertid vil proteinverdien av denne råvaren påvirkes av variasjoner i innholdet av essensielle aminosyrer, av råvarekvalitet og av produksjonsbetingelser. Vegetabiliske proteinkilder har generelt et mye lavere proteininnhold enn fiskemel og må vanligvis tilsettes en eller flere essensielle aminosyrer. Disse proteinkildene er også rike på fytinsyre som binder seg til både divalente og trivalente joner i tarmen. Ved høy innblanding av i fôret kan dette ha en negativ effekt på opptak av essensielle mineraler (for eksempel sink). Fytinssyre kan imidlertid fjernes effektivt ved hjelp av enzymer.

Tilgangen på soya er ca 10 ganger høyere enn fiskemel på verdensbasis. Ulike soyaprodukter er aktuelle som proteinkilde i fiskefôr. Fullfet soya (40 % protein) eller fetttekstrahert soya (48 % protein) er i hovedsak kun varmebehandlet for å fjerne antinæringstoffer. Det er vist at denne type produkter kan inngå som hovedproteinkilde i fôr til omnivore arter (karpe).

I karnivore arter som for eksempel laks og ørret bør nivået ligge på maksimum 20-30 % av fôret. Videre behandling av soyamelet til soya-isolat og soya-konsentrat der blant annet karbohydratet fjernes, resulterer i høyverdige proteinkilder også for karnivore fiskeslag. Ved adekvat supplering av aminosyrene lysin og metionin, kan disse inngå som hovedproteinkilde i fôr til laksefisk.

Av andre vegetabiliske proteinkilder er raps og gluten mest aktuelle. Skikkelig fraksjonering og behandling av rapsmel gir en høyverdig proteinkilde som kan erstatte fiskemel i fôr til laksefisk. Gluten, som er et biprodukt fra produksjon av stivelse fra mais og hvete, har høyt proteininnhold og lavt nivå av antinæringsstoffer. Gluten har vist høy proteinverdi også i fisk ved å supplere lysin.

Animalske biprodukter som beinmel, blodmel, fjørmel, er høyverdige proteinkilder som i større kvantiteter enn fiskemel. Selv om disse råvarene ernæringsmessig er godt egnet som proteinkilder i fiskefôr, er bruken i Norge og en rekke andre lakseproduserende land, begrenset som følge av kugalskapskandalen i Storbritannia for noen år siden. Biprodukter fra lakseslakterier i Norge utgjør nå mer enn 100.000 tonn, og øker prosentvis mer enn lakseproduksjonen på grunn av økende bearbeidingsgrad. Dette råstoffet er en potensiell råvare i akvafôr ut fra en ren ernæringsmessig betraktning, men hygieniske, etiske og markedsmessige krav gjør det neppe aktuelt å anvende dette råstoffet i fôr til samme art. Hvorvidt råstoffet kan brukes til andre arter, eventuelt i andre geografiske områder, gjenstår å se. EU arbeider med lovverk omkring behandling og anvendelse av biprodukter, og hvilke regler som vedtas vil også ha betydning for Norge.

Encelle-protein representerer primærleddet i næringskjeden. Bortsett fra begrensede mengder gjær (biprodukt fra bryggeriene) og alger (*Spirulina*), har det inntil nylig ikke eksistert metoder for lønnsom kommersiell produksjon av encelle-protein. En mer effektiv prosess for produksjon av bakterier basert på metan som substrat er nå utviklet. Produktet som inneholder 70 % protein, har vist god biologisk verdi i laks ved nivåer på inntil 50 % i fôret. Bruk av bioteknologiske teknikker åpner videre for utvikling av proteinkilder som er bedre tilpasset bruk i fiskefôr.

Alternative fettkilder

Verdensproduksjon av vegetabiliske oljer og fett var i 1998 på 100.6 millioner tonn, eller omlag hundre ganger høyere enn produksjonen av fiskeolje. Produksjonen er økende og den har siden 1990 steget fra 76 millioner tonn. Plantefett er kvantumsmessig en ubegrenset fettkilde for fiskefôr. Som det framgår av figur 2, representerer soya også den største vegetabiliske fettkilden, tett fulgt av palmeolje. Sammenliknet med proteinkilder, er det et større mangfold av tilgjengelige fettkilder. Dette gjenspeiles i en stor prosentandel ikke navngitte råvarer (<1 %) i figur 2. Plantefett inneholder typisk 18 karbon fettsyrer, og disse er ofte rike på umettede fettsyrer (enumettede eller flerumettede av n-3 eller n-6 familien). Imidlertid er de lange n-3 fettsyrene som kjennetegner marine fett, fraværende. Fisk kan nytte alle typer fettsyrer som energikilde, men fisk har ikke metabolske systemer for å danne umettede fettsyrer av n-3 og n-6 familiene. Disse må derfor tilføres gjennom fôret. Behovet for disse essensielle fettsyrene er imidlertid svært lavt, bestemt til ca. 1 % av fôret i ørret. Eksakt behov for essensielle fettsyrer for laks er ikke kjent, men antas å være i samme størrelsesorden. Til sammenlikning inneholder dagens fôr til laks mellom 30 og 40 %.

Laks og ørret har evne til å omdanne C18-fettsyrer til lengre og mer umettede fettsyrer. Betydelige mengder av fiskeoljen i fiskefôr kan erstattes med planteolje uten at vekst og fôrutnyttelse påvirkes negativt. Det er imidlertid satt fokus på forholdet mellom n-3 og n-6 fettsyrer i fôret og mulige effekter av dette på fiskens helse og kvaliteten på sluttproduktet.

Animalske biprodukter, som for eksempel svinefett og oksetalg, er også tilgjengelige fettkilder for fiskefôr. Dyrefett er imidlertid mindre aktuelle i fôr til kaldtvannsarter på

grunn av deres høye innhold av mettede fettsyrer som har lav fordøyelighet. I enkelte land eller regioner kan fjørfeolje være en relevant fettkilde til fisk, fordi den inneholder mindre mettet fett enn andre animalske biprodukt. I Norge er det i dag en selvpålagt restriksjon om ikke å benytte husdyrproduktet i fiskefôr. Fermentering og bruk av bioteknologiske metoder representerer store potensialer for framstilling av spesialoljer med høyt innhold av fettsyrer karakteristisk for marine oljer. Foreløpig er slik produksjon knyttet til nisjeprodukter for marin yngelproduksjon, men åpner perspektiver for skreddersyng av oljer til akvakultur.

Andre råvarer

Karbohydratkilder

Fisk har ikke et spesifikt behov for karbohydrat, men det er vist at 8-10 % fordøyelig karbohydrat i fôret (v/v) gir best fôrutnyttelse og vekst. Årsaken ligger i effekter på fettmetabolismen og proteinsparing. Karbohydrat utgjør for øvrig en viktig strukturgiver i tørrfôr. Hvete er den dominerende råvaren og forbruket til akvakultur er minimalt i forhold til tilgangen på slike råvarer.

Pigmentkilder til laksefisk

Syntetiske pigmenter, lik dem vi finner i naturen, er vanligst som pigmentkilde i fôr til laksefisk. Det er vist at røde og gul/orange fargestoffer fra alger, tomat, paprika og andre planter absorberes fra tarmen i laksefisk. Imidlertid er det i dag kun asta- og canthaxanthin som er relevante kilder for laksefisk. Derfor er FoU-innsatsen hovedsakelig rettet mot å finne løsninger som effektiviserer utnyttelsen av disse kostbare stoffene. Vi regner likevel med at utvikling innen bioteknologi, planteforedling og kjemisk prosessering av naturlige pigmentkilder, vil utvide spekteret av produkter i årene framover.

Fôr og kvalitet

Fôret er bare en av en rekke faktorer som påvirker kvaliteten av oppdrettsfisk. I tillegg vil genetisk bakgrunn (arv), fôringsrutiner, slakterrutiner samt prosessering under videreforedling ha betydning for kvaliteten på det endelige oppdrettsproduktet som tilbys forbrukeren.

Det er tidligere vist at en rekke kvalitetskriterier for laksefisk kan påvirkes gjennom fôr og fôring. Fettinnhold og fettfordeling, fettsyremønster og innhold av fettløselige komponenter (eksempelvis vitamin E) er naturlig de faktorene som lettest lar seg påvirke. Dette, sammenholdt med effekter av fiskestørrelse, vanntemperatur/årstid og driftsrutiner, gir muligheter for å skreddersy laksefisk i forhold til spesifikke markedskrav.

Et av de viktigste kvalitetskriterier for laks og ørret er farge. Enkelte markeder stiller faktisk krav til fargeinnhold og fargeintensitet som går utover artens fysiologiske grenser. Innfarging er kostbart, og en rekke studier er i gang for å avklare forhold omkring dette, både grunnleggende studier og direkte anvendbare problemstillinger. Et viktig poeng når vi diskuterer fôr og kvalitet er hvordan alternative fôrmidler påvirker kvalitetsparametre som i stor grad er innarbeidet med marine råvarer i fôret. Det er ikke påvist forandringer i kvalitet på fisk (farge, fettfordeling, smak, lukt) ved 20-30 % innblanding av soya. Ved høyere innblanding har smakspanel vurdert fisk

fôret med soya som annerledes enn fisk gitt kun fiskemel. Bruk av alternative oljekilder påvirker fettsyreprofilen i sluttproduktet, men ut over der er effektene på fiskekvalitet marginale. I tilfeller der smakspanel har bedømt fisk fôret med alternative fettkilder er de vurdert både bedre og dårligere enn fisk gitt kun marine oljer.

Ernæring og helse

Ernæringsstudier har oftest som mål å bestemme behovet for et næringsstoff og omsetningen i organismen, og gjennomføres som regel under optimale og konstante miljøbetingelser. I slike studier blir vekst og dødelighet bestemt. Dette viser at allerede i utgangspunktet omfatter forskerens hypotese ernæring og helse.

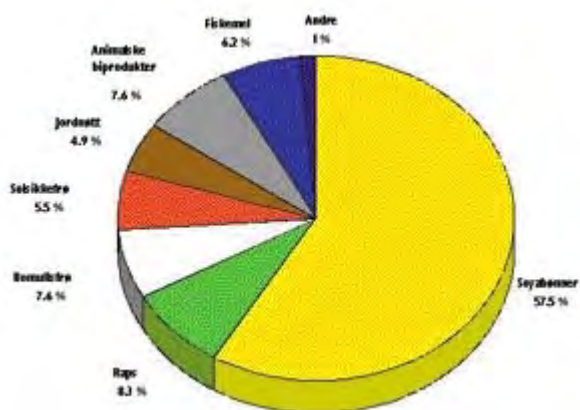
I praktisk oppdrett vil fisken bli utsatt for stresspåvirkninger av ulike slag, herunder sykdomsfremkallende agens.

Et forholdsvis nytt fagområde har vokst fram de senere år med den engelske betegnelsen «nutritional immunology», dvs. studier av interaksjoner mellom ernæring og immunologi. Også for fisk er dette feltet nå etablert, og en rekke næringsstoffer er vist å ha betydning.

Formulering, prosess og fôrvarekvalitet

Fôrblandinger som er feil sammensatt i forhold til fiskens metabolske behov vil påføre stress som i neste omgang er negativt for helsetilstanden. Slike indirekte effekter på helse vil kunne forårsakes av en rekke andre faktorer også, som for eksempel dårlig røkting, vannkvalitet og fôringsrutiner.

Direkte negative effekter på helse kan videre forårsakes av enkeltkomponenter i fôret, enten med årsak i for dårlige prosessbetingelser under framstilling av fôret eller dårlig kvalitet av råvarer. Eksempler på prosessbetingelser som kan gi negative virkninger er for høy prosesseringstemperatur (kan gi redusert proteinkvalitet og ødelegge vitaminer). For høyt vanninnhold i fôr under lagring kan gi betingelser for vekst av mikroorganismer som kan være skadelige, slik som soppen *Aspergillus flavus* som danner giftige toksiner.



Figur 1 Verdens produksjon av proteinråvarer i 1996/97 angitt i prosent av en total produksjon på 69.5 millioner tonn protein. Fra/from Tacon 1998.

Worlds total production of protein products 1996/97 given in percentage of a total production of 69.5 million tonnes of protein.

Ingen prosess kan «reparere» ødelagte råvarer, men det fins en rekke eksempler på prosessbetingelser som øker næringsverdien av en fôrråvare. Det klassiske eksemplet her er varmebehandling av soya for å ødelegge stoffer (antinæringstoffer) som hemmer proteinfordøyelsen. På dette området vil vi nok se en betydelig utvikling i de kommende år ettersom flere «vanskelige» råvarer må modifiseres for å kunne introduseres som en del av råstoffgrunnlaget til akvafôr. Problemkomplekset er særlig knyttet til antinæringstoffer i vegetabilier.

Det er således vist at ekstrahert soya gir patologiske forandringer i tarmepitelet hos laks. Dette gir seg blant annet utslag i at tarmen blir »lekk» for større molekyler som kan svekke funksjonen som smittebarriere.

Spesifikke næringstoffer

De mest aktuelle mikronæringstoffene er vitamin C (askorbinsyre), vitamin E, vitamin A, karotenoider og enkelte mineraler og sporelementer. Enkeltvis, eller i samspill (synergi), har disse komponentene vist seg å påvirke sykdomsresistens hos fisk. Det er rapportert skader i hjertemuskelen etter inntak av fôr med solsikkeolje, og denne effekten er tilskrevet høyt inntak av n-6 fettsyrer og/eller et ugunstig forhold mellom n-3 og n-6 fettsyrer. Tilsvarende er ikke funnet i laks fôret i 3 måneder der 100 % av tilsatt olje var soyaolje.

Ellers har en rekke studier vist at oksidert fett kan redusere sykdomsresistens hos fisk. Marine oljer er spesielt utsatt for oksidasjon, men med dagens kunnskap er dette ikke et stort problem for næringen.

Katarakt har tidvis forårsaket betydelige problemer i lakseoppdrett. En rekke ernæringsfaktorer har vært satt i sammenheng med denne lidelsen, men studier hittil har ikke avdekket klare sammenhenger mellom enkeltfaktorer i fôret og katarakt slik vi ser det i praktisk oppdrett i dag.

Immunstimulanter

Immunstimulanter forsterker uspesifikke forsvarsmekanismer og/eller det spesifikke immunsystemet i en organisme. En rekke stoffer med slik effekt er beskrevet og kommersielt tilgjengelige, hvorav noen også kan tilføres gjennom fôret. Av disse er effekten av glukaner best dokumentert.

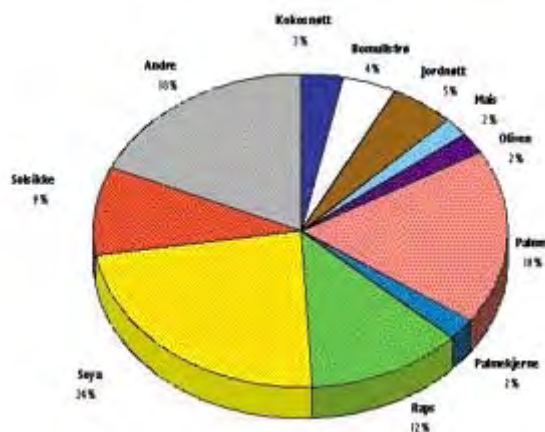
I helsesammenheng er det også forventninger til at utvikling av orale vaksiner og probiotika i fôr vil lykkes, noe som kan gi betydelige gevinster i form av bedre helse og forenklet produksjonsteknologi i intensivt oppdrett.

Konklusjoner og anbefalinger

Dersom tilgjengelige råvarer tas i bruk vil mangel på akvafôr ikke være begrensende for vekst i akvakulturnæringen. Fisk som alle andre dyr og mennesker, har ikke behov for spesifikke råvarer, men for et sett næringsstoffer som inkluderer aminosyrer, fettsyrer, mineraler og vitaminer. Behovet for essensielle næringsstoffer og energi til vekst, vedlikehold og andre metabolske prosesser må dekkes gjennom fôret.

Tilgjengelighet av et næringsstoff er produktet av nivå i fôr, fordøyelighet og fôrinntak, hvor hver faktor er like viktig. Optimal utnyttelse av tilgjengelige råvarer krever økt kunnskap om fordøyelsen samt om hvordan spesifikke fôrkomponenter kan påvirke vekst, fôrutnyttelse og helse gjennom fiskens livsstadier. Dette innebærer også at fokus i større grad rettes mot faktiske ernæringsbehov istedenfor dagens praksis

med angivelse av konsentrasjon per vektenhet fôr. Da reelt fôropptak er vanskelig å bestemme i praktisk oppdrett, er dette en joker for mer effektiv og miljøvennlig drift. Vi ser nå at næringen møter stadig nye krav fra forbruker og marked. Dette vil kreve langt større innsikt i sammenhenger mellom fôr, driftsrutiner og produktkvalitet, og må i økende grad tas hensyn til i ernæringsrelatert akvakulturforskning.



Figur 2 Verdens produksjon av vegetabiliske oljer og fett i 1998 angitt i prosent av en total produksjon på 100.6 millioner tonn (FAOSTAT 1990-1998).
The world's production of vegetable oils and fat in 1998 given in percentage of a total production of 100.6 million tonnes (FAOSTAT 1990-1998).

Artikkelen er basert på kapittel Produksjon i "Kunnskapsstatus for produksjon av laksefisk" utgitt av Norges forskningsråd, februar 2000.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Kan våre gassreserver bli en begrensning i framtidig norsk sjømatproduksjon ?

Ivar Holmefjord og Gerd Marit Berge

Veksten i den norske akvakulturnæringen har ført til en årsproduksjon av laks og ørret som i 1999 var rundt 460.000 tonn, og et totalt fôrforbruk på 612.000 tonn. Med en videre økning på for eksempel 10 % per år, vil fôrbehovet dobles i løpet av 7-8 år, og firedobles på 15 år. Blir det da mulig å skaffe nok protein og andre næringsstoffer til denne fôrproduksjonen?

Dagens fôr har høyt innhold av fiskemel og fiskeolje, men i framtiden må det tas i bruk andre råvarer enn fisk i mye større grad enn i dag. Det er gjort arbeid med utprøving av mange ulike vegetabiliske proteinkilder, og en viss innblanding av disse har gitt gode resultater i forsøk med laks. Det er også utviklet prosesser for produksjon av encelleprotein. Bakterikulturer som lever på naturgass kan produsere biomasse med like høyt innhold av protein som det vi finner i fiskemel. Med bruk av andre encellede organismer i tilsvarende bioreaktorprinsipp, vil det med videre utviklingsarbeid også være mulig å produsere spesialtilpassede fettkvaliteter. Dette er imidlertid dyre prosesser som foreløpig er på forskningsstadiet.

På Tjeldbergodden i Møre og Romsdal (ilandføringsplass for gass fra Heidrunfeltet) er det i tillegg til en metanolfabrikk, bygd en første fabrikk for produksjon av Bioprotein, protein fra bakterier som lever av gass. Denne er nå i en innkjøringsfase av den første produksjonslinjen, og selskapet Norferm AS (deleid av Statoil) har satset betydelige midler på denne utviklingen. Et av de store fiskefôrselskapene har bestilt den første produksjonen av Bioprotein for å starte arbeidet med å inkludere slikt protein i framtidig fiskefôr.

AKVAFORSK har testet Bioprotein i fiskefôr med gode resultater. Bioprotein er også blitt testet i fôr til andre husdyr med positive resultat, og det arbeides med anvendelse direkte som menneskeføde. Innblanding av 25 % av proteinet fra Bioprotein ga ingen negative effekter for matfisk av laks i tidlige forsøk, og med videre tilpasning av produktet vil nok andelen bakterieprotein i fôret kunne bli mye høyere enn dette.

Et integrert akvakulturoppsett vil effektivt kunne utnytte denne proteinressursen ved at det som er avfall fra en produksjon, er en ressurs inn i neste produksjonstrinn. Et pilotskala integrert akvakultursystem blir nå planlagt på Tjeldbergodden, og anlegget vil kunne bestå av fiskekar, kulturer av små og store alger, skjell og kråkeboller, slik det skjematisk er vist på figuren (figur fra Åsgård m.fl.: Resource efficiency in the production of various species, 1999. I: Sustainable Aquaculture, Food for the future? Ed.: Svennevig, Reinertsen og New).

Potensialet for en høy ressursutnyttning vil være stort i et slikt oppsett, siden både næringsstoff og varme blir utnyttet i flere påfølgende ledd i en produksjonskjede. Det som blir betraktet som avfallsvann fra fiskeproduksjonen, gir viktige næringsstoff til alger og skjell, og alger kan så igjen bli mat for andre organismer, som f.eks. kråkeboller. På denne måten kan en både optimalisere verdiskapingen og samtidig utnytte ressursene i så høy grad at det til slutt blir svært lite som slippes ut til miljøet. Siden våre olje- og gassressurser i stor grad er dannet av marine organismer som for millioner av år siden hopet seg opp på bunnen, kan naturgass anses som et lager av organisk stoff som falt ut av den marine næringskjeden. Ved å tilbakeføre gass til

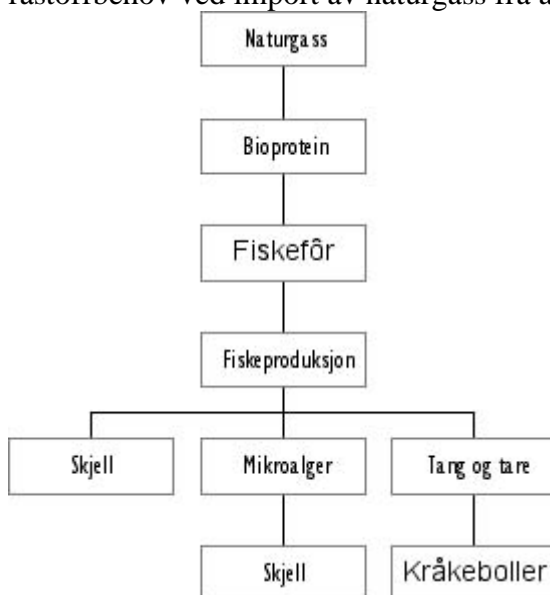
encelleprotein gjennom bakterier, kan dette organiske stoffet igjen bidra til produksjon av mat istedenfor bare å bli brent for å gi energi.

Dersom vi antar at rundt 40 % av fiskefôret består av protein, var proteinforbruket i 1999 på rundt 250.000 tonn for å kunne produsere og eksportere laks og ørret for 12 milliarder kroner per år. Den mengden gass som i dag eksporteres fra Norge gir 30 milliarder kroner per år, altså bare 2,5 ganger så mye som eksportverdien av oppdrettsfisken. Dersom gassen ble omdannet til Bioprotein, og deretter anvendt i fiskefôr, kunne eksportverdien av fisken bli 20 ganger høyere enn eksportverdien av gassen. Det inngår selvsagt andre innsatsfaktorer (investeringskapital, arbeidskraft m.m.) i denne fiskeproduksjonen, men den største kostnaden er fôr, og protein utgjør en hoveddel av fôrkostnaden.

Norge innehar om lag 1 % av verdens kjente gjenværende petroleumsreserver, men vi står for nesten 4 % av verdens produksjon. Med dagens høye utvinningstempo på de antatt eksisterende petroleumsressurser, vil oljen ta slutt om 26 år og gassen om 121, år ifølge Oljedirektoratets beregninger (Statistisk sentralbyrå: "Natur-ressurser og miljø 1998").

Dersom produksjonen av Bioprotein basert på naturgass utvikler seg til en sentral leverandør av protein til framtidig sjømatproduksjon i Norge, kan vi da faktisk risikere at gassreservene våre kan bli begrensende for sjømatproduksjonen om litt over hundre år?

Det er heldigvis lite trolig at dette blir noen reell problemstilling. Utvikling av andre råstoff enn naturgass til tilsvarende bioreaktorprosesser kan være et alternativ, og andre proteinkilder vil også kunne være tilgjengelige. Dersom produksjon av Bioprotein basert på naturgass likevel er det økonomisk og ressursmessig beste alternativet for utnytting av gassen, har vi godt utbygde ledningsnett for transport av gass til og fra Norge. Den framtidige sjømatproduksjonen kan da lettere få dekket sitt råstoffbehov ved import av naturgass fra andre land.



Fiskefôr

Kråkeboller

Figur 1 Skjematisk oppsett for integrert akvakultur på Tjeldbergodden, Møre og Romsdal.

Scematic overview of integrated aquaculture on Tjeldbergodden, Møre and Romsdal.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet -

www.imr.no

Katarakt er en øyelidelse som i de senere år har rammet oppdrett av laks nasjonalt og internasjonalt. Katarakt eller "grå stær" er uklarheter som opptrer i øyets linse og gjør denne mindre transparent. Biokjemisk skyldes dette at proteiner eller proteinstrukturer (krystalliner) i linsen denaturerer. Derved vil det innkomne lyset spres i stedet for å brytes normalt mot netthinnen. Katarakt kan ha ulik alvorlighetsgrad, fra små, ubetydelige uklarheter til tilstander hvor hele linsen er affisert, noe som medfører fullstendig blindhet (figur 1). Økende grad av katarakt hos laks i oppdrett betyr derfor 1) at man har ufordelaktige forhold som fører til katarakt og 2) at dette på sikt fører til økonomiske tap i form av redusert vekst og slaktekvalitet. I lengden kan ikke de enkelte aktører i lakseindustrien leve med den usikkerhet som utbrudd av katarakt representerer, fra økonomiske konsekvenser, til mistillit innad i laksenæringen, og ikke i forhold til minst dyreetiske aspekter.

Historisk sett er mulige årsaker til katarakt hos oppdrettsfisk knyttet til oppdrettsforhold, ernæring og arvelige forhold. I anleggene blir katarakt trolig mest observert i perioden etter utsett i sjø, men også i betydelig grad på slaktelinjen. Utbruddene har vært knyttet til høye

vanntemperaturer og mye sol, fôrets sammensetning samt bruk av ulike medisiner. Studier fra Irland, Skottland og Norge over flere år, har vist at utbruddene av katarakt er forbundet med faktorer i fôret, hvor utelatelse av blodmel som fôringrediens har vært mye diskutert. I mange år har Ernæringsinstituttet i samarbeid med Norges Veterinærhøgskole, Oslo utført både beskrivende og eksperimentelle studier for å forsøke å forstå utvikling av katarakt. Fra disse forsøkene ser det ut til at :

- hurtigvoksende fisk er mer utsatt for katarakt
- vanntemperaturen påvirker både vekst og utviklingen av katarakt
- katarakt kan utvikle seg både under smoltifiseringen og i sjøvann
- fettinnholdet i fôret til smoltifiserende laks har lite å si for utviklingen av katarakt
- lavt innhold av riboflavin (B-vitamin) i fôret kan ikke direkte settes i sammenheng med kataraktutvikling hos smoltifiserende laks

I samarbeid med Noraqua Innovation AS, Dirdal og Norges Veterinærhøgskole ble to forsøk gjennomført for å undersøke utvikling av katarakt hos laksesmolt under gitte fôringsregimer. Forsøkene var satt opp etter multivariat design og hadde som mål å undersøke

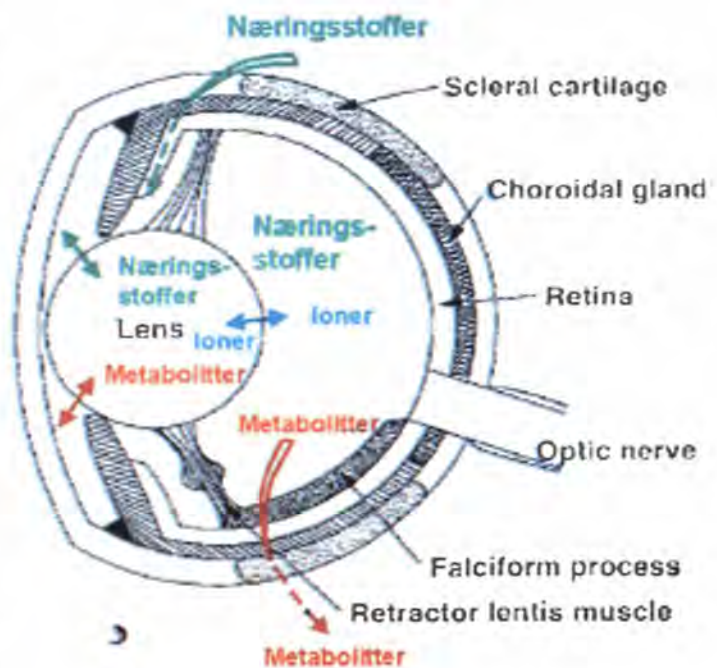


Figur 1 Alvorlig katarakt i et lakseøye (Foto: Ellen Bjerkås)
Grave cataract in a salmon's eye

betydningen av førets sammensetning av utvalgte pro- og antioksidative næringsstoffer og fettnivå, for utvikling av katarakt. Ett forsøk inkluderte mild belastning med UV-lys. Forsøkene viste at høye nivåer av de utvalgte næringsstoffene påvirket utviklingen av katarakt i logisk riktig retning i forhold til de antatte virkningsmekanismene, men at de lite trolig var primærårsaken til katarakten. UV-lys gav lite utslag på kataraktfrekvensen i gruppene.

Andre fiskefôrprodusenter har gjennomført forsøk ut ifra antakelsen om at kataraktutbruddene hos lakseprodusenter i utlandet var relatert til utelatelse av blodmel. Det som i første rekke må avklares, er om blodmel eller isolerte faktorer i blodmel forhindrer eller reduserer utbruddene av katarakt. Logisk sett skal det ikke være nødvendig å tilsette blodmel i fôr til fisk, med mindre føret i sin tid var optimalisert med blodmel. Det er viktig at man finner en logisk virkningsmekanisme for hvorfor krystallinene denaturerer og blakker linsen under de gitte forhold. Linsen kan på lik linje med andre vev være følsom for tilgangen på næringsstoffer (klassisk mangelsymptom), eller man tenke seg at linsen ikke får sin rettmessige del av næringsstoffer under rask muskelvekst (organspesifikk mangel) på grunn av sin manglende blodforsyning og de mange barrierer mellom linse og blod (figur 2).

Ernæringsinstituttet er involvert i et EU FAIR prosjekt "Cataracts in farmed fish" (1998-2000) med 16 partnere, hvor VESO, Oslo med dr. Paul Midtlyng er koordinator. Prosjektet har som mål å samle og utveksle eksisterende kunnskap, og å generere nye prosjekter innen dette området. Ut fra status i prosjektet ble det i 1999 søkt NFR



Figur 2. Forenklet skjematisk fremstilling av linsens metabolisme. Katarakt kan oppstå som følge av ubalanse i fiskens eller linsens ernæring. Det er mulig at linsens vekst og ernæringskrav ikke er direkte koplet til somatisk (muskel) vekst. Linsens omsetning av næringsstoffer og metabolitter, samt ionebalanse er spesiell i forhold til andre vev.

Simplified outline of the metabolism of the lens. Cataract may originate as a result of nutritional imbalance of the fish or lens per se. The growth and nutritional demands of the lens may not be linked to the general somatic growth. The metabolism and ionic regulation of the lens differ from other tissues.

om et industristøttet prosjekt, samt et prosjekt innen EUs 5. rammeprogram (fem partnere) som skal belyse betydningen av utvalgte næringsstoffer og oppdrettsbetingelser for utbrudd av katarakt hos laksefisk. Ernæringsinstituttet har koordinatoransvar for begge søknadene.

Genteknologi i havbruks- og fiskeriforskning

Geir Dahle

Genteknologi kan defineres som en teknikk som kan brukes til å kartlegge og endre arvestoffet i planter, dyr og mikroorganismer for å fremstille produkter til for eksempel industrielle formål. Genteknologien kan også brukes til å overføre DNA fra en organisme til en annen for å gi denne en helt bestemt ny egenskap.

Muligheter ved bruk av rekombinante teknikker

Verdens ressurser av vill fisk er truet på grunn av overfiske, og FAO anslår at fisk vil være en mangelvare innen ti år. Dette indikerer at vi står foran store utfordringer, ikke minst innen havbruk, og her vil bruk av genteknologi kunne være et hjelpemiddel. Genmodifisering av oppdrettsorganismer vil kunne gi hurtigere vekst, bedre fôrutnyttelse, økt kuldetoleranse, forbedret sykdomsresistens, osv. I tillegg vil sykdom og tilgjengeligheten av fôr fortsatt være to utfordringer i fremtidens oppdrettsnæring. Genteknologiske metoder kan brukes både til å framstilling av vaksiner og utvikle alternative fiskefôr. Man kan også tenke seg at en kartlegging av en oppdrettsarts gener kan gi oss verktøy til bruk i et mer effektivt avlsarbeid. Kanskje vil det i fremtiden være en del av hverdagen å ha en genmodifisert fisk i anlegget? Ved å tilføre en oppdrettsorganisme kopier av dens eget genom (øke antallet), kan man i dag for eksempel øke vekstraten hos laks. Det er imidlertid mange ubesvarte spørsmål rundt dette temaet, og det er derfor viktig at forskerne har mulighet til å skaffe seg kunnskap innenfor området. Ved hjelp av genteknologi vil det kunne være mulig å gjøre oppdrettsorganismene sterile, og man kan også tenke seg å sette inn et såkalt "selvmordsgen", som gjør organismen avhengig av en spesiell fôrkomponent.

Genspleising, gensløyd, genmodifisering

Dette er uttrykk som hos en del skaper en viss uro, mistro og skepsis, noe som også kommer til uttrykk i de ord som gjerne brukes for å beskrive disse begrepene mer «folkelig» som «gentukling» og «genmanipulering». Alt som har med gener å gjøre omfatter noe som for de fleste er ukjent, og vi liker ikke det ukjente.

Seleksjon gjennom «vanlig» avl

Oppdrettsnæringen, det vil si laksenæringen, har helt siden starten drevet seleksjon, utvalg, på sine oppdrettsorganismer. Hovedmålet er hele tiden å øke fortjenesten, og det har man oppnådd ved å velge ut avkom som har gode egenskaper for produksjon, rask vekst, sen kjønnsmodning og størst sykdomsresistens. I forhold til det som skjer i naturen, vil en oppdrettssituasjon, enten den foregår på landjorden eller i vannet, medføre en ikke-naturlig prosess. Oppdretteren velger ut de dyrene som skal danne grunnlag for den eller de neste generasjoner, og utvalget er ofte basert på egenskaper som ikke alltid er de mest gunstige for dyr i naturen. Det vil kunne være en ulempe å være et individ som vokser raskt og kjønnsmodner sent, ettersom disse tidlig vil rekruttere til et eventuelt fiske og dermed fjernes fra populasjonen før de får reproduisert.

Man trenger imidlertid ikke foreta noe spesielt utvalg, men likevel påvirke både den genotypiske og fenotypiske sammensetningen i en oppdrettsbestand. I naturen finner vi den største dødeligheten på egg og larvestadiene, og dette står i skarp kontrast til høy befruktnings- og klekkeprosent, i tillegg til høy overlevelse gjennom det første leveåret. Oppdretteren sørger med andre ord for at individ som i naturen ville ha blitt «valgt» vekk, overlever og kanskje også skaper avkom i fangenskap.

Moralske og etiske funderinger

I dag må all biologisk forskning og annen biologisk virksomhet være fundert på gode etiske og moralske prinsipper, og dette gjelder kanskje spesielt tema som berører vårt arvestoff, det genetiske materialet. Genmodifisering av fisk vil ganske sikkert foregå uavhengig av hva slags politikk vi her i Norge velger for oppdretts-næringen. Store internasjonale konserner vil ganske sikkert investere store summer i forskning og ikke minst patentering på raskt voksende og kvalitetsforbedret fisk. Det er bl.a. av disse årsaker at vi bør sørge for et aktivt forskermiljø innen området genteknologi, for dermed bedre å kunne vurdere konsekvensene av slik virksomhet.

Genetiske markører

Til forskjell fra de multivariable fenotypiske karakterene som oppdretterne leter etter, så som vekst, kjønnsmodning, eggkvalitet og overlevelse gjennom metamorfose, blir såkalt genetiske markører nedarvet som enkle karakterer ved det som kalles Mendelsk arv. Genetiske markører kan brukes til å identifisere foreldre og søskengrupper, og spesifikke markører kan også brukes for å identifisere viktige kvantitative egenskaper, dersom den ellers nøytrale markøren er nært knyttet til genet eller genkomplekset som koder for denne egenskapen.

Mange har allerede sett nye, mulige bruksområder for dette redskapet, og i fremtiden vil antall mulige bruksområder bare øke. Dette gjelder spesielt innen matvareindustrien hvor autentisering av matvarer allerede er en økonomisk faktor i form av identifikasjon av råstoff.

Produksjonen av marine organismer skaper et enormt antall avkom. Som eksempel vil en torskehunn på ca 3 kilo i løpet av en gytesesong kunne produsere om lag en halv million egg. Med et slikt antall avkom er det ikke enkelt å kontrollere ankommet gjennom produksjons-perioden slik tilfellet er med laks, og en markør-identifikasjonsmetode må kunne behandle et stort antall individer.

Amplifisering eller oppformering av DNA ved hjelp av såkalt PCR-teknologi har redusert behovet for store vevsprøver fra hvert individ. Dette har gjort det mulig å arbeide helt ned på egg nivå. Det har også gjort det mulig å arbeide med gamle skjell- og otolittprøver, og dermed studere arkivmateriale fra for eksempel norske lakseelver.

Markører til bruk i havbruksnæringen

Dersom man ønsker å gjennomføre seleksjon i forbindelse med oppdrett av marine arter, er det nødvendig å ha verktøy for å være i stand til å identifisere familiegrupper. For marine arter (torsk, kveite, kamskjell) er det i kommersiell sammenheng lite hensiktsmessig å lage familiegrupper ved å blande egg og melke (stryking) fra kjente foreldre og inkubere hver familie for seg fram til det er mulig å merke hvert enkelt avkom.

De senere årene har DNA-mikrosatellitter vist seg å være et meget anvendelig verktøy til nettopp denne typen identifikasjon. Disse markørene har stor variasjon, krever lite utgangsmateriale (egg, larver) og gir derfor mulighet for å allokere individ til riktig foreldrepar på et tidlig tidspunkt i produksjonen. Eventuelt kan man gå inn på et senere tidspunkt både for å velge bort stamfisk som ikke har gitt ønskelige egenskaper, eller for å velge ut fremtidig stamfisk, fisk med ønskede egenskaper. Fremtiden for norsk havbruk vil sannsynligvis være mer avhengig av genteknologi og genteknologiske metoder enn de fleste kanskje setter pris på. Dette vil imidlertid ikke skje gjennom genmodifiserte organismer, men gjennom analyse av de naturlig forekommende gener og en utvelgelse av dem som er best egnet for kultivering i oppdrettsanlegg, i tillegg til utvikling av vaksiner og nye alternative fôrtyper.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no

Dag Møller - fødselshjelperen - snart sytti



Intervjua av Arnold Farstad

-Det merkelige var at lakseeggene rett og slett eksploderte. Eggene bare sprakk. Larvene døde naturligvis, og vi skjønte ikke hva som var galt. Sannsynligvis måtte det være noe med sammensetningen av vårt norske ferskvann som de kanadiske lakseeggene ikke tålte, og det viste seg også å være riktig. Straks vi fikk behandlet vannet, med en såkalt ionebytter, klekket lakseeggene helt normalt. Og hva forteller denne historien? Jo, at fiskepopulasjoner gjennom tusenvis av år har blitt tilpasset sine spesielle leveområder. Slik er det naturligvis også for våre ville laksebestander. De er tilpasset miljøet i sine elver, og vi må ikke la disse elvene bli invadert av rømt oppdrettslaks, for da vil den tilpassede ville bestanden bli fortrenget og gå til grunne.

Dag Møller er ikke redd for å kaste brannfakler inn i dagens laksedebatt. Han sier det han mener å ha vitenskapelig belegg for, enten det måtte passe norsk havbruksnæring eller «villaksinteressene». Det kalles redelighet og forskningsmessig integritet, og i sitt syttiende år har professor Møller slett ikke meldt seg ut av laksedebatten, selv om mesteparten av arbeidsdagen nå blir nyttet til mer tilbakeskuende virksomhet. Han er nemlig godt i gang med å skrive sin versjon av norsk havbrukshistorie, fra de første famlende forsøk til vi i dag er lakseprodusent nummer en i verden. Der er nok flere, ikke minst forskerkolleger tilknyttet landbrukets institusjoner, som venter spent på hva den vil inneholde av analyser og karakteristikker. Dag Møller var neppe skapt til en karriere i diplomatiet, der engasjement, temperament og spisse formuleringer skal være nærmest helt fraværende. Tja, jeg er nå ikke helt sikker på det, sier Møller selv, om dette med diplomatiske talenter. Kanskje har han rett. Der bor mye i Møller, og mannen har fremdeles evnen til å overraske sine omgivelser.

Studenten som matet laks og ørret

Men var det tilfeldighetene som førte Dag Møller til fiskeriforskningen, til torsken, lodda - og ikke minst til laksen og havbruksnæringen?

Ja, jeg var vel helst på rett sted til rett tid, sier Møller. Men kanskje var det noe mer. Navnet hans, Dag, skal visstnok bety fisk på hebraisk, men sjekk det for sikkerhets skyld, ber han intervjueren, som dessverre ikke har rukket å konsultere ekspertisen. Men det salte hav hadde unge Dag liten omgang med i oppveksten. Han ble født så å si ute i Nordmarka en septemberdag i 1930, ved Lillevann, «to trikkestopper før Frognersetra». En god barndom omgitt av skog, mark og blinkende ferskvann. Etter Kristelig Gymnasium valgte Dag å studere matematikk, kjemi og zoologi ved Universitetet i Oslo. Her dukket laksefiskene inn i Møllers liv. Til hovedfaget i

zoologi ble han nemlig geleidet inn i et forsøk der han fôret laks og ørret i fri elv. Målet var å se om ikke fôring minsket dødeligheten for yngelen - slik at en kunne la laksefiskene få formere seg på naturlig måte i elven, og altså unngå kunstig klekking. Så kanskje var det ikke noen tilfeldighet likevel at Møller måtte havne i havbruksforskningen, og endatil bli en av de virkelige fødselshjelperne for norsk lakseoppdrett?

-Jeg hadde nok tenkt å bli lærer, og fullførte derfor også pedagogisk seminar. Men så ble jeg sterkt anmodet om å praktisere zoologikunnskapen mine, og søkte derfor den eneste stillingen som i mars 1958 var ledig innenfor dette fagområdet - et vikariat i en stipendiatstilling ved Havforskningsinstituttet i Bergen. Dermed var vel karriereveien bestemt, sier Møller. Men lærer har han jo også blitt - professor ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen, med motiverte og flinke studenter, som endatil har fått priser for fremragende havbruksforskning. Professoren overvar overrekkelsen og klarte ikke å skjule sin stolthet, og hvorfor skulle han nå det?

Sjødyktig nok til å bli havforsker?

28-åringen Dag Møller følte seg velkommen fra første dag ved Havforsknningen. Han husker med takknemlighet hvordan daværende direktør Rollefsen brukte en hel arbeidsdag til å ta seg av den unge stipendiatvikaren. Omvisningsrunden endte ombord på et av havforskningsfartøyene som lå inne, og det er vel best å få deg sjekket først som sist, om du er sjødyktig nok til denne jobben, sa direktør Rollefsen. Dermed ble Dag Møller sendt til Svolve. Der lå "G.O.Sars", og Gunnar Sætersdal ønsket velkommen ombord og stimet rett mot Røstbanken for å lete etter skreien.

-Men du verden så sjøsyk jeg var, sukker Møller. Jeg nærmest krøp opp til toktlederen og sa at dette er ikke noe for meg.

Men den gode mann Sætersdal ville slett ikke akseptere noen oppsigelse fra en lovende havforsker i en slik tilstand. Det ordner seg nok, sa Sætersdal, og til sommeren skal du få bli med på tokt i Barentshavet. Det var nok ment som trøst og oppmuntring.

Slik ble det også, som Sætersdal lovet. Møller fattet nytt mot, og Sætersdal gav den unge zoologen en spennende oppgave. Du skal studere mulige ulikheter i torskotolitter (øresteiner) i Barentshavet for å se om disse kan gi oss ny kunnskap om torsken. Med god hjelp fra dyktige assistenter gikk Møller løs på oppgaven, og fant at mønsteret i torskens ørestein med 84 prosents sannsynlighet fortalte hvor torsken hadde vokst opp og vandret i Barentshavet.

Men Møller var ikke fornøyd. Det måtte gå an å foreta mer sofistikerte analyser, for eksempel å måle frekvensen av arvelige karakterer for å identifisere ulike populasjoner av torsk. Han skrev et grundig notat om dette, og leverte det til Gunnar Sætersdal, som var sjef for torskeavdelingen på instituttet.

Kaniner og ulike torskepopulasjoner

-Saken var nemlig at forskningen nå hadde vist at alle identifiserte blodtyper hos en organisme var arvelige. Min tanke var da at ved å sprøyte blodceller inn i kaniner, ville vi kanskje ikke bare kunne identifisere generelle antistoffer mot torsk, men også spesifikke antistoffer som reagerte mot noen torskeblodceller, men ikke alle. Forstår du?

Møller ser spørrende på intervjueren, som beskjemmet må riste på hodet, og innrømme at det nok er noe uklart. Møller ler hjertelig.

-Nei, det gjorde ikke Sætersdal heller, etter å ha studert notatet mitt i to uker. Han påstod iallfall det. Jeg skjønner ikke dette, men sett bare igang, sa han. Tenk det, han gav meg klarsignal!

Dag Møller smiler lunt, og berømmer sin gamle sjef og senere havforskningsdirektør for vilje og mot til å satse på nye krefter og nye metoder. En tillitserklæring Dag Møller aldri vil glemme.

- *Men brukte dere virkelig kaniner i torskeforskningen?*

-Ja, tenk det, jeg plasserte rad på rad med kaninbur på bakplassen ved Havforskningen. Både ansatte og de som gikk tur i Nordnesparken lurte jo fælt på hva alle disse kaninene hadde å gjøre på et havforskningsinstitutt.

- *Og hva fant dere ut, om torsken, mener jeg?*

-Vi greidde å identifisere syv ulike antigener hos torsk. Av disse valgte jeg ut tre som hadde gode reaksjonsmønstre mot sine respektive antistoffer, og vi greidde faktisk å identifisere ulike torskepopulasjoner. Vi fant helt klare forskjeller mellom skrei og kysttorsk. Resultatet ble at Norge fikk en tilleggskvote på ti prosent for vår norske kysttorsk. Men det gikk selvsagt ikke lenge før russerne sa at også de hadde en egen kysttorskbestand, Murmanskorsk. Dermed var vår kysttorskquote politisk opphevet, for å si det slik.

Møller slår oppgitt ut med armene, og blikket sier mye om hva *han* mener om forholdet mellom forskning og politikk.

Havets rikdom og mangfold

Men genetikken ble et viktig arbeidsområde for Dag Møller, og nye metoder ble introdusert i fiskeriforskningen - blant annet *elektroforese*, der molekyler vandrer i et elektrisk felt og avtegner genetiske mønstre, og *transferriner*, der jern vandrer og avsetter seg i milten hos torsk. Intervjueren og professoren blir imidlertid enige om at en utdyping av disse kompliserte analysemetodene blir for plasskrevende i en kort artikkel. Men i Møllers laksehistorie blir de nok utførlig omtalt, for det var ikke minst genetikken som førte Dag Møller inn i havbruksforskningen.

Professoren kan imidlertid ikke slippe havforskningstoktene, som nok var vel så spennende som arbeidet på laboratoriet - og Møller reiste på tokt, der han opplevde mektige naturkrefter, myldrende liv ved iskanten og en ressursrikdom som var bortimot ufattelig.

-På første toktet, på Røstbanken med Sætersdal, trodde jeg ekkoloddet var ødelagt - for papiret ble jo helt svart. Nei, loddet er i orden det, sa toktlederen, for her står det sild fra overflaten og helt til bunns. I Barentshavet gikk vi i 1961 over lodde som stod i bakken fra Nordkapp til Vardø, en strekning på 550 kilometer. Innsiget var ca. 15 kilometer bredt, og stod mellom 75 til 125 meters dybde, og dette var bare ett av tre innsig den vinteren. Et annet år opplevde vi så mye ungsild der oppe, at den faktisk kom sprettende inn på dekket til oss, helt av seg selv. Han fikk også se enorme flokker av vandrende grønlandssel ute i åpne havet, og en finnhval som la seg til å dorme kloss i skuteseida.

Fra Barentshavet til Kanada

Nei, Dag Møller ville ikke vært havforskertoktene foruten. Det var da heller ikke noe diskusjonstema, for alle forskerne *skulle* da også ut for å studere mangfoldigheten, fruktbarheten og de store svingningene i våre høyproduktive havområder, den gangen

som nå. De tradisjonelle fiskeriene ha da også fått en stor plass i Dag Møllers hjerte. Det prøver han slett ikke å skjule.

-Jeg er også sikker på at folk som bor og arbeider ute i disktriktene er mye lykkeligere enn byfolk, for de lever mer i takt med naturen. Det er også imponerende å se hva som skapes ute i Kyst-Norge, av folket selv, både av fiskere og oppdrettere. De etablerer til og med videregående skole, i ledige oppdrettslokaler, for å kunne gi sine barn muligheter for utdanning i hjembygden.

Men tilbake til Møllers hvbrukskarriere. I 1967 kom John Anderson opp på Møllers kontor og tilbød ham fast stilling i Kanada. Vi vil gjerne at du hjelper oss med å finne ut om vi har en eller flere ulike laksepopulasjoner i våre elver på østkysten, sa Anderson. Møller takket ja, og etter å ha fått sin doktorgrad i 1968, reiste han til Kanada. Der analyserte han laks fra 28 elver, og fant at hver eneste elv hadde sin særegne laksepopulasjon. I forfjor var Møller tilbake i Kanada, og fant da at genmønsteret (genfrekvensen) var det samme hos tipp-tipp oldebarna til laksen i de fleste av disse elvene - bare ikke i de to elvene som ligger nær Kanadas viktigste lakseoppdrettsområde, i Bay of Fundy.

- *Betyr det at rømt oppdrettslaks har ødelagt villaksstammene i disse elvene?*

-Ja, det må vi tro. Disse to elvene har nok fått alt for stor invasjon av oppdrettslaks. Jeg tror ikke en viss "feilvandring" gjør noen skade, det viser også analysene fra de andre elvene. Men når invasjonen av fremmedlaks blir for stor, er det nok sannsynlig at den ville bestanden blir fortrent og går til grunne. Derfor må vi også her hos oss gjøre alt vi kan for å hindre rømming og masseoppgang av oppdrettslaks i våre elver.

Uten forskning ingen laksenæring

I 1971 kom Dag Møller tilbake fra Kanada, med kunnskap og pågangsmot, akkurat i rett tid til å være med å bygge opp det norske lakseeventyret.

-Ja, det var et eventyr, og næringen har vokst mye raskere og blitt mye større enn vi kunne forestille oss i 1970. Jeg fikk være med på å bygge opp tre havbruksstasjoner, først i Matre, så i Austevoll og i Kvalvåg ved Hammerfest. Særlig Erling Oslands ørretanlegg viste meg at dette kunne og måtte bli en stor og viktig næring.

Mulighetene var enorme, men det var også mye kunnskap som måtte produseres, om oppretterne skulle lykkes.

Hadde ikke forskerne greidd å løse lakselusproblemet, ville det neppe blitt noen næring, mener Møller - og løsningen i 1978 var neguvon, som i dag er fy-fy, men som den gangen var det eneste effektive middelet. Det samme kan sies om kaldvannsvibriosen (Hitrasiken), der forskere fra flere institusjoner gikk sammen og kunne starte med massevaksinasjon i 1989. Lakselusproblemet er i dag mest alvorlig for villaksen, mener Møller. For oppdrettsnæring gjelder det nå å ta godt vare på den gode hygiene- og helsestandard som fins i mange anlegg, og det største hinderet for en fortsatt vekst i laksenæringen er nok tilgangen på riktig fôr til fisken.

Mange, mange dyktige forskere bør få anerkjennelse for det de har gjort, mener Møller, og det meste er resultat av et fruktbart lagarbeid. Han ville gjerne nevne alle kolleger som har gjort en verdifull innsats i så måte, men innser at listen ville bli alt for lang for denne artikkelen, så det får vente. De blir nok behørig kreditert i Dag Møllers historiebok. Mange er fremdeles aktive forskere, andre har gått bort.

Sats på tang og tare

- *Hva blir så den største utfordringen for norsk havbruk?*

-Tang og tare, svarer Dag Møller kontant. Her ligger det enorme muligheter, også med tanke på fôr til tradisjonelt fiskeoppdrett. I Japan ligger bøyestrekene tett i tett i mange fjorder, og hvorfor skulle ikke vi kunne gjøre det samme? Tenk på hvilken fenomenal energikilde tang og tare er, og næringen henter de selv fra havet og sollyset. Men for å få dette til må vi ha en forskningspolitikk som ser framover, og som tar de store utfordringene på alvor. Det har vi dessverre ikke i dag. Hører dere, forskningspolitikere og administratorer? Og tro ikke at Dag Møller har tenkt å kaste håndkleet inn i ringen med det første. Rett nok kan han snart tituleres Professor emeritus, men han ser så uforskammet ung og sprek ut, at han mer framstår som en nytutklekket og temperamentsfull stipendiat - som dere ennå i mange år må regne med å møte i ringen. Bare så dere er advart.

Dag Møller

Utdanning og karriere:

1958. Cand. real. Univ. i Oslo (UiO), zoologi hovedfag. Oppgavens tittel: "Fôring av laks og aure i fri elv"

1958 Ansatt ved Havforskningsinstituttet (HI)

1968 Dr. philos. UiO. "Studies on genetic diversities in Arctic and coastal cod in Norwegian waters" (Genetisk ulikheter hos norsk-arktisk torsk og kysttorsk i norske farvann).

1968-70 Scientist II ved Biological Station i St. Andrews, Canada, ansvar for undersøke populasjonsstrukturen hos laks

1970 Tilbake til Havforskningsinstituttet

1977 Forskningssjef

1984 Professor II ved Institutt for fiskeribiologi ved Univ. i Bergen (UiB)

1988 Slutter ved HI, tar stilling som professor I ved Institutt for fiskeribiologi ved UiB.

1990 Havbruksdirektør ved Fiskeridirektoratet

1991 Tilbake til professorstillingen, nå ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM), UiB

1992-1996 Styrer ved IFM, UiB.

Noen viktige verv og tiltak:

1970-71 Medlem i utvalg vedr. tiltak for rasjonell utbygging av norsk damfiskeoppdrett (leder Ole Devik)

1971 Etablerte havbruksforskningen, Forskergruppe for akvakultur, ved HI sammen med nære kollegaer som Bjørn Braathen, Emmy Egidius, Oscar Ingebrigtsen, Sten Knutsson og Gunnar Nævdal. Gruppen innledet et godt samarbeid med Fiskeridirektoratets Ernærings-institutt

1971 - 84 Etablerer havbruksstasjoner i Matre (1971), Austevoll (1978) og Kvalfjord (Hammerfest, 1985)

1972-77 Medlem i Lysøutvalget (utrede ut-klekkning og oppdrett av fisk til levedyktig næringsvei (leder Nils Lysø)

1973 Tok initiativ sammen med Emmy Egidius til dannelsen av Mariculture Committee i Det internasjonale råd for havforskning (ICES)

1977 Leder for Avdeling for akvakultur, HI

1977- 88 Kvernavannprosjektet

1977 Ordstyrer på møtet som førte til dannelsen av Fiskeoppdretternes Salgslag A/L
1978-79 Leder av Utvalg for å vurdere saltvannsfiskeredsskapers virkning for laks og sjøaure
1980 -1993 Leder for Frisk Fisk
1982 - 85 Medlem av Arbeidsgruppa for akvakultur (leder Viggo Jan Olsen)
1982 Initiativ til dannelsen av Norsk forening for akvakulturforskning
1983-85 Chairman Mariculture Committee
1985 Leder for utvalg som etablerte hovedfag i akvakultur ved UiB
1982 -90 Leder for Prosjektstyret for oppdrett av laksefisk i Finnmark
1987 - 90 Leder for Nordisk arbeidsgruppe for akvakultur
1987 - 90 Medlem og senere leder for LENKA (Landsomfattende Egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur)
1989-90 Leder utvalg alternativ volumavgrensning for oppdrettskonsesjoner (Møllerutvalget)
1990-92 Medlem av styret for PUSH
1998 Nye undersøkelser i Kanada av populasjonsstrukturen hos laks

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no