

3.6.6 Produksjon av marin fiskeyngel

Yngelproduksjonen av torsk økte i 2005, og det ble produsert vel 9 millioner yngel. Ifølge oppdretterne ser problemet med skjelettdeformiteter hos torskeyngelen ut til å ha bedret seg. For kveite er yngelproduksjonen stabil og styrt av etterspørsel. Det produseres med andre ord ikke mer kveiteyngel enn det som bestilles på forhånd. Yngelproduksjon av torsk og kveite ser derfor ikke ut til å være begrenset av biologiske faktorer. Det kan kanskje forlede noen til å tro at problemene stort sett er løst, og at det i mindre grad enn før er behov for forskning på marin yngelproduksjon. Slik er det imidlertid ikke. Den største utfordringen i dag ligger i å oppnå stabile produksjonsforhold. Dette forutsetter en standardisering av metodene, kombinert med systematisk optimalisering som må være basert på målrettet forskningsinnsats.

Terje van der Meeren

terje.van.der.meeren@imr.no

Torstein Harboe

torstein.harboe@imr.no

Selv om produksjonen av torskeyngel øker, forekommer det fremdeles betydelig variasjon mellom ulike larvegrupper som settes til startfôring, både hos næringsaktørene og i forskningsinstitusjonene. Noen larvegrupper har svært lav overlevelse, mens andre grupper har overlevelse opp mot 30 % frem til yngel av 1 til 2 grams størrelse. Larvegrupper som går dårlig blir gjerne avsluttet før larvene når yngelstadiet, slik at nye og forhåpentligvis "bedre" larvegrupper kan startfôres. Forekomsten av ulike skjelettdeformiteter ser ut til å være variabel. "Nakkeknekk" var tidligere den vanligste skavanken, men ser nå ut til å være mindre fremtredende. Imidlertid har andre typer skjelettdeformiteter i hoderegionen økt.

I produksjon av kveiteyngel er det plommesekkkfasen og startfôringsfasen som er mest utsatt for variasjon. Med variasjon menes forskjeller fra gang til gang når det gjelder overlevelse og kjevedeformiteter i plommesekkkfasen samt overlevelse og yngelkvalitet (øyevandring og pigmentering) i startfôringsfasen. Ved Havforskningsinstituttet i Austevoll har man de siste årene hatt stadig mindre variasjon med hensyn til overlevelse og kjevedeformiteter i plommesekkkfasen. Næringen sliter fremdeles med variasjon, særlig med tanke på deformiteter. I startfôringsfasen har Havforskningsinstituttet hatt høy overlevelse med god regularitet, mens yngelkvaliteten har vært varierende. Blant næringsaktørene er det også her betydelig variasjon både innen overlevelse og yngelkvalitet.

Hvordan redusere variasjon?

Årsakene til variasjonen kan mest sannsynlig spores tilbake til manglende standardisering av produksjonsmetoden. Dette omfatter ufullstendige og for lite detaljerte protokoller, manglende automatisering og for lite standardisering av nøkkelfaktorer i produksjonen (f.eks. vannbehandling og produksjon av levendefôr). Det tar lang tid å tilegne seg den praktiske kunnskapen som er nødvendig for å drifte et anlegg for yngelproduksjon, og dermed kan manglende erfaring også være en viktig faktor i forhold til variasjon i produksjonen. I Figur 3.6.6.1 illustreres situasjonen skematisk med betydelig variasjon i overlevelse, men det kunne like gjerne vært andre produksjonsmål som for eksempel yngelkvalitet.

Målrettet arbeid for å etablere detaljerte protokoller, fulgt av opplæring i å bruke disse, vil kunne redusere variasjon i produksjonen. Yngelproduksjonen består av en mengde enkeltoperasjoner som må gjentas likt fra gang til gang, selv om ulike personer utfører arbeidet. Operasjoner bør også i størst mulig grad automatiseres. Standardisert vannbehandling bør innføres, slik at naturlige variasjoner i vannkvalitet reduseres til et minimum før vannet når larve- og yngelkarene. Hvilke elementer som skal inngå i en slik vannbehandling kan nok diskuteres, men både temperatur, saltholdighet, gassmetning og innhold av metabolitter, partikler, bakterier og organisk materiale bør være mest mulig konstant. For å vite dette må disse faktorene overvåkes. Innføring av detaljerte protokoller, automatisering, standardisert vannbehandling og overvåking vil kunne redusere variasjonen slik det skematisk er framstilt i Figur 3.6.6.2. Denne typen kvalitetssikring vil kunne etablere en baselinje som utgangspunkt for systematisk optimalisering og forbedring av produksjonen.

Målet med optimaliseringen er altså å heve baselinjen (Figur 3.6.6.3). Dette kan bare gjøres gjennom målrettet forskning, hvor forskningsresultater innarbeides i protokollene for yngelproduksjonen. Forskningsen er nødvendig i alle ledd fra stamfisk til yngel, og vil bidra til at flere yngel kan produseres per larvegruppe som settes til startfôring. Bare ved en sterk satsing på offentlig forskning vil alle yngelprodusenter kunne dra nytte av optimaliseringsarbeidet. I yngelproduksjonen ligger det en rekke biologiske flaskehalsar, og det er behov for et kontinuerlig arbeid for å kartlegge disse og finne løsninger som gir mest mulige optimale forhold for stamfisk, egg, larver og yngel.

Biologiske flaskehalsar

Kunnskapen om produksjon av marin yngel har kommet langt, noe som er uttrykt ved at det i dag produseres atskillig flere yngel enn for vel 20 år siden da torsk og kveite ble introdusert som nye arter. Mye bra forskning har lagt grunnen for at det i dag er mulig å ha en kommersiell produksjon av disse artene. Enkelte av yngeloppdretterne kan rapportere om forholdsvis stabil produksjon på over 20 % overlevelse fra klekte larver til salgbar yngel, noe som er svært bra. Dette hadde ikke vært mulig uten den kunnskaps- og erfaringsbakgrunn som er opparbeidet gjennom de siste 20 årene i forskningsinstitusjonene og i næringen. Men 20 % overlevelse viser at det fremdeles er mer å hente på optimalisering. En økning til sta-

bil overlevelse på rundt 40 % ville doblet produksjonen.

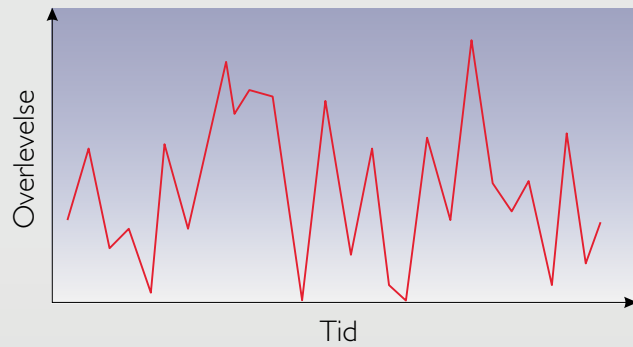
Med den kunnskapen man har tilegnet seg blir også områdene hvor kunnskap mangler tydeligere. Dette kan beskrives som en pyramide hvor man jobber seg fra toppen og nedover. I gjennomgangen av biologiske flaskehalsen nedenfor er ikke hensikten å fokusere ensidig på kunnskapsmangel, men snarere å peke på muligheter hvor det er gevinst å hente på økt forskningsinnsats.

Parentale effekter

Blant yngeloppdretterne ser det ut til å være et generelt inntrykk at villtorsk gir bedre egg enn når oppdrettstorsk benyttes som stamfisk. Dette er ikke vitenskapelig verifisert, men kan ikke utelukkes. For å kunne drive avl er man helt avhengig av at oppdrettstorsk fungerer bra som stamfisk, også ved forskyvning av gytetidspunkt. Det kan for eksempel tenkes at ernæring hos stamfisken er viktig for gyteresultatet. Villfisken har forskjellig diett fra oppdrettstorsken, og villfiskens diett kan derfor ha forskjellig innhold av essensielle næringsstoffer sammenlignet med formulert stamfiskfôr. Kartlegging og effekter av dette er startet gjennom et brukerstyrt prosjekt ledet av Nutreco, der Havforskningsinstituttet, NIFES og ulike yngeloppdrettere er samarbeidspartnere.

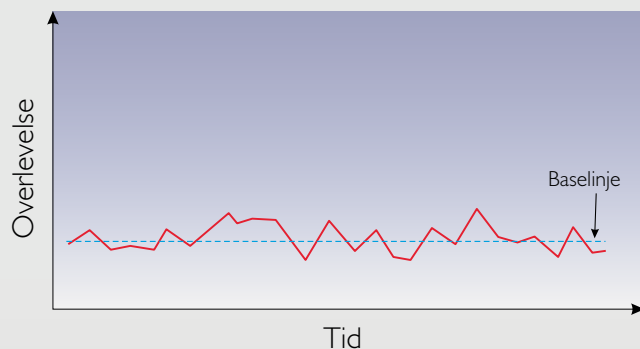
Et annet problem som vil gi dårlig eggkvalitet og manglende befruktning hos torsk er forekomst av irregulære gytere. Dette karakteriseres ved at hunnfisken svulmer opp, tilsynelatende uten å bli kvitt eggene. Resultatet er enten slepp av overmodne og døde egg som ikke lar seg befrukte, eller at fisken ikke slipper egg i det hele tatt. I det siste tilfelle er det ikke uvanlig at fisken dør. Årsakene til dette fenomenet er ukjent, men det er sannsynlig at stress er involvert. Gyting i kar på land representerer et miljø som er svært forskjellig fra merd eller pose i sjøen. I denne sammenheng kan støy og bevegelse nevnes. Pumper, ventiler og avløp genererer en type støy som ikke finnes i sjøen. Denne støyen bæres godt frem av rørene til gytetanken og kan tenkes å stresser fisken. Det daglige tilsyn innebærer at stamfisken registrerer bevegelse og aktiviteter som røkteren foretar seg på en annen måte enn i et sjøanlegg. Det er mange ganger observert at enkelte fisk reagerer og setter av gårde, noe som i neste omgang påvirker resten av fisken i karet. Irregulær gyting er også observert ved at par med hann- og hunnfisk ikke passer sammen.

Eggproduksjon hos kveite er en betydelig utfordring. Fisken må strykes og eggene befruktes manuelt. Det er meget tids- og arbeidskrevende å følge opp en hunnfisk



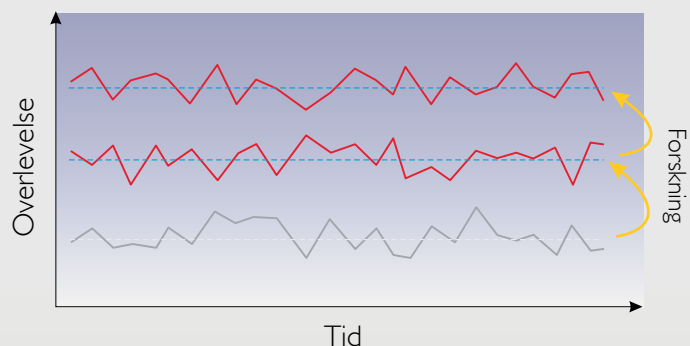
Figur 3.6.6.1

Skjematisk bilde av dagens situasjon med betydelig variasjon over tid i produksjonen av marin yngel.
Schematic presentation of the situation today, with considerable variation with time in production of marine juvenile fish.



Figur 3.6.6.2

Etablering av baselinje (liten variasjon over tid) ved å ta i bruk detaljerte protokoller, automatisering, standardisert vannbehandling og overvåking i produksjonen av marin yngel.
Establishment of base line (low variation with time) in production of marine juvenile fish by putting into practice detailed protocols, automation, standardised water treatment and monitoring.



Figur 3.6.6.3

Bruk av målrettet forskning for å heve baselinjen gjennom optimalisering av produksjonslinjen for marin yngel. Forskningsresultater innarbeides i protokollene og vil bidra til økt yngelproduksjon.
Use of focused research to elevate the base line through optimising the production line for marine juvenile fish. Research results are implemented in the protocols, and will enhance juvenile production.

slik at den strykes til rett tid. Erfaringene så langt tyder på at en stamfisk gir egg av god kvalitet i fire til fem sesonger. Dette tyder på stor belastning og trolig også mangelfullt fôr eller fôrinntak. Det viser seg i tillegg at det er relativt få hunnfisk som bidrar til eggproduksjonen, noe som gjør avlsarbeid vanskelig. Dersom man kunne forenkle eggproduksjonen ved naturlig gyting eller eggslipp med påfølgende manuell befruktning, ville det vært svært arbeidsbesparende og trolig også gitt bedre eggkvalitet.

Effekter av fôr

Torsk og kveitelarver er i motsetning til laks avhengig av levendefôr som første fôr etter at plommehallen er oppbrukt. Det har vært og er fortsatt et mål å gjøre denne perioden kortest mulig. Dette fordi det er knyttet større kostnader til levendefôret enn til et formulert fôr, samtidig som kvaliteten på levendefôr varierer mye. De fleste yngeloppdrettere av torsk benytter ikke *Artemia* (saltkrepser) i produksjonen, men går fra rotatorier (hjuldyr) til formulert fôr med godt resultat. Dette er en følge av en stadig forbedring i kvaliteten på formulert fôr til tidlige larvestadier. Det formulerte fôret er imidlertid ennå ikke godt nok til helt ut å kunne erstatte levendefôret.

Ved produksjon av både rotatorier og *Artemia* er det viktig at disse byttedyrene får et mest mulig optimalt næringsinnhold i forhold til det som fiskelarvene trenger. Dette skjer både ved at byttedyrene dyrkes på en spesiell måte og anrikes med emulsjoner som inneholder en rekke essensielle næringsstoffer. Selv om man er kommet et godt stykke på vei, er de ulike fiskelarvenes ernæringsmessige behov fremdeles ikke helt ut forstått eller kartlagt. Forskningen som må gjøres her er viktig, og vil ha stor betydning også for videre utvikling av anriking av levendefôr og formulert fôr.

Det er svært viktig at fôrdyrene er i god forfatning. Det vil si at de svømmer raskt, har god tarmfylling og er levedyktige når de blir tilsatt startfôringskarene med fiskelarver. Det er også svært viktig at det ikke følger med en høy bakteriebelastning med fôret. For å unngå det må dyrkningskulturene være gode (god vekst) og prosedyrene for å vaske fôrdyrene må være tilfredsstillende. Kunnskapen om effekter av mikrober fra byttedyr på fiskelarver i intensivt oppdrett er ufullstendig. Bakterier i byttedyr er viktig for utviklingen av larvenes tarmflora, og forskning behøves for å avdekke hvilket mikrobielt miljø som er mest optimalt under startfôringen.

Artemia og rotatorier forandrer sitt næringsinnhold over tid. Derfor må de spises av fiskelarvene så kort tid som mulig

etter at de er ferdig anriket. Det er også viktig at fôret blir fordøyd i larvene gjennom tilstrekkelig oppholdstid i tarmen. For kveitelarver har forsøk vist at fôring i måltider gir bedre resultat enn kontinuerlig fôring. Ved kontinuerlig fôring spiser larvene hele tiden, og byttedyrene forlater baktarmen uten å være skikkelig fordøyd. Det er til og med observert at *Artemia* er i live etter å ha gått gjennom tarmen til kveitelarver. For å oppnå spisepauser må man sørge for at startfôringskaret går tomt for byttedyr. Byttedyr fjernes stort sett som følge av vanngjennomstrømming og av beiteaktivitet. Det er derfor svært viktig å ha mange larver i en tank, slik at oppdretteren avgjør når larvene skal føres. For torskelarver er imidlertid effekter av ulike fôringsregimer lite undersøkt.

Oppdrettsmiljø

Det er mange hvite felter å kartlegge med hensyn til hvordan oppdrettsmiljøet påvirker vekst og overlevelse hos larver og yngel. Hvordan påvirker oppdrettsmiljøet for eksempel larvenes fôrinntak, utvikling, fysiologi og stressnivå?

Når det gjelder lys er det ikke kjent hva som er optimal daglengde. De fleste oppdrettere bruker kontinuerlig lys ved intensiv yngelproduksjon. Skal larver og yngel ha mørkeperiode for å utvikles normalt? Forskning på krepsdyr har vist at bruk av mørkeperiode versus kontinuerlig lys har innvirkning på nervesystemets kjemi og vekst (nydannelse av neuroner), tildels knyttet opp mot etablering av indre rytmer. Hos fiskelarver er det ikke utført tilsvarende undersøkelser.

Lysintensitet og lyskvalitet er andre viktige områder hvor man mangler kunnskap til å gi gode råd om hva som er mest optimalt. Kanadiske studier viser til at det bør brukes høy lysintensitet for torskelarver, mens foreløpige undersøkelser i Norge ikke har påvist noen effekt av lysintensitet. Når det gjelder lyskvalitet benyttes ofte lysrør over karene. Mange av disse rørene ser tilsynelatende like ut, men forskjellene i lysintensitet ved gitte bølgelengder er ofte svært store. For å oppnå mest mulig optimale betingelser ved fôrøptak, bør bølgelengdene i lyset tilsvare lysfargen som øynene til larver og yngel er mest sensitive for.

Karfarge vil også påvirke lysmiljøet til larver og yngel. En del oppdrettere bruker hvit karbunn og sorte karvegger for lettere å kunne holde øye med fisken og kontroll med organisk materiale på karbunnen. Hvit karbunn gir mer reflektert lys i karet. Det er imidlertid ikke kjent om dette påvirker for eksempel fôrinntak hos fisken eller fordeling av fisken i vannsøylen.

Turbiditet karakteriseres ved partikler i vannet (f.eks. grøntvann). Bruk av alger har vist seg å føre til økt overlevelse og fôrinntak i larvefasen hos torsk og kveite. Hos kveitelarver får man økt fôrinntak ved å benytte oppløst leire som partikler i stedet for alger. Det antas derfor at et bestemt nivå av turbiditet endrer lysforholdene på en slik måte at det blir lettere for larvene å fange byttedyr. Alger kan også tenkes å ha andre effekter, som å opprettholde ernæring hos byttedyrene, eller å kunne påvirke sammensetning av bakterier i karet ved å utskille stoffer som hemmer bakterievekst. Hvilke nivåer av turbiditet som er mest optimalt er ikke kjent.

Turbulens og vannhastighet i et oppdrettskar representerer en utfordring for larver og yngel sammenlignet med det naturlige miljøet i sjøen. I larvefasen brukes luftbobling til å fordele larver og byttedyr. I yngelfasen benyttes sirkulær vannstrøm for å oppnå selvrensing av karbunnen. Det er påvist at for høy vannhastighet i yngelfasen fører til ryggradsdeformiteter hos mer varmekjære marine oppdrettsarter når yngelen hele tiden svømmer samme vei mot vannstrømmen. Hvordan vannstrøm og turbulens påvirker våre hjemlige oppdrettsarter, finnes det foreløpig lite kunnskap om.

Vannkvalitet

Mikrobiologi og metabolitter er de viktigste elementene når det gjelder vannkvalitet. Metabolitter produseres av fisken selv og av bakterier i oppdrettssystemet. Høye tettheter av larver og yngel i kombinasjon med vannutskifting vil påvirke eksponering for ammoniakk (NH₃) og karbondioksid (CO₂). Toleranse ved langtidseksponering av NH₃ og CO₂ er ikke undersøkt for torsk og kveite. Høyt innhold av CO₂ vil føre til at vannet blir surere. Dette er særlig tydelig i resirkuleringsanlegg med liten tilførsel av nytt vann. Effekt av lav pH på marine larver og yngel er ikke undersøkt i nevneverdig grad.

Langtidseksponering for gassovermetning hos larver og yngel er heller ikke undersøkt under kontrollerte forhold. Studier er imidlertid i gang på dette ved Havforskningsinstituttet i Austevoll. Gassovermetning mistenkes å føre til dødelighet i larvestadiene hos marin fisk og å føre til "nakkeknekk" hos torsk. I mangel på kunnskap om dette har mange anlegg rutinemessig installert vakuumlufing for å unngå overmetning.

Vannbehandling for å kontrollere mikrobiologi og fjerne løste organiske forbindelser vil være viktig for å standardisere vannet. Kontroll med bakterienivå og bakterietyper vil få økt betydning i marin yngelpro-

Figur 3.6.6.4

Settefisk av torsk produsert ved Havforskningsinstituttet, Austevoll. *Cod juveniles ready for the net pen, produced at Institute of Marine Research, Austevoll.*



Foto: Terje van der Meer, Havforskningsinstituttet

duksjon, spesielt med hensyn til bakterier vi vet fører til fiskedød (patogener). Trolig skyldes en vesentlig del av dødeligheten i yngelproduksjonen bakterier, men det er uklart om bakteriene er den primære årsaken til dødelighet. Andre faktorer kan tenkes å svekke fisken slik at bakteriene får fritt spillerom. Eksponering for bakterier skjer både gjennom fôr og vannmiljø. Bruk av resirkulering, filtrering av sjøvann gjennom grunnen, ozon, UV, proteinskimming og probiotika ("snille" bakterier) vil alle kunne påvirke det mikrobielle miljøet. Ut fra nåværende kunnskap er det ikke mulig å gi konkrete anbefalinger til hvilken vannbehandling som er best. Utvikling av optimale og praktiske metoder for å kontrollere det mikrobielle miljøet vil derfor være essensielt for å kunne redusere variasjon og øke utbyttet i yngelproduksjonen.

Temperatur og saltholdighet er andre faktorer ved vannkvaliteten som har innvirkning på fisken. Skal temperaturen være stabil, eller har ulike livsstadier fra stamfisk til yngel forskjellige preferanser? Koblingen mellom temperatur og deformiteter har vært diskutert de siste årene. Er temperatur en direkte årsak til deformiteter, eller snarere en modulator som forsterker andre deformitetsutløsende faktorer?

Et strategisk valg

De biologiske flaskehalsene kan betraktes som en lenke hvor kjeden ikke er sterkere enn det svakeste ledd. Når kunnskapen om det svakeste ledd mangler, kan hele produksjonen settes på spill når dette leddet ryker (et eksempel kan være skjelettdeformiteter hos torsk). Mye er oppnådd gjennom den forskningen som hittil er utført, men både forskere og næringsutøvere mangler fremdeles vesentlig kunnskap for ytterligere å kunne utvikle og forbedre produksjonsmetodene innen marine larver og yngel. I en tidlig fase av utviklingen for produksjon av torskeyngel var forespørslene til forskermiljøene mange fra næringsaktørene. Etter hvert som resultatene fra forskningen har blitt overført til yngelprodusentene, er telefonene blitt færre. Næringen har skaffet seg mer erfaring, og utviklingen har gått så fort at forskningen i mange henseender ikke har klart å holde følge med problemene som har oppstått. Dette vil føre til utstrakt prøving og feiling, noe som gjenspeiler seg i

at metoder og protokoller som brukes ved ulike yngelanlegg ofte er svært forskjellige.

Alle kan nok enes om at det i denne situasjonen trengs mer forskning, og man ser en tendens til at forskningsavdelinger også bygges opp innen næringen. Det strategiske valget blir da om larve- og yngelforskningen hovedsakelig skal drives i større grad innen næringen, eller om det skal etableres en større offentlig satsing på denne

grunnleggende delen av havbruksutviklingen? Hvis kunnskapen hovedsakelig skal genereres i næringen vil den komme få aktører til gode, mens offentlig generert kunnskap vil kunne styrke alle yngelprodusentene. Utsiktene til fortjeneste i den marine yngelnæringen er på kort sikt for liten til at det kan komme en massiv privat satsing, mens den offentlige satsingen ikke på noen måte gjenspeiler den betydningen som oppdrett er forventet å ha i norsk næringsstruktur i fremtiden.

Marine fish fry production

Production of marine fish fry in Norway is increasing, particularly for Atlantic cod, which ended at approximately 9 mill. juveniles in 2005. However, at the level of individual farms or research institutions, a considerable variation in survival and quality among individual larval groups is still observed. This article presents an outline of a method to cope with this variation, and to improve the production by focused standardisation and research. The first step is to reduce variation by putting into practice detailed protocols, automation, standardised water treatment and monitoring. Such actions may reduce variation, and a base line for expected production may be set.

The next step is to elevate the base line by directed research on bottlenecks identified from all developmental stages be-

tween broodstock fish and juveniles ready for the net pen. Examples on such bottlenecks may be parental effects (broodstock nutrition and stress), larval feed (nutritional composition and feeding regimes), rearing environment (light, tank colour, turbulence, and turbidity), and water quality (tolerance to metabolites, salinity, temperature, pH, and microbiological load). Considerable lack of knowledge within these factors exists, leading to a diversity of methods in the industry. In this sense, the industrialisation of juvenile marine fish production may become more a result of trial and error at the level of the production plants, rather than on implementation of results generated from systematic research. A strategic choice whether future research in marine juvenile fish production is going to develop in the private or public sector is needed.