



5.1

Yngel- og matfiskproduksjon av torsk

Utvikling av torskeoppdrett er i stadig vekst. Yngelproduksjonen har nådd nye høyder i 2004, og et økende antall matfiskanlegg fylles opp med yngel. Det forventes en årsproduksjon på opp mot 15 000 tonn oppdrettsorsk når siste års yngel skal ut på markedet i 2006 og 2007. Fremdeles er finansiering av matfiskanlegg en vekstbegrensende faktor, og en betydelig andel av konsesjonene er ikke tatt i bruk. Dette kan skape problemer for yngelprodusentene, noe som allerede merkes ved at yngelprisen er falt til 5–6 kr. I fremtiden vil man nok måtte leve med lave yngelpriser, og næringen står overfor en stor utfordring mht. å effektivisere yngelproduksjonen.

Uforklarlig dødelighet i larvefasen og deformiteter hos yngel og settefisk har vært et betydelig problem, men i 2004 meldes det at disse problemene har hatt mye mindre omfang. For produksjonen av matfisk er også kontroll med rømming og kjønnsmodning en utfordring. Forsøk med bruk av kontinuerlig lys viser at kjønnsmodning kan utsettes, men optimaliserte protokoller for bruk i merd mangler. Gevinsten er ikke bare økt vekst, dette kan også redusere omfanget av gyting i merd, og derved redusere mulig genetisk forurensing til fjordbestandene av torsk rundt anleggene.

Ørjan Karlsen

orjan.karlsen@imr.no

Anders Mangor-Jensen

anders.mangor-jensen@imr.no

Terje van der Meeren

terje.van.der.meeren@imr.no

Geir Lasse Taranger

geir.lasse.taranger@imr.no

Yngelproduksjon

Yngelproduksjonen av torsk har de siste årene økt kraftig (Figur 5.1.1). Fra 2002 har ekstensiv og semi-intensiv produksjon i poller ligget stabilt på ca. 1,2–1,3 millioner yngel, mens økningen først og fremst skyldes at det produseres stadig flere yngel i de intensive anleggene. Veksten i yngelproduksjonen var liten fra 2002 til 2003. Dette hadde sin årsak i en del problemer med overlevelse i larve- og tidlig yngelfase. Imidlertid ser det ut til at disse problemene til dels er overkommet i 2004. Yngeloppdretterne rapporterer om at de har gjort endringer i protokollene, noe som har gitt mye bedre overlevelse. Dette har ført til en forholdsvis stor økning i antall yngel produsert per anlegg (Figur 5.1.2). Blant annet ser det ut til at oppdretterne har lagt større vekt på vannkvalitet og vannbehandling. Bruk av vakuumluffing for å unngå gassovermetning blir stadig mer utbredt. Trolig kan også en større fokus på ernæringsmessig kvalitet i produksjonen av levendefôr (hjuldyr) forklare bedre overlevelse i larve- og yngelfasen.

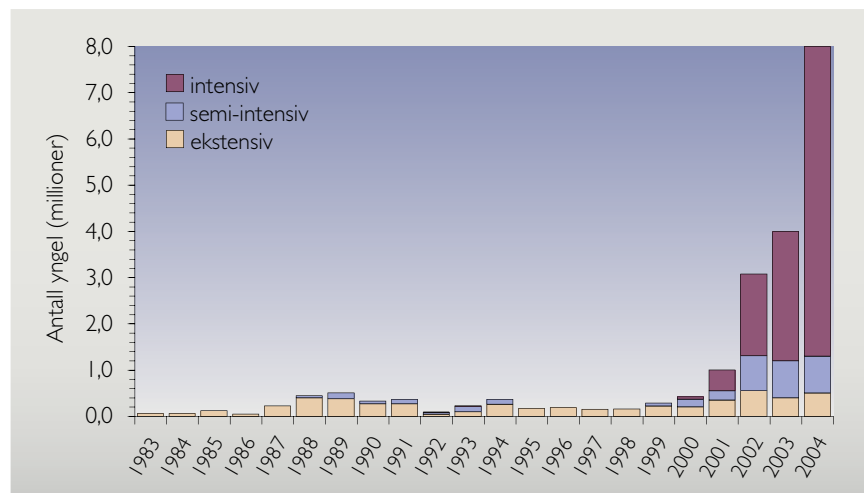
I 2003 ble det rapportert om forholdsvis store problemer med skjelettdeformiteter hos torskeyngelen. Ifølge yngeloppdret-

terne er også dette problemet redusert i 2004. Denne yngelen sorteres ut, men en effektiv sortering kan ikke gjøres før yngelen er minst 20 gram. Den seine utsorteringen vil derfor føre til et avvik mellom det oppdretterne oppgir som antall yngel produsert og det som faktisk blir solgt og satt i merd. Likeledes vil yngel produsert seint på høsten telles med som produsert yngel, mens salget foregår året etter. Dette gjør tallene for intensiv (årstidsuavhengig) yngelproduksjon noe usikre. For eksempel ble det oppgitt en produksjon på totalt ca. 8 millioner yngel i 2004, mens det kun ble solgt 5 millioner yngel.

Skjelettdeformiteter er kjent hos de fleste fiskearter i intensivt oppdrett. Hos torsk er det observert en rekke ulike typer deformiteter, men hovedvekten er bøyning av ryggsoylen i vertikalplanet (lordosis) og "nakkeknekk". Hos torsk har det vist seg at deformitetene kan være vanskelige å oppdage før yngelen er godt inne i settefiskfasen. Om dette skyldes at deformitetene oppstår til ulike tidspunkt gjennom yngelfasen, eller at skaden oppstår helt tilbake i larvefasen, er uklart. Forskning på andre marine arter tyder på at deformiteter kan oppstå også i yngelfasen. Både ernæring og oppdrettsmiljø (bl.a. gassovermetning, temperatur og strømhastighet) har vært nevnt som mulige årsaker, men det trengs ytterligere forskning for å avdekke mulige sammenhenger. Løsning av problemet vil kunne gi betydelige gevinster.

Omfanget av deformiteter i næringen er usikkert. Yngelen sorteres og selges ved ulike størrelser, og vurderingen av deformert fisk er høyst subjektiv. Det finnes

Figur 5.1.1
Produksjon av torskeyngel i Norge fra 1983–2004. (Kilde: Oppdrettere og forskningsinstitusjoner).
Total production of cod fry in Norway 1983–2004. (Source: Producers and research institutes).



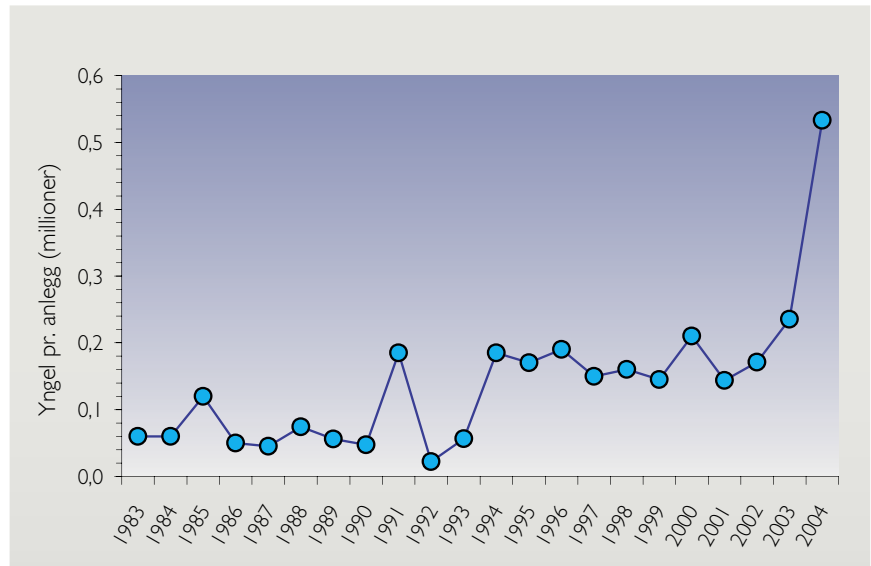
liten grad av standardisering for sammenligning av ulike fiskegrupper eller anlegg. En begynnelse kan derfor være å benytte et graderingssystem etter modell av den som har blitt innført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll (Figur 5.1.3). Her gis graden av deformitet en tallverdi fra 0 (ingen deformitet) til 3 (meget stor deformitet). Verdien 1 og 2 representerer henholdsvis liten og middels grad av deformitet. Fisk med verdiene 2 og 3 bør aldri settes i merd. Graderingssystemet gjør det mulig å sammenligne statistisk ulike behandlinger dersom de leses av samme person. Deformiteter kan også opptre i kombinasjoner, og ved å gradere for eksempel tre typer deformiteter samtidig kan det teoretisk opptre 64 ulike kombinasjoner. Slike data må behandles med multivariate metoder, og Figur 5.1.4 viser deformiteter hos yngel fra den samme egggruppen som er drettet opp under tre ulike forhold. Her viser resultatene at yngel drettet opp i poser med zooplankton som fôr har langt lavere forekomst av deformiteter enn yngel drettet opp intensivt ved to ulike temperaturer. Som det fremgår av figuren er posefiskeren karakterisert ved langt høyere andel av normal utvikling sammenlignet med de to intensive gruppene. Dette kan tyde på at fôr er viktig for forekomst av deformiteter, men det er også store forskjeller i oppdrettsmiljø mellom poseoppdrett og et intensivt system. Oppdrettsmiljø kan derfor heller ikke her utelukkes, og det trengs forskning for å avdekke mekanismene.

Miljø og fiskevelferd i yngelkulturer

Det ligger i sakens natur at kommersiell lønnsom produksjon av yngel kommer til å foregå i stadig tettere og mer effektive kulturer for å redusere produksjonskostnadene, samt for å kunne tilby yngel til en stadig voksende matfiskindustri. Overgangen fra systemer med lav fisketetthet (semi-intensive) til høytetthetssystemer har gitt yngelprodusentene store utfordringer fordi den grunnleggende kunnskapen om både fiskevelferd og vannbehandling har vært mangelfull. Sjøvann som medium er høyst forskjellig fra ferskvann, som har vært arbeidet med i mange tiår både til smoltproduksjon, men også i forbindelse med vann til husholdninger. Det har derfor vært nødvendig å utvikle ny kunnskap om sjøvannsbehandling, både med hensyn til fjerning av metabolitter i resirkulerte systemer, og kontroll av mikroorganismer.

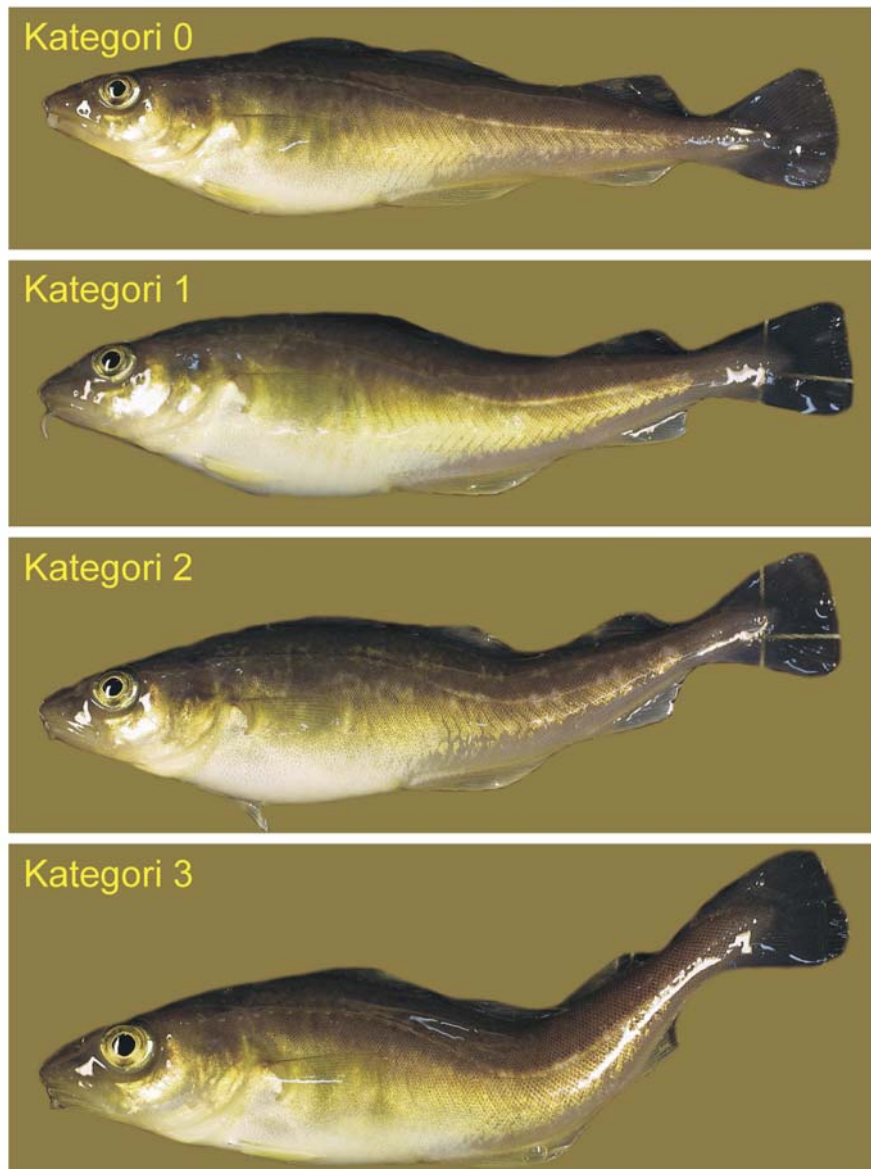
Figur 5.1.3

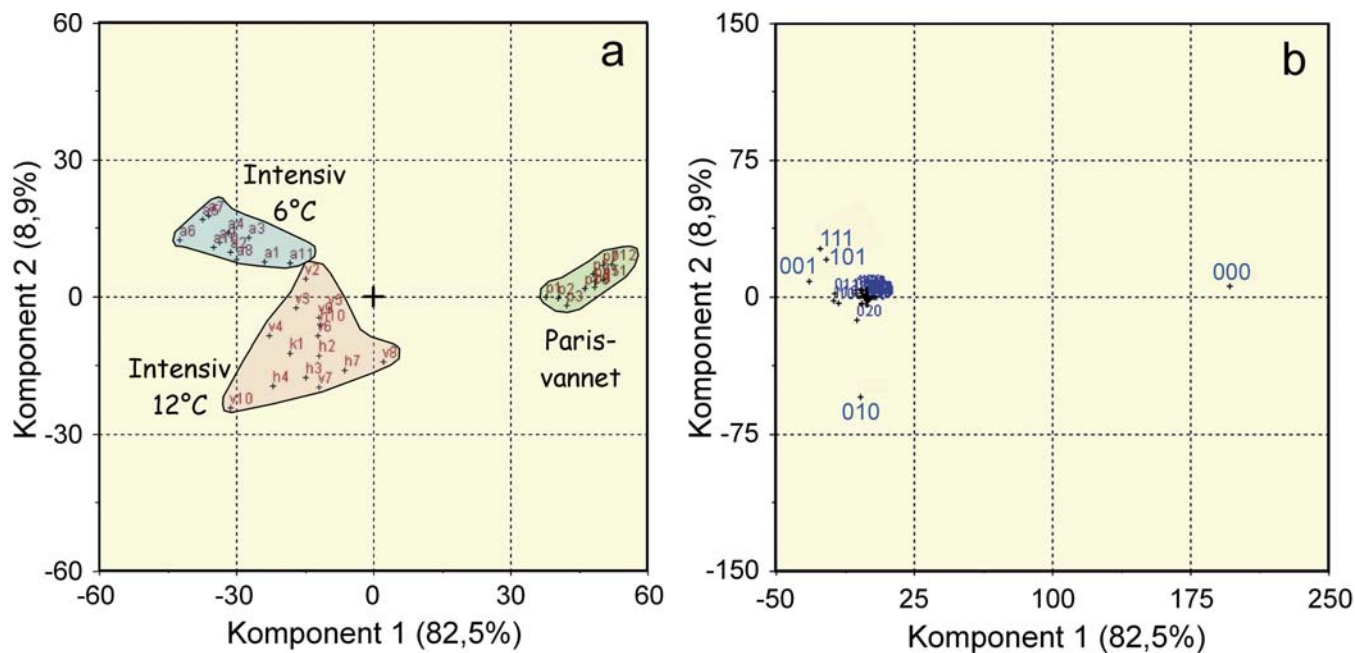
Standardisering av deformitetsavlesning hos torskeyngel. Bildet viser fire ulike kategorier for avlesning av ryggradsdeformitet (lordosis).
Standardisation of deformity readings in cod fry. The pictures show four different degrees of spinal deformities (lordosis).



Figur 5.1.2

Gjennomsnittlig antall torskeyngel produsert per oppdretter for perioden 1983–2004.
Average numbers of cod fry per production unit for the period 1983–2004.





Figur 5.1.4

Multivariat fremstilling (prinsippkomponentanalyse) av deformiteter for torskeyngel (>30 g) produsert fra samme egg-gruppe i både poser i poll, og ved to temperaturer i et intensivt system. Den multivariate metoden legger et plan gjennom datamaterialet slik at størst mulig grad av variasjonen kan forklares langs de to aksene. Prosentverdi langs aksene angir hvor stor grad av variasjonen som forklares. a) "Loading plot" over ulike kar med fisk fra de tre behandlingene. b) "Score plot" over hvilke deformiteter som bidrar til spredningen i materialet. Første siffer er deformiteter vurdert fra 0 til 3 i hoderegionen, andre siffer er tilsvarende vurdering for nakkeknekk og siste siffer er rygg- eller haledeformitet (lordosis) vurdert på samme måte.

Multivariate display (principal component analysis) of deformities in cod juveniles (>30 g) produced from the same egg batch in both mesocosms (plastic bags in lagoons) and intensive systems (at two temperatures). The multivariate method puts a plane through the data in such a way that most of the variance is explained along the two axes. Percentage along the axes denotes the degree of variation that is explained. a) Loading plot from different tanks with juveniles from the three different treatments. b) Score plot of which deformities that contribute to variation in the data. First digit is head deformities evaluated on a scale from 0 to 3, second digit is a similar evaluation for neck deformity, and last digit is the same for spinal cord or tail deformities (lordosis).

Dagens yngelproduksjon av torsk er i en overgangsfase mellom "åpen" og "lukket" teknologi. Flere av produsentene av torskeyngel har tatt i bruk delvis resirkulering i sine vannbehandlingskonsepter. Tette kulturer krever mye vann på grunn av et høyt oksygenforbruk og høy produksjon av avfallsstoffer som fôrrester, fekalier og metabolitter (CO₂ og ammonium). Dersom vannet må varmes vil dette medføre store kostnader. I tillegg har det vist seg at det såkalte "rene" vannet vi har utenfor stuedøra i Norge, kanskje ikke er så bra som vi trodde. Anlegg med åpne systemer (ikke resirkulering) har derfor i mange tilfeller opplevd at produksjonen går bedre etter hvert som vannkvaliteten kommer under kontroll. I disse anleggene har man med godt resultat benyttet vannbehandlingskomponenter som vanligvis er forbundet med behandling av resirkulert vann, så som vakuumluftere, proteinskimmere, partikkelfiltre, ozonering, oksygenjustering etc.

Lukkede systemer (resirkulasjon) har ikke vært vanlig i norsk marin yngelproduksjon, selv om dette nå er på vei inn. Europeisk yngelproduksjon av arter som "sea bass" og "sea bream" foregår i stor grad i resirkulerte systemer, men denne teknologien kan ikke umiddelbart overføres til våre arter som torsk og kveite. Delvis

skyldes dette ulike toleranser for vannkvalitet, og delvis den store forskjellen i temperatur som i særlig grad vil påvirke effektiviteten i biofiltre. I resirkulerte systemer stilles det store krav til kunnskap om vannbehandling. Feilaktig bruk av resirkuleringsteknologi vil medføre store negative konsekvenser både med hensyn til fiskevelferd og produksjon.

I tillegg til riktig fôr, er vannkvalitet og karmiljø de viktigste faktorene i fiskevelferd i tidlige stadier hos torsk. Man har imidlertid få eller ingen gode indikatorer for å påvise eller kvantifisere grad av "velbefinnende" hos torskelarver og -yngel. De vanligst brukte kvantifiserbare parametrene er fôropptak, vekst og overlevelse. En erfaren røkter kan likevel øyeblikkelig og uten problemer se om et startfôrings- eller yngelkar er i balanse. Vannbehandling og fiskevelferd blir i dag satt høyt på dagsorden hos yngeloppdretterne, i forskningen og i forvaltningen. Mange av dagens aktører har lang erfaring med produksjon av yngel, og innehar en betydelig ekspertkompetanse (les: udokumentert erfaring). Dette er erfaringer man ønsker å bringe videre inn i kontrollerbare forsøk for å etablere dokumentert kunnskap, som igjen kan danne grunnlag for retningslinjer for forsvarlig produksjon. Et eksempel på dette er gassovermetning, som man har

hatt mistanke om kan være en av nøkkelårsakene til høy dødelighet, deformiteter og "flytere" blant torskeyngelen. Enkelte anlegg har installert avanserte systemer basert på vakuumering av forbruksvannet, og mener selv å ha oppnådd meget gode resultater. Gassovermetning er et fenomen som hovedsaklig opptrer som problem i intensive systemer på grunn av dybderestriksjonene slike systemer gir. Eksempelvis vil en 10 % overmetning kompenseres for ved et dyp på 1 meter med hensyn til fare for emboli (nitrogenbobler i blodet) hos fisken. I andre typer anlegg (f.eks. lukkede nedsenkede poser) kan store gassovermetningsproblemer oppstå på grunn av oppvarming. Som kjent vil 1°C oppvarming av vann gi ca. 2 % økt gassmetning. En økning fra ca. 100 til 102 % metning vil kunne medføre problemer i kulturene, men dette gjenstår å verifisere.

Kjemisk og biologisk behandling av resirkulert vann for fjerning av ammonium er kjent teknologi. Biofiltre har etter hvert fått konkurranse av kjemiske fjernere, det vil si tilsetningsstoffer som omdanner giftig ammoniakk til ufarlige salter eller utfellingsprodukter. På grunn av den lave giftigheten til ammonium ved normal sjøvanns-pH, vil opphopning av ammoniumsalter i systemet være en potensiell fare

som kan føre til akutte situasjoner dersom pH økes, for eksempel ved tilførsel av lut. Dette fenomenet er også kjent fra brønnbåter, som i perioder må kjøre med lukkede luker på grunn av fare for smitte.

CO₂ skiller ut av fisken over gjellene, og vil hurtig omdannes til karbonsyre (bikarbonat og karbonat i en likevekt med CO₂). Dette buffersystemet vil sørge for at pH ikke endres nevneverdig selv om CO₂-innholdet i vannet øker. Under dannelsen av karbonat fra CO₂ vil det dannes H⁺ som vil senke vannets pH. Likevekten mellom løst CO₂-gass og karbonat er derfor i første rekke bestemt av pH. I resirkulerte systemer ser man regelmessig at vannet etter hvert vil tappes for baser (OH⁻). Dette er en endring som skjer over tid og vil innenfor gitte grenser normalt ikke medføre problemer. Man skal imidlertid være forsiktig med oppjustering av pH fordi dette vil endre likevektene til både ammonium (mot den giftige formen NH₃) og løst CO₂ (økes). Ved høye mengder fritt CO₂ i vannet vil dette ha konsekvenser for fiskens syre-/baseregulering, og derved evne til å ta opp oksygen.

Ozon kan benyttes til behandling av sjøvann, men med andre forutsetninger enn når det benyttes i ferskvann. Ozon har vist seg effektiv i forbedring av vannmiljø, og da spesielt brukt sammen med proteinskimmere. Halogenidene (Cl, F, Br, I) danner oksyderte forbindelser når de utsettes for ozonets svært oksyderende egenskaper, og det er disse som i realiteten er de aktive desinfektantene. Dette øker vannets redox-potensial, noe som innenfor visse grenser (300–350 mV) har vist seg gunstig både med hensyn til fisketivsel og hemming av mikroflora. For å oppnå desinifisering av vannet må man opp i relativt høye ozondoser. For å inaktivere VER-viruset, har forsøk vist at man må opp i over 800 mV, noe som er svært giftig for fisken og krever at vannet avgiftes for bruk (for eksempel med tiosulfat). Dette er imidlertid forhold man har kunnskap om, og som fortsatt benyttes ved enkelte yngelanlegg. I resirkulerte systemer vil bruk av ozon lett kunne føre til dannelse av den giftige bromforbindelsen bromat (eller bromsyre). Denne er stabil, og er svært vanskelig både å kvantifisere og fjerne fra vannet. Anlegg med åpne systemer som benytter seg av høye doser ozon, samt lukkede systemer som benytter lavdoseringer av ozon, må være oppmerksom på at dette kan medføre problemer. I disse tilfellene må man praktisere en "varsom" politikk, fordi kunnskapen om dannelse av bromat er mangelfull, samt at kvantitativ analyse av bromat i sjøvann er vanskelig.

Resirkulerte systemer vil naturligvis inneholde mye løste organiske molekyler

(DOM)- og partikulært organisk materiale (POM), som ubehandlet meget raskt vil sørge for at vannet blir uegnet for yngelproduksjon. En del av dette blir håndtert i biofilteret hvor bakterier bryter det ned til CO₂ og ammonium, men hoveddelen må fjernes med slamavskillere og proteinskummere. Større partikler fjernes lett ved filtrering, mens mindre POM og DOM må fjernes ved skumming. Proteinskummeren er kanskje den mest sentrale komponenten i et vannbehandlingssystem. Her blir vannet utsatt for en kraftig gjennombobling, noe som gjør at løste organiske molekyler samt små partikler blir drevet av som skum. Sannsynligvis bidrar en godt drevet proteinskummer også til å redusere både virus og bakterier.

Resirkulerte systemer har vist seg å gi like god vekst og overlevelse som tradisjonelle åpne systemer, i tillegg til at man oppnår en betydelig energigevinst. Dessuten vil de lave utslippene fra slike systemer gjøre yngelproduksjon miljøvennlig og akseptabel også i sentrale strøk.

Matfiskproduksjon og kjønnsmodning

Matfiskproduksjonen av torsk øker årlig, i fjor ble det antagelig slaktet i overkant av 3 000 tonn, inkludert om lag 1 200 tonn fra fangstbasert havbruk. Yngelutsettene de to siste årene indikerer en fortsatt økning de neste årene. Flere av matfiskproduksjonene benytter seg av tilleggslis for å utsette modningen, med noe varierende resultat. De siste årene har en også fått erfaringer med stormerdsdrift av torsk, de største anleggene er helt på høyde med laksemerder.

I sammenheng med de gode vekstvilkårene i oppdrett observerer man normalt at nær all fisken blir kjønnsmoden om lag 22 md. etter klekking i pollproduserte grupper. Det er også sterke indikasjoner på at yngre og mindre fisk produsert i intensive systemer også modner andre vinter i sjø. Antagelig er det en nedre størrelsesgrense for modning, spesielt for hunnene, men vi vet med sikkerhet at selv grupper med snittvekt på bare 600 g kan bli modne.

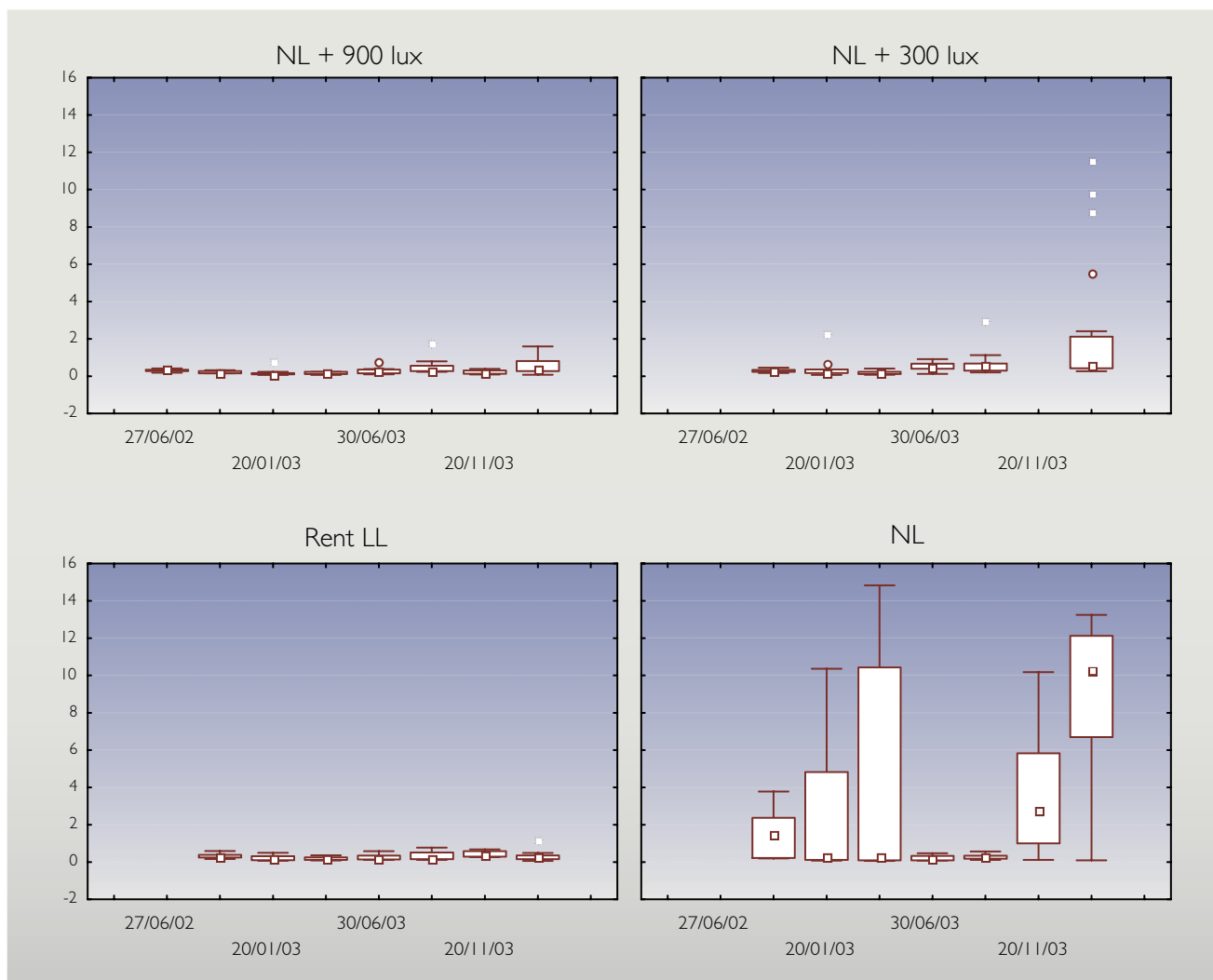
Kostnadene ved kjønnsmodningen er formidable, en ting er det faktiske vekttapet som følger av at fisken bygger opp og slipper rogn eller melke med tilhørende økt førfaktor, men også økt dødelighet blir observert. I tillegg mister fisken appetitten fra om lag 1 md. før gyting og et godt stykke ut i gytingen. Dette bidrar også til at produksjonstiden til en gitt størrelse vil øke med opptil 6 md. Gyting i merdene vil også kunne føre til utslipp av store mengder befruktete egg som potensielt kan ha negative genetiske effekter på villtorsk.

Så langt er det lysstyring som har vist seg mest effektiv for å utsette kjønnsmodningen hos torsk. Forsøk i kar har vist at effekten er god om lyset settes på om sommeren når torsken er ca. 15 måneder gammel, og den deretter holdes på kontinuerlig lys. Økende lysperiode fremmer også veksten i settefiskfasen (20–80 g) uavhengig av kjønnsmodning, men foreløpig har en ikke funnet noen slik effekt i merdfasen (fra fisken er ca. 100 g). Det er imidlertid gjennomført bare få forsøk for å dokumentere dette.

Årsaken til at lys virker utsettende på modningsprosessen har sannsynligvis sammenheng med at minkende daglengde utover høsten igangsetter modningsprosessen som leder frem mot sluttmodning og gyting. Ved å bruke kontinuerlig lys igangsettes ikke denne (eller den blir i hvert fall forsinket). Hos hunner i kar har det vist seg at modningsprosessen utsettes tidlig i eggutviklingen. Hos hannene er det mer komplekst, der en del kjønnceller ser ut til å utvikle seg mot modning, men i praksis utsettes modningen også hos dem til en alder av tre år. Karforsøk har indikert at lysintensiteten har betydning for hvor effektivt en klarer å utsette modningen. I utendørs kar dekket av en 70 % lysreduerende not fant en at kontinuerlig lys med 300 lux på bunnen av karet utsatte modningen i de fleste individene med opptil to år (dvs. at det var lite modning også da fisken var tre år). Denne lysintensiteten var i praksis omtrent like effektiv som tre ganger så sterkt lys (Figur 5.1.5).

Kommersielle oppdrettere har noe variable resultater hva angår effekten av lys. I relativt små merder (12x12x12 m) ser det ut til at lysstyring typisk utsetter modningen med et halvt år, samtidig som veksten øker. Lysmengdene som blir benyttet er til dels store, gjerne opp til 14 W per kvadratmeter merdoverflate. I en del situasjoner er dette tilstrekkelig til å få torsk opp i over 3 kg før første modning. Imidlertid kan det se ut til at det er vanskeligere å lysstyre store og dype nøter (nøter som gjerne er 40 m dype). Her vil plasseringen av lyskildene i merden, torskens plassering og fisketetthet ha stor betydning. Vi trenger derfor mer kunnskap om torskens atferd i slike store merder, og mer presis kunnskap om hvor mye lys som må til for å stoppe modningen under slike forhold, før en kan komme med klare anbefalinger for hvordan en skal lysstyre torsk i store merder.

Noen oppdrettere prøver en alternativ strategi for å redusere skadevirkningene av gytingen ved å sette på lyset først i november–januar like før gyting, slik at en faktisk fremskynder gjennomføringen av



Figur 5.1.5

Utviklingen i GSI (melkevekt/rundvekt * 100, %) for hanntorsk i kar med 70 % lysreducerende dekknot under enten naturlig lysregime (NL), rent kontinuerlig lys i lystette kar (Rent LL), i kar med dekknot og 300 lux (NL + 300 lux) eller kar med dekknot og 900 lux (NL + 900 lux) fra sommeren av når fisken var om lag 15 mnd gammel etter klekking. Lyskildene var metallhalogenlamper monter over overflaten.

Development in GSI (testis weight/total weight * 100, %) for male Atlantic cod in tanks with 70 % light reducing shade nets under either natural light regime (NL), true continuous light in lightproof tanks (Rent LL), in tanks with shade nets and 300 lux (NL + 300 lux) or tanks with shade nets and 900 lux (NL + 900 lux) from the summer the cod were 15 months old after hatch. Light sources were metal halide lamps mounted above surface.

gytingen, og at torskene ikke investerer like mye i gytingen. Dette vil kunne føre til at en totalt sett får mindre veksttap som følge av modningen enn om fisken gikk gjennom en normal modning.

Det er enda mange muligheter i lysstyring som ikke har vært undersøkt, og det er en del fakta en mangler. Hva skjer for eksempel med intensivprodusert fisk som har opplevd kontinuerlig lys hele livet, hvordan påvirkes den av det naturlige lyset når den kommer ut i merd, og hvilken effekt har kontinuerlig lys på denne? I tillegg trenger en mer kunnskap om hva som skal til for å stoppe modningen hos torsk i store merder. De lysmengdene som blir brukt i små merder vil være vanskelig å opprettholde i store merder av økonomiske og praktiske årsaker, og en trenger mer effektiv belysningsteknologi som er spesielt tilpasset til formålet. Dette kan gå på å utvikle mer energieffektive lyskilder og å tilpasse lyskildenes fargesammensetning bedre til torskens biologi. Vi har resultater som tyder på at torskene er mer følsom for lys i den blå-grønne delen av lysspekteret, men det gjenstår å vise om blått/grønt lys har større effekt på kjønnsmodning hos torsk i merder.

Summary

There is continued growth in cod farming. Fry production reached a new high in 2004 and the farms for on-growing are being filled with fry. A yearly production of almost 15,000 metric tonnes are expected when last years farmed cod are ready for harvesting in 2006 to 2007. The financing of on-growing units are still the growth limiting factor of the industry and several of the newly legislated farms sites are not in use as of yet. This can give the fry producers a problem and the price has already fallen to NOK 5-6/ fry. In the future the industry probably will have to live with a low price on fry and there are

several challenges on this part of the production. Unexplained death in the larval phase and deformities in the fry has been a major problem although 2004 has seen less of this. In the on-growing stage control with escape and early maturation are main concerns. Experiments with the use of continuous light show that early maturation can be postponed, but optimized use in cage systems is not fully tested. The gain is not only increased growth but also reduced unwanted spawning. The spawning is unwanted due to possible genetic flow to the wild cod populations in the vicinity of the farms.