

# 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.

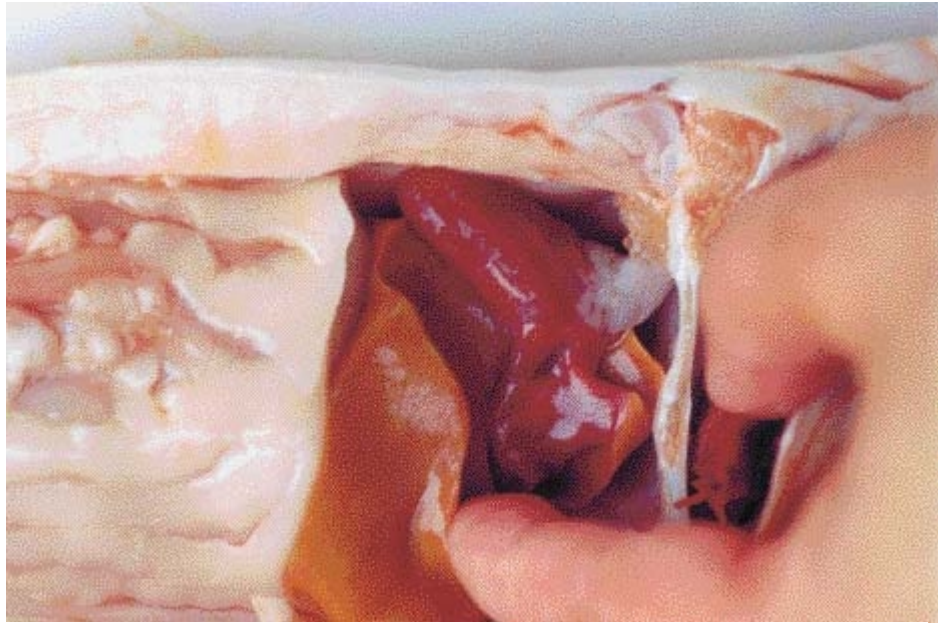
Resultatene peker på høy vanntemperatur i rognperioden som den absolutt viktigste årsaken til deformitetsproblemer blant de faktorene som er undersøkt. Felles for slike utviklingsfeil er likevel at type feil først og fremst sier noe om når embryo er blitt utsatt for negativ påvirkning, og mindre om hva 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.*

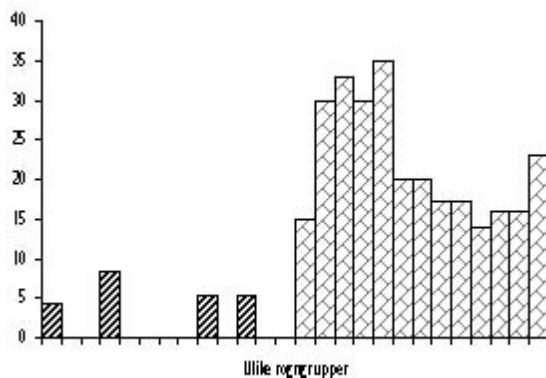
*(Photo: Grete Bæverfjord, AKVAFORSK).*

## 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)

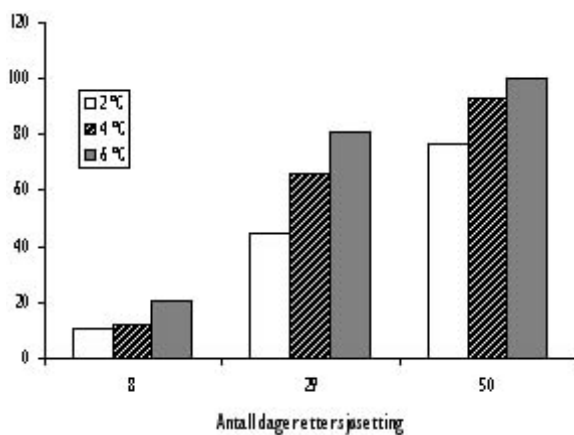
**Figur 3** Andelen ryggdeformiteter (%) registrert med röntgen i laks fra ulike rogngrupper. Figuren viser effekten av temperatur i perioden fra befruktning til startfôring. Skadene er registrert som enten/eller og er ikke graderte (Data fra Bæverfjord m.fl. upubl, NFR-prosjektnr. 119510/122).

*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.

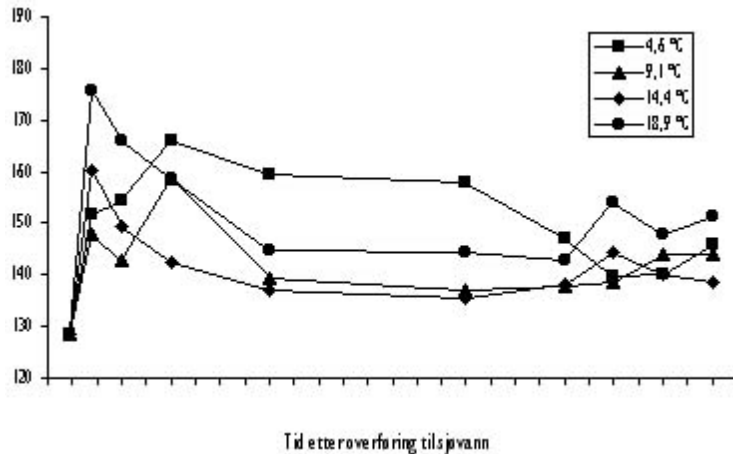


**Figur 4** Appetittutviklingen hos laksesmolt som ble satt ut i sjøvann (33 saltholdighet) ved henholdsvis 2, 4 og 6°C. Langs y-aksen vises prosent-andelen fisk i hver gruppe som hadde spist i løpet av det siste døgnet før målingen av fôrinntak ble utført. Over 75 % av fisken spiste etter 50 dager i 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.



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/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>), 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 lysstyringen 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 varmpumpe. 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.

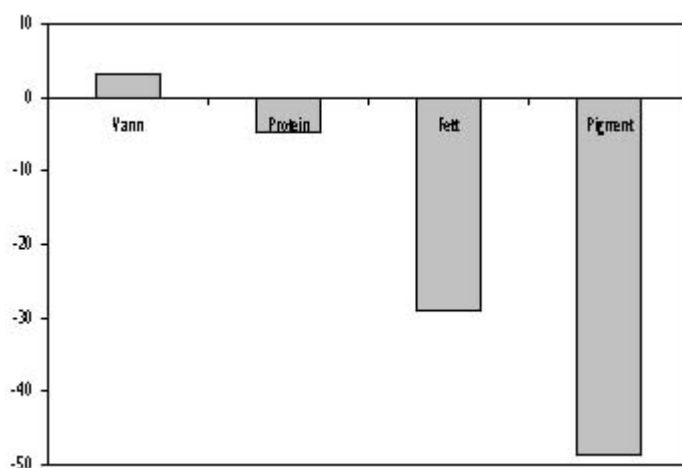
For høstutsettet ble det ikke funnet signifikante vektforskjeller mellom noen av gruppene ved forsøksavslutning i juni 1997 (snittvekt fra 7,2-8,3 kg). De første modne hannfisk ble funnet i juni 1996 i LL-gruppen, mens hovedinnslaget kom i perioden januar-april 1997. Modningsandelen i de belyste gruppene 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 gytelsesong, 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](http://www.imr.no)