

# Oppdrettsfisk tilpasser seg

Hvor godt og hvor fort oppdrettsfisk kan venne seg til miljøforandringene de utsettes for avgjør i stor grad hvor god velferd de har, uavhengig av om miljøendringene skyldes driftsrutiner eller naturlig variasjon.

THOMAS TORGERSEN (thomas.torgersen@imr.no), METTE REMEN, FRODE OPPEDAL, OLE FOLKEDAL, ANNE AASJORD, JONATAN NILSSON, LARS H. STIEN og TORE S. KRISTIANSEN

Fiskens fysiske, kjemiske, biologiske og sosiale miljø varierer over tid og rom. Miljøendringene kan være beskjedne eller dramatiske, og forekomme på alle skalaer, fra de minste (centimeter og sekunder) til de største (mellom årstider og på tvers av hav). I fiskeoppdrett utsettes fisken i tillegg for diverse driftsoperasjoner. Fisken mestrer både miljøvariasjoner og stressende driftsoperasjoner ved hjelp av tilpasningsprosesser som læring, habituering (mental tilvenning til gjentatte eller vedvarende eksponeringer) og akklimatisering (fysiologisk tilvenning).

## All tilvenning tar tid

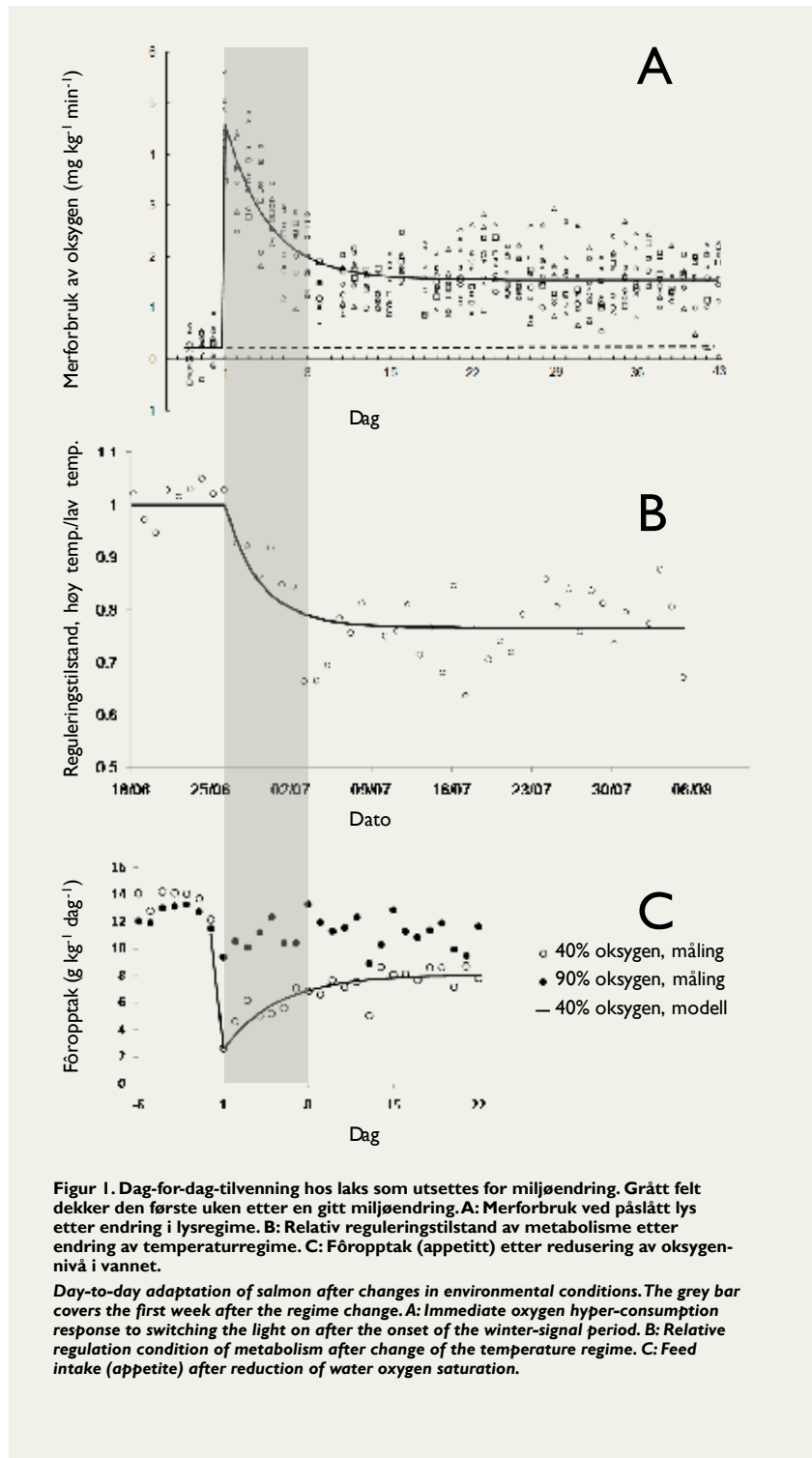
Dersom en mestringsprosess skal være relevant i forhold til utfordringene med skiftende miljøbetingelser, må den være rask nok til å holde tritt med en vesentlig del av endringen. Hvis miljøforholdene skifter med timers mellomrom, er akklimatisering som tar dager til liten nytte, og dermed lite relevant.

For at en mestringsprosess skal være tilstrekkelig må den avhjelpe en vesentlig del av belastningen fisken opplever. Dersom tilvenning til en stressende behandling reduserer stressresponsen med 90 % har det stor betydning for fisken, reduseres den kun med 10 % er tilvenning til liten nytte.

De viktige spørsmålene om fiskens evner til å tilpasse seg miljøendringer og stress er derfor ikke om de har denne evnen, men hvor stor og hvor rask den er.

## Laks trenger en uke

Ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Matre har vi målt laksens evne til å tilpasse seg ulike miljøendringer og modellert dens tilpasningsevne. Fisken har en grense for hvor tilpasset den kan bli (gitt at den får uendelig lang tid på seg), og for hvert tidssteg (f.eks. én dag) reduseres forskjellen mellom denne grensen og hvor tilpasset den er blitt med en gitt andel. For laks viste det seg at denne andelen var 20–25 % per dag for ulike miljøendringer og tilpasningsprosesser. Det betyr at det meste av tilpasningen er unnagjort på en uke (figur 1).



Figur 1. Dag-for-dag-tilvenning hos laks som utsettes for miljøendring. Grått felt dekker den første uken etter en gitt miljøendring. A: Merforbruk ved påslått lys etter endring i lysregime. B: Relativ reguleringsstilstand av metabolisme etter endring av temperaturregime. C: Fôropptak (appetitt) etter reduisering av oksygen-nivå i vannet.

Day-to-day adaptation of salmon after changes in environmental conditions. The grey bar covers the first week after the regime change. A: Immediate oxygen hyper-consumption response to switching the light on after the onset of the winter-signal period. B: Relative regulation condition of metabolism after change of the temperature regime. C: Feed intake (appetite) after reduction of water oxygen saturation.

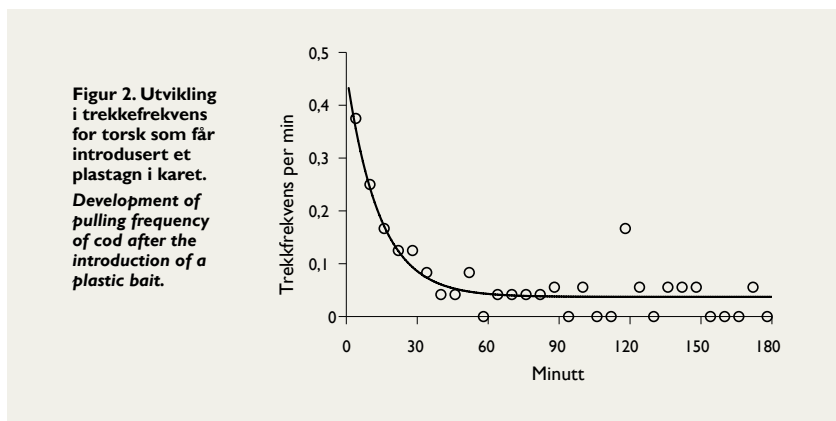
### Nedgang i stressrespons til gjentatte lysendringer

I settefiskproduksjon av høstsmolt og delvis vårsmolt holdes yngelen i kontinuerlig lys fra startfôring og frem til fisken er over 10 cm. Det vil si at frem til laksen er ca. 6 måneder gammel har den aldri opplevd mørke eller endring i lysforhold. For å sette i gang smoltifiseringen, som er et komplekst sett fysiologiske og nevrologiske endringer som gjør fisken i stand til å leve i havet, får den et ”vintersignal” som består av seks uker med simulert dag-/nattsyklus. Når lyset slås på for første gang i vintersignalperioden, fører dette til en tydelig fryktrespons hos fisken som umiddelbart begynner å jage rundt i karet med markert høyere oksygenforbruk. Denne responsen gjentar seg hver gang lyset slås på, men den blir mindre gang for gang. Habitueringsraten ble beregnet til 24 % per dag, dermed er habitueringen rask nok til å redusere stressresponsen allerede tidlig i vintersignalperioden. Ved slutten av perioden var responsen til fisken 31% av det den var første dag. Det meste av responsen ble dermed borte, og total stressrespons for hele 6-ukersperioden var bare 39 % av hva den ville vært om fisken ikke hadde vent seg til det nye lysregimet i det hele tatt (figur 1A).

### Stoffskifteregulering etter temperaturendring

Når fisk overføres til høyere temperatur går alle stoffskifteprosesser raskere, dermed øker energi- og oksygenbehovet. For å motvirke dette kan fisken senke stoffskiftet (nedregulering). Når fisk overføres til lavere temperatur blir det motsatt effekt, da går prosessene saktere. Det sparer energi og oksygen, men samtidig mister fisken kapasitet til prosesser som fordøyelse og vekst. For å motvirke dette kan fisken øke stoffskiftet (oppregulering). Regulering av stoffskiftet tar tid, og vi beregnet hvor fort reguleringen går ved å analysere utviklingen i oksygenforbruksrate til fisk som ble utsatt for ulike temperaturendringer.

Grupper av postsmolt laks som over tid var tilvent 14 °C ble overført til to ulike regimer der temperaturen ble endret hver 12. time; 8–14 °C og 14–20 °C. Fisken som fluktuerte mellom 8 og 14 °C økte stoffskiftet, og fisken som fluktuerte mellom 14 og 20 °C senket det. Oksygenforbruket hos fiskene i de to gruppene ble sammenlignet hver dag når begge gruppene hadde vanntemperatur på 14 °C. Forholdstallet mellom forbruket til høy- og lavtemperaturgruppene avtok over tid på grunn av stoffskiftereguleringen. Reguleringssraten ble beregnet til 25 % per dag. Dette betyr at reguleringen er tilstrekkelig rask til å være relevant i



Figur 3. En torsk trekker i et plastagn som er koblet til en fôringsautomat, og fôr drypper ned i karet.

*A cod pulls a plastic bait connected to a feeder, and food drops into the tank.*

forhold til sesongvariasjoner i temperatur, men i forhold til opplevde temperaturendringer som følge av tidevann og vertikalsvømming i merden er reguleringen helt irrelevant. Stoffskifteregulering, gitt at den kan holde tritt med temperaturskiftene, har betydelig effekt på det temperaturavhengige oksygen- og energiforbruket. Ved en temperaturendring på 6 °C vil 65 % av temperatureffekten på stoffskiftet motvirkes av regulering (figur 1B).

### Gjenvinning av appetitt etter overføring til vann med lite oksygen

Laks ble eksponert for fluktuierende hypoksi (dvs. vann med lavt oksygeninnhold, 6 timers periodelengde, fluktuasjoner mellom 40 og 90 % oksygenmetning) eller konstant gode oksygenforhold (90 % metning). Hypoksiregimet førte til en umiddelbar nedgang i fôropptak på 77 %. I løpet av de påfølgende ukene økte fôropptaket mot 73 % av nivået til kontrollfisken (90 % oksygenmetning) med en rate på ca. 20 % per dag (figur 1C). I oppdrettsmerder kan perioder med lavt oksygennivå være i flere uker, lenge nok til at deler av appetitten gjenvinnes og derfor muliggjør vekst. Gjenvinningen

av ca. 2/3 av den initielle nedgangen i appetitt er betydelig og reflekterer trolig flere ulike bakenforliggende prosesser (endret blodfysiologi, gjelle morfologi, stoffskifteregulering, stressreduksjon).

### Smarte torsk går lei av lekene sine

Et selvføringssystem hvor trekk i et plastagn starter en fôrautomat (figur 3) ble introdusert til grupper av torsk. I kar der det ikke var fôr i automaten, og trekking i agnet dermed ikke ble belønnet med fôr, var fisken til å begynne med interessert i det nye agnet, og trakk relativt ivrig i det, men de mistet raskt interessen. Etter ca. én time var trekkfrekvensen nede i 1/10 av den opprinnelige, og ”tap av nysgjerrighet”-raten ble estimert til 7 % per minutt (figur 2). Dette betyr at skal man bedre oppdrettsorskens velferd med å innrede merdene/karene for å tilfredsstille utforskningsatferden deres, må innredningen endres kontinuerlig.

Når fôringsystemet var fylt med fôr, og trekking i agnet dermed ble belønnet med fôr, brukte torskene 3–4 timer på å lære sammenheng. Fra da av trakk de oftere i agnet enn fisk som ikke ble belønnet.