

## 3.6.3 NEDSENKEDE MERDER – EN DEL AV FREMTIDENS LAKSEOPPDRETT?

Nye resultater fra forsøk med oppdrett av laks i nedsenkede merder, viser at laksen greier seg overraskende godt uten tilgang til overflaten. Det åpner for bruk av nedsenkbare merder for å unngå perioder med ugunstige forhold i vannmassene nær overflaten.

Øyvind J. Korsøen  
oyvindk@imr.no

Tim Dempster  
tim.dempster@sintef.no

Frode Oppedal  
frode.oppedal@imr.no

Ole Folkedal  
ole.folkedal@imr.no

Tore S. Kristiansen  
tore.kristiansen@imr.no

I Norge foregår så godt som alt oppdrett av laks i sjøfasen i 15–30 m dype not-poser (merder) som holdes utspent av et flytende rammeverk. Det er en enkel og billig løsning som gjør fisken lett tilgjengelig for oppdretteren, men den har også klare ulemper. Vannmassene nær overflaten er ustabile, og det forekommer periodevis ugunstige miljøforhold. Eksempler på det kan være ekstremt høye eller lave temperaturer, høy tetthet av lakseluslarver, invasjoner av skadelige alger eller maneter, og ustabil vannkjemi og aluminiumsavleiringer på gjellene på grunn av stor avrenning av ferskvann. I tillegg er strøm- og bølgekraftene betydelig større i overflaten enn lenger nede i dypet. Om vinteren er også ising et stort problem ved mange anlegg, og har i enkelte tilfeller ført til havari og betydelige mengder rømt fisk. Skadelige organismer og algeoppblomstringer finnes hovedsakelig i øvre vannlag ned til 25–30 meter. I Nord-Irland ble over 100 000 laks drept høsten 2007 av store mengder med maneten *Pelagia noctiluca* som forekom på 0–15 m dyp. Mange husker også algeinvasjonen på Sørlandet av *Chrysochromulina polylepis* i 1988 som drepte mye laks og ørret, og sendte store deler

av oppdrettsnæringen på Sørvestlandet på rømmen inn i fjordene. I noen land og områder er oppdrett i overflaten også sett på som visuell forurensing. Ved å senke oppdrettsanleggene ned på dypere vann i kortere eller lengre perioder, kan mange av disse problemene løses. Dermed øker oppdrettsfiskens velferd, oppdretter kan på sikt få lavere produksjonskostnader, og risikoen for dødelighet og havarier reduseres. I tillegg kan konfliktene med andre brukerinteresser reduseres, og nye mer eksponerte områder kan bli tilgjengelige for oppdrett.

#### Trenger tilgang på luft

Men hvorfor bruker ikke oppdretterne nedsenkbare merder i dag? Den viktigste grunnen er kanskje at den tradisjonelle overflatemerden er enklest å bruke og mest utprøvd. Nedsenkede merder har også vært vurdert som vanskeligere å operere og til å gi mindre kontroll med fisken, samtidig som forskningsgrunnlaget mangler. Det er også klart at det i store deler av året er en fordel å holde fisken i det varme, oksygenrike overflatevannet for å oppnå best vekst. Nedsenkede merder bør derfor være så fleksible at de kan plasseres i det dypet som til en hver tid er mest gunstig for fisken. Laks og andre arter med åpen svømmeblære må også opp til overflaten for å fylle svømmeblæren ved å svelge luft. Uten denne muligheten vil fisken få negativ oppdrift og må svømme for å holde seg flytende. For torsk og andre arter som har lukket svømmeblære, og som fyller svømmeblæren vha. en gassproduserende kjertel, er utfordringene mer knyttet til hastigheten ved senking og heving, siden det tar flere timer å fylle eller tømme blæren. Dersom fisken senkes raskt, vil den få negativ oppdrift og synke til bunns hvis den ikke svømmer. Dersom fisken heves for raskt, vil svømmeblæren utvide seg

Foto: Frode Oppedal



**Figur 3.6.3.2**

Merdanlegget på Solheim med lys på 10 m dyp.

*Night time view of the sea-cages at the Solheim experimental site with underwater lights at 10 m deep.*

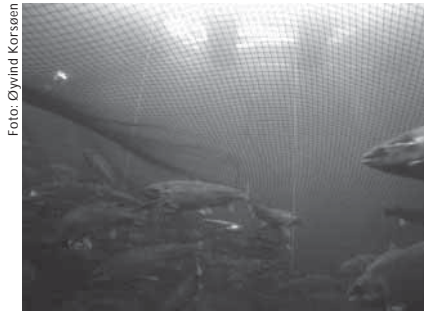
og i verste fall sprekke. Disse problemene er størst nær overflaten der den relative trykkendringen er størst, og gjelder også ved heving av dype overflatemerder hvor fisken står dypt i merdene.

### Prøver ut nedsenkbare merder

Flere typer nedsenkede merder er under utprøving eller konstruksjon i flere land. I Norge pågår det to prosjekter i regi av CREATE (Centre for Research Based Innovation in Aquaculture Technology). Disse har som mål å teste ut biologiske konsekvenser av nedsenking av laks og torsk (SUBFISH) og utvikle ny merdteknologi hvor heving og senking av merdene kan gjøres stegvis og kontrollert (SUBCAGE).

I prosjektet SUBFISH, som gjennomføres ved Havforskningsinstituttets merdmiljølaboratorium, er det gjort to eksperimenter for å se på konsekvensene av å nekte laksen tilgang til overflaten i perioder av ulik varighet. I et tredje eksperiment, som er i avslutningsfasen, undersøkes langtidseffekter av å senke stor laks ned på mer enn 10 m dyp om vinteren i merder uten tilleggslys (Figur 3.6.3.1).

Tidligere forsøk med nedsenking av laks har dokumentert negative effekter på atferd og/eller vekst. Blant annet er det observert ”stresst” svømmeatferd der hodet er tiltet oppover og halen nedover, med



følger som nedsatt tilvekst, utmattelse og i noen tilfeller økt dødelighet. Imidlertid er mange av disse forsøkene utført i små bur/merder. I tidligere fullskala forsøk er det rapportert om lavere vekst hos fisk som var nedsenket, men potensielle forskjeller i miljøet mellom de nedsenkede fiskene og kontrollfiskene ble ikke målt, så konklusjonene er usikre.

### Redusert vekstrate

I et av forsøkene ble 500 laks med snittvekt 1,7 kg plassert i henholdsvis to kontrollmerder i overflaten og to merder nedsenket til 5 m. En merd ble holdt senket i 17 dager, den andre ble senket i perioder på 2, 3 og 4 dager med henholdsvis 5, 4 og 2 dager i overflaten mellom senkingene. Resultatene viste at selv korte perioder med nedsenking påvirker svømmehastighet, stimatferd og vekstrate. Nedsenket laks ser ut til å kompensere den negative oppdriften både ved å svømme raskere i forhold til laks i overflatemerder

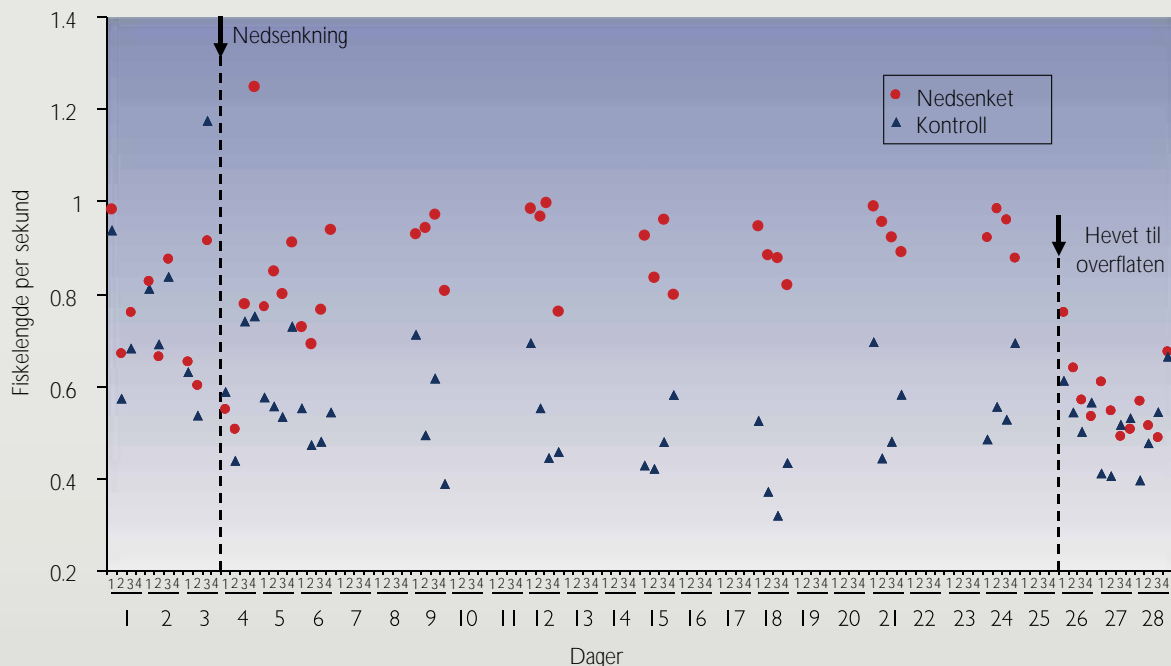
**Figur 3.6.3.1**

Laks i nedsenket merd uten lys.  
*Salmon beneath the roof of a submerged cage without lighting.*

og stime tettere. Nedsenking ga ikke problem med oppdriftskontroll (”tiltet” fisk) og påvirket heller ikke förinntaket, men daglig tilvekst var noe lavere for laksen i de nedsenkede merdene. Imidlertid var forskjellen i vekstrate utjevnet tre måneder etter at fisken ble hevet til overflaten, noe som indikerer at korttids nedsenking ikke påvirker vekstraten i en lang produksjonsperiode.

### Tilpasser atferden

I det andre forsøket ble 3 500–4 000 laks (gjennomsnittsvikt 0,5 kg) per merd holdt i fire merder (12 x 12 m, dyp 15 m) med undervannslys (Figur 3.6.3.2). I to av merdene ble fisken hindret i å svømme opp til overflaten, mens laksen i de to kontrollmerdene kunne svelge luft i overflaten som normalt. Fisken i alle merdene svømte omtrent på samme dyp, med en hovedvekt av fisk i det varmeste vannet fra 3 til 5 m om dagen og under lyset på 7–9 m dyp om natten. Alle gruppene opplevde dermed tilnærmevis de samme miljøforholdene (temperatur, saltholdighet, oksygen og lys) bortsett fra tilgang på overflate gjennom hele forsøksperioden. Den nedsenkete laksen svømte fortere enn kontrollfisken (Figur 3.6.3.3), samtidig



**Figur 3.6.3.3**

Eksperiment 2, gjennomsnittlig svømmehastighet (fiskelengder/sekund) for atlantisk laks i to tradisjonelle merder i overflaten (kontroll) og to merder nedsenket i 22 dager (30 individer målt per merd). Det ble gjort fire registreringer per døgn.

*Experiment 2, average swimming speed (body length/second) for Atlantic salmon in two traditional sea-cages held at the surface (control) and two sea-cages submerged for 22 days. Each point gives the mean speed of 30 fish in two cages.*

som de svømte i tettere stimer. Dette viser en atferdsmessig tilpasning til nedsenking hvor den tilpasser seg negativ oppdrift. Ved å holde ut brystfinnene og svømme fortere får den økt løft som hindrer den i å synke. Det ble ikke observert akutte problemer med oppdrift, og det var ingen forskjeller i finneslitasje mellom de to behandlingene. Veksthastigheten var den samme, ca. 1,2 % av biomassen per dag, men den nedsenkede laksen spiste noe mer og hadde omtrent 10 % lavere fôrutnyttelse. Dette kan skyldes økt energikostnad som følge av den økte svømmehastigheten. Umiddelbart etter heving av de nedsenkede merdene og dermed tilgang til vannoverflaten, ble det observert høy overflateaktivitet (ca. 6 hopp/rull per individ de første 20 min.). Dette indikerer at nedsenket laks har et stort behov for å fylle svømmeblæren.

#### Vurderer velferden ved senking

I det tredje og fortsatt pågående forsøket er hensikten å vurdere stor laks sin velferd under en lang og mørk neddykkingsperiode på relativt stort dyp, basert på atferd, vekst, finneslitasje og fôrfaktor. Laks (ca. 4,3 kg, 2 200 per merd) blir holdt i tre 25 m dype merder (12 x 12 m) med nottak på 10 m dyp. Tilsvarende kontrollgrupper går i tre 15 m vanlige overflatemerder. Nedsenkingen skjedde uten tilleggslys, midtvinters, og varte i 42 dager. Resultatene så langt viser at svømmehastigheten har vært nokså samsvarende med de to foregående forsøkene. Det er ikke problemer med dødelighet, fisken stimer fint om natten, og har ikke problemer med å unnvike merdveggen selv når det er bekmørkt. Utover i forsøket har fisken fått en tiltet

svømmevinkel om natten, noe som kan tyde på at den har blitt tyngre som følge av lufttap fra svømmeblæren, og velger å kompensere det med økt tiltvinkel (halen lavere enn hodet) i stedet for økt svømmehastighet. I dagslys svømmer de med normal tiltvinkel, men de spiser mindre enn kontrollfisken. Vekst- og andre resultater er ikke klare i skrivende stund.

#### Kompenserer negative effekter

Resultatene i de tre forsøkene viser et klart potensial for nedsenking av laks i flere uker uten større negative effekter. Negative effekter av langvarig nedsenking kan trolig kompenseres ved å heve fisken til overflaten med jevne mellomrom, bruke undervannslys for at fisken kan stime med full hastighet om natta, eller lage en kunstig luftlomme i merdtaket hvor fisken kan svelge luft. Disse tiltakene gjenstår det ennå å teste ut.

Ved å integrere kunnskap omkring de biologiske effektene av nedsenking med teknologisk utvikling av nedsenkbare merder, fôrings- og kontrollsystemer, kan vi sikre at nedsenkbare anlegg gir et bedre miljø for fisken, og blir lønnsomme for oppdretter.

#### CREATE

**Centre for Research Based Innovation in Aquaculture Technology**

**Vertsinstitusjon:** SINTEF Fiskeri og havbruk.

**Forskningspartnere:** NTNU Centre for Ships and Ocean Structures (CeSOS) og Institutt for teknisk kybernetikk, Havforskningsinstituttet, Akvaforsk og SINTEF IKT.

**Bedriftspartnere:** AKVA group, Helgeland Plast, Egersund Net og Erling Haug.

**Internasjonale partnere:** Open Ocean Aquaculture Group at University of New Hampshire (USA).

**Budsjett:** 160 millioner kroner over åtte år.

**Ansatte:** 15–20 (heltid/deltid).

[www.sintef.no/create](http://www.sintef.no/create)

#### Submerged Sea-cages – Part of the Future for Salmon Aquaculture?

New results from several sea-cage trials undertaken at the Institute of Marine Research indicate that salmon cope remarkably well during short periods of submergence without access to the surface. This opens the potential for the use of submersible cages to periodically avoid unfavourable conditions in surface waters. Two projects within the Centre for Research-based Innovation in Aquaculture Technology (CREATE; led by SINTEF Fisheries and Aquaculture) are investigating these possibilities closely.

Submersible cages for Atlantic salmon culture could improve production conditions in periods when surface waters are unsuitable (e.g. high temperatures, low oxygen, jellyfish and algae blooms) and

reduce certain environmental effects (e.g. escapes due to storms, sea lice infestations). We expected submergence may cause behavioural differences as salmon have physostomous swim bladders, which need to be filled by gulping air. Submergence, therefore, may cause fish to be negatively buoyant. Through three successive experiments at the Cage Environment Laboratory at Matre, we investigated the effects of submergence on swimming speeds, schooling, feeding and surface-oriented behaviours, body and fin condition and growth rates of salmon in full-scale sea-cages with simultaneous monitoring of environmental conditions.

Results of the three experiments indicate a clear potential for submerging salmon for periods of several weeks without

strong negative effects on behaviour or growth. Negative effects that may occur over longer periods of submergence may be compensated for by lifting cages to the surface periodically, the use of underwater lights to stimulate swimming at full speed at night or the use of an underwater airpocket in the cage so salmon can swallow air. These three options remain to be tested. Integrating knowledge on the biological effects of submergence into technological development of submersible cages, feeding systems and control systems, will help ensure that submersible cages will provide a better culture environment for the fish and be more productive for the farmer.