

Lusepåslag og velferd hos dypfôret og overflatefôret laks på lokalitet Skrubbolmen midtvinters

– Delrapport fra FHF-prosjekt 901154 «Dypelysogfôring»

Jonatan Nilsson, Lars Stien og Frode Oppedal



Prosjektrapport

Rapport: Nr. – År: Dato:
RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN 35–2018 25.09.2018

Tittel (norsk og engelsk):
Lusepåslag og velferd hos dypføret og overflateføret laks på lokalitet Skrubbolmen midtvinters
Lice infestation and welfare of deep fed and surface fed salmon on site Skrubbolmen in winter

Forfattere:
Jonatan Nilsson, Lars Stien og Frode Oppedal

Distribusjon: Åpen
Havforskningsprosjektnr.: 14597-02
Oppdragsgiver(e): FHF
Oppdragsgivers referanse: 901154
Program: Akvakultur
Forskningsgruppe: Dyrevelferd
Antall sider totalt: 19

Sammendrag (norsk):

Lakseluslarvene som fester seg på laksen lever hovedsakelig i de øvre vannmassene, og laks som svømmer grunnere har dermed generelt større sannsynlighet for å bli infestert av lakselus. For å motivere laksen til å svømme dypere og på så vis romlig separere laksen fra luselarvene, ble laks i to kommersielle merder undervannsføret på 7 m dyp, mens to kommersielle kontrollmerder ble føret i overflaten. Forsøket varte i to måneder, fra januar til mars. Alle merdene hadde 5 m dype luseskjørt og anti-kjønnsmodningslys på 10 m dyp. Temperatur og saltholdighet ble profilert daglig. Fiskens svømmedyp ble overvåket via ekkolodd, men grunnet tekniske problemer bare de første 6-21 dagene av forsøksperioden. Etter 1 måned og ved forsøksavslutning ble 20 individer per merd tatt ut og undersøkt for lus av alle stadier, og scoret for velferdsindikatorer (SWIM). Vanntemperaturen var svært lav og falt fra 5 til 3 grader under forsøksperioden. Ved disse temperaturene utvikler seg lakselusen seg seint, og de fleste lus funnet ble beregnet til å ha slått på før forsøksstart. Lusepåslag under forsøket var lavt, særlig den siste måneden, og det ble ikke funnet forskjeller mellom behandlingene. Det var heller ikke noen indikasjoner på at fôringsdyp påvirket fiskevelferden.

Summary (English):

The infestative stage of salmon lice larvae mainly live in the upper water masses, and salmon that swim higher in the water column are therefore generally more likely to be infested with salmon lice. In order to motivate the salmon to swim deeper and thus spatially separate the salmon from the infestative lice, salmon in 2 commercial cages was deep fed at 7 m depth, while 2 commercial control cages were fed at the surface. The trial lasted 2 months, from January to March. All cages had 5 m deep lice skirts and anti-maturation lights at 10 m depth. Temperature and salinity were profiled daily. The fish's swimming depth was monitored by echo sounder but due to technical problems this was done only the first 6-21 days of the trial period. After 1 month and at the end of the trial, 20 individuals per cage were taken and examined for lice of all stages and scored for welfare indicators (SWIM). The water temperature was very low and fell from 5 to 3 degrees during the trial period. At these temperatures, the salmon lice develop slowly and most lice found were estimated to have infected before the trial started. Infestation rate during the trial was low, especially in the last month, and no differences were found between the treatments. There were also no indications that feeding depth affected fish welfare.



Innhold

1	Innledning	4
2	Metode	6
3	Resultat og diskusjon	8
4	Konklusjon	15
5	Referanser	16

1 Innledning

Infesterende lakseluslarver finnes hovedsakelig i de øvre vannlag og kan delvis unngås ved at laksen svømmer dypere i merdene (Huse & Holm 1993; Osland et al., 2001; Hevrøy et al., 2003). Det er også dette prinsippet luseskjørt og snorkelmerder bygger på, og ved å avskjerme merden fra det øvre vannmassene med et skjørt kan en redusere lusepåslag (Næs et al., 2012; Lien et al., 2015; Stien et al., 2016; Wright et al., 2017; Oppedal et al., 2017). Avskjerming har imidlertid noen ulemper som gjør at det ikke passer til alle forhold, for eksempel lave oksygenforhold inni skjørtvolumet (Stien et al., 2012), og dårlig vær og sterke strømmer kan utføre stor kraft på konstruksjonene. Avskjerming er også kostbar og involverer mye ekstra utstyr samt arbeid med montering, oppfølging og utstrakt vedlikehold. Enklere, alternative metoder for å få laksen til å svømme dypere og dermed redusere risiko for lusepåslag er derfor ønskelige. Tidligere studier indikerer at laksens svømmedyp kan styres med lys og fôringsregime sammen med fødemotivasjon (Juell et al., 2003; Juell & Fosseidengen, 2004; Oppedal et al., 2007; Frenzl et al., 2014). Tradisjonelle antimodningslys kan benyttes dypt i merdene fra midtvinters til midtsommer, mens det er foreslått bruk av dype, svake fiolette lys om høsten (Stien et al., 2014).

Undervannsfôring vil potensielt tiltrekke laksen til å svømme dypere i forhold til overflatefôring (Frenzl et al., 2014). Samtidig vil sulten fisk (underfôret med hensyn på mengde fôr og intensitet) trekke mer mot overflaten enn mett fisk (fullfôret etter appetitt med høy intensitet, Juell et al., 1994). Mer attraktiv temperatur i overflaten kan også overstyre preferansen for lys og fôring i dypet (se Oppedal et al., 2011; Stien et al., 2014; Wright et al., 2015).

Et viktig aspekt med tiltak for å redusere lusepåslag i kommersielt oppdrett er at tiltakene ikke må gå på bekostning av fiskevelferd eller produksjonseffektivitet. En mulig effekt av endret fôringsregime kunne for eksempel være at en andel individer ikke godt nok lærer hvor og når det føres og dermed ikke får spist nok. Sulten fisk står ofte høyere i vannet enn mett fisk (Juell et al., 1994), noe som kan medføre at det blir vanskeligere å finne frem til posisjonen til undervannsfôringen og siden de da oppholder seg mer i overflaten potensielt får økt lusepåslag heller enn redusert. Det er derfor viktig å undersøke velferd og tilvekst på fisken når nye metoder testes ut.

I desember 2015–november 2016 ble effekten av dyp fôring (utfôring på 7 m dyp) i kombinasjon med svake fiolette lys på 10 m dyp testet mot kontrollmerder med overflatefôring på lokaliteten Kobbavika i Rogaland, som en del av samme FHF-prosjekt Dypelysogfôring/901154 og med en videre forlengelse av forsøksperioden finansiert av CAC/Marine Harvest. Fra slutten av januar til juni hadde alle merdene antikjønnsmodningslys på 10 m dyp. Resultatene fra Kobbavika viste at både kombinasjonen av svake lys og dypfôring, men også dypfôring alene, under de rette forhold får laksen til å svømme dypere enn laks i kontrollmerdene. Under andre forhold overstyrte andre miljøvariabler, særlig temperatur, laksen sine dybdepreferanser. Det ble imidlertid ikke funnet noen entydig effekt på mengden lus. En medvirkende årsak til dette antas å være et brakkvannslag i de 5-10 øverste meterne store deler av året, noe som presser luselarvene nedover i vannsøylen. Detaljert rapport fra forsøket i Kobbavika er beskrevet i Nilsson et al. (2017).

I denne delrapporten presenteres et tilsvarende forsøk på Skrubbholmen i Nord-Trøndelag innenfor FHF-prosjekt Dypelysogfôring/901154 i samarbeid med NFR-prosjektet Fôrdom (256326). Grunnet forsinkelser i forsøksoppstart ble forsøket utført om seinvinteren når alle merdene hadde anti-kjønnsmodningslys på 10 m dyp. Det er derfor bare effekt av dypfôring som er undersøkt her. Siden fisken begynte å slaktes ut fra april ble forsøkets varighet begrenset til 2 måneder.

2 Metode

Fire kommersielle merder, 157 m omkrets, 15+15 m dype ble brukt til forsøket. Det var ca. 162 000 individer i hver av merdene, satt ut 22. mai 2017. Fisken var i gjennomsnitt 2,7 kg ved forsøksoppstart 24. januar og 3.3 kg ved sluttuttak 22. mars. Alle merdene var påmontert 5 m dype luseskjørt og hadde anti-kjønnsmodningslys. Lampene som ble benyttet var levert av AKVA group (www.akvagroup.com). Hver merd hadde 3 stk kombilamper (AKVA Aurora SubLED Combi, 1200W; består av blått og grønt LED lys for antikjønnsmodnings-effekt samt hvitt lys for maksimal kontrast mellom fisk og pellet og UV lys som kan benyttes alene for å holde fisken nede i merden uten å forstyrre biologiske prosesser; eksempelvis om høsten) og 3 stk UV lamper (AKVA SUBLedUV, 150W). Lampene ble fordelt på 2 rekker med 3 lys hver plassert på 9 m dyp. Lysene var på gjennom hele døgnet i alle merder. I 2 av merdene ble fisken utfôret på 7 m dyp via undervannsfôringsenhet (AKVA subsea feeder) som har 12 fôrutløp fordelt over 17 m omkrets. I de to resterende merdene (kontroll) ble fisken fôret på overflaten. I forkant av forsøket hadde alle merder overflatefôring.

Vannmiljø på lokaliteten ble innhentet med daglige dybdeprofiler med en multi miljømåler, CTD (SD204 fra Saiv, www.saiv.no) operert fra flåten. For å estimere fiskens svømmedyp i merden ble akustiske svingere (42° acoustic beams (50 khz, 0.001 s puls, 4 s pulsintervall) montert i hver merd på 25 m dyp og rettet oppover (CageEye, www.cageeye.no). Svingerne var koblet til utstyrsprodusentens PC-baserte software. Grunnet tekniske problem var ekkosystemet ute av drift store deler av forsøksperioden, og data er begrenset til de første 6-21 dagene av perioden, med minst data for de 2 merdene med dypfôring.

Fisk ble tatt ut for å undersøkes for lus og velferdsevaluering ved 3 tilfeller; ved forsøksoppstart 24. januar, halvveis i forsøket 22. februar og 22. mars, da forsøket ble avsluttet. Ved uttak ble fisk samlet inn i en ca. 25 lang og 10 m dyp orkastnot og 20-23 individer håvet ut, maks 5 fisk per håving (Fig. 2A), og avlivet med en overdose Benzoak i et transportkar (Fig. 2B). Fisken ble deretter løftet ut enkeltvis og holdt i en beholder med vann og undersøkt for alle stadier av lus (Fig. 2C), før den ble undersøkt for velferdsindikatorer (SWIM, Stien et al. 2013, Appendiks 1). Når alle individer i en merd var ferdig undersøkt ble vannet i undersøkelsesbeholderen og i bedøvelseskaret silt for å samle opp lus som hadde falt av (Fig. 2D). Disse ble så talt og stadium bestemt, og inkludert i beregning av gjennomsnittlig

antall lus per fisk for hver merd.

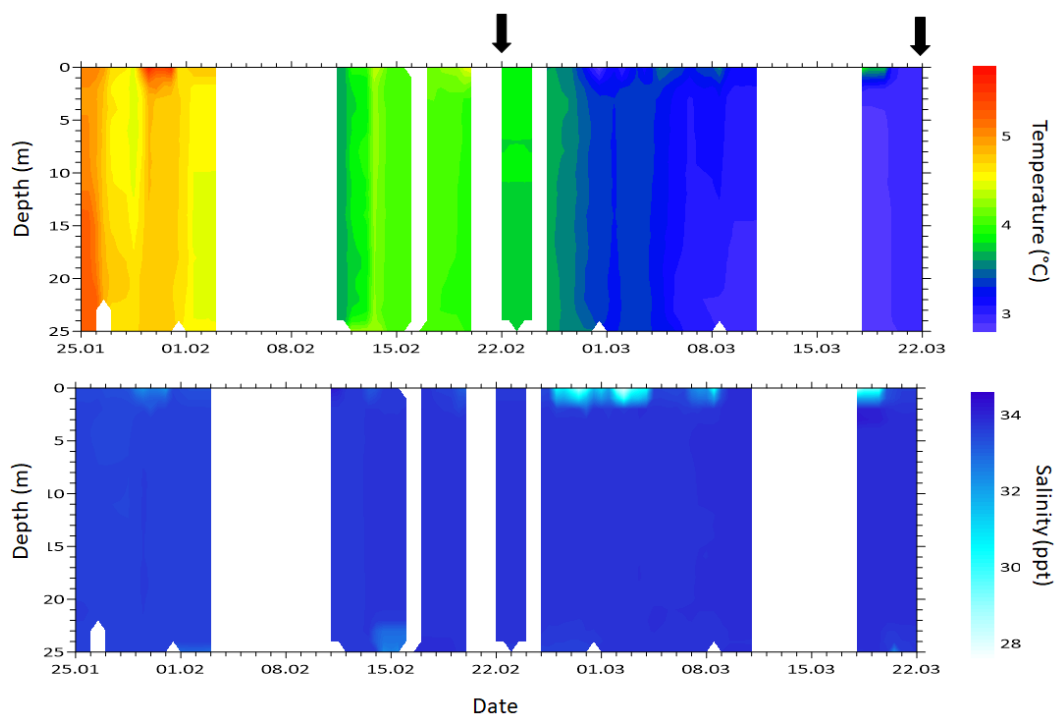


Fig. 1. Miljøprofil av lokalitet Skrubholmen gjennom forsøksperioden fulgte normale verdier for årstiden. Piler indikerer dato for uttak av fisk for å evaluere effekt av fôringsdyp på lusepåslag og fiskevelferd. Øverst: temperatur; Nederst: Saltholdighet. Hvite felt er perioder hvor data mangler.



Fig. 2. Prosedyrer for sampling av fisk og undersøkelse av lus. A) laks håves ut fra orkastnot; B) laks avlives med overdose bedøvelsesmiddel i transportkar; C) lus telles på laks liggende i vann; D) Vann fra bedøvelseskaret siles for lus etter at alle individer er undersøkt.

3 Resultat og diskusjon

SVØMMEDYP

Grunnet tekniske problemer ble ekkodata for å estimere svømmedyp bare samlet inn under få dager i begynnelsen av forsøksperioden (Fig. 3). Det er derfor lite grunnlag for å gi en god oversikt om i hvilken grad dypfôring påvirker laksen sitt svømmedyp. Det var likevel en indikasjon på at laks fôret ved overflaten svømmer høyere opp på dagtid når de fôres, særlig i Merd 9 (Fig. 3). Dypfôret fisk svømte også grunnere under fôring enn ellers på døgnet men gikk i mindre grad grunnere enn fôringsdypet (Merd 1, Fig. 3).

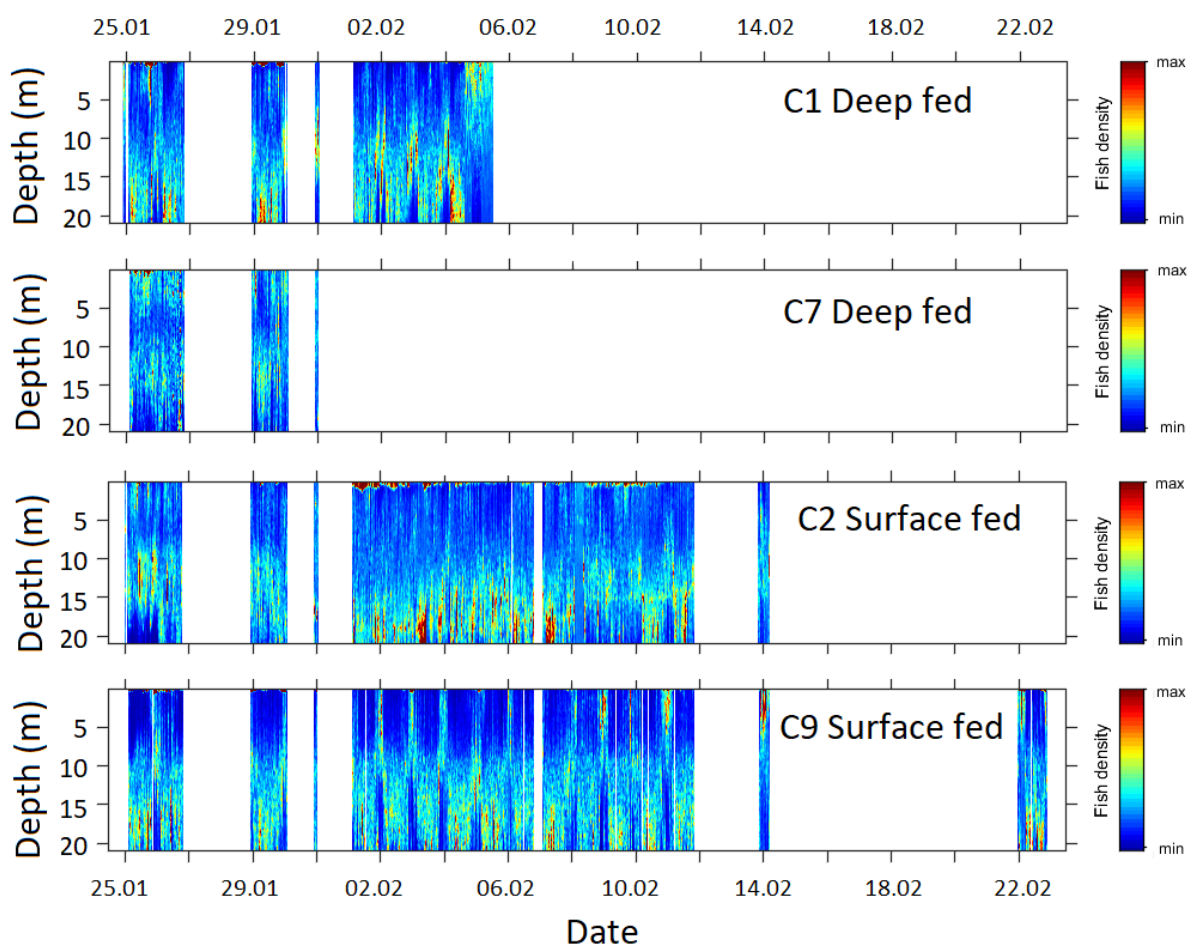


Fig. 3. Ekkogram av fisken sin relative dybdefordeling i merdene (C1, C2, C7, C9) med tilhørende gruppetilhørighet dyp fôring (deep fed) eller overflate fôring (surface fed). Aksemerker for dato viser midt på dagen (12:00) med 2 døgns intervall. Hvite felt er perioder hvor data mangler.

LAKSELUS

Med de lave temperaturene under forsøksperioden (Fig. 1) utviklet seg lusen sakte, og alle bevegelige lus funnet ved alle uttak kan antas å ha slått seg på fisken før oppstart av forsøket. I tillegg kan det ikke utelukkes at variasjoner av beiting fra renseskisk kan ha påvirket nivåer av bevegelig lus ulikt i de ulike merdene dersom fôringsdyp har påvirket svømmedypet. Analyser av påslag er derfor begrenset til fastsittende stadier. En oversiktsfigur med alle lus funnet er likevel vist (Fig. 4).

Fastsittende lusestadier antatt relevante for forsøksperiodene

Periode 1 (24.01.2018-22.02.2018): Temperaturen falt fra ca. 5°C til ca. 4°C i denne perioden (Fig. 1). Ved 4°C tar det 26-28 dager fra påslag til 50 % av lusen har utviklet seg til chalimus 1, og 43-50 dager til 50 % av lusen har utviklet seg til chalimus 2 (Hamre et al., in prep). Alle lus fra stadium chalimus 2 og oppover funnet ved uttak 22. februar kan derfor antas å ha slått på før forsøksoppstart. I tillegg kan en anta at en ukjent andel av chalimus 1 også slo på før oppstart, da tiden for lusen til å utvikle seg til chalimus 2 (43-50) er lengre enn varigheten på perioden (29 dager).

Periode 2 (22.02.2018-22.03.2018): Temperaturen falt fra ca. 4°C til ca. 3°C i denne perioden (Fig. 1). Ved 3°C vil 50 % av lusen utvikle seg til chalimus 1 innen 37-39 dager etter påslag (Hamre et al., in prep). Kopepoditter funnet ved uttak 22. mars kan derfor antas å ha slått på under denne perioden, mens de fleste, men ikke alle, chalimus 1 slo på under siste del av Periode 1. Totalt ble det funnet 43 stk chalimus 2 ved uttak 22. mars, 8 og 5 på merder med dyp fôring, og 15 og 15 på merder med overflatefôring. Ut fra utviklingshastigheten til lus ved disse temperaturene kan de fleste av disse antas å ha slått på før forsøksoppstart, men en andel kan ha slått på i Periode 1. Siden disse ville vært kopepoditter eller chalimus 1 ved uttaket 22. februar er påslag av disse allerede estimert i Periode 1. Chalimus 2 er derfor ekskludert fra analyser.

Lusepåslag under forsøksperiodene

24. januar, før forsøksoppstart, var det flere lus (copepoditt og chalimus 1 slått sammen) i de 2 merdene som fikk overflatefôring (Merd 9 og 2), med signifikant (glm, $p < 0.05$) flere lus i Merd 2 enn i Merd 7 (Fig. 5A). Det var også signifikant høyere prevalens (andel fisk med lus)

i Merd 2 enn i Merd 7 (glm, $p < 0.05$, Fig. 5B). Under Periode 1 (uttak 22. februar) fant vi et lignende mønster, men generelt med færre copepoditter og flere chalimus 1, men verken forskjellene i gjennomsnittlig antall lus eller prevalens var signifikante ($p > 0.05$, Fig. 5). I Periode 2 (uttak 22. mars) ble det påslått få lus, og det var ikke noen forskjeller mellom merdene ($p > 0.05$, Fig. 5).

Den eneste signifikante forskjellen i lusepåslag oppsto før forsøksoppstart og kan derfor ikke direkte relateres til utfôringsdyp men av andre ukjente faktorer. En kan derfor ikke uten videre anta at ikke-signifikante tendenser til mindre lusepåslag i de dypfôrede merdene under Periode 2 er en effekt av fôringsdyp, selv om det ikke kan utelukkes. Forsøket ble utført på en tid på året da lusepåslaget er moderat og lave vanntemperaturer fører til sein utvikling av lus. Dette førte til generelt lave antall lus som kan antas å ha slått på under forsøket, og lav presisjon på når lus av de ulike stadiene har slått på. Det lyktes derfor ikke å verken påvise eller avvise effekt av fôringsdyp på lusepåslag i dette forsøket.

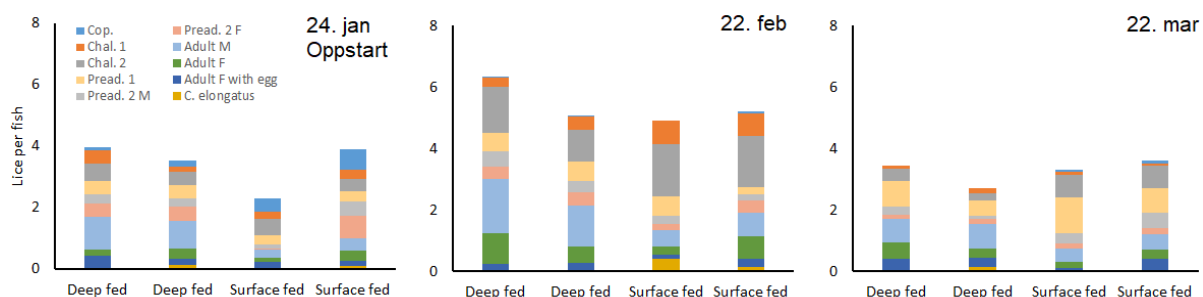


Fig. 4. Totalt gjennomsnittlig antall lus per fisk ved forsøksoppstart 24. januar, og ved uttak 22. februar og 22. mars. Ulike farger indikerer de ulike lusestadiene.

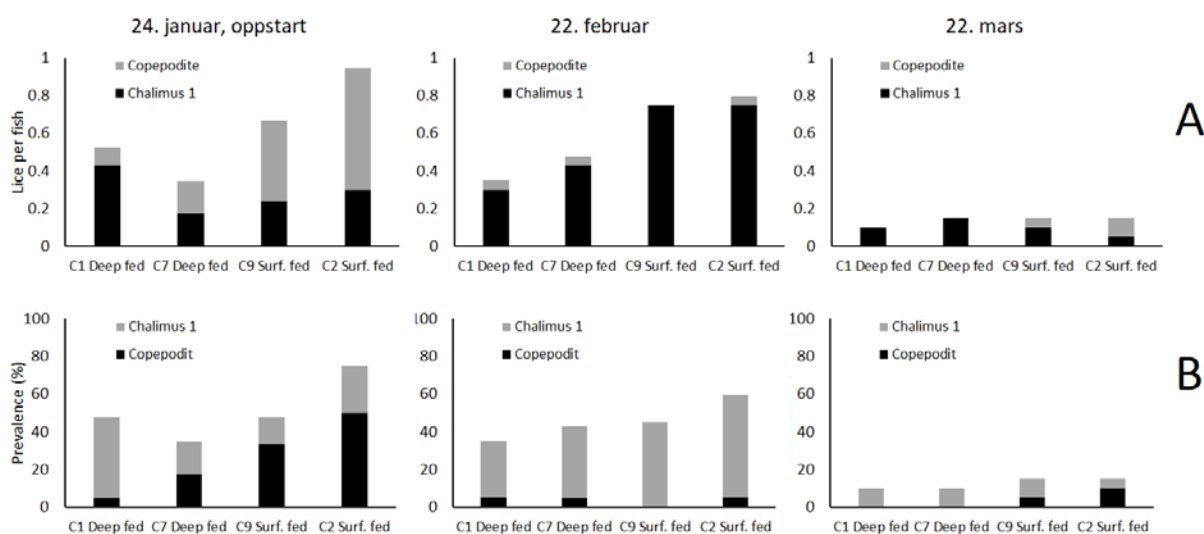


Fig. 5. A) Gjennomsnittlig antall lus av de stadiet som antas å ha slått på i løpet av forsøksperioden, estimert ved forsøksoppstart 24. januar, og 22. februar og 22. mars. B) Prevalens, dvs. hvor stor andel av fisken som hadde lus av det gitte stadiet, ved forsøksoppstart 24. januar, og 22. februar og 22. mars. Observer at en ukjent andel av chalimus 1 funnet ved uttak 22. mars antas å ha slått på under Periode 1, før 22. februar. Lus funnet ved oppstart 24. januar har slått på før forsøksoppstart men er vist som referanseverdier.

VELFERDSEVALUERING

De fleste individene hadde forhøyet (ift. 1, som er «uten anmerkning») velferds-score for snute-, hud- og finnestatus. Omfanget av disse skadene var noe forbedret ved siste uttak (22. mars) men var fortsatt tilstede (Fig. 6). Score 3 for hud angir skjelltap, og score 3 for finner angir blant annet finnesplitting (Appendiks 1), og det antas at håving og håndtering av fisk i forbindelse med uttak kan påføre fisken disse skadene (Folkedal et al. 2016). Det ble ikke funnet noen større eller systematiske forskjeller i velferds-score mellom fisk fôret på 7 m dypt og overflatefôret fisk, og det er utfra velferdsevalueringen ikke grunnlag for å anta at dypfôringen førte til redusert fiskevelferd.

Lusepåslag og velferd hos dypfôret og overflatefôret laks på lokalitet Skrubholmen midtvinters

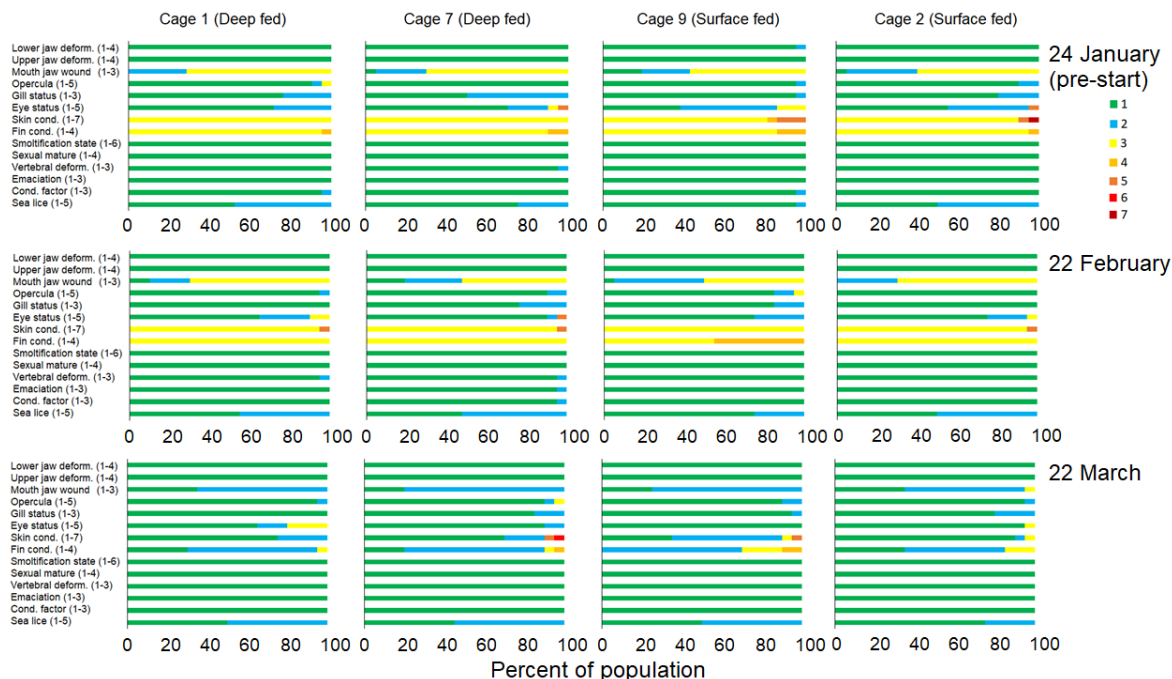


Fig. 6. Velferds-score (SWIM, Stien et al. 2013) på fisk undersøkt ved uttak. Figuren viser hvor stor andel av fisken som hadde de ulike scorene for hver velferdsindikator. Antall score-kategorier varierer mellom ulike indikatorer, antall mulige kategorier er angitt i parenteser etter indikatornavn til venstre i figuren. Fargekode angir velferdsscore.

FISKESTØRRELSE

Det var ingen forskjell i vekt på fisk tatt ut fra de ulike merdene i januar (lm, $p > 0.05$, Fig. 7A), men kondisjonsfaktoren var høyere i Merd 2 enn Merd 9, og i Merd 7 var den høyere enn både i Merd 1 og Merd 9 (Fig. 7B). I februar hadde fisken tatt ut i Merd 7 lavere vekt enn fisk tatt ut i de andre merdene ($p < 0.05$, Fig. 7A) mens kondisjonsfaktoren ikke skilte seg mellom merdene ($p > 0.05$, Fig. 7B). I mars var det ikke noen forskjell mellom merdene i verken vekt eller kondisjonsfaktor (Fig. 7).

Produksjonsestimat av gjennomsnittsvekt fra «Fishtalk» tilsier at gjennomsnittsvekten var noe større i Merd 2 enn de andre merdene, som hadde tilnærmet lik vektutvikling. En kan derfor anta at den lavere vekten på de samlede individene i Merd 7 i februar var et resultat av ikke-representativt uttak. Alle andre gjennomsnittsvakter av samlet fisk lå over estimatet fra «Fishtalk» (Fig. 7A). Avvikene i størrelse er ikke dramatiske (fra -331 g til 439 g) og det er liten grunn til å tro at størrelsesavvik *per se* har hatt avgjørende innvirkning på luseestimatet. Hvorvidt uttak har vært ikke-representativ i andre henseende, for eksempel at individer som ikke har vært motivert av dypfôring til å svømme dypere og dermed hatt større sannsynlighet

for å bli tatt i orkastnoten enn mer dyptsvømmende individer, er ikke kjent. Å ta representative uttak er vanskelig selv under optimale forhold i mindre enheter (Nilsson & Folkedal, submitted) og er en utfordring i alle forsøk i merder.

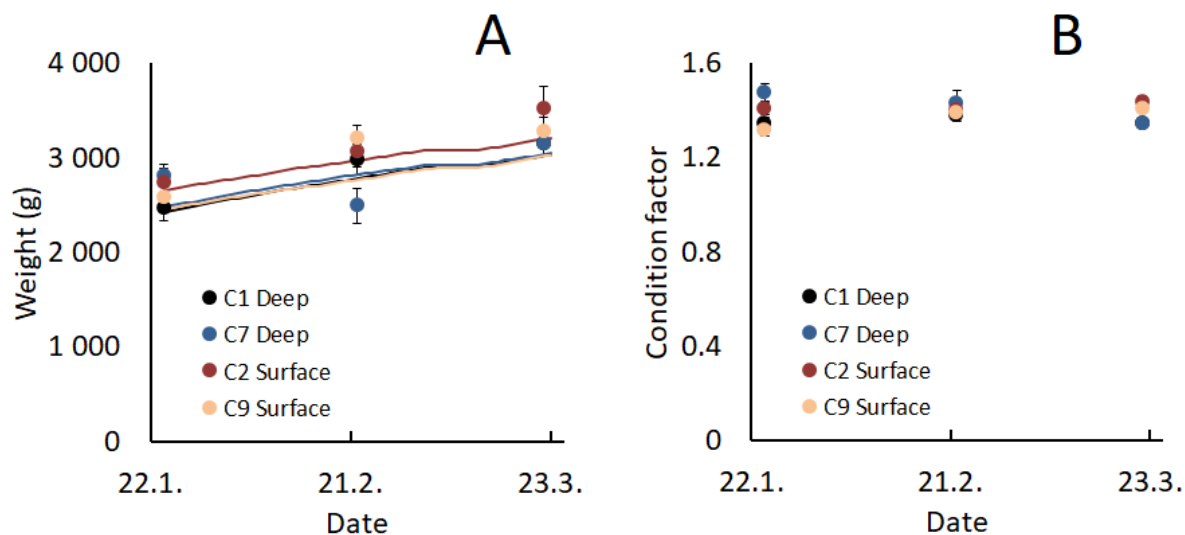


Fig. 7. Størrelse og kondisjon A) Vekt. Gjennomsnitt \pm S.E. av uttatte fisk vist som sirkler, produksjonsestimat fra Fishtalk vist som linjer; B) Kondisjonsfaktor. Gjennomsnitt \pm S.E. av samplet fisk.

UTFÔRING

Utfôret mengde sank over forsøksperioden i alle merdene, men var relativt lik mellom merdene (Fig. 8). Gjennomsnittlig utfôret mengde (prosent av biomasse per dag) under hele perioden var: Merd 1 (dypfôret): 0.46 %; Merd 7 (dypfôret): 0.43 %; Merd 2 (overflatefôret): 0.41 %; Merd 9 (overflatefôret): 0.45 %. Dager med full fôringsstans er utelatt i disse beregningene.

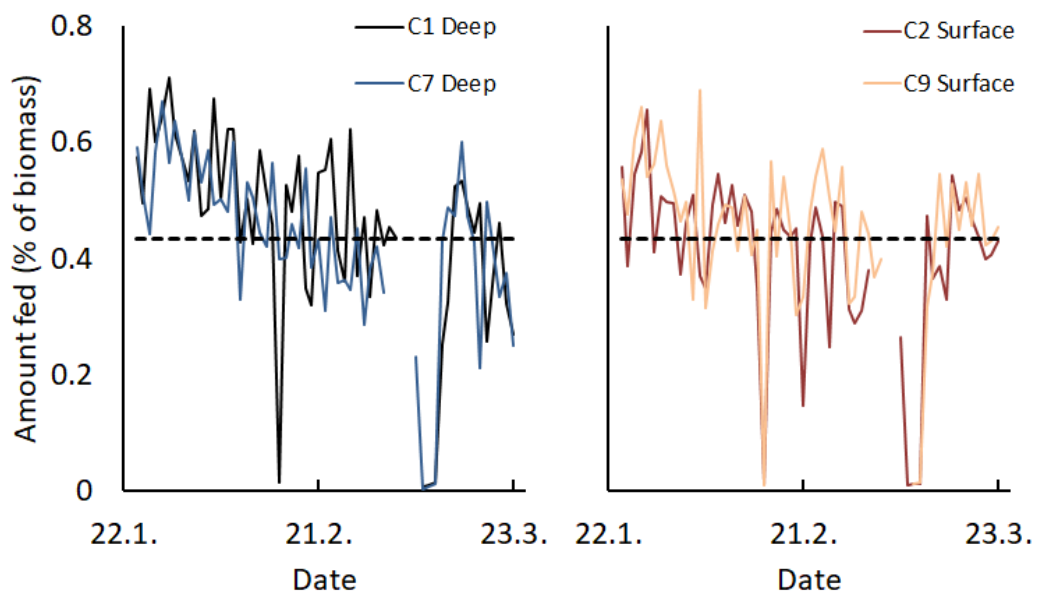


Fig. 8. Utfôret daglig mengde (% av biomasse) i de dypfôrede merdene (venstre) og de overflatefôrede merdene (høyre). Striplet horisontal linje viser gjennomsnitt over hele perioden for alle merdene samlet.

4 Konklusjon

Ut fra de innsamlede dataene er det ikke mulig å konkludere med om dypfôring fører til lavere lusepåslag. De begrensede mengdene akustikkdata for å estimere svømmedyp gjør det også vanskelig å konkludere om i hvilken grad dypfôring fører til dypere svømming hos laks. Det ble ikke funnet noen forskjeller i velferd hos dypfôret sammenlignet med overflatefôret laks, og det ble heller ikke funnet forskjeller i vekst eller appetitt. Det ser derfor ikke ut til at dypfôring har noen velferds- eller produksjonsmessig kostnad, og da tidligere studier (Frenzl et al., 2014) har vist at dypfôring kan motivere til dypere svømming bør metoden fortsatt ha potensial som tiltak for å redusere lusepåslag under gitte forhold, for eksempel ved homogene vannmasser.

5 Referanser

- Frenzl, B., Stien, L. H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R. H., Shinn, A. P., Bron, J. E., Migaud, H., (2014). Manipulation of farmed Atlantic salmon swimming behaviour through the adjustment of lighting and feeding regimes as a tool for salmon lice control. *Aquaculture* 424, 183-188.
- Hevrøy, E. M., Boxaspen, K., Oppedal, F., Taranger, G. L., Hol, J. C. (2003). The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. *Aquaculture* 220, 1–14.
- Huse, I., Holm, J. C. (1993). Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a function of illumination. *J. Fish Biol.* 43, 147-156.
- Juell, J. -E., Fosseidengen, J. E. (2004). Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Aquaculture* 233, 269-282.
- Juell, J.E., Fernö, A., Furevik, D., Huse, I., (1994). Influence of hunger level and food availability on the spatial distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in sea cages. *Aquac. Fish. Manage.* 25, 439–451.
- Juell, J. E., Oppedal, F., Boxaspen, K., Taranger, G. L. (2003). Submerged light increases swimming depth and reduces fish density of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in production cages. *Aquaculture Research* 34, 469-478.
- Lien, A., Stien, L. H., Grøntvedt, R. N., Frank, K. (2015). Permanent skjørt for redusering av lusepåslag på laks. Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.
- Nilsson, J., Stien, L., Oppedal, F. (2017). Environment, lice levels, welfare and salmon swim depth at Kobbavika site with surface or deep feeding combined with artificial light. – part of CAC2015G production at Marine Harvest “The use of deep feeding and deep lights in lice mitigation” and FHF project 901154 “Dypelysogforing”. Rapport fra Havforskningen nr 3, 2017.
https://www.hi.no/filarkiv/2017/12/kobbavika2015g_imr_rapport_fra_havforskningen_en_21122017.pdf/nb-no.
- Næs, M., Heuch, P. A., Mathisen, R. (2012). Bruk av «luseskjørt» for å redusere påslag av lakselus *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) på oppdrettslaks. Vesterålen fiskehelsetjeneste.
- Oppedal, F., Juell, J.-E., Johansson, D. (2007). Thermo- and photoregulatory swimming behaviour of caged Atlantic salmon: Implications for photoperiod management and fish welfare. *Aquaculture* 265, 70-81.
- Oppedal, F., Dempster, T., Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: a review. *Aquaculture* 311, 1-18.

- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D. W., Bui, S., Stien, L. H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science* <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4560>.
- Osland, H., Sandvik, J.I., Holm, J., Heuch, P.-A., Bakke, S., 2001. Studie av lakseluspåslag og tilvekst hos Atlantisk laks (*Salmo salar*) i nedsenkede merder. HSF-report, R-NR 4/01 (22 pp. (In Norwegian)).
- Stien, L. H., Nilsson, J., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Lien, A.M., Folkedal, O. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering* 51, 21-25.
- Stien, L. H., Bracke, M. B. M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P. J., Vindas, M. A., Øverli, Ø., Kristiansen, T. S. (2013). Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*, 5: 33–57. doi:10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x
- Stien, L., Fosseidengen, J.E., Malm, M., Sveier, H., Torgersen, T., Wright, D.W., Oppedal, F. (2014). Low intensity light of different colours modifies Atlantic salmon depth use. *Aquacultural Engineering* 62, 42-48.
- Stien, L. H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J. E., Wright, D. W., Oppedal, F. (2016). 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture* 458: 29-37.
- Wright, D. W., Glaropoulos, A., Solstorm, D., Stien, L. H., Oppedal, F. (2015). Atlantic salmon *Salmo salar* instantaneously follow vertical light movements in sea cages. *Aquaculture Environment Interactions* 7: 61-65.
- Wright, D.W. Stien, L.H., Dempster, T., Vågseth, T., Nola, V., Oppedal, F., (2017). 'Snorkel' lice barrier technology reduced two co-occurring parasites, the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and the amoebic gill disease causing agent (*Neoparamoeba perurans*), in commercial salmon sea-cages. *Preventive Veterinary Medicine* 140, 97-105.

Lusepåslag og velferd hos dyppfôret og overflatefôret laks på lokalitet Skrubbholmen midtvinters

Appendiks 1. Forklaring av SWIM scores for evaluering av velferd.

Welfare indicator	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7
Sea lice (mobile lice/cm ²)	0	<0.05	0.05-0.08	>0.08			
Jaw deformation	Normal - Nothing to note	Potential - Suspected malformation, minor malformation	Clearly visible malformation	Strong/Extreme malformation			
Mouth jaw wound	No wound	Light wound	Clear bloody wound				
Opercula	Normal opercula	Operculum only partly covering the gill on one side (unilateral)	Opercula only partly covering the gills on both sides (bilateral)	Operculum unilaterally absent	Opercula bilaterally absent		
Gill status	Normal healthy gills	Mild signs of focal inflammation, necrosis (dead tissue), lesions or trauma	Severe signs of more generalized inflammation, necrosis, lesions or trauma				
Eye status	Functional, healthy eyes	Unilateral (one-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside the eye	Bilateral (two-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside the eyes	Bilateral (two-sided) cataract (more than 50% of lens coverage) or chronic condition with impaired vision	Severe exophthalmia or bilaterally blind individuals		
Skin condition	Normal healthy skin, nothing to comment	Scar tissue, healed	Scale loss (dislocated or missing scales)	Superficial wound or ulcer <1 cm ²	Superficial wound or ulcer >1 cm ²	Penetrating and/or multiple wounds or ulcers possibly infected	Large open wounds, life threatening
Fin condition	Normal healthy fins, nothing to comment	Scar tissue or slight necrosis	Moderate current skin damage and/or necrosis, including splitting and/or thickening	Severe skin damage and/or necrosis with bleeding, and/or inflammation and/or exposed fin rays and severe tissue loss			
Smoltification state	Fully smoltified	Parr, access to brackish water	Parr, incomplete smoltification, 10°C	Parr, incomplete smoltification, 14°C	Parr, incomplete smoltification, 7°C	Parr, incomplete smoltification, 20°C	
Sexual mature	Not mature	Precocious male	Mature male	Mature female			
Vertebral deformation	No external signs of vertebral deformities	'Short-tail' of normal weight	Short-tail' of low weight.				
Emaciation	Not emaciated	Potentially emaciated	Distinctly emaciated				
Condition factor	>1.1	0.9-1.1	<0.9				

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00
E-post: post@hi.no

www.hi.no

