

norskfiskeoppdrett

Foto: Pål Mugaas Jensen

Produserer patogenfrie egg med verdens største biofilter

Side 18

Tilbyr sjømatstudium via nettet

Side 28

Ny giv for oppdrett av flekksteinbit

Side 38

God transport forutsetning for suksess med rognkjeks

Side 46

Lyd og ultralyd mot lakselus

Side 54

Vet elever, foreldre og lærere nok om sjømatnæringen til å vite hvilke muligheter som finnes? Janita Arhaug, leder av Sett Sjøbein

Side 8

Lyd og ultralyd mot lakselus?

Lakselus er et standhaftig problem for laksenæringen, både i Norge og internasjonalt. SINTEF Ocean samarbeider med lakseindustrien med flere ulike teknologier for å bidra til å løse luseproblemet. I denne artikkelen ser vi nærmere på bruk av akustikk, eller lyd og ultralyd, mot lakselus.

Torfinn Solvang-Garten, sivilingeniør innen teknisk kybernetikk og Andreas Hagemann M.Sc. i marinbiologi og akvakultur, begge SINTEF Ocean | Torfinn.solvang-garten@sintef.no

Lakselusa er et krepsdyr (hoppekreps) som gjennomgår totalt 8 stadier før den blir voksen og kjønnsmoden (Eichner et al., 2015). I sine første stadier er den fritt svømmende; de to første som nauplie og det tredje som kopepoditt. I dette stadiet er den klar til å feste seg til en vert og er avhengig av dette for å overleve og vokse videre. Uten vertsfisk overlever lakselusa bare noen få dager i kopepodittstadiet, avhengig av vanntemperatur.

Lakselus koster norsk oppdrettsnæringen milliarder årlig. For å kunne håndtere dette problemet må næringen skifte fokus fra behandling til forebygging (Iversen et al., 2015). Bruk av akustikk (lyd og ultralyd) er foreslått som et tiltak mot lakselus. Det finnes flere kommersielle aktører som tilbyr utstyr som benytter ultralyd mot begroing og lakselus. Tematikken rundt begroing omtales ikke nærmere i denne artikkelen. Med ultralyd menes frekvenser over 20 kHz, som regnes som den høyeste

frekvensen mennesker er i stand til å oppfatte.

Selv om slikt utstyr allerede finnes installert i enkelte merdanlegg, er det vanskelig å validere effekten av utstyret i felt. For å kunne isolere effekten ultralyd har direkte på organismen lakselus, bør dette testes under kontrollerte forhold, i laboratorium. Dette var bakgrunnen for at FHF igangsatte en prosjekttrilogi høsten 2015 med forskningsinstitusjonene SINTEF Ocean (SO), NOFIMA og Veterinærinstituttet. Denne artikkelen omhandler FHF-prosjekt 901160, som ble gjennomført av SO.

Tiltak mot lakselus

Mange ulike tiltak har vært utprøvd – både preventive og metoder for avlusing. Sammen med næringen er SFH involvert i en rekke FoU-prosjekter med tematikk lakselus og har også en intern satsning over 3 år som skal studere lakselusas evne

Tabell 1: Effekt av ulike lydfrekvenser og lydtrykk på *L. salmonis* naupliers morfologi og overlevelse. Hvert replikat hadde 5 individer, og overlevelse er vist som gjennomsnitt ± standardavvik for 4 replikater

Frekvens (kHz)	Eksponeringstid (min.)	Lydtrykk (dB)	Overlevelse (%)	Morfologi
6	15	154	100	Ingen endring
10	15	169	100	Ingen endring
20	15	153	94±8	Ingen endring
30	15	180	100	Ingen endring

Tabell 2: Effekt av ulike lydfrekvenser og lydtrykk på *L. salmonis* kopepodittenes morfologi og overlevelse. Overlevelse er vist som gjennomsnitt \pm standardavvik for replikater ($n=4$).

Frekvens (kHz)	Eksponeringstid (min.)	Lydtrykk (dB)	Overlevelse (%)	Morfologi
6	15	175	100	Ingen endring
10	15	185	100	Ingen endring
20	15	176	100	Ingen endring
30	15	185	100	Ingen endring

til å finne og feste seg til verten med mål om utvikling av forebyggende teknologi.

Akustikk, her lyd og ultralyd (frekvenser over 20 kHz), er et relativt nytt forslag til tiltak mot lakselus, og kan ha to tenkelige effekter: På atferd, slik at lus ikke finner eller oppdager verten, alternativt også slipper (gjelder kun bevegelige stadier som er bevegelige på fiskekroppen). Den andre er fysiologisk, altså på lakselusas fysiologiske funksjoner, for eksempel ved å helt eller delvis ødelegge celler i organismen. I dette prosjektet ble dette

undersøkt ved hjelp av mikroskopbilder av lakselusa (dens morfologi, eller form), eller ved forsøkene med eggstrenger; telling av andel levende lus som nådde kopepodittstadiet.

Morfologi og klekkesuksess

I den første delen ble henholdsvis eggstrenger, nauplier og kopepoditter av lakselus plassert i skåler og påført lyd i frekvensene 6, 10, 20, 30 og 54 kHz i 15 minutter. Overlevelse og morfologiske

AANDERAA

Vi viderefører vår kunnskap og teknologi fra ekstreme havdyp til akvakultur



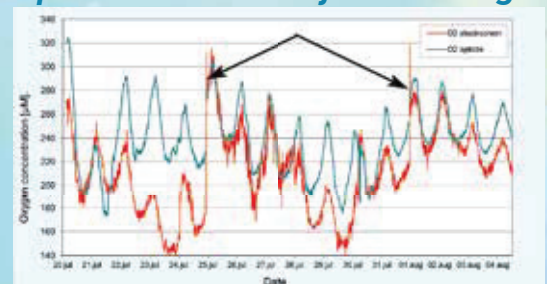
Vår førsteklasses optiske oksygen sensor gir deg:

- Langtidsstabilitet
- Lite vedlikehold
- Nøyaktige målinger

Utgangssignal:
Analog og RS-232

Kan brukes som frittstående sensor eller inkluderes i Aanderaa sanntid observasjonssystem.

Optisk kontra elektrokjemisk måling



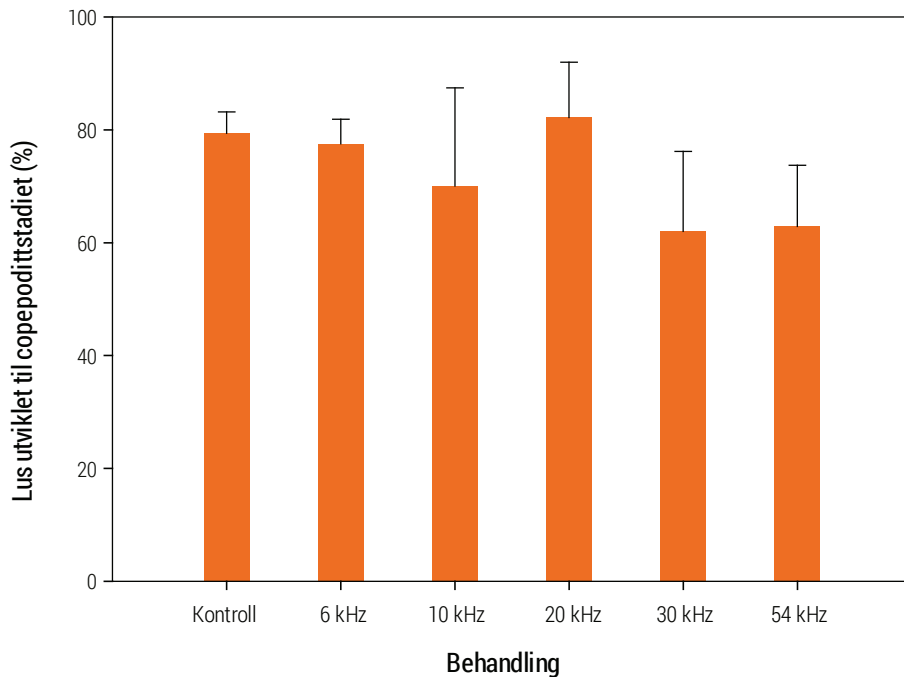
Pilene i skjemaet peker på tidspunktene de elektrokjemiske oksygen sensorene ble tatt opp, rensert og recalibrert. Vår optiske oksygen sensor ble aldri tatt opp og/eller rensert.

+47 55 60 48 00
aanderaa.info@xylem.com

www.aanderaa.com

xylem
Let's Solve Water

endringer ble dokumentert. Eggstrengene ble etter akustisk eksponering tatt bilde av og overført til begerglass for klekking og studering av eventuelle morfologiske forandringer. Deretter ble de plassert i en klekkerigg for klekking, for senere telling av andel levende lus som nådde fram til copepodittstadiet.

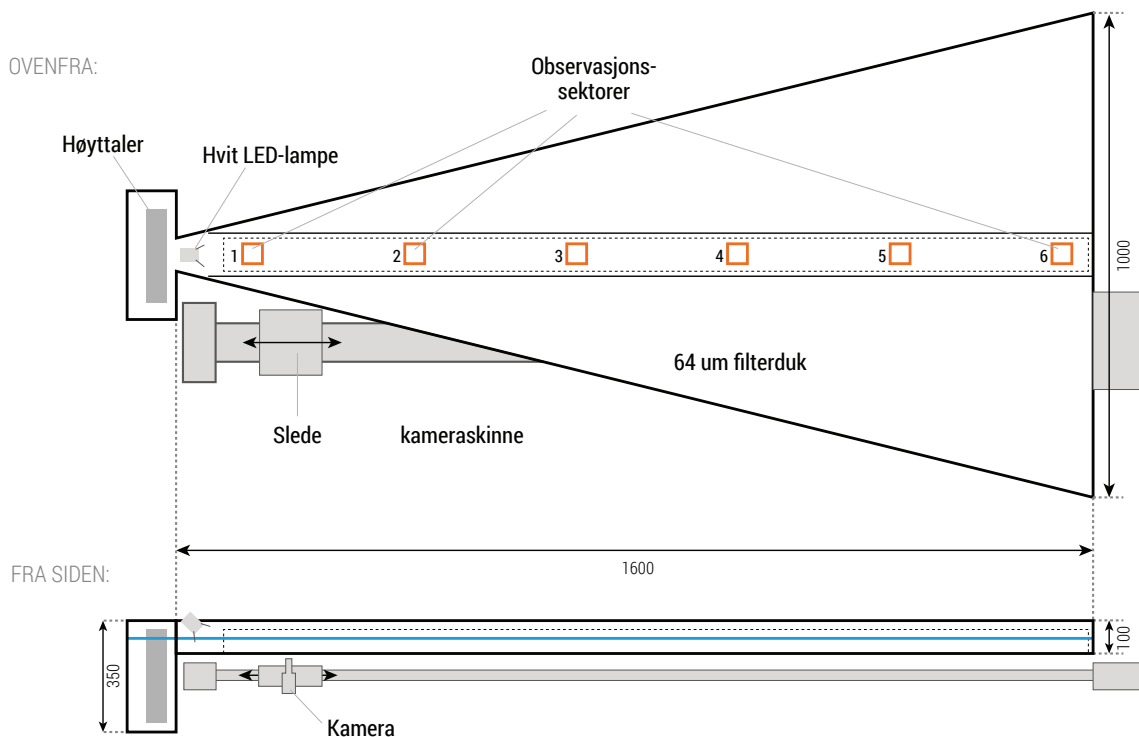


Figur 1. Andel av lakselusegg som utviklet seg til copepodittstadiet. Resultater er vist som gjennomsnitt \pm standardavvik for triplikater med 5 hele eggstrenger per replikat.

Det ble ikke observert noen økt dødelighet eller morfologiske endringer som følge av den akustiske eksponeringen, hverken på nauplier eller copepoditter (se **Tabell 1** og **Tabell 2**). Andel egg som klekket og resulterte i ferdigutviklede copepoditter er vist i **Figur 1**. Figuren antyder at enkelte frekvenser kan ha en hemmende effekt på utviklingen i forhold til kontrollgruppen, men utviklingsratene var innenfor standardavvik funnet i andre studier (Karlsen et al., 2016). Resultatene gir ikke store forhåpninger til å ha en feltmessig verdi, selv om forskjellene eventuelt hadde vært et resultat av kun den akustiske påvirkningen. En må i tillegg ta i betraktning at eggstrengene var utsatt for et relativt høyt lydtrykk uavbrutt i 15 minutter. Lydtrykket var i gjennomsnitt for alle disse forsøkene 175dB (re 1 μ Pa). Dette kan være vanskelig å gjenskape i felt, tatt i betraktning at klekkende eggstrenger normalt befinner seg på voksen lus på svømmende fisk, og dermed stadig vil endre posisjon i forhold til eventuelle lydtkilder plassert i merda.

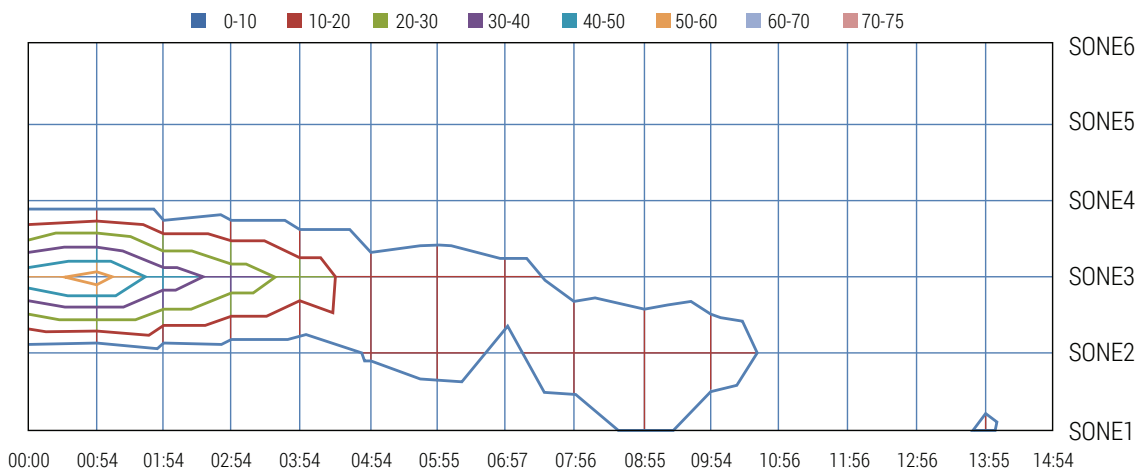
Påvirkning på atferd

Den andre delen av forsøket ble gjennomført i en egenutviklet forsøksrigg (se **Figur 2**) hvor lus i copepodittstadiet



Figur 2. Forsøksstanken med kameraskinne for atferdsstudie

Kopepoditter, kontrollgruppe



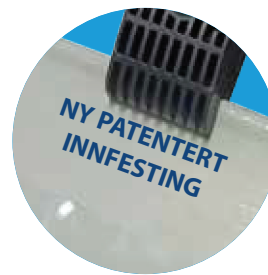
Figur 3: Konturplott, tetthet av kopepoditter, kontrollgruppe (uten lyd)

ble stimulert til å bevege seg mot en lyskilde, basert på lusens positive fototaksis (Mordue et. al., 2009). Rigger ble konstruert i syrefast stål, med et reservoar i enden for høyttaleren / elementet. Den trekantede formen ble valgt for å skape en gradient i lydtrykket

relativt avstanden fra elementet. Etter hvert som lydbølgene ble spredt i tanken fra høyttaleren, avtar energien på grunn av det økte vannvolumet. Dette forutsetter at spredningen av lydbølgene er tilstrekkelig, samt at virkningen ikke blir oppveid eller overgått av refleksjoner.

Luseskjørt for alle typer lokaliteter

Vi leverer luseskjørt med ulike egenskaper for alle typer lokaliteter, fra skjermet til eksponert. Våre skjørt er norskproduserte, har flere nye patenterte detaljer og er enkle å gjenvinne.



Guardian trådløs miljølogger gir deg full oversikt over oksygentilstanden bak skjørtet. Ingen kalibrering. Batteri med inntil 12 mnd driftstid.

Ved behov for oksygen vil NetOx diffusor være den naturlige løsningen.



Tel. + 473 99 882, post@rantexmarine.no
www.rantexmarine.no

Formålet med dette var at kopepodittene skulle ha en mulighet til å velge hvilken retning de helst ville svømme, forutsatt at de oppfattet lydgradienten. Frekvensene 6, 10, 20, 30 og 54 kHz ble benyttet også her. Bølgelengdene for disse frekvensen varierer fra omtrent 25cm (6 kHz) til omtrent 3 cm (54 kHz – forutsatt 1500m/s lyd hastighet i vannet.) Ekko og interferens i et slikt basseng er dermed uunngåelig. Lydtrykket varierte en del under disse forsøkene, trolig delvis på grunn av interferens, men også fordi høyttaleren ikke hadde en lineær frekvensrespons (den ga altså ikke det samme lydtrykket for ulike frekvenser). Lydtrykket varierte fra 134 til 170 dB (re 1µPa), der gjennomsnittlig differanse mellom lydtrykk nært sone 1 og sone 6 var $10,4 \pm 2,3$ dB.

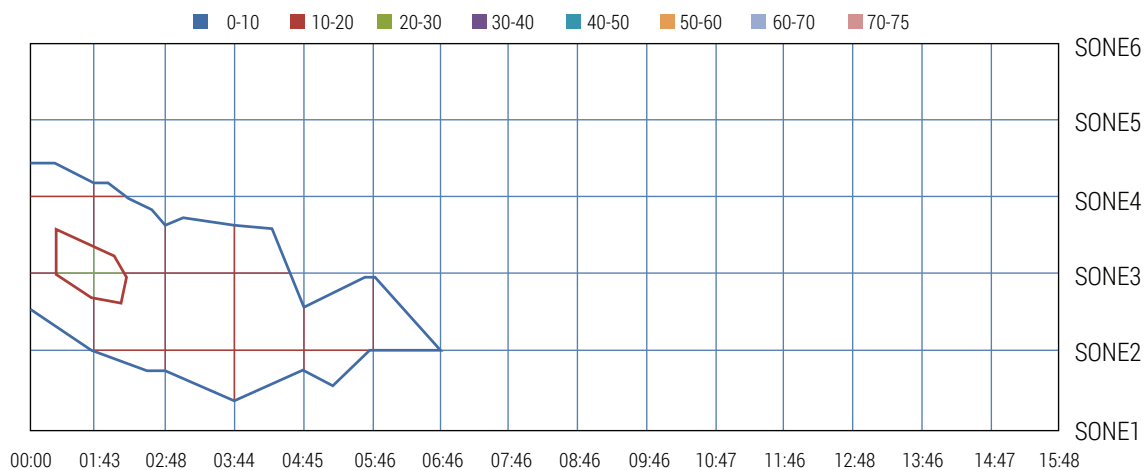
500 kopepoditter ble talt opp i kopper for hvert forsøk og oppbevart i mørke før forsøkene startet. Koppene ble oppbevart utenfor forsøksrommet for å unngå eksponering av lyd på forhånd. I **Figur 2** vises et stiplet rektangel rundt de seks observasjonssektorene. Dette indikerer en "inngjerding" laget av en aluminiumsramme overtrekt med planktonduk (64 µm). I bunnen av dette rektangelet er stålbunnen erstattet med gjennomsiktige plastplater for å kunne gjøre observasjoner nedenfra. Kopepodittene ble sluppet i sektor 3 i stillestående vann. Mellom hvert forsøk ble tanken grundig spylt ren og fylt på ny. Vannsøylen i observasjonsektorene var 25mm. Det ble benyttet sandfiltret

sjøvann fra SINTEF SeaLabs sjøvannsinntak.

Maskinsyn ble benyttet for automatisk innhenting av bilder fra observasjonssektorene i den rektangulære, filteromsluttende kanalen i forsøksstanken. En kameraskinne ble montert under forsøksriggen med et kamera rettet oppover som avfotograferte hver observasjonssektor nedenfra. Bildene ble hentet inn ved hjelp av en skreddersydd programvare, som også koordinerte automatisk kameraforflytning mellom observasjonssektorene. Sleden med kamera kjørte mellom hver observasjonssektor hvert 60. sekund. Hvert forsøks varighet var på omtrent 15 minutter.

Figur 3 og **Figur 4** viser et konturplott over antall kopepoditter observert i de seks ulike sektorene. **Figur 3** viser kontrollgruppen og **Figur 4** er fra forsøket med 54 kHz. (Resultater fra alle frekvenser kan finnes i rapporten på FHF's nettsider.) Kontrollgruppen viser at de aller fleste observerte kopepoditter nådde fram til sone 1 (nærmest lyset) etter omtrent 10 minutter. For at et akustisk utstyr skal ha en feltmessig relevant motvirkning på kopepodittenes positive fototaksis, holder det ikke å forsinke denne, men tiltrekningen må oppheves (eller helst reverseres), slik at den frastøtende effekten overgår lysets tiltrekning. Dette skjedde ikke med noen av de testede frekvensene.

Kopepoditter, 54kHz



Figur 4: Konturplott, tetthet av kopepoditter, 54kHz

Oppsummering

Lyd i frekvensområdet 6 til 54 kHz har liten eller ingen direkte målbar effekt på nauplier, kopepoditter og eggstrenger ved de lydtrykk testet her. Heller ikke for klekkesuksess og andel utviklede kopepoditter fra eggstrenger ble det funnet nevneverdige effekter. Dette indikerer at disse frekvensene neppe har en interessant effekt i felt ved lydtrykk under kavitasjonsnivå.

I den andre delen av prosjektet var formålet å undersøke om de påtrykte frekvensene hadde noen påvirkning på lakselusas tiltrekning mot lyset, for på denne måten få en følelse med hvorvidt lyd og ultralyd i vann kan ha en påvirkning på lakselusas påslagssuksess på laks. Dette er en grov tilnærming til problemstillingen; tiltrekning mot lys (fototaksis) er ikke det samme som tiltrekning mot en laks, men formålet var å sjekke om en i det hele tatt kunne påvirke en allerede kjent og målbar atferd. Alternativet er et forsøk i en større skala som involverer laks og manuell telling av påslåtte lus. Dette inngikk for øvrig som en del av NOFIMAs del av prosjektrilogien.

Takk til FHF (Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond) for finansiering av arbeidet (prosjektnummer 901160) og til styringsgruppas medlemmer: Henrik Trengereid fra Marine Harvest ASA, Per Gunnar Kvenseth fra Smøla klekkeri og settefisk AS, og Ken Rune Bekkeli fra Salaks AS.

Flere detaljer er tilgjengelige i rapporten på FHF's nettsider: <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=901160>

Referanser:

Eichner, C., Hamre, L. A. & Nilsen, F., 2015: Instar growth and molt increments in *Lepeophtheirus salmonis* (Kopepoda: Caligidae) chlamyde larvæ. *Parasitology International* 64: p. 86–96

Iversen, Audun; Hermansen, Øystein; Andreassen, Otto; Brandvik, Ruth Kongsvik; Marthinussen, Anders; Nystøyl, Ragnar, 2015, "Kostnadsdrivere i lakseoppdrett", (ISBN 978-82-8296-336-7) 43, p. Nofima rapportserie (41/2015)

Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. og Svåsand, T. (redaktører), 2016, "Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator", Rapport fra havforskningen, (14-2016)

Mordue Luntz AJ, Birkett MA. A review of host finding behaviour in the parasitic sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Caligidae: Kopepoda). *J Fish Dis.* 2009;32:3–13.

Mortensen, A., Skjelvareid, M. H., 2015, "Ultralyd – et nytt våpen i kampen mot lakselusa", (ISBN 978-82-8296-316-9) 25, p. Nofima rapportserie (31/2015)

Aqua-Life

MARKEDETS KRAFTIGSTE FISKEPUMPER

Aqua-Life tørroppstilte sentrifugalpumper har stor kapasitet og flytter skånsomt levende fisk opp til 7 kg.

Trinnløs hastighet og løftehøyde opp til 11 meter.

Vi har pakketilbud på fiskepumpe, sorteringsmaskin og fisketeller!

Les mer på www.fishtech.no, ring 64 85 94 00 eller send epost til mail@fishtech.no



Fish Tech as

- vi tar vare på dine levende verdier

Sterner Fish Tech skifter navn til Fish Tech!