

Rapportnummer - Åpen

# Rapport

## Flotasjon av lakselus

### Forfatter(e)

Torfinn Solvang-Garten

Morten Steen Bondø

Svein Helge Gjøsund



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Yngel- og planktonteknologi

2015-04-08

# Rapport

## Flotasjon av lakselus

**EMNEORD:**

Lakselus  
Flotasjon  
Mikrobobler  
Upwelling

**VERSJON**

2

**DATO**

2015-04-08

**FORFATTER(E)**

Torfinn Solvang-Garten  
Morten Steen Bondø  
Svein Helge Gjøsund

**OPPDRAGSGIVER(E)**

FHF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Kjell Maroni

**SINTEF PROSJEKTNR**

6021348

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

14+ vedlegg

**FHF PROSJEKTNR**

901039

**SAMMENDRAG**

[Se neste side]

**UTARBEIDET AV**

Torfinn Solvang-Garten

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Morten Steen Bondø

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Gunvor Øie

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

Rapportnr

**ISBN**

ISBN-nummer

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

## 1 Sammendrag / Abstract

På bakgrunn av henvendelser fra næringsaktører kontaktet FHF SINTEF Fiskeri og havbruk for en innledende studie av hvorvidt flotasjon av frittstående stadier av lakselus (luselarver) kan redusere sannsynligheten for at de slipper inn lakseanlegg.

Målsetningen med prosjektet var å gjennomføre kvalitative studier og observasjoner av flotasjon av luselarver i laboratorieforsøk, altså å undersøke hvorvidt små luftbobler fester seg til luselarver og løfter dem mot overflaten ved hjelp av oppdrift.

Forsøkene ble gjennomført i SINTEF Sealab's laboratorier, i en kolonnetank med tverrsnitt 29,5 x 29,5cm, 100cm høy. En keramisk diffusor og trykkluft ble benyttet til å generere mikroboblene. Speilreflekskamera med makroobjektiver ble benyttet til billedtaking.

Det ble tatt mer enn 450 bilder med lus eller skall fra lus i synsfeltet til kamera, der flere av bildene inneholder mer enn en luselarve. Av disse observasjonene var det ingen bobler som festet seg til lus eller skall.

Potensielt ville en fungerende metode for flotasjon av lakselus kunne bidra til å konsentrere luselarvene i de øverste deler av vannsøyla, og på den måten lede disse vekk fra laksen.

### Abstract

On the basis of requests from industry participants, FHF contacted SINTEF Fisheries and Aquaculture for an initial study of whether flotation of free-swimming stages of salmon lice (lice larvae) may reduce the likelihood of the lice entering salmon cages.

The aim of the project was to conduct qualitative studies and observations of flotation of lice larvae through laboratory experiments, and accordingly to investigate whether small air bubbles attach to lice larvae, and hence lift them to the surface by buoyancy.

The experiments were conducted in SINTEF Sealab's laboratories, using a column tank with cross section 29.5 x 29.5cm, 100cm high. A ceramic diffuser and compressed air was used to generate microbubbles. Single-lens reflex cameras with macro lenses were used for imaging.

More than 450 images containing lice, or shells from lice, were collected, several of the images containing more than one louse larvae. Among these observations, no bubbles successfully adhered to lice, or shells.

Potentially, a working method for flotation of lice larvae could aid to concentrate lice larvae in the upper parts of the water column, and thus lead these away from the biomass in the salmon cages.

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag / Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Problemstilling og formål .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Prosjektgjennomføring .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>6</b>
5.1	Nauplier.....	6
5.2	Kopepoditter .....	9
5.3	Generelle observasjoner .....	10
5.4	Konklusjon.....	12
5.5	Diskusjon .....	12
<b>6</b>	<b>Leveranser.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>14</b>

## BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

## 2 Innledning

På bakgrunn av henvendelser fra næringsaktører tok FHF v/Kjell Maroni i april 2014 kontakt med SINTEF Fiskeri og havbruk AS for å få innspill til en innledende studie av hvorvidt flotasjon av lakseluslarver (fritt svømmende stadier av lakselus) kan redusere sannsynligheten for at de slipper inn lakseanlegg, og dermed bidra til å løse en av havbruksnæringens for tiden største utfordringer (*Havforskningsinstituttet, 2015*).

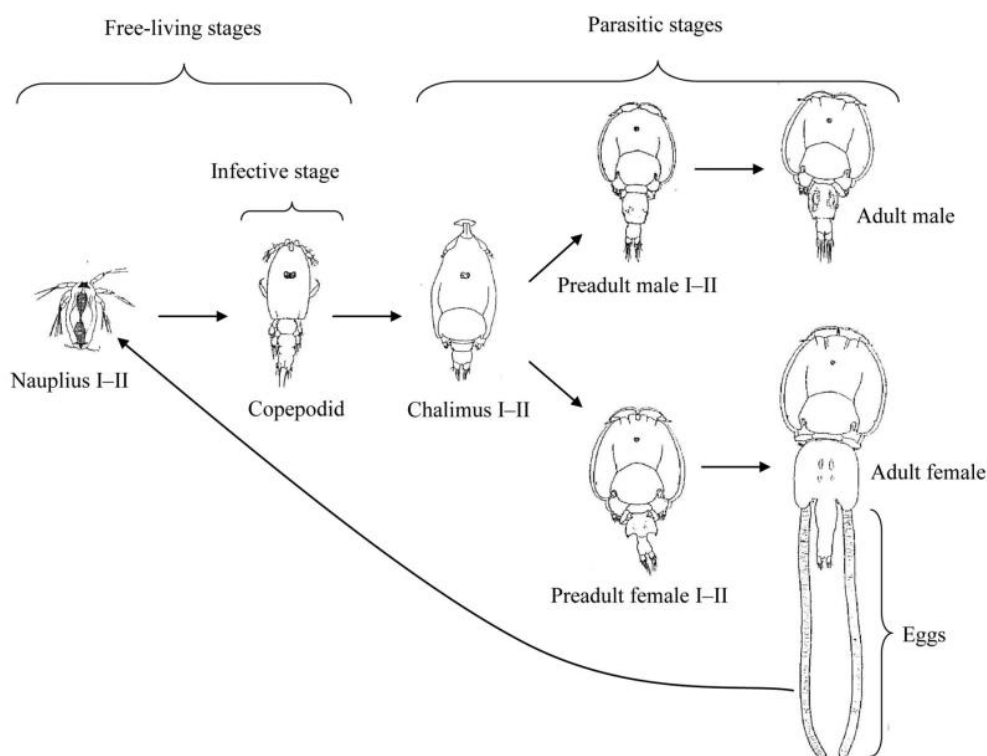
Lakselusa er en hoppekreps som gjennomgår totalt 8 stadier før den blir voksen og kjønnsmoden (Figur 1). I sine tre første stadier er den fritt svømmende; de to første som nauplier og det tredje som infektuøs copepoditt (Eichner et al.) I dette stadiet er den avhengig av å finne og feste seg til en vert for å overleve og vokse videre. Avhengig av temperatur overlever lakselusa bare noen få dager i dette stadiet uten vert.

Prosjektet omfattet metodeutvikling, et laboratorieforsøk for test av hypotesen og dokumentasjon i form av bilder / observasjoner. Prosjektet ble begrenset til forhold av praktisk / feltmessig verdi, altså med praktiske muligheter for oppskalering.

Prosjektet var organisert som følger:

Styringsgruppe: Kjell Maroni (FHF), Olav Breck (Marine Harvest) og Arne Guttvik (SalMar)

Prosjektgruppe: Svein Helge Gjørund, Leif Magne Sunde, Morten Steen Bondø og Torfinn Solvang-Garten (prosjektleder), SINTEF Fiskeri og Havbruk. Gjørund og Sunde hadde rådgivende roller i prosjektet.



**Figur 1: Lakselusas livssyklus (fra Igboeli et al., 2014)**

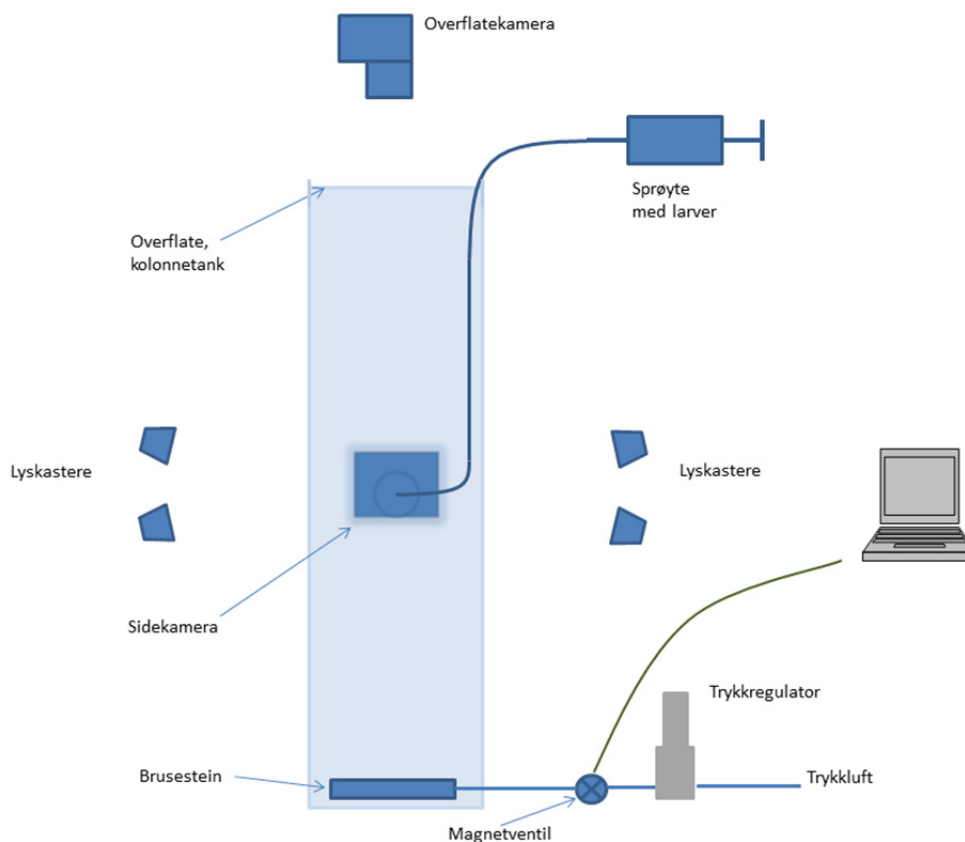
### 3 Problemstilling og formål

Lakselus utgjør en betydelig kostnad for norsk lakseoppdrett. Potensialet for besparelser relatert til lakselus er stort, selv om kostnadene varierer over tid, samt mellom de geografiske regioner. De økonomiske effektene er en side av saken; problemstillingene rundt rennommé og økt smittepress på villaks en annen.

Målsetningen med prosjektet var å gjennomføre kvalitative studier og observasjoner av flotasjon av luselarver i laboratorieforsøk, dvs. å undersøke om små luft-/gassbobler festet seg til luselarver og løftet dem mot overflaten ved hjelp av oppdrift.

### 4 Prosjektgjennomføring

Forsøksoppsettet er skissert i Figur 2. En kolonnetank med indre mål 29,5 x 29,5 cm og høyde 100cm ble benyttet til forsøket. Et speilreflekskamera (sidekamera) ble plassert omtrent 50 cm fra tankens topp for å avbilde luselarvene og mikroboblene i vannsøyla. Et annet, tilsvarende kamera (overflatekamera) ble plassert over tanken for å avbilde overflaten.



**Figur 2: Skisse av forsøksoppsett**

En avkortet keramisk diffusor av typen Point Four MBD100 ble benyttet som boblekilde i bunnen av tanken. Lufttrykket inn på diffusoren ble regulert ved hjelp av to datastyrte magnetventiler på følgende måte: Et konstant basistrykk på ca. 0,5 bar ble påført diffusoren når en ikke ønsket bobling. Dette var nødvendig for å opprettholde det interne trykket i diffusoren og for å kunne starte boblingen raskt. Ved bobling ble denne ventilen lukket og den andre åpnet for et høyere trykk; ca. 2,5 bar. Ved hjelp av et dataprogram kunne magnetventilene times i de intervaller en ønsket for å manipulere varighet på bobleskyen. For høyt trykk resulterte i større bobler og økende grad av upwelling (oppadrettet strømning) – det ble derfor forsøkt å holde lavest mulig trykk. Det ble benyttet sandfiltrert sjøvann fra SINTEF Sealabs vanninntak i Trondheimsfjorden på 70 m dyp, og vanntemperaturen varierte mellom 7,4- 8,2 grader Celsius i forsøksperioden. Det ble benyttet regulær trykkluft for å generere mikroboblene.

Fire LED-lyskastere med hvitt lys ble benyttet normalt på sidekameraet. Tankens sidevegger ble maskert med lystett duk, kun med en tynn spalteformet åpning på ca. 2mm bredde. Dette skapte en tynn "korridor" av lys inne i vannsøyla som belyste hovedsaklig opp de boblene som befant seg i sidekameraets fokusplan og begrenset effektivt problemer relatert til bobler/objekter i for- og bakkant av fokusplanet. I tillegg ble det benyttet en blits påmontert kameraet, som belyste observasjonsvolumet via en diffus hvit reflektor på motsatt side av tanken (brightfield). Belysningen med blits fryser alle bevegelser i bildet og tegner skarpe mørke objekter mot en lys bakgrunn. Bilder ble tatt med et Nikon D800E speilreflekskamera med høy oppløsning (36.1Mp) med et 105mm makroobjektiv. Det ble benyttet en liten blenderåpning på f/13 til f/22, avhengig av avstand, for å gi tilstrekkelig dybdeskarphet. Forstørrelsen som ble benyttet var fra 1:1.6 til 1:3.4. Det ble benyttet en relativt lang lukkertid på 1/10s hvor blitsen avfyres på slutten av eksponeringen. LED-lyskasterne lager en spekulær refleksjon på sidene av boblene som vises som en trajektor på bevegelse i bildene. På denne måten er det mulig å se objektens bevegelse (i bildeplanet) under eksponeringen. Både retning (retningsendring) og hastighet (lengde på trajektor) kan beregnes ut fra bildene, med begrensning i bildeplanets to dimensjoner.

Luselarvene ble introdusert i observasjonsvolumet til sidekameraet ved hjelp av en 6mm plastslange og 50ml sprøyte, som vist i Figur 3. Ved gjennomføring ble bobling startet og luselarvene sakte introdusert i bobleskyen, mens sidekameraet tok bilder med 5 bilder per sekund framerate.

## 5 Resultater

Eggstrenger fra lakselus (*L. Salmonis*) ble kjøpt inn fra Industrielaboratoriet ved Universitetet i Bergen og klekket ved SINTEF Sealab. Umiddelbart etter klekking er luselarvene nauplier, og etter noen få døgn, avhengig av temperatur, går de over til kopepodittstadiet (Figur 1).

Det ble kjørt to hovedforsøksrunder; en med hovedsakelig nauplier, den andre med hovedsakelig kopepoditter. I tillegg ble det kjørt et kort forsøk som demonstrasjon til et styregruppemøte.

### 5.1 Nauplier

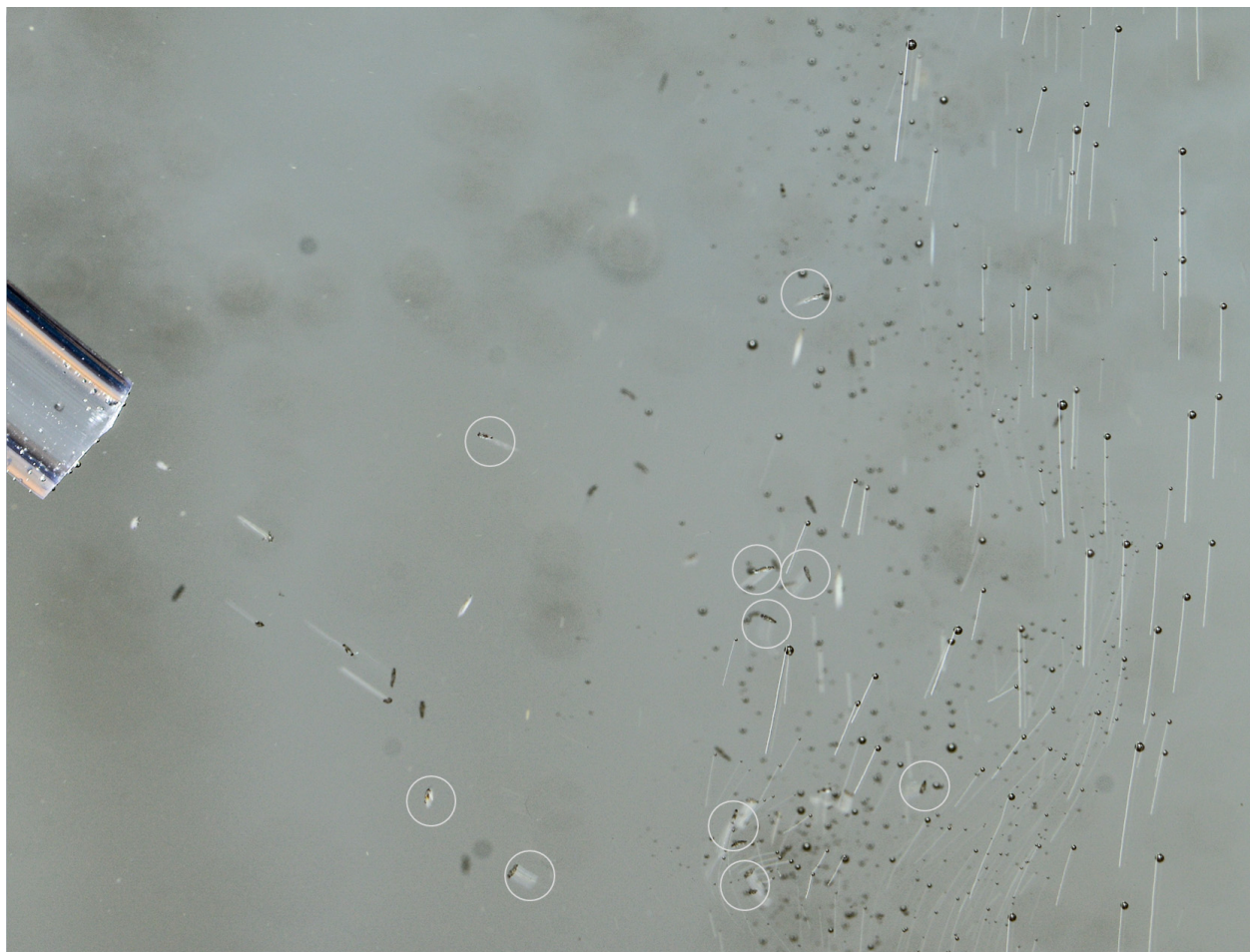
Det ble tatt totalt 251 bilder med sidekameraet nede i vannsøylen. 34 bilder ble tatt med en oppløsning på 7.8  $\mu\text{m}$ /piksel og 217 bilder ble tatt med en oppløsning på  $\sim 16\mu\text{m}$ /piksel. Bildene ble behandlet slik at lus og bobler er tydelige og fremhevet og deretter ble bildene gjennomgått manuelt på en skjerm med høy oppløsning og med pikselforhold 1:1 på skjermen. Antall bilder som det ble funnet lus eller skall i, i nærheten av boblestrømmen, ble talt opp. Totalt ble det funnet 186 bilder med lus eller skall. Skallene

kommer fra stadieskiftene til luselarvene. Trolig skiftet en stor andel av luselarvene skall relativ synkront, etter oppkonsentrering fra den relativt store klekkebøtta til en mindre beholder, før innsprøyting inn i søyletanken. På denne måten kom det med svært mange tomme skall i bildene. Mange av bildene inneholder flere lus på et bilde, og i flere tilfeller er det mulig å følge en lus over en serie av bilder mens den blir tatt med oppover av upwelling som oppstår i boblekolonnen. Av observasjonene av lus og skall var det ingen tilfeller av innfestede bobler. Tabell 1 viser målinger utført på flere boblestørrelser og en tilfeldig valgt lus på et representativt, tilfeldig utvalg av bilder fra bildematerialet. Figur 4 viser noen observerte lus og skall sammen med boblene, og hastigheten og retningen bobler og lus beveger seg er tydelig ut fra trajektoren som følger lusen og de to stripene fra sidebelysningen som viser boblens bevegelse. Videre viser Figur 5 en sekvens med flere lus som blir tatt med oppover i boblekolonnen av upwelling, og viser også at lusene aktivt beveger seg i litt forskjellig retning.

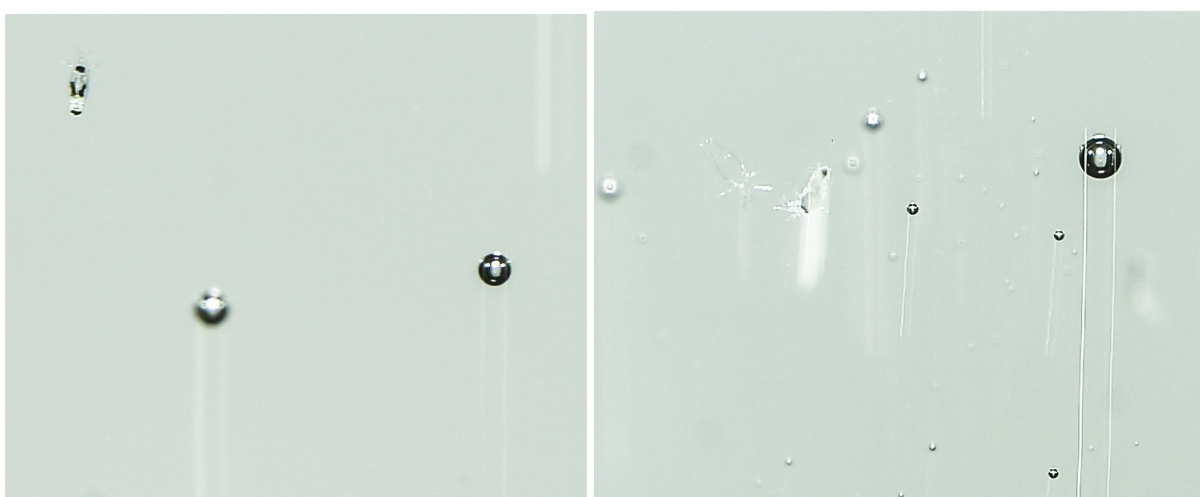
**Tabell 1: Målinger på bilder av nauplier**

bilde ID	målt oppløsning ( $\mu\text{m}$ / piksel)	minste bobler ( $\mu\text{m}$ )	største ( $\mu\text{m}$ )	typisk boble $\emptyset$ ( $\mu\text{m}$ )	typisk stige- hastighet (mm/s)	utvalgt lus størrelse ( $\mu\text{m}$ )	utvalgt lus hastighet (mm/s)
8156	7.86	94	299	157	22.72	637	5.27
8215	16.01	48	384	128	16.97	624	8.17
8301	16.10	48	403	161	17.71	547	7.41
8330	16.33	49	408	229	22.87	572	11.27
8355	16.15	48	404	194	23.09	662	25.19

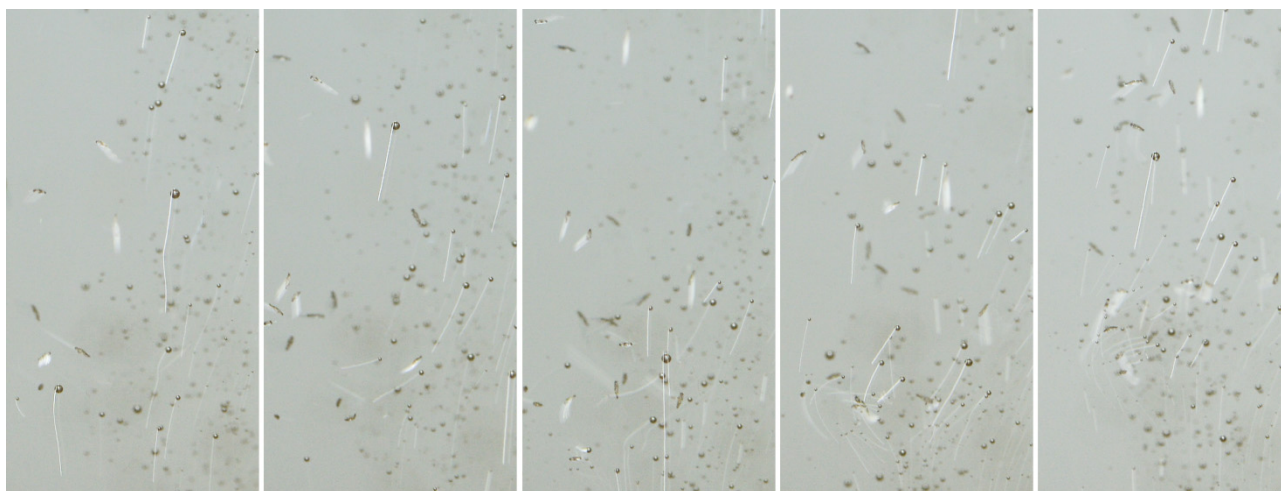




**Figur 3: Innsprøyting av luselarver til boblekolonne. Luselarver i fokusplanet er markerte i boblekolonnen, samt noen som åpenbart manøvrerer vekk fra boblenskyen**



**Figur 4: Nærbilder av lus, tomme skall og bobler**



**Figur 5: Bildesekvens med flere lus i boblekolonnen. Hver eksponering er på 1/10 s, og det er 1/5 s mellom hvert bilde.**

## 5.2 Kopepoditter

I forsøket med kopepoditter ble det tatt totalt 580 bilder. 191 av disse ble tatt med en oppløsning på omlag 11  $\mu\text{m}$  /piksel, og 389 ble tatt med en oppløsning på omlag 7.5  $\mu\text{m}$  /piksel (kameraet ble flyttet noe vekk fra tankveggen). Alle bildene ble gjennomgått manuelt. Totalt ble det funnet 208 bilder med lus eller skall. Det ble ikke observert noen tilfeller med bobler festet til skall eller lus. Tabell 2 viser målinger utført på flere boblestørrelser og en tilfeldig valgt lus på et representativt, tilfeldig utvalg av bilder fra bildematerialet.

**Tabell 2: Målinger fra på bilder av kopepoditter**

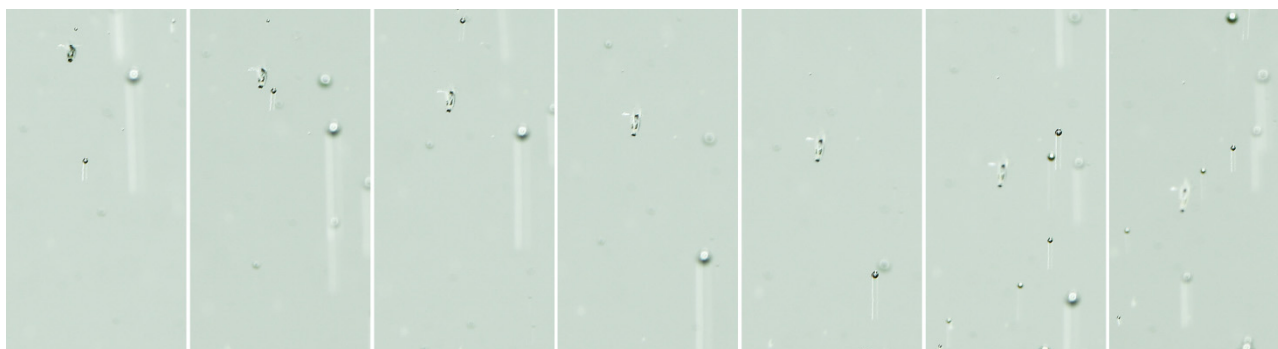
bilde ID	målt oppløsning ( $\mu\text{m}$ /piksel)	minste bobler ( $\mu\text{m}$ )	største ( $\mu\text{m}$ )	typisk boble $\emptyset$ ( $\mu\text{m}$ )	typisk stige-hastighet (mm/s)	utvalgt lus størrelse ( $\mu\text{m}$ )	utvalgt lus hastighet (mm/s)
8436	11.38	46	410	228	37.54	557	7.51
8529	11.35	45	295	141	12.60	613	0.00
8660	7.54	30	385	113	16.21	520	10.56
8763	7.63	31	427	99	14.12	488	10.00
8850	7.68	31	469	177	33.49	530	9.91

Det ble kjørt en demonstrasjon av forsøksoppsettet for prosjektets styringsgruppe 13. februar. Totalt ble det her tatt 109 bilder hvor 77 bilder inneholdt lus eller skall. Heller ikke i dette bildematerialet ble det observert lus med bobler innfestet.

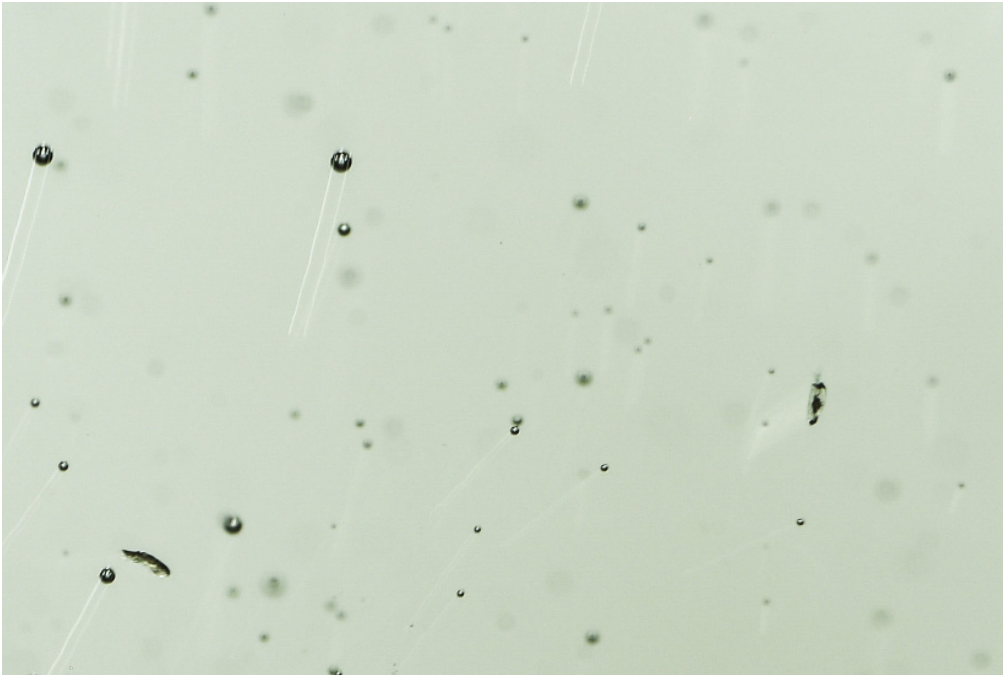
### 5.3 Generelle observasjoner

Bruk av overflatekameraet som skissert i Figur 2 ble ikke ansett som relevant siden det ikke ble registrert noen tilfeller av flotasjon (bobler festet til luselarver). Det ble observert en noe høyere tetthet av lus i de øverste 10-15 cm av søyletanken etter forsøkene, og noen få observasjoner av lus i overflaten ble også gjort på bildene fra toppkameraet. Dette er mest trolig et resultat av upwelling i all hovedsak, i mindre grad muligens også relatert til hvilke miljøfaktorer (som lys, dybde) som luselarvene foretrekker. Det ble observert lus også utenfor boblesøylen lengre nede i tanken, men ikke i like stor tetthet. Det ble ikke gjort nøyaktige observasjoner av lusenes fordeling i tanken utenom kameraenes observasjonsvolum.

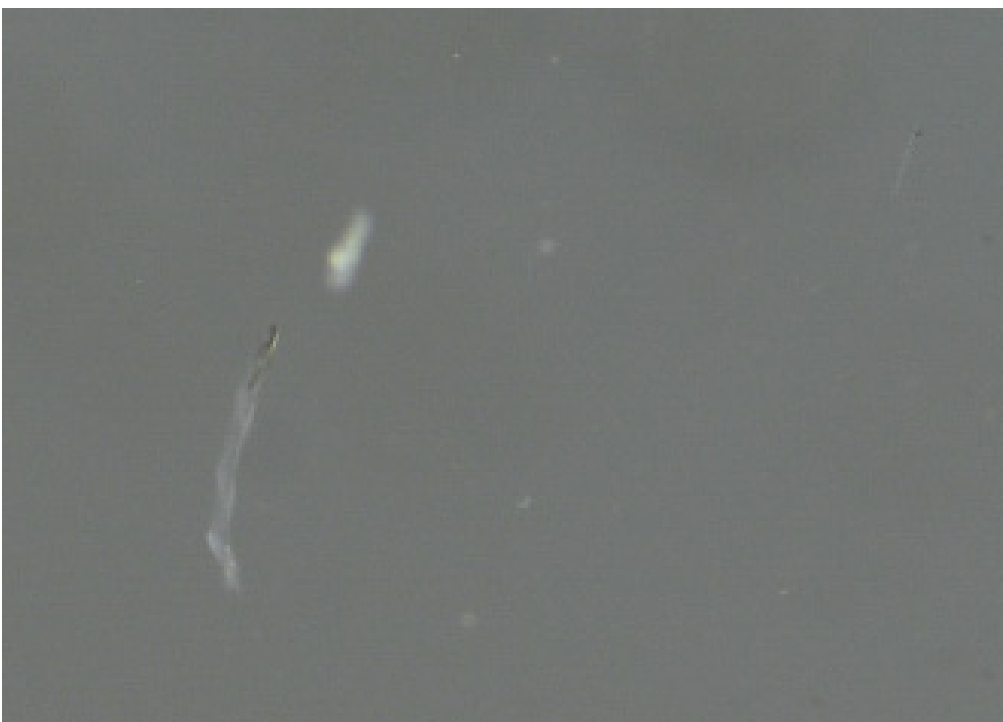
Det ble observert flere tilfeller hvor lusa raskt forsvinner ut av boblekolonnen. Enten sideveis, mot eller vekk fra fokusplanet. Dette indikerer at luselarvene er i stand til å registrere bobler på kollisjonskurs og unngår disse aktivt. Figur 6 viser en lus som beveger seg aktivt nedover i boblekolonnen og overkommer den oppdrettede strømmingen i boblekolonnen. Den beveger seg også horisontalt og forsvinner gradvis ut av fokusplanet. Figur 7 viser en lus som beveger seg stødig mot høyre i bildet. Denne lusa beveget seg i løpet av et sekunds tid ut av boblekolonnen og bildet. Figur 8 viser en lus som hopper med en hastighet på 22mm/s, for denne lusa som var 600µm lang tilsvarer det 37 kroppslengder per sekund. Flere lignende, plutselige hopp ble observert under fotograferingen, men er ikke så lett å få med på et bilde da eksponeringene ikke er kontinuerlige.



**Figur 6: Bildesekvens av lus som beveger seg nedover i boblekolonnen. Bildene er i kronologisk rekkefølge. Hver eksponering er på 1/10 s, og det er 1/5 s mellom hvert bilde.**



**Figur 7: Lus som beveger seg bort fra boblekolonnen**



**Figur 8: Lus med høy hastighet (22mm/s) og tydelig egenbevegelse. For denne lusa på 600 $\mu$ m, tilsvarer det 37 kroppslengder per sekund**



## 5.4 Konklusjon

Ut av de 940 bildene som er gjennomgått fra flere forskjellige gjennomkjøringer, fantes det totalt 471 bilder med (en eller flere) lus eller skall på, i boblestrømmen. Ingen av disse viste en kobling mellom lus og boble. Resultatene tilsier at mikrobobler med diameter på 30 – 400µm har svært liten sannsynlighet for å feste seg til frittsvømmende luselarver på 400-600 µm størrelse, både i nauplie og kopepodittstadium og at flotasjon som mekanisme har dårlige forutsetninger for å kunne inntre under tilsvarende forhold. Bildesekvensene indikerer videre at luselarvene har en betydelig unnavikelsesevne, men slik unnavikelse vil imidlertid bli betydelig vanskeligere for luselarvene dersom boblefeltet har større utbredelse.

## 5.5 Diskusjon

Det har tidligere blitt gjennomført lignende laboratorieforsøk med *Calanus finmarchicus*, eller raudåte; en annen liten hoppekreps som er attraktiv som startfôr til fiskelarver og som kilde til blant annet marine fettsyrer og proteiner. (Grimaldo et al. 2011). Raudåte finnes i store mengder i farvannene langs Norskekysten og høstes i dag både ved tråling og med feller. Forsøkene med raudåte hadde et lignende formål som våre lakslus-forsøk: Å undersøke om raudåte kunne floterer ved hjelp av mikrobobler, slik at biomassen av raudåte ble oppkonsentrert i de øverste lag av vannsøyla og dermed lettere tilgjengelig for høsting/opsamling. Selv om tilfesting mellom enkeltbobler og rødåte-individer og videre flotasjon mot overflaten ble observert å forekomme, så ble det konkludert med at der ikke var grunnlag for å gå videre med fullskala feltforsøk basert på flotasjon som hovedmekanisme. Det man imidlertid observerte i laboratoriet var at den oppadrettede strømmingen som ble generert av de stigende boblene – upwelling – var en vesentlig mer effektiv mekanisme for å løfte rødåte mot overflaten (Jeuthe, 2008, Grimaldo et al., 2011). Raudåte-prosjektet ble videre innrettet etter dette, og senere feltforsøk viste at slik boblegenerert upwelling kan være en svært effektiv metode for å øke konsentrasjonen av rødåte og annet plankton i overflaten (Grimaldo et al., 2011). Disse feltforsøkene viste imidlertid også at konsentrasjonen nedover i vannsøylen ikke nødvendigvis blir redusert. Dette henger sammen med at boblene ikke bare genererer en vertikal upwelling, men at denne upwelling er den del av en større sirkulasjon, som transporterer med seg raudåte fra et større vannvolum enn det som i utgangspunktet tilføres bobler. En ukritisk tilnærming og bruk av boblebarriere kan dermed øke mengden av lakselus i det området man ønsker å beskytte heller enn å redusere den. En boblebarriere basert på boblegenerert upwelling kan likevel benyttes som en effektiv barriere mot f.eks. oljesøl (Gjørund et al, 2011), og potensielt mot lakselus, dersom man er klar over disse mekanismene og utformer et bobleanlegg og kontrollerer det genererte strømningsfeltet på en slik måte at den ønskede effekten oppnås. Dimensjonert for å beskytte et større merdanlegg, oppstrøms og nedstrøms over lang tid, blir trolig de reelle driftskostnadene for en slik boblebarriere betydelige.

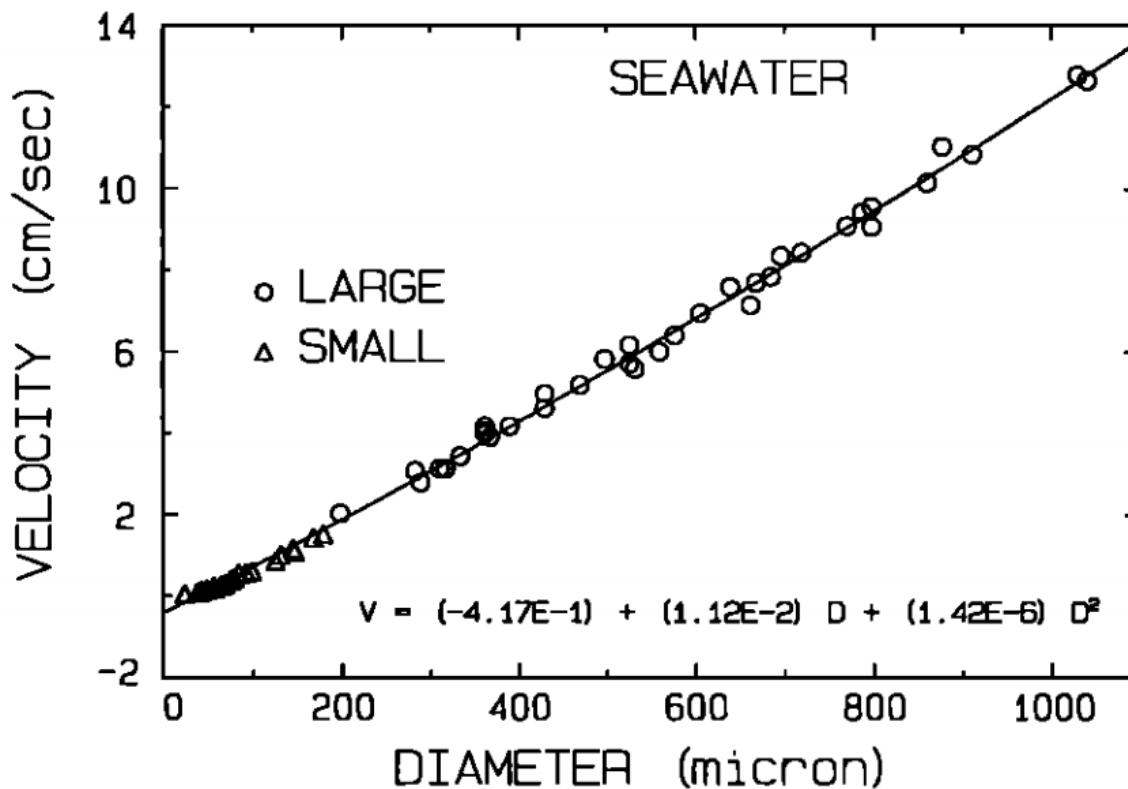
Små bobler er problematiske i felt og ved større dyp. Ved lange vandringer vil boblene kolliderer og smelte sammen til færre, større bobler i økende grad. I tillegg vil bobler generert ved økende dybde, i takt med oppstigningen og det minkende trykket, øke i størrelse. Innløsning i vannet vil også oppstå lettere for de minste størrelsene. I dette forsøket ble det benyttet relativt enkelt utstyr for generering av mikrobobler. Spesielt utstyr kan benyttes for å generere betydelig mindre boblestørrelser, og effekten av disse er ikke dekket av resultatene omtalt her. Svært små bobler vil muligens ha bedre mulighet til å feste seg til små organismer og partikler som luselarver, men vil til gjengjeld ha svært liten oppdrift: Figur 9 viser forholdet mellom stigehastighet og boblestørrelse i sjøvann. Hvorvidt det er gjennomførbart å kunne oppskalere bruk av spesielle mikroboblegeneratorer til en feltmessig skala er også tvilsomt.

Trajektorene i bildene kan benyttes som hastighetsmål, tross at de kun er todimensjonale, og for boblene som i all hovedsak stiger rett opp vil denne tilnærmingen bli ganske riktig. For luselarvene derimot, som har en egenbevegelse også i dybderetningen (på akse med kameraet), vil en viss prosentandel av den virkelige,

tredimensjonale trajektoren ikke fremstå av bildene. I snitt vil dermed hastighetsvurderingen av luselarvene ligge noe lavere enn virkeligheten og ha et større avvik enn for boblene.

Under arbeidet med dette forsøket fikk vi flere indikasjoner på at luselarvene har god kontroll på sin posisjon i vannet, andre objekter, og hvordan de skal manøvrere seg i forhold til disse. Den egenmotoriske evnen er også betydelig, selv i et relativt kaotisk boblefelt med upwelling. Dette understøttes også av artikkelen til Heuch og Karlsen, fra 1997. Her ble svømmehastigheter til luselarvene målt til typisk 1,5mm/s ved normal, lav aktivitet, og ved burst opp til 90mm per sekund. Flere av bildene over viser også eksempler på dette; spesielt figurene 3, 5 og 8. Luselarvenes evne til avvikelse vil imidlertid trolig avta med boblefeltets størrelse på grunn av utmattelse. Det relativt store antall bilder av tomme nauplie-skall tatt i disse forsøkene indikerer imidlertid at selv luselarver uten egenmotorikk ikke enkelt binder seg til små luftbobler.

Nytteverdien for næringen fra disse resultatene er hovedsakelig at effekten av flotasjon, under de forhold som er beskrevet, ikke inntre, eller eventuelt inntre i ekstremt liten grad. Fokus kan derfor legges på andre metoder for å begrense skadevirkningene av lakselus. Upwelling er en nærliggende metode som kan utforskes, både praktisk i lab og ved hjelp av strømsimuleringer, gitt de mekaniske innretningene i nærheten, som for eksempel skjørt (planktonduk).



Figur 9 - Stigehastighet mot boblediameter for sjøvann (fra Detsch, 1991)

## 6 Leveranser

- Faglig sluttrapport (denne)
- Administrativ sluttrapport
- Populærvitenskapelig artikkel (oversendt Norsk Fiskeoppdrett / Kyst.no 20. april 2015)

## 7 Referanser

Detsch, R. M., 1991: Small Air Bubbles in Reagent Grade Water and Seawater: 1. Rise Velocities of 20- to 1000- $\mu$ m-Diameter Bubbles. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 96, NO. C5: p. 8901-8906

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

Gjøsund, S.H., McClimans, T.A., Eidnes, G., Leirvik, F., Leifer, I. & Grimaldo, E., 2011: Oil spill containment by use of air bubbles – Project summary report. *SINTEF Fisheries and Aquaculture report A19518*, ISBN 978-82-12-05122-3

Grimaldo, E., Leifer, I., Gjøsund, S. H., Larsen, R. B., Jeurthe, H. & Basedow, S., 2011: Field demonstration of a novel towed, area bubble-plume zooplankton (*Calanus sp.*) harvester. *Fisheries Research* 107: p.147–158

Havforskningsinstituttet, 2015: Redaktører: Svåsand, T. m.fl. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014. *Fisken og havet, særnummer 2*

Heuch, P. A. & Karlsen, H. E., 1997: Detection of infrasonic water oscillations by copepodids of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligida). *Journal of Plankton Research*, Vol. 19 No. 6, p. 735-747

Igboeli, O.O., Burka, J. F. & Fast, M. D., 2014: *Lepeophtheirus salmonis*: a persisting challenge for salmon aquaculture. *Animal Frontiers*, Vol. 4 No. 1, p. 22-32

Jeurthe, H., 2008: Use of bubble flotation to improve copepod fisheries: Laboratory studies on the physical and behavioural interactions of *Calanus finmarchicus* and air bubbles. MSc Thesis, Dept. of Aquatic BioSciences, University of Tromsø



Teknologi for et bedre samfunn

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