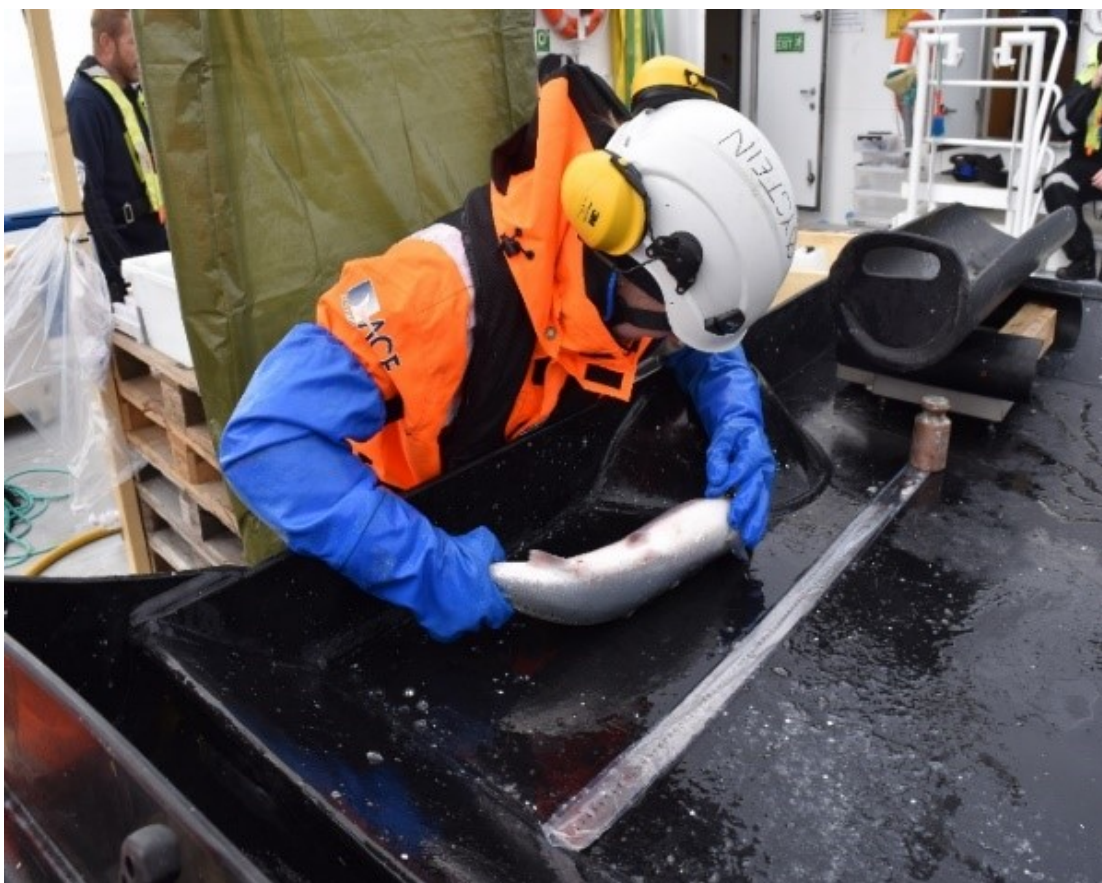


Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst

Ingrid Solberg, Bengt Finstad, Henrik Hårdensson Berntsen, Ola H. Diserud, Kevin Frank, Kari Olli Helgesen, Jaewoon Jeong, Anja Bråthen Kristoffersen, Ane Vigdisdatter Nytrø, Crawford W. Revie, Rolf Sivertsgård, Torfinn Solvang, Leif Magne Sunde, Trine Thorvaldsen, Ingebrigt Uglem og Tor Atle Mo



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst

Ingrid Solberg
Bengt Finstad
Henrik Hårdensson Berntsen
Ola H. Diserud
Kevin Frank
Kari Olli Helgesen
Jaewoon Jeong
Anja Bråthen Kristoffersen
Ane Vigdisdatter Nytrø
Crawford W. Revie
Rolf Sivertsgård
Torfinn Solvang
Leif Magne Sunde
Trine Thorvaldsen
Ingebrigt Uglem
Tor Atle Mo

Solberg, I., Finstad, B., Berntsen, H.H., Diserud, O.H., Frank, K., Helgesen, K.O., Jeong, J., Kristoffersen, A.B., Nytrø, A.V., Revie, C.W., Sivertsgård, R., Solvang, T., Sunde, L.M., Thorvaldsen, T., Uglem, I. og Mo, T.A. 2018. Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst. NINA Rapport 1541. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, august 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3279-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund, NINA

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Tor F. Næsje (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Prosjektnummer: 901411.

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Kjell Maroni, FHF

FORSIDEBILDE

© Samuel Jack Poultney

NØKKEWORD

- Lakselus
- Forekomst
- Oppdrett
- Kartlegging
- Telling
- Beregning
- Sikkerhet vs. usikkerhet

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Solberg, I., Finstad, B., Berntsen, H.H., Diserud, O.H., Frank, K., Helgesen, K.O., Jeong, J., Kristoffersen, A.B., Nytrø, A.V., Revie, C.W., Sivertsgård, R., Solvang, T., Sunde, L.M., Thorvaldsen, T., Uglem, I. og Mo, T.A. 2018. Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst. NINA Rapport 1541. Norsk institutt for naturforskning.

Alle norske oppdrettsanlegg har pålegg om å telle og rapportere forekomst av lakselus i henhold til *forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*, også kjent som lakselusforskriften. Registrering av luseforekomst i oppdrettsanleggene brukes både for å vurdere om tiltak er nødvendige, og for å vurdere påvirkning på vill laksefisk. Det er derfor svært viktig å ha pålitelige tall på antall lakselus i oppdrettsanleggene. Foruten et lavt minstekrav til antall fisk som skal telles i den enkelte merd (10-20 fisk avhengig av sesong) åpner dagens regelverk for gjennomføring av lusetelling på oppdrettsfisk også for bruk av ulike metoder for fangst og uttak av fisk, og telling av lus på fisken. Siden ulike fangst- og tellemetoder kan medføre forskjellig grad av usikkerhet knyttet til om fisken er et tilfeldig utvalg fra merda og om all lusa på fisken blir registrert, kan det være vanskelig å direkte sammenlikne luseforekomst mellom lokaliteter og produksjonsområder. Det er derfor viktig å kjenne til hvilke forhold rundt lusetelling som varierer mellom anlegg, og hvordan disse eventuelt påvirker presisjonen i telleresultatet. For å sørge for at utvalg og resultater fra lusetellingene blir så representative som mulig, og at rapporteringen fra forskjellige lokaliteter og aktører blir sammenliknbare, er det derfor svært viktig å kjenne til egenskapene til de ulike metodene som brukes.

Det overordnede målet med dette prosjektet har vært å etablere kunnskap som kan bidra til utvikling av en standardisert metode for lusetelling, samt en håndteringsstrategi for telleusikkerhet. Prosjektet har bestått av tre arbeidspakker (AP). I AP1 har vi foretatt en kartlegging av dagens metoder for telling av lakselus i den norske laksenæringen gjennom en intervjuundersøkelse. Resultatene fra denne undersøkelsen bekrefter at det er ulik tolkning av regelverket og ulik gjennomføring av lusetellingen, men også at telling av lus på oppdrettsfisk generelt gjennomføres på en gjennomtenkt og systematisk måte. Vi har også gjennomført en feltundersøkelse (AP2) der oppdrettslaks ble tatt ut med orkastnot med ulik trengetid og tid på dagen, der lus ble telt etter én protokoll som brukes til ordinær lusetelling på merdkanten og i en mer grundig kontrolltelling. Trengetid og tid på dagen viste seg å ikke påvirke telleresultatene, og resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltelling var totalt sett tilnærmet like. Det var imidlertid avvik mellom telleresultatene ved den ordinære tellingen og kontrolltelling ved et forholdsvis lavt antall fisk, og individuelle lusetall kunne være både høyere og lavere ved den ordinære tellingen. Svært få kjønnsmodne hunnlus ble oversett i den ordinære tellingen. Værforholdene var usedvanlig gode under forsøkene, slik at variasjonen i miljøforhold og menneskelige faktorer ble for liten til at eventuelle relasjoner til telleresultatene kunne modelleres. I AP3 har vi gjennom simuleringer sett på ulike problemstillinger knyttet utelukkende til den statistiske rest-usikkerheten («sampling-usikkerheten») som alltid vil være i et telleresultat som er basert på et lite utvalg fra populasjonene, i og med at lus ikke er jevnt fordelt mellom fiskene i anlegget. Vi har vist hvordan denne statistiske usikkerheten kan beregnes, funnet faktorer som påvirker den og diskutert et system for hvordan den kan håndteres av forvaltningen sett opp mot lusegrenser. Vi har her blant annet vurdert et enkelt handlingsregelsystem for hvordan en kan bruke flere lusetellinger på rad til å minimere sjansen for feilaktig å konkludere med en overskridelse av lusegrensen («falsk alarm»). Et system som ensidig fokuserer på å minimere sjansen for «falsk alarm» vil imidlertid samtidig øke sjansen for feilaktig å konkludere med at grensen ikke er overskredet, når den i virkeligheten er det («falsk frikjening»). Hvordan en vektlegger eventuelle

konsekvenser av disse to typene av feil vil være avgjørende for vurdering av om tiltak er nødvendige. I tillegg har vi sett på beregning av luseforekomst og foreslått en tilnærming for beregning av det reelle utslippet av infektive lakseluslarver fra oppdrettsanlegg der lakselusas biologi og vanntemperaturen er hensyntatt.

Vi har i dette prosjektet undersøkt noen faktorer som kan påvirke telleresultatet, og våre resultater tyder på at disse faktorene ikke i vesentlig grad vil øke usikkerhet i den estimerte luseforekomsten, under de rådende lusetettheten og miljøforholdene ved gjennomføringen av undersøkelser. Det er imidlertid en rekke andre faktorer som også kan tenkes å føre til usikkerhet i estimatene av forekomst av lus i lakseanlegg, og det er behov for mer kunnskap om disse for å kunne vurdere behovet for etablering av en standard for telling av lus. For å få gode estimater av luseforekomst er det kritisk at innsamlingsmetodene gir representative utvalg og at tellemetodene ikke introduserer systematiske feil i telleresultatene. Vi har i denne rapporten diskutert og oppsummert momenter som kan inngå i en bransjestandard for lusetelling dersom etablering av en slik standard anses som nødvendig. Noen av disse momentene er allerede standardisert i lakselusforskriften, mens det for andre momenter er behov for mer kunnskap. Utvikling av en standard for lusetelling innebærer syntese av alle typer kunnskap, både forsknings- og erfaringsbasert, og forutsetter dermed interaktiv dialog med næringen.

- Oppdretts- og fiskehelseselskapene gjennomfører generelt selve lusetellingene på en gjennomtenkt og systematisk måte. Registreringen og innrapporteringen utføres imidlertid ulikt, noe som kan gjøre det vanskelig å direkte sammenlikne luseforekomst mellom lokaliteter og produksjonsområder.
- Dersom registreringene gjøres slik at all lus blir registrert på den fisken den ble funnet på, og lus fra karet blir registrert slik at de er sporbare i datamaterialet, vil selskapenes egne lusetall bli et sterkere verktøy for å løse utfordringer knyttet til lakselus.
- Resultatene fra feltstudiet viser at telling og klassifisering av lus på merdkanten kan gjøres presist av godt trent mannskap under optimale værforhold og ved relativt lave forekomster av lus.
- Det kan med fordel lages en bedre og felles opplæringsprosedyre for personell som skal gjennomføre lusetelling, og det bør bli lik forståelse for hvilke fisk som skal undersøkes og hvor i merden de skal samles inn fra.
- Det finnes mange potensielle kilder til usikkerhet ved estimering av lus i lakseanlegg, hvor den største kilden til usikkerhet trolig er at det ikke telles lus på et tilstrekkelig høyt antall fisk. Med et relativt lite utvalg fra en skjev fordeling må nødvendigvis presisjonen i de estimerte luseforekomstene bli begrenset, og alltid være beheftet med en viss statistisk usikkerhet.
- Det er evaluert et enkelt handlingsregelsystem, med utgangspunkt i antallet fisk som skal telles pr merd i henhold til dagen regelverk, for hvordan en kan bruke flere lusetelling på rad til å minimere sjansen for feilaktig å konkludere med en overskridelse av lusegrensen («falsk alarm»). Det er imidlertid viktig å være klar over at et slikt system samtidig vil øke sjansen for feilaktig å konkludere med at grensen ikke er overskredet, når den i virkeligheten er det («falsk frikjenning»).
- Det er foreslått en tilnærming for beregning av det reelle utslippet av infektive lakseluslarver fra oppdrettsanlegg der lakselusas biologi og vanntemperaturen er hensyntatt.

Denne tilnærmingen vil være bedre egnet for å vurdere effekten av forekomst av lus i anlegg på ville laksefiskbestander enn dagens prosedyre med kun rapportering av antallet kjønnsmoden hunnlus.

- Det er svært viktig at man kjenner til de statistiske egenskapene (usikkerhet og systematiske feil) til de aktuelle metodene som brukes til å estimere forekomst av lus i lakseanlegg, og hvordan telleresultatene påvirkes av forhold under tellingen, for å kunne foreta en kvalifisert vurdering av telleresultatene, samt sammenlikne disse på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå. En standardisert prosedyre for telling av lus kan da omfatte et harmonisert sett med metoder som brukes under definerte betingelser.

Ingrid Solberg, Bengt Finstad, Henrik Hårdensson Berntsen, Ola Diserud, Ane Vigdisdatter Nytrø, Rolf Sivertsgård, Ingebrigt Uglem, Tor Atle Mo,
Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim,
e-post: ingrid.solberg@nina.no, bengt.finstad@nina.no, henrik.berntsen@nina.no,
ola.diserud@nina.no, rolf.sivertsgard@nina.no, ingebrikt.uglem@nina.no, tor.mo@nina.no.

Kari Olli Helgesen, Anja Bråthen Kristoffersen,
Veterinærinstituttet, Ullevålsveien 68, postboks 750 Sentrum, 0106 Oslo.
e-post: kari.helgesen@vetinst.no, anja.kristoffersen@vetinst.no.

Kevin Frank, Torfinn Solvang, Leif Magne Sunde, Trine Thorvaldsen,
Sintef Ocean, Postboks 4762 Torgarden, 7465 Trondheim,
e-post: kevin.frank@sintef.no, torfinn.solvang@sintef.no, leif.m.sunde@sintef.no,
trine.thorvaldsen@sintef.no

Jaewoon Jeong, Crawford R. Revie,
Atlantic Veterinary College, University of Prince Edward Island (UPEI), Charlottetown, C1A 4P3
Canada, e-post: crawfordrevie@gmail.com

Abstract

Solberg, I., Finstad, B., Berntsen, H.H., Diserud, O.H., Frank, K., Helgesen, K.O., Jeong, J., Kristoffersen, A.B., Nytrø, A.V., Revie, C.W., Sivertsgård, R., Solvang, T., Sunde, L.M., Thorvaldsen, T., Uglem, I. & Mo, T.A. 2018. Mapping and testing of methodology for counting sea lice and calculation of lice occurrence. NINA Report 1541. Norwegian Institute for Nature Research.

Reporting the occurrence of sea lice on farmed salmon is mandatory for all salmon farms in Norway. The lice numbers are used both to assess whether mitigative measures are required and to evaluate the impact on wild salmonids. It is therefore important to have reliable data on occurrence of sea lice in fish farms. In addition to a minimum number of fish to be counted in individual net pens (10-20 fish depending on season), the current regulations for lice registration also allow different methods for sampling of fish and lice counting on the fish. Since different sampling and counting methods can result in varying degrees of uncertainty, regarding whether the fish is randomly sampled or if all lice on the fish are recorded, it may be problematic to directly compare occurrence of lice among farm sites and production areas. It is therefore important to know how lice registration methods vary among farms and how this may affect the precision of the estimated lice numbers. To ensure that selection of fish and lice counting data are as representative as possible, and that reports from different sites are comparable, it is crucial to know the characteristics of the different methods used.

The overall goal of this project has been to obtain knowledge that can contribute to the development of a standardized method for lice counting, as well as a management strategy for lice counting uncertainty. The project has consisted of three work packages (WPs). In WP1 we have conducted a survey of current methods for counting sea lice in the Norwegian salmon industry through an interview survey. The results from this study confirm that there are different interpretations of the regulations and different implementations of lice counting methods, but also that the counting of lice generally is carried out in a systematic and adequate manner. We also conducted a field study (WP2) in which farmed salmon were sampled with large dip-nets (orkastnot) at different times of the day, and where lice were counted in two ways; either following a conventional protocol for lice counting or by performing a more thorough control counting. Sampling time and crowding period in the dip-net did not affect the counting results, and the results from the conventional counting and the control counting were relatively similar. However, there was a deviation between lice numbers found in the conventional counting and the control for a relatively low number of fish, and individual lice numbers could be both higher and lower for conventional counting methods. Few sexually mature female lice were ignored in the conventional counting when compared to the control. The weather conditions were exceptionally good during the field trial, and differences in lice numbers due to varying environmental conditions or human factors were not found. Finally, in WP3, we have explored various issues related to the statistical residual uncertainty ("sampling uncertainty") which will always be present in counting data from a relatively small selection of fish. We have shown how this statistical uncertainty can be calculated, identified factors that affect the uncertainty and discussed how this may be handled within set lice limits. We have discussed a system for how multiple lice counts can be used to minimize the probability for concluding that the lice numbers are higher than the set limit, when they are not higher ("false alarm"). However, a system that unilaterally focuses on minimizing the probability of "false alarms" will also increase the probability of erroneously concluding that the limit is not exceeded, when it is exceeded ("false acquittal"). It is crucial to balance the possible consequences of these two types of errors when assessing the needs for measures. In addition, we

have suggested an approach for calculating the total occurrence of lice in farms in terms of production of infectious sea lice larvae, which takes variation in lice biology and water temperatures into account.

In this project we have investigated several factors that may affect the precision of lice counting, and our results indicate that the examined factors will not significantly contribute to uncertainty under conditions like experienced in our study. However, there are several other factors that may lead to uncertainty regarding occurrence of lice in salmon farms, and the knowledge on these factors should be extended before development of a more standardized method for lice counting. Reliable estimates of lice occurrence require representative samples of fish, and the counting methods should not introduce systematic errors. In this report we have discussed and summarized elements that may be included in a standardized method for lice counting. Some of these elements are already standardized in the existing lice regulation, while other factors require more knowledge. Development of a standardized counting method involves synthesis of all types of knowledge, both scientific and experience-based, and would thus require an interactive dialogue with the industry.

- In general, farmers and fish health companies conduct lice counting in an adequate and systematic manner. However, registration and reporting of lice numbers vary, which may involve that direct comparisons of lice occurrence among sites and production areas are difficult.
- If all lice occurring on infested fish are recorded individually, and the lice that have been lost in the sedation tank are accounted for in the data material, the lice numbers provided by the farming industry will become an even better tool for solving challenges associated with salmon lice.
- The results from the field study show that lice counting including classification of lice stages can be done accurately under farming conditions by a well-trained crew under optimal weather conditions and relatively low infestation rates.
- Development of an improved and unified training procedure for personnel who are conducting lice counting in salmon farms would be advantageous, and a common understanding of which type of fish and where these are collected within the cages should be established.
- There are many potential sources of uncertainty when estimating lice occurrence in fish farms, with perhaps the most important source being that lice is counted for too few fish. Counting of lice for a relatively small sample with a skewed distribution would always involve limited precision and a certain statistical uncertainty.
- A simple rule-of-thumb system aimed at minimising the probability for concluding that the lice numbers are higher than a set limit, when they are not higher ("false alarm") was evaluated in the current study. The system is based on the numbers of fish normally being counted per cage and describes how results from successive counts can be used to reduce the probability of false alarms. However, a system that solely focuses on minimizing the probability of "false alarms" will implicitly increase the probability of erroneously concluding that the limit is not exceeded, when it has been exceeded ("false acquittal").
- An approach has been proposed for calculating the actual production of infectious sea lice larvae from salmon farms that considers both lice biology and water temperature. The suggested approach would be more adequate for assessment of effects of salmon lice originating from farms on wild salmon stocks than the present system which is based on reports of the number of mature female lice per farmed fish.

- Knowledge about the statistical properties (uncertainty and systematic errors) of the methods used to estimate occurrence of lice in salmon farms, and also about how the estimated lice numbers are affected by the conditions under the lice counting, is crucial to assess the precision of the estimates, as well as comparing them at local, regional and national levels. A standardized procedure for lice counting may thus include a harmonized set of methods which are used under different conditions.

Ingrid Solberg, Bengt Finstad, Henrik Hårdensson Berntsen, Ola Diserud, Ane Vigdisdatter Nytrø, Rolf Sivertsgård, Ingebrigt Uglem, Tor Atle Mo,

Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, Norway.

E-mail: ingrid.solberg@nina.no, bengt.finstad@nina.no, henrik.berntsen@nina.no, ola.diserud@nina.no, rolf.sivertsgard@nina.no, ingebrikt.uglem@nina.no, tor.mo@nina.no.

Kari Olli Helgesen, Anja Bråthen Kristoffersen,

Norwegian Veterinary Institute, P.O. Box 750 Sentrum, 0106 Oslo, Norway.

E-mail: kari.helgesen@vetinst.no, anja.kristoffersen@vetinst.no.

Kevin Frank, Torfinn Solvang, Leif Magne Sunde, Trine Thorvaldsen,

Sintef Ocean, P.O. Box 4762 Torgarden, 7465 Trondheim, Norway.

E-mail: kevin.frank@sintef.no, torfinn.solvang@sintef.no, leif.m.sunde@sintef.no, trine.thorvaldsen@sintef.no

Jaewoon Jeong, Crawford R. Revie,

Atlantic Veterinary College, University of Prince Edward Island (UPEI), Charlottetown, C1A 4P3

Canada, E-mail: crawfordrevie@gmail.com

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	6
Innhold	9
Forord	10
1 Innledning	11
2 Problemstilling og formål	13
3 Prosjektgjennomføring	14
3.1 Kartlegging av dagens metoder for lusetelling.....	14
3.1.1 Intervjuundersøkelsen.....	14
3.1.1.1 Innledning.....	14
3.1.1.2 Metoder.....	14
3.1.1.3 Resultater.....	14
3.2 Testing av metoder for telling av lakselus.....	16
3.2.1 Feltundersøkelsen.....	16
3.2.1.1 Innledning.....	16
3.2.1.2 Metode.....	17
3.2.1.3 Resultater.....	17
3.3 Telling av lakselus og usikkerhet i telleresultatene.....	20
3.3.1 Hvordan forstå og håndtere usikkerheten i telleresultatene.....	20
3.3.1.1 Innledning.....	20
3.3.1.2 Metoder.....	20
3.3.1.3 Resultater.....	21
3.3.2 Statistiske fordelinger knyttet til lakselustellinger.....	22
3.3.2.1 Innledning.....	22
3.3.2.2 Metode.....	23
3.3.2.3 Resultater.....	23
3.3.3 Ny beregningsmetode for lakselus på anlegg?.....	25
3.3.3.1 Innledning.....	26
3.3.3.2 Metoder.....	26
3.3.3.3 Resultater.....	26
4 Diskusjon og konklusjon	28
4.1 Dialogmøte.....	28
4.2 Uttak av fisk.....	28
4.3 Håndtering av fisk etter uttak.....	29
4.4 Bedøvelse av fisk.....	29
4.5 Telling av lus.....	29
4.6 Registrering og sikring av data.....	30
4.7 Restusikkerhet.....	30
5 Hovedfunn	32
5.1 Konklusjon.....	32
5.2 Kunnskapsbehov.....	33
6 Leveranser – foredrag på konferanser	36
7 Referanser	37
8 Vedlegg	39

Forord

Prosjektgruppen takker Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) (prosjektnummer. 901411) for finansiell støtte til gjennomføring av prosjektet. En stor takk går også til prosjektets styringsgruppe som har bestått av Henny Førde (Måsøval Fiskeoppdrett AS), Kjetil Ørnes (Grieg Seafood ASA) og Marit Stormoen (Marine Harvest ASA) samt til observatørgruppen for dette prosjektet ved Kjell Maroni (FHF) og Randi Grøntvedt (INAQ AS). Vi takker også de mange ansatte i oppdrettsselskap som har latt seg intervju, ansatte hos Åkerblå AS som bidro med lusetelling, oppdrettsselskap som har bidratt med fisk, utstyr og mannskap under lusetelling i felt og til ansatte i oppdrettsselskap, Mattilsynet, fiskehelseselskap og FHF som deltok på et innledende dialogmøte i prosjektet.

Trondheim 31.08.2018

Bengt Finstad og Ingrid Solberg
Prosjektledere

1 Innledning

Lakselusa, *Lepeophtheirus salmonis*, er en parasitt som livnærer seg av hud og blod på laksefisk. For verten medfører lusepåslag både redusert vekst og velferd, og kan forårsake økt dødelighet (Finstad & Bjørn 2011). Lakselus har gode forhold for reproduksjon og vekst i laksemerder med et høyt antall potensielle verter. Det er i tillegg vist en tetthetsavhengig effekt mellom forekomst av oppdrettsfisk og forekomst av lus på anlegg (Jansen mfl. 2012). Følgelig er det ofte høy forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg, og i kystområder med nær tilknytning til disse anleggene (Serra-Llinares mfl. 2014, 2016, Gargan mfl. 2016).

Lakselus er en stor utfordring for oppdrettsnæringen. Overvåkning, forebyggende tiltak og behandling mot lus gir høye kostnader for oppdrettere. Høy luseforekomst resulterer i redusert produksjon i noen områder og kan være til hinder for videre produksjonsvekst andre steder (Karlsen mfl. 2016, Nilsen mfl. 2017). I tillegg påvirkes vill laksefisk negativt av lakselus som spres fra oppdrettsanleggene (Finstad & Bjørn 2011, Thorstad mfl. 2015, Vollset mfl. 2016, 2017, 2018).

Det er lovpålagt for oppdrettere å overvåke, og rapportere antall lus i norske oppdrettsanlegg hver uke (Anon. 2012), og de er pålagt å holde lusetallet under bestemte maksgrenser for antall lus per fisk. Gjentatt, eller høy overskridelse av gitte grenseverdier for antall lus tillatt per fisk i et anlegg kan utløse kostnadskrevende tiltak, som kan resultere i krav om redusert biomasse eller utslakting. Produksjon og potensiell vekst i næringen skal videre reguleres av et handlingsregelsystem (Trafikklyssystemet), det vil si etter modellsystemer som nylig er utviklet for å styre mot bærekraftig og forutsigbar vekst i akvakulturnæringen (Karlsen mfl. 2016, http://www.imr.no/filar-kiv/2017/05/samlet_rapport.pdf/nb-no). Norskekysten er nå delt inn i 13 produksjonssoner. Innen hver sone blir potensiell påvirkning av lakselus på ville laksefisk estimert på bakgrunn av beregnet produksjon av lusearver i oppdrettsanleggene, og ved hjelp av registrerte lakselusforekomster og modellerte påvirkninger på villfisk. Det er derfor svært viktig å ha pålitelige tall på antall lakselus i oppdrettsanleggene.

Foruten at det er et lavt minstekrav til antall fisk som skal telles i den enkelte merd (10-20 individer), åpner *forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* (Anon. 2012), ofte kalt «luseforskriften», for ulike tilnærminger både ved innfangning av fisk og ved telling av lus. Siden ulike fangst- og tellemetoder vil kunne medføre forskjellig grad av usikkerhet knyttet til om fisken er et tilfeldig utvalg fra merda og om all lusa på fisken blir registrert knyttet til telleresultatet av lus, kan det være vanskelig å sammenlikne forekomst av lus mellom lokaliteter og produksjonsområder (Gjerde mfl. 2016, ISO 16541:2015). Det kan også være utfordrende å skille stadier og arter (skottelus/lakselus) ved telling på merdkanten (Elmoslemany mfl. 2013). Fisken skal i henhold til luseforskriften fanges inn med orkastnot eller annen metode som sikrer et representativt utvalg av fisk. Fisken skal deretter bedøves før telling, før den enkeltvis tas opp og undersøkes nøye. Lus som faller av i bedøvelseskaret skal også telles. Ettersom tellingen foregår utendørs kan også varierende miljøforhold, som lys og vind, påvirke nøyaktigheten på lusetellingene. Ulike tellemetoder kan videre tenkes å påvirke de estimerte luseforekomstene forskjellig for ulike fiskegrupper og -størrelser.

Det er flere faktorer som varierer i dagens lusetellingsmetode og som derfor muligens kan bidra til økt usikkerhet i telleresultatet. Hvordan ulike variabler og delprosesser involvert i lusetelling på anleggsnivå, som prøvetaking, bedøvelse, håndtering av fisken og fysiske forhold ved telling, virker inn på kvaliteten av lusetellingen er lite studert. For å utvikle en god praksis, det vil si en metode for lusetelling som gir det mest korrekte estimatet på sann luseforekomst, er det derfor

behov for å etablere et bedre kunnskapsgrunnlag, noe som blant annet inkluderer dokumentasjon av hvilke metoder som er vanlige i dag, og hvordan disse eventuelt bidrar til variasjon i telleresultatet.

De innrapporterte lusetallene er basert på et begrenset antall fisk, og beregnet utvalgsgjennomsnitt for antall lus vil representere et usikkert og muligens forventningsskjevt estimat på anleggets sanne gjennomsnitt, da lus ikke er jevnt fordelt mellom fiskene i et anlegg. Så lenge estimerte lusetall skal vurderes opp mot en lusegrense er det derfor behov for å tallfeste statistisk usikkerhet og forventningsskjevhet for estimerte lusetall, vurdere mulige påvirkningsfaktorer, og etablere et system for hvordan usikkerhet og eventuelle systematiske feil i lusetellingene kan håndteres.

2 Problemstilling og formål

Det overordnede målet med dette prosjektet har vært å etablere kunnskap som kan bidra til utvikling av en standardisert metode for lusetelling, samt en håndteringsstrategi for telleusikkerhet. For å nå denne målsettingen ble det først gjort intervjuundersøkelser for å få oversikt og kunnskap om dagens metoder for lakselustelling. Deretter ble det undersøkt hvordan relevante faktorer knyttet til utvelgelse og håndtering av fisk under realistiske forhold påvirket telleresultatet. Samtidig ble det utviklet en strategi for hvordan forvaltningen kan redusere risikoen for feilaktige konklusjoner når de bruker estimater på lusetall fra ukentlige lusetellinger til å håndheve lusegrenser. Det ble også utviklet et forslag for ny metode for beregning av luseforekomst på anleggsnivå som i større grad enn dagens metode viser anleggets miljøpåvirkning.

Prosjektets delmål var:

- 1) Dokumentere dagens metoder for lusetelling, identifisere styrker og utfordringer og foreslå optimaliserte metoder for videre testing (AP1)
- 2) Testing av metodikk for å registrere og sammenligne ulike metoder for lusetelling i anlegg med laks (AP2)
- 3) Utvikle en metode for å bestemme luseforekomst som tar hensyn til grad av lusepåslag, observasjonsforhold og biomasse/antall fisk på anleggs- og merdnivå (AP3)
- 4) Synliggjøre den statistiske usikkerheten som fortsatt ligger i at lus blir telt på et utvalg fisk, selv om lusetellingsmetodikken optimaliseres (AP3)
- 5) Videreutvikle en håndteringsstrategi for usikkerhet, slik at både oppdrettere og myndigheter kan føle seg sikre på at det er snakk om reelle overskridelser av lusegrensene, når slike overskridelser gir en reaksjon fra myndighetene (AP3)
- 6) Utarbeidelse av et forslag til en standardisert tellemetodikk i samarbeid med næringen, som skulle beskrives og illustreres på en visuell og lettfattelig måte (AP4)

I denne sluttrapporten presenteres en oppsummering av resultatene fra de ulike arbeidspakkene. I tillegg presenteres en konklusjon, anbefalinger og identifisering av kunnskapshull. Resultatene fra de ulike arbeidspakkene presenteres i egne rapporter fra de ansvarlige institusjonene og ligger som vedlegg til sluttrapporten.

3 Prosjektgjennomføring

3.1 Kartlegging av dagens metoder for lusetelling

I arbeidspakke 1 (AP1) ble det innhentet kunnskap om dagens metoder for å samle inn fisk og hvordan fiskene behandles og håndteres før, under og etter telling av lus. Undersøkelsen ble gjennomført ved intervju av et utvalg driftsledere og driftsteknikere i åtte oppdrettsselskap med stor geografisk spredning. Det vises til rapporten "Lusetellingsmetoder i lakseoppdrett" (Thorvaldsen mfl. 2018) for en utdypende beskrivelse av resultatene (se vedlegg 1). Her gis en oppsummering av undersøkelsen. Denne arbeidspakken ble utført av SINTEF Ocean AS.

3.1.1 Intervjuundersøkelsen

Denne undersøkelsen ble gjennomført ved intervju av et utvalg driftsledere og driftsteknikere i åtte oppdrettsselskap med stor geografisk spredning.

3.1.1.1 Innledning

Fra og med 2017 har lusetall tjent som en indikator for myndighetenes vurderinger av om produksjon i bestemte produksjonssoner eller ved enkeltlokaliteter skal reduseres, avventes eller økes. Lusetallene brukes både i regulering, for å sikre villaksstammer, og av selskapene selv for å sikre oppdrettsfiskens velferd. Handlingsregelsystemet som i framtiden er tenkt å være styrende for reguleringen av havbruksnæringen vil også være basert på resultater fra lusetellinger, siden produksjonen av luselarver i lakseanleggene antas å variere med lusetallene.

Den manuelle lusetellingen på merdkanten er kilden til lusetallene som rapporteres ukentlig. I denne delen av prosjektet var målet å beskrive hvilke metoder som brukes for å telle lus, variasjon, samt styrker og utfordringer ved dagens metoder.

3.1.1.2 Metoder

Høsten 2017 ble 17 ansatte som kjenner lusetellingspraksisen intervjuet per telefon. De var i hovedsak driftsteknikere/røkttere og driftsledere/assisterende driftsledere, og var ansatt i åtte forskjellige selskap som var lokalisert i ni fylker.

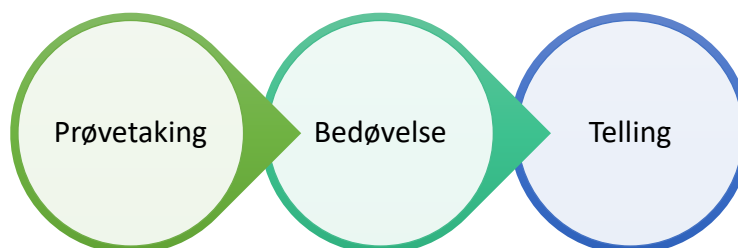
Intervjudataene ble analysert og sortert for å synliggjøre variasjon og formidle ansattes egne vurderinger av fordeler og utfordringer ved dagens metoder. Prosedyrer fra fire forskjellige selskap ble også gjennomgått, og funn fra intervju ble sammenlignet med prosedyrene.

Alle navn på personer og selskap er anonymisert av personvern hensyn.

3.1.1.3 Resultater

Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg stiller noen krav til lusetellingen, men gir også en del frihet til å velge metode og gjennomføring. Intervjuene viser i flere tilfelle at organisatoriske forhold er av betydning for lusetellingen. Slike forhold inkluderer ansvarsfordeling, bemanning, opplæring, tid og ressurser.

Funn fra intervjuene kan sorteres under tre hovedfaser; prøvetaking eller uttak av fisk, bedøvelse og telling (se **Figur 1**).



Figur 1: Hovedfaser i arbeidet med lusetelling.

Prøvetaking: Det er tre hovedmetoder som brukes for å samle fisk i prøvetakingsfasen: orkastnot, storhåv og fastmontert kastenot. Alle bruker fôr for å samle fisken. Det kan være utfordrende å fange fisk, uavhengig av metode, noe som gjør at prøvetakingen kan ta en del tid.

Fisken hentes vanligvis opp fra 5-10 meters dybde, avhengig av årstid. Selv om det ikke er et krav som gjelder hele året, forteller de fleste at det er vanlig å telle 20 fisk per enhet uansett sesong. Trengetid, tiden fra fisken er samlet til den siste fisken blir hentet ut av orkast eller håv, varierer. De fleste oppgir en trengetid på ca. 10-15 minutter. Ansatte påpeker at lus kan falle av under trenging, slik at fisken ikke bør stå for tett eller for lenge under trengingen.

De ansatte har flere meninger om forhold som kan påvirke representativitet i utvalget. Noen mener at det blir tilfeldig hvilken fisk som samles inn, mens andre forteller at de er bevisst på hvilken fisk de henter opp fra merden.

Bedøvelse: Bedøvelsen som brukes er Benzoak® og Fiquel®, som blandes i kar på 3-600 liter.

Telling: Forskriften sier at en og en fisk skal undersøkes nøye, og at alle lus som detter av i bedøvelseskaret skal telles. Lakselusa skal kategoriseres i tre stadiegrupper (fastsittende, bevegelige og kjønnsmodne hunnlus). Ansatte mener at de gjør en god jobb med å skille arter og stadier, men oppgir også eksempler på utfordringer knyttet til å skille stadier og arter. De støtter seg gjerne på hverandre i dette arbeidet. For å telle lus i kar brukes duk/presenning eller siler av ulike slag.

Variasjon i praksis

Intervjuene viser variasjon mellom selskap, men også innad i selskap på følgende områder:

Organisatoriske forhold:

- Antall ansatte som deltar i lusetellingen
- Bruk av lusetelleteam eller ikke
- Opplæring (erfarne ansatte avgjør når nye får lov til å telle selv)
- Type formell opplæring
- Tiden som brukes på å telle lus

Prøvetaking:

- Utstyr: Bruk av storhåv, orkastnot eller fastmontert kastenot
- Utstyr: Håving av fisk over i kar – håndholdt håv eller håv festet i kran
- Trengetid
- Utvalg: inkludere svak fisk (fisk med dårlig vekst, dvs. tapere) eller ikke
- Tidspunkt på dagen
- Dybde for uttak

Bedøvelse:

- Antall fisk i karet samtidig
- Type bedøvelsesmiddel
- Tid hver enkelt fisk er bedøvet

Telling:

- Bruk av tellebord eller holde fisken i hendene under telling
- Oppvåkingskar eller ikke
- Renne for tilbakeføring av fisk til merd eller ikke
- Metode/utstyr for å fange opp lus som faller av fisken i bedøvelseskaret (duk versus sil)
- Belysning
- Bruk av hjelpemiddel som forstørrelsesglass
- Erfaring hos de som teller
- Subjektive vurderinger
- Teknikk

3.2 Testing av metoder for telling av lakselus

Arbeidspakke 2 (AP2) omfattet en feltundersøkelse der oppdrettslaks ble fanget med orkastnot med ulik trengetid og tid på dagen. Lus ble telt i henhold til en metode som brukes ved ordinær luetelling på merdkanten og i en mer grundig kontrolltelling. Det henvises til rapporten "Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg" (Berntsen mfl. 2018) for en utdypende beskrivelse av resultatene (se vedlegg 2). Her gis et sammendrag av undersøkelsen. Denne arbeidspakken ble utført av NINA og Sintef Ocean AS, i samarbeid med Åkerblå AS.

3.2.1 Feltundersøkelsen

Denne delen omfatter en feltundersøkelse der oppdrettslaks ble fanget med orkastnot med ulik trengetid og tid på dagen og der lus ble telt i henhold til en metode som brukes ved ordinær luetelling på merdkanten og i en mer grundig kontrolltelling.

3.2.1.1 Innledning

Dagens regelverk for gjennomføring av lusetelling på oppdrettsfisk åpner for bruk av ulike metoder for uttak og telling av lus, noe som kan bidra til usikkerhet rundt den rapporterte forekomsten av lus mellom merder, lokaliteter og produksjonsmetoder. I arbeidspakke 1 i dette prosjektet er det vist at lusetelling foregår på forskjellige måter mellom ulike selskap og anlegg.

For å etablere en standardisert og etterprøvbar metode for lusetelling er det behov for å bedre kunnskapsgrunnlaget vedrørende faktorer som har betydning for tellerøyaktigheten. Målet med arbeidspakke 2 var å undersøke om og eventuelt hvordan relevante elementer som varierer i metodene som brukes under dagens lusetelling kan påvirke telleresultatene. Siden lusetellingen kan tenkes å bli påvirket av mange faktorer har vi i denne undersøkelsen, etter innspill fra prosjektets styringsgruppe og representanter fra næringen, og blant annet gjennom et dialogmøte med ulike aktører fra oppdrettsnæringen, fiskehelseselskaper, Mattilsynet og FHF, valgt ut relevante faktorer som det var hensiktsmessig og mulig å undersøke innen prosjektets tidsramme.

Vi undersøkte om faktorer knyttet til fanging- og uttaksprosedyren av fisk, som trengetid og tid på dagen, har betydning for lusetellingen, samt hvordan størrelsen på fisken varierte med tellerekkefølgen gjennom dagen. I tillegg ble det undersøkt hvordan tekniske, miljømessige og menneskelige faktorer kan påvirke utførelsen av selve lusetellingen, og implisitt også telleresultatet. Vi undersøkte også om rutinemessig eller ordinær telling av lus «på merdkanten» gir et representativt bilde av forekomsten av lakselus og skottelus gjennom å sammenligne resultater fra en ordinær telling med en mer grundig kontrolltelling.

3.2.1.2 Metode

Forsøket ble gjennomført i fire merder, med laks mellom 1,7 og 3,0 kg, ved to oppdrettsanlegg på Trøndelagskysten i perioden 2. mai – 1. juni 2018. Uttak av fisk ble foretatt ved hjelp av orkastnot og i hver av merdene ble det utført 8 trenginger med orkastnot. Fra hver trenging ble det tatt ut 40 fisk til videre undersøkelse. De 40 fiskene ble igjen fordelt på 4 sekvensielle uttak fra et orkast slik at grupper på 10 fisk med ulik trengetid ble undersøkt. En fiskehelsebiolog fra Åkerblå AS gjennomførte en ordinær lusetelling som involverte at fisken først ble undersøkt mens den ble holdt i hendene, før tellingen ble avsluttet på et lusetellebord. Det ble registrert antall skottelus (*Caligus elongatus*), fastsittende stadier, bevegelige stadier og kjønnsmodne stadier av lakselus på hver laks. Tidsbruken for hver fisk var mellom 1 og 1,5 minutt ved den ordinære lusetellingen.

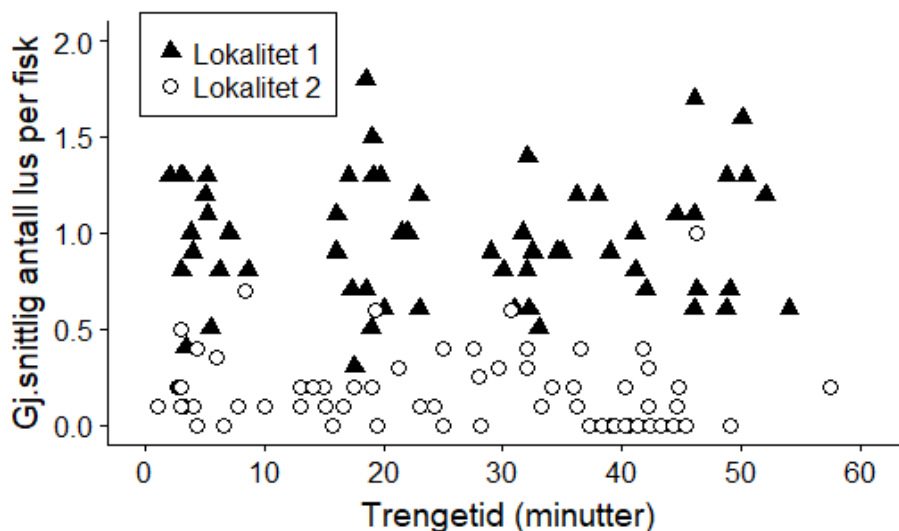
For hver fjerde fisk som ble tatt ut ble det i tillegg utført en mer grundig kontrolltelling umiddelbart etter den ordinære tellingen. Lusa som ble registrert under kontrolltellingen ble preservert for senere bestemmelse av stadium og art under lupe. Miljøforhold som ble registrert under forsøkene inkluderte lys ved tellebordet, vindhastighet/retning, barometertrykk, nedbør og lufttemperatur, samt strømforhold, salinitet, vanntemperatur og lys i vannsøylen. Vedkommende som utførte den ordinære tellingen ble intervjuet for å kartlegge eventuell variasjon i menneskelige faktorer i forkant av hvert orkast.

3.2.1.3 Resultater

På grunn av usedvanlig stabile værforhold i forsøksperioden, med lite vind, rolig sjø, svært gode lysforhold og ingen nedbør, var variasjonen i de ulike miljømessige faktorer for liten til at eventuelle relasjoner til telleresultatet kunne modelleres. Menneskelige faktorer, som konsentrasjon og opplagthet hos lusetelleren varierte lite, trolig som følge av optimale forhold for telling og forholdsvis korte arbeidsdager, og bidro dermed lite til variasjon i estimert luseforekomst ved ordinær telling.

Ved begge oppdrettsanleggene var lusetettheten lav (gjennomsnittlig antall lus per fisk var henholdsvis 0,6 og 0,15), og omtrent to tredjedeler av den undersøkte fisken var fri for lus. Trengetid i orkastnot (mellom 2 og 57 minutter) og tid på dagen for lusetellingen under optimale forhold

påvirket ikke registrert luseforekomst på den undersøkte laksen ved noen av oppdrettsanleggene (**Figur 2**). Ved ett av anleggene økte størrelsen på den undersøkte laksen noe (og signifikant) utover dagen, men dette var trolig ikke utslagsgivende for det estimerte antallet lus per fisk siden det ikke var noen signifikant sammenheng mellom lusetall og fiskestørrelse ved noen av anleggene. Det var ingen forskjell i størrelsen på fisken mellom de to ulike uttaksdagene, og dermed uttakstidene, innenfor samme merd ved noen av oppdrettsanleggene.



Figur 2: Gjennomsnittlig antall lakselus per fisk som har en gitt trengetid i orkastnota før uttak og lusetelling. Hvert enkelt punkt viser gjennomsnittlig antall lus per fisk for de 10 fiskene innenfor samme uttaksrunde ved de to lokalitetene.

Lusetallene fra den ordinære tellingen, inkludert alle stadier for både lakselus og skottelus, var totalt sett nesten de samme som registrert i den mer grundige kontrolltelling (**Tabell 1**). Svært få kjønnsmodne hunnlus ble oversett ved ordinær telling «på merdkanten», og det var sjelden at lakselus, uavhengig av stadium, ble klassifisert som skottelus eller vice versa under de rådende forholdene. Resultatene fra denne undersøkelsen viste dermed at den registrerte forekomsten av voksne hunnlus vil være forholdsvis sikker dersom lusetellingene foretas under optimale teldeforhold og av erfarent personell. Miljøforholdene under denne undersøkelsen varierte for lite til at det var mulig å evaluere om eller i hvilken grad nøyaktigheten i forhold til å estimere antall kjønnsmodne lakselushunner er lavere under mindre optimale forhold.

Tabell 1: Antallet lus av ulik art eller lusestadium registrert ved ordinær telling og kontrolltelling ved de to lokalitetene, Lokalitet 1 og Lokalitet 2, og avviket i det totale antallet lus mellom ordinær telling og kontrolltelling.

Lusestadium	Ordinær telling			Kontrolltelling		
	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Totalt	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Totalt
Fastsittende	21	2	23	24	0	24
Bevegelige	59	21	80	58	21	79
Kjønnsmoden hunn	19	7	26	17	7	24
Skottelus	51	6	57	59	6	65
Totalt	150	36	186	158	34	192

Sammenliknes resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltellingen for enkeltfisk, var det imidlertid avvik i lusetellingene for om lag 12 % av de undersøkte fiskene, og registrert antall lus per fisk ble i tilnærmet likt omfang både større og mindre for disse fiskene ved den ordinære tellingen (**Tabell 2**). Hvorvidt tellenøyaktigheten vil være annerledes ved høyere lusetettheter enn for det som var tilfellet under gjennomføringen av dette forsøket, er vanskelig å vurdere. Men det er rimelig å anta at sannsynligheten for avvik vil øke i anlegg med høy prevalens og intensitet fordi det kan være lettere å overse lus hvis det er mange av dem.

Tabell 2: Antallet fisk med enten flere, færre eller et likt antall lus ved ordinær telling og ved kontrolltelling, fordelt på lokalitet.

Avvik	Antall fisk	Antall fisk	Antall (andel) fisk totalt
	Lokalitet 1	Lokalitet 2	
Flere ved ordinær	15	4	19 (5,9 %)
Likt antall	127	154	281 (87,8 %)
Færre ved ordinær	18	2	20 (6,3 %)

Undersøkelsen i arbeidspakke 2 har kun fokusert på noen relevante parametere som kan tenkes å påvirke telleresultatet. På grunn av usedvanlig gode og konstante værforhold under feltstudien, og anlegg med relativt lave lusetettheter, var det imidlertid flere eventuelle og relevante sammenhenger som ikke kunne modelleres. Ytterligere undersøkelser under mer varierende forhold og ved høyere lusetettheter er nødvendig for å kunne beskrive de statistiske egenskapene og påvirkningsfaktorene knyttet til lusetellingene slik de er gjennomført i denne undersøkelsen.

3.3 Telling av lakselus og usikkerhet i telleresultatene

Arbeidspakke 3 (AP3) omfattet ulike problemstillinger knyttet til vurderinger av telleusikkerheten i ordinære lusetellinger, hva som påvirker telleusikkerheten og forslag til hvordan denne usikkerheten kan framstilles og hvordan forvaltningsmyndigheter kan håndtere den. I tillegg ble det utviklet et forslag til beregningsmetode for lakselusforekomst på anlegg som tar hensyn til den miljømessige påvirkningen. Denne arbeidspakken ble utført av Veterinærinstituttet i samarbeid med University of Prince Edward Island, Canada.

3.3.1 Hvordan forstå og håndtere usikkerheten i telleresultatene

Det vises til rapporten "Telling av lakselus – Hvordan forstå og håndtere usikkerheten i telleresultatene" (Helgesen & Kristoffersen 2018) for en utdypende beskrivelse av resultatene (se vedlegg 3). Her gis et sammendrag av undersøkelsen.

3.3.1.1 Innledning

Et gjennomsnittlig lusetall funnet etter en enkelt lusetelling på et utvalg fisk vil kun gi et estimat på det sanne gjennomsnittstallet for hele oppdrettsanlegget, fordi lus ikke er jevnt fordelt mellom fiskene. Tidligere studier for å beskrive denne fordelingen har konkludert med at ved lave luseforekomster hadde de fleste fiskene null eller få lus, men enkeltfisk kunne ha langt flere. Utvalget fisk som tas opp for lusetelling kan derfor ved en ren tilfeldighet ha et gjennomsnittlig lusetall som avviker fra det sanne lusetallet, noe som kan ha vesentlige konsekvenser for både oppdrettere og forvaltning.

For å kunne beskrive sikkerheten i estimatene kan en utføre studier i anlegg der en kjenner det sanne gjennomsnittlige lusetallet for hele anlegget, men dette er ikke realistisk å få til i full-skala feltanlegg. En kan imidlertid bruke lusetall fra reelle tellinger til å lage virtuelle oppdrettsanlegg som har samme fordeling av lakselus mellom fiskene som i reelle anlegg. En kan deretter utføre simulerte lusetellinger i disse anleggene og se hvor mye resultatene avviker fra det sanne gjennomsnittet.

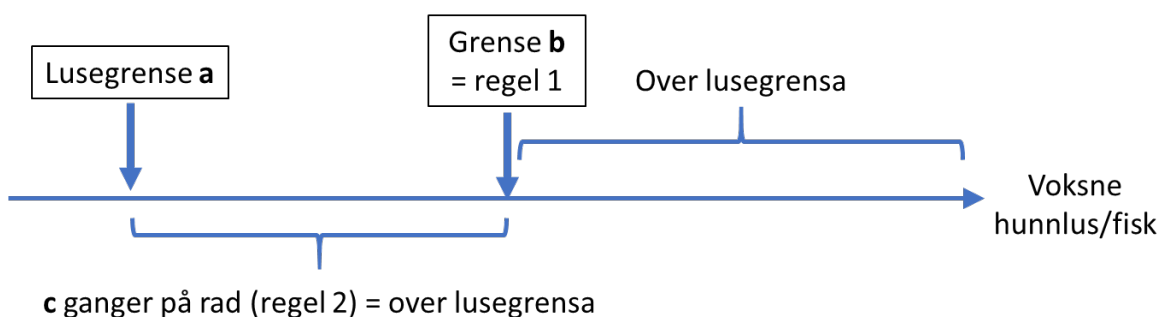
Målet med dette delstudiet var å illustrere usikkerheten som ligger i det enkelte lusetellingsresultat, undersøke hva en kan gjøre for å redusere usikkerheten, samt å foreslå et system for hvordan forvaltningen kan bruke resultater fra lusetellinger til å forvalte lusegrenser. Forslaget skal minimere sjansene for feilaktig å konkludere med at et anlegg er over lusegrensene. Dette ble gjort ved å analysere resultater fra simulerte lusetellinger utført i virtuelle oppdrettsanlegg.

3.3.1.2 Metoder

Fordeling av lus mellom fisk: For å lage virtuelle oppdrettsanlegg med reelle fordelinger av lus mellom fisk brukte vi et datasett fra 20 oppdrettsanlegg i Rogaland, med lusetall fra over 350.000 enkeltfisk fra lusetellinger utført som ledd i daglig drift. Gjennomsnittlig lusetall ble så regnet ut for hver merd på hvert telletidspunkt. Etter en seleksjon av observasjoner som trolig var feil registrert, ble de gjenværende fiskene brukt i videre studier til å lage tre grupper med fisk, som kom fra en telling med gjennomsnittverdier fra 0,01 til 0,2, 0,1 til 0,3 og fra 0,4 til 0,6 voksne hunnlus per fisk, som gruppevis ble tilpasset ulike fordelinger, for å identifisere fordelingen som var best tilpasset dataene.

Usikkerhet i enkelttelling: For å beskrive usikkerheten i enkelttelling ble det laget 100 virtuelle anlegg der det gjennomsnittlige antallet voksne hunn lus per fisk for hvert anlegg lå 0,01 lus/fisk høyere enn det forrige, fra 0,01 til 1,8 lus/fisk. Fra hvert anlegg ble det foretatt 5000 simulerte lusetellinger av 20, 100 og 200 fisk.

Håndtering av lusegrenser ved hjelp av lusetellinger: Det tenkte systemet for hvordan forvaltningen kan håndtere lusegrenser ved hjelp av telleresultater er vist skjematisk i **Figur 3**. Studien hadde dermed som mål å identifisere en absolutt grense (b) for hver forskriftsfestet lusegrense (a), som det var svært usannsynlig at tellegjennomsnittet var likt som, eller overskred gitt at lusetallet faktisk lå under grensa. I tillegg var det et mål å finne det antall ganger på rad (c) en måtte telle mellom grense a og b, for å være svært sikker på at det var snakk om en reell grenseoverskridelse. Lus ble fordelt på fisk i virtuelle oppdrettsanlegg etter fordelingene som ble funnet i studien av reelle lusetall. Fra hvert anlegg ble det simulert 100 000 lusetellinger på 100 fisk hver for å si noe om variasjonen i telleresultatene.



Figur 3: Skjematisk illustrasjon av de foreslåtte reglene for hvordan en kan bruke lusetellingsresultater til å vurdere om lusegrensene (a) er overholdt: Gjennomsnittet i lusetellingen må ligge under grense b (regel 1). Dersom det telles mellom grense a og grense b c ganger på rad, regnes dette også som en reell grenseoverskridelse (regel 2).

3.3.1.3 Resultater

Fordeling av lus mellom fisk: Negativ binomialfordeling var, i overensstemmelse med tidligere studier, best egnet til å beskrive fordelingen av **voksne** hunn lus mellom fisk i utvalg av fisk med gjennomsnittsverdi på 0,1, 0,2 og 0,5 lus/fisk. Spredningen var stigende med stigende gjennomsnitt.

Usikkerhet i enkelttelling: Resultatene fra denne delen av studien bekrefter at enkelttelling kun gir et estimat på anleggets sanne lusetall, og at om en øker antallet fisk en teller lus på, vil telleresultatet bli et bedre estimat. Dersom en antar at fordelingen av hunn lus mellom fisk i det reelle anlegget man er interessert i er det samme som brukt i denne studien, at utvalget fisk en teller lus på er representativt og at en teller alle voksne hunn lus, vil en kunne bruke resultatene til å bestemme hvilke sanne gjennomsnitt som er mulig, og som mest sannsynlig ville gitt et bestemt telleresultat. Det er også mulig å lage et web-verktøy som gir de mulige sanne lusetal-

lene gitt et bestemt telleresultat og det antallet fisk en har talt lus på. Et slikt verktøy kan inkorporeres i mer avanserte verktøy som forutsier lusetall basert på tidligere ukers lusetall, temperatur og ny smitte.

Håndtere lusegrenser ved hjelp av lusetellinger: Vi har vurdert et system med to regler for hvordan forvaltningen kan bruke lusetellinger til å vurdere om lusegrensene er overholdt. Først ved å identifisere ett telleresultat per lusegrense som det er lite sannsynlig å observere i en telling av 100 fisk, gitt at sant lusetall ligger akkurat på grensene (regel 1), slik at en kan si at dersom en får dette telleresultatet eller høyere har en overskredet lusegrensen. Deretter ved å vise at om en legger på kravet om at fire lusetellinger på rad må gi observerte gjennomsnitt mellom lusegrensene og de nye grensene gitt av regel 1 for at en skal betrakte det som en sann grenseoverskridelse, reduserer en sannsynligheten for feilaktig å konkludere med en grenseoverskridelse (regel 2), samtidig som sannsynligheten for ikke å konkludere med en reell grenseoverskridelse holdes lav (**Figur 3**).

De konkrete reglene for når en kan betrakte lusetall over lusegrensa som reelle grenseoverskridelser er: Når det talte gjennomsnittet er likt eller over 0,17, 0,3 eller 0,66 for en lusegrense på henholdsvis 0,1, 0,2 og 0,5, eller når en fire ganger på rad teller mellom lusegrensa og disse tre tallene. Denne metoden er også anvendelig for å utarbeide tilsvarende råd også for andre lusegrenser. På tross av dette systemet vil det være en sjanse for at en feilaktig skal konkludere med en grenseoverskridelse. Sjansen vil være større jo nærmere grensene det sanne lusetallet ligger.

Det systemet er avhengig av at forutsetningene gitt i beregningene stemmer, nemlig at lus er fordelt på fisk på den angitte måten og at en teller lus på 100 tilfeldige fisk i anlegget. Dersom en teller lus på færre fisk vil det observerte gjennomsnittet avvike mer fra det sanne lusetallet. Hvis det er større sjanse for å ta ut fisk med mye lus enn med lite lus, vil det være mer sannsynlig at det beregnede tellegjennomsnittet ligger utenfor de foreslåtte grensene selv om det sanne lusetallet ligger under lusegrensa. Det er videre i dette studiet ikke tatt hensyn til forskjeller i lusepåslag mellom merder, og anlegget er betraktet som én enhet.

3.3.2 Statistiske fordelinger knyttet til lakselustellinger

I AP3 har Veterinærinstituttet videreført et samarbeid med Crawford Revie ved University of Prince Edward Island i Canada. Jeong og Revie har studert lakselusfordelinger mellom fisk i lakselustall fra norske oppdrettsanlegg og vurdert riktighet og usikkerhet knyttet til gjennomsnittstallene. Det vises til rapporten "Observations on the nature of statistical distributions around sea lice count data from Norwegian salmon farms and their implications for interpretation of accuracies and uncertainties around estimates" (Jeong & Revie 2018) for en utdypende beskrivelse av resultatene (se vedlegg 4). Her gis et sammendrag av resultatene.

3.3.2.1 Innledning

I simuleringstudier, hvor lusetellinger utføres i et virtuelt oppdrettsanlegg, gjøres det mange antagelser angående luseforekomsten i merdene. For at slike simuleringer skal gi så virkelighetsnære resultater som mulig, er det viktig å kjenne til hvordan de ulike parameterne i modellene, som fordeling av lus mellom fisken, varians og gjennomsnittlig antall lus per fisk, henger sammen under ulike scenarioer. Innsikt i hvordan disse parameterne samvirker er en nødvendighet for mer eksakt å kunne beregne den statistiske usikkerheten i den estimerte luseforekomsten basert på lusetellinger.

Målet med denne studien var først, ved hjelp av feltdata, å undersøke fordelingskarakteristikken til reelle lusetellinger og sammenlikne denne med de teoretiske antagelse som ofte gjøres. Deretter ble kunnskapen fra undersøkelsen av feltdataene brukt i simuleringer for å undersøke hvordan nøyaktigheten til den estimerte luseforekomsten (basert på lusetellinger) varierer under ulike scenarier.

3.3.2.2 Metode

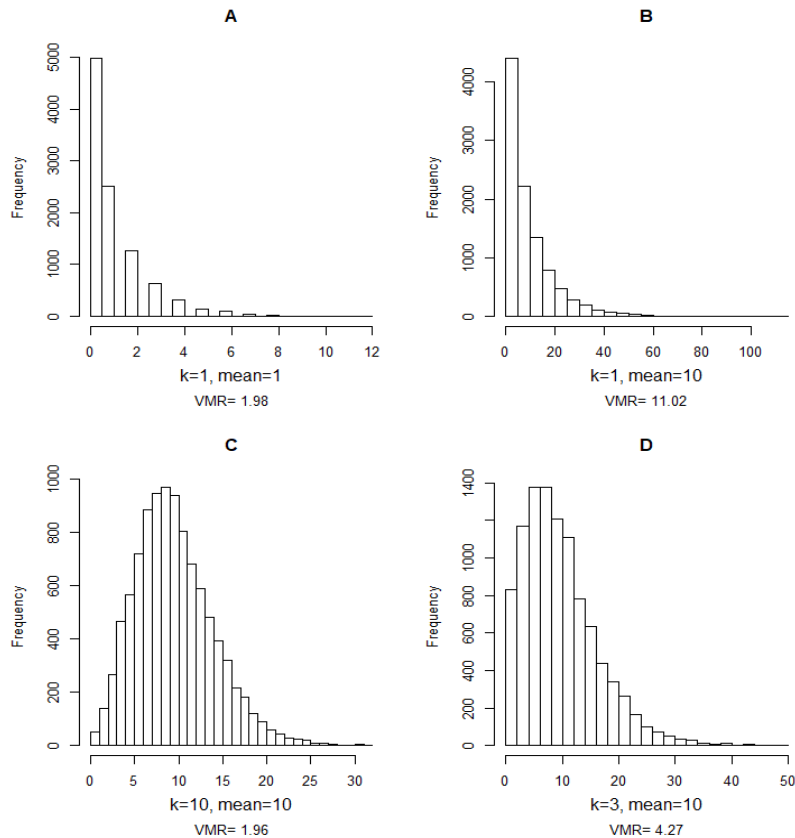
Lusetellinger fra 8 ulike oppdrettsanlegg ble brukt for å beskrive fordelingen av lus på fisken og, disse dataene ble så videre brukt i simuleringer for å nærmere undersøke sammenhengen mellom parameterne som fordeling, abundans (antall lus per fisk), og forholdet mellom varians og gjennomsnitt.

Det ble også utført simuleringer for å undersøke hvordan utvalgsstørrelser (av fisk) fra en virtuell merd påvirker den estimerte luseforekomsten ved ulike nivåer/verdier av gjennomsnittlig antall lus per fisk og fordelingen av lus på fisken (basert på fordelingsparameteren, k). Hovedmålsettingen til simuleringene var å undersøke hvordan nøyaktigheten til den estimerte luseforekomsten er relatert til utvalgsstørrelsen ved ulike fordelinger av lus (basert på fordelingsparameteren k) og gjennomsnitt. Hver analyse baserer seg på 10 000 simuleringer.

3.3.2.3 Resultater

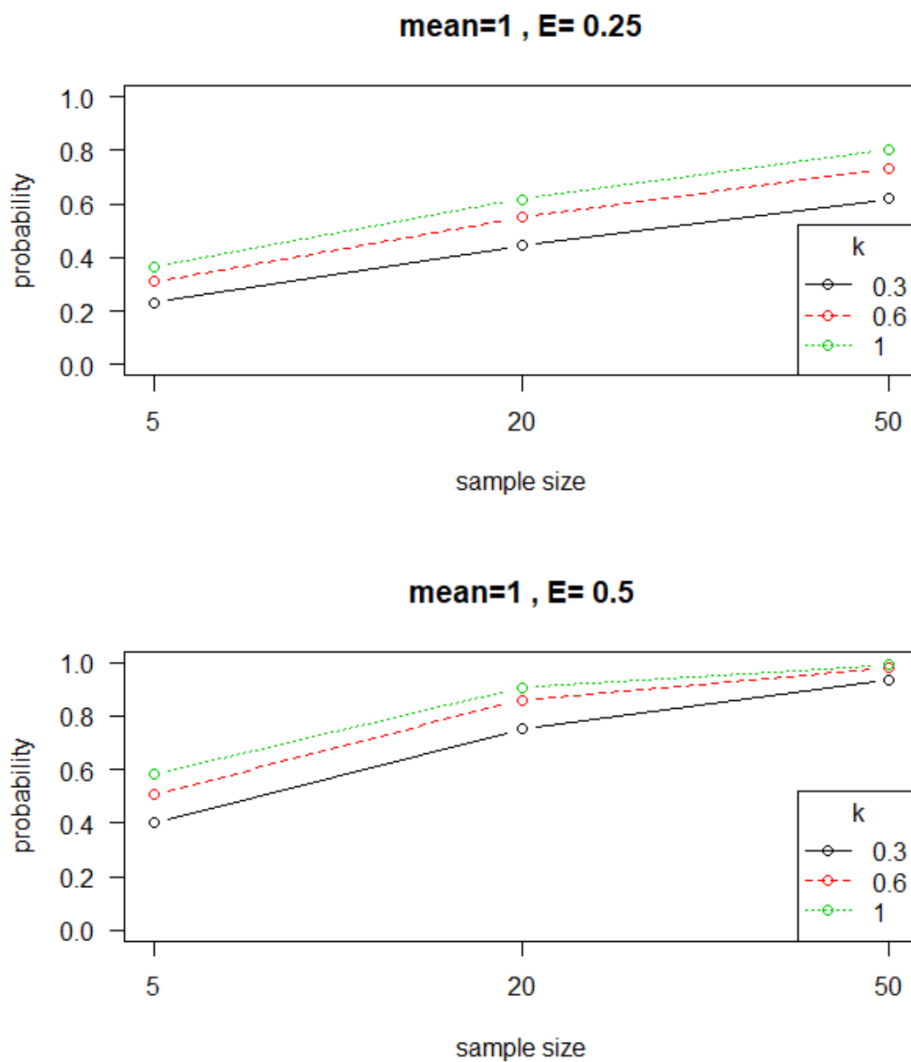
Analyse av feltdata: Fordelingen av lus på fisk ble i mange tilfeller beskrevet like godt av en Poisson-fordeling som av negativ binomialfordeling, men som forventet var Poisson-fordelingen i økende grad uegnet til å beskrive dataene når varians til gjennomsnitt-ratioen i datamaterialet økte. Det var imidlertid ikke i noen tilfeller nødvendig å modellere dataene ved hjelp av negativ binomialfordeling med innflytelse av nullverdier (såkalt null-inflasjon). Derfor ble negativ binomialfordeling valgt for videre simuleringsstudier.

Tidligere studier har vist at når det gjennomsnittlige antallet lus på fisken blir høyt, så blir fordelingen av lusa på fisken tilnærmet normalfordelt, dvs. at fordelingsparameteren k også øker (**Figur 4A og C**). Analysene i denne studien viste imidlertid at fordelingsparameteren k ikke økte med økende gjennomsnittsverdi, og at varians til gjennomsnitt-ratioen økte (**Figur 4A og D**). Dette betyr at selv ved høye gjennomsnittsverdier (opp til 10 lus per fisk) vil det å anta en normalfordeling kunne gi feilaktige tolkninger. Et utvalg k -parametere bør derfor bli brukt i simuleringsstudier. I tillegg bør graden av merd-til-merd forskjeller i lusetall bli vurdert sammen med fordelingsparameteren, da det er trolig at disse samvarierer på en systematisk måte.



Figur 4. En simulering ($N=10,000$) for å demonstrere det potensielle forholdet mellom k og gjennomsnittlig antall lus per fisk. Når situasjonen i **A** ($k=1$, gjennomsnitt =1) får en økning i gjennomsnittet, så vil fordelingsparameteren k enten forbli konstant (**B**) eller øke (**C**). Heuch mfl. (2011) foreslo at **A** blir til **C** når gjennomsnittet øker. Analysene i denne studien foreslår at **A** blir til **D**, som er et sted mellom **B** og **C**.

Nøyaktigheten til estimater av luseforekomst: Simuleringene viser på generell basis at nøyaktigheten til det estimerte lusetallet øker med en større utvalgsstørrelse (antallet fisk som undersøkes), men at effekten av å øke utvalgsstørrelsen varierer med graden av skjevfordeling av lusa på fisken (**Figur 5**). Estimatenes av gjennomsnittet er mer nøyaktige ved en begrenset skjevfordeling av lus mellom fisken (høy k) enn når skjevfordelingen er høy (lav k), og en høy nøyaktighet krever et større utvalg når skjevfordelingen er høy.



Figur 5. Nøyaktigheten i det estimerte gjennomsnittet. Simuleringene illustrerer sannsynligheten for å oppnå to ulike nivåer av nøyaktighet ($\pm E$) i estimert gjennomsnittlig lus per fisk gitt at det sanne gjennomsnittet er 1 lus per fisk ($\text{mean}=1$). Nøyaktighetsgrensene er $\pm 0,25$ (øverste panel) og $\pm 0,5$ (nederste panel) av det faktiske gjennomsnittet.

3.3.3 Ny beregningsmetode for lakselus på anlegg?

I AP3 har Veterinærinstituttet brukt en metode til å beregne produksjonen av infektive lakseluslarver per hunn lus ved ulike vanntemperaturer. Denne metoden kan gi grunnlaget for å beregne smitteproduksjonen av lakseluslarver fra en merd, et anlegg og et produksjonsområde. Det vises til notatet "Beregnet produksjon av smittsomme lakseluslarver" (Helgesen & Kristoffersen 2018) for en utdypende beskrivelse av beregningsmetoden (se vedlegg 5). Her gis et kort sammen- drag.

3.3.3.1 Innledning

I dag beregnes luseforekomst i oppdrettsanlegg som gjennomsnittlig antall voksne hunnlus per fisk. Dersom målet er å vurdere hvor anlegget ligger i forhold til definerte lusegrenser er målemetoden vurdert som nokså godt egnet. Hunnlus per fisk er imidlertid lite egnet til å si noe om miljøpåvirkningen fra det enkelte anlegg, siden påvirkningen på vill laksefisk og naboanlegg blant annet avhenger av antallet infektive luselarver som blir produsert i oppdrettsanlegget. Antallet infektive larver bestemmes i tillegg til luseforekomsten i anlegget også av antall fisk i anlegget og lusas utviklingsbiologi. Et lavt antall voksne hunnlus per fisk kan for eksempel gi høyere potensiell påvirkning enn et høyere antall dersom antallet fisk er høyere og/eller temperaturen mer gunstig. Målet med dette delstudiet var å vise hvordan lusetall, sammen med kunnskap om sjøtemperatur, lusebiologi og antallet fisk på anlegget, kan brukes for å beregne produksjonen av smittsomme luselarver, noe som er nærmere å representere den potensielle miljøkonsekvensen av luseforekomsten i anleggene.

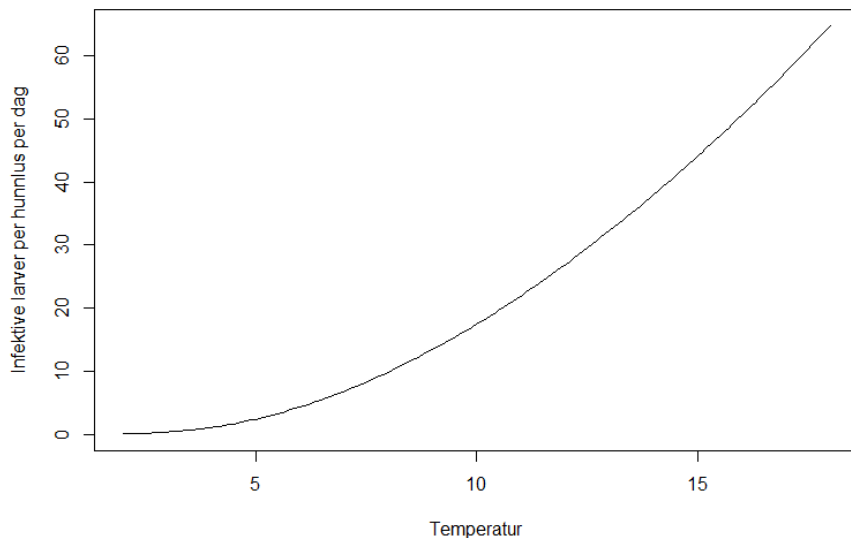
3.3.3.2 Metoder

For å beregne produksjonen av infektive larver per hunnlus gitt ulike sjøtemperaturer, er eksisterende formler og empirisk kunnskap som beskriver denne utviklingen lagt til grunn. En regner blant annet med at hver hunnlus produserer 300 egg per par med eggstrenger, at 17 % av naupliuslarvene dør per dag og at produksjonen av infektive larver kan beregnes ved ulike sjøtemperaturer. Verdiene som er brukt er hentet fra publisert litteratur, men ny kunnskap vil kunne føre til endringer i estimatene på larveproduksjon. For detaljerte beregninger se vedlegg 5.

På anleggsnivå beregnes produksjonen av luseegg per dag ved å multiplisere dagsproduksjon per lus med antall hunnlus totalt på anlegget. Disse eggene ble flyttet fram i tid; utviklingstiden fram til infektive larver, og multiplisert med dødelighet per dag. Ukesproduksjonen blir beregnet ved å addere dagsproduksjonene i én uke. Lusetallene per fisk i perioden som naupliuslarve, sjøtemperatur på tre meters dyp og antall fisk kan hentes fra tall rapportert til henholdsvis Mattilsynet og Fiskeridirektoratet.

3.3.3.3 Resultater

I henhold til beregningene blir det produsert 0,1 infektiv larve per hunnlus per dag når sjøtemperaturen er 2 grader, 17 når temperaturen er 10 grader og 65 når den er 18 grader (**Figur 6**). Disse beregningene er imidlertid svært avhengige av verdiene brukt for de ulike parameterne og antallet infektive larver vil øke proporsjonalt med individuell eggproduksjon. Beregninger for data fra 2016 for et tilfeldig valgt anlegg viser at produksjonen av infektive larver varierte langt mer enn det innrapporterte lusetallet på grunn av effekten av sjøtemperatur, og derfor også at luseantallet ikke representerer miljøpåvirkningen fra dette anlegget.



Figur 6. Antall infektive larver produsert per voksen hunnlus som en funksjon av sjøtemperatur.

Nøyaktig hvordan en best beskriver antall infektive luselarver per voksne hunnlus, som en funksjon av sjøtemperatur, vil kunne endre seg når en får mer kunnskap om lakselusas utviklingstid og reproduksjonskapasitet. Skal produksjon av infektive luselarver bli brukt til forvaltning av det enkelte oppdrettsanlegg i form av for eksempel utslippstillatelser, er det derfor viktig med et grundig forarbeid som resulterer i den modellen som best beskriver larveproduksjonen.

4 Diskusjon og konklusjon

Det overordnede målet for dette prosjektet var å etablere kunnskap som kan bidra til mer nøyaktig lusetelling. Arbeidet har basert seg på målrettede studier, både intervjuundersøkelser, feltforsøk og statistisk modellering. I tillegg er arbeidet basert på innspill fra representanter fra næringen formidlet i et arbeidsmøte som ble arrangert våren 2018. Vi har også tatt utgangspunkt i relevant eksisterende litteratur og kunnskap. Kunnskapen er oppsummert på en kortfattet måte i dette kapitlet, mens de viktigste forholdene som må tas hensyn til ved etablering av en eventuelt felles standardisert tellemetode er oppsummert som hovedfunn i kapittel 5.

4.1 Dialogmøte

Den 5. april 2018 ble det gjennomført et dialogmøte i Trondheim mellom prosjektdeltakerne og representanter for ulike næringsaktører, fiskehelseselskap, Mattilsynet og Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF). Totalt var det tilstede 26 representanter fra de ulike aktørgruppene på møtet. Status for alle arbeidspakkene i prosjektet ble presentert under møtet og representanter fra oppdrettsnæring, forvaltning og FHF hadde innlegg og presentasjoner. Møtet ble avsluttet med diskusjon og dialog om veien videre i prosjektet. Målet med møtet var å få fordypet kjennskap og status til erfaringene fra næringen selv, om deres rutiner for lusetelling og hvilke momenter de anså som viktige for å utføre en telling på en god måte, og hvilke forslag de eventuelt måtte ha til hva som kan forbedres.

4.2 Uttak av fisk

En forutsetning for et troverdig telleresultat er at fangstmetoden som brukes samler et representativt utvalg av fisk mht. antall lus på fisken. Flere faktorer kan bidra til at beregnet gjennomsnittlig lusetall for den enkelte merd ikke er riktig, f.eks. størrelsesselektiv fangst, innsamling av fisk kun på visse dybder, andelen taperfisk, kategorisering av hunnlus med og uten eggstrenger m.m. Antall fisk som må undersøkes for å få et tilstrekkelig godt estimat på gjennomsnittlig forekomst av lakselus i en merd, har vært diskutert og studert i lang tid (Revie mfl. 2007, Heuch mfl. 2011). Antall fisk som er nødvendig, er avhengig av flere forhold, blant annet fordelingen av lakselus på fiskene i en merd og hvor stort avvik fra det sanne lusetallet en kan tolerere.

Trengetid i orkastnot ser ikke ut til å være av særlig betydning for telleresultatet og tidspunkt på dagen og sted i merden synes heller ikke å være av betydning, i alle fall under de lusenivåene og værforholdene som var rådende under feltforsøket. Det er imidlertid usikkerhet om dybden for innsamling av fisk har betydning for hvor mye lus det er på fisken. I intervjuundersøkelsen svares det at estimatet for gjennomsnittlig antall lus på fisken kan være avhengig av dybden fisken er tatt fra. Det ble hevdet at fisk som står øverst i en merd har et høyere lusegjennomsnitt enn de som står dypere. Dette kan nok særlig gjelde merder som har brukt «luseskjørt» i lang tid etter utsett. I feltstudiet ble det brukt en orkastnot som fanger fisk ned til 7 m, men hvor fisken samtidig ble fôret. Fiskestørrelsen er imidlertid vist til å kunne variere med dyp i merden (Bui mfl. 2016). Det er dermed ukjent hvilket dyp den fangede fisken i feltforsøket kom fra.

4.3 Håndtering av fisk etter uttak

Fisk som skal telles for forekomst av lus må håndteres varsomt. Dette oppfattes nok som en selvfølge fordi det i tillegg til å unngå at lus faller av i bedøvelseskaret, er viktig for å unngå skjelltap og skader på fisken.

4.4 Bedøvelse av fisk

Etter innsamling overføres fisken til et kar med bedøvelse. Karene som brukes rommer vanligvis 300 liter og bedøvelsesmiddelet er enten Benzoak® eller Finquel® (MS-222). Vanligvis overføres fem fisk til bedøvelseskaret om gangen, men antallet vurderes ut ifra størrelsen på karet og størrelse på fiskene.

Etter telling av lus på fisk i en merd, som regel 10 eller 20 fisk, skal lus som har falt av i bedøvelseskaret telles og registreres. I den sammenheng bør underlaget som lusene skal telles på ha en farge som har best mulig kontrast til lusene slik at de blir lettere å oppdage og telle. I feltstudiet ble det brukt en blågrønn duk i bedøvelseskaret som var velegnet til oppsamling og telling av lus. Duken har som regel små hull/porer som vannet går ut gjennom når duken løftes sakte ut av bedøvelseskaret. I intervjuundersøkelsen opplyste vel halvparten at de brukte hvit eller grønn duk i bedøvelseskaret. Resten opplyste at de talte lus direkte i det grønne eller grå bedøvelseskaret, og at det ble brukt en eller annen form for sil som kunne samle opp lusene når karet ble tappet for vann. Det ble imidlertid bemerket at silen kunne bli tett og at man dermed kunne miste mye lus. Det er grunn til å anta at oppsamling av lus ved hjelp av en duk gir et bedre telleresultat enn telling av lus direkte i bedøvelseskaret og oppsamling av lus ved siling av avløpsvannet. Fargen på lakselusa kan variere mye fra lys gråbrun til mørkebrun, og for å oppnå best mulig kontrast mot duken eller bedøvelseskaret, bør fargen være lys, gjerne hvit.

I intervjuundersøkelsen svarte mange at de benyttet tellebord, mens andre snur og vender på fisken når de holder den med hendene. Det er ukjent om disse to måtene å holde fisken på er av betydning for telleresultatet, men det svares at man kan bli sliten utover dagen om fisken holdes i hendene. Dette kan i så fall påvirke telleresultatet. Når det skal telles mye fisk, og særlig under vanskelige værforhold, er det viktig med en god arbeidsstilling. Et tellebord kan være avlastende for armene.

4.5 Telling av lus

I intervjuundersøkelsen ble det svart at det kan være utfordrende å skille mellom de ulike lusestadiene og å skille mellom lakselus og skottelus. I feltstudiet der ulike metoder ble sammenlignet var det små forskjeller mellom den visuelle tellingen utført av Åkerblå AS og en mer nøyaktig telling ved hjelp av optiske hjelpemidler. Dette viser at personell med god kompetanse og gode arbeidsforhold klarer å finne de lusene som er på fisken. Samtidig kan det påpekes at utførende fiskehelsepersonell hadde god erfaring og det er ikke sikkert at kunnskapen er like god i alle oppdretts- og fiskehelseselskap langs hele kysten. Det er grunn til å tro at lus blir oversett, eller i det minste blir bestemt til feil stadium eller art. Det kan for eksempel være utfordrende å skille bevegelige stadier av skottelus fra bevegelige stadier av lakselus. En felles ordning for næringen med standardisert kursing av de som skal håndtere og telle lus på fisk bør derfor vurderes. Et slikt kurs bør også omfatte elektronisk registrering av lusedata (se Registrering og sikring av data).

I luseforskriften står det at voksen hunnlus skal rapporteres, og at det med voksen hunnlus menes kjønnsmoden hunnlus med eller uten eggstrenger. I tilknytning til telling av ulike lusestadier var ett av svarene i intervjuundersøkelsen at kjønnsmoden hunnlus har eggstrenger. Dette svaret kan indikere at enkelte betrakter og rapporterer voksne hunnlus uten eggstrenger som et bevegelig stadium. I så fall kan det rapporteres et for lavt estimat for gjennomsnittlig antall hunnlus i en merd og et oppdrettsanlegg.

I og med at ulike stadier hos skottelus blir telt, i alle fall bevegelige og voksne hunnlus, kan disse observerte stadiene av skottelus med fordel registreres på samme måte som for lakselus. Disse tallene kan senere komme til god nytte både for oppdrettere, forvaltning og forskning, særlig hvis det viser seg at skottelusa blir et økende problem langs deler av kysten.

I henhold til *forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* (Anon. 2012) skal lus som har falt av fisken i bedøvelseskaret også registreres. Tidvis kan en betydelig andel av lusene ha falt av fiskene i bedøvelseskaret eller på tellefiskene. Disse lusene skal være med i beregningen av gjennomsnittlig antall. Disse lusene bør rapporteres hver for seg og ikke legges til tallene for de telte fiskene for å sikre muligheten for god etterbruk av dataene (se Registrering og sikring av data).

4.6 Registrering og sikring av data

Det ligger mye informasjon i lusetallene som registreres på den enkelte fisk. Denne informasjonen kan brukes for å framskaffe ny kunnskap og lage nyttige verktøy for oppdrettere og bidra til mer presis forvaltning. Det er derfor viktig at alle lusetall for hver enkelt fisk blir registrert. Lusetall for flere fisk bør ikke slås sammen selv om dette gjør registreringen lettere og gir samme gjennomsnittstall. Lus som blir telt i bedøvelseskaret bør registreres separat på en måte som er sporbar i framtidige dataanalyser.

Alle fisk som tas ut tilfeldig fra en merd, bør telles, uavhengig av om det er en normalt stor fisk eller om det er liten fisk, en såkalt taper. I likhet med andre fiskeparasitter har lakselus som regel en klumpet fordeling på vertsfiskene. Det vil si at enkelte fisk har mange parasitter, mens de fleste fiskene har få parasitter. Det er observert at taperfisk i en merd har flere lakselus enn fisk i normalt hold (Heuch mfl. 2011). Dette har trolig sammenheng med at taperne lettere blir infisert og har dårligere motstandskraft enn andre fisk i populasjonen. Slike tapere er imidlertid viktige for parasittene og produksjonen av parasittavkom. Derfor må luseforekomsten på tapere også medregnes, og tapere bør ha samme sannsynlighet for å bli plukket opp for lusetelling som alle andre fisk. Andelen av tapere er som regel ukjent, men over tid er det grunn til å anta at uttaket av tapere i det tilfeldige uttaket av fisk gjenspeiler den faktiske andelen forutsatt at taperne ikke oppholder seg på steder som gjør at de ikke blir fanget til lusetelling eller blir fanget i større grad enn annen fisk. Det er derfor viktig at tapere, når de blir fanget, ikke blir utelatt i tellingen selv om enkelte tapere har mange lus.

4.7 Restusikkerhet

Statistiske analyser av lusedata fra norske oppdrettsanlegg viser at lakselus har en negativ binomial fordeling, også kalt klumpet fordeling, på oppdrettsfiskene og at spredningsparameteren øker ved økende gjennomsnittlig antall lus. Uansett om det telles lus på 20, 50 eller 100 fisk fra en merd vil beregnet gjennomsnittlig antall lus bare være et estimat som kan være forskjellig fra det riktige gjennomsnittet i merden. Dermed er det en sjanse for at man feilaktig konkluderer

med at det er en grenseoverskridelse, og oppdrettere kan derfor oppleve at reaksjoner fra forvaltningsmyndigheter fattes på feilaktig grunnlag. For å imøtekomme denne utfordringen foreslås det at det etableres et system med ulike regler der det bl.a. må være flere lusetellinger på rad med et observert gjennomsnitt over grensene for at det skal bli betraktet som en sann grenseoverskridelse. Det er imidlertid viktig å påpeke at et system som er designet for å minimere sannsynligheten for feilaktig å påstå at en grense er overskredet («falsk alarm») samtidig øker sannsynligheten for feilaktig å påstå at grensen ikke er overskredet («falsk frikjenning»), så lenge utvalgsstørrelsen ikke økes.

5 Hovedfunn

5.1 Konklusjon

Vi har i dette studiet oppsummert faktorer som kan påvirke telleresultatet, og dermed presisjonen til den estimerte luseforekomsten i lakseanlegg. Vi har også undersøkt noen av disse faktorene i feltforsøk, og våre resultater tyder på at de undersøkte faktorene ikke i vesentlig grad vil medvirke til stor usikkerhet i den estimerte luseforekomsten. Det er imidlertid en rekke andre faktorer som også kan tenkes å bidra til usikkerhet og systematiske feil i estimatene av forekomst av lus i lakseanlegg, og det er behov for mer kunnskap om disse for å kunne vurdere om det eventuelt er nødvendig å etablere en bransjestandard for telling av lus, samt hvordan en slik standard skal utformes. Utvikling av standardisert metodikk kan ha to formål. For det første kan en standard bidra til å øke tellenøyaktigheten ved at tellingen blir utført på en optimal måte. For det andre vil en standard innebære en kartlegging av hvordan metodeusikkerhet påvirker telleresultatet. Det vil imidlertid alltid være knyttet en statistisk usikkerhet til telleresultatet, som følge av utvalgsstørrelsen, men en standard vil med andre ord kunne bidra til en høyere presisjon i estimatene av luseforekomster, samt at disse blir mer sammenlignbare på tvers av anlegg og regioner.

Usikkerhet ved estimering av luseforekomst i lakseanlegg kan i hovedsak skyldes to forhold i tillegg til den rent statistiske, enten feiltelling av lus på fisken eller telling av lus for et ikke representativt utvalg av fisk. Intervjuundersøkelsen i AP1 viser at oppdrettselskapene har laget egne prosedyrer for hvordan selve lusetelling skal utføres, og at det kan derfor på detaljnivå være ulik praksis mellom ulike aktører. Generelt ser det ut til at oppdretts- og fiskehelseselskapene gjennomfører selve lusetellingene på en gjennomtenkt og systematisk måte. Det er likevel grunnlag for forbedringer og en harmonisering slik at lusetallene blir mer sammenlignbare. Det kan med fordel lages en bedre og felles opplæringsprosedyre for personell som skal gjennomføre lusetelling og det bør bli en lik forståelse for hvilke fisk som skal undersøkes og hvor i merden de skal samles inn fra. Vår egen undersøkelse viser at telling kan gjøres meget presist, i alle fall under optimale værforhold og ved lave forekomster av lus.

Selv om alle norske oppdrettsanlegg rapporterer forekomst av lakselus hver 7. eller 14. dag, avhengig av vanntemperatur, gjøres registreringer og innrapporteringen ulikt. Dette gjelder både registrering av lus på fisk som telles og lus som er telt i bedøvelseskaret. Dersom registreringene gjøres slik at all lus blir registrert på den fisken den ble funnet på, og lus fra karet blir registrert slik at de kan gjenfinnes i dataene, vil selskapenes egne lusetall bli et sterkere verktøy for å løse utfordringer knyttet til lakselus.

Den største usikkerhetskilden ved estimering av lus i lakseanlegg ligger trolig i at det ikke er praktisk gjennomførbart å telle lus på et tilstrekkelig høyt antall fisk. Med et relativt lite utvalg fra en skjev fordeling må nødvendigvis presisjonen i de estimerte luseforekomstene bli begrenset, og alltid være beheftet med en viss statistisk usikkerhet. Vi har i dette prosjektet evaluert et enkelt handlingsregelsystem, med utgangspunkt i antallet fisk som skal telles pr merd i henhold til dagen regelverk, for hvordan en kan bruke flere lusetelling på rad til å minimere sjansen for feilaktig å konkludere med en overskridelse av lusegrensen («falsk alarm»). Det er imidlertid viktig å være klar over at et slikt system samtidig vil øke sjansen for feilaktig å konkludere med at grensen ikke er overskredet, når den i virkeligheten er det («falsk frikjening»).

Vi har videre vurdert en tilnærming for beregning av det reelle utslippet av infektive lakseluslarver fra oppdrettsanlegg der lakselusas biologi og vanntemperaturen er hensyntatt. Denne tilnærmingen vil være bedre egnet for å vurdere miljøeffekten av forekomst av lus i anlegg enn kun

forekomst av kjønnsmoden hunn lus, siden både biomasse av fisk i anlegget og overlevelse av larver fram til det infektive stadiet blir hensyntatt.

Vi har i dette prosjektet summert opp momenter som kan inngå i en standardisert metodikk for lusetelling (**Tabell 3**). Noen av disse momentene er allerede standardisert i lakselusforskriften (<https://lovdata.no/forskrift/2012-12-05-1140>), mens det for andre momenter er behov for mer kunnskap for å vurdere om disse er nødvendig å standardisere. Etablering av bransjestandarder er ikke nødvendigvis et egnet tema for FoU-prosjekter, selv om det fortsatt er behov for mer empirisk kunnskap for å kunne forbedre tellemetoden og øke nøyaktigheten. Utvikling av standarder innebærer syntese av alle typer kunnskap, både forsknings- og erfaringsbasert, gjennom aktiv dialog med næringen, og forutsetter dermed, foruten en realistisk tidsramme, også faglig kompetanse innen standardiseringsprosesser.

En standardisert metodikk for lusetelling vil imidlertid ikke nødvendigvis innebære bruk av en felles tellemetode, siden det kan være hensiktsmessig at ulike metoder brukes under ulike betingelser. En bransjestandard kan heller dermed være et harmonisert sett med metoder som brukes under definerte betingelser, med formål å telle lus i et tilfeldig og representativt utvalg av fisk på en så nøyaktig måte som mulig. I et slikt tilfelle er det imidlertid svært viktig at man kjenner de statistiske egenskapene (usikkerhet og forventningsskjevhet) til de aktuelle metodene, og hvordan telleresultatene påvirkes av forhold under tellingen, for å kunne foreta en kvalifisert vurdering av telleresultatene, samt sammenlikne disse på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå.

5.2 Kunnskapsbehov

Gode og representative estimat på luseforekomst i oppdrettsanlegg er avhengig av 1) at utvalgene er representative, 2) at lus telles tilstrekkelig ofte for et representativt utvalg av fisk og 3) at selve tellingen er nøyaktig uten systematiske feil eller skjevheter. Hvilke måleparametere som bør brukes for å estimere luseforekomsten er videre avhengig av om en skal vurdere 1) behov for tiltak på anleggsnivå eller 2) potensielle miljøeffekter i form av negativ påvirkning på vill laksefisk.

Det er forsket forholdsvis mye på utvalgsstørrelse, og dagens system som innebærer at 20 fisk fra hver merd i et anlegg telles regelmessig er en avveining mellom nøyaktighet/representativitet og gjennomførbarhet (e.g. Jimenez mfl. 2011). Nøyaktigheten vil øke med større utvalgsstørrelse, men dette er vurdert å være vanskelig og ressurskrevende å gjennomføre i praktisk oppdrettsvirksomhet. Kriteriene for utvalg av fisk for lusetelling forutsetter imidlertid at luseantallet på hver fisk er noenlunde romlig likt fordelt innen merden og at metodene som brukes til å ta ut fisken ikke selekterer på fisk med lite eller mye lus. Vi har i dette prosjektet økt kunnskapen om uttak av fisk, hvor i merden og tid på dagen fisken ble samlet inn, men det er fortsatt behov for å teste de ulike typene redskap som blir brukt til å ta ut fisk. Eksisterende kunnskap tyder også på at det kan være variasjon i lusepåslag mellom fisk som oppholder seg på ulike dyp i merden (Hevrøy mfl. 2002, Folkedal mfl. 2012, Nilsson mfl. 2013, Bui mfl. 2016) og mellom merder med og uten skjørt, men i hvilken grad dette påvirker nøyaktigheten ved estimering av luseforekomst på merdnivå er fortsatt usikkert.

Tabell 3. Delprosesser og momenter som kan inngå i en standardisert metode for lusetelling

Delprosesser	Standardiseringsmomenter
Uttak av fisk	<ul style="list-style-type: none"> ○ Antall fisk pr merd ○ Antall merder ○ Uttaksmetode - spesifikasjon på redskap ○ Uttaksmetode - når og hvordan bruke ulike metoder ○ Maksimum trengetid for orkastnot ○ Minimum antall fisk i orkastnot
Håndtering av fisk etter uttak	<ul style="list-style-type: none"> ○ Spesifikasjon på håv eller annen redskap ○ Rutiner for skånsom håndtering
Bedøvelse	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bedøvelsesmiddel og doser ○ Maks bedøvelsestid ○ Spesifikasjon på bedøvelseskar ○ Spesifikasjon på duk i bedøvelseskar eller annet system for oppsamling av lus ○ Rutiner for vasking av duk
Lusetelling	<ul style="list-style-type: none"> ○ Felles og standardisert opplæringskrav/kurs ○ Rutiner for håndtering av fisk ○ Spesifikasjon på tellebord ○ Minimumskrav til belysning og andre miljøforhold ved telling ○ Spesifikasjon av andre tekniske hjelpemidler ved telling ○ Definisjon på taperfisk og om de skal telles ○ Rutiner for kontrolltelling/nabotelling/koordinering med profesjonelle telleteam
Registrering og sikring av data	<ul style="list-style-type: none"> ○ Protokoll for registrering av stadier og arter ○ Protokoll for registrering av lus som faller av ○ Registreringsmåte, elektronisk og felles skjema ○ Dokumentasjon av miljøforhold/arbeidsforhold

I hvilken grad selve tellingen av lus på fisken kan være unøyaktig er lite undersøkt, selv om det finnes både dokumentert og erfaringsbasert kunnskap om dette hos de ulike næringsaktørene. Det er antakelig flere årsaker til at det finnes lite publisert viten om dette, men ett poeng er at det er tids- og ressurskrevende å utføre denne typen undersøkelser. Det vil for eksempel være behov for ytterligere undersøkelser under varierende forhold og ved høyere lusetettheter. Dette er nødvendig for i tilstrekkelig grad å kunne kvantifisere den statistiske usikkerheten som er knyttet til selve telleprosedyren. Denne usikkerheten hensyntas når luseforekomst i anlegg estimeres. Såfremt lus telles på et representativt utvalg fisk og usikkerheten knyttet til lusetelling ikke varierer for mye ved ulike forhold og over tid, vil registrering av gjennomsnittlig antall voksne hunnlus per fisk være en nokså godt egnet måleparameter dersom målet er å vurdere status i forhold til definerte lusegrenseverdier. Antallet hunnlus per fisk er imidlertid lite egnet til å vurdere potensiell miljøpåvirkning fra det enkelte anlegg. Vi har i dette prosjektet foreslått at beregning av utslipp av infektive luselarver vil være et bedre alternativ for å vurdere miljøpåvirkning, og at lusas utviklingsbiologi så vel som variasjon i miljøparametere bør tas hensyn til når reelt utslipp

i tid og rom estimeres. Det er her et stort behov for å øke den empiriske kunnskapen i forhold til hvordan variasjon i lusebiologi og miljøforhold vil påvirke det faktiske utslippet av larver i tid og rom.

Vi har i dette prosjektet også diskutert en mulig tilnærming for hvordan forvaltningen kan håndtere usikkerheten i lusetellingen for å unngå å feilaktig konkludere med overskridelser av lusegrensene. Denne tilnærmingen er basert på teoretiske analyser av reelle data fra næringen, og består av et sett med enkle «handlingsregler». Dette systemet er imidlertid avhengig av at forutsetningene gitt i beregningene stemmer, og ser også kun på hvordan en kan minimere sannsynligheten for feilaktig å påstå at en grense er overskredet («falsk alarm»), når en ikke har andre feilkilder eller usikkerhetsfaktorer enn «ren» utvalgsvariasjon. Når denne sannsynligheten (for falsk alarm) minimeres må nødvendigvis sannsynligheten for feilaktig å påstå at grensa ikke er overskredet øke («falsk frikjenning»), så lenge ikke utvalgsstørrelsen økes. Hvordan eventuelle konsekvenser av disse to typene av feil vektlegges vil være avgjørende for vurdering av om tiltak er nødvendige.

6 Leveranser – foredrag på konferanser

Finstad, B., Solberg, I. & Sivertsgård, R. 2018. Utvikling av standardisert tellemetodikk og beregning av luseforekomst i anlegg. Arbeidsgruppemøte lakselus, Bergen, 25.04.2018.

Finstad, B. 2018. Knowledge for increased precision in sea lice counting on fish farms and estimation of occurrence. Aqua 2018. European Aquaculture Society/World Aquaculture Society, Montpellier, Frankrike, 25-29.08. 2018.

Helgesen, K. 2017. Better salmon lice management through improved understanding of salmon lice counts. European Association of Fish Pathologists (EAFP), Belfast, Irland, 04.09.2017.

Helgesen, K. 2018. Hvordan forvalte rigide lusegrenser ved hjelp av usikre lusetall? Havbruk, Oslo 19.04.2018.

7 Referanser

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140?q=lakselus>.

- Bui, S., Oppedal, F., Stien, L. & Dempster, T. 2016. Sea lice infestation level alters salmon swimming depth in sea-cages. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 429-435
- Elmoslemany, A., Whyte, S.K., Revie, C.W. & Hammell, K.L. 2013. Sea lice monitoring on Atlantic salmon farms in New Brunswick, Canada: Comparing audit and farm staff counts. *Journal of Fish Diseases* 36: 241-247.
- Finstad, B. & Bjørn, P.A. 2011. Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. I: *Salmon Lice: An Integrated Approach to Understanding Parasite Abundance and Distribution*. (Jones, S. & Beamish, R. eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK: 281-305.
- Folkedal, O., Stien, L.H., Nilsson, J., Torgersen, T., Fosseidengen, J.E. & Oppedal, F. 2012. Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. *Aquatic Living Resources* 25: 143-149.
- Gargan, P.G., Kelly, F.L., Shephard, S. & Whelan, K.F. 2016. Temporal variation in sea trout *Salmo trutta* life history traits in the Erriff River, western Ireland. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 675-689.
- Gjerde, B., Lein, I. & Tanase, C. 2016. Telling av lakselus. Nofima rapport 34: 1-16.
- Heuch, P.A., Gettinby, G. & Revie, C.W. 2011. Counting sea lice on Atlantic salmon farms — Empirical and theoretical observations. *Aquaculture* 320: 149-53.
- Hevrøy, E.M., Boxaspen, K., Oppedal, F., Taranger, G.L. & Holm, 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.
- ISO 16541:2015. Methods for sea lice surveillance on marine finfish farms.
- Jansen, P.A., Kristoffersen, A.B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M. & Stien, A. 2012. Sea lice as a density-dependent constraint to salmon farming. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 2330-2338.
- Jimenez, D., Heuch, P.A. & Brun, E. 2011. Evaluering av lusetellingsprotokoll og bioassay for nedsatt følsomhet mot lusemidler. Veterinærinstituttet Rapport 9.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen Nr.14-2016. 137 sider. ISSN 1893-4536 (online).
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A., Sandvik, A.D., Sægvog, H., Ugedal, O., Vollset, K.W. & Myksvoll, M.S. 2017. Vurdering av lakselusindustri villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2016 og 2017. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning. ISBN 978-82-8088-414-5, 64 sider.
- Nilsson, J., Folkedal, O., Fosseidengen, J.E., Stien, L.H. & Oppedal, F. 2013. PIT tagged individual Atlantic salmon registered at static depth positions in a sea cage: Vertical size stratification and implications for fish sampling. *Aquacultural Engineering* 55: 32-36.
- Revie, C.W., Hollinger, E., Gettinby, G., Lees, F. & Heuch, P.A. 2007. Clustering of parasites within cages on Scottish and Norwegian salmon farms: alternative sampling strategies illustrated using simulation. *Preventive Veterinary Medicine* 81: 135-147.
- Serra-Llinares, R.M., Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M. & Asplin, L. 2014. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian National Salmon Fjords. *Aquaculture Environmental Interactions* 5(1):1-16.

- Serra-Llinares, R.M., Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R. & Asplin, L. 2016. Nearby farms are a source of lice for wild salmonids: a reply to Jansen et al. (2016). *Aquaculture Environment Interactions* 8: 351-356.
- Thorstad, E.B., Todd, C.D., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Vollset, K.W., Halttunen, E., Kålås, S., Uglem, I., Berg, M. & Finstad, B. 2015. Effects of salmon lice on sea trout - a literature review. *Aquaculture Environment Interactions* 7: 91-117.
- Vollset, K.W., Krontveit, R.I., Jansen, P.A., Finstad, B., Barlaup, B.T., Skilbrei, O.T., Krkošek, M., Romunstad, P., Aunsmo, A., Jensen, A.J. & Dohoo, I. 2016. Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries* 17: 714-730.
- Vollset K W, Halttunen E, Finstad B, Bjørn P A, Dohoo I (2017) Salmon lice infestations on sea trout predicts infestations on migrating salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2354-2363.
- Vollset, K.W., Dohoo, I., Karlsen, Ø., Halttunen, E., Kvamme, B.O., Finstad, B., Wennevik, V., Diserud, O.H., Bateman, A., Friedland, K.D., Mahlum, S., Jørgensen, C., Qviller, L., Krkošek, M., Åtland, Å. & Barlaup, B.T. 2018. Food for thought: Disentangling the role of sea lice on the marine survival of Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science* 75 (1): 50-60.

8 Vedlegg

1. AP1: Thorvaldsen, T., Frank, K. & Sunde, L.M. 2018. Lusetellinger i lakseoppdrett. En beskrivelse av dagens status. SINTEF Rapport 2018:00483. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2496606>
2. AP2: Berntsen H.H., Sivertsgård, R., Uglem, I., Pettersen, O., Frank, K., Solberg, I. & Finstad, B. 2018. Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg. NINA rapport 1544. Norsk institutt for naturforskning. <http://hdl.handle.net/11250/2560987>
3. AP 3.1: Helgesen, K.O. & Kristoffersen, A.B. 2018. Telling av lakselus - Hvordan forstå og håndtere usikkerheten i telleresultatene. Veterinærinstituttet Rapport 22-2018. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2018/telling-av-lakselus-hvordan-forsta-og-handtere-usikkerheten-i-telleresultatene>
4. AP 3.2: Jeong, J. & Revie, C.W. 2018. Observations on the nature of statistical distributions around sea lice count data from Norwegian salmon farms and their implications for interpretation of accuracies and uncertainties around estimates. UPEI Report. Ikke tilgjengelig.
5. AP 3.3: Helgesen, K.O., & Kristoffersen, A.B. 2018. Beregnet produksjon av smittsomme lakseluslarver. Veterinærinstituttet. Rapport 21-2018. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2018/beregnet-produksjon-av-smittsomme-lakseluslarver>

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3279-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger