

Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg

Henrik Hårdensson Berntsen, Rolf Sivertsgård, Ingebrigt Uglem, Oskar Pettersen, Kevin Frank, Ingrid Solberg, Bengt Finstad



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.

Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg

Henrik Hårdensson Berntsen
Rolf Sivertsgård
Ingebrigt Uglem
Oskar Pettersen
Kevin Frank
Ingrid Solberg
Bengt Finstad

Berntsen, H.H., Sivertsgård, R., Uglem, I., Pettersen, O., Frank, K., Solberg, I. og Finstad, B. 2018. Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg. NINA Rapport 1544. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, august 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3282-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Ola Ugedal, NINA

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Tor F. Næsje (sign.)

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

OPPDRAUGSGIVERS REFERANSE

Prosjektnummer: 901411.

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Kjell Maroni, FHF

FORSIDEBILDE

Bengt Finstad

NØKKELOORD

- Lakselus
- Forekomst
- Oppdrett
- Kartlegging
- Telling
- Tellenøyaktighet
- Uttak av fisk
- Sammenlikning

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

Berntsen, H.H., Sivertsgård, R., Uglem, I., Pettersen, O., Frank, K., Solberg, I. og Finstad, B. 2018. Testing av metodikk for å registrere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg. NINA Rapport 1544. Norsk institutt for naturforskning.

For å overvåke forekomst av lakselus i oppdrettsanleggene er oppdretterne pålagt å telle lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på fisken i henhold til *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*, også kjent som lakselusforskriften. Dagens regelverk for gjennomføring av lusetelling på oppdrettsfisk åpner imidlertid 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 produksjonsområder. For å etablere en standardisert og etterprøvbart metode for lusetelling er det behov for å bedre kunnskapsgrunnlaget vedrørende faktorer som har betydning for nøyaktigheten av telleresultat. Målet med dette studiet var derfor å undersøke om og eventuelt hvordan relevante elementer som inngår 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, 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 og finansiering.

Vi undersøkte om faktorer knyttet til fanging og uttak av fisk som trengetid og tid på dagen, har betydning for resultatet av lusetellingen, samt hvordan størrelsen på fisken varierte med tellerekkefølgen gjennom dagen. I tillegg ble det undersøkt hvordan en rekke tekniske, miljømessige og menneskelige faktorer kan påvirke utførelsen av selve lusetellingen og 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 grundigere kontrolltelling.

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 påfølgende 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 ble holdt i hendene, og vendt på, før tellingen ble avsluttet på et lusetellebord. Det ble registrert antall skottelus (*Caligus elongatus*) og lakselus av fastsittende, bevegelige og kjønnsmodne stadier på hver laks. For skottelus ble alle stadiene samlet i en telling. Tidsbruken for hver fisk var mellom 1,0 og 1,5 minutt ved den ordinære lusetellingen.

For hver fjerde fisk som ble tatt ut ble det i tillegg utført en mer grundig telling, heretter kalt 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 etterkant av hvert orkast.

På grunn av usedvanlige stabile værforhold i forsøksperioden, med lite vind, rolig sjø, svært gode lysforhold og ingen nedbør, var variasjonen i de ulike miljøfaktorene for liten til at eventuelle

påvirkninger på 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 den registrerte luseforekomsten 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 lusefri. 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. Ved ett av anleggene økte størrelsen på den undersøkte laksen 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.

Lusetallene fra den ordinære tellingen, inkludert alle stadier av lakselus og skottelus, var totalt sett nesten de samme som registrert i den mer grundige kontrolltellingen. 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 visa versa under de rådende forholdene. Resultatene fra denne undersøkelsen viser dermed at den talte forekomsten av voksne hunnlus vil være forholdsvis sikre dersom lusetellingene foretas under optimale telleforhold 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.

Sammenliknes resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltellingen på enkeltfisk var det imidlertid vesentlige avvik i lusetellingene for om lag 12 % av de undersøkte fiskene, og antallet lus per fisk var i tilnærmet likt omfang både høyere og lavere for disse fiskene ved den ordinære tellingen. Hvorvidt tellenøyaktigheten vil være annerledes ved høyere lusetettheter enn for det som var tilfellet under gjennomføringen av dette forsøket, vet vi ikke.

Denne undersøkelsen har kun fokusert på noen relevante parametere som kan tenkes å påvirke telleresultatet under optimale forhold og i anlegg med relative lave lusetettheter. Ytterligere undersøkelser under mer varierende forhold og ved høyere lusetettheter er nødvendig for å kunne kvantifisere den generelle usikkerheten som er knyttet til ordinære lusetellinger slik det er gjennomført i denne undersøkelsen.

Henrik Hårdensson Berntsen, Rolf Sivertsgård, Ingebrigt Uglem, Oskar Pettersen, Ingrid Solberg, Bengt Finstad

Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim,
e-post: henrik.berntsen@nina.no, rolf.sivertsgard@no, ingebrigt.uglem@nina.no,
oskar.pettersen@nina.no, ingrid.solberg@nina.no, bengt.finstad@nina.no.

Kevin Frank,

Sintef Ocean, Postboks 4762 Torgarden, 7465 Trondheim,
e-post: kevin.frank@sintef.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Materiale og Metode	9
2.1 Forsøkslokaliteter	9
2.2 Uttak av fisk	9
2.3 Telling av lakselus	11
2.3.1 Ordinær telling	11
2.3.2 Kontrolltelling	11
2.4 Registrering av miljøparametere	12
2.5 Registrering av menneskelige faktorer	13
2.6 Problemstillinger og statistiske analyser	14
3 Resultater	15
3.1 Miljømessige faktorer under lusetelling	15
3.2 Analyse av variasjon i lusetall ved ordinær telling.....	15
3.2.1 Fordeling av lakselus i og mellom oppdrettsanlegg	15
3.2.2 Variasjon i lusetall som følge av fanging- og uttaksprosedyre	17
3.2.2.1 Variasjon i lusetall med orkastnummer.....	17
3.2.2.2 Variasjon i lusetall med trengetid i orkast før lusetelling	18
3.2.2.3 Variasjon i lusetall med telletidspunkt.....	19
3.2.3 Utvalg av fisk til lusetelling	20
3.3 Validering av tellepraksis – tellenøyaktighet og feilklassifisering av lus	21
3.3.1 Luseforekomst	21
3.3.2 Antall lus og lusestadier	22
3.3.3 Feilklassifiseringer av lusestadium	24
4 Diskusjon.....	26
5 Konklusjon	28
6 Referanser	29
7 Vedlegg	31

Forord

Målsettingen med denne rapporten har vært å teste og sammenlikne ulike metoder som brukes for å estimere forekomst av lakselus i oppdrettsanlegg.

Denne rapporten er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og inngår i prosjektet «Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst» (Prosjektnr. 901411). Det ledes av NINA og utføres i samarbeid med SINTEF Ocean AS og Veterinærinstituttet.

Først vil vi takke FHF ved Kjell Maroni for finansiell støtte til denne undersøkelsen. En takk går også til styringsgruppa for dette prosjektet som har bestått av Henny Førde (Måsøval Fiskeoppdrett AS), Kjetil Ørnes (Grieg Seafood ASA) og Marit Stormoen (Marine Harvest ASA). Videre en takk til Åkerblå AS ved Malene Waage Skår, Marius Hamre, Andreas Skagøy, Ragnhild Aukan, Heidi Dyrgrav, Ellen Marie Sætre og Barbo Klakegg, som har vært en god underleverandør til prosjektet. Samuel Jack Poultney (NINA) og Ane Vigdisdatter Nytrø (NTNU) takkes for arbeidet med registrering av luseforekomst. Vi takker Terje Bremsvåg, Torfinn Solvang og Magnus Oshaug Pedersen ved SINTEF Ocean AS. Så en takk til SalMar ASA som har støttet SINTEF ACE gjennom å stille med to av sine lokaliteter, utstyr og mannskap for oss. Hos Måsøval Fiskeoppdrett AS fikk vi prøve ut bruken av stor-håv ved innfangning av fisk fra merd, noe vi satt pris på. Så vil vi takke alle som kom på dialogmøtet på NINA-huset fra styringsgruppa, oppdrettsnæringen, fiskehelseselskap, Mattilsynet og FHF.

Ingrid Solberg hadde permisjon under deler av prosjektet, så Rolf Sivertsgård tok over hennes rolle under permisjonen.

Trondheim, 31.08.2018

Bengt Finstad, Ingrid Solberg og Rolf Sivertsgård

Prosjektledere

1 Innledning

For å holde oversikt over lusestatusen, er oppdretterne pålagt å telle lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på fisken i henhold til forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg («Lakselusforskriften») (Anonym 2012). Dagens metoder for å telle lus på oppdrettsfisk varierer og kan bidra til usikkerhet rundt den rapporterte forekomsten av lus mellom merder, lokaliteter og produksjonsområder (Heuch mfl. 2011, Jimenez mfl. 2011, Gjerde mfl. 2016, Grøntvedt & Maroni 2018). For å etablere en standardisert og etterprøvbart metode for lusetelling er det behov for å bedre kunnskapsgrunnlaget rundt faktorene som har betydning for telleresultatet. Dette inkluderer bedre dokumentasjon over hvilke metoder som brukes eller bør brukes, og hvilke faktorer som påvirker kvaliteten og derav representativiteten til telleresultatene.

Selv om Lakselusforskriften stiller krav til hvordan gjennomføringen av lusetellingen skal foregå, åpner den også for bruk av ulike metoder uten en entydig anbefaling (Anonym 2012). På bakgrunn av dette, samt innsamling av informasjon og bruk av egen erfaring utarbeider de ulike oppdrettsselskapene egne interne prosedyrer for beste praksis for lusetelling. Siden dette kan gi forskjellig praksis mellom selskapene, kan det også påvirke representativiteten til lusetallene som rapporteres. Selv om et selskap har en felles telleprosedyre så betyr heller ikke det nødvendigvis lik praksis på detaljnivå på anleggene (Thorvaldsen mfl. 2018). Det kan også være ulike faktorer som påvirker tellemetodene mellom anlegg og selskap, noe som kan være vanskelig å kontrollere i prosedyrene. Selv om prosedyrene er utarbeidet med hensyn til mange av disse faktorene, kan det likevel være vanskelig for selskapene å vite om og i hvor stor grad aktuelle faktorer påvirker kvaliteten av telleresultatet, blant annet siden valideringsstudier mangler. De potensielt viktigste påvirkningsfaktorene inkluderer antall fisk og merder som telles, hvilke merder som undersøkes, utvalg- og uttaksprosedyren av fisk og kvaliteten på selve tellingen (Heuch mfl. 2011, Jimenez mfl. 2011, Folkedal mfl. 2012). Det vil alltid være en viss variasjon i luseantall mellom fisk i samme merd, og mellom merder, lokaliteter og produksjonsområder over tid. Denne forskjellen skyldes trolig variasjon i antall fisk eller biomasse i anleggene, ulik praksis ved bruk av rensefisk og andre behandlingsmetoder og tidspunkter, bruk av skjørt til skjerming mot lus, forskjellige strømmønstre innen eller mellom områder og påvirkning fra naboanlegg. Det er imidlertid antatt at usikkerheten ved lusetelling reduseres om antall fisk og merder som telles økes.

Lakselusforskriften åpner for bruk av ulike metoder for innfangning av fisk, forutsatt at utvalget er representativt (Anonym 2012). Hvorvidt og i hvilken grad ulike uttaksmetoder påvirker telleresultatet er lite undersøkt, men bruk av ulike metoder kan antageligvis føre til en viss variasjon i estimert lusetall (Folkedal mfl. 2012, Grøntvedt & Maroni 2018, Thorvaldsen mfl. 2018). Faktorer som kan føre til usikre estimat av lusetall ved bruk av ulike uttaksmetoder er variasjon i adferd og fordelingen av laks i merden, noe som blant annet er relatert til fiskestørrelse/tetthet, bruk av skjørt eller rensefisk, strømmønstre, temperatur, saltholdighet, lysintensitet, sultenivå, fôringsmetode, tid på året, andel taperfisk og syk fisk (Heverøy mfl. 2003, Johansson mfl. 2007, Jones 2009, Heuch mfl. 2011, Folkedal mfl. 2012, Oppedal mfl. 2011, Stien & Oppedal 2011, Stien mfl. 2012, Nilsson mfl. 2013, Johansson mfl. 2014, Samsing mfl. 2014, Bui mfl. 2016, Oldham mfl. 2017, Thorvaldsen mfl. 2018).

Det er også mulig at kvaliteten på lusetellingene ikke er god nok fordi variasjoner som skyldes tekniske, miljømessige og menneskelige faktorer påvirker utførelsen av selve tellingen (Gjerde mfl. 2016, Thorvaldsen mfl. 2018). I henhold til Lakselusforskriften skal fisken tas opp og undersøkes individuelt, og lus som faller av i bedøvelseskaret skal også telles. Hvor godt tilrettelagt det er hos den enkelte oppdretter for å sikre god lusetelling, varierer mellom

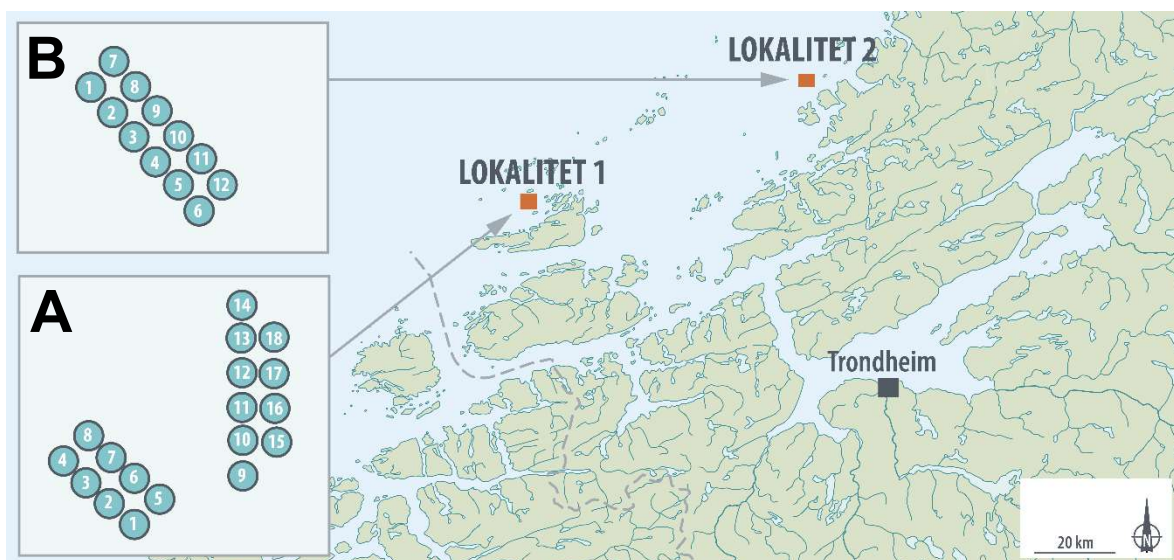
oppdrettsanlegg og mellom oppdrettsselskapene (Thorvaldsen mfl. 2018). Mangel på standardisering er blant annet et resultat av et behov for å tilpasse metodikken til varierende forhold. De ulike tilnærmingene er imidlertid kun i begrenset grad kryssvalidert, til tross for at dette skjer i noen regioner gjennom såkalt nabotellinger og ved bruk av profesjonelle fiskehelseleverandører. En annen årsak til variasjon i lusetellemetodikk er behovet for å redusere håndteringen av fisk, og optimalisering av driftsrutinene.

Målet med dette studiet var å undersøke om og eventuelt hvordan noen av metodene som brukes under dagens lusetelling blir påvirket av relevante faktorer, og gjennom dette bidra til optimalisering av metodikken for lusetelling. 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 gjennom et dialogmøte med ulike aktører fra oppdrettsnæringen, fiskehelse, Mattilsynet og FHF valgt ut noen relevante faktorer som det var hensiktsmessig og mulig å undersøke innen prosjektets tidsramme og økonomi. Vi har valgt å undersøke om trengetid og tid på dagen har betydning for lusetellingen, samt om en rekke tekniske, miljømessige og menneskelige faktorer påvirker utførelsen av selve tellingen og implisitt også telleresultatet. Vi har også undersøkt om rutinemessig eller ordinær telling av lus «på merdkanten» gir et representativt bilde av forekomsten av lakselus og skottelus gjennom å sammenligne resultater fra ordinær telling med nøyere kontrolltelling.

2 Materiale og Metode

2.1 Forsøkslokaliteter

Forsøket ble gjennomført i fire merder ved to oppdrettsanlegg på Trøndelagskysten i perioden 02.05 – 01.06.2018 (**Figur 1AB**). Merdene hadde en omkrets på 157 meter og 7 meter dype skjørt (se **vedlegg 1**). I det ene anlegget var snittvekten på fisken i de to merdene 3,0 kg, mens snittvekten i de to merdene i det andre anlegget var henholdsvis 1,7 og 3,0 kg. Merder med forskjellige størrelse på fisk ble undersøkt for å se om laksens vekt/lengde påvirker telleresultatet både innen og mellom merder/anlegg.

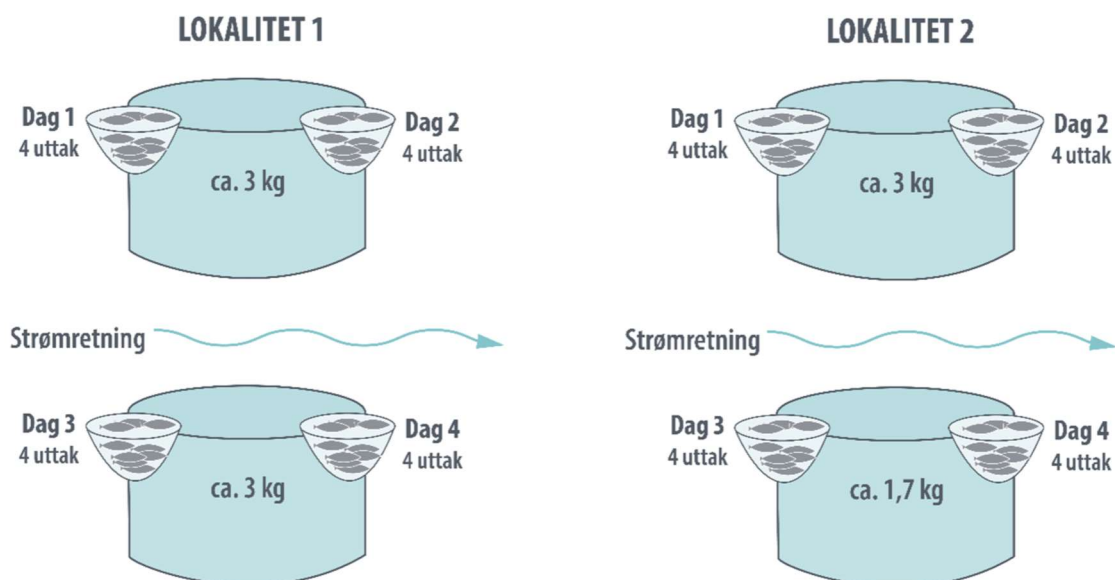


Figur 1. **A** Anleggskonfigurasjon og merdnummer på Lokaltet 1. I Merd 3 ble orkastet brukt i posisjonene vest og nord/øst på merda, mens for merd 15 ble posisjonene vest/sør-vest og øst på merda. **B** Anleggs-konfigurasjon og merdnummer på lokalitet 2. I merd 10 ble orkastet satt i posisjonene sør og nord på merda, mens for merd 4 ble orkastet brukt sør og nord/vest på merda.

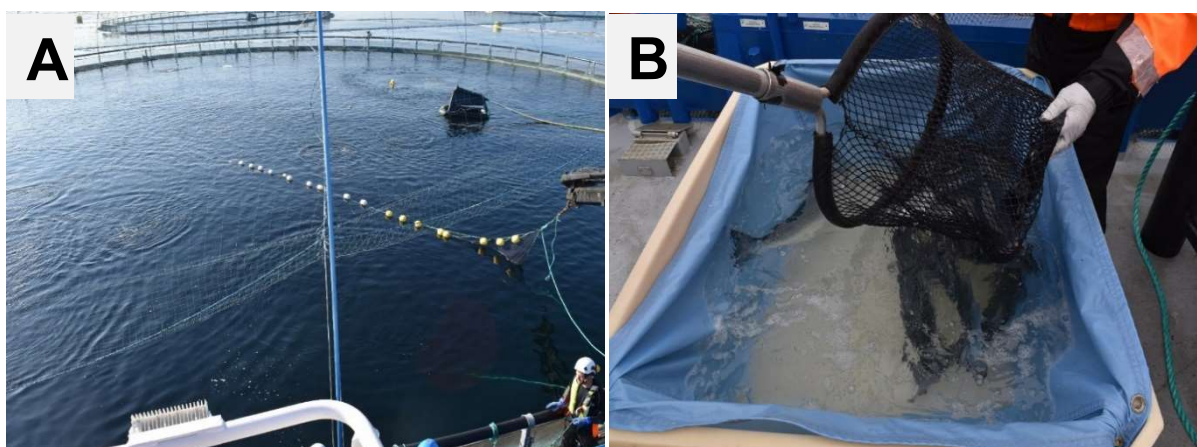
2.2 Uttak av fisk

Uttak av fisk ble foretatt ved hjelp av orkastnot (lengde 13 meter og dybde 7 meter) (**Bilde 1A**). Storhåv ble testet innledningsvis i forsøket, men antallet fisk som ble fanget var for lavt i forhold til innsats til at storhåv ble ansett som en aktuell og realistisk uttaksmetode. En årsak til at storhåv ikke fungerte tilfredsstillende kan være at fisken stod forholdsvis dypt i merdene. Fisken ble føret som normalt under forsøket. Før trenging ble det i tillegg håndført for å tiltrekke laks og for å få fisken til å stige opp i vannmassene slik at orkastnota fangstet bedre. Personell fra oppdrettsanlegget trengte fisken med orkastnota etter etablert prosedyre i selskapet. I hver av merdene ble det utført 8 trenginger med orkastnot, og 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 (**Figur 2**). Etter at fisken var trengt sammen ble orkastnota strammet opp i begge ender og festet til rekkverket på gangbanen, slik at nota formet en pose for å holde fisken i en tetthet som anleggets røkkerne mente var vanlig ved deres

lusetellinger. Trengetiden ble registrert fra når orkastnota var satt ut og trengingen begynte. Samtidig som trenginga startet ble luft- og vanntemperatur, vind- og lysforhold registrert (se avsnitt 3.4). Laksen i orkastnota ble overført til bedøvelseskaret (400 liter) med en langskaftet håv i grupper på 10 (**Bilde 1B**). Fisken ble bedøvd med Benzoak (ca. 60ml/300 liter sjøvann) og bedøvelsesløsningen ble skiftet ut etter to orkast.



Figur 2. Det ble telt og plukket lus fra laks i 2 merder på hver av de 2 lokalitetene, med 4 orkast à 40 fisk på henholdsvis oppstrøms og nedstrøms side av merdene, eller med andre ord 8 orkast på hver lokalitet.

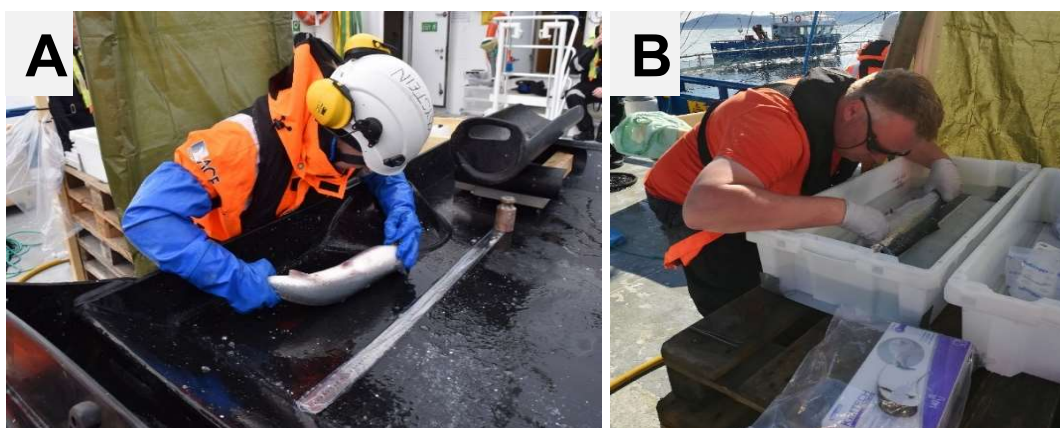


Bilde 1. **A.** Orkastnota er satt og det er like før trenging, **B.** Laksen ble håvet fra orkastnot til bedøvelseskar med duk.

2.3 Telling av lakselus

2.3.1 Ordinær telling

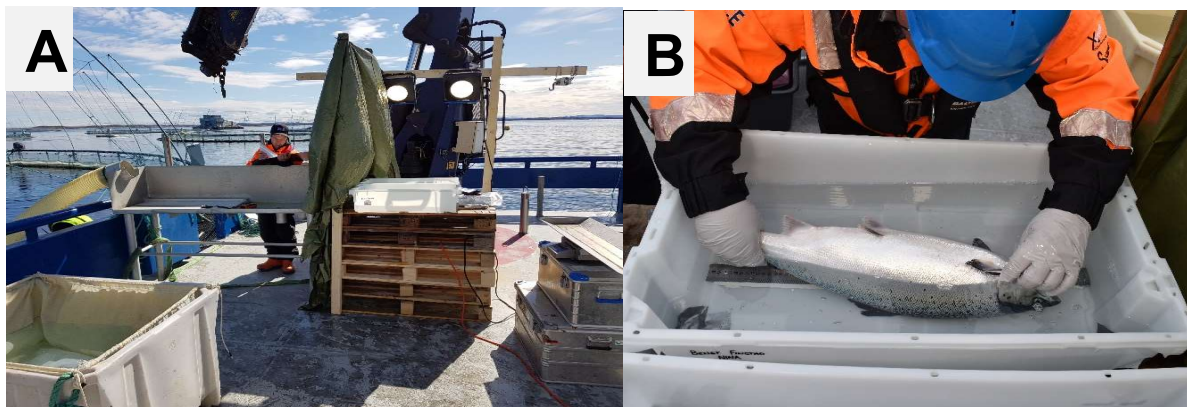
En fiskehelsebiolog fra Åkerblå AS gjennomførte først en ordinær lusetelling som involverte at fisken ble holdt i hendene, og vendt på, før tellingen fortsatte på et lusetellebord (**Bilde 2A**). Det ble registrert antall skottelus (*Caligus elongatus*), fastsittende stadier, bevegelige stadier og kjønnsmodne stadier av lakselus på hver laks. All laks som ble undersøkt ble lengdemålt til nærmeste centimeter. Tidsbruken for hver fisk var mellom 1 og 1,5 minutt, noe som anses som normal telletid. Telleresultatet ble registrert mellom hver fisk av en medhjelper. Hver fjerde laks som ble undersøkt av Åkerblå AS, ble etter telling umiddelbart sendt videre til kontrolltelling (se avsnitt 3.3.2). All fisk ble satt tilbake til merden etter telling. Etter hvert uttak på 10 laks ble duken i bedøvelseskaret tatt ut og lus i duken telt av Åkerblå AS. Duken i bedøvelseskaret ble byttet mellom hvert uttak à 10 fisk med en duk som var spylt ren.



Bilde 2. **A** En ansatt fra Åkerblå teller lakselus, **B**. En ansatt fra NINA foretar kontrolltelling umiddelbart etter ordinær telling

2.3.2 Kontrolltelling

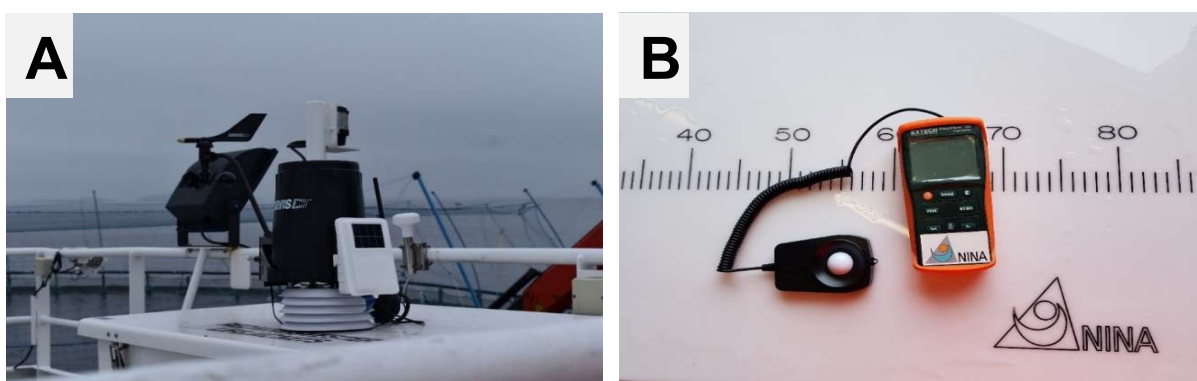
Etter ordinær lusetelling ble hver fjerde fisk overført til et tellebord med en hvit plastbakk som var halvveis fylt med rent sjøvann (**Bilde 2B** og **3B**). Kontrolltelling ble foretatt i umiddelbar nærhet (mindre enn 2 meter) av den ordinære tellingen for å redusere håndteringen av fisken mellom tellingene. Telling i vann gjorde det lettere å se enkelte lusestadier, samt at fisken ble enklere å håndtere enn ved telling i luft. I sjøvann synes det som om de fastsittende lusestadiene «reiser seg» noe opp fra fisken og dermed blir lettere å se. Telling i vann vil videre bidra til å sikre optimal fiskevelferd siden fisken ble håndtert i lengre tid enn det som er vanlig ved normal lusetelling. Lus som falt av under kontrolltelling var enkle å se mot det hvite underlaget, og ble inkludert i telleresultatet. Optimal belysning ble sikret ved bruk av to sterke LED-lamper (LED 6600, 80W) med hvitt lys plassert like over den hvite bakken. Det ble i tillegg brukt polariserte solbriller med gule linser for å sørge for optimal kontrast mellom lus og fisk. All lus som var på fisken under kontrolltelling ble plukket av med en pinsett og lagt i individuelle prøveglass med 96% etanol for senere analyse av stadier og art under stereolupe etter Johnson & Albright (1991), Piasecki (1996) og Hamre mfl. (2013). Den kontrolltelte fisken ble veid til nærmeste 10 gram direkte etter tellingen. Kontrolltelling ble gjennomført av samme person, og antall lus og vekt ble registrert av en medhjelper.



Bilde 3. A. Fisken ble først overført til bedøvelseskaret før den ble overført til tellebordet for ordinær lustelling. Deretter ble fisken overført til kontrolltellebordet mindre enn 2 meter unna der hvor den ordinære tellingen ble utført. To kraftige LED-lamper ga god overbelysning ved kontrolltelling. **B.** Laksen ble lagt i en hvit plastbakk fylt med sjøvann for kontrolltelling.

2.4 Registrering av miljøparametere

Både vær og vannforhold ble registrert under forsøket. Metrologiske parametere ble målt ved starten av hver trenging ved hjelp av en værstasjon (Davis Vantage Pro2) og inkluderte vindhastighet og retning, barometertrykk, nedbør og temperatur. Lysforholdene på tellebordet som ble benyttet av personell fra Åkerblå AS ble målt med en Extech EasyView EA30 lysmåler (**Bilde 4**). Det ble videre brukt en 600 kHz, ADCP fra NORTEK til å måle strømforhold ved anleggene (**Bilde 5**). Strømmåleren ble montert i ca. 8m dybde top-down på tau, med et lodd i ca. 30m dybde, og konfigurert med 0,5m blanking distanse, 2m celle-størrelse, 240s samplingsintervall og 120s gjennomsnittsintervall. Forventet presisjon i horisontal hastighet var 2.2cm/s ved gitte innstillinger. Strømmåleren logget kontinuerlig gjennom hele arbeidsdagen. Salinitet og temperatur ble målt ved hjelp av en YSI Castaway CTD ned til 25m. Profiler ble tatt minst tre ganger hver dag; morgen, lunsj og ettermiddag. For å måle lys i vannsøylen ble en HOBO® Pendant® Temperature/Light Data Logger, brukt på dybdene 3, 5, 7 og 12 meter.



Bilde 4. A. Davis Vantage Pro2 komplett værstasjon som måler temperatur og luftfuktighet, vindretning og hastighet samt regn. **B.** Extech EasyView EA30 lysmåler som ble brukt for å måle lysforhold på lusetellebordet.



Bilde 5. A. viser strømmåleren som ble brukt. **B.** Avlesing av salinitets- og temperaturdata.

2.5 Registrering av menneskelige faktorer

Etter hver fullførte lusetelling for et orkast, dvs. etter 40 undersøkte fisk, ble fiskehelsebiologen fra Åkerblå intervjuet om forhold som anses å påvirke lusetellingen. Intervjuet bestod av fem spørsmål som omhandlet blant annet hvor lenge lusetelleren hadde arbeidet og hvor opplagt denne følte seg, samt hvilke miljøfaktorer lusetelleren mente hadde påvirket lusetellingene (se **vedlegg 2**). Spørsmålene var:

1. Hvor mange timer har du jobbet til nå?
2. Hvor utfordrende oppfattet du tellingen og identifiseringen av stadier og arter?
 1. Lett
 2. Ganske lett
 3. Verken eller
 4. Vanskelig
 5. Svært vanskelig
3. Hvilke følgende faktorer spilte en rolle for hvor lett/vanskelig du oppfattet tellingen?
 1. Mengde lys
 2. Værforhold
 3. Bevegelse på båt
 4. Lusemengde
 5. Lusestørrelse
 6. Konsentrasjon
 7. Tid på døgnet
 8. Ingen faktorer
4. Hvor opplagt oppfattet du deg i denne tellerunden?
 1. Svært opplagt
 2. Opplagt
 3. Verken eller
 4. Lite opplagt

5. Sliten/Utmattet

5. Opplevd bevegelse på båt denne tellerunden.

1. Ingen
2. Lite
3. Noe
4. Mye
5. Svært mye

2.6 Problemstillinger og statistiske analyser

Som nevnt over var målet med forsøket i denne arbeidspakken å undersøke hvordan antallet lus som telles på fisken påvirkes av ulike faktorer relatert til ordinær telling av lakselus på oppdrettsanlegg. Dette gjelder faktorer som prosesser rundt uttak av fisk fra merd, tidspunktet for telling, dagsvariasjoner i lusetall innenfor og mellom merder ved samme anlegg, miljøforhold og tellenøyaktigheten til lusetelleren.

I tillegg til å beskrive fordelingen av lus i og mellom merder innenfor og mellom de to oppdrettsanleggene har vi valgt å rette analysen inn mot to hovedproblemstillinger. I den første delen vil vi se på hvordan lusetellingene (les. antallet lus på fisken) utført ved ordinær telling varierer med faktorer knyttet til fanging- og uttak av fisk, hvor en forventer at gjennomsnittlig antall lus per fisk minsker med økt trengetid og tellerekkefølge innen hvert uttak fordi fisken kan miste lus under trengingen. Det ble videre undersøkt om antall lus per fisk og fiskens størrelse varierte i forhold til tid på dagen, eventuelt som følge av at tellemannskapet ble mindre konsentrert over tid.

I den andre delen av analysene ser vi på tellenøyaktighet og feilklassifisering av lusestadier ved å sammenligne telleresultatene fra den ordinære tellingen med kontrolltelling.

All databehandling og alle statistiske analyser er utført i programvaren R versjon 3.4.4 for Windows (R Core Team 2018). Variasjonen i antallet lus er analysert med generaliserte lineære modeller (GLM). For Lokalitet 1 beskrev en Poisson-fordeling fordelingen av dataene best, mens ved Lokalitet 2 gav negativ binomial fordeling den beste beskrivelsen av fordelingen til dataene. Variasjon i størrelse på fisk ble analysert med lineær regresjon. I alle statistiske modeller er relevante interaksjoner mellom forklaringsvariablene inkludert, dvs. det er kontrollert for variasjonen mellom uttaksdager innenfor samme merd og mellom merder, og modellene er stegvis forenklet gjennom fjerning av ikke-signifikante variabler basert på *Likelihood-ratio* tester ($p > 0,05$). Mer detaljerte beskrivelser av de ulike analysene er gitt i de aktuelle avsnittene under. Alle analysene er utført for hver lokalitet separat. Vi presenterer ikke detaljerte resultater fra alle analysene, og fokuserer først og fremst på hovedeffektene. Detaljer fra analysene vil imidlertid bli gjennomgått hvor dette er nødvendig for å forklare relevante forhold. Hvis det ikke er presisert så er alle verdier som presenteres basert på rådata og ikke parameter-estimer fra de statistiske modellene.

3 Resultater

3.1 Miljømessige faktorer under lusetelling

De målte miljøparametrene antas å kunne påvirke lusetellingene på ulike måter. Under tellingene ved de to ulike oppdrettsanleggene var imidlertid værforholdene meget gode og stabile, med lite vind og lettskyet pent vær med gode lysforhold. Dette er optimale forhold for lusetelling og gjorde selve lusetellingene og arbeidet rundt dette enkelt å utføre, noe som også kommer fram gjennom svarene fiskehelsebiologen fra Åkerblå AS gir på spørsmålene i spørreskjemaet vedrørende eventuell variasjon i menneskelige faktorer under lusetellingen (**vedlegg 2**). En oversikt over registrerte miljøfaktorer som værforhold, lysforhold, salinitet, temperatur og strømforhold i de undersøkte merdene er gitt i **vedlegg 1**.

På grunn av fraværet av vesentlig variasjon i de målte miljøparametrene, sammen med lusetellers beskrivelse av disse parameterens påvirkning på lusetellingen, har vi i analysene av lusetellingene utelatt å undersøke effekten av disse forklaringsvariablene. Dette pga. at disse variasjonene ikke bidro til å forklare noe av variasjonen i telleresultatene.

3.2 Analyse av variasjon i lusetall ved ordinær telling

Det ble registrert skottelus og tre grupper med lakselusstadier under lusetellingene. Ettersom det kun er forekomsten av lakselus som rapporteres til Mattilsynet og som dermed er relevant for oppdrettsnæringen har vi i dette avsnittet valgt å kun inkludere lakselus. Informasjon om fordelingen av både lakselus og det totale lusepåslaget inkludert skottelus i de ulike merdene ved de ulike lokalitetene er beskrevet i **tabell A3.1-A3.5** i **vedlegg 3**.

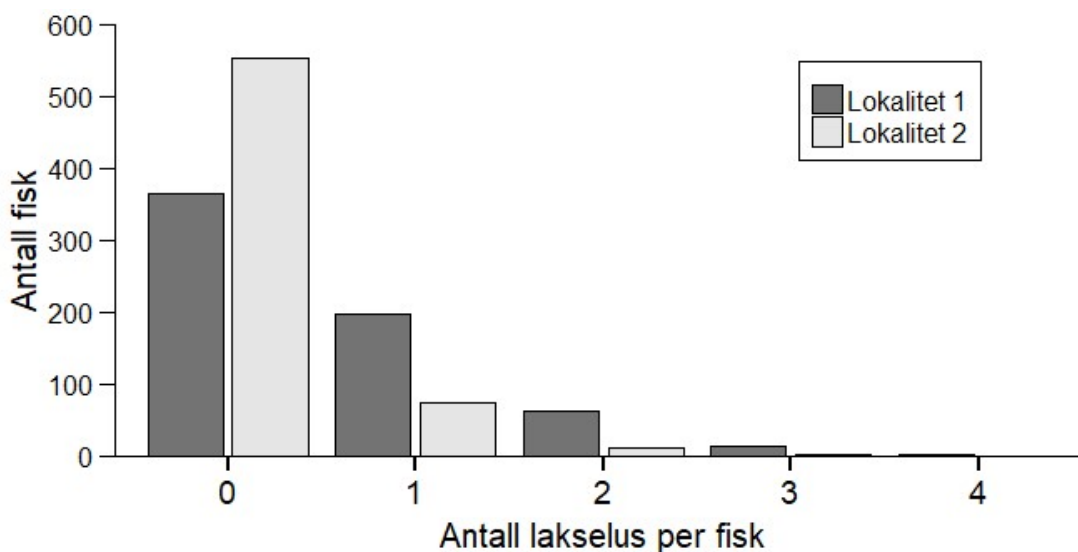
3.2.1 Fordeling av lakselus i og mellom oppdrettsanlegg

Antallet lakselus per fisk varierte fra null til fire ved Lokalitet 1, og fra null til tre ved Lokalitet 2 (**Figur 3**). Ved Lokalitet 1 var 43 % (275 av 640) av den undersøkte laksen infisert av lakselus, mens 13,4 % (86 av 640) av laksen ved Lokalitet 2 hadde påslag av lakselus (se **Tabell A3.1** i **vedlegg 3**).

Det var ingen signifikant forskjell i det gjennomsnittlige antall lus per fisk mellom uttaksdagene innenfor de to merdene (GLM: $p > 0,1$) ved Lokalitet 1, men gjennomsnittet mellom de to merdene var forskjellig (GLM: $p = 0,048$). Det var ingen forskjell i det gjennomsnittlige antallet lus per fisk mellom uttaksdagene innenfor de to merdene eller mellom de to merdene ved Lokalitet 2 (for alle GLM: $p > 0,1$) (se **Tabell A3.1** i **vedlegg 3** for en mer detaljert informasjon om fordeling av lus innenfor og mellom merder). Størrelsen (lengden) på fisken hadde ingen innflytelse på lusepåslaget (for begge lokaliteter, $p > 0,1$). Det gjennomsnittlige antallet lakselus per fisk av det totale antallet undersøkte fisk ved Lokalitet 1 var høyere enn det ved Lokalitet 2, og var på henholdsvis 0,58 og 0,15 (GLM: $p < 0,001$) (**Tabell 1**).

Det ble totalt registrert 370 lakselus ved Lokalitet 1 og 99 lakselus ved Lokalitet 2 (**Tabell 1**). Ved begge anleggene utgjorde bevegelige stadier av lakselus mesteparten av den talte lusen (64,3 % ved Lokalitet 1 og 64,6 % ved Lokalitet 2). Fastsittende stadier og kjønnsmodne hunnlus utgjorde henholdsvis 18,8 % og 16,9 % av den registrerte lakselusa ved Lokalitet 1, mens de

tilsvarende andelene ved Lokalitet 2 var på 13,1 % og 22,2 %. Det gjennomsnittlige antallet kjønnsmodne hunnlus per fisk var på 0,10 ved Lokalitet 1 og 0,03 ved Lokalitet 2 (**Tabell 1**).



Figur 3: Det totale antallet fisk ved Lokalitet 1 og Lokalitet 2 som hadde ingen eller ett gitt antall lakselus ved ordinær telling. Antall undersøkt fisk ved hver lokalitet er 640.

Tabell 1: Antallet lakselus av ulikt stadium og gjennomsnittlig antall lus per fisk i parentes på den undersøkte fisken ved Lokalitet 1 og Lokalitet 2. Antall undersøkt fisk ved hver lokalitet er 640.

Lusestadium	Lokalitet 1	Lokalitet 2
Fastsittende	69 (0,11)	13 (0,02)
Bevegelige	237 (0,37)	64 (0,10)
Kjønnsmoden hunnlus	64 (0,10)	22 (0,03)
Totalt	370 (0,58)	99 (0,15)

I henhold til lakselusforskriften skal lus som faller av fisken under bedøvelse også telles og inkluderes i beregningen av lusepåslaget i merden (Anonym 2012). Totalt ble det registrert 55 lakselus i bedøvelseskar etter telling ved Lokalitet 1 og åtte lakselus i bedøvelseskar etter tellingene ved Lokalitet 2 (**Tabell 2**). Inkludert antallet lakselus som har falt av fisken i bedøvelseskaret blir det gjennomsnittlige antallet lus (alle stadier) per fisk ved Lokalitet 1 0,66 (425 lus på 640 fisk) og 0,17 (107 lus på 640 fisk) ved Lokalitet 2 (**se Tabell 1, 2**).

Tabell 2: Antallet lakselus talt på fisk og det totale antallet lakselus talt i bedøvelseskar gruppert etter lusestadium og lokalitet. Hvor stor andel av lusen som er talt i bedøvelseskaret utgjør av det totale antallet lus (antallet på fisk + antallet i kar) er også vist.

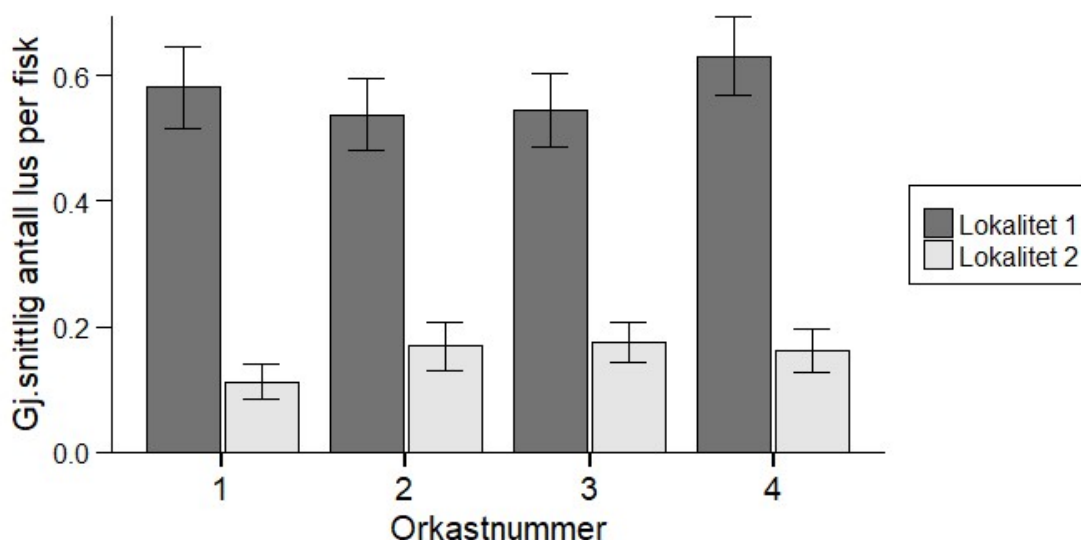
	Antall lus på fisk	Antall lus i kar	% i kar av total
Lokalitet 1			
Fastsittende	69	2	2,9
Bevegelige	237	52	21,9
Kjønnsmoden hunnlus	64	1	1,6
Lokalitet 2			
Fastsittende	13	0	0
Bevegelige	64	7	10,9
Kjønnsmoden hunnlus	22	1	4,5

3.2.2 Variasjon i lusetall som følge av fanging- og uttaksprosedyre

Uttaket av fisk til lusetelling foregikk som forklart i puljer organisert i fire orkast i en merd, med fire uttaksrunder av fisk innenfor hvert orkast. Hvert orkast i hver merd er dermed spredt ut i tid over hver dag og det samme er uttaksrundene innenfor og på tvers av orkast. Det er derfor viktig å merke seg at de ulike faktorene som er tenkt å ha en innflytelse på lusetellingene, som rekkefølge på orkast, tiden fisken utsettes for trenging, tidspunktet på dagen fisken undersøkes og hvilken fisk som undersøkes når på dagen, ikke er uavhengige og innflytelsen av de blir dermed vanskelig å skille. Disse faktorene representerer alle på hver sin måte tellerekkefølgen på fisken gjennom dagen. Vi har derfor valgt å se nærmere på fire sammenhenger, hver for seg, som alle er knyttet til problemstillingene som er relevante for lusetellingen ved oppdrettsanlegg. Analysene er utført separat for hvert oppdrettsanlegg.

3.2.2.1 Variasjon i lusetall med orkastnummer

Vi har ikke analysert hvordan gjennomsnittlige antallet lus per fisk innenfor hvert enkelt orkast forholder seg til andre orkast, men hvordan lusetallene varierer i forhold til rekkefølgen på orkastene, da disse representerer en tidslinje. Gjennomsnittlig antall lakselus per fisk for hvert oppdrettsanlegg varierte fra 0,54 til 0,63 ved Lokalitet 1 og 0,11 og 0,17 ved Lokalitet 2 mellom de ulike notkastene (**Figur 4**), men det var ingen statistisk signifikant endring i det gjennomsnittlige antallet lakselus per fisk med økende orkastnummer, hverken innen eller mellom merder ved Lokalitet 1 eller ved Lokalitet 2 (for alle, GLM: $p > 0,1$).

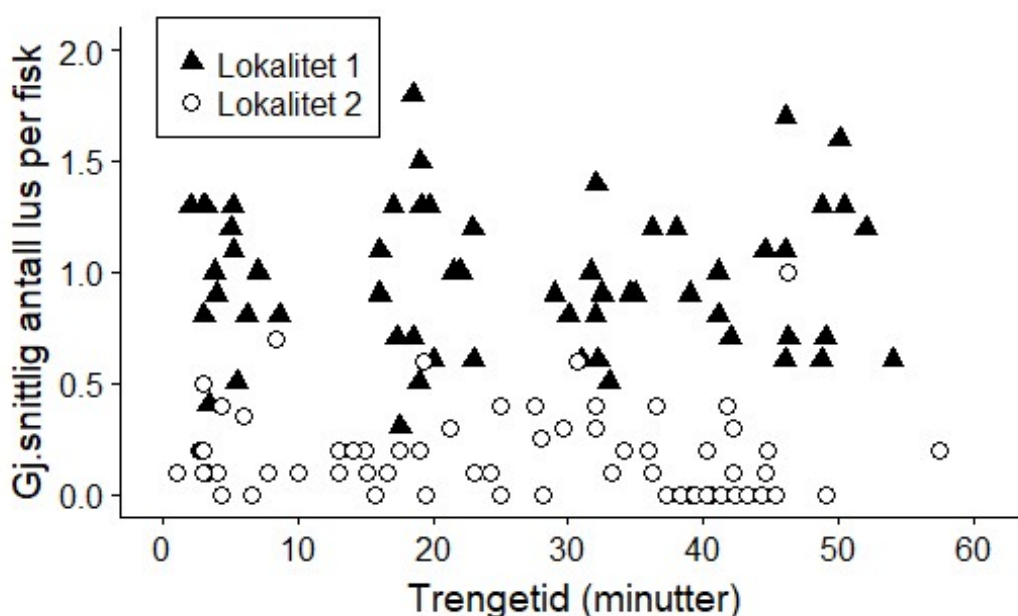


Figur 4: Gjennomsnittlig antall lakselus per fisk (+/- standardfeil) innenfor orkastnummer ved hvert av de to oppdrettsanleggene.

3.2.2.2 Variasjon i lusetall med trengetid i orkast før lusetelling

Tiden som laksen trenses i orkastnota før uttak kan tenkes å ha en effekt på lusetallene, ettersom fisken kan miste lus som følge av fysisk kontakt med notveggen og/eller andre fisk. For å undersøke dette så vi på variasjonen i det gjennomsnittlige antallet lus per fisk mot tiden fisken hadde tilbrakt i orkastnota (trengetiden) fram til uttak og lusetelling. Dette tilsvarer det å se på forskjellen i luseantallet per fisk innenfor uttaksrunde innenfor orkast, men hvor forklaringsvariabelen er kontinuerlig, og dermed bedre representerer de faktiske forholdene med hensyn til tidsbruk som råder under ordinær lusetelling.

Trengetiden strakk seg fra tre minutter til 54 minutter under tellingene ved Lokalitet 1 og fra to minutter til 57 minutter under tellingene ved Lokalitet 2. Det var ingen antydning til sammenheng mellom trengetid før lusetelling og det gjennomsnittlige antallet lus per fisk, ved noen av lokalitetene (for begge, GLM: $p > 0,4$) (**Figur 5**). Videre undersøkte vi også hvorvidt antallet av de ulike lusestadiene varierte med trengetiden, men det var ingen sammenheng mellom trengetiden og gjennomsnittlige antallet lus av ulikt stadium per fisk ved noen av lokalitetene (ved begge lokaliteter GLM: $p > 0,4$).



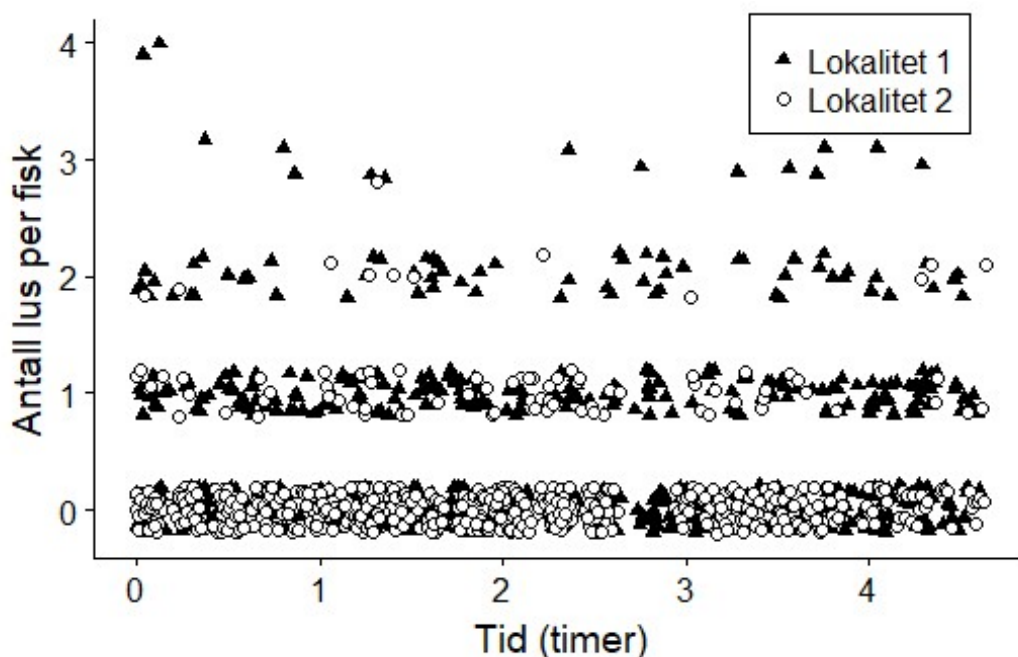
Figur 5: Gjennomsnittlig antall lakselus per fisk som har en gitt trengetid orkastnota før uttak og lusetelling. Gjennomsnittlig antall lus per fisk er vist for de 10 fiskene innenfor samme uttaksrunde ved de to oppdrettsanleggene.

3.2.2.3 Variasjon i lusetall med telletidspunkt

Lusetellingene innenfor en dag kunne strekke seg over en periode på over fire timer. Vi undersøkte hvordan antallet lus per fisk endret seg med tidspunktet den ble undersøkt. Som mål på tid på dagen brukte vi antall minutter som hadde gått fra første fisk ble undersøkt innenfor den respektive dagen lusetellingen fant sted (normalisert tid).

Det var ingen endring i antallet lus per fisk med tiden på dagen innenfor de to lokalitetene eller når begge lokalitetene ble slått sammen i en analyse (for alle GLM: $p > 0,2$) (**Figur 6**).

Somt nevnt er det viktig å bemerke at denne forklaringsvariabelen ikke er helt uavhengig av trengetiden, da fisken som telles ved et gitt tidspunkt på dagen har vært utsatt for en gitt trengetid fram til uttaket og lusetellingen. Sammenhengen mellom telletidspunktet og antallet lus på fisken vil også kunne avhenge av lusetellerens konsentrasjon, som kan antas å variere gjennom en arbeidsdag. Resultatet fra analysen er dermed det samme som fra analysen om trengetiden, og det er da heller ingen antydning til at tiden lusetelleren har arbeidet, har hatt noen innvirkning på det registrerte luseantallet i dette tilfellet.



Figur 6: Antallet lus per fisk og tellerekkefølgen i antall timer siden første undersøkte fisk innenfor de to lokalitetene. Punktene er separert vertikalt for å kunne gi et bedre visuelt inntrykk av variasjonen.

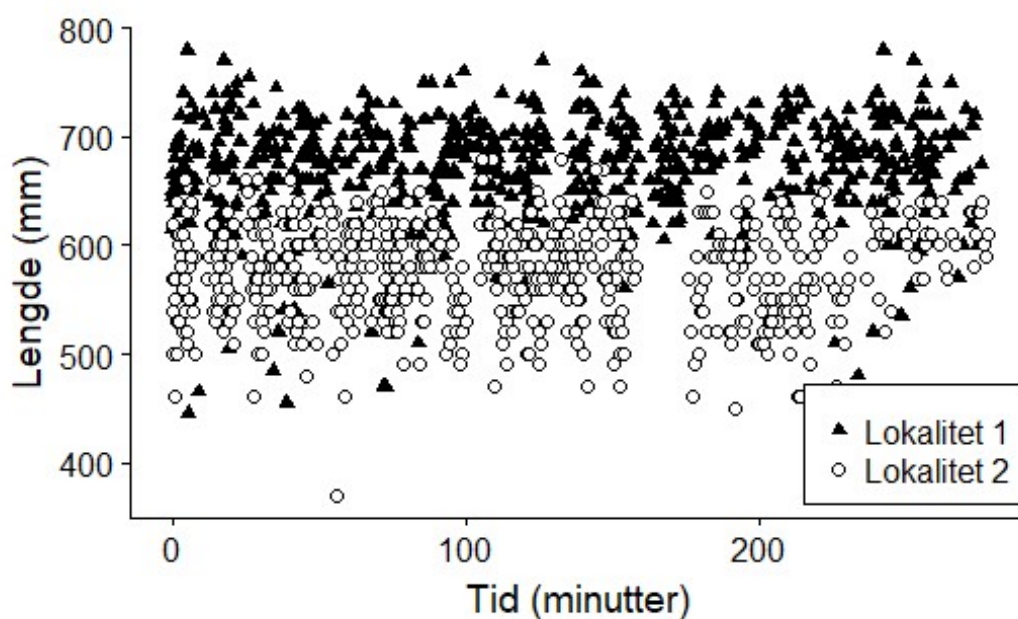
3.2.3 Utvalg av fisk til lusetelling

En av utfordringene knyttet til lusetellingene på et oppdrettsanlegg er hvor representativ fisken som undersøkes er for hele merden. Uttaket av fisk til telling i dette forsøket foregikk ved to ulike dager innenfor hver merd, og over en periode på mer enn fire timer innenfor hver forsøksdag per merd. Hvis fisken fordeler seg ulikt i merden mellom uttaksdagene eller gjennom en dag vil tidspunktet for lusetellinga potensielt kunne påvirke lusetallene. Vi undersøkte derfor hvordan størrelsen på fisken i form av kroppslengde varierte mellom uttaksdager innenfor samme merd, og videre hvordan denne varierte med tellerekkefølgen innenfor og mellom de ulike uttakene i merdene, ved de to lokalitetene.

Ved Lokalitet 1 var det ikke noen forskjell i kroppslengden til fisken mellom de to uttaksdagene innenfor samme merd (for begge: $p > 0,2$). I den ene merden var det (merd 15) i gjennomsnitt en signifikant økning i lengden på fisken med 7 mm per time etter første uttak ($p = 0,001$), mens det i den andre merden (merd 3) ikke var noen endring i lengde med tellerekkefølgen ($-0,7$ mm per time, $p = 0,7$). Ved Lokalitet 2 var det ingen signifikant forskjell i kroppslengden til fisken mellom de to uttaksdagene innenfor samme merd, og kroppslengden på fisken endret seg bare med 2 mm per time etter første uttak innenfor hver av merdene (for begge: $p > 0,2$). Slike små endringer i størrelse, både mellom uttaksdager i samme merd, mellom merder og innenfor uttaksdag vil trolig ha lite å si for lusetellingene, med tanke på forholdet mellom lusepåslag og størrelsen på fisken.

På samme måte som for lengde, undersøkte vi også hvordan kroppsvekten på fisken varierte gjennom dagen. Til dette benyttet vi de 320 individene som hadde vekt mål, 160 fra hver lokalitet. Ved Lokalitet 1 var det ikke noen forskjell i vekten på fisken fanget ved de to ulike uttaksdagene innenfor samme merd (for begge $p > 0,4$), men i likhet med kroppslengden var det ved Lokalitet 1 en forskjell i forholdet mellom kroppsvekten og tiden siden første uttak mellom de to merdene.

Fisken i den ene merden (merd 15) økte i gjennomsnitt med 116 gram per time ($p=0,005$), mens fisken i den andre merden (merd 3) gikk ned 74 gram per time ($p=0,05$). Ved Lokalitet 2 var det ingen signifikant forskjell i kroppsvekten til fisken mellom de to ulike uttakene innenfor samme merd (for begge: $p>0,8$). I den ene merden (merd 10) gikk vekten på fisken den første uttaksdagen ned med 15 gram per time etter første uttak ($p=0,7$), mens vekten på fisken økte med 153 gram per time etter første uttak ($p=0,03$) den andre dagen. I den andre merden (merd 4) var det ingen forskjell i forholdet mellom vekten på fisken og tiden for uttak mellom de to uttaksdagene, og vekten på fisken økte i gjennomsnitt med kun 38 gram per time etter første uttak ($p=0,3$). I likhet med lengden på fisken, vil slike små endringer i kroppsvekt gjennom dagen trolig ha lite å si for lusetellingene, med tanke på forholdet mellom lusepåslag og størrelsen på fisken.



Figur 7: Variasjonen i lengden (i mm) på fisken undersøkt ved ulike tidspunkt i løpet av undersøkelsesdagen. Figuren viser det samlede datamaterialet for hvert av oppdrettsanleggene. Tiden viser tidspunktet en fisk ble undersøkt i antall minutter siden første fisk innenfor samme dag ble undersøkt. Antall fisk undersøkt for hver lokalitet er 640.

3.3 Validering av tellepraksis – tellenøyaktighet og feilklassifisering av lus

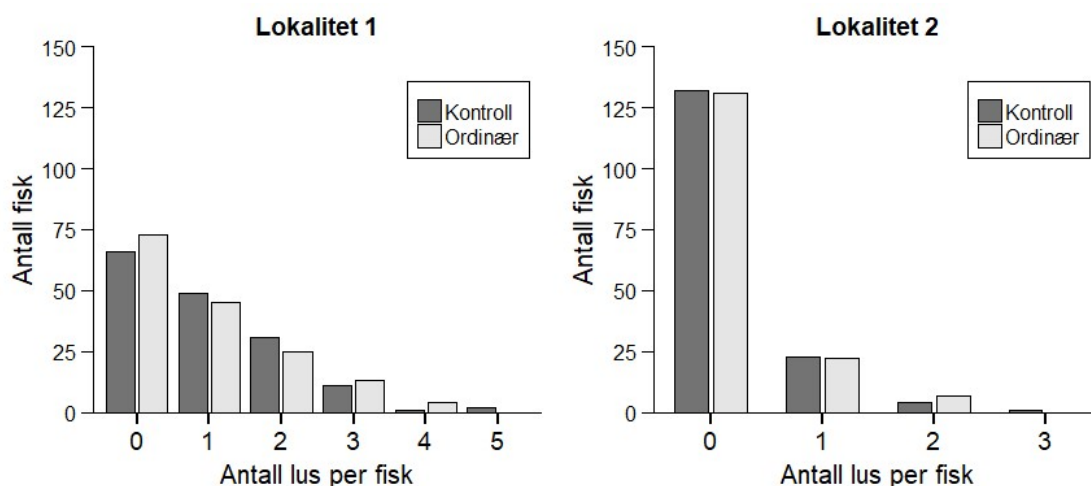
I dette avsnittet sammenlikner vi lusetellingene på de 320 laksene som ble undersøkt ved både ordinær telling og kontrolltelling. Vi inkluderer her både registreringer av lakselus og skottelus. Dette fordi eventuelle feiltellinger og/eller feilklassifiseringer av lus vil kunne virke inn på beregningene av lusepåslaget i en merd eller ved et oppdrettsanlegg.

3.3.1 Luseforekomst

For laksen som ble undersøkt to ganger (både ordinær telling og kontrolltelling) varierte antallet lus per fisk mellom null og fem ved både ordinær tellemetode og kontrolltelling (**Figur 8**). Ved

Lokalitet 1 hadde 54,4 % (87 av 160) av fisken som ble undersøkt lus på seg ved ordinær telling, mens andelen fisk med luseforekomst ved kontrolltelling var på 58,7 % (94 av 160). Ved Lokalitet 2 var andelen laks med lus nesten lik mellom de to tellingene med 18,1 % (29 av 160) ved ordinær telling og 17,5 % (28 av 160) ved kontrolltelling.

For de to lokalitetene slått sammen, hadde dermed 36,2 % (116 av 320) av laksen som ble undersøkt to ganger luseforekomst ved ordinær telling, mens andelen fisk med lus ved kontrolltelling var på 38,1 % (122 av 320).



Figur 8: Antallet laks med et gitt antall lus talt ved ordinær telling og kontrolltelling ved Lokalitet 1 og Lokalitet 2. Antall fisk undersøkt for hver lokalitet er 160.

3.3.2 Antall lus og lusestadier

Antallet lus talt ved ordinær telling og kontrolltelling var ganske likt ved begge lokalitetene (**Tabell 3**), og totalt ble det registrert 186 lus ved ordinær telling og 192 lus ved kontrolltelling. Basert på ordinær telling var det betydelig mer lus ved Lokalitet 1 (totalt 150 lus, 0,94 lus per fisk) enn ved Lokalitet 2 (totalt 36 lus, 0,23 lus per fisk), noe som også var tilfelle ved kontrolltelling, med 158 (0,99 lus per fisk) og 34 (0,21 lus per fisk) lus ved henholdsvis Lokalitet 1 og Lokalitet 2 (**Tabell 3**).

Ved både ordinær og kontrolltelling ble det ved begge lokalitetene talt flest bevegelige stadier av lakselus og skottelus (**Tabell 3**). Av det totale antallet lus (186) talt under den ordinære tellingen utgjorde bevegelige stadier av lakselus 43 % (80 av 186), mens den registrerte skottelusen utgjorde 30,6 % (57 av 186). Til sammenlikning utgjorde bevegelige stadier av lakselus og skottelus registrert ved kontrolltelling henholdsvis 41,1 % (79 av 192) og 33,8 % (65 av 192) av det totale antallet talte lus (**Tabell 3**). Kjønnsmoden hunnlus utgjorde 14 % (26 av 186) av lusa talt ved ordinær telling og 12,5 % (24 av 192) ved kontrolltelling, mens fastsittende stadier av lakselus utgjorde henholdsvis 12,4 % (23 av 186) og 12,5 % (24 av 192) av den den registrerte lusa ved ordinær og kontrolltelling (**Tabell 3**). **Tabell A3.5** i **vedlegg 3** gir en detaljert oversikt over feiltellingene mellom de to tellemetodene.

Tabell 3: 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
Bevegelig	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

Ved Lokalitet 1 forekom det et avvik på totalt 14 lus mellom ordinær telling og kontrolltelling, fordelt på tre færre fastsittende lakselus, én flere bevegelig stadium av lakselus, to flere kjønnsmodne hunnlus og åtte færre skottelus ved ordinær telling (**Tabell 3**). Ved lokalitet 2 var det et avvik på kun to lus mellom ordinær og kontrolltelling, hvor det ble registrert to flere fastsittende lakselus ved ordinær telling enn ved kontrolltelling (**Tabell 3**).

Tabell 4: 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 fisk totalt
Ordinær – Kontroll	Lokalitet 1	Lokalitet 2	
Flere ved ordinær	15	4	19
0	127	154	281
Færre ved ordinær	18	2	20

Totalt hadde 87,8 % (281 av 320) av laksen som ble undersøkt to ganger samme totale antall lus (≥ 0) ved ordinær telling og kontrolltelling, mens 5,9 % (19 av 320) hadde flere og 6,3 % (20 av 320) av fisken hadde færre lus ved ordinær telling enn ved kontrolltelling (**Tabell 4 og Tabell A3.5 i vedlegg 3**). Til sammen 109 laks (34,1 %, 109 av 320) hadde registrert lusepåslag ved begge tellingene.

Sammenligning av resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltellingen tyder dermed totalt sett på at den ordinære tellingen kun i liten grad underestimerer lakseluseforekomsten på fisken (**Tabell 3, 4**). Dersom en ser nærmere på lustellingen på de av fiskene som hadde ulikt antall lus mellom ordinær telling og kontrolltelling må imidlertid dette inntrykket nyanseres.

På de 19 laksene som hadde flere registrerte lus ved ordinær telling enn ved kontrolltelling (**Tabell 4**) ble det totalt registrert 42 lus ved ordinær telling og 21 lus ved kontrolltelling. På de 20 fiskene med færre registrerte lus ved ordinær telling ble det totalt registrert 13 lus ved ordinær

telling og 40 ved kontrolltelling. I de tilfellene hvor det ble talt færre lus ved ordinær telling enn ved kontrolltelling (**Tabell 4**), var det hovedsakelig skottelus og fastsittende stadier av lakselus som ble oversett, mens kun 1 kjønnsmoden hunnlus ble oversett. Dette tyder på at svært få kjønnsmodne hunnlus ble oversett under ordinær telling, slik utført i dette studiet. Telling av færre lus ved kontrolltelling enn ved ordinær telling kan skyldes at lus falt av fisken ved flytting mellom tellestasjonene, eller også at lus faktisk ble oversett under kontrolltellingen.

Flest avvik mellom ordinær telling og kontrolltelling i antall lus fant sted ved Lokalitet 1 med totalt 42 feiltalte lus, og hvor størst andel ble gjort i merd 15. Til sammenlikning var det totale antallet feiltalte lus ved Lokalitet 2 kun seks lus (**Tabell 5**). Antallet feiltellinger varierte mellom to og 10 lus per orkast ved Lokalitet 1 og mellom null og to lus per orkast ved Lokalitet 2 (**Tabell 5**). Det kan tenkes at antallet feiltellinger øker med hvor lenge lusetelleren har jobbet, men det var ingen sammenheng mellom tiden som hadde gått fra første fisk ble undersøkt innenfor den respektive dagen lusetellingen fant sted (normalisert tid) og antallet feiltellinger ved hverken Lokalitet 1 eller Lokalitet 2 (for begge, GLM: $p > 0,4$).

Tabell 5: Avviket i antall lus mellom ordinær telling og kontrolltelling per orkast per lokalitet. Antallet avvik per orkast er den absolutte summen av avvikene, enten det ble telt flere eller færre lus ved ordinær telling i forhold til kontrolltelling, fra de to uttaksdagene for hver merd.

Orkastnummer	Lokalitet 1		Lokalitet 2		Totalt
	Merd 3	Merd 15	Merd 10	Merd 4	
1	3	3	0	1	7
2	5	7	0	1	9
3	4	10	0	2	16
4	2	8	1	1	12
Totalt	14	28	1	5	48

3.3.3 Feilklassifiseringer av lusestadium

For å kunne bestemme antallet feilklassifiseringer av art og lusestadier mellom ordinær telling og kontrolltelling ble fisken som hadde registrert lusepåslag ved begge tellemetodene (109 fisk) benyttet. Blant disse 109 laksene var det 90 som hadde fått registrert likt antall lus ved både ordinær telling og kontrolltelling, 12 laks som hadde registrert flere lus ved ordinær telling enn ved kontrolltelling og syv laks som hadde registrert færre lus ved ordinær telling enn under kontrolltelling. I bestemmelsen av feilklassifiseringer antar vi at klassifisering av lus ved kontrolltellingen er fasiten, siden stadium ble bestemt under stereolupe, og at det ikke har falt bort eller kommet til lus i mellom tellingene.

Tre laks som hadde likt antall lus ved ordinær telling og kontrolltelling hadde registrert ulikt lusestadium ved de to tellingene. Dette utgjør 2,3 % av totalt 131 lus observert hos disse 90 fiskene, hvorav 1,5 % skyldes feil artsbestemmelse og 0,8 % skyldes feilklassifisering av stadium. Samtlige tre laks hadde totalt en lus ved begge tellingene (**Tabell 6**). Hos ytterligere en laks forekom det en forskjell i lusestadium mellom de to tellingene. Hos denne laksen var

imidlertid totalantallet av lus forskjellig ved ordinær telling (to lus) og kontrolltelling (en lus) og det er derfor usikkert om avviket i ett av lusestadiene skyldes en feilklassifisering eller en feiltelling av antall lus (**Tabell 6**). Alle feilklassifiseringene, både de tre sikre og den usikre, fant sted ved Lokalitet 1.

Tabell 6: Oversikt over hvilke lusestadier og art som var feilklassifisert ved ordinær telling med antallet lus i parentes. Tre lus var feilklassifisert ved ordinær telling, mens ytterligere en lus var usikker om var feilklassifisert som følge av ulikhet i totalantallet av lus ved de to tellingene. Hver rad representerer en fisk. Alle feilklassifiseringene er fra Lokalitet 1.

	Ordinær telling	Kontrolltelling
Sikre		
	Skottelus (1)	Bevegelig (1)
	Bevegelig (1)	Skottelus (1)
	Fastsittende (1)	Bevegelig (1)
Usikre		
	Fastsittende (1) / Bevegelig (1)	Skottelus (1)

De tre lusene som ble feilklassifisert inkluderte skottelus og bevegelige stadier av lakselus (**Tabell 6**). I et tilfelle ble feil stadium av lakselus oppgitt, hvor et fastsittende stadium av lakselus registrert ved ordinær telling viste seg å være et bevegelig stadium av lakselus ved kontrolltellingen. I to tilfeller omhandlet feilklassifiseringen art, hvor en skottelus og et bevegelig stadium av lakselus registrert ved ordinær telling viste seg å være henholdsvis et bevegelig stadium av lakselus og en skottelus ved kontrolltellingen (**Tabell 6**). De ulike artene (lakselus og skottelus) og lusestadiene som ble feilklassifisert stemmer overens med de artene og/eller lusestadiene som luseteller oppgav som krevende å skille under lusetellingene ved Lokalitet 1 (**Tabell A2.1 i vedlegg 2**).

Ved Lokalitet 1 ble det ved ordinær telling talt 51 skottelus, 21 fastsittende og 59 bevegelige stadier av lakselus (**Tabell 3**). Basert på feilklassifiseringene betyr dette for våre tall at 2 % (én av 51) av den registrerte skottelusen i virkeligheten er bevegelige stadier av lakselus, 5 % (én av 21) av registrerte fastsittende stadier av lakselus i virkeligheten er bevegelige stadier av lakselus og 1,7 % (én av 59) av de registrerte bevegelige stadiene av lakselus i virkeligheten er skottelus. Antar vi at denne feilklassifiseringen gjelder for alle lusetellingene utført ved Lokalitet 1, også hvor det ikke ble utført kontrolltelling, vil det ha forekommet en underrapportering av fem (2 % av 248 skottelus) bevegelige stadier av lakselus, men samtidig en overrapportering av fire (1,7 % av 237) bevegelige stadier av lakselus, noe som igjen betyr at resultatene fra den ordinære tellingen totalt sett høyst trolig reflekterer den faktiske luseforekomsten på den undersøkte fisken.

4 Diskusjon

Vi har i denne undersøkelsen vist at trengetid i orkastnot og tid på dagen for lusetelling under optimale forhold ikke påvirket registrert luseforekomst på laks mellom 1,7 og 3,0 kg ved forholdsvis lave luseforekomsten og under optimale forhold med godt lys og rolig sjø. I det ene anlegget som ble undersøkt økte størrelsen på fisken svakt utover dagen, noe som høyst trolig ikke var utslagsgivende for antallet lus per fisk siden det ikke var en signifikant sammenheng mellom lusetall og fiskestørrelse i det undersøkte materialet.

Disse resultatene tyder på at uttak av fisk ved hjelp av orkastnot slik dette normalt praktiseres ved lusetelling vil kunne gi et representativt materiale, forutsatt at luseforekomst per fisk ikke varierer betydelig i forhold til dyp i merden og at orkastnota dermed selektivt fanger fisk som har lavere eller høyere lusetall enn gjennomsnittet. Fiskestørrelsen er imidlertid vist til å kunne variere med dyp i merda (Hevrøy mfl. 2003, Folkedal mfl. 2012, Nilsson mfl. 2013, Bui mfl. 2016). Orkastnota som ble brukt i dette forsøket fanget fisk ned til 7 meter. Skjørtet til merdene i undersøkelsen var også 7 meter dype og skjørtavskjerming kan føre til at fisken står dypere i merda (Stien & Oppedal 2011). Det kan ikke utelukkes at telling av lus på fisk fanget dypere vil resultere i et annet gjennomsnittlig antall lus per fisk.

Vi har også vist at svært få kjønnsmodne hunnlus ble oversett ved ordinær telling «på merdkanten» og at det under rådende forhold var sjelden at lakselus, uavhengig av stadium, ble klassifisert som skottelus eller vice versa. Handlingsregelsystemet som i framtiden er tenkt å være styrende for en eventuell økning av havbruksnæringen baseres på registreringer av forekomst av kjønnsmoden hunnlus, siden dette antas å være direkte korrelert med produksjonen av luselarver i lakseanleggene (Heuch & Mo 2001). Resultatene fra denne undersøkelsen viser dermed at den talte forekomsten av voksne hunnlus vil være forholdsvis sikre dersom lusetellingene foretas under optimale telleforhold og av erfaren 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.

Sammenligning av resultater fra den ordinære lusetellingen med en mer grundig kontrolltelling viste at lusetallene, inkludert alle stadier og både lakselus og skottelus, totalt sett var nesten like ved begge tellingene. Om resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltellingen sammenlignes på individuelt nivå var det imidlertid vesentlige avvik i estimatene for om lag 12 % (39 av 320 laks) av de undersøkte fiskene, men det ble i tilnærmet likt omfang talt både flere og færre lus på disse fiskene ved den ordinære tellingen.

Det kan være flere årsaker til disse avvikene. Ordinær lusetelling vil nødvendigvis være betydelig raskere enn kontrolltelling og det er dermed ikke unaturlig at lus blir oversett. Dette vil da trolig helst gjelde skottelus og de mindre lakselusstadiene, slik våre resultater delvis indikerer. Det er også mulig at objekter som ikke er lus som sitter fast på fisken blir tolket som lus, og høyt arbeidstempo kan i tillegg medføre at feil antall blir registrert. En annen årsak til at luseantallet var høyere ved den ordinære tellingen enn ved kontrolltellingen kan være at lus falt av fisken ved overføring mellom tellestasjonene uten at dette ble observert. I to tilfeller ble det oppdaget at lus satt igjen på hanskene til luseteller etter overføring av laks fra ordinær til kontrolltelling. Variasjonen mellom ordinær lusetelling og telling under antatt bedre betingelser i denne undersøkelsen tilsvarer lignende variasjon i en studie der Gjerde mfl. (2016) sammenlignet ordinær lusetelling med telling i en lyskasse og telling under lupe. Gjerde mfl. (2016) fant at luseantallet var høyere ved ordinære tellinger enn ved kontrolltellinger under antatt bedre telleforhold i et flertall av tellingene, og nevner tap av lus ved flytting av fisk, ubekvem

arbeidsstilling i lyskassen og uttørking av fisken før lupetelling som mulige årsaker til dette avviket.

Denne undersøkelsen ble utført i to anlegg med lave, men realistiske, lusetettheter. Hvorvidt tellenøyaktigheten vil være annerledes ved høyere lusetettheter vet vi ikke, men siden omtrent to tredjedeler av fisken i denne undersøkelsen ikke hadde lus er det rimelig å anta at unøyaktigheten vil øke i anlegg med høy prevalens og intensitet fordi mulighetsrommet for feiltelling nødvendigvis vil være større. Det vil dermed være usikkert å estimere en kvantitativ usikkerhet på bakgrunn av denne undersøkelsen. Undersøkelser under mindre optimale telleforhold og ved høyere lusetettheter vil trolig innebære større variasjon i tellenøyaktighet.

Værforholdene under forsøksperioden var stabile uten nedbør og med lite vind og svært gode lysforhold, noe som gjorde at vi ikke ville ha funnet at variasjon i miljøforhold var relatert til variasjon i lusetall. Det ble også registrert tilnærmet ingen variasjon i tilstand hos vedkommende som foretok den ordinære lusetellingen som kan tenkes å bidra til variasjon i estimert luseforekomst, noe som kan være relatert til optimale forhold og forholdsvis korte arbeidsdager. For å kunne vurdere om og i hvilken grad tellenøyaktigheten varierer med miljøforhold og menneskelige faktorer bør undersøkelsen gjentas under mindre optimale forhold.

Lave luseforekomster vil implisitt også innebære at det statistisk sett er vanskeligere å påvise mindre variasjon som faktisk vil gi betydelige samlede utslag, for eksempel over tid innen produksjonsområder. Valideringsundersøkelser er av flere årsaker kompliserte å designe og gjennomføre. Vi har i denne undersøkelsen, på grunn av korte tidsrammer, kun fokusert på noen relevante parametere som kan tenkes å påvirke telleresultatet. Kort tidsramme medvirket også til at variasjonen i klima og vær var så liten at det ikke var mulig å finne eventuell variasjon på grunn av ulike miljøforhold. Det eksisterende og relevante kunnskapsgrunnlaget, i form av fagfellevurdert litteratur og kvalitetssikrede rapporter, er også oppsiktsvekkende lite og mangelfullt, tatt i betraktning de svært store verdiene som forvaltes på bakgrunn av resultater fra lusetellinger.

5 Konklusjon

- Trengetid i orkastnot og tid på dagen for lusetelling påvirket ikke registrert luseforekomst på laks mellom 1,7 og 3,0 kg under optimale forhold med gode lysforhold og rolig sjø.
- I ett av de undersøkte anleggene økte fiskestørrelsen noe utover dagen, noe som trolig ikke var utslagsgivende for estimert antall lus per fisk siden lusetall og fiskestørrelse ikke var korrelert.
- 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 visa versa under de rådende forholdene.
- Lusetallene fra den ordinære tellingen, inkludert alle stadier av både lakselus og skottelus, var totalt sett nesten like resultatene fra den mer grundige kontrolltelling.
- Dersom resultatene fra den ordinære tellingen og kontrolltelling sammenlignes på individuelt nivå var det imidlertid vesentlige avvik i tellingene for 12 % av fiskene, og antallet lus per fisk var både høyere og lavere ved den ordinære tellingen.
- Værforholdene var usedvanlig stabile uten nedbør og med lite vind, samt svært gode lysforhold. Dette gjorde at variasjon i de ulike miljømessige faktorene var for liten til at eventuelle relasjoner til telleresultatet kunne modelleres.
- Undersøkelsen har kun fokusert på noen relevante parametere som kan tenkes å påvirke telleresultatet. I tillegg ble undersøkelsen også utført under en periode med usedvanlig optimale forhold i anlegg med relative lave lusetettheter. Ytterligere undersøkelser under mer varierende forhold og ved høyere lusetettheter er nødvendig for å kunne kvantifisere den generelle usikkerheten som er knyttet til ordinære lusetellinger.

6 Referanser

Anonym (2012) <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>

Bui, S., Oppedal, F., Stien, L. & Dempster, T. 2016. Sea lice infestation level alters salmon swimming depth in sea-cages. *Aquacult. Environ. Interact.* 8: 429-435.

Gjerde, B., Lein, I. & Tanase, C. 2016. Telling av lakselus. Nofima rapport 34/2016.

Folkedal, O., Stien, L.H., Nilsson, J., Torgersen, T., Fosseidengen, J.E. & Oppedal, F. 2012. Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. *Aquat. Living Res.* 25: 143-149.

Grøntvedt, R.N. & Maroni, K. 2018. Langs kysten 2017: En møterekke med fokus på kontroll av lakselus. Med fokus på forebygging, rett bruk av medikamentfrie tiltak og fokus på fiskevelferd når de ulike tiltakene benyttes. Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfond. <https://fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=901398>

Hamre, L.A., Eichner, C., Caipang, C.M.A., Dalvin, S.T., Bron, J.E., Nilsen, F., Boxhall, G. & Skern-Mauritzen, R. 2013. The salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) life cycle has only two chalimus stages. *PLoS ONE* 8(9): e73539.

Heuch, P.A. & Mo, T.A. 2001. A model of salmon louse production in Norway: effects of increasing salmon production and public management measures. *Dis. Aquat. Org.* 45:145-52.

Heuch, P.A., Gettinby, G. & Revie, C.W. 2011. Counting sea lice on Atlantic salmon farms – Empirical and theoretical observations. *Aquaculture* 320:149-153.

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.

Jimenez, D., Heuch, P.A. & Brun, E. 2011. Evaluering av lusetellingsprotokoll og bioassay for nedsatt følsomhet mot lusemidler. Veterinærinstituttet Rapport 9-2011.

Johansson, D., Juell, J.E., Oppedal, F., Stiansen, J.E., Ruohonen, K. 2007. The influence of the pycnocline and cage resistance on current flow, oxygen flux and swimming behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture* 265: 271-287.

Johansson, D., Laursen, F., Fernö, A., Fosseidengen, J.E., Klebert, P., Stien, L.H., Vågseth, T. & Oppedal, F. 2014. The interaction between water currents and salmon swimming behaviour in sea cages. *PLoS ONE* 9(5): e97635.

Jones, S. R. M. 2009. Controlling salmon lice on farmed salmon and implications for wild salmon. *CAB Reviews* 4: No 048

Johnson, S.C. & Albright, L.J. 1991. The developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). *Can. J. Zool.* 69: 929-950.

Nicholls, H. 2017. Trafikklyssystemet. Nytt system for kapasitetsjusteringer i lakse- og ørretoppdrett. Mesteroppgave UiO: Det juridiske fakultet.

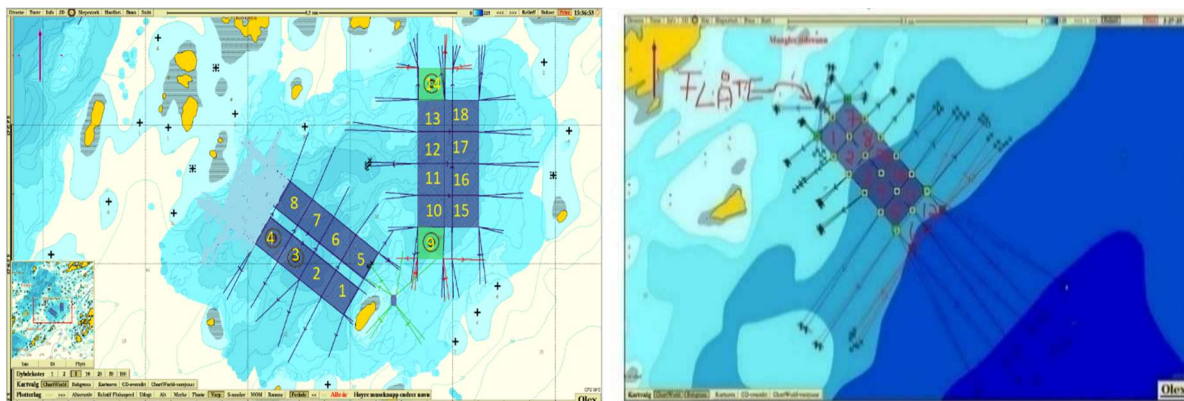
Nilsson, J., Folkedal, O., Fosseidengen, J.E., Stien, L.H. & Oppedal, F. 2013. PIT tagged individual Atlantic salmon registered at static depth positions in a sea cage: Vertical size stratification and implications for fish sampling. *Aquacult. Eng.* 55: 32-36.

- Oldham, T., Dempster, T., Fosse, J.O. & Oppedal, F. 2017. Oxygen gradients affect behaviour of caged Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquacult. Environ. Interact.* 9: 145-153.
- Oppedal, F., Dempster, T. & Stien, L.H. 2011. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture* 311: 1-18
- Piasecki, W. 1996. The developmental stages of *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). *Can. J. Zool.* 74: 1459-1478.
- R Core Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Samsing, F., Oppedal, F., Johansson, D., Bui, S. & Dempster, T. 2014. High host densities dilute sea lice *Lepeophtheirus salmonis* Loads on individual Atlantic salmon, but do not reduce lice infection success. *Aquacult. Environ. Interact.* 6: 81-89.
- Stien, L. H. & Oppedal, F. 2015. Langtidsvirkning av permaskjørt på fiskeadferd. Havforskningsinstituttet. Leveranse - Permaskjørt A6 i Lien, A.M., Stien, L.H., Grøntvedt, R., og Frank, K., 2015. Permanent skjørt for redusering av lusepåslag på laks. Sintef Fiskeri og Havbruk AS, Rapport A26790.
- Stien, L. H., Nilsson, J., Hevrøy, E.M., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Lien, A.M. & Folkedal, O. 2012. Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacult. Eng.* 51: 21-25.
- Thorvaldsen, T., Frank, K. & Sunde, L.M. 2018. Lusetellingsmetoder i lakseoppdrett. En beskrivelse av dagens status. SINTEF Ocean AS, 2018-00483, ISBN 978-82-14-06844-8, 25 s + vedlegg.

7 Vedlegg

Vedlegg 1 – Registrerte miljøparametere - SINTEF
Vedlegg 2 – Skjemaer for registrering av luseforekomst
Vedlegg 3 – Resultater fra lusetelling

Vedlegg 1 - Registrerte miljøparametere - SINTEF



Figur A1.1: A. Anleggsconfigurasjon Lokalitet 1 og B. anleggsconfigurasjon Lokalitet 2.

Tabell A1.1: Oversikt over datoer for gjennomføring av forsøk ved de to lokalitetene, samt hvor i merden uttaket av fisk ble utført.

Lokalitet	Dato	Merd	Side av merd
Lokalitet 1	02.05	3	Vest
	03.05	3	Nord-Øst
	09.05	15	Vest/Sør-Vest
	10.05	15	Øst
Lokalitet 2	29.05	10	Sør
	31.05	10	Nord-Vest
	30.05	4	Nord
	01.06	4	Sør

Lokalitet 1 og 2 orkastnot: ca 13m*7m

Alle merder med luseskjørt med ca. 7m dybde

Tabell A1.2: Strømforhold målt i merd med 600 kHz, ADCP fra NORTEK. Montert i ca. 8m dybde top-down på tau med vekt i ca. 30m dybde. 0,5m blanking distanse, 2m cell-størrelse, 240s samplingsintervall, 120s gjennomsnittsintervall. Forventete presisjon i horisontal hastighet 2.2cm/s, ved gitte innstillinger.

	Dato	Merdnr	Strømforhold
Lokalitet 1	02.05	3	varierende strøm 0-11cm/s, N på slutten ubestemt
	03.05	3	lav strøm 3 cm/s, SV
	09.05	15	11 cm/s, S
	10.05	15	lav strøm noe økende 1-5cm/s, varierende i område SSØ
Lokalitet 2	29.05	10	4cm/s, SV
	30.05	4	9cm/s, VSV
	31.05	10	9cm/s fallende til 3cm/s, SV
	01.06	4	1cm/s økende 4cm/s, endring fra SV til N (gjennom S)

Tabell A1.3: Salinitets og temperatur i merd målt vha. YSI CTD Castaway ned til 25m. Profiler ble tatt ikke minst tre ganger dvs. på morgen, lunsj og ettermiddagen. Salinitet med små variasjoner i sted, dybde og tid midlertidig alltid i range 32,1-33,3 PSS. Temperatur i range 6,2-11,5°C. Relevante gradienter på Lokalitet 2.

	Dato	Merdnr.	Saliniteten (PSS)	Temperatur (°C)
Lokalitet 1	02.05	3	32,7	6,2
	03.05	3	32,5	6,4
	09.05	15	Økende med tid 32,4-33,3	fallende med tid 7,1-6,1
	10.05	15	32,5	Dybdegrad. 8,3-7,3
Lokalitet 2	29.05	10	Dybdegrad. 32,1-32,7	Dybdegrad. 11-7
	30.05	4	Dybdegrad. 32,1-32,7	Dybdegrad. 10,7-6,5
	31.05	10	Dybdegrad. 32,2-32,8	Dybdegrad. 10,5-6,3
	01.06	4	Dybdegrad. 32,3-32,9	Dybdegrad. 10,5-6,5

Tabell A1.4: Lysforhold i merd målt med HOBO® Pendant® Temperature/Light Data Logger, på 3/5/7/12 m dybde.

	Dato	Merdnr.	Lys forhold
Lokalitet 1	02.05	3	varierende, "vanlig" lyst
	03.05	3	varierende, "vanlig" lyst
	09.05	15	konstant, lavt
	10.05	15	økning over tid, sterkt lyst
Lokalitet 2	29.05	10	økning over tid, "vanlig" lyst
	30.05	4	økning over tid med noe variasjon, "vanlig" lyst
	31.05	10	økning over tid, "vanlig" lyst
	01.06	4	økning over tid, sterkt lyst,

Vedlegg 2 – Skjemaer for registrering av luseforekomst

1. Skjema for registrering av miljøforhold under lusetelling og luseforekomsten på den undersøkte fisken.

Miljøforhold (noter verdi)								
	Vind (m/s)	Lys (lux)	Luft temp.	Vann temp.	Strøm- hastighet	Strøm- retning		
Nedbør (sett kryss)								
	Opphold	Lett regn/ Yr	Regnbyge	Regn	Snøbyge	Snø		
På hvilken side av merda er orkastnota tatt? (nord, sør, øst, vest):					Bilde av orkastnot/trenging tatt (sett kryss)			
Lokalitet , merd nr:					Dato:			
Tid start:				Tid slutt:				
Fisk nr.	Fast	Bevegelig	Kjønns- moden	Skottelus	Lengde (cm)	Vekt (g)	Skjelltap	Merknad
R-001								
R-002								
R-003								
R-004								
R-005								
R-006								
R-007								

2. Skjema for registrering av lusetellerens oppfattelse av arbeidsforhold.

Menneskelige faktorer							
Hvor mange timer har du jobbet til nå?							
Hvor utfordrende oppfattet du tellingen og identifiseringen av ulike stadier og arter? (sett kryss)							
Lett	Ganske lett	Verken eller	Vanskelig	Svært vanskelig			
Hvilke følgende faktorer spilte en rolle for hvor lett/vanskelig du oppfattet tellingen? (sett kryss)							
Mengde lys	Vær-forhold	Bevegelse på båt	Lusemengde	Luse-størrelse	Konsentrasjon	Tid på døgnet	Ingen faktorer
Annet:							
Hvor opplagt oppfattet du deg i denne tellerunden? På en skala fra 1-5 (sett kryss)							
1. Svært opplagt	2. Opplagt	3. Verken eller	4. Lite opplagt	5. Sliten /utmattet			
					Annet:		
Opplevd bevegelse på båt denne tellerunden. På en skala fra 1-5 (sett kryss).							
1. Ingen	2. Lite	3. Noe	4. Mye	5. Svært mye			

Tabell A2.1: Oppsummering av resultater fra intervju/spørreskjema om menneskelige faktorer.

	Dato	Merdnr.	Antall timer jobbet	Utfordring ved tellingen	Hvor utfordrende oppfattet du tellingen	Hvilke faktorer spilte en rolle for hvor lett/vanskelig du oppfattet tellingen?	Hvor opplagt oppfattet du deg i denne tellerunden?	Opplevd bevegelse på båt denne tellerunden
Lokalitet 1	02.05	3	3 – 7	Utfordring med mye skottelus. Vanskelig å skille mellom små bevegelige og små skottelus. Skille mellom faste stadier er tilnærmet umulig*.	Ganske lett	Konsentrasjon	Godt-Svært opplagt	Ingen
	03.05	3	2,5 – 6	*Samme som over.	Ganske lett	Konsentrasjon	Godt-Svært opplagt	Ingen/Noe
	09.05	15	3 – 7	*Samme som over.	Ganske lett	Mengde lys, lusemengde, konsentrasjon og tid på døgnet	Godt-Svært opplagt	Ingen
	10.05	15	3 - 4	*Samme som over.	Ganske lett	Mengde lys, lusemengde, konsentrasjon og tid på døgnet	Godt-Svært opplagt	Ingen
Lokalitet 2	29.05	10	3 – 7		Lett/Ganske lett	Mengde lys, værforhold, lusemengde, tid på døgnet	Svært opplagt	Ingen
	31.05	10	2 – 5		Lett	Mengde lys, værforhold, lusemengde, tid på døgnet	Godt-Svært opplagt	Ingen
	30.05	4	2 – 5		Lett	Mengde lys, værforhold, lusemengde, tid på døgnet	Godt-Svært opplagt	Ingen/Lite
	01.06	4	2 - 4		Lett	Mengde lys, værforhold, lusemengde, tid på døgnet	Godt-Svært opplagt	Ingen

Vedlegg 3 - Resultater fra lusetelling

Tabell A3.1: Resultater fra ordinær telling ved de to lokalitetene. Materialet omfatter kun lakselus. n viser totalt antall undersøkte laks, Lengde i mm er gjennomsnittlig lengde per fisk med variasjonsbredden i parentes. n inf. Vekt er gjennomsnittsvekten i gram for merden. n inf. viser antallet infiserte laks, Prevalens er andel infisert fisk (i prosent) av det totale antallet undersøkte fisk. Gjennomsnittlig antall lus per fisk av det totale antallet undersøkte fisk og av antallet infisert fisk er vist med median i parentes. Min. og Maks. Inf angir laveste og høyeste antall lus registrert på en enkeltfisk i den infiserte andelen av materialet.

	Mernr.	Dato	n	Lengde (variasjon)	Vekt	n inf.	Prevalens	Gj.snitt lus per fisk (median)	Gj.snitt lus per inf. fisk (median)	Min. inf.	Maks. inf.
Lokalitet 1	3	02.05	160	682 (510-780)	3555	73	45,6	0,58 (1)	1,27 (1)	1	3
		03.05	160	677 (470-760)	3555	58	36,3	0,46 (1)	1,26 (1)	1	2
	15	09.05	160	666 (445-780)	3341	73	45,6	0,63 (1)	1,38 (1)	1	4
		10.05	160	665 (465-770)	3341	71	44,4	0,64 (1)	1,45 (1)	1	4
Lokalitet 2	4	30.05	160	549 (460-620)	2817	19	11,9	0,12 (0)	1,0 (1)	1	1
		01.06	160	544 (450-640)	2817	22	13,8	0,15 (0)	1,09 (1)	1	2
	10	29.05	160	604 (510-680)	1739	20	12,5	0,16 (0)	1,25 (1)	1	2
		31.05	160	604 (370-690)	1739	25	15,6	0,19 (0)	1,24 (1)	1	3

Tabell A3.2: Resultater fra ordinær telling ved de to lokalitetene. Materialet omfatter både lakselus og skottelus. n viser totalt antall undersøkte laks, Lengde i mm er gjennomsnittlig lengde per fisk med variasjonsbredden i parentes. Vekt er gjennomsnittsvekten i gram for merden. n inf. viser antallet infiserte laks, Prevalens er andel infisert fisk (i prosent) av det totale antallet undersøkte fisk, Gjennomsnittlig antall lus per fisk av det totale antallet undersøkte fisk og av antallet infisert fisk er vist med median i parentes. Min. og Maks. Int angir laveste og høyeste antall lus registrert på en enkeltfisk i den infiserte andelen av materialet.

	Merdnr.	Dato	n	Lengde (variasjon)	Vekt	n inf	Prevalens	Gj.snitt lus per fisk (median)	Gj.snitt lus per inf. fisk (median)	Min. inf.	Maks. inf.
Lokalitet 1	3	02.05	160	682 (510-780)	3555	99	61,9	0,96 (1)	1,58 (1)	1	4
		03.05	160	677 (470-760)	3555	87	54,4	0,88 (1)	1,63 (1)	1	5
	15	09.05	160	666 (445-780)	3341	102	63,7	0,98 (1)	1,54 (1)	1	4
		10.05	160	665 (465-770)	3341	98	61,3	1,02 (1)	1,66 (1)	1	5
Lokalitet 2	4	30.05	160	549 (460-620)	2817	22	13,8	0,14 (0)	1,0 (1)	1	1
		01.06	160	544 (450-640)	2817	32	20,0	0,22 (0)	1,12 (1)	1	2
	10	29.05	160	604 (510-680)	1739	20	12,5	0,16 (0)	1,25 (1)	1	2
		31.05	160	604 (370-690)	1739	30	18,8	0,26 (0)	1,37 (1)	1	3

Tabell A3.3: Resultater fra lusetellinger basert på ordinær telling og kontrolltelling ved de to lokalitetene. Materialet omfatter både lakselus og skottelus. n viser totalt antall undersøkte laks, Lengde i mm er gjennomsnittlig lengde per fisk med variasjonsbredden i parentes, Vekt i gram er gjennomsnittlig vekt per fisk med variasjonsbredden i parentes., Prevalens er andel infisert fisk (i prosent) av det totale antallet undersøkte fisk. Gjennomsnittlig antall lus per fisk av det totale antallet undersøkte fisk og av antallet infisert fisk er vist med median i parentes. Var. Inf. angir laveste og høyeste antall lus registrert på en enkeltfisk i den infiserte andelen av materialet.

	Merdn r.	Dato	n	Lengde (variasjon)	Vekt (variasjon)	Ordinær telling				Kontrolltelling			
						Prevalens	Gj.snitt lus per fisk (median)	Gj.snitt lus per inf. fisk (median)	Var. int.	Prevalens	Gj.snitt lus per fisk (median)	Gj.snitt lus per inf. fisk (median)	Var inf.
Lokalitet 1	3	02.05	40	683 (565-780)	4668 (2450-7030)	55,0	0,90 (1)	1,64 (1)	1-4	56,0	0,90 (1)	1,5 (1)	1-4
		03.05	40	673 (470-750)	4350 (1190-5830)	55,0	0,92 (1)	1,68 (1)	1-4	50,0	0,92 (0.5)	1,85 (1.5)	1-5
	15	09.05	40	658 (445-750)	4010 (960-6195)	52,5	0,92 (1)	1,76 (2)	1-3	57,5	0,90 (1)	1,6 (1)	1-3
		10.05	40	655 (520-740)	4069 (1795-6605)	55,0	1,0 (1)	1,82 (2)	1-4	67,5	1,2 (1)	1,8 (2)	1-5
Lokalitet 2	4	30.05	40	547 (450-610)	1815 (1050-2556)	15,0	0,15 (0)	1,0 (1)	1	15,0	0,15 (0)	1,0 (1)	1
		01.06	40	545 (480-600)	1801 (1095-2835)	17,5	0,25 (0)	1,43 (1)	1-2	15,0	0,22 (0)	1,5 (1)	1-3
	10	29.05	40	608 (570-680)	2994 (2105-4160)	12,5	0,20 (0)	1,6 (2)	1-2	12,5	0,20 (0)	1,6 (2)	1-2
		31.05	40	613 (550-670)	3014 (1870-3865)	27,5	0,30 (0)	1,1 (1)	1-2	27,5	0,28 (0)	1,0 (1)	1

Tabell A3.4: Det totale antallet lus, med gjennomsnittlig antall per fisk i parentes av ulik art/stadium ved ordinær telling og ved kontrolltelling. Vist er også gjennomsnittlig lengde og vekt, med variasjonsbredden i parentes, på den undersøkte fisken.

Anlegg	Merdn r.	Dato	n	Lengde (variasjon)	Vekt (varia- sjon)	Ordinær telling				Kontrolltelling			
						Bevege- lige	Fastsit- tende	Kjønn smodn e	Skotte- lus	Bevege- lige	Fast- sit- tende	Kjønn smodn e	Skotte- lus
Lokalitet 1	3	02.0 5	40	683 (565- 780)	4668 (2450- 7030)	17 (0,42)	1 (0,02)	6 (0,15)	11 (0,28)	17 (0,42)	0	5 (0,12)	14 (0,35)
		03.0 5	40	673 (470- 750)	4350 (1190- 5830)	11 (0,28)	3 (0,08)	6 (0,15)	17 (0,42)	11 (0,28)	2 (0,05)	4 (0,1)	20 (0,5)
	15	09.0 5	40	658 (445- 750)	4010 (960- 6195)	17 (0,42)	8 (0,20)	3 (0,08)	9 (0,22)	17 (0,42)	4 (0,1)	3 (0,07)	12 (0,3)
		10.0 5	40	655 (520- 740)	4069 (1795- 6605)	14 (0,35)	9 (0,22)	4 (0,1)	13 (0,32)	13 (0,32)	18 (0,45)	5 (0,12)	13 (0,32)
Lokalitet 2	4	30.0 5	40	547 (450- 610)	1815 (1050- 2556)	3 (0,08)	1 (0,02)	1 (0,02)	1 (0,02)	4 (0,1)	0	1 (0,02)	1 (0,02)
		01.0 6	40	545 (480- 600)	1801 (1095- 2835)	5 (0,12)	1 (0,02)	1 (0,02)	3 (0,08)	5 (0,12)	0	1 (0,02)	3 (0,08)
	10	29.0 5	40	608 (570- 680)	2994 (2105- 4160)	7 (0,18)	0	1 (0,02)	0	7 (0,18)	0	1 (0,02)	0
		31.0 5	40	613 (550- 670)	3014 (1870- 3865)	6 (0,15)	0	4 (0,1)	2 (0,05)	5 (0,12)	0	4 (0,1)	2 (0,05)

Tabell A3.5: Oversikt over generell tellenøyaktighet ved Lokalitet 1 og Lokalitet 2. Tabellen viser antallet fisk som hadde et gitt avvik mellom det totale antallet lus talt av ved ordinær tellemetode minus antallet lus talt kontrolltelling. En negativ verdi indikerer at det ble talt færre lus per fisk ved ordinær tellemetode enn ved kontrolltelling, mens en positiv verdi indikerer at antallet lus ved ordinær tellemetode var høyere enn ved kontrolltelling. Verdien til avviket viser til forskjellen i det totale antallet talte lus per fisk. Verdien null (0) indikerer at antallet talte lus per fisk var likt mellom ordinær telling og kontrolltelling.

Avvik Ordinær – Kontroll		Antall fisk Lokalitet 1	Antall fisk Lokalitet 2	Antall fisk totalt
Flere ved ordinær	2	2	-	2
Flere ved ordinær	1	13	4	17
Lik	0	127	154	220
Færre ved ordi- nær	-1	13	2	15
Færre ved ordi- nær	-2	3	-	3
Færre ved ordi- nær	-3	2	-	2

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 fors–kning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og sam–funnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3282-1

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