

Variasjon i prevalens og relativ intensitet av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på sjøørret (*Salmo trutta*) i fjorder med ulik tetthet av laksefiskoppdrett

Variations in prevalence and relative intensity of salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) on sea trout (*Salmo trutta*) in fjords with different density of salmon farming

Ole Kristian Haug Bjørstad

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
Institutt for naturforvaltning
Masteroppgave 30 stp. 2011



Forord

Med denne oppgaven avslutter jeg min master i naturforvaltning ved Institutt for naturforvaltning (INA), Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).

Jeg vil først og fremst takke mine veiledere, professor Reidar Borgstrøm (INA, UMB), Ingebrigt Uglem og Bengt Finstad (Norsk institutt for naturforskning, NINA) for verdifull og konstruktiv veiledning.

Jeg vil også takke Rune Nilsen og Pål Arne Bjørn ved Havforskningsinstituttet (HI) for hjelpen. I tillegg vil jeg takke Marius Berg (NINA), John Pedersen, Dag Karlsen og Trond Fjeseth for uvurderlig hjelp med feltarbeidet.

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Ås, mai 2011

Ole Kristian Haug Bjølstad

Sammendrag

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en ektoparasitt som finnes på laksefisk over hele den nordlige halvkule. Etter at laksefiskoppdrett ble etablert i Norge utover 80-tallet har stadig høyere infeksjoner på laksefisk blitt registrert, og enkelte laksefiskbestander har trolig blitt sterkt redusert på grunn av lakselus. Det er spesielt sjørøreten (*Salmo trutta*) som blir hardt rammet i og med at den holder seg i fjordene gjennom hele sjøoppholdet. Hensikten med dette studiet var 1) å undersøke om prevalens (andel av fisk med lus) og relativ intensitet (antall lus/gram fiskevekt) av lakselus på sjørøret i tre fjorder (Romsdalsfjorden, Sognefjorden og Trondheimsfjorden) med oppdrett kun ytterst i fjorden var forskjellig fra en fjord med oppdrett også i midtre og indre deler (Storfjordsystemet), og 2) om og i hvilken grad påslag av lakselus kunne forklares med tilstedeværelse av oppdrett eller variasjon i saltholdighet. Dette ble gjort ved å samle inn sjørøret (N= 623) og ta saltholdighets- og temperaturmålinger på flere lokaliteter fra indre til ytre deler av fjordene på to til tre tidspunkt sommeren 2010. I tillegg til morfometriske mål (lengde og vekt) ble antallet av de ulike utviklingsstadiene av lakselus kvantifisert for hver sjørøret.

Resultatene viser at det gjennom hele sommeren 2010 generelt var lite lakselus på sjørøret fanget i indre deler av de fire undersøkte fjordene, bortsett fra Romsdalsfjorden (Eresfjord) i august 2010. Det var også lite lus innerst i Storfjordsystemet til tross for tilstedeværelse av oppdrettsanlegg. Siden det var til dels betydelige brakkvannslag innerst i tre av fjordene, kan resultatene tyde på at lav saltholdighet i de indre delene av fjordene påvirket prevalens og relativ intensitet i større grad enn tilstedeværelse av laksefiskoppdrett.

Prevalens for fisk fra de indre lokalitetene varierte fra 5-47 %, mens median relativ intensitet var 0 lakselus/gram fiskevekt i slutten av juni og begynnelsen av juli. For fisk fanget på de ytre lokaliteter med høy oppdrettstetthet varierte prevalensen fra 33-100 % og median relativ intensitet fra 0 - 0,14 lus/gram fiskevekt. Andel fisk med mer enn 0,1 lus/gram fiskevekt, med andre ord antatt grense for fysiologiske effekter i henhold til det nasjonale overvåkningsprogrammet for lakselus, var 0 % for de indre lokalitetene i slutten av juni og starten av juli. For de ytre lokalitetene varierte denne andelen fra 0 – 59 % (22 % i gjennomsnitt). Det er derfor mulig at lakselusinfeksjoner i ytre deler av de undersøkte fjordsystemene kan ha en populasjonseffekt for enkelte lokaliteter. Resultatene tyder også på at små nasjonale laksefjorder ikke beskytter vill laksefisk i særlig grad siden prevalens og

relativ intensitet av lakselus var forholdsvis høy både i Isfjorden og Ørsta fjorden utover sommeren. Det må understrekes at i tillegg til tre fjorder uten laksefiskoppdrett i de indre delene, var bare en fjord med slikt oppdrett inkludert i denne undersøkelsen. Dermed er det behov for videre studier i andre fjordsystemer, og over lengre tidsperioder, for å kunne vurdere hvorvidt mine konklusjoner kan generaliseres.

Summary

Salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) is an ectoparasite that is found on salmonids in the northern hemisphere. After the establishment of salmonid farming in Norway in the 1980's, an increasing number of infected anadromous salmonids has been recorded, and some salmonid stocks have most likely been severely reduced due to salmon lice. The sea trout (*Salmo trutta*) is strongly affected by lice because of the continuous presence in the fjords during the marine phase of its life cycle. The purpose of this study was 1) to evaluate whether prevalence (number of fish with lice) and relative intensity (number of lice/gram fish) of salmon louse on sea trout in three fjords with salmon farming only in the outer parts (Romsdalsfjorden, Sognefjorden and Trondheimsfjorden) differed from a fjord with fish farming also in the middle and inner parts (Storfjordssystemet), and 2) if and to what extent lice infestations may be explained by the presence of salmonid farming or variation in salinity. Sampling of sea trout (N = 623) and salinity- and temperature recordings were performed from the outer to the inner parts of the fjords, during two to three time periods during the summer, 2010.

In addition to morphometric measurements of sea trout (length and weight), the number of lice within each development stage was recorded from all sampled sea trout. In general, the numbers of lice on sea trout were low in the inner parts of all the studied fjords, except for fish in the Eresfjord during the third period. There were also modest amounts of lice in the inner parts of the Storfjord system, despite a high farming intensity. Results from locations further out in the fjords, with salmon farming, show that sea trout has more lice from the end of June and onwards than fish from the inner locations. The results indicate that low salinity in the inner parts of the fjords may hinder infections irrespective salmon farming.

The prevalence of sea louse sea trout in the inner locations varied between 5 and 47 %, while the median intensity was 0 lice per gram fish at the end of June and the beginning of July. In contrast, prevalence varied from 33 to 100 %, with median intensity from 0 to 0,14 lice per gram of fish, for fish caught in the outer parts of the studied fjords. The ratio of fish with more than 0,1 lice per gram, i.e. the presumed limit for physiologic effects to occur, was 0 % for the inner locations at the end of June and the beginning of July, whereas this ratio varied from 0 to 59 % (mean: 22 %) for the outer locations. It is therefore possible that the intensity of lice in the outer locations in the study areas may entail population regulating effects. Both

prevalence and intensity were high in the small fjords, Isfjorden and Ørsta fjorden, during the summer 2010, implying that smaller national salmon fjords, i.e. fjords protected from salmon farming, not necessarily protect wild salmonids from salmon lice infestations. It must be underlined that in addition to three fjords without salmonid farming in the inner parts, only one fjord with such farming was included in the present study. Thus, there is a need for further studies in other systems, and over longer time periods, to be able to evaluate whether or not my conclusions can be generalized.

Innhold

Sammendrag.....	2
Summary	4
Innledning	7
Materiale og metode.....	10
Studieområdene	10
Innsamling av fiskemateriale.....	12
Saltholdighet og temperatur	13
Lusetelling.....	13
Innsamlet sjørret.....	14
Statistiske tester.....	15
Resultater	16
Prevalens av lakselus.....	16
Relativ intensitet av lakselus	18
Fordeling av lusestadiene	23
Relativ intensitet av lakselus i de indre lokalitetene	25
Lakselusinfeksjoner med fysiologisk effekt	25
Saltholdighet og temperatur	26
Diskusjon	27
Konklusjon.....	30
Litteratur	32

Innledning

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en marin ektoparasitt som finnes naturlig på fisk i slektene *Salmo*, *Salvelinus* og *Oncorhynchus* (Grimnes et al. 1996). Parasitten har sin utbredelse på den nordlige halvkule (Kabata 1979). Voksne lakselus er fra lys- til mørk brune, og kjønnene skilles enkelt på størrelse (Schram 1993). Livssyklusen til lakselusa omfatter flere faser og stadier. Først to planktoniske nauplius-stadier før et infiserende kopepoditt-stadie. Hvis kopepoditten finner en vert vil den feste seg og gå gjennom fire fastsittende chalimus-stadier, to halv voksne (preadulte) stadier og et voksent (adult) stadium (Johnsen & Albrigh 1991; Schram 1993; Pike & Wadsworth 1999).

Vill laksefisk i saltvann holder seg stort sett i de øvre vannlagene (Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; Plantalech Manel-la et al. 2009), noe som gjør at lakselus-kopepodittene plasserer seg i de samme vannlagene (Hevrøy et al. 2003). Hvis kopepoditten finner en vert, vil den hekte seg fast (Pike & Wadsworth 1999; Boxaspen 2006) og deretter fullføre livssyklusen mens den er på fisken. Lengden på livssyklusen er svært temperaturavhengig. Ved en vanntemperatur på 10 °C er den ca 43 dager, mens den ved 17 °C er ca 17 dager (Johnson & Albright 1991). Lakselus trives dårlig i vann med saltholdighet under 20 ‰ (Bricknell et al. 2006), og når laksefisk går opp i ferskvann vil lusa forlate fisken etter noen dager og dø (McLean et al. 1990; Finstad et al. 1995).

Historiske rapporteringer av lakselus på villfisk er mangelfulle, som bl.a. beskrevet i Pike & Wadsworth (1999). Tidlige registreringer er beskrevet av Berland & Margolis (1983) og i tillegg beskrev White (1940, 1942) infeksjoner av lakselus på laks fra Moser River i Nova Scotia, i Canada, hvor det ble registrert til dels mye lakselus på laks på oppvandring, samt skader på hode som følge av lusas beiteaktivitet. Det ble også registrert dødelighet hos noe laks. Grunnen til akkumuleringen av lus på fisken var sannsynligvis at lav vannføring (Calderwood 1905) hindret fisken i å vandre opp og at lusa dermed fikk utvikle seg fritt på fisken. Senere registreringer av lakselus på sjørret i Skagerrakområdet (mars til oktober) i fravær av oppdrett i perioden 1992 til 1995 viste lave påslag på sjørret (Schram et al. 1998). Det har tidligere vært funnet ganske høy prevalens av lus, men antallet per fisk har vært lavt. Dette er trolig relatert til at tettheten av lakselus i naturlige system styres av tilgangen på verter (Boxshall 1974; Pemberton 1976; Tingley et al. 1997; Bjørn et al. 2001; Krkosek et al. 2005, 2006a, b). Oppdrett av laksefisk innebærer at tilgangen på verter i fjordene har blitt mye

større enn før, noe som påvirker vert - parasitt systemet (Heuch & Mo 2001; Heuch et al. 2005). Selv kraftig reduserte bestander av vill laksefisk vil dermed være eksponert for lakselus produsert i oppdrett. Dette ville normalt ikke ha inntruffet uten oppdrett fordi tilgangen på verter ville vært lav (Hindar et al. 2011).

Den nasjonale lakselusovervåkingen viser at lakselus kan utgjøre et problem for sjøørreten i deler av Norge (Bjørn et al. 2008, 2009, 2010). Kunnskapen om effekter av lakselus på vill sjøørret i Norge er mangelfull, men Bjørn et al. (2001) viste at både prevalens og relativ intensitet av lakselus var signifikant høyere på fisk i et område med høy oppdrettsaktivitet, enn i et område uten oppdrett. Bjørn et al. (2001) dokumenterte også prematur tilbakevandring for fisk med høy infeksjon av lus. Negative effekter på sjøørret grunnet oppdrettsaktivitet er også godt dokumentert fra Irland. Lakseoppdrettet begynte i midtre og vestre deler av Irland tidlig på 1980-tallet, og på slutten av 80-tallet ble det produsert ca. 7000 tonn laks (Anon 1992). Etter etablering av lakseoppdrett ble det observert mye lakselus på sjøørret som gikk opp i elvene (Anon 1992). I 1990 ble det startet innsamling fra flere elver i Irland for å undersøke om dette var et utstrakt problem. Det ble funnet lus i tidlige stadier på prematur tilbakevandrende fisk i alle elvene som ble undersøkt, noe som indikerer at fisken var nylig infisert (Tully et al. 1993a, b). Dette ble sammenholdt med opprettelsen av lakseoppdrett (Gargan et al. 2003). Observasjonene av infeksjoner av lakselus på sjøørret på slutten av 80-tallet stemmer dessuten godt overens med kollaps i flere sjøørrestammer i området. Fangststatistikk for 22 elver viste en liten nedgang i bestandene fram til 1988, med en kollaps i 1989/90 (Gargan et al. 2007).

I 2009 kom mattilsynet i Norge med en ny regulering som bestemmer hvor mye lus det kan være i et oppdrettsanlegg; fra 1. januar til 31. august skal gjennomsnittlig antall lus per fisk i en merd ikke overstige 0,5 voksne hunner eller 3 mobile stadier totalt, inkludert voksne hunner. Fra 1. august til 31. desember skal antallet lus ikke overstige 1 hunn eller 5 mobile stadier. I tillegg skal en felles obligatorisk avlusning gjennomføres tidlig på våren for å sørge for lite lus i systemet når laksesmolten har sin utvandring til havet (Luseforskriften 2009). Det er flere kjemikalier som brukes ved slike avlusninger (Heuch et al. 2003; Revie et al. 2009), men i de siste to-tre årene er det påvist at flere av medikamentene mot lakselus ikke fungerer som før (Nilsen et al. 2008).

I februar 2003 opprettet Stortinget 37 nasjonale laksevassdrag og 21 nasjonale laksefjorder. Direktoratet for naturforvaltning (DN) la 31. mars 2005 fram et høringsforslag der det var planlagt at 27 nye vassdrag og 19 nye fjorder skulle innlemmes i ordningen. Dette ble vedtatt av Stortinget 15. mai 2007 (Norske lakseelver 2010). Innføringen av nasjonale laksefjorder hadde som hensikt å hindre etablering av laksefiskoppdrett i spesielt viktige områder for vill laksefisk (Anon 2006). De største nasjonale laksefjordene, som Trondheimsfjorden, har sett ut til å ha positiv effekt med hensyn til å beskytte lokale laksefiskbestander mot lakselus. Mindre nasjonale laksefjorder som Isfjorden i Møre og Romsdal ser ut til å ha liten effekt, men det må lengre tidsserier til før endelige konklusjoner kan fattes (Bjørn et al. 2010).

Den nasjonale luseovervåkingen viser at det generelt er mindre lus langt inne i fjordene enn i kystnære strøk (Bjørn et al. 2010), og samtidig er tettheten av oppdrettsanlegg lavere innerst i de fleste fjorder. Denne sammenhengen har vært brukt som en indikasjon på at oppdrettsvirksomhet trolig øker lusebelastningen på vill laksefisk. Det finnes imidlertid unntak, for eksempel Romsdalsfjorden. Her ligger den innerste lokaliteten over 35 kilometer fra områder med mye oppdrett, men lusepåslaget har i enkelte år vært betydelig (Bjørn et al. 2010). Altafjordsystemet i Finnmark har også intensiv oppdrettsaktivitet, men et generelt lavt infeksjonstrykk av lakselus, noe som kan skyldes lav temperatur og dermed ugunstige forhold for lakselus (Bjørn et al. 2010).

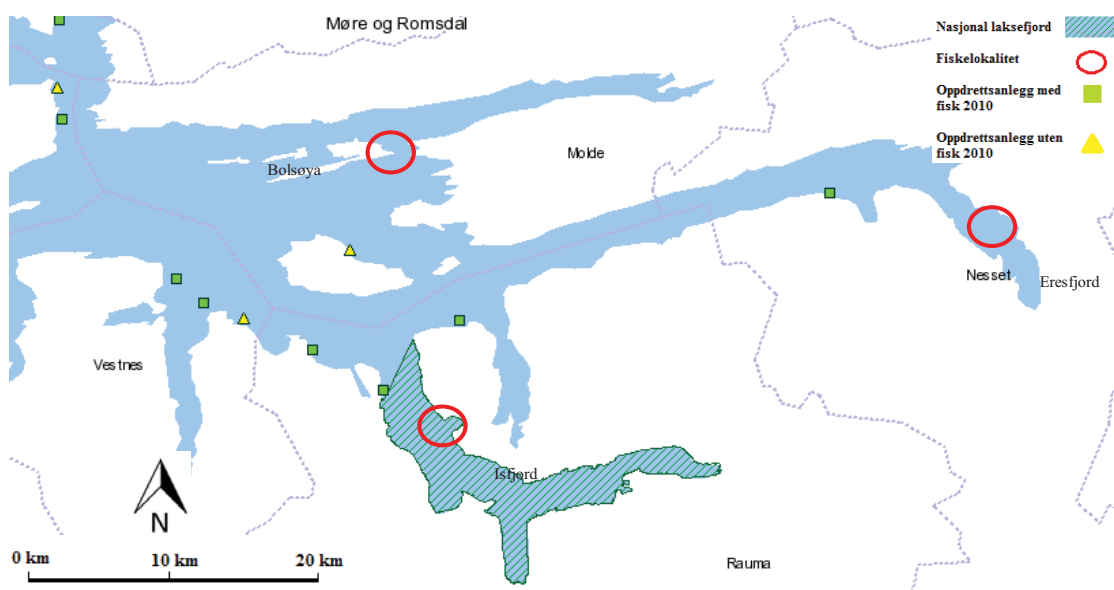
Hensikten med dette studiet er å undersøke om prevalens og relativ intensitet av lus på sjørret varierer mellom fjorder med oppdrett kun ytterst og oppdrett i hele fjordsystemet. Prevalens og intensitet av lakselus på sjørret fra fjorder uten oppdrett i innerste deler (Romsdalsfjorden, Sognefjorden og Trondheimsfjorden), og fra en fjord med oppdrett spredt i hele fjorden (Storfjordsystemet) er derfor undersøkt gjennom sommerhalvåret 2010. Lusepåslag på vill laksefisk er trolig også avhengig av andre faktorer enn oppdrettsvirksomhet, for eksempel havstrømmer og fiskens vandringsmønster (Finstad et al. 2005; Urke et al. 2010). I denne oppgaven vil jeg se nærmere på to forhold:

1. Luseinfeksjoner gjennom sommersesongen på sjørret fra ytre til indre deler av fjordsystemene sammenholdt med tettheten av oppdrettsanlegg
2. Sammenhengen mellom saltholdighet og luseinfeksjoner på sjørret i de samme fjordsystemene

Materiale og metode

Studieområdene

Romsdalsfjorden er en stor og lang fjord med flere sidefjorder, blant annet den nasjonale laksefjorden, Isfjorden. De tre lokalitetene undersøkt i dette studiet var Eresfjorden ($62^{\circ} 44' . N, 8^{\circ} 6' . E$), Bolsøya ($62^{\circ} 44' . N, 7^{\circ} 21' . E$) ved Molde og Isfjorden ($62^{\circ} 35' . N, 7^{\circ} 28' . E$) (Figur 1). Oppdrettsvirksomheten er i hovedsak lokalisert i de ytre delene av fjorden (Figur 1). Det er flere små- og mellomstore lakseførende elver i dette fjordsystemet. De største er Eira i Eresfjord og Rauma ved Åndalsnes.



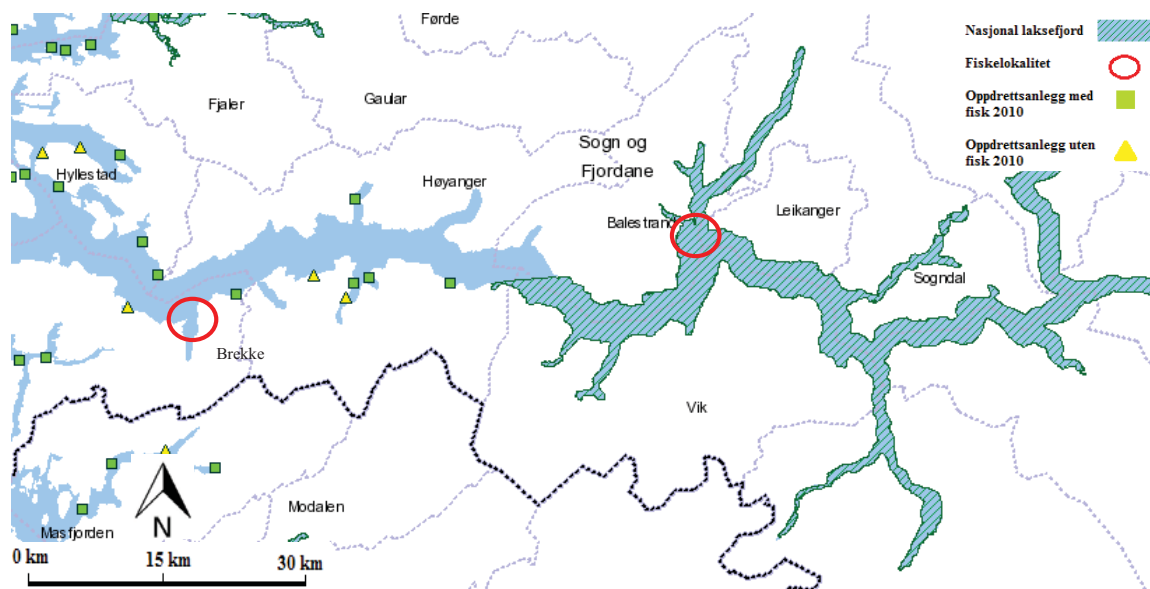
Figur 1: Oversiktskart over Romsdalsfjordsystemet med fiskelokaliteter, nasjonal laksefjord og oppdrettsanlegg (Grunnkart fra www.fiskeridir.no).

Det andre studieområdet, Storfjordsystemet ved Ålesund, strekker seg helt inn til Tafjord og Geiranger (Figur 2). Den lille nasjonale laksefjorden Ørstafjorden ligger ytterst i dette systemet. De tre fiskelokalitetene var Sylte ($62^{\circ} 17' . N, 7^{\circ} 18' . E$), Sykkylven ($62^{\circ} 23' . N, 6^{\circ} 34' . E$) og Ørsta ($62^{\circ} 12' . N, 6^{\circ} 6' . E$) (Figur 2). Det er oppdrettsvirksomhet lokalisert i store deler av fjorden. Storfjordsystemet har en rekke små- og mellomstore elver fordelt i hele systemet.



Figur 2. Oversiktskart over Storfjordsystemet ved Ålesund, med fiskelokaliteter, nasjonal laksefjord og oppdrettsanlegg (Grunnkart fra www.fiskeridir.no).

Sognefjorden er Norges lengste fjord. De to fiskelokalitetene var Balestrand ($61^{\circ} 12' \text{ N}$, $6^{\circ} 33' \text{ E}$) og Brekke ($61^{\circ} 1' \text{ N}$, $5^{\circ} 29' \text{ E}$) (Figur 3). Den innerste fiskelokaliteten, i Balestrand, ligger i den indre delen av fjorden som er en nasjonal laksefjord. Den ytre fiskelokaliteten, Brekke, ligger langt ute i fjorden i et område med høy oppdrettstetthet. Sognefjorden har i likhet med de to foregående fjordsystemene flere små- og mellomstore elver.



Figur 3. Oversiktskart over Sognefjorden med fiskelokaliteter, nasjonal laksefjord og oppdrettsanlegg (Grunnkart fra www.fiskeridir.no).

Trondheimsfjorden er Norges tredje lengste fjord. Hele fjorden er nasjonal laksefjord. Fiskelokalitetene var Skatval (63° 29'. N, 10° 46'. E) som ligger inne i Trondheimsfjorden, Agdenes (63° 37'. N, 9° 39'. E) som ligger helt ytterst ved munningen av fjorden, og en stasjon på vestsida av Hitra (63° 34'. N, 8° 38'. E) (Figur 4). Det er ikke lakseoppdrett innenfor grensen for nasjonal laksefjord, men tettheten av oppdrettsanlegg er stor utenfor denne grensen. Trondheimsfjorden har flere store vassdrag som Orkla, Gaula, Nidelva og Stjørdalselva som tilfører mye ferskvann til fjorden. I tillegg er det en rekke små vassdrag.



Figur 4. Oversiktskart over fiskelokaliteter, nasjonal laksefjord og oppdrettsanlegg i Trondheimsfjorden (Grunnkart fra www.fiskeridir.no).

Innsamling av fiskemateriale

Garnfisket ble gjennomført i tre perioder i Romsdalsfjorden og Storfjordsystemet, henholdsvis uke 22-23, 26-27 og 30-31 i 2010. I Sognefjorden ble det fisket i uke 22 og 26, mens det i Trondheimsfjorden ble fisket i uke 22, 26 og 31 ved Agdenes, men kun i uke 22 og 26 ved Skatval og Hitra. Det ble brukt flytegarn med 25 meters lengde og 1,5 meters høyde, og med maskevidder på 21 mm og 26 mm. Garnene ble satt fra tangbeltet og utover, slik at fisk skulle ha vanskelig for å komme forbi på innsiden av garna (Figur 5). Det ble fisket primært på natten, men fisk ble også fanget på dagtid. Garnene ble overvåket med jevne mellomrom og sto aldri mer enn tre timer uten tilsyn. Sjørørreten som gikk i garnene ble behandlet så skånsomt som mulig for å unngå at lus ramlet av. Fisken ble klippet ut av garnet med saks, avlivet hvis dette var nødvendig og lagt umiddelbart i en plastpose. Posene ble merket med dato og fangststed og midlertidig lagret i kjølebager. All fisk ble frosset ned så raskt dette var

mulig. Målet for antall fisk innsamlet per lokalitet og fiskeomgang var minimum 15 og maksimum 25. Det var satt av inntil fire dagers fiske per lokalitet.



Figur 5. Eksempel på garnsett ved innsamling av sjørret sommeren 2010 – garn ble satt fra tangbeltet og utover. Foto: Rune Nilsen.

Saltholdighet og temperatur

I Trondheimsfjorden ble saltholdighet og temperatur målt med en håndholdt konduktivitetmåler (WTW Cond med WTW TetraCon 325 elektrode, Wissenschaftlich-Technische Werkstatt GmbH, Weilheim, Tyskland). I de tre andre fjordene ble det brukt Valeport miniCTD (Valeport Ltd, Devon UK). Temperatur og saltholdighet ble målt ned til en dybde på ca 20 meter.

Lusetelling

Etter opptining, ble hver enkelt fisk sjekket for lakselus. De minste stadiene ble skilt ved bruk av lupe (Wild Heerbrugg Switzerland, type MDG 17). Alle stadier fra copepoditt til voksne individer ble registrert. Chalimus 1 og 2 ble slått sammen, og det samme ble chalimus 3 og 4. Dette ble gjort fordi disse stadiene er vanskelig å skille fra hverandre. I alt ble lusa kategorisert i ti ulike stadier (Figur 6). I tillegg ble fiskens vekt og lengde notert.

BESTEMMELSESSKJEMA FOR LAKSELUS

PÅSLAG

Copepoditt

Størrelse: ca 0,7 mm
Beskrivelse: Infiserer fisken. Holder seg fast med antenner og vil legge en festetråd

FASTSITTENDE STADIER

Chalimus 1

Størrelse: ca 1,1 mm
Beskrivelse: Alle Chalimus stadiene er forankret til fisken med en festetråd

Chalimus 2

Størrelse: ca 1,3 mm

Chalimus 3

Størrelse: ca 2,1 mm

Chalimus 4

Størrelse: ca 2,3 mm

BEVEGELIGE STADIER

Halv voksen
Hann 1
(Prædult)

Størrelse: ca 3,4 mm
Beskrivelse: På dette stadiet er det mulig å skille kjønnene. Hannens kjønnssegment er slanket bønneløst, bredest på midten.

Halv voksen
Hunn 1
(Prædult)

Størrelse: ca 3,6 mm
Beskrivelse: Hunns kjønnssegment er betydelig bredere enn hannens og alltid bredest bakerst.

Halv voksen
Hann 2
(Prædult)

Størrelse: ca 4,3 mm

Halv voksen
Hunn 2
(Prædult)

Størrelse: ca 5,2 mm

Voksen Hann
(Adult)

Størrelse: ca 5-6 mm
Beskrivelse: Hannen er mindre, men utvikler seg raskere enn hunnen.

Voksen Hunn
(Adult)

Størrelse: ca 8-12 mm

www.fiskeridirektoratet.no

Figur 6. Bestemmelsesskjema for lakselus (EWOS 2010).

Innsamlet sjørret

Antall sjørret som ble fanget mellom ulike lokaliteter og perioder varierte. Antallet var lavt ved Eresfjord, Ørsta og Skatval i periode 1 (Tabell 1). Gjennomsnittlig vekt på ørreten varierte også mellom perioder og lokaliteter, men lå hovedsakelig mellom 150 og 300 gram, det vil si at mesteparten av sjørreten kan defineres som post-smolt eller juvenil fisk som har gått ut av ferskvann i løpet av sen vinteren eller våren. Fisken fanget i Brekke i periode 2 og Agdenes i periode 3 skilte seg ut, med en gjennomsnittlig vekt over 500 gram.

Tabell 1. Gjennomsnittlig vekt (gram) av innsamlet sjøørret for kontroll av lakselus i Romsdalsfjorden, Storfjordssystemet, Sognefjorden og Trondheimsfjorden i 2010. N = antall fisk; SD = standardavvik; Min = minste fisk; Max = største fisk.

Fjordsystem	Lokalitet	N	Periode 1			Periode 2				Periode 3			
			Vekt±SD	Min	Max	N	Vekt±SD	Min	Max	N	Vekt±SD	Min	Max
Romsdals-fjorden	Eresfjord	10	393±387	97	1394	20	158±64	64	610	31	197±161	65	584
	Molde	18	258±104	83	560	18	230±79	96	370	16	268±134	75	525
	Isfjord	20	273±250	35	1202	18	161±120	49	398	21	191±150	72	635
Storfjord-systemet	Sylte	25	207±188	25	985	27	242±188	70	710	30	128±123	61	663
	Sykkylven	16	323±441	33	1818	26	225±166	30	660	24	189±112	53	471
	Ørsta	4	97±24	76	132	20	239±182	70	730	20	261±169	50	687
Sogne-fjorden	Balestrand	20	158±88	17	366	17	183±86	92	415				
	Brekke	15	248±408	44	1685	20	533±385	77	1760				
Trondheims-fjorden	Skatval	9	384±256	19	945	20	199±246	27	903				
	Agdenes	29	150±65	78	285	29	163±185	44	810	30	515±522	75	1920
	Hitra	28	202±144	46	678	42	171±135	58	752				

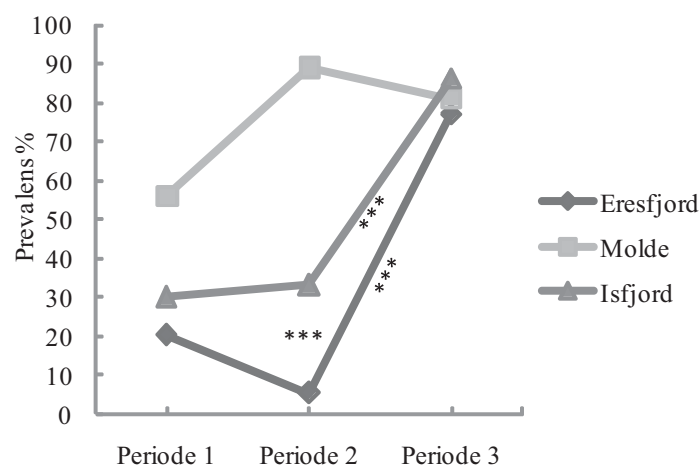
Statistiske tester

I og med at datamaterialet bestod av et høyt antall fisk uten lus og dermed ikke var normalfordelt, selv ikke etter transformering, (Shapiro Wilks tester, $p < 0,1$), ble ikke-parametriske tester brukt. Fisher exact-test ble brukt til å teste forskjeller i prevalens (antall/andel fisk med lus), mens Kruskal Wallis test ble brukt til å teste forskjeller i relativ intensitet (antall lus/gram fiskevekt). De statistiske analysene ble i hovedsak gjort i Minitab 15 og PASW Statistics (SPSS) v. 18.0.2, bortsett fra Fisher exact-testen som ble utført ved hjelp av en nettbasert statistikkpakke fra Saint John's University (<http://www.physics.csbsju.edu/stats>). Microsoft Excel 2007 ble brukt til bearbeiding av data og utarbeiding av figurene i resultatkapittelet. Målene som ble brukt for å sammenligne mellom lokaliteter og perioder (prevalens og relativ intensitet) er rutinemessig brukt i den nasjonale luseovervåkingen (Bjørn et al. 2010). Lusestadiene ble i utgangspunktet analysert til 10 stadier. Det viste seg vanskelig å gjøre analyser på dette på grunn av lav N i hver gruppe. I analysene ble derfor totalt antall lus per fisk, uansett stadium, brukt.

Resultater

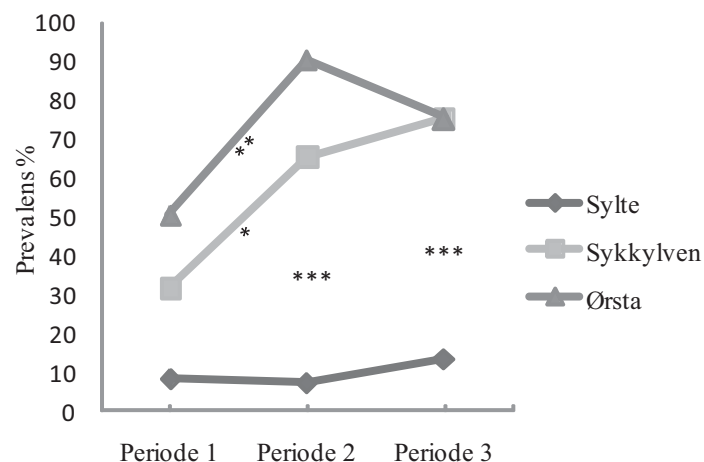
Prevalens av lakselus

I periode 1 var i gjennomsnitt 35 % av fisken i Romsdalsfjorden infisert med lakselus (Figur 7), men det var ikke signifikante forskjeller i prevalens av lakselus mellom lokalitetene. Det var en tendens (Fisher exact - test, $p = 0,070$) til økt prevalens av lakselus mellom periode 1 og 2 for fisk fanget ved Molde (Figur 7). For fisk fanget i Isfjord var prevalensen av lakselus signifikant høyere i periode 2 enn for fisk fra Eresfjord, mens det var en tendens (Fisher exact - test, $p = 0,070$) til at en høyere andel av fisken fanget ved Molde var infisert med lakselus i forhold til fisk fra Isfjord (Figur 7). Mellom periode 2 og 3 økte prevalensen av lakselus signifikant (Fisher exact - test, $p < 0,001$) både i Isfjord og i Eresfjord, og i gjennomsnitt var 81 % av fisken infisert med lakselus i den siste perioden (Figur 7).



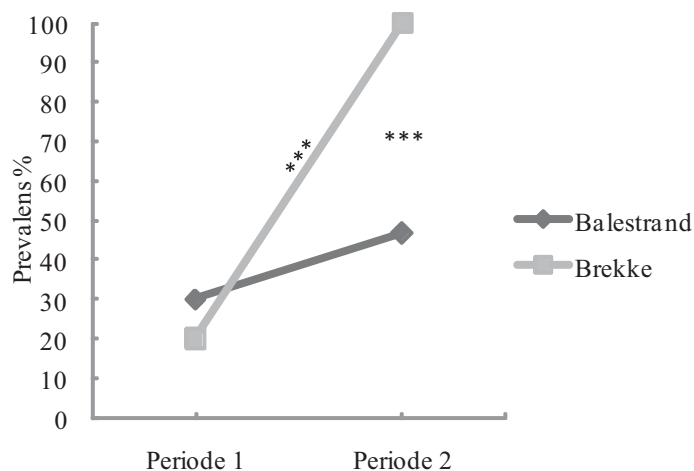
Figur 7. Prevalens av lakselus (andel fisk med lakselus) på sjørret fanget på tre lokaliteter i Romsdalsfjorden i uke 22-23 (periode 1), uke 26-27 (periode 2) og uke 30-31 (periode 3). *** = $p < 0,001$.

I Storfjordsystemet skilte fisken ved den innerste lokaliteten Sylte seg ut, med i gjennomsnitt 9 % prevalens av lakselus for alle periodene (Figur 8). Det var en del fisk med lakselus ved de to andre lokalitetene allerede i periode 1 (gjennomsnitt: 41 %), og andelen fisk med lakselus økte signifikant både i Sykkylven (Fisher exact - test, $p = 0,011$) og Ørsta (Fisher exact - test, $p = 0,003$) fra periode 1 til 2 (Figur 8). Både i periode 2 og 3 var prevalens av lakselus på fisken signifikant høyere både i Sykkylven og Ørsta enn ved Sylte (Fisher exact - test, $p < 0,001$) (Figur 8). Det var i tillegg en tendens (Fisher exact - test, $p = 0,052$) til høyere prevalens av lakselus for fisk fanget ved Ørsta enn ved Sykkylven i periode 2 (Figur 8).



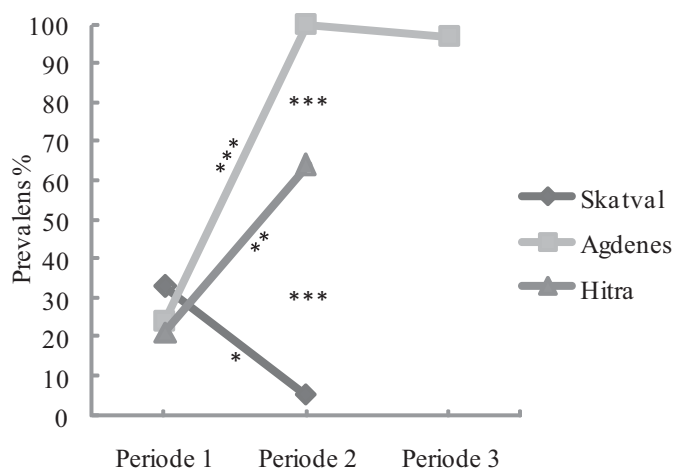
Figur 8. Prevalens av lakkus (andel fisk med lakkus) på sjørret fanget på tre lokaliteter i Storfjordssystemet i uke 22-23 (periode 1), uke 26-27 (periode 2) og uke 30-31 (periode 3). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

I Sognefjorden var i gjennomsnitt 25 % av fisken infisert med lakkus i periode 1, men det var ingen signifikant forskjell i prevalens av lakkus mellom lokalitetene (Fisher exact - test, $p = 0,503$) (Figur 9). På den ytre lokaliteten, ved Brekke, var det en signifikant økning i prevalens av lakkus til periode 2, hvor all fisk hadde lakkus (Figur 9). Det var også signifikant høyere prevalens av lakkus for fisk fra Brekke i forhold til for fisk fra Balestrand i periode 2 (Fisher exact - test, $p < 0,001$) (Figur 9).



Figur 9. Prevalens av lakkus (andel fisk med lakkus) på sjørret fanget på tre lokaliteter i Sognefjorden i uke 22 (periode 1) og uke 26 (periode 2). *** = $p < 0,001$.

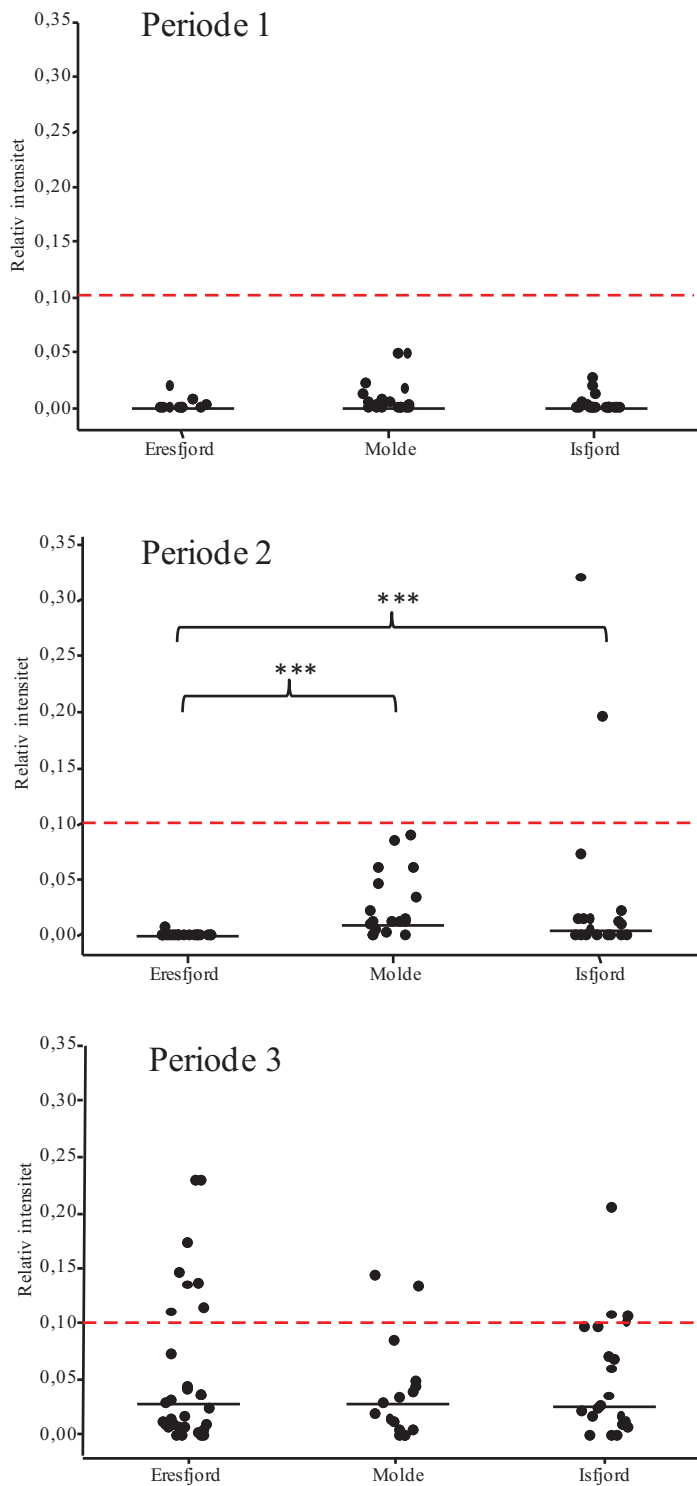
I Trondheimsfjorden var prevalensen av lakselus på fisken lav på alle tre lokaliteter i periode 1, med et gjennomsnitt på 26 % (Figur 10). Det var en signifikant økning i prevalens av lakselus for fisken ved Agdenes og Hitra fra periode 1 til 2, mens ved Skatval gikk andelen ørret med lakselus signifikant ned i samme periode (Fisher exact - test, $p = 0,041$) (Figur 10). Dette medførte at det var høyere prevalens av lakselus på fisken ved Agdenes og Hitra i forhold til Skatval i denne perioden (Fisher exact - test, $p < 0,001$) (Figur 10). Prevalens av lakselus for fisk fra Agdenes var signifikant høyere enn for fisk fra Hitra (Fisher exact - test, $p < 0,001$) i periode 2 (Figur 10). I periode 3 ble det kun fisket ved Agdenes.



Figur 10. Prevalens av lakselus (andel fisk med lakselus) på sjøørret fanget på tre lokaliteter i Trondheimsfjorden i uke 22 (periode 1), uke 26 (periode 2) og uke 31 (periode 3). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Relativ intensitet av lakselus

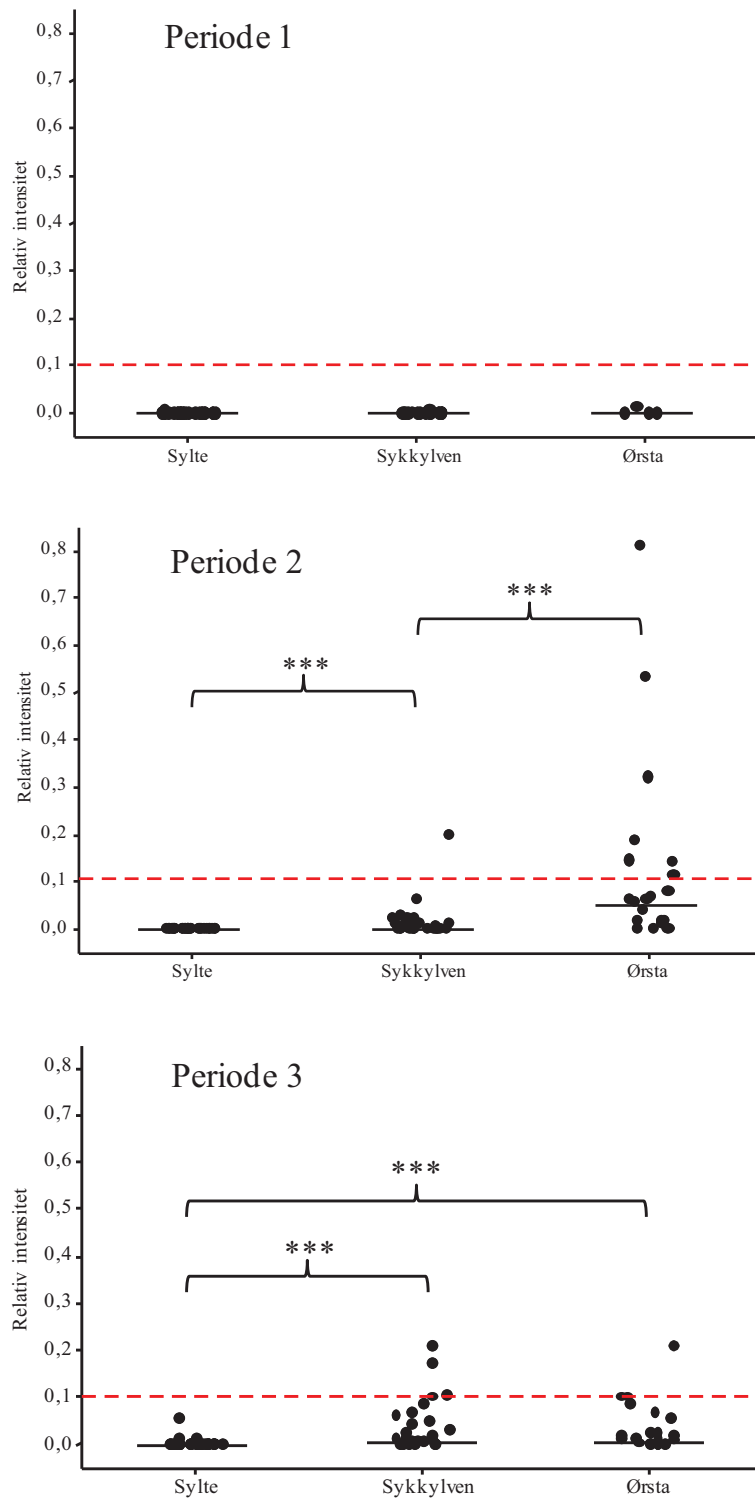
For Romsdalsfjorden var det ingen signifikante forskjeller mellom lokaliteter med hensyn til relativ intensitet av lakselus i periode 1 (Kruskal Wallis, $p = 0,203$) (Figur 11). I fiskeperiode 2 var relativ intensitet av lakselus signifikant høyere på ørreten i Isfjord og ved Molde enn ved den indre lokaliteten i Eresfjord (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 11). I den siste fiskeperioden, periode 3, var det ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus på fisk mellom lokalitetene (Kruskal Wallis, $p = 0,791$) (Figur 11). På fisken i Eresfjord var det en signifikant økning i relativ intensitet av lakselus fra periode 2 til 3 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$), mens på fisken ved Molde var det en signifikant økning i relativ intensitet av lakselus fra periode 1 til 2 (Kruskal Wallis, $p < 0,014$) (Figur 11). I Isfjord var relativ intensitet av lakselus signifikant høyere på fisken i periode 3 enn i 1 og 2 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 11).



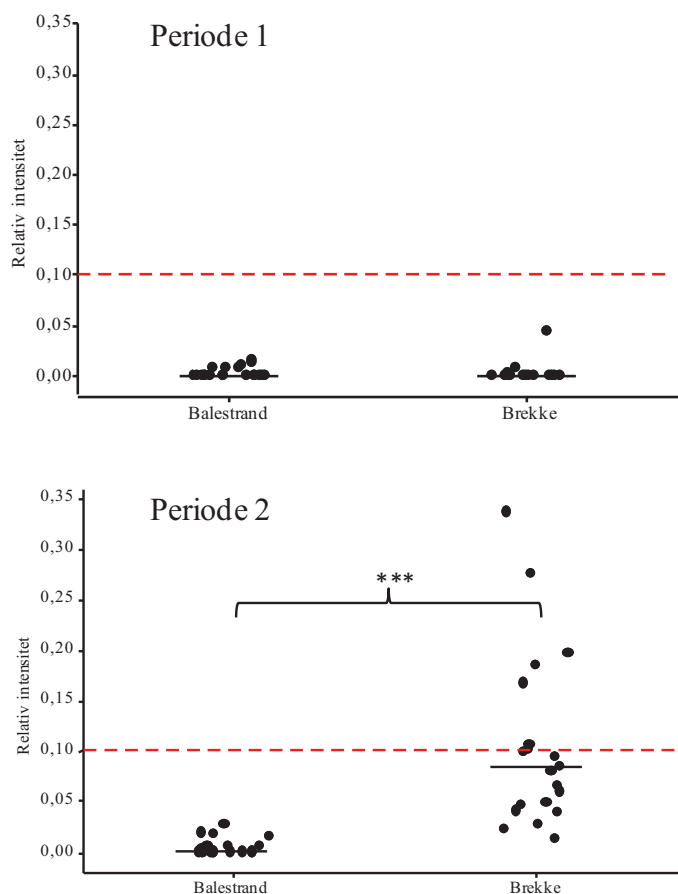
Figur 11. Relativ intensitet av lakselus (antall lus/gram fiskevekt) på sjørret fanget på tre lokaliteter i Romsdalsfjorden i uke 22 (periode 1), uke 26 (periode 2) og uke 31 (periode 3). Rød horisontal stiplet linje = antatt skadelig lusenivå; svart horisontal linje = median i relativ intensitet.

I Storfjordssystemet var det lav relativ intensitet på fisken og ingen signifikante forskjeller mellom lokalitetene i periode 1 (Kruskal Wallis, $p = 0,269$) (Figur 12). I periode 2 var relativ intensitet av lakselus signifikant høyere for fisken fra Sykkylven enn ved Sylte (Kruskal Wallis, $p < 0,001$), mens relativ intensitet av lakselus igjen var signifikant høyere ved Ørsta enn i Sykkylven (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 12). Det var ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus mellom Sykkylven og Ørsta i periode 3 (Kruskal Wallis, $p = 0,991$), men relativ intensitet av lakselus var signifikant høyere enn for ørreten i Sylte (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 12). Det var lav relativ intensitet av lakselus på fisken i Sylte i alle periodene (Figur 12). For ørreten i Sykkylven var det en signifikant økning i relativ intensitet av lakselus fra periode 1 til 2 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$), og en tendens til økning i relativ intensitet av lakselus til periode 3 (Kruskal Wallis, $p < 0,091$) (Figur 12). Det var i likhet med Sykkylven en signifikant økning i relativ intensitet av lakselus på ørreten i Ørsta fra periode 1 til 2 (Kruskal Wallis, $p = 0,043$), men en tendens til nedgang til periode 3 (Kruskal Wallis, $p = 0,054$) (Figur 12).

På ørret fra Sognefjorden var det lav og ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus mellom lokalitetene i periode 1 (Kruskal Wallis, $p = 0,488$), men i periode 2 var verdiene signifikant høyere i Brekke enn i Balestrand (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 13). Det var ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus mellom periodene på fisken i Balestrand (Kruskal Wallis, $p = 0,328$), mens det i Brekke var signifikant høyere relativ intensitet av lakselus i periode 2 enn i periode 1 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 13).

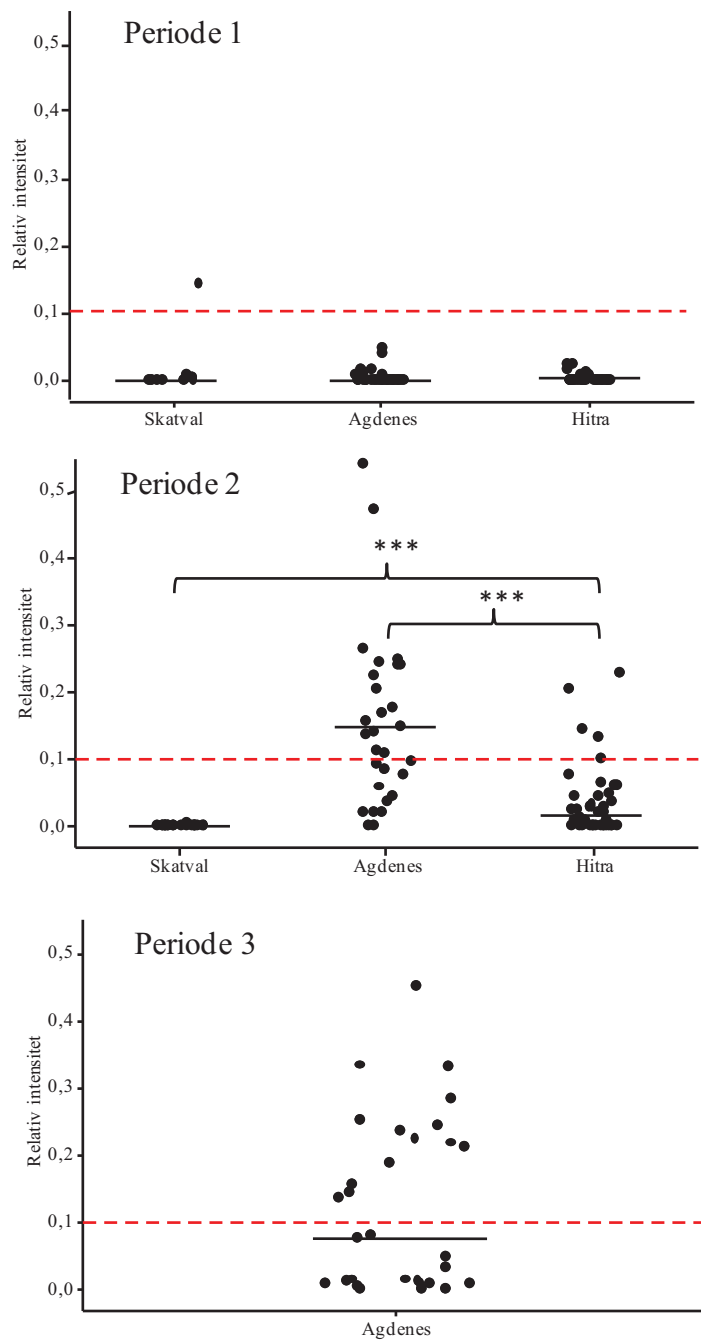


Figur 12. Relativ intensitet av lakselus (antall lus/gram fiskevekt) på sjøørret fanget på tre lokaliteter i Storfjordsystemet i uke 22 (periode 1), uke 26 (periode 2) og uke 31 (periode 3). Rød horisontal stiplet linje = antatt skadelig lusenivå; svart horisontal linje = median i relativ intensitet.



Figur 13. Relativ intensitet av lakselus (antall lus/gram fiskevekt) på sjørret fanget på to lokaliteter i Sognefjorden i uke 22 (periode 1) og uke 26 (periode 2). Rød horisontal stiplet linje = antatt skadelig lusenivå; svart horisontal linje = median i relativ intensitet.

I likhet med de andre fjordsystemene var relativ intensitet av lakselus på fisk i Trondheimsfjorden generelt lav og ikke signifikant forskjellig mellom lokalitetene i periode 1 (Kruskal Wallis, $p = 0,824$) (Figur 14). I periode 2 var det derimot signifikant høyere relativ intensitet av lakselus på fisken fra Hitra enn ved Skatval (Kruskal Wallis, $p < 0,001$), mens det for fisken i Agdenes var signifikant høyere relativ intensitet av lakselus enn på Hitra (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 14). For ørreten på Skatval var det ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus mellom periodene (Kruskal Wallis, $p = 0,220$), mens det ved Agdenes var signifikant høyere relativ intensitet av lakselus i periode 2 og 3, enn i periode 1 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 14). For fisken på Hitra var det en signifikant økning i relativ intensitet av lakselus fra periode 1 til 2 (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Figur 14).



Figur 14. Relativ intensitet av lakselus (antall lus/gram fiskevekt) på sjørret fanget på tre lokaliteter i Trondheimsfjorden i uke 22 (periode 1), uke 26 (periode 2) og uke 31 (periode 3). Rød horisontal stiplet linje = antatt skadelig lusenivå; svart horisontal linje = median i relativ intensitet.

Fordeling av lusestadiene

De ti ulike lusestadiene ble slått sammen til tre grupper for å se på fordelingen (Tabell 2). Fordelingen viser at det stort sett var flest larver, men det var stor variasjon og vanskelig å finne trender mellom perioder og lokaliteter ut av det innsamlede materialet.

Tabell 2. Oversikt over fordelingen av de ulike lusestadiene funnet på sjøørret i de fire fjordssystemene Romsdalsfjorden, Storfjordssystemet, Sognefjorden og

Trondheimsfjorden. N = antall fisk med lus i lokaliteten; fiskens vekt i gram med standardavvik (SD); Larver = alle fastsittende stadier inkludert kopepoditt;

Preadult = alle preadulte (halvvoksne) stadier; Adult = alle adulte (voksne) stadier, slik de er definert av EWOS (2010).

Fjordssystem	Lokalitet	Periode 1						Periode 2						Periode 3					
		N	Vekt±SD	Larver	Preadult	Adult	%	N	Vekt±SD	Larver	Preadult	Adult	%	N	Vekt±SD	Larver	Preadult	Adult	%
Romsdalsfjorden	Eresfjord	3	283±131	33,3	0,0	66,7		1	610±	50,0	25,0	25,0		27	202±164	57,8	31,9	10,3	
	Molde	10	293±113	25,0	25,8	49,3		15	244±79	38,9	39,1	22,0		13	256±144	7,6	54,1	38,3	
	Isfjord	6	323±110	16,7	61,6	22,7		10	180±127	60,0	16,0	24,0		18	186±160	60,9	31,5	7,6	
Storfjordssystemet	Sylte	2	308±101	50,0	0,0	50,0		2	545±233	0,0	0,0	100,0		4	247±280	56,3	18,8	25,0	
	Sykkylven	4	777±745	37,5	0,0	62,5		17	273±181	34,6	31,9	33,5		18	204±118	48,1	21,7	30,2	
	Ørsta	1	132±	100,0	0,0	0,0		19	230±182	59,3	25,5	15,3		16	247±174	32,0	40,8	27,3	
Sognefjorden	Balestrand	6	237±98	45,8	12,5	41,7		8	199±95	8,8	44,1	47,2							
	Brekke	3	659±894	93,3	0,0	6,7		20	533±385	77,4	12,7	9,9							
Trondheimsfjorden	Skatval	3	520±383	62,1	21,3	16,7		1	663±	100,0	0,0	0,0							
	Agdenes	7	154±77	82,1	17,9	0,0		29	163±185	65,5	24,2	10,3		29	527±527	54,7	20,1	25,2	
	Hitra	6	265±188	100,0	0,0	0,0		27	188±155	77,1	17,0	6,0							

Relativ intensitet av lakselus i de indre lokalitetene

I fiskeperiode 1 var det ingen signifikant forskjell i relativ intensitet av lakselus mellom de indre fiskelokalitetene i de ulike fjordene (Kruskal Wallis, $p = 0,435$) (Tabell 3). I periode 2 hadde ørreten i Balestrand signifikant høyere relativ intensitet av lakselus enn ørreten i de andre lokalitetene (Kruskal Wallis, $p < 0,001$), men relativ intensitet av lakselus var likevel lav (Tabell 3). Relativ intensitet av lakselus for fisken fra Eresfjord skilte seg kraftig ut i den siste fiskeperioden og var signifikant høyere enn for fisk fra Sylte (Kruskal Wallis, $p < 0,001$) (Tabell 3).

Tabell 3. Relativ intensitet (antall lus/gram fiskevekt) av lakselus på sjørret fra de indre lokalitetene i de fire fjordsystemene. Median = median i relativ intensitet for lokaliteten; gj.snitt = gjennomsnitt antall lus; signifikante forskjeller mellom Eresfjord, Sylte, Balestrand og Skatval innenfor perioder er vist ved a og b.

	Periode 1				Periode 2				Periode 3			
	median&(gj.snitt)	N	a/b		median&(gj.snitt)	N	a/b		median&(gj.snitt)	N	a/b	
Eresfjord	0 (1,0)	10	a		0 (0,1)	20	a		0,024 (5,8)	31	a	
Sylte	0 (0)	25	a		0 (0)	27	a		0 (0,2)	30	b	
Balestrand	0 (0,8)	20	a		0 (1,2)	17	b					
Skatval	0 (4,0)	9	a		0 (0,2)	20	a					

Lakselusinfeksjoner med fysiologisk effekt

Bortsett fra en fisk i Skatval var det ingen fisk med lakseluseinfeksjoner over det som er antatt å forårsake fysiologiske effekter, dvs. $> 0,1$ lus/gram fiskevekt, i periode 1 (Tabell 4). I periode 2 økte lakselusinfeksjonen betydelig i de ytre lokalitetene. For eksempel hadde 59 % av sjørreten ved Agdenes lakselusinfeksjoner over antatt grense for fysiologiske effekter. Fra periode 2 til 3 var det kun Eresfjord som viste betydelig økning i infeksjoner med $> 0,1$ lus/gram fiskevekt. Ørsta skilte seg ut ved en betydelig reduksjon i antallet fisk med infeksjonsverdier over grensen for fysiologiske effekter fra periode 2 til 3 (Tabell 4).

Tabell 4. Antall og andel (%) av fisken med > 0,1 lakselus/gram fiskevekt for alle de fire undersøkte fjordsystemene.

Fjordsystem	Lokalitet	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
		N	%>0,1	N	%>0,1	N	%>0,1
Romsdalsfjorden	Eresfjord	10	0	20	0	31	26
	Molde	18	0	18	0	16	13
	Isfjord	20	0	18	11	21	19
Storfjordsystemet	Sylte	25	0	27	0	30	0
	Sykkylven	16	0	26	4	24	13
	Ørsta	4	0	20	35	20	10
Sognefjorden	Balestrand	20	0	17	0		
	Brekke	15	0	20	35		
Trondheimsfjorden	Skatval	9	11	20	0		
	Agdenes	29	0	29	59	30	47
	Hitra	28	0	42	12		

Saltholdighet og temperatur

Saltholdighet og temperatur varierte mellom lokaliteter og perioder. Når det gjelder temperatur var det kun ved Balestrand at det ikke ble varmere utover sommeren. Høyden på den øvre delen av vannsøylen med saltholdigheter lavere enn 20 ‰ (brakkvannslaget) varierte derimot mye. Både relativ intensitet (Spearman Rank korrelasjon, $r_s = -0,58$, $p = 0,001$) og prevalens (Spearman Rank korrelasjon, $r_s = -0,62$, $p = 0,001$) var negativt korrelert med saltholdighet på de ulike fiskelokalitetene. For Romsdalsfjorden skilte Isfjord seg ut med brakkvannslag på hhv. 120 og 130 cm i de to første periodene. I tillegg var brakkvannslaget i Eresfjord 155 cm i periode 2. Sylte skilte seg klart ut i Storfjordsystemet med et brakkvannslag på hele 340 cm i periode 1. Dette ble noe redusert til periode 2 og 3, men var fortsatt 160 cm i periode 3. Balestrand hadde hele 600 cm brakkvannslag i periode 2, og skilte seg ut i Sognefjorden. Skatval hadde henholdsvis 250 og 290 cm i periode 1 og 2, mens de andre lokalitetene i Trondheimsfjorden hadde et tynnere brakkvannslag.

Tabell 5. Dybde (cm) og temperatur (°C) i vannsøylen der saltholdighet = 20 ‰ for de fire undersøkte fjordsystemene.

Fjordsystem	Lokalitet	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
		Dybde (cm)	Temp (°C)	Dybde (cm)	Temp (°C)	Dybde (cm)	Temp (°C)
Romsdalsfjorden	Eresfjord	50	13,8	155	15,1	9	16,1
	Molde	0	13,2	10	13,9	0	15,4
	Isfjord	120	12,1	130	15,1	10	16,4
Storfjordsystemet	Sylte	340	11,9	235	11,9	160	14,8
	Sykkylven	20	11,6	30	13,2	10	16,8
	Ørsta	12	10,5	12	14,8	0	17,1
Sognefjorden	Balestrand	< 100	14,9	600	14,2		
	Brekke	< 100	11,3	< 100	14,3		
Trondheimsfjorden	Skatval	250	11,0	290	12,9		
	Agdenes	< 50	10,0	< 50	11,0	< 30	12,0
	Hitra	< 50	10,5	50	11,8		

Diskusjon

Hensikten med denne undersøkelsen var å undersøke om prevalens og relativ intensitet av lakselus på sjørret var forskjellig i fjorder med oppdrett kun ytterst i fjorden (Romsdalsfjorden, Sognefjorden og Trondheimsfjorden) fra en fjord med oppdrett også i midtre og indre deler (Storfjordsystemet). De lave luseinfeksjonene som ble funnet på sjørret fra de indre delene av Trondheimsfjorden og Sognefjorden er i tråd med tidligere resultater fra disse fjordene (Bjørn et al. 2008, 2009, 2010). Også i Storfjordsystemet hadde sjørreten lav infeksjon på den indre lokaliteten i alle periodene, men her er sjørreten ikke undersøkt tidligere. Infeksjonen på sjørret i den indre delen av Romsdalsfjorden var også i samsvar med tidligere undersøkelser (Bjørn et al. 2008, 2009, 2010), men har var det høye infeksjoner utover sommeren, i motsetning til de to andre fjordene. På de ytre lokalitetene i alle fjordene var det utover sommeren til dels høye luseinfeksjoner, og enkeltindivider med svært høy relativ intensitet av lus. Lite lus i indre deler av Sognefjorden, Trondheimsfjorden, og Romsdalsfjorden kan forklares med fravær av oppdrettsanlegg, men ikke for Storfjordsystemet. Hvis tilstedeværelse av oppdrett i seg selv var den avgjørende faktoren, burde det også vært en del lus på den indre lokaliteten i Storfjordsystemet. I tillegg burde luseintensiteten holde seg lav i indre del av Romsdalsfjorden utover sesongen. Variasjon i saltholdighet er en alternativ forklaring på lavt lusepåslag i de indre delene av de undersøkte fjordene, og resultatene viste at både relativ intensitet og prevalens av lus var

negativt korrelert med saltholdighet. De indre lokalitetene i Storfjordsystemet, Sognefjorden og Trondheimsfjorden hadde til dels betydelige brakkvannslag med saltholdighet $< 20 \text{ ‰}$, samt også lav relativ intensitet og prevalens av lakselus. Den indre lokaliteten i Romsdalsfjorden (Eresfjord) hadde et tynnere brakkvannslag og var også den eneste indre lokaliteten med høy luseinfeksjon. Dette er i tråd med tidligere undersøkelser (Bricknell et al. 2006), som har vist at lakselus trives dårlig i vann med saltholdighet $< 20 \text{ ‰}$, og at lus svekkes og dør etter en tid i ferskvann (McLean et al. 1990; Finstad et al. 1995). Det er også vist at post-smolt av laks kan tilbringe store deler av sitt marine liv i de øvre vannlagene (Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; Plantalech Manel-la et al. 2009). Hvorvidt dette er det samme også for post-smolt av sjørret er ikke undersøkt, men Rikardsen et al. (2007) viste at større sjørret ikke oppholder seg dypere enn tre meter fra overflaten i mer enn 90 % av tiden i sjøen. Dersom en antar at også postsmolt av sjørret tilbringer mye tid i øvre vannlag, er det naturlig å forvente at lusepåslaget hos sjørret fanget i indre fjordområder med lav saltholdighet er lavere enn for fisk fanget i ytre deler med homogent høyere saltholdighet. Resultatene fra denne undersøkelsen kan med andre ord tyde på at tilstedeværelse av oppdrettsanlegg innerst i fjorder ikke nødvendigvis påvirker lusepåslaget på vill laksefisk, så fremt brakkvannslaget er tykt og stabilt nok. Det må også nevnes at det ble brukt store ressurser på lusebehandling i oppdrettsanlegg i 2010 og lusenivåene i oppdrettsanleggene var lavere enn på lenge, blant annet for anlegget ved Sylte (pers. medd. Svein Flølo, Fjordlaks AS), noe som også kan ha ført til at det var lite lus på fisken som ble fanget ved Sylte. Det er mulig at en kombinasjon av intensiv lusebehandling og lav saltholdighet på denne lokaliteten medførte at luseinfeksjonen i oppdrettsanleggene innerst i denne fjorden var svært liten i 2010.

Det må imidlertid poengteres at resultatene i denne undersøkelsen baserer seg på kun en fjord med oppdrettsanlegg innerst og kun fra en sesong. Ytterligere studier i andre fjordsystem og over lengre perioder kan derfor være nødvendig for å få en sikrere evaluering av sammenhengen mellom oppdrettsanlegg og infeksjoner på vill laksefisk i indre deler av fjordene. Det kan ikke utelukkes at lusepåslaget varierer mellom fjorder og år, eller varierer på grunn av helt andre faktorer. For eksempel viste Finstad et al. (2005) at 23 % av sjørreten i Romsdalsfjorden vandret mer enn 30 km utover fjorden. Dette tilsvarer ca avstanden fra indre til ytre fiskelokaliteter i Romsdalsfjorden. Urke et al. (2010) fant ved hjelp av telemetri at en del av sjørreten vandrer over lengre avstander og tilbrakte betydelig deler av sin marine livsfase langt borte fra elva. Mine resultater viser at det generelt er mer lus på fisk i ytre deler

av fjordene enn i indre deler. Det kan også tenkes at dette er relatert til lengden på sjøopphold, men mest sannsynlig er vandringsmønsteret i fjorden mer avgjørende, noe som nok varierer mye fra fjord til fjord. At sjørret vandrer over store områder kan medføre at ørret potensielt kan oppholde seg i et oppdrettsintensivt område en periode for å så vandre til et annet område. Dette kan være en mulig forklaring på hvorfor luseinfeksjonen gikk kraftig opp mellom periode 2 og 3 i Eresfjord. En del sjørret fra indre deler av fjorden kan ha vandret til ytre deler av fjorden på våren, noe som er vist for nettopp Romsdalsfjorden (Finstad et al. 2005), for så å ha vandret tilbake senere på sommeren som en mulig respons på luseinfeksjonen. En annen viktig faktor for lusepåslag på vill laksefisk kan være havstrømmer. I følge Asplin & Sandvik (2009) kan naupliuslarver av lakselus spres med mer enn 2 km/time i en fjord, og kan potensielt spres mer enn 100 km i vannmassene. Temperaturen vil være avgjørende i og med at det kan forventes et større spredningspotensiale ved lave temperaturer, grunnet en lengre utviklingstid for de frittlevende stadiene (Johnson & Albright 1991). Dette viser at de frittlevende stadiene under gunstige temperatur- og strømforhold kan spres fra oppdrettsintensive områder til så og si alle områder av en fjord.

Forvaltningen innførte fra 2003-2007 nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorder (Anon 2006). De nasjonale laksefjordene skulle sikre oppdrettsfrie områder (Anon 2006). Det er nasjonale laksefjorder i alle de fire fjordsystemene som ble undersøkt i denne undersøkelsen, men med store forskjeller i størrelse. Indre del av Sognefjorden og Trondheimsfjorden kan regnes som store nasjonale laksefjorder, Isfjorden som en middels stor fjord, mens Ørsta fjorden er en liten nasjonal laksefjord. Det kan se ut til at de største nasjonale laksefjordene har god effekt med hensyn til å redusere lakselusinfeksjonen på sjørret, i og med fisken på de indre lokalitetene i Trondheimsfjorden og Sognefjorden hadde lave luseinfeksjoner. I de to mindre fjordene ser det derimot ut til at effekten av en nasjonal laksefjord har liten eller ingen virkning. Ikke overraskende hadde sjørreten i Isfjorden både i 2010 og i tidligere år (Bjørn et al. 2008, 2009, 2010) en høy infeksjon av lakselus, kanskje fordi fiskelokaliteten ligger ytterst i fjorden og avstanden til oppdrettsanlegg er kort. Tilsvarende hadde fisken i Ørsta fjorden til dels høye lakselusinfeksjoner og fjorden ser ikke ut til å beskytte den lokale sjørretstammen mot lakselus. Oppdrettsanleggene ligger her tett like utenfor grensen for nasjonal laksefjord.

Grensen på 0,1 lus/gram fiskevekt er satt som et mål på begynnende fysiologiske effekter (Wagner et al. 2003, 2004, Wells et al. 2006, 2007) og til dels betydelige (Tveiten et al. 2010)

negative effekter på laksefisk. Denne grensen er basert på en rekke undersøkelser på laksefisk under norske forhold (Grimnes & Jakobsen 1996; Grimnes et al. 1996; Bjørn & Finstad 1997; Finstad et al. 2000; Bjørn et al. 2001; Tveiten et al. 2010). Mine resultater viser for eksempel at så mye som 59 % av fisken ved Agdenes hadde verdier $> 0,1$ lus/per gram fisk i fiskeperiode 2. Dersom dette etter all sannsynlighet er et underestimat, blant annet fordi kraftig infisert fisk enten har vandret til ferskvann eller har dødd, er situasjonen kritisk. Hvis så mye som over 59 % av populasjonen har luseverdier som gir fysiologiske plager må dette uten tvil ha en populasjonseffekt. Selv om ikke fisken direkte dør av lusa kan dette føre til for eksempel redusert vekst, reproduksjon, svømmeferdighet og immunforsvar (Bjørn & Finstad 1997; Nolan et al. 1999, 2000; Finstad et al. 2000; Bjørn et al. 2001; Tveiten et al. 2010). Dette vil uten tvil over tid ha negativ effekt på sjørretpopulasjonen.

Det er trolig at fangstmetodikken i denne undersøkelsen fører til underestimering av lusepåslaget på villfisk, blant annet fordi lus kan forlate fisken før den blir tatt ut av garnet, samt at lus kan falle av fisken under røkting. I tillegg vil de hardest rammede fiskene kanskje aldri bli fanget i og med at de dør eller vandrer tilbake til ferskvann (Tully et al. 1993a, b; Bjørn et al. 2001). Dette kan ørreten fra Ørsta i fiskeperiode 2 og 3 være et eksempel på. Her ble det fanget flere fisker med svært høye infeksjoner i periode 2, mens disse fiskene manglet i materialet for periode 3. Dette kan bety at de enten har vandret tilbake til ferskvann eller de har dødd.

Konklusjon

Lakselusinfeksjon på vill sjørrett og andre laksefisk er et komplekst problem, men ut fra min studie er svært sannsynlig at oppdrett fører til mer lakselus gjennom tilstedeværelse av et høyt antall verter. Resultatene fra dette studiet viser at fisk fra samtlige lokaliteter i oppdrettsintensive områder, med unntak fra Sylte, hadde betydelig luseinfeksjon utover sommeren, noe som støtter antagelsen om at oppdrettsanlegg kan være en potensiell spredder av lakselus til villfisk. Undersøkelsen tyder på at lav saltholdighet sterkt reduserer prevalens og relativ intensitet av lakselus på sjørrett, fordi det var lave luseinfeksjoner der det var betydelige brakkvannslag uavhengig av oppdrettstetthet. I henhold til grenseverdier brukt i det nasjonale overvåkningsprogrammet for lakselus var lusepåslaget på sjørrett fanget i ytre del av fjordene i perioder og på en del lokaliteter høyere enn det som vurderes som tilrådelig. Resultatene tyder også på at små nasjonale laksefjorder ikke beskytter vill laksefisk mot

lakselus i særlig grad. Det må likevel poengteres at resultatene i dette studiet baserer seg på kun én fjord med oppdrettsanlegg innerst i fjorden og over én sesong, og det er behov for ytterligere studier i andre fjordsystem og over lengre perioder for å kunne dra mer generelle slutninger.

Litteratur

- Anderson, R. M., & Gordon, D. M. (1982). Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite influences host mortalities. *Parasitology* 85: 373-398
- Anon. (1992). *Report of the Sea Trout Working Group, 1991*. Dublin, Department of the Marine.
- Anon. (2006). Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. *St.prp.nr.32 (2006-2007)*. 143 s. Det Kongelige Miljøverndepartement, Oslo.
- Asplin, L. & Sandvik, A. D. (2009). Fjordmiljøet påvirker lakselusa. *Norsk fiskeoppdrett*, nr 6a, s. 18-19.
- Berland, B. & Margolis, L. (1983). The early history of 'Lakselus' and some nomenclatural questions relating to copepod parasites of salmon. *Sarsia* 68: 281-288.
- Bjørn P. A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infections on sea trout postsmolts. *Nordic Journal of Freshwater Research* 73: 60-72.
- Bjørn P. A. & Finstad, B. (1998). The development of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on Arctic ficially infected postsmolts of sea trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Zoology* 76: 970-977.
- Bjørn P. A., Finstad, B. & Kristoffersen, R. (2001). Salmon lice infection of wild sea trout and Artic char in marine and freshwaters: the effects of salmon farms. *Aquaculture Research* 32: 947-962.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Asplin, L., Uglem, I., Skaala, Ø., Boxaspen, K. K. & Øverland, T. (2008). Nasjonal overvåkning av lakselusinfeksjon på ville bestander av laks, sjørret og sjørøye i forbindelse med nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. *NINA Rapport 377*. 33 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø., Boxaspen, K. K. & Øverland, T. (2009). Nasjonal lakselusovervåkning 2008 på ville bestander av laks, sjørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. *NINA Rapport 447*. 52 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. & Hvidsten, N. A. (2010). Nasjonal lakselusovervåkning 2009 på ville bestander av laks, sjørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale

- laksevassdrag og laksefjorder. *NINA Rapport 547*. 50 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Boxapsen, K. (2006). A review of the biology and genetics of sea lice. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1304-1316.
- Boxshall, G. A. (1974). Infections with parasitic copepods in North Sea marine fishes. *Journal of Marine Biology Association UK* 54: 355-372.
- Bricknell, I. R., Dalesman, S. J., O'Shea, B., Pert, C. C. & Luntz, A. J. M. (2006). Effect of environmental salinity on sea lice *C* settlement success. *Diseases of Aquatic Organisms* 71: 201-212.
- Calderwood, W. L. (1905). Experiments to test the length of time sea lice remain attached to salmon in freshwater. *Annual Report, Fisheries Research Board of Canada* 24: 78-79.
- Davidson, J. G., Plantalech Manel-La, N., Økland, F., Diserud, O. H., Thorstad, E. B., Finstad, B., Sivertsgård, R., McKinley, R. S. & Rikardsen, A. (2008). Changes in swimming depths of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts relative to light intensity. *Journal of Fish Biology* 73: 1065-1074.
- Finstad, B., Bjørn, P. A. & Nilsen, S. T. (1995). Survival of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) on Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in fresh water. *Aquaculture Research* 26: 791-795.
- Finstad, B., Bjørn, P. A., Grimnes, A. & Hvidsten N. A. (2000). Laboratory and field investigations of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts. *Aquaculture Research* 31: 795-803.
- Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E. B., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2005). Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Journal of Fish Biology* 66: 86-96.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S. O., Bjørn, P. A., Rosseland, B. O., Nilsen, T. O. & Salbu, B. (2007). Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture* 273: 374-383.
- Finstad, B., Bjørn, P. A., Todd, C. D., Whoriskey, F., Gargan, P. G., Forde, G. & Revie, C. W. (2011). The effect of sea lice on Atlantic salmon and other salmonid species. In: *Atlantic salmon ecology*. (eds. Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J.) s. 253-276. Oxford, Wiley-Blackwell.
- Gargan, P. G., Tully, O., & Poole, W. R (2003). The Relationship Between Sea Lice Infestation, Sea Lice Production And Sea Trout Survival In Ireland, 1992-2001. In: *Salmon on the Edge* (eds. Mills, D.) s. 119-135. Oxford, Blackwell Publishing Ltd.

- Gargan, P. G., Poole, W. R., & Forde, G. (2007). A Review of the Status of Irish Sea trout Stocks. In: *Sea trout: Biology, Conservation and Management* (eds. Harris, G. S. & Milner, N. J.) s. 25-44. Oxford, Blackwell Publishing Ltd.
- Grimnes, A., & Jakobsen, P. (1996). The physiological effects of salmon lice infection on postsmolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Biology* 48: 1179-1194.
- Grimnes, A., Finstad, B. & Bjørn, P. A. (1996). Økologiske og fysiologiske konsekvenser av lus på laksefisk i fjordssystem. *NINA Oppdragsmelding*, 381, 37 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Heuch P. A. & Mo T. A. (2001). A model of salmon louse production in Norway: Effects of increasing salmon production and public management measures. *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145-152.
- Heuch, P. A., Revie, C. W. & Gettinby, G. (2003) A comparison of epidemiological patterns of salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infections on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway and Scotland. *Journal of Fish Diseases* 26: 539-551.
- Heuch, P. A., Bjørn, P. A., Finstad, B., Holst, J. C., Asplin, L. & Nilsen, F. (2005). A review of The Norwegian Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids: the effect on wild salmonids. *Aquaculture* 246: 79-92.
- 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.
- Hindar, K., Hutchings, J. A., Diserud, O. H. & Fiske, P. (2011). Stock, recruitment and exploitation. In: *Atlantic salmon ecology*. (eds. Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J.) s. 299-331. Oxford, Wiley-Blackwell.
- Holst, J. C. & McDonald, A. (2000). FISH-LIFT: a device for sampling live fish with trawls. *Fisheries research* 48: 87-91.
- Hvidsten, N. A., Finstad, B., Kroglund, F., Johnsen, B. O., Strand, R., Arnekleiv, J. V. & Bjørn, P. A. (2007). Does increased abundance of sea lice influence survival of wild Atlantic salmon post-smolt? *Journal of Fish Biology* 71: 1639-1648.
- Johnson, S. C. & Albright, L. J. 1991. The developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). *Canadian Journal of Zoology* 69: 929–950.
- Jones, S., Kim, E. & Dawe, S. (2006). Experimental infections with *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) on threespine sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* L., and juvenile Pacific salmon *Oncorhynchus* spp. *Journal of Fish Diseases* 29: 489-495.

- Jones, S., Kim, E. & Bennett, W. (2008). Early development of resistance to the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, (Krøyer), in juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 31: 591-600.
- Jonsson, B. (1985). Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. *Transactions of the American Fisheries Society*, 114: 182-194.
- Kabata, Z. (1979). *Parasitic copepoda of British Fishes*. London: Ray Society.
- Knutsen, J. A., Knutsen, H., Gjøsæter, J. & Jonsson, B. (2001). Feeding of anadromous brown trout at sea. *Journal of Fish Biology* 59: 533-543.
- Krkošek, M., Lewis, M. A. & Volpe, J. P. (2005). Transmission dynamics of parasitic sea lice from farm to wild salmon. *Proceedings of the Royal Society B*. 272: 689-696.
- Krkošek, M., Lewis, M. A., Morton, A., Frazer, L. N. & Volpe, J. P. (2006a). Epizootics of wild fish induced by farm fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 103: 15506-15510.
- Krkošek, M., Lewis, M. A., Volpe, J. P. & Morton, A. B. (2006b). Fish farms and sea lice infestations of wild juvenile salmon in the Broughton Archipelago: a rebuttal to Brooks (2005). *Reviews in Fisheries Science* 14: 1-11.
- Lester, R. J. G. (1984). A review of methods for estimating mortality due to parasites in wild fish populations. *Helgolander Meeresuntersuchen* 37: 53-64.
- McLean, P. H., Smith, G. W. & Wilson, M. J. (1990). Residence time of the sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* K., on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., after immersion in fresh water. *Journal of Fish Biology* 37: 311-314.
- Moore, A., Lacroix, G. L. & Sturlaugsson, J. (2000). Tracking Atlantic salmon post-smolts in the sea. In: *The Ocean Life of Atlantic salmon – environmental and biological factors influencing survival* (eds. Mills, D.) s. 49-64. Oxford, Fishing News Books.
- Nilsen, F., Sevatdal, S. & Horsberg, T. E. (2008). Påvisning av emamektin-resistente lakselus i Noreg. *Norsk fiskeoppdrett* 6: 58-60.
- Nolan, D. T., Reilly, P., & Wendelaar Bonga, S. E. (1999). Infection with low number of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) induces stress-related effects in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 56: 947-959.
- Nolan, D. T., Ruane, N. M., van der Heijden, Y., Quabius, E. S., Costelloe, J. & Wendelaar Bonga, S. E. (2000). Juvenile *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) affect the skin and gills of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and the host response to a handling procedure. *Aquaculture Research* 31: 823-835.

- Pemberton, R. (1976). Sea trout in the North Argyll sea lochs, population, distribution and movements. *Journal of Fish Biology* 9: 157-179.
- Pike, A. W. & Wadsworth, S. L. (1999). Sea lice on salmonids: their biology and control. *Advances in Parasitology* 44: 234-337.
- Plantalech Manel-La, N., Thorstad, E. B., Davidsen, J. G., Økland, F., Sivertsgård, R., McKinley, R. S. & Finstad, B. (2009). Vertical movements of Atlantic salmon postsmolts relative to measures of salinity and watertemperature during the first phase of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16: 147-154.
- Revie, C., Dill, L., Finstad, B. & Todd, C. (2009). Sea Lice Working Group Report. *NINA Temahefte* 39. 117 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Revie, C., Dill, L., Finstad, B. & Todd, C. (2009). Sea Lice Working Group Report. *NINA Temahefte* 39. 117 s. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Rikardsen, A. H., Diserud, O. H., Elliott, J. M., Dempson, J. B., Sturlaugsson, J. & Jensen, A. J. (2007). The marine temperature and depth preferences of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and sea trout (*Salmo trutta*), as recorded by data storage tags. *Fisheries Oceanography* 16: 436-447.
- Schram, T. A. (1993). Supplementary descriptions of the developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligida). In: *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice* (eds. Boxshall, G. A. & Defaye, D.) s. 30-47. Chichester UK, Ellis Horwood.
- Schram, T. A., Knutsen, J. A., Heuch, P. A., & Mo, T. A. (1998). Seasonal occurrence of *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* (Copepoda: Caligidae) on sea trout (*Salmo trutta*), off southern Norway. *ICES Journal of Marine Science* 55: 163-175.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech, N., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2007). Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia*, 582: 99-107.
- Tingley, G. A., Ives, M. J. & Russel, I. C. (1997). The occurrence of lice on sea trout (*Salmo trutta* L.) captured in the sea off the East Anglian coast of England. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1120-1128.
- Tully, O. & Whelan, K. F. (1993a). Production of nauplii of *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer) (copepoda: caligidae) from farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on the west coast of Ireland during 1991 and its relation to infestation levels on wild sea trout (*Salmo trutta* L.). *Fisheries Research* 17: 187-200.

- Tully, O., Poole, W. R., Whelan, K. F. & Merigoux, S. (1993b). Parameters and possible causes of epizootics of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) infesting sea trout (*Salmo trutta* L.) off the west coast of Ireland. In: *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (eds. Boxshall, G. A. & Defaye, D), s. 202–213. Chichester, UK: Ellis Horwood.
- Tveiten, H., Bjørn, P. A., Johnsen, H. K., Finstad, B. & McKinley, R. S. (2010). Effects of the sea louse (*Lepeophtheirus salmonis*) on temporal changes in cortisol, sex steroids, growth and reproductive investment in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Fish Biology* 76: 2318–2341.
- Urke, H. A., Kristensen, T., Alfredsen, K. T., Daae, K. L., & Alfredsen, J. A. (2010). Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva. *NIVA-rapport L.NR. 6033*, 49 s.
- Wagner, G. N., McKinley, R. S., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2003). Physiological impact of sea lice on the swimming performance of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 62: 1000-1009.
- Wagner, G., McKinley, R. S., Bjørn, P. A., & Finstad, B. (2004). Short-term freshwater exposure benefits sea lice-infected Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 64: 1593-1604.
- Wagner, G. N., Fast, M. D. & Johnson, S. C. (2008). Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections on salmonids. *Trends in Parasitology* 24: 176-183.
- Wells A., Grierson C. E., MacKenzie M., Russon I. J., Reinardy H., Middlemiss C., Bjørn P. A., Finstad B., Wendelaar Bonga S. E., Todd C. D. & Hazon N. (2006). The physiological effects of simultaneous, abrupt seawater entry and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation of wild, sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 63: 2809-2821.
- Wells, A., Grierson, C. E., Marshall, L., MacKenzie, M., Russon, I. J., Reinardy, H., Sivertsgård, R., Bjørn, P. A., Finstad, B., Bonga, S. E. W., Todd, C. D. & Hazon, N. (2007). Physiological consequences of "premature freshwater return" for wild sea-run brown trout (*Salmo trutta*) postsmolts infested with sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(10): 1360-1369.
- White, H. C. (1940). Sea lice and the death of salmon. *Journal of Fishery Research Board Canada*, 5: 172–175.
- White, H. C. (1942). Life History of *Lepeophtheirus salmonis*. *Journal of Fishery Research Board Canada* 6: 24-29.

Internettreferanser:

EWOS. (2010). Bestemmelsesskjema for lakselus.

http://www.ewos.com/portal/wps/wcm/connect/65b2a08040571de8b390f726e0dbc05b/LuseplansjeA3_EWOS2009.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=65b2a08040571de8b390f726e0dbc05b.

Forskrift om bekjempelse av lus i akvakulturanlegg (luseforskriften). (2009).

<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20090818-1095.html>. Sist lest: 09.05.2011.

Kartverktøy fra Fiskeridirektoratet: <http://kart.fiskeridir.no/default.aspx?gui=1&lang=2>. Sist lest: 20.08.2010.

Norske lakseelver (2010).

<http://www.lakseelver.no/Tema/Nasjonale%20laksevd/Ferdigstilling%20av%20ordningen.htm>.