

**Bruk av «luseskjørt» for å redusere påslag av lakselus  
*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) på oppdrettslaks**

**Skrevet av: Martin Næs, Peter Andreas Heuch og Remi Mathisen**

**20. april 2012**



## **Kontaktinformasjon.**

Vesterålen fiskehelsetjeneste AS, Pb 293, 8401 Sortland.

E-mail: [martin@vfh.no](mailto:martin@vfh.no)

Veterinærinstituttet, Ullevålsveien 68, Pb 750 Sentrum, N-0106 Oslo

E-mail: [peter-andreas.heuch@vetinst.no](mailto:peter-andreas.heuch@vetinst.no)

Nordlaks Oppdrett AS, Pb 224, 8455 Stokmarknes

E-mail: [remi@nordlaks.no](mailto:remi@nordlaks.no)

E-mail: [tae@nordlaks.no](mailto:tae@nordlaks.no)

Leverandør av planktonduk / lusenett:

Calanus AS

Pb. 2489, 9272 Tromsø

E-mail: [ktande@calanus.no](mailto:ktande@calanus.no)

E-mail: [sangell@calanus.no](mailto:sangell@calanus.no)

## **Forord**

Dette prosjektet er initiert av Nordlaks Oppdrett AS, og er et resultat av idéer som oppsto allerede i 2005. Etter at resistensutvikling mot de mest kjente behandlingsmidlene mot lakselus ble mer aktuell, også i Nordland, ble det på nytt tenkt på et konsept som kunne fungere i kampen mot lakselus.

Praktisk gjennomføring av prosjektet fant sted på lokaliteten «Fornes» i Øksfjorden, Lødingen kommune, i tidsrommet mai-desember, 2011.

NCE-Aquaculture har vært formell eier, mens Nordlaks Oppdrett AS har styrt og ledet prosjektet. Vesterålen Fiskehelsetjeneste AS og Veterinærinstituttet har vært samarbeidspartnere. Calanus AS har konstruert og levert skjørtene.

Stor takk til Bjarne B. Johansen og Tor Anders Elvegård i Nordlaks Oppdrett AS for deres engasjement og bidrag for å få gjennomført prosjektet, og Øyvind Haugland, Kjell Nilsen og Knut Nilsen for praktisk arbeid på lokaliteten.

Stor takk til Martin Næs ved Vesterålen Fiskehelsetjeneste for hans interesse for prosjektet. Han har gjort en særdeles god jobb med oppfølging gjennom forsøket og arbeid med dokumentasjon og rapport.

Takk til Peter Andreas Heuch ved Veterinærinstituttet for veiledning underveis, bearbeiding av tallmateriale og annet arbeid med sluttrapporten.

Takk til Snorre Angell, Trond Larsen og Kurt Tande i Calanus AS for godt samarbeid gjennom forsøksperioden.

Takk til de involverte ved Kunnskapsparken i Bodø og NCE-Aquaculture for utarbeidelse av prosjektskisse og søknader om økonomisk støtte. Økonomiske bidrag er gitt av NCE-Aquaculture og Skatte FUNN.

Til slutt en spesiell takk til Inge Berg som igjen har vist vilje til å satse på nyskapende og utviklende prosjekter, og som har en spesiell evne til å se potensialet i kreative løsninger.

Prosjektleder, Nordlaks Oppdrett AS

Remi Mathisen

20. april 2012

## Sammendrag.

Formålet med dette prosjektet var å utvikle forebyggende metoder for å redusere bestanden og infeksjonsnivået av lakselus ved å utnytte adferden og størrelsen til lakselus. Prosjektets tilnærming var å bryte smitteveien mellom parasitt og vert ved å sette opp en fysisk barriere for luselarvene omkring merdene. Prosjektet har gjennom et 7 måneders testprogram i perioden mai til desember 2011, dokumentert at en anordning av nett med 350 µm maskevidde og en dybde på 10 m, reduserer påslaget av lakselus hos laks i oppdrett med en faktor på 4. Det ble registrert signifikant lavere gjennomsnittlig abundans av lakselus på laks i merder med såkalte luseskjørt enn på laks i merder uten luseskjørt. Den gjennomsnittlige abundansen av lakselus i merdene uten innretningen varierte mellom 0,17 og 0,23 lus per fisk, mens den gjennomsnittlige abundansen av lakselus i merdene med luseskjørt varierte mellom 0,05 og 0,07 lus per fisk. Dette i kontrast til infeksjonen med skottelus, som ikke var signifikant forskjellig i gruppen av merder med luseskjørt og gruppen uten slike skjørt. I tillegg til at planktonduken beskytter fisken mot lakselus ble det observert en annen svært positiv effekt. Begroing av nøtene var betydelig redusert i merder med skjørt. Dette gjaldt spesielt for rødrose (*Tubularia* sp.) og blåskjell (*Mytilus edulis*). Grunnen til dette var sannsynligvis at larvene til de nevnte organismene ble stoppet av planktonduken slik at de ikke slapp gjennom til nota. Ingen negative sider med bruken av anordningene ble registret. Resultatene i denne studien gir utfyllende informasjon om hvordan luseskjørtene ble brukt, og resultatene blir diskutert i forhold til økonomi og egnethet til å forebygge infeksjon av lakselus på oppdrettet laksefisk.

Underveis i rapporten vil innretningen som ble brukt rundt merdene i hovedsak bli omtalt som «Luseskjørt» og «planktonduk».

# Innholdsfortegnelse

<b>1.0 Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2.0 Materiale og metode</b> .....	<b>5</b>
2.1 Gjennomføring og lokalisering.....	5
2.2 Spesifikasjoner på hovedkomponenter .....	6
2.3 Systemoppsett .....	7
2.4 Spesifikasjoner på skjørt.....	9
2.5 Forsøksfisk .....	10
2.6 Føring og Førr regime.....	11
2.7 Daglig ettersyn og rutiner .....	11
2.8 Utskifting og rengjøring av skjørt .....	12
2.9 Forsøksmetodikk .....	14
2.10 Lusetellinger og bestemmelse av ulike stadier .....	15
2.11 Statistiske metoder.....	15
<b>3.0 Resultater</b> .....	<b>16</b>
3.1 Infeksjon av lakselus og skottelus på oppdrettslaks i merder med og uten luseskjørt.....	16
3.2 Beskrivelse av infeksjonsdynamikk til lakselus og skottelus på oppdrettslaks i merder uten luseskjørt.....	19
3.3 Salinitet.....	19
3.4 Oksygen.....	20
3.5 Tilvekst.....	21
3.6 Dødelighet .....	22
3.7 Sjøtemperatur .....	23
3.8 Begroing .....	24
<b>4.0 Diskusjon</b> .....	<b>25</b>
4.1 Infeksjonsdynamikk av lakselus og skottelus i merder med og merder uten luseskjørt.....	25
4.2 Miljø .....	28
4.3 Vekst og dødelighet.....	30
4.4 Erfaringer og muligheter for forbedringer.....	31
<b>5.0 Referanser</b> .....	<b>35</b>
<b>6.0 Vedlegg</b> .....	<b>40</b>

## 1.0 INNLEDNING

Lakselus *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) er en vanlig ektoparasitt som finnes både på sjøørret, sjørøye, vill laks og oppdrettet laks i Norge (Kabata, 1979; Birkeland og Jacobsen, 1997; Pike og Wadsworth, 1999). Lakselus har tre frittlevende planktoniske stadier (nauplius 1 og 2, og copepoditt), som sprer seg med havstrømmene (Costello m.fl., 1996; Bjørn m.fl., 2001; Heuch og Mo 2001; Johnsen, 2001; Heuch m.fl., 2005; Asplin m.fl., 2011). Disse tidlige stadiene er små (0,4-1,0mm lange) og lever på sine energireserver. (Boxaspen, 2006). Copepoditten finner og fester seg på vertsfisken. Lakselus har åtte fastsittende stadier på verten (copepoditt, chalimus I-IV, preadult I-II og voksen) (Boxaspen, 2006; Costello, 2006). Lusa spiser slim, skinn og enkelte ganger blod hvis den får sitte lenge nok på fisken (Bjørn og Finstad, 1998; Costello, 2006). Denne aktiviteten påvirker fisken negativt på en rekke områder, men konsekvensene er avhengige av antall lus og fiskens størrelse. Laksesmolt viser en stressrespons ved svært lav luseintensitet i preadult eller voksent- stadium (0,04 lus per gram fisk) (Nolan m.fl., 1999; Wagner m.fl., 2008). Laboratoriestudier har vist at en relativ intensitet på 0,75 lus (preadult eller voksen) per gram fisk kan forårsake død hos en laksesmolt på 40 gram. Videre har et lusenivå på 0,5-0,13 voksne lus per gram fisk vist å redusere svømmeevnen og skape osmoregulatoriske problemer hos laks og sjørøye (Anon, 2009). Generelt er de fysiologiske forstyrrelsene spesielt skadelige for mindre fisk og kan påvirke overlevelsen til laksesmolt på vandring (Grimnes og Jakobsen, 1996; Wells m.fl., 2006; Wagner m.fl., 2008).

Verdens største populasjon av atlantehavslaks *Salmo salar* L., finnes i Norge, og rundt en tredjedel av den totale populasjonen i verden gyter i norske elver. Norge har imidlertid også verdens største oppdrettsvirksomhet av atlantehavslaks (Heuch m.fl., 2005; Anon, 2006). Historiske data viser lav intensitet av lakselus på vill laksefisk i kystfarvann i Norge (Schram m.fl., 1998), og i Skottland (Pemberton, 1976; Wotten m.fl., 1982, ). Innvandrende gytelaks har imidlertid ofte store infeksjoner av voksne lus (Johannessen, 1975; Heuch og Mo, 2001; Todd m.fl., 2000; White, 1940). Det er blitt observert en rekke infeksjoner av lakselus i oppdrettsanlegg (Roth m.fl., 1993), og siden slutten av 1980- årene er det blitt registrert forholdsvis mye lakselus på vill laksefisk i Norge (Birkeland, 1996; Bjørn m.fl., 2010), Skottland (Todd m.fl., 1997; Butler, 2003) og Irland (Tully m.fl., 1999).

Det ble i 1997 vedtatt en nasjonal handlingsplan mot lakselus på laksefisk (Eithun, 2000). Det langsiktige målet med denne handlingsplanen var at lakselus ikke skulle forårsake ”negativ

effekt” på vill laksefisk i Norge (Heuch m.fl., 2005; Taranger m.fl., 2010). Et viktig ledd i gjennomføringen av handlingsplanen mot lakselus på laksefisk var innføring av luseforskriften. Formålet med denne er «å redusere forekomsten av lus slik at skadevirkningene på fisk i akvakulturanlegg og i frittlevende bestander minimaliseres, samt redusere og bekjempe resistensutvikling hos lus» (www.lovdata.no). Luseforskriften regulerer blant annet tellefrekvens av lakselus i akvakulturanlegg, samt grenseverdier for når behandling mot lakselus må utføres. I tillegg til de fastsatte grenseverdiene bestemmer Mattilsynet tidspunkt og tiltaksgrense for vårvlusning. Her er grenseverdien de siste årene satt til 0,1 bevegelig lus per fisk, og forskriften setter krav om tidsperiode og samordning av avlusning innenfor soner.

For å sikre vekst i havbruksnæringa på en bærekraftig måte har regjeringen utarbeidet «*Strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring*» der utfordringene knyttet til lakselus og hensynet til både villaks og sjørret står sentralt. Videre vekst i norsk havbruksnæring forutsetter bærekraftig drift, og det blir ingen kapasitetsøkning i lakseoppdrett uten at denne anses miljømessig bærekraftig (www.regjeringen.no). Bærekraft i denne sammenheng defineres som en lusebelastning på vill laksefisk som ikke gir en populasjonsregulerende effekt. Havforskningsinstituttet har vurdert at en populasjon der <10 % av fiskene har > 0,1 lus per gram fisk har liten sannsynlighet for populasjonsregulerende effekt av lakselus. En populasjon med infeksjon mellom 10 og 20 % med > 0,1 lus per gram fisk tilsvarer moderat sannsynlighet, mens >30 % med > 0,1 lus per gram fisk har høy sannsynlighet for populasjonsregulerende effekt (Taranger m.fl., 2010). Det ble i januar 2011 vurdert at det er middels eller høy sannsynlighet for at miljøeffektene av oppdrett ikke oppfyller målene i bærekraftstrategien (www.imr.no), det er imidlertid store forskjeller mellom landsdeler og fylker (Taranger m.fl., 2010).

Det finnes i dag ulike metoder for bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. Den mest brukte metoden er å benytte ulike former for kjemikalier som enten tilføres fisken med føret, e.g. Slice, eller som blir gitt via vannet (badebehandling), e.g. Alphamax og Betamax. Bruk av legemidler til behandling av lakselus har økt betydelig i Norge de siste årene, og statistikk fra Folkehelseinstituttet viser at antall kilo aktiv substans økte fra 5516 kilo i 2009 til 6455 kilo i 2010, når man holder hydrogenperoksid utenfor. Det har også vært en betydelig økning i bruken av hydrogenperoksid, fra 308 tonn i 2009 til 4808 tonn i 2010 (www.fhi.no). Den

kraftige økningen i bruk av hydrogenperoksid skyldes økt resistensutvikling mot de andre midlene (Anonym, 2012).

Den skadelige effekten på omgivelsene ved bruk av kjemiske avlusningsmiddel har vist seg å være svært begrenset (Willis m.fl., 2005), og den mest alvorlige konsekvensen av bruk av kjemikalier til avlusing er i dag seleksjon av lakselus som er mindre følsomme for disse. På grunn av den korte generasjonstiden til lakselus vil utvikling av resistent lus kunne skje svært raskt (Gjøsæter m.fl., 2010). Resistenssituasjonen i Norge varierer mye fra fylke til fylke, og generelt ser det ut til at Finnmark og Troms foreløpig er skånet for problemet, men at det er økende problemer sør i Nordland. Verst er det i Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag og Sunnhordland, hvor det er registrert multiresistent lus. Også i Sogn og Fjordane og Hordaland er det observert mye nedsatt følsomhet mot de kjemiske behandlingsmidlene (Hjeltnes, 2010; Anonym, 2012).

Problemene med resistensutvikling hos lakselus mot de kjemiske behandlingsmidlene har ført til økt fokus på alternative behandlingsformer. En mye brukt metode er å tilsette leppefisk i merdene sammen med oppdrettsfisken. Effekten av leppefisk for fjerning av lakselus i oppdrettsmerder ble dokumentert allerede i 1990 i Norge (Treasurer, 1993), senere i Irland (Deady m.fl., 1994). I 2010 ble det fisket 440 tonn leppefisk for bruk i oppdrettsnæringen bare i Norge. Dette var over dobbelt så mye som i 2009 (Espeland m.fl., 2010). Bruk av leppefisk for å fjerne lakselus har vist seg å være svært effektivt (Deady m.fl., 1994), men den omfattende fangsten kombinert med mangelfull kunnskap om den økologiske effekt av slik fangst har gjort bruk av leppefisk betenkelig med tanke på bærekraft og etikk (Agnalt m.fl., 2011).

Lakselusbekjempelse gir oppdrettsaktører i luseutsatte områder til dels store økonomiske utfordringer og et gjennomsnitt hos selskapene i Norge viser at lusebekjempelse utgjør 1-1,5 kroner per kilo solgt laks ([www.fhl.no](http://www.fhl.no)). Dette resulterte i at det ble brukt over 1 mrd. kroner på bekjempelse av lakselus i 2011. Oppdrettsnæringen har som mål å redusere, eller aller helst fjerne bruken av legemidler mot lakselus. Det satses derfor betydelig på forskning og utvikling av alternative behandlingsmetoder og forebyggende tiltak.

Formålet med dette prosjektet var å utvikle forebyggende metoder for å redusere bestanden og infeksjonsnivået av lakselus. Intensjonen var å utnytte adferden og størrelsen til lakselus for å bryte smitteveien mellom parasitt og vert ved å sette opp en fysisk barriere for



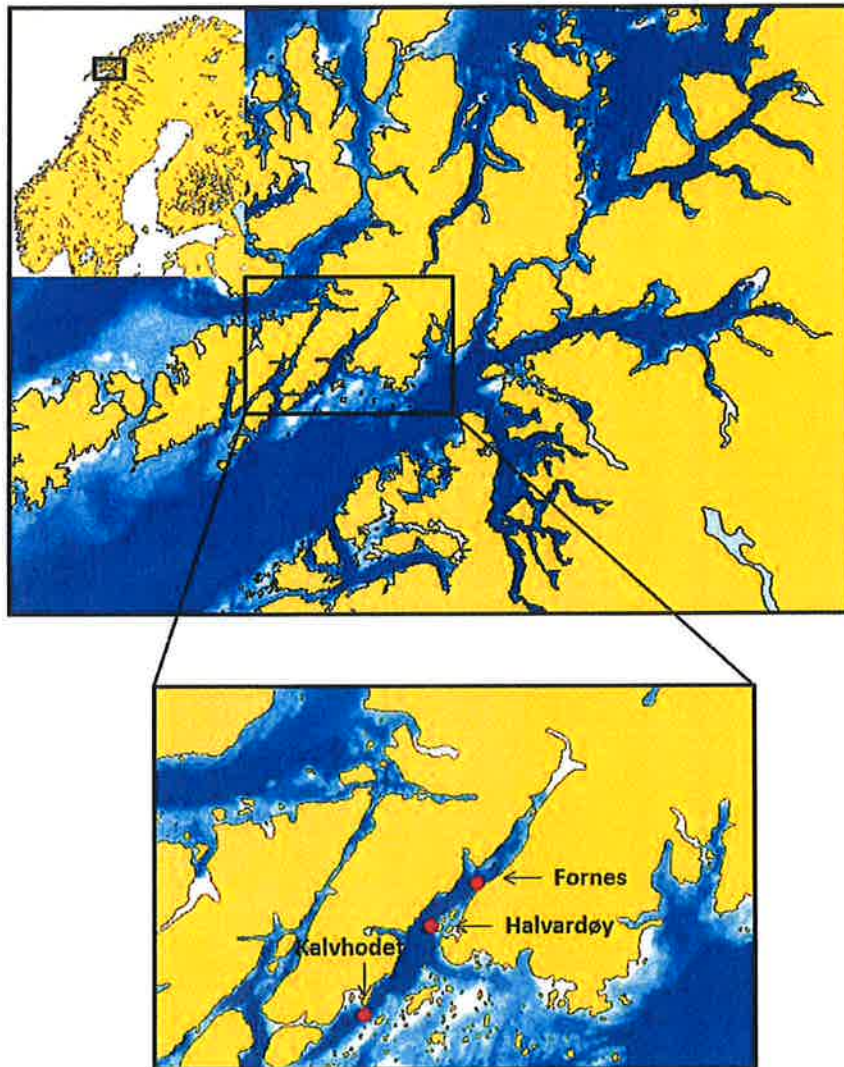
luseelarvene. Siden de infektive copepodittene har en bredde på ca. 0,25 mm (Schram, 1993), og oftest oppholder seg i de øverste 5 meter av vannet (Heuch m.fl., 1995; Hevroy m.fl., 2003), var vår hypotese at "skjørt" av planktonduk med dybde på 10 meter og en maskevidde på 0,35 mm rundt merdene ville redusere infeksjon av lakselus på oppdrettsfisken i merdene.

Hovedmålet med prosjektet var å utvikle ny teknologi for å hindre påslag av lakselus på oppdrettslaks. Denne rapporten gir utfyllende informasjon om hvordan luseskjørtene ble brukt, og resultatene viser at det er mulig å forebygge infeksjon av lakselus på oppdrettet laksefisk.

## 2.0 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Gjennomføring og lokalisering

Forsøket ble gjennomført i perioden mai til desember 2011 ved lokaliteten 16939-Fornes i Lødingen kommune, nærmere bestemt ved Dypingen i Øksfjorden (GPS: 68°24N/015°26Ø; figur 2.1). Anlegget er forankret fra land mot vest. Nærmest land er det en dybde under anlegget på ca. 40m. Dybden øker imidlertid raskt utover, og det er mellom 100 og 120 meter under 90 % av anlegget. Lokaliteten er klassifisert som en Ba-lokalitet (Worum, 2011). Dette tilsier moderat eksponering i forhold til bølger og strøm.

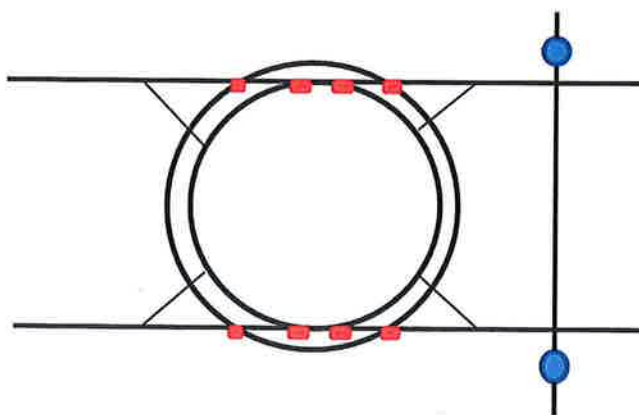


**Figur 2.1:** Figuren viser kart over området der prosjektet ble gjennomført. Forsøksanlegget Fornes er markert sammen med nabolokalitetene Halvardøy og Kalvehodet (Illustrasjon: M. Næs).

Lokaliteten har erfaringsvis hatt gode miljømessige forhold og rask restitusjonstid. Den relativt lave eksponeringen i kombinasjon med god dybde og god utskiftning av vannmassene, bidrar til at lokaliteten egner seg meget godt til produksjon av laks og ørret. Lakselusbestanden i Øksfjorden, og ved denne lokaliteten, kan sies å være normal for regionen. Vi har tidligere vanligvis hatt påslag av lakselus fra medio august til slutten av oktober, noe som vanligvis har gitt 2 badebehandlinger i året.

## 2.2 Spesifikasjoner på hovedkomponenter.

Stigefortøyning og komplett forankring av anlegget er levert av «Løvold AS». Ramme og ankerliner består i hovedsak av 64mm og 56mm trosser av flettet nylon. Plastringene som ble brukt er levert av «Hervik Rør & Sanitær AS». Disse er surret og fortøyd til hovedtrossene i stigen som vist i figur 2.2. Ringene er bygget av doble 315\*12,1mm PEHD-rør, og er 100m i omkrets.

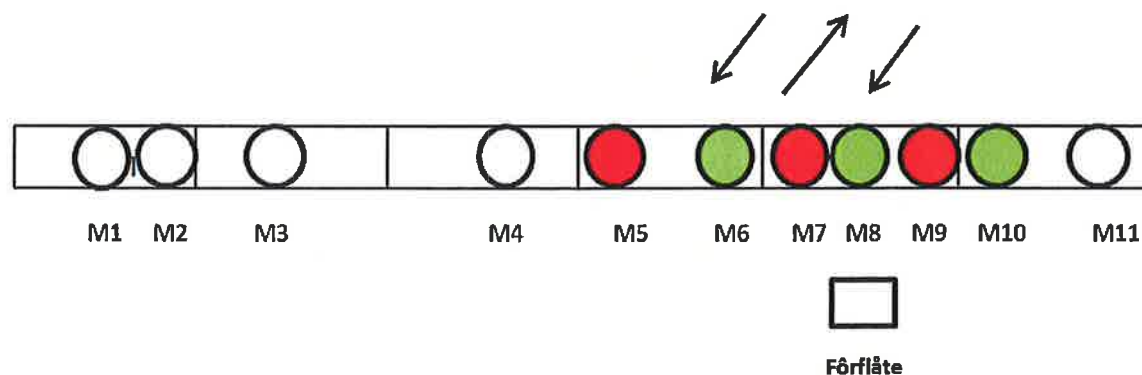


**Figur 2.2:** Fortøyningsarrangement og innfesting til hovedtrosser. 4 surringer på hver side av ringen er markert med rødt. I tillegg brukes 2 skråband fra ringen og ut mot trossen (Illustrasjon: R. Mathisen).

Notposene som ble brukt er 100m i omkrets og 37m dyp i senter. Notlinet i alle posene hadde en maskeåpning på 28mm. Denne typen not er kjegleformet og loddet med ett stort lodd nede i spissen (figur 2.7). Nøtene er levert av Egersund Net AS.

## 2.3 Systemoppsett

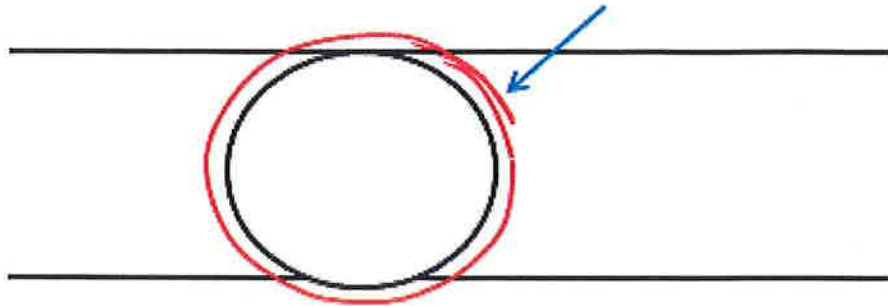
På lokaliteten der forsøket ble gjennomført var det totalt planlagt utsett i 11 merder i stigeformtøyning, tre med ørret, og resten med laksesmolt. Forsøksfisken ble valgt ut fra tidspunkt for utsett og fiskegrupper. Det var en målsetning å finne fiskegrupper med mest mulig lik bakgrunn og forutsetninger. Forsøksmerdenes plassering i forhold til de resterende merdene i anleggene er skissert i figur 2.3.



**Figur 2.3:** Systemoppsett av merder i stigeformtøyning. Merdene er nummerert fra 1 til 11. Forsøksmerdene er markert med grønt og rødt, henholdsvis med og uten planktonduk. Pilene markerer den dominerende strømretningen som er ut av fjorden (to piler) mot sørvest,  $240^{\circ}$  (Worum, 2011). Fødringsflåtens plassering er også markert (Illustrasjon: R. Mathisen).

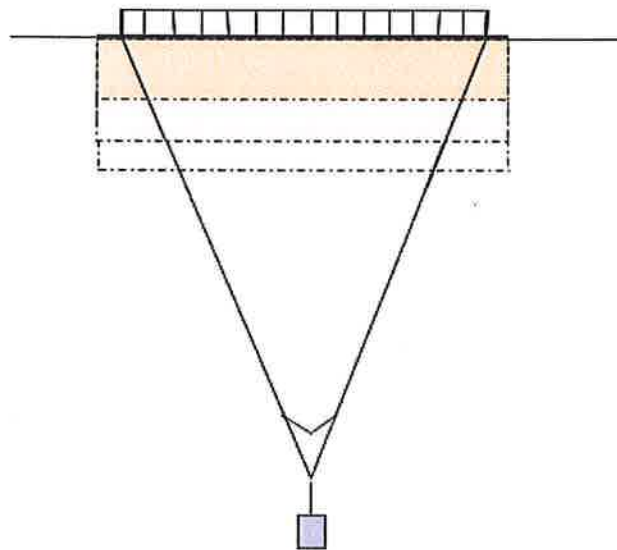
Det er 6 merder som inngår i forsøket, der M5, M7 og M9 er rigget som referansemerder uten skjørt, mens M6, M8 og M10 er merder satt opp med skjørt. Forsøksmerdene er plassert som vist i figur 2.3 (annen hver), for å minimere effekten av eventuelle forskjeller i strømbildet. Vi kan tenke oss at strømmens retning og styrke kan ha en viss effekt når det gjelder påslag av lakseluslarver. Selv om dette er hensyntatt er det ikke noe som tyder på at strømbildet varierer vesentlig mellom merdene.

Planktondukene som har vært brukt er 110m lang og 10m dyp. Skjørtene ble laget 10m lengre enn omkretsen på merdene for å få en betydelig overlapping der endene møttes. Da skjøten mellom endene vil være kritisk i forhold til inngang av luselarver antok vi at god overlapping ville være viktig. Skjøten ble også plassert mot hovedstrømretningen på en slik måte at denne ville treffe strategisk på skjørtet og lukke åpningen (figur 2.4). I tilfellene der strømmen går i motsatt retning vil skjøten etter all sannsynlighet være uvesentlig da denne kommer på «baksiden» av merden, og i le for strømmen.



**Figur 2.4:** Prinsipp for overlapp ved montering av skjørtet. Skjørtet er markert med rødt og strømretningen er markert med blått (Illustrasjon: R. Mathisen).

Da det tidligere er funnet at lakseluslarver i hovedsak finnes i de øverste 0-4m av vannsøylen (Heuch, 1995), var det viktig å få laget skjørt som stakk dypere enn dette. For å være på den sikre siden fikk vi laget skjørtene 10m dyp. I vårt systemoppsett på merdnivå (figur 2.5) er derfor lusetrykket mot notveggen antatt å være gradvis økende mot overflaten.



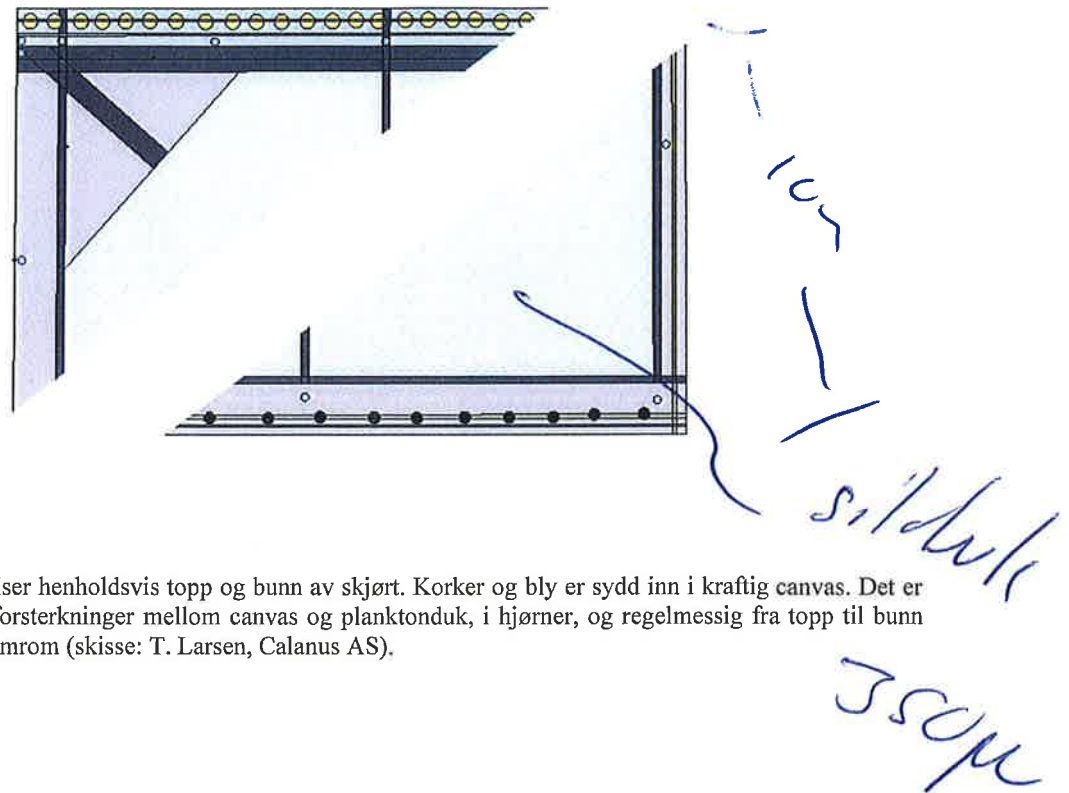
**Figur 2.5:** Tverrsnitt av systemoppsett på merdnivå der et luseskjørt på 10m høyde er inntegnet. Øverste delen av skjørtet er markert for å illustrere hvor vi forventer de største lusekonsentrasjonene. Skissen illustrerer også at en stor del av nota er upåvirket av skjørtet i forhold til vanngjennomstrømning (Illustrasjon R. Mathisen).

## 2.4 Spesifikasjoner på skjørt

Innkjøp og rådgiving om konstruksjon av skjørt ble gjort av Calanus AS. Selskapet driver med høsting av raudåte (*Calanus finmarchicus*), og har utviklet betydelig kompetanse og teknologi for høsting av dyreplankton med tilnærmet samme størrelse som infiserende stadier av lakselus. Vi opprettet kontakt med selskapet i en tidlig fase for å søke råd for å utvikle anordninger som kunne egne seg til å stenge ute lakseluslarver. Høsten 2010 ble det første skjørtet bestilt. Dette var prototypen som skulle testes ut før de resterende skjørtene ble bestilt. Planktonduken som er brukt er laget av Polyester (PET) med en maskevidde på 350  $\mu\text{m}$  som sikrer vanngjennomstrømming. Trådtykkelsen reduserer lysåpningen men gir likevel en lavere strømpåvirkning på skjørtet enn ved bruk av tett presenning (Gjørund og Enerhaug, 2010). Skjørtene er utprøvd med en lengde på 110 m og en dybde på 10 m.

For å få indikasjoner på mulige effekter på vannutskifting ved bruk av et luseskjørt, ble det gjennomført et forstudium i mars-april 2010. Den praktiske gjennomføringen av forstudien ble gjennomført ved at en strømmåler av typen SD-6000 ble omsluttet av en planktonduk av samme type som ble brukt i dette studiet. Strømmåleren stod ute på 5m dyp i 4 uker, og viste at vanngjennomstrømningen ble redusert i forhold til det normale strømbildet med ca. 50-55 % ved svak til moderat strøm (Johansen, 2010). Denne undersøkelsen viste at ved økende strøm ble reduksjonen forholdsvis større.

Intensjonen var at det skulle sys inn fløyt øverst i skjørtet (som på et ordinært avlusningsskjørt), og bly nede. Etter ankomst ble det klart at fløytet ikke var sydd inn, men fulgte med separat. Fløytet besto av plastkuler som var tredd inn på en line. Loddingen var imidlertid sydd inn i duken etter anvisning (1 kg/m), dog ikke blytau som tenkt i utgangspunktet, men enkeltlodd av keramikk som var tredd på en line. Etter utprøving rundt en tom ring fant vi at vi ville øke tyngden til 2 kg/m for at skjørtet skulle stå bedre i sjøen. For at prototypen også skulle kunne brukes i forsøket hengte vi på ekstra blytau nede (1 kg/m) slik at vi fikk 2 kg/m. De neste skjørtene ble levert innsydd med 2 kg/m, og innsydd fløyt slik vi hadde spesifisert (se figur 2.6).



**Figur 2.6:** Figuren viser henholdsvis topp og bunn av skjørt. Korker og bly er sydd inn i kraftig canvas. Det er sydd inn ytterligere forsterkninger mellom canvas og planktonduk, i hjørner, og regelmessig fra topp til bunn med 1,5 meters mellomrom (skisse: T. Larsen, Calanus AS).

## 2.5 Forsøksfisk

Den første fisken som ble en del av forsøket ankom anlegget den 13/5 og ble fordelt i merd 5 og 6. Dette materialet (angitt med en gjennomsnittlig individvekt på 133 g), ble levert av Smolten AS, avd. Mørsvik, av stamme Aquagen R\*E, og vaksinert med Pentium Forte Plus.

De fire neste merdene som inngikk i forsøket ankom anlegget den 14/6. Fisken ble fordelt i merdene M7, M8, M9, M10, og hadde en angitt gjennomsnittsvikt på 64g. Fisken ble levert av Smolten AS, avd. Nusfjord, av stamme Aquagen R\*E QTL, og vaksinert med Apoject 6-2.

## **2.6 Fôring og fôrregime.**

Fôr ble levert fra Skretting AS, og følgende fôrtyper ble brukt på forsøksfisken: Spirit ST HH 75-50A 3mm, Spirit 150-50A 4,5mm, Spirit 300-50A 4,5mm, Spirit 600-50A 7mm og Optiline S 1200-40A 9mm.

Overgang til større pelletstørrelse ble stort sett gjort etter anbefalinger fra Skretting. Alle merdene ble imidlertid fôret relativt lenge på de aktuelle pelletstørrelser for å sikre at vi fikk med oss alle individer. Fisken var jevn på størrelse innad i hver enkelt merd og i «godt hold» gjennom hele forsøksperioden, noe som tyder på at fisken har vært fôret godt og hatt god tilvekst. Fra utsett ble fisken fôret regelmessig gjennom hele døgnet så lenge det var lyst. Fra mai og frem til august ble det gitt 8-10 måltider i døgnet (1 time fôring, med påfølgende 1-2 timer pause). Etter hvert som dagene ble kortere, og fisken vokste, ble antall måltider redusert.

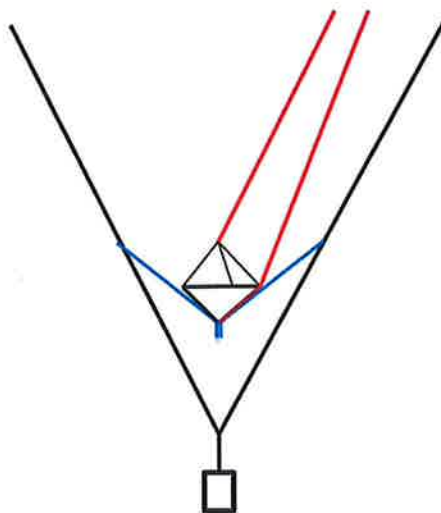
Fisken i M5 og M6 ble imidlertid gitt færre måltider tidligere enn M7, M8, M9 og M10, da denne fisken var betydelig større, og slik sett ikke bygget opp ny appetitt like fort som den mindre fisken.

Fôringsmodulen som brukes på lokaliteten er levert av Marine Constructions AS, og bygget av Ulstein Betong AS. Dette er en betongflåte med en silokapasitet på 350 tonn fôr. Fôringsanlegget som brukes er et AkvaMarina CCS sentralfôringsanlegg, versjon 9.0, levert av Akvagroup ASA. Anlegget har 4 fôringslinjer, og det er brukt såkalte rotorspredere i alle merder gjennom hele forsøksperioden.

## **2.7 Daglig ettersyn og rutiner.**

Innfesting av skjørt, notposer, merder og fortøyninger ble kontrollert daglig. Fôrslanger, rotorspredere, taknett og taknettstativ ble også kontrollert. I tillegg til normal fôringskontroll ble dødfisk tatt opp hver dag (figur 2.7) og registrert på ukebasis.





**Figur 2.7:** Dødfiskhåvens plassering i spissen på nota. Ca. 5m over selve spissen finnes en såkalt «falskbunn» (markert med blått) som utgjør bunnen innvendig i nota. Denne bunnen er slakk og tynges ned av dødfiskhåven som ligger i midten. På den måten glir dødfisken ned i håven som dras opp og ned ved hjelp av et dragtau, markert med rødt (Illustrasjon: R. Mathisen).

Graden av begroing på nøtene ble også vurdert regelmessig. Dette ble gjort visuelt, men ble dokumentert med dykkerinspeksjon og foto mot slutten av forsøksperioden.

I alle merdene med skjørt (M6, M8 og M10) ble det logget oksygen. Det ble også logget oksygen i en av referansemerdene (M7). Loggingen ble gjort automatisk gjennom hele forsøksperioden for å registrere om det forekom store variasjoner mellom merdene med og uten skjørt, og for å se om det kunne oppstå kritisk lave oksygenverdier som vi eventuelt måtte iverksette tiltak mot. Oksygenmålingene ble gjort på tilnærmet samme sted i alle merdene, (på 5m dyp, 10m fra merdkanten). I tillegg tok vi kontrollmålinger med manuell oksygenmåler siden det oppsatte oksygenloggeutstyret gav ustabile og misvisende verdier (se under resultater).

## 2.8 Utskifting og rengjøring av skjørt

For merd 6 ble skjørtet skiftet 30.05 på grunn av propellskaade, og skaden ble reparert som beskrevet nedenfor. Videre ble skjørtet på merd 6 skiftet den 15.06 for å tilrettelegge for samme forsøksbetingelser i forhold til renhet av nett som for merd 8 og 10. Alle disse tre merdene hadde således lik skjørtkvalitet fra den 15.06. Alle tre skjørtene ble dernest skiftet ut den 02.09. Utskifting av skjørt ble gjort på to måter. De første ble skiftet ved at enden på det

nye skjørtet ble festet til enden av det gamle skjørtet. Når det gamle skjørtet ble dradd rundt merden fulgte så det nye med rundt. Når det nye skjørtet var på plass, ble det gamle løsnet og tatt opp ved bruk av kran. Overlappingen i skjøten ble plassert på samme måte og samme sted hver gang (figur 2.4).

Tanken med å skjøte endene på det gamle og den nye skjørtet sammen ved utskiftning, var å unngå at fisken ble eksponert for lus fra omgivelsene i den korte perioden mellom opptak av det gamle skjørtet og plassering av det nye. Vi oppdaget imidlertid at bare litt strøm i sjøen kompliserte dette da skjørtet lettere ble presset ned. De siste gangene skjørtene ble skiftet valgte vi derfor likevel å fjerne det gamle før vi satte ut det nye fordi dette gav mindre risiko for å rive skjørtet, og fordi det gikk litt raskere.

Av mangel på andre metoder, måtte vi reingjøre skjørtene manuelt med høytrykksspyling. Dette var forholdsvis tidkrevende da det er mye areal i en slik duk. Før arbeidet startet, lå den skitne duken i lasterommet på båten. Duken ble videre løftet opp i den ene enden og spylt fortløpende mens man tok nye tak med kranen. Det ble bygget en bro av impregneret plank, som ble plassert over åpningen på lasterommet. Denne var praktisk å stå på når man spylte duken. Når duken hengte fritt ca. 5m fra krankroken, gikk spylingen raskest hvis en person kunne holde ut skjørtet nede. Denne personen kunne da brette til side den spylte delen av duken slik at videre spyling på den skitne delen gikk greit.

Avhengig av mengde groe og vanntrykk fra spylepumpen, tok det 1-2 vanlige arbeidsdager å få spylt ett skjørt. Utprøvinger i etterkant av forsøket viste at skjørtene lot seg enkelt rengjøre i vaskeri som foretar rengjøring av nøter.

Ved en anledning fikk vi skade på planktonduken da en sommervikar kjørte propellen på båten fast i duken. Resultatet etter at båt og propell var skjært løs, var det et relativt stort hull. Skjørtet ble skiftet umiddelbart, og den skadde duken tatt på land.

Reparasjon ble gjort ved at vi reinskjærte hullet slik at dette ble rektangulært (ca 2x4m). Vi skar ut en tilsvarende bit fra en gammel avlusningspresenning som vi sydde inn for å tette hullet. Til å sy duken ble det kjøpt inn en såkalt «sekkelukker» (Union Special, 3000 A, CE 2010. 601659) fra Amatec AS, i Sykkylven. Dette var en maskin som i utgangspunktet egnet seg dårlig til dette arbeidet da den ikke sydde med «undertråd». Med litt prøving og feiling ble reparasjonen likevel bra til slutt. Reinskjæringen rundt hullet ble gjort slik at de forsterkende båndene i duken kom i kanten på hullet. På den måten hadde vi et bedre feste for

sytråden som skulle binde sammen presenningsduken og planktonduken. Sytråden som ble brukt var av 100 % polyester (Gütermann - Tera 20), levert av Amatec AS.

## **2.9 Forsøksmetodikk**

For å ha tilstrekkelig kontroll med oksygen gjennom forsøksperioden ble det kjøpt inn utstyr fra Storvik AS for å logge nivået kontinuerlig gjennom døgnet. Utstyret besto i 4 loggestasjoner som sendte data trådløst til en mottaker og pc på føringsflåten. Det fulgte også med et eget program (Visensys) for lagring, grafisk fremvisning, og samtidsvisning av verdiene som ble logget. De 4 stasjonene ble montert slik at vi fikk automatisk logging i alle merdene med skjørt, og i en av referansemerdene (M7). Loggingene ble registrert 4 ganger i minuttet, men kunne også stilles inn på andre intervaller. Sonden til hver loggestasjon ble hengt ut på tilnærmet samme punkt i hver merd (10m fra merdkanten, og 5m fra overflaten). På den måten fikk vi målinger i de antatt mest kritiske områdene, der vi kunne forvente lavest verdier.

I tillegg til det automatiske loggeutstyret ble det kjøpt inn en manuell oksygenlogger for å kunne kvalitetssikre målingene. Disse målingene ble tatt i samme område hvor de andre loggerne var plassert.

For å sikre at vi hadde tilgjengelig oksygen hvis vi skulle få kritiske oksygenverdier i noen av merdene i forsøksperioden, inngikk vi en avtale med Nordexpress AS, på Sortland. Herfra kunne vi få tilkjørt oksygenbatterier på kort varsel. Oksygeneringsanlegg hadde vi også tilgjengelig på lager (Netox 15/120 HD, Netox montasjekit, Netox fylleslange og svivel HD fylleslange pressing inkl. koblinger, Netox regulator 0-10 bar Aga R21, Netox rotameterskap enkel, og Netox container 660l m/lokk). Dette var også levert av Storvik AS.

Ved hver prøvetaking gjennom forsøksperioden ble det registrert salinitet med en Ctd- sonde (SAIV SD204). Denne målte saliniteten gjennom vannsøyla ned til 10m. Målingene ble tatt på samme sted ved hver måling (ved M6).

Sjøtemperaturen ble målt på 5m med et vanlig kvikksølvtermometer. Målingene ble tatt daglig ved føringsflåten. Ved beregning av tilvekst, etc. er det tatt utgangspunkt i en snittemperatur på ukeshasis.

Snittveiing ble tatt ved to anledninger i forsøksperioden (hhv 01.09 og 26.10), ved at fisken ble fanget inn med en avkastnot. Det ble tatt ut ca. 100 fisk som ble telt manuelt over i en «Arkimedesvekt». En «Arkimedesvekt» er et kar med et kjent volum og en målesylinder som angir nivået i karet. En kan da, ut fra det fortrenkte volumet beregne fiskens biomasse, og videre dele på antall individer for å få snittvekten.

## **2.10 Lusetellinger og bestemmelse av ulike stadier**

Telling av lus på fisken i forsøksmerdene ble gjennomført hver onsdag i tidsperioden 25.05.11 til 02.11.11. I tillegg ble det utført én telling i uke 50 (14.12.11). Innsamling av fisk til hver telling ble gjort med en standard avkastnot. Denne metoden ble brukt på alle merder i hele forsøksperioden. Fisken ble håvet over i et 200 liters plastkar og bedøvet med Benzoak i henhold til pakningsvedlegget. Tellingene ble utført av driftsleder og røktere på anlegget. I tillegg var fiskehelsebiologer fra Vesterålen fiskehelsetjeneste A/S tilstede under samtlige tellinger. Det ble talt 30 fisk i hver merd og det ble skilt mellom lakselus og skottelus. Videre ble det skilt mellom stadiene fastsittende, bevegelige og voksne hunnlus hos lakselus. Det ble skiftet vann mellom telling av lus i hver merd, og vannet ble filtrert gjennom planktonduk med maskeåpning på 350 µm for å fange opp og registrere eventuelle lus som hadde sluppet taket på fisken under bedøvelse.

## **2.11 Statistiske metoder**

I studien blir graden av luseinfeksjon på fisken fremstilt ved hjelp av *gjennomsnittlig abundans*, som er beregnet gjennomsnitt av lus per fisk i merden -(jfr. Bush m.fl., 1997). Ved sammenligning av infeksjonen av lakselus ble det testet for signifikante forskjeller i gjennomsnittlig abundans mellom merdene med og uten luseskjørt. Fordi lus ofte er klumpet fordelt, ikke normalfordelt, på sine verter (se Heuch m.fl. 2011), ble det brukt en test som ikke forutsetter normalfordeling; den ikke-parametriske Kruskal- Wallis- test (Zar, 1984). Denne sammenligner median (middel) verdier. Gjennomsnittlig abundans og % oksygenmetning ble sammenlignet v.h.a t-tester. Alle tester ble utført i programmet JMP 9.0.0 (SAS corp., Cary, NC, USA)

### **3.0 RESULTATER**

#### **3.1 Infeksjon av lakselus og skottelus på oppdrettslaks i merder med og uten luseskjørt.**

Gjennomsnittlig abundans av lakselus (alle stadier) for merdene uten luseskjørt (merd 5, 7 og 9) var 0,20 lus per fisk for hele forsøksperioden (tabell 3.1; figur 3.3). Dette var signifikant flere (*t*-test,  $p < 0,0001$ ) enn i merdene med luseskjørt (merd 6, 8 og 10), der abundansen var 0,06 lus per fisk. Median abundans av lakselus i de to gruppene var 0, det var signifikant høyere median abundans av lakselus i merdene uten luseskjørt enn det var i merdene med luseskjørt (Kruskal-Wallis test,  $p \leq 0,05$ ). Den gjennomsnittlige abundansen av lakselus i merdene uten luseskjørt varierte mellom 0,17 og 0,23 lus per fisk mens den gjennomsnittlige abundansen av lakselus i merdene med luseskjørt varierte mellom 0,05 og 0,07 lus per fisk (figur 3.1).

Det ble funnet maksimum to voksne lakselushunner per fisk i merdene uten planktonskjørt tilsammen, og én voksen lakselushunn per fisk i merdene med planktonduk tilsammen. Median abundans var null voksne hunnlus per fisk i begge grupper med merder (IQR=0).

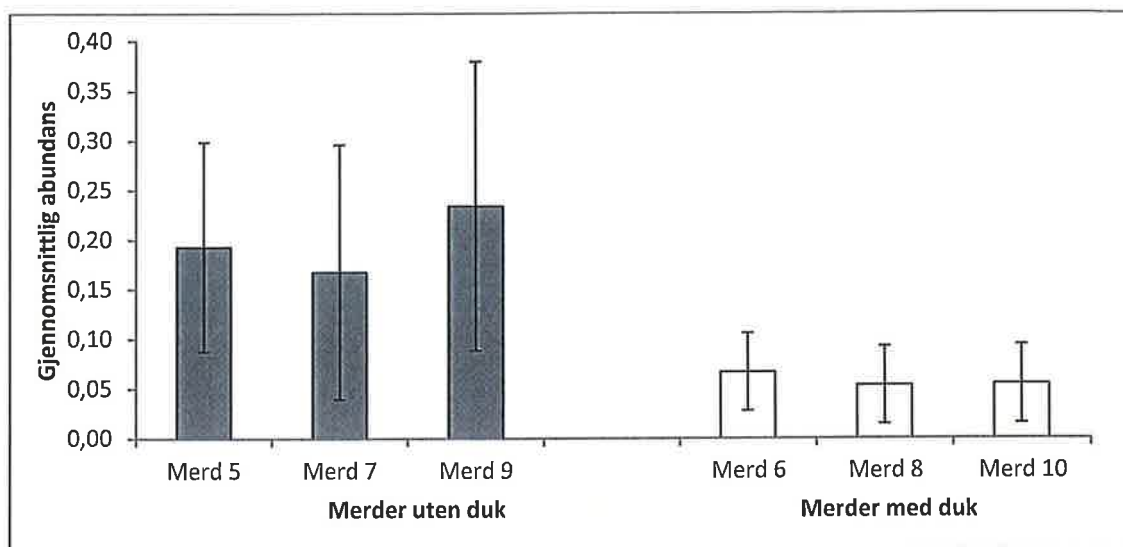
Gjennomsnittlig abundans av skottelus varierte svært lite mellom merdene uten luseskjørt og merdene med luseskjørt (tabell 3.2; Figur 3.3), og var ikke signifikant forskjellig (*t*-test,  $p=0,88$ ) Medianverdien for abundans var også lik, og det var ikke var signifikant forskjell på median i de to gruppene merder  $p=0,83$ ).

**Tabell 3.1:** Oppsummering av tellinger av totalt antall lakselus *Lepeophtheirus salmonis* i 3 merder med og 3 merder uten luseskjørt utsatt på Fornes i Vesterålen. Gjennomsnittlig abundans er lus/fisk talt, SE er standardfeil, median er middelvei (50%-verdi), IQR er avstanden i antall lus mellom 25% og 75%-verdiene, maksimum er det maksimale antall voksne hunnlus per fisk, n er antall fisk talt for hver behandling.

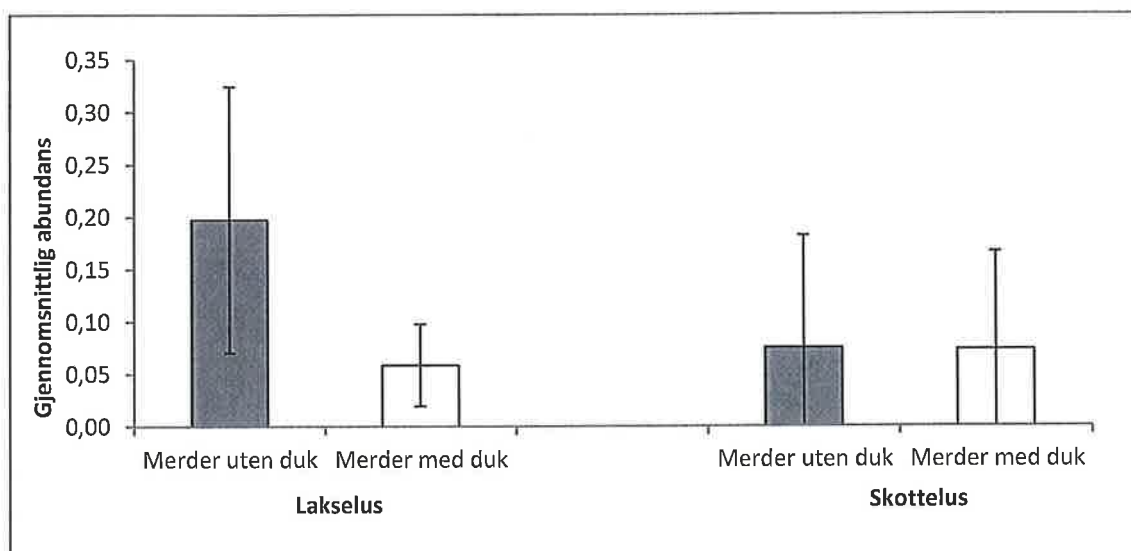
Behandling	Gjennomsnitt.					
	Abundans	SE	Median	IQR	Maksimum	n
Med luseskjørt	0,06	0,009	0	0	1	1930
Uten luseskjørt	0,20	0,009	0	0	2	1990

**Tabell 3.2:** Oppsummering av tellinger av totalt antall skottelus *Caligus elongatus* i 3 merder med og 3 merder uten luseskjørt utsatt på Fornes i Vesterålen. Gjennomsnittlig abundans er lus/fisk talt, SE er standardfeil, median er middelvei (50%-verdi), IQR er avstanden i antall lus mellom 25% og 75%-verdiene, maksimum er det maksimale antall skottelus per fisk, n er antall fisk talt for hver behandling.

Behandling	Gjennomsnitt.					
	Abundans	SE	Median	IQR	Maksimum	n
Med luseskjørt	0,06	0,006	0	0	2	1930
Uten luseskjørt	0,06	0,006	0	0	3	1990



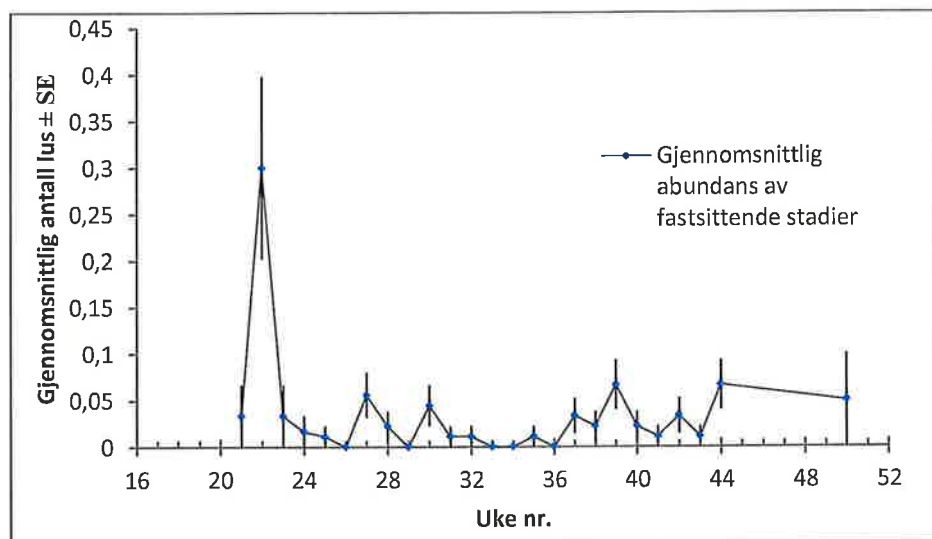
**Figur 3.1:** Gjennomsnittlig abundans av lakselus med standardavvik (SD), per merd. De grå søylene representerer merder uten luseskjørt, mens de hvite søylene representerer merder med luseskjørt.



**Figur 3.2:** Gjennomsnittlig abundans av lakselus og skottelus med standardavvik (SD) for merder uten luseskjørt, og merder med luseskjørt.

### 3.2 Infeksjonsdynamikk hos lakselus og skottelus på oppdrettslaks i merder uten planktonduk.

Infeksjonsdynamikken, sett som antallet fastsittende lus hver uke gjennom hele forsøksperioden, viste generelt lav infeksjon (figur 3.3). Gjennomsnittlig abundans av fastsittende lakselus var ca. 0,05 fra forsøket begynte, bortsett fra i uke 22, da den var 0,3. Median abundans var null lus per fisk i hele forsøksperioden. Maksimumsverdiene lå på opptil 2 lus per fisk hver uke.

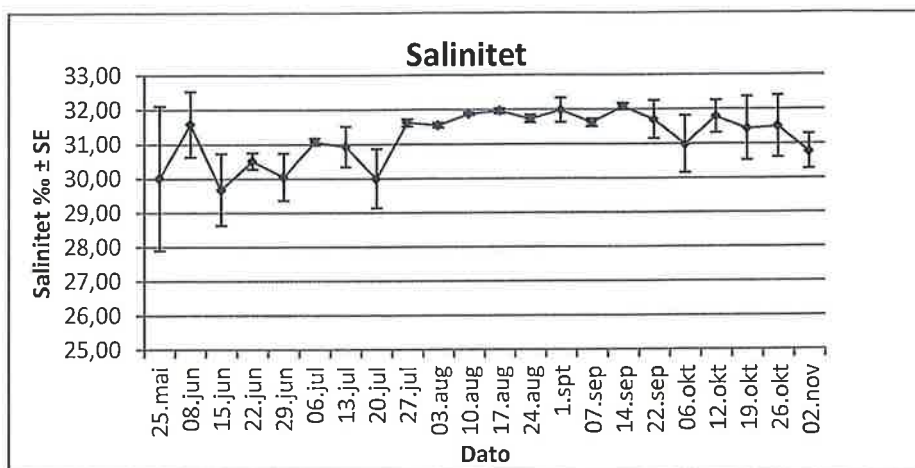


**Figur 3.3:** Gjennomsnittlig abundans av lakselus i fastsittende stadier på fisken i merdene uten luseskjørt hver uke hele forsøksperioden. Antall fisk hver uke var 30 i uke 21-23, 60 i uke 24, ellers 90.

### 3.3 Salinitet

Salinitetsmålingene som ble utført på anlegget hver uke viste generelt høye verdier (figur 3.4). Den laveste målte verdien i forsøksperioden var 27,0 ‰ S saltholdighet og ble registrert på 1 meters dybde i uke 21 og uke 23. Den høyeste salinitet, 32,4 ‰ S, ble registrert på 8 meter i uke 35.





**Figur 3.4:** Gjennomsnittlig salinitet (‰ S ±SD) fra 0-10 meter dyp målt ved merd 6 på forsøkslokaliteten Fornes.

### 3.4 Oksygen

Oksygenmålinger ble logget automatisk i merd 6, 7, 8 og 10 i hele forsøksperioden. Ved å sammenholde disse med de manuelle målingene som ble foretatt parallelt, viste måledataene fra de automatiske registreringene at noe kunne være feil ved målerne. Det har også tidligere vist seg at oksygenmålere som henger ute over tid kan begynne å gi ustabile registreringer til tross for at de er tilsynelatende riktig kalibrert og en følger rutiner for vedlikehold og reinhold av sondene (Hansen, T. pers. med.). Vi valgte derfor å se bort fra disse resultatene ved evaluering av forsøket (se under Diskusjon).

Vi har valgt å presentere resultater fra manuelle målinger fra sommerperioden, der en skulle forvente nedgang i oksygenivåene i de øvre vannlag i merdene grunnet sammenfall mellom høy stabilitet i overflatelaget og høy heterotrof respirasjon. Målingene fra de forskjellige merdene viste stor variasjon i juli (20-31.07) og august (7-23.08). Det ble gjort 75 målinger i merder med luseskjørt og 25 målinger i merder uten luseskjørt. Gjennomsnittlig var oksygenmetningen 103,8% ( $\pm 9,5SD$ ) i merdene med luseskjørt, og 111,8% ( $\pm 3,6SD$ ) i merdene uten luseskjørt (tabell 3.3). Det var signifikant høyere oksygenmetning i merdene uten luseskjørt.

I merdene med luseskjørt viste halvparten av målingene mellom 99,4% og 109,6% oksygenmetning, med en median på 105%, mens halvparten av målingene i merdene uten skjørt lå mellom 110,2% og 114,3%, og her var medianen 112,6%. Median oksygenmetning var dermed signifikant høyere i merdene uten luseskjørt (Kruskal- Wallis test,  $p < 0,0001$ ).

**Tabell 3.3.** Oppsummering av oksygenverdier (% metning) med standardavvik (SD) og minimumsverdier fra 5 meter dyp målt i perioden 20.07-31.07 og i perioden 07.08-23.08 fra merd 6,7,8 og 10. Det grå feltet representerer merder uten skjørt, mens de hvite feltene representerer merder med skjørt.

	Gjennomsnitt (%- metning)	SD±	Minimum (%- metning)
<b>M7</b>	111,8	3,6	101,6
<b>M6</b>	100,6	9,5	75
<b>M8</b>	102,3	8,5	74,2
<b>M10</b>	104,2	10,3	67,1

### 3.5 Tilvekst

Det ble utført to gjennomsnittsveiinger av fisken i løpet av forsøksperioden. Fisken i merd 5 og merd 6 ble satt ut samtidig og ved første snittveiing var fisken i merd 5 noe tyngre (59 gram) enn fisken i merd 6 (tabell 3.4). Den daglige tilveksten var henholdsvis 1,55 og 1,47 % for merd 5 og merd 6. Ved andre snittveiing var differansen i gjennomsnittsvikt mellom de to merdene 165 gram. Den daglige tilveksten var imidlertid omtrent lik.

Fisk i merdene 7, 8, 9 og 10 ble satt ut samtidig, og er derfor sammenlignbare i forhold til vektutvikling. Fisken i de to merdene med luseskjørt (merd 8 og merd 10) hadde ved snittveiingen den 1. september den laveste og høyeste vekten med henholdsvis 246 gram og 340 gram. Ved å sammenligne vektdata fra snittveiingen den 26. oktober fra de fire gruppene som ble satt ut samtidig i juni, hadde gruppen 8+10 (merder med skjørt) og 7+9 (merder uten skjørt) oppnådd en gjennomsnittsvikt på hhv 773 og 716 gram. Denne forskjellen ble også bekreftet av den prosentvise tilveksten fra september til oktober som var på hhv 1.81% og 1.51% for merder med og uten skjørt.

**Tabell 3.4:** Gjennomsnittsvekt i gram hos fisken i de ulike merdene ved de to tidspunktene gjennomsnittsmålingene ble utført. De grå feltene (merd 5, 7 og 9) representerer merder uten luseskjørt mens de hvite feltene (merd 6, 8 og 10) representerer merder med luseskjørt.

Mer	Vekt v/utsett (g)	Snittvekt (g) 1. sept	Tilvekst (g) (%)	Snittvekt (g) 26. okt	Tilvekst (g)(%)
5	133	731	598 (1,55)	1382	651 (1,16)
6	133	672	539 (1,47)	1217	545 (1,09)
7	64	305	241 (1,42)	671	366 (1,44)
8	64	246	182 (1,22)	758	512 (2,07)
9	64	323	259 (1,47)	761	438 (1,57)
10	64	340	276 (1,52)	788	448 (1,54)

### 3.6 Dødelighet

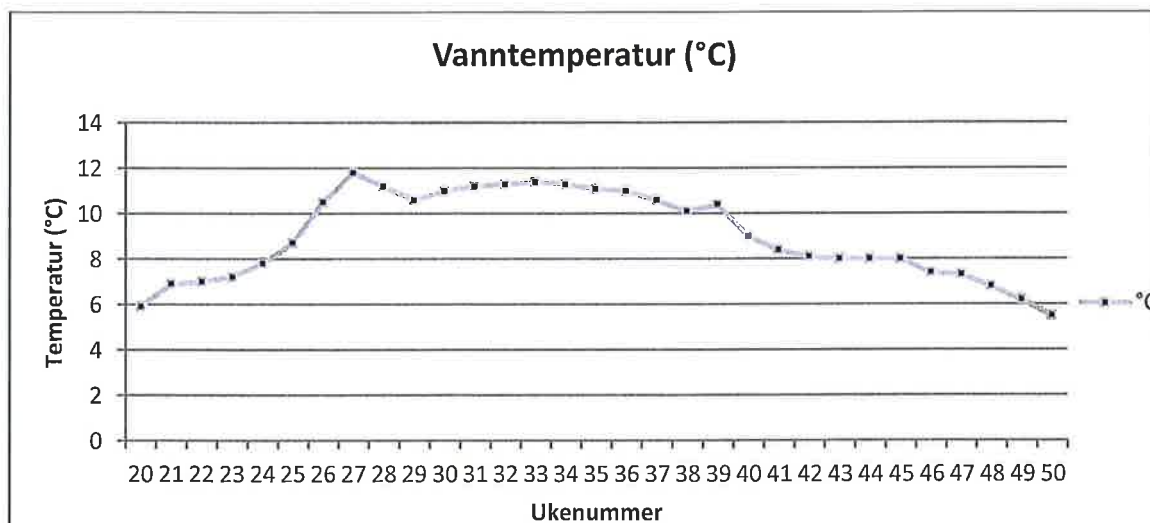
Det ble i hele forsøksperioden registrert dødelighet ved rutinemessig røkting av anlegget. Antallet dødfisk i merd 5, 7 og 9 varierte noe og lå mellom 839 og 1074 fisk per merd (tabell 3.5). Den prosentvise dødeligheten lå rundt 0,8 % for alle de tre merdene. For merd 6,8 og 10 varierte dødeligheten mellom merdene noe mer enn for merdene uten skjørt. Merd 8 hadde minst dødelighet med 519 fisk for hele forsøksperioden. Merd 6 hadde høyest dødelighet med 1531 fisk. Den prosentvise dødeligheten varierte fra 0,41% (merd 8) til 1,39% (merd 6). Det totale antallet dødfisk som ble registrert var henholdsvis 2919 og 2932 fisk for merdene med skjørt og merdene uten skjørt, og den totale prosentvise dødeligheten var 0,8% for begge grupper.

**Tabell 3.5:** Dødelighet av laks i antall og prosent for forsøksmerder med luseskjørt (merd 6,8 og 10) og uten luseskjørt (merd 5,7 og 9). Verdiene representerer dødeligheten i merdene under hele forsøksperioden.

	Dødelighet (antall)	Dødelighet (%)		Dødelighet (antall)	Dødelighet (%)
<b>Merd 5</b>	839	0,77	<b>Merd 6</b>	1531	1,39
<b>Merd 7</b>	1074	0,84	<b>Merd 8</b>	519	0,41
<b>Merd 9</b>	1006	0,79	<b>Merd 10</b>	882	0,69
<b>Totalt for merder uten skjørt</b>	2919	0,80	<b>Totalt for merder med skjørt</b>	2932	0,80

### 3.7 Sjøtemperatur

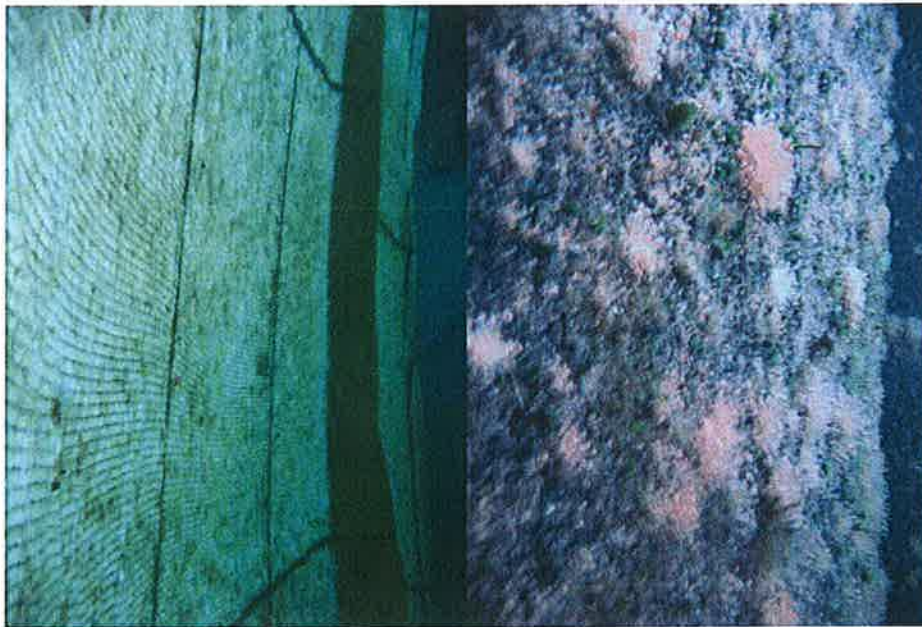
Vanntemperaturen varierte mellom 5,9 °C i uke 20 til 5,5 °C i uke 50 (figur 3.5). Temperaturen i vann var over 10°C f.o.m uke 26 t.o.m uke 39. Den gjennomsnittlige vann-temperaturen i forsøksperioden var 9,0°C.



**Figur 3.5:** Vanntemperatur (°C) i uke 20 – 50 i 2011 målt på 5 meters dyp på forsøkslokaliteten Fornes. Hvert punkt representerer én enkeltmåling.

### 3.8 Begroing

Det ble under forsøksperioden registrert betydelig reduksjon i begroing på nøtene i merdene med luseskjørt (figur 3.6). Nøtene uten luseskjørt var først og fremst utsatt for begroing av en hydroide kalt rødrose (*Ectopleura larynx*) og blåskjell (*Mytilus edulis*). Forskjellen i begroing var tydelig under hele forsøksprosessen og ble tydelig dokumentert av dykkere fra Arctic Marine 26.10.2011 (vedlegg 2).



**Figur 3.6:** Forskjell i begroing av rødrose (*Ectopleura larynx*) på not med luseskjørt (bilde til venstre) og not uten luseskjørt (bilde til høyre) (Foto: L.B. Olsen, Arctic Marine AS).

## **4.0 DISKUSJON**

Dette studiet dokumenterer at luseskjørt reduserer påslaget av lakselus hos laks i oppdrett. Det ble registrert signifikant lavere gjennomsnittlig abundans av lakselus på laks i merder med luseskjørt enn på laks i merder uten luseskjørt. Dette i kontrast til infeksjonen med skottelus, som ikke var signifikant forskjellig i gruppen av merder med luseskjørt og gruppen uten slikt skjørt. Det ble funnet én til to voksne lakselushunner maksimum i merdene, og nye påslag uttrykt som fastsittende stadier var 0,05 gjennom forsøket, bortsett fra i uke 23.

Målinger av saltholdighet ble gjort fra 1 til 10 meters dyp, og de viste ikke lavere enn 27‰ S. Laboratorieforsøk har vist at vann med saltholdighet under 20‰ S gir negative effekter på lakselus (Johnson og Albright 1991; Heuch, 1995; Bricknell m.fl., 2006). Det er derfor ikke grunn til å tro at saliniteten i vannet hadde innvirkning på resultatene i denne studien.

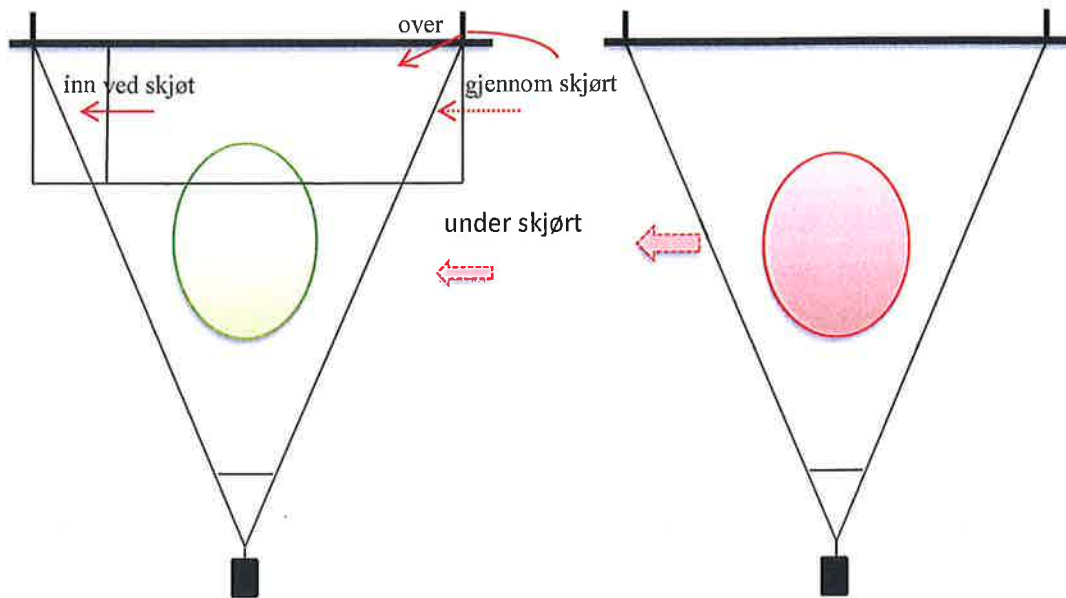
Oksygenmålingene viste signifikant høyere oksygenmetning i merdene uten luseskjørt. I merdene med luseskjørt ble det registrert generelt lavere minimumsnivåer enn hva som ble målt i merden uten luseskjørt. Det er mulig at luseskjørt reduserer tilførselen av friskt vann så mye at dette kan ha gitt lavere oksygenmetning, men 75% av målingene viste oksygenmetning fra 99,4% og oppover i merdene med luseskjørt, og bare én måling viste laveste verdi, 75% metning. Det var ingen systematisk forskjell i tilvekst på fisk i merder med og uten luseskjørt, og gjennomsnittlig dødelighet var 0.8% i merder med og merder uten luseskjørt. Mulige forklaringer på disse funnene blir i det følgende diskutert ut fra biologiske og fysiske fakta.

### **4.1 Infeksjonsdynamikk av lakselus og skottelus i merder med og uten luseskjørt**

Det er antatt at lakselus kommer inn i merder med oppdrettsfisk ved vanntransport gjennom de åpne notveggene. Luselarvene som først infiserer fisken vandrer vertikalt i vannet, og vil mesteparten av dagen befinne seg i øvre vannlag (Heuch m.fl., 1995; Hevrøy m.fl., 2003). Skjørtene slik de er brukt i dette forsøket synes å hindre på en effektiv måte at laks i oppdrett blir eksponert for de infeksjose stadier av lakselus. Maskestørrelsen i luseskjørtet har vært så liten at lakselus-copepodittene i liten grad har passert og infisert fisken i disse merdene. Siden de infektive copepodittene har en bredde på 0,25mm (Schram, 1993) og det i dette forsøket ble benyttet planktonduk med en maskestørrelse på 0,35mm er det mulig at et begrenset antall copepoditter kan ha blitt ført med strømmen mot skjørtet, og så har tatt seg gjennom

maskene i planktonduken og infisert fisken i merdene. En annen mulighet er at infektive copepoditter kan ha blitt skylt over merdkanten og på denne måten blitt transportert til innsiden av planktonduken. Dette er mulig siden den øverste delen av luseskjørtet var festet til merdringen ved havoverflaten. En tredje mulighet er at lus er blitt transportert med vannstrøm fra utsiden til innsiden av merdene under skjørtet (figur 4.1). Dette kan ha vært copepoditter fra omkringliggende anlegg, eller preadulte eller voksne lus fra de andre merdene på Fornes. Fisken har vært føret forholdsvis hardt gjennom forsøksperioden, noe som kan ha medført at den generelt har gått dypt i nota. Dette kan videre føre til at lus fra fisk i merdene uten planktonduk med høyere lusekonsentrasjon, lett vil kunne forflytte seg over til nabomerdene med planktonduk der fisken også går dypt. Selv om disse parasittiske stadiene av lakselus har begrenset svømmekapasitet, kan de svømme mellom verter i anlegg (Ritchie, 1997). Selv om forsøksmerdene ble plassert optimalt i forhold til de rådende strømforhold ved lokaliteten, vil både tidevann og vindforhold gjennom Coriolis skape horisontal transport på tvers av nettostrømmen i området, og dermed øke sannsynligheten for transport av lus mellom nærliggende merder. Derfor vil effekten av luseskjørtene forventes å være størst ved bruk på alle merder i et anlegg. Det er også mulig at lakseluscopepoditter kan ha kommet fra hunnlus som allerede var etablert på fisken i merdene med luseskjørt. Dette virker imidlertid lite sannsynlig, fordi det kun ble observert noen få voksne hunnlus på fiskene som ble undersøkt på Fornes gjennom eksperimentet.

En annen faktor som muligens har hatt en viss betydning, er at samme avkastnot ble brukt til fanging av fisk i merdene med og uten skjørt. Det er derfor en sannsynlig at lus har fulgt med fra merdene uten skjørt til merdene med skjørt. Ved enkelte tellinger ble alle merdene med skjørt talt før en begynte på merdene uten, men dette ble ikke gjort konsekvent ved hver kontroll da en ikke tenkte på denne smitteskilden underveis i forsøket. Det ble imidlertid registrert noe lus også i merdene med skjørt tidlig i forsøksperioden, så dette kan ikke ses på som en vesentlig smitteskilde. Ved videre forsøk bør en ta hensyn til dette og eliminere denne feilkilden.



**Figur 4.1:** Figuren viser mulig smittevei for lus fra en merd uten skjørt, der det er høyere konsentrasjoner av lus, til en merd med skjørt der lusa i stor grad er utestengt øverst i vannsøyla. I de tilfellene der fisken går dypt, kan lus transporteres inn under skjørtet. Andre passasjer er også illustrert med piler (Illustrasjon: R. Mathisen).

Det ble funnet lav abundans av lakselus på fisken i anlegget under hele forsøksperioden, dog med en svak økning i infeksjon av lakselus i den siste halvdel av forsøksperioden. En annen grunn til påslag av lakselus på fisken i merdene med skjørt kunne være skifte av skjørt. Det ble foretatt skifte av alle tre skjørtene på merd 6,8 og 10 ved én anledning (02.09.11), og videre for merd 6 ved ytterligere to anledninger (30.05.11 og 15.06.11). Det ble imidlertid ikke funnet nypåslag av lakselus i periodene etter skifte av skjørt, noe som indikerer at denne operasjonen ble utført på en tilfredsstillende måte.

I et område med mye oppdrettsaktivitet vil det være et høyt antall potensielle verter for lakselus. Disse vil utvikle seg på fisken i oppdrettsanleggene og etter hvert utvikle pelagiske naupliuslarver som vil kunne spre seg med strømmen (Costello m.fl., 1996; Bjørn m.fl., 2001; Heuch og Mo 2001; Johnsen, 2001; Heuch m.fl., 2005; Asplin m.fl., 2011). Tidligere studier har vist at de fleste naupliuslarvene ble spredt innenfor et område med radius 25 km fra utslippskilden, mens et lite antall larver ble registrert mer enn 200 km fra den samme kilden (Asplin m.fl., 2011). Mulige smittekilder for Fornes var lokalitet 27996-Kalvehodet, som ligger lengre ut i Øksfjorden og 11,3 km sørvest for Fornes. Denne hadde generelt lite



lus, men ble behandlet én gang med Salmosan i forsøksperioden. Videre ble det i tidsperioden 17.10-07.11 2011 satt ut laks i fem merder på lokalitet 11318 Halvardøy som ligger lengre ut i fjorden og ca. 6,3 km sørvest for Fornes. Selv om Halvardøy ligger forholdsvis nært forsøkslokaliteten, er det liten sannsynlighet for at lakseluslarver herfra har påført forsøkslokaliteten smittepress. Dette fordi fisken ble satt ut på Halvardøy kort tid før forsøket på Fornes ble avsluttet, og fordi det var svært lave konsentrasjoner av lakselus på denne fisken. Det er usikkert hvor stort smittepress av lakselus de to lokalitetene kan ha utgjort på forsøkslokaliteten, siden det ikke foreligger noen strømmodeller for dette fjordsystemet.

Det ble i dette forsøket funnet lik gjennomsnittlig abundans av skottelus på laks i merder med og merder uten luseskjørt. Grunnen til at luseskjørt ikke «beskytter» mot infeksjon av skottelus kan være at denne har en annen livsstrategi enn lakselus. Skottelus er svært lite vertsspesifikk og er blitt funnet på over 80 forskjellige fiskearter (Kabata, 1979). Skottelus er svært gode svømmere, og kan sannsynligvis bytte verter i havet i voksent stadium (Wotton m.fl., 1982; Øines m.fl., 2006). Siden luseskjørtet bare hadde et dyp på 10 meter, og det var fri gjennomstrømming av vann gjennom bunnen av nota, var det ikke uventet å finne like høy abundans av skottelus i merder med som i merder uten luseskjørt. Skottelus er vanlige på fiskearter som ofte svømmer rundt oppdrettsanlegg, slik som torsk og sei (Neilson m.fl. 1987; Heuch m.fl. 2007), og det er sannsynlig at slike lus har svømt inn til oppdrettslaksen og etablert seg på den. Resultatene viser at denne infeksjonen har skjedd i omtrent like stort omfang i merder med og uten skjørt, noe som kan tyde på at lusene i stor grad har kommet inn i merdene dypere enn 10m siden dette var dybden på planktondukene.

## **4.2 Miljø**

Det har antakelig ikke vært vesentlig dårligere oksygenforhold i merdene med luseskjørt, og det er heller ingen grunn til å tro at saliniteten har vært forskjellig mellom de to gruppene merder.

Som nevnt tidligere var kvaliteten av de automatisk loggete oksygendata så variable, at en velger å se bort fra disse. Grunnen til at det automatiske loggeutstyret viste seg å bli ustabilt kan være begroing eller annen miljøpåvirkning. Reinhold av sondene ble imidlertid gjort regelmessig og oksygenverdiene ble noe høyere rett etter vasking av sondene. Med en manuell måler fikk vi imidlertid brukt samme måler i de ulike merdene slik at det på den måten ikke er noen feilkilde forbundet med ulike sonder. Målingene ble også tatt på

henholdsvis samme sted i hver merd (5m dyp, 10m fra merdkanten), og på tilnærmet samme tidspunkt hver dag. I merdene med luseskjørt ble det registrert generelt lavere minimumsnivåer enn i den ene merden uten luseskjørt. Grunnen til dette kan være at maskestørrelsen i planktonduken reduserer vanngjennomstrømningen noe, i tråd med indikasjonene i pilotstudiet i 2010. Foruten én måling var imidlertid oksygenmetningen godt over 70 % som regnes som nødvendig for opprettholdelse av normal helse, appetitt og vekst (Remen, 2011), dette gjaldt hele forsøksperioden. Det er verdt å merke seg at de tre laveste målingene som ble gjort i de tre merdene med luseskjørt ble gjort på samme dato (13.08). Dette kan skyldes lokale hydrografiske forhold, men det ble ikke gjort målinger som kan bekrefte dette.

Det er viktig å påpeke at eventuelt lave oksygenverdier i området der disse målingene ble gjort, sannsynligvis aldri innebar noen reell risiko for fisken da det fremdeles var et betydelig volum (ca. 50% av merdvolumet) fisken kunne oppholde seg i som var uberørt av planktonduken.

Det ble i dette forsøket gjort målinger av saltholdighet i forbindelse med hver lusetelling. Målingene ble utført på utsiden av merd 6, men ikke inni noen av merdene. Det er ikke grunn til å tro at saliniteten i vannet inne i merdene med skjørt var forskjellig fra saliniteten av vannet utenfor merdene med skjørt, da skjørtene ikke stenger ute vann med høyere saltholdighet. Fordi det var mindre begroing på nøtene der det var skjørt er det også lite sannsynlig at saliniteten i og utenfor merdene med skjørt har vært forskjellig. Den laveste saliniteten ble registrert i uke 21 og uke 23. Målingene ble gjort i overflaten ved ca. 1 meters dybde. Disse minimumsmålingene viste et saltinnhold på 27‰, og siden lakselus foretrekker en saltholdighet over 20 ‰ (Johnson og Albright, 1991; Heuch, 1995), er det grunn til å tro at saltholdigheten i sjøen i forsøksperioden ikke hadde innvirkning på infeksjonen av lakselus på fisken.

### 4.3 Vekst og dødelighet

Det var ingen store variasjoner i tilvekst mellom merdene med og uten luseskjørt. Metoden som ble brukt ved snittveiing av fisken 01.09 og 26.10 baserte seg på Arkimedes lov, og det ble ikke foretatt individveiing av fisken. Dette gjør det umulig å beregne standardavvik på målingene. Antallet fisk ved måling i hver merd var imidlertid relativt stort (ca. 100 fisk per merd), slik at nøyaktigheten på snittvekten ved målingene var relativt god. Fisken i merd 5 og merd 6 ble satt ut samtidig, det samme gjaldt fisken i merd 7, 8, 9 og 10. Sammenlignes veksten hos fisken i merd 5 (uten luseskjørt) med fisken i merd 6 (med luseskjørt) mellom utsett og den første snittveiingen, er det fisken i merd 5 (uten luseskjørt) som hadde den høyeste daglige tilveksten (1,16 %). Fisken i denne merden var i gjennomsnitt 59 gram tyngre enn fisken i merd 6 (med luseskjørt). En mulig grunn til denne vektforskjellen kan være for dårlig nedlodding av skjørtet rundt merd 6 rett etter utsett. Ved mye strøm i sjøen ble skjørtet presset inn mot nota og trykket denne videre inn i senter av merden. Ved kraftig vind ble effekten forsterket ved at det dannet seg luftposer inni merden (vedlegg 1). For å utbedre dette ble vekten på blylinen langs bunnen av skjørtet doblet fra 1kg til 2kg per meter. Videre ble tyngden av loddet i bunnen av posen økt fra 400kg til 1400 kg. Dette viste seg åpenbart å være avgjørende for at systemet skulle stå stabilt resten av forsøksperioden, og det ble også satt ut større lodd ved utsett av de neste merdene som skulle utstyres med planktonduk. Siden fôret ble fordelt med en 360 ° rotorspreder, kan denne hendelsen tidlig i forsøket ha ført til at deler av fôret ikke ble tilgjengelig for fisken i merd 6 i perioder med mye strøm på lokaliteten.

Videre viser sammenligning av tilvekst i de øvrige merdene i perioden mellom de to snittveiingene at den gjennomsnittlige tilveksten var tilsammen 156 gram høyere i de to merdene med luseskjørt (merd 8 og 10) enn i de to merdene uten luseskjørt. Den høyeste tilveksten mellom de to snittveiingene ble funnet i merd 8 og var på gjennomsnittlig 2,07%. Den gode tilveksten i merd 8 i denne perioden, kan sannsynligvis ses på som en kompensasjonsvekst da tilveksten i denne merden var betydelig dårligere fra utsett og frem mot første snittveiing. På bakgrunn av gjennomsnittsveiingene som ble gjort i forsøksperioden er det ingen grunn til å tro at bruken av luseskjørt hadde noen negativ effekt på tilveksten til fisken.

Filosofien ved valg av fôrregime, har vært å unngå lange pauser i fôrtilgangen, spesielt på den minste fisken. Dette har erfaringsvis gitt merkbar bedre tilvekst og en tilsynelatende mer

robust fisk, enn om det var blitt føret bare på dagtid. En sterk og robust fisk vil være bedre rustet for å motstå sykdom og parasittangrep, men dette vil mest sannsynlig ikke ha noen vesentlig betydning i dette prosjektet da alle merdene i utgangspunktet ble føret likt.

Dødeligheten av laks i merder med og merder uten luseskjørt ble registrert i hele forsøksperioden. Det ble funnet svært små forskjeller i dødelighet mellom merder med og uten luseskjørt, og de samlede resultatene fra hele forsøksperioden viste at det i merdene med skjørt døde 13 fisk fler enn i merdene uten skjørt. Denne differansen er svært liten og siden miljøparametere som oksygen og salinitet lå innenfor anbefalte verdier i både merdene med og uten luseskjørt er det grunn til å tro at bruken av luseskjørt ikke hadde innvirkning på dødeligheten til fisken. Den prosentvise dødeligheten per merd var størst i merd 6 (med skjørt), og her døde totalt 1,4 % av fisken. En stor del av disse døde rett etter utsett i uke 20. Grunnen til denne dødeligheten var uklar, men ved rutinebesøk 25.05 ble det kommentert at dette var akseptabelt for nyutsatt smolt i sjøen (Rapport ref. BR11136). Sett bort fra denne økte dødeligheten i uke 20, så var den prosentvise dødeligheten lavere for merdene med luseskjørt enn merdene uten luseskjørt. Helsestatusen på fisken ble dokumentert gjennom rutinebesøk på forsøksanlegget ved følgende datoer: 25.05, 15.06, 13.07, 20.07, 27.07, 03.08 og 12.10. Det ble ikke funnet forskjeller i helsestatus mellom merder med og merder uten luseskjørt. Det er derfor ingen grunn til å tro at bruken av luseskjørt påvirket dødeligheten hos fisken ved forsøksanlegget.

Selv om dette forsøket gikk over relativt kort tid, og involverte kun ett oppdrettsanlegg, ble det på tross av lavt infeksjonstrykk funnet signifikant lavere gjennomsnittlig abundans av lakselus i merder med luseskjørt. Skjørtene ser ikke ut til å ha påvirket miljøforholdene i merdene negativt når det gjelder tilvekst og dødelighet. Det er grunn til å tro at det totale infeksjonstrykket av lakselus på fisken i anlegget ville blitt redusert ytterligere ved bruk av skjørt på alle merder.

#### **4.4 Erfaringer og muligheter for forbedringer**

Det er tydelig at luseskjørtet hadde en positiv effekt når det gjaldt å beskytte fisken i merdene mot infeksjon av lakseluslarver. Det vil imidlertid i fremtiden være muligheter for å optimalisere systemet, og nedenfor følger en kortfattet oversikt over forbedringsområder, samt fordeler med bruk av anordningen.

-Den mest sannsynlige smitteveien for infeksjon av lakselus på fisken i merdene med skjørt vil være at lus kom inn i merden under luseskjørtet. Det vil derfor i fremtiden kunne være aktuelt å øke lenden på skjortene for å optimalisere effekten.

-Som nevnt kan en av årsakene til lus i merdene med luseskjørt være at infektive copepoditter ble skylt over merdkanten ved høy sjø. For å redusere denne mulige smitteveien i fremtiden kan den øvre delen av luseskjørtet heves over havnivå.

-Det ble i dette forsøket benyttet planktonduk med en maskestørrelse på 0,35 mm. Siden bredden på de infektive copepodittene er 0,25 mm er det mulig at et begrenset antall copepoditter kan ha kommet gjennom maskene på planktonduken. For å optimalisere luseskjørtet ytterligere kan det være aktuelt å gå ned noe på maskestørrelsen. Ulempen med dette er redusert vanngjennomstrøming og redusert oksygenmetning i merdene. Det ble imidlertid funnet tilfredstillende oksygenverdier i merdene med luseskjørt i denne studien, slik at man mest sannsynlig kan gå ned noe på maskestørrelsen uten at det går utover fiskevelferden i merdene. Under forhold med lite oksygen, for eksempel ved høy vanntemperatur, kan det imidlertid være problematisk med lavere vannutskiftning gjennom duken. Alternativt kan man gå ned på maskestørrelsen på deler av duken (de øverste meterne).

-Vask og vedlikehold av planktondukene er noe det jobbes med allerede. Det må utvikles en effektiv reingjøringsmetode som er enkel og praktisk for den enkelte oppdretter. Manuell reingjøring slik det ble utført i forsøksperioden fungerte greit med et godt resultat, men det vil bli tidkrevende å betjene et helt anlegg med luseskjørt. Vask hos tradisjonelle notvaskerier er i ettertid prøvd ut med lovende resultater.

-Enkle innretninger kan tenkes anvendt for å sikre vertikal transport av vannet i merdene og dermed forbedret oksygenering ved økende biomasse av fisk. Videre forskning på miljøpåvirkning i merdene vil være viktig fremover.

-I tillegg til at planktonduken beskytter fisken mot lakselus ble det observert en annen svært positiv effekt. Begroing av nøtene var betydelig redusert i merder med

luseskjørt (vedlegg 2). Dette gjaldt spesielt for rødrose (*Tubularia sp.*) og blåskjell (*Mytilus edulis*). Grunnen til dette var sannsynligvis at de nevnte organismene ble stoppet av planktonduken slik at de ikke slapp gjennom til nota. Som et resultat av dette sparte man et notskift i de forsøksmerdene som hadde luseskjørt. Å unngå bytte av not og dermed håndtering av fisken er svært ønskelig. Mekaniske skader og sårutvikling kan ofte bli resultatet etter håndtering og arbeidssituasjoner som er stressende for fisken. Dette var også tilfellet i to av referansemerdene. Etter at forsøket var avsluttet ble det skiftet not i merd 7 og 9, og vi fikk sårutvikling med påfølgende dødelighet. Bare i merd 9 hadde vi et frafall på ca. 15.000 fisk fra uke 3 til uke 11, 2012. Dette kan vi med stor sannsynlighet tilskrive notskift. Det skal riktignok sies at en vanligvis ikke opplever slike dramatiske konsekvenser etter slike arbeidsoperasjoner.

-Hvis vi skal se på de potensielle økonomiske besparelsene ved bruk av luseskjørt, avhenger dette i hovedsak av hvor mange avlusninger en eventuelt unngår i forhold til ikke å benytte innretningen. Kostnader ved en enkelt avlusning kan fort bli kr. 500-700.000,- pr. anlegg. En tar da utgangspunkt i kostnader for behandlingsmidler (Alphamax, Betamax, Salmosan). Lønnskostnader, utstyr og andre indirekte kostnader kommer i tillegg. En må også i noen tilfeller påregne noe økt dødelighet etter behandling. Enten akutt dødelighet, eller i form av seinvirkninger, og generell risiko for massedød og nedsatt fiskevelferd. Disse kostnadene er ikke like lett å måle, men tapene kan være betydelige.

-Hvis et anlegg normalt sett avluser 4 ganger pr. år, og bruk av luseskjørt bare nødvendiggjør en avlusing pr.år, vil besparelsen da kunne bli kr. 2-3 mill. minus investeringskostnader for luseskjørt.

-Ytterligere besparelser vil bli gjeldende hvis en i tillegg unngår notskift. Kostnadene for vask, desinfisering, reparasjon og impregnering av en 100-meters spisspose vil vanligvis bli ca. kr 65.000,- En vil forlenge holdbarheten på nota med å redusere frekvensen på vask og impregnering, og redusere behovet for høytrykksspyling av denne i sjøen. Når nota likevel må inn til vask og service, vil slitasjen på en overgrodd

not kontra en lite grodd not, også bli vesentlig større (pers. med. Knut Olsen, Egersund Net AS).

-Bruk av denne anordningen vil bidra til å hindre resistensutvikling mot de tradisjonelle behandlingsmidlene (Alphamax, Betamax, Salmosan og Slice), slik at en vil forlenge tidshorisonten for bruk av disse som et alternativ mot lakselus.

-Den mest åpenbare gevinsten ved omfattende bruk av luseskjørt er at havbruksnæringen styrker sin økologiske og økonomiske bærekraft på lang sikt.

## 5.0 Referanser

- Agnalt, A., Fossum, P., Hauge, M., Jensen, A., Ottersen, G., Røttingen, I., Sundet, J. 2011. Havforskningsrapporten 2011, -Ressurser, miljø og akvakultur på kysten og i havet. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Anonym, 2006. Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. St.prp.nr.32 2006- 2007, Det Kongelige Miljøverndepartement 143.
- Anonym, 2009. Rapport fra vitenskapelig råd for lakseforvaltningen. Status for norske laksebestander i 2009 og råd om beskatning. NR 1. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Anonym, 2012. Fiskehelsesrapporten 2011. Veterinærinstituttet, Oslo.
- Asplin, L., Boxaspen, K., og Sandvik A.D. 2011. Modelling the distribution and abundance of planktonic larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* in Norway I: Jones S., og Beamish R, (ed) Salmon lice: An Integrated Approach to Understanding Parasite Abundance and Distribution Wiley -Blackwell, Oxford, UK, s 31-55.
- Birkeland, K. 1996. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, infestations and implications for anadromous brown trout, *Salmo trutta* L. Dr. Scient. Thesis, Universitetet i Bergen
- Birkeland, K. og P. J. Jakobsen 1997. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. Environmental Biology of Fishes 49(1): 129-137.
- Bjørn, P. A., og Finstad, B. 1998. The development of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on artificially infected post smolts of sea trout (*Salmo trutta*). Canadian Journal of Zoology- Revue Canadienne De Zoologie 76(5): 970-977.
- Bjørn, P. A., B. Finstad og R. Kristoffersen 2001. Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic char in marine and freshwaters: the effects of salmon farms. Aquaculture Research 32(12): 947-962.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. og 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 Oppdragsmelding 547. 50 sider.
- Boxaspen, K. 2006. A review of the biology and genetics of sea lice. Ices Journal of Marine Science 63(7): 1304-1316.
- Bricknell, I. R., Bron, J. E. og Bowden, T. J. 2006. Diseases of gadoid fish in cultivation: a review. ICES Journal of Marine Science. 63: 253-266.



Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., og Shostak, A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.

Butler, J. R. A. og J. Watt. 2003. Assessing and managing the impacts of marine salmon farms on wild Atlantic salmon in western Scotland: Identifying priority rivers for conservation. *Salmon at the Edge*: 93-118.

Costelloe, M., Costelloe, J., og Roche, N. 1996 Planktonic dispersion of larval salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, associated with cultured salmon, *Salmo salar*, in Western Ireland. *J Mar Biol Ass.*, UK 76:141–149

Costelloe, M., og Costelloe J. 2006. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in Parasitology* 22(10): 475-483.

Eithun, I., 2000. Measures to control sea lice in Norwegian salmon farms. *Caligus* 6, 4-5.

Gjosund S.H. og Enerhaug B. 2010. Flow through nets and trawls of low porosity. *Ocean Engineering*, 37 (4), pp. 345-354.

Gjøsæter, H., Haug, T., Hauge, M., Karlsen, Ø., Knutsen, JA., Røttingen, I., Skilbrei, O. og Sunnset, BH, 2010. Havforskningsrapporten 2010, -Ressurser, miljø og akvakultur på kysten og i havet. Havforskningsinstituttet, Bergen.

Grimnes, A., og Jakobsen P. J. 1996. The physiological effects of salmon lice infection on post-smolt of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 48(6): 1179-1194.

Hjeltnes, B., 2010. Helsesituasjonen I Norsk oppdrett 2010. Veterinærinstituttet, Oslo.  
[http://www.vetinst.no/eng/content/download/8034/98977/file/Fish\\_Health\\_Report\\_2010.pdf](http://www.vetinst.no/eng/content/download/8034/98977/file/Fish_Health_Report_2010.pdf)

Johansen, B. 2010. Forstudie til prosjekt forebygging lakselus: Vurdering av vanngjennomstrømming ved tildekking av en enhet med planktonduk i forhold til en åpen enhet. Rapport.

Johnson og Albright, 1991. Development, growth and survival of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) under laboratory conditions, *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 71 (1991), pp. 425–436.

Johnsen, M. 2001. Population dynamics of the two sea lice species *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) and *Caligus elongatus* (von Nordmann, 1832) on farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and wild sea trout (*Salmo trutta* L.) in northern Norway, and possible ways of salmon lice transmission. Thesis Candidata Scientiarum. Universitetet i Tromsø.

Heuch, P. A. 1995. Experimental evidence for aggregation of salmon louse copepodids, *Lepeophtheirus salmonis*, in step salinity gradients. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 75: 927-939.

Heuch P.A, Parsons A og Boxaspen K 1995. Diel vertical migration: a possible host-finding

Mechanism in salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 681-689.

Heuch P.A og 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., Bjorn P. A., Finstad, B, Holst J. C., Asplin, L og Nilsen, F, 2005. A review of the Norwegian National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids: The effect on wild salmonids. Aquaculture 246(1-4): 79-92.

Heuch, P. A., Gettinby, G., og 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., og 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.

Kabata, Z. 1979. Parasitic Copepoda of British fishes. London: The Ray Society.

Neilson JD, Perry RI, Scott JS & Valerio P 1987. Interactions of caligid ectoparasites and juvenile gadids on Georges Bank. Marine Ecology - Progress Series 39: 221-232.

Nolan, D. T., Reilly, P., og Bonga, S.E.W. 1999. Infection with low numbers of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* induces stress-related effects in post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56(6): 947-959.

Næs, M. 2011 Besøksrapport. Rapport BR111346. Vesterålen Fiskehelsetjeneste, Sortland.

Pemberton, R. 1976. Sea trout in North Argyll sea lochs: II. diet. *Journal of Fish Biology* 9, 195–208.

Pike, A.W., og Wadsworth, S.L. 1999. Sea lice on salmonids: their biology and control. *Adv. Parasitol.* 44: 233-337.

Remen, M. Oppedal, F. Torgersen, T. Imstrand, AK. og Olsen, RE. 2011. Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt Atlantic salmon: Initial responses and acclimation. *Aquaculture* 326-329: 148-155.

Revie, C., Dill, L., Finstad, B., og Todd, C.D. 2009. Sea Lice Working Group Report. NINA Special Report 39, pp. 1–117. [ISSN 0804-421X.]

Ritchie G, 1997 The host transfer ability of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) from farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 20:153–157

- Roth, M., Richards, R.H., og Sommerville, C. 1993. Current Practices in the Chemotherapeutic Control of Sea Lice Infestations in Aquaculture - a Review. *Journal of Fish Diseases* 16(1): 1-26.
- Schram T.A, 1993. Supplementary descriptions of the developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligida): Pathogens of wild and farmed fish: Sea lice (ed. by G.A.Boxshall & D.Defaye) Ellis & Horwood Ltd., Chichester, s. 30-47.
- Schram TA, Knutsen JA, Heuch PA og Mo TA 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.
- Taranger, G. L., Boxaspen, K. K. Madhun, A. S. og Svåsand, T. 2010. *Risikovurdering – miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett*.
- Todd, C.D., Walker, A.M., Hoyle, J.E., Northcott, S.J., Walker, A.F., og Ritchie, M.G. 2000. Infestation of wild adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) by the ectoparasitic copepod sea louse *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer: prevalence, intensity and the spatial distribution of Males and females on the host fish. *Hydrobiologia* 429: 181-196.
- Treasurer J. 1993. Management of sea lice (Caligidae) with wrasse (Labridae) on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) farms: Pathogens of wild and farmed fish: sea lice (red. av Boxshall,G.A., og Defaye, D.) Ellis Horwood Limited, Chichester, pp. 335-345.
- Tully, O., Gargan, P., Poole, W.R., og Whelan, K.F. 1999. Spatial and temporal variation in the infestation of sea trout (*Salmo trutta* L.) by the caligid copepod *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer) in relation to sources of infection in Ireland. *Parasitology* 119: 41-51.
- Wagner, G. N., Fast, M. D., og Johnson, S. C. 2008. Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections on salmonids. *Trends in Parasitology*, 24: 175–182.
- Wells, A., Grierson, C. E., MacKenzie, M., mfl. Physiological effects of simultaneous, abrupt seawater entry and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation of wild, sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2006; 63:2809-2821.
- White, HC 1940. Sea lice and the death of salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 5: 172-175.
- Wootten, R., Smith, J.W. and Needham, E.A., 1982. Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids and their treatment. *Proc. R. Soct. Edinburgh*, 8 1 B: 185- 197.
- Worum. B: Nordlaks Oppdrett AS, Lokalitetsrapport Fornes, Akvaplan Niva AS, Rapport: 5358.A03

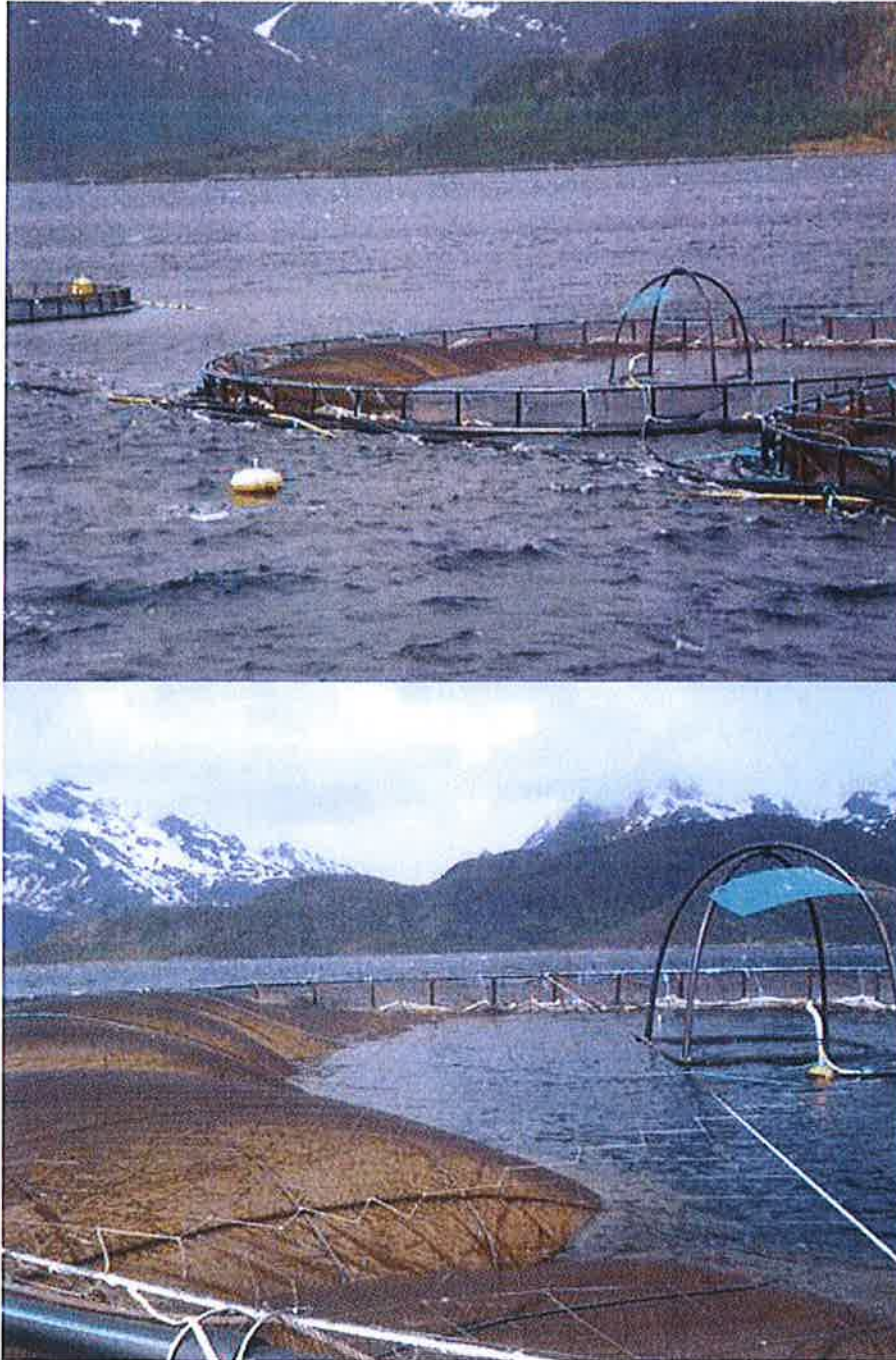
Willis, K.J., Gillibrand P.A., Cromey, C.J., Black, K.D. 2005. Sea lice treatments on salmon farms have no adverse effect on zooplankton communities: a case study. *Marine Pollution Bulletin* 50, 806-816.

Zar JH 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.

Øines Ø, Simonsen J.H, Knutsen JA, Heuch PA, 2006. Host preference of adult *Caligus elongatus* Nordmann in the laboratory and its implications for Atlantic cod aquaculture. *J Fish Dis* 29:167–174

## 6.0 Vedlegg

**Vedlegg 1:** Fotografi av problemer med nedlodning av luseskjørt. Bildet er tatt i forsøksperioden 26. mai (Foto: R. Mathisen)



**Vedlegg 2:** Undervannsfotografi av merd med luseskjørt (øverst) og merd uten luseskjørt (nederst). Forskjellen i begroing av nøtene med og uten luseskjørt kommer tydelig frem. Bildene ble tatt av dykkere 26.10.2011 (Foto: L.B. Olsen, Arctic Marine AS)

