

UiT

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) og fiskevelferd i oppdrett av atlantisk laks (*Salmo Salar* L.) i Nord-Norge

- effektiv og skånsom ikke-medikamentell bekjempelse av lakselus?

—

Mattias Bendiksen Lind

*Masteroppgave i Fiskehelse (60 stp)
Mai 2015*



Forord

Dette mastergradsarbeidet ble utført ved Norges fiskerihøgskole, Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi, Universitetet i Tromsø – Norges arktiske universitet. Forskningsprosjektet ble utført for – og finansiert av Nordlaks Oppdrett AS, under veiledning hos Havforskningsinstituttet. Oppgaven ble påbegynt i januar 2014 og avsluttet i mai 2015.

Først og fremst vil jeg takke Nordlaks Oppdrett AS, med veileder Bjarne B. Johansen i spissen, for tilliten og muligheten til å gjennomføre prosjektet. Ikke minst velvilje til å la meg disponere et helt oppdrettsanlegg og gi meg gode forutsetninger hele veien. Dette prosjektet hadde jeg ikke på langt nær klart alene – og det er noen sentrale personer som har hatt alt å si. Først og fremst har min hovedveileder Tore Seternes vært til uvurderlig hjelp og støtte. Hjertelig takk for at du ga meg utfordringer, tillit og muligheten til å gå i en retning jeg trodde på. Og ikke minst har jeg lært masse av alle de gode og hyggelige diskusjonene vi har hatt. Når jeg trengte det som mest, dukket Frode Oppedal og Lars Helge Stien opp. Tusen takk for at dere bidro med faglig ekspertise og stilte opp gjennom et helt år - dette prosjektet hadde ikke blitt en realitet uten dere. Så er det tre bautaer på oppdrettsanlegget på Helgeneshamn som jeg skylder en stor takk. Cicilie Heitman, Leif Ellingsen og Trude Lind, hjertelig takk for uvurderlig hjelp, engasjement og gjestfrihet gjennom mine syv måneder med feltarbeid. Jeg har savnet de gode stundene, historiene og samarbeidet vi hadde hver eneste dag etter at feltarbeidet ble avsluttet.

Det har vært en spennende, utfordrende og utrolig lærerik reise, både gjennom arbeid med masteroppgaven og gjennom 5 eventyrlige studieår i Tromsø. Jeg har fått gleden av å bli kjent med utrolig mange fine mennesker. Takk til alle som har stått meg nær og gjort de siste 5 årene til det eventyret det har blitt! Til slutt vil jeg sende en stor takk til mine foreldre og to søstre. Hjertelig takk for at jeg alltid har fått støtte, forståelse og muligheten til å gjøre det jeg tror på og brenner for.

Takk.

Tromsø 15. mai 2015

Mattias Bendiksen Lind
Mattias Bendiksen Lind

Sammendrag

Lakseparasitten lakselus (*Lepeophtheirus Salmonis*) er den største utfordringen norsk oppdrettsnæring i dag står ovenfor. Lakselusproblematikken er i hovedsak knyttet til påvirkning på ville laksestammer. Samtidig utgjør hyppig avlusing og behandling et potensielt fiskevelferdsproblem i lakseoppdrett. Resistensutvikling skaper store utfordringer, med mangel på fullgode metoder for å hindre eller redusere infeksjon av lakselus på oppdrettslaks. Et viktig innsatsområde for forebygging mot - og bekjempelse av lakselus er utvikling av ikke-medikamentelle metoder. Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) er en ikke-medikamentelt metode som har vist god lakselusreduserende effekt. Det er imidlertid ikke gjort tilstrekkelig undersøkelse av luseskjørtets påvirkning på fiskens velferd. Denne masteroppgaven har hatt som hovedmål å belyse fluidpermeabelt luseskjørt sin påvirkning på fisken og da spesielt fiskens velferd.

Sammenligningen av oksygenforhold og fiskevelferd i merder med og uten fluidpermeabelt luseskjørt ble utført på en lokalitet for kommersiell marin produksjon av atlantisk laks (*Salmo salar*) i Vesterålen. Seks merder med atlantisk laks inngikk i forsøket, hvor tre hadde fluidpermeabelt luseskjørt og tre hadde funksjon som kontroll. Vannkarakteristikk (oksygen, temperatur og saltholdighet) ble målt gjennom hele forsøket. Et referansepunkt, som var antatt upåvirket av produksjonsanlegget, ble valgt og de samme parameterne for vannkarakteristikk ble målt her. Kartlegging av fiskevelferd ble gjennomført med metoden Salmon Welfare Index Model 1.0 og 1.1 (SWIM 1.0/1.1). Resultatene viste at fluidpermeabelt luseskjørt hadde betydelig lakselusreduserende effekt i en periode med høyt infeksjonspress av lakselus. Abundans av lakselus i bevegelig stadium ble på det meste redusert med 83% og prevalens av lakselus i bevegelig stadium ble på det meste redusert med 86%. Bruk av fluidpermeabelt luseskjørt førte til reduserte oksygenverdier innenfor luseskjørtets volum, men ikke i tilstrekkelig grad til at det hadde negativ effekt på fiskens velferd. Undersøkelse av fiskevelferd med Salmon Welfare Index Model ga ikke redusert velferdsscore, med unntak av ett enkelt tidspunkt gjennom forsøksperioden.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	1
1.1	NORSK HAVBRUKSNÆRING	1
1.1.1	BEKJEMPELSE AV LAKSELUS – KRITISK RESISTENSUTVIKLING	2
1.1.2	NYE METODER OG TEKNOLOGI	3
1.2	MASTEROPPGAVENS HOVEDMÅLSETTING	4
1.3	LAKSELUS (<i>LEPEOPHTHEIRUS SALMONIS</i>)	5
1.3.1	FRITTLIVENDE LARVESTADIUM (NAUPILUS I & II)	5
1.3.2	INFEKTIVT STADIUM (KOPEPODITT)	6
1.3.3	FASTSITTENDE STADIUM (CHALIMUS I & II)	7
1.3.4	BEVEGELIG STADIUM (PREADULT I OG II)	8
1.3.5	ADULT	8
1.4	FISKEVELFERD	9
1.4.1	HVORDAN BESKRIVE FISKEVELFERD HOS ATLANTISK LAKS I HAVBRUK?	10
1.4.2	SALMON WELFARE INDEX MODEL	11
1.4.3	VELFERDSINDIKATORER I SALMON WELFARE INDEX MODEL	13
2	MATERIAL OG METODE	27
2.1	OPPDRETTSLOKALITETEN	27
2.1.1	TEKNISKE OPPLYSNINGER	28
2.1.2	FØR OG FORSYSTEM	28
2.2	FLUIDPERMEABELT LUSESKJØRT	29
2.3	FORSØKSOPPSETT	30
2.3.1	FORSØKSPERIODE 1 (UKE 17 – 36)	31
2.3.2	FORSØKSPERIODE 2 (UKE 40 – 45)	31
2.4	FISKEN	32
2.4.1	FISKEN VED OPPSTART AV FORSØKSPERIODE 1 (UKE 17) OG FORSØKSPERIODE 2 (UKE 40)	32
2.5	REGISTRERING AV LAKSELUS	33
2.6	MILJØFORHOLD	34
2.6.1	DAGLIG REGISTRERING AV TEMPERATUR, SALTHOLDIGHET OG OKSYGEN	34
2.6.2	MÅNEDLIG DØGNREGISTRERING AV OKSYGEN	34
2.6.3	STRØMSTYRKE OG -REGISTRERING	35
2.7	PRODUKSJONSDATA	35
2.7.1	DØDELIGHET	35
2.7.2	TILVEKST OG KONDISJONSFAKTOR	36
2.8	FISKEVELFERD	36
2.8.1	MILJØINDIKATORER	36
2.8.2	POPULASJONSINDIKATORER	37
2.8.3	INDIVIDINDIKATORER (SWIM 1.0 & 1.1)	37
2.9	DATABEHANDLING	39
2.9.1	STATISTIKK	39
3	RESULTATER	41
3.1	REGISTRERING AV LAKSELUS (<i>LEPEOPHTHEIRUS SALMONIS</i>)	41
3.1.1	ABUNDANS (GJENNOMSNITTLIG INFEKSJON)	41
3.1.2	PREVALENS (ANDEL FISK INFISERT)	42
3.2	MILJØFORHOLD	44
3.2.1	TEMPERATUR OG SALTHOLDIGHET	44
3.2.2	DAGLIG REGISTRERING AV OKSYGEN	45
3.2.3	MÅNEDLIGE DØGNREGISTRERINGER AV OKSYGEN	47
3.3	PRODUKSJONSDATA	53

3.3.1	DØDELIGHET	53
3.3.2	VEKST	55
3.3.3	KONDISJONSFAKTOR	56
3.4	FISKEVELFERD	58
3.4.1	FORSØKSPERIODE 1 (UKE 17 – 34)	58
3.4.2	FORSØKSPERIODE 2 (UKE 40 – 44)	62
4	DISKUSJON	65
4.1	MILJØFORHOLD	66
4.1.1	SESONGVARIASJON	66
4.1.2	FISKENS VERTIKALE PLASSERING	66
4.1.3	LAKSELUSENS ADFERD	68
4.1.4	FISKENS ADFERD, PÅSLAG AV LAKSELUS OG LUSESKJØRTETS EFFEKT	68
4.1.5	OKSYGENFORHOLD I MERDER MED LUSESKJØRT	71
4.1.6	STRØMMÅLINGER	74
4.2	PRODUKSJONSDATA	75
4.2.1	DØDELIGHET	75
4.2.2	VEKST OG KONDISJONSFAKTOR – ET SPØRSMÅL OM REPRESENTATIVT UTVALG	75
4.3	FISKEVELFERD	76
4.4	GENERELL BETRAKTNING RUNDT BRUK AV SALMON WELFARE INDEX MODEL	78
4.5	GENERELL BETRAKTNING RUNDT BRUK AV FLUIDPERMEABELT LUSESKJØRT	79
4.6	VIDERE ARBEID MED FLUIDPERMEABELT LUSESKJØRT	81
5	KONKLUSJON	83
6	REFERANSER	84
<hr/>		
APPENDIKS I		97
REGISTRERING AV LAKSELUS		97
APPENDIKS II		99
MILJØFORHOLD – PLOTT AV DØGNREGISTRERINGER AV OKSYGEN		99
APPENDIKS III		102
DØDELIGHET		102
APPENDIKS IV		104
VEKST		104
KONDISJONSFAKTOR		104
APPENDIKS V		105
FISKEVELFERD		105
APPENDIKS VI		105
SKJEMA FOR GJENNOMFØRING AV SALMON WELFARE INDEX MODEL		105

1 Innledning

1.1 Norsk havbruksnæring

I skyggen av Norges første oljerigger, gikk noen tapre pionérer i front for utnytte havets ressurser på en helt annen måte. Dette skulle bli starten på Norges andre industrieventyr: havbruk (ISFA, 2015). Norsk havbruksnæring har siden oppstarten på 1970-tallet vokst til å bli en av Norges største og viktigste næringer. I 2014 satte eksport av Norsk sjømat nye rekorder, hvor havbruk stod for 67 % av eksportert kvantum (NorgesSjømatråd, 2015). Det ble totalt eksportert 2,7 millioner tonn sjømat fra Norge i 2014, hvorav laks og ørret utgjorde 1,27 millioner tonn (Øksenvåg, 2015). Det tilsvarte en eksportverdi for atlantisk laks og ørret på 46,2 milliarder kroner (NorgesSjømatråd, 2015). Det er ingen tvil om at havbruk er en viktig næring for norsk økonomi og sysselsetting (Andreassen og Robertsen, 2014). Norsk havbruksnæring har et enormt vekstpotensial (Olafsen et al., 2012), men er imidlertid ikke uten sentrale utfordringer som må løses. Havbruksnæringen bygger på utnyttelse av nasjonale fornybare fellesressurser. Tveterås-utvalget påpeker i sin «Utredning av sjømatindustriens rammevilkår» (NOU2014:16, 2014-2015) at Norge må ha en politikk som sikrer en bærekraftig utnyttelse av havets ressurser. I Sjømatmeldingen (2012-2013) legger myndighetene dette som et premiss for at Norge skal lykkes som «verdens beste sjømatnasjon». Myndighetenes mål er å opprettholde rene, rike og produktive økosystemer, hvor naturmangfoldet blir tatt vare på. Dette skal videre legge til rette for kontrollert vekst i havbruksproduksjonen (Meld.St.22, 2012-2013). Det handler om å skape en mest mulig produktiv næring, med minst mulig fotavtrykk på de naturlige økosystemene.

Det som til stadighet trekkes fram som havbruksnæringens største utfordring for bærekraftig produksjon er lakseparasitten *Lepeophtheirus salmonis* (lakselus) (Bornø og Lie Linaker, 2015, Taranger et al., 2014). Problemstillingen er i all hovedsak knyttet til påvirkning på villaksstammene i norske elver og vassdrag. Lakselusinfeksjonen på villfisk er vist å være større i områder med oppdrett enn i sammenliknbare områder uten oppdrett (Bjorn, 2001). Det er grunn til å tro at det er en sammenheng mellom produksjon av lakselusegg i oppdrettsanlegg og luseinfeksjon på villfisk, fordi sannsynligheten for at villfisk har lus øker

med økt smittetrykk (Finstad et al., 2012). De største konsekvensene av lakselusinfeksjon forekommer hos vill lakse- og sjøørretsmolt, hvor høye infeksjoner tar livet av smolten (Andreassen, 2013). Smolt som vandrer ut av et vassdrag og gjennom et oppdrettsintensivt område vil være sårbar for infeksjon av lakselus. Om en stor andel av den utvandrende generasjonen av vill laksesmolt utsettes for en stor lakselusinfeksjon, kan dette ha bestandsregulerende effekt på villaksstammen i det respektive vassdraget. Mye tyder på at en utvandrende vill laksesmolt ikke overlever en infeksjon med mer enn 11 lakselus (Heuch, 2005). For å hindre negativ påvirkning på ville bestander av laksefisk, må smittepresset generert fra oppdrettsnæringen til enhver tid holdes på et minimum.

1.1.1 Bekjempelse av lakselus – kritisk resistensutvikling

Den største utfordringen knyttet til lakselusproblematikken er mangel på fullgode metoder for å hindre eller redusere infeksjon av lakselus på oppdrettslaks i merder (Grøntvedt et al., 2015, SjomatNorge.no, 2015). Myndighetene stiller krav om at det «til enhver tid skal være færre enn 0,5 voksen hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk i akvakulturanlegget». På våren (5. mars – 10. april) er kravet strengere, med krav om behandling om det påvises 0,1 lakselus eller flere av bevegelige stadier og voksen hunnlus i gjennomsnitt per fisk (Lakselusforskriften, 2012). For å opprettholde kravene, må oppdrettsaktørene gjennomføre avlusing (behandling mot lakselus) for å unngå at antall lakselus overskrider gitt nivå. Medikamentell avlusing med legemidler er det meste brukte verktøyet for bekjempelse av lakselus. I norske oppdrettsanlegg var 67% av alle avlusningsrelaterte operasjoner i 2014 badebehandling (Svåsand et al., 2015), som betyr at avlusningsmiddel tilsettes i vannet fisken oppholder seg i. Bruk av legemidler har over tid ført til at lakselusen har framavlet resistens eller nedsatt følsomhet mot flere av legemidlene som er på markedet (Sevatdal, 2003, Helgesen et al., 2015). Grøntvedt et al. (2015) viser i sin overvåkningsrapport at lakselussituasjonen i norsk oppdrettsnæring er svært kritisk, med økende foreskrivning av legemidler og økende resistens. Myndighetskrav, nedsatt følsomhet mot lusemidler og økt produksjon av laks gjør at avlusing må gjennomføres hyppig i mange områder (Bornø og Lie Linaker, 2015). For oppdretter medfører dette store kostnader (Berg, 2014) og det er en risiko for fiskens velferd. Badebehandling medfører at fisken trenges sammen i et lite volum, utsettes for stress og i enkelte tilfeller skadelig lave oksygenverdier. I tillegg er de mest brukte avlusningsmidlene toksiske både for fisken og lakselusen (Svåsand et al., 2015). Særlig

medfører bruk av hydrogenperoksid en risiko for fisken, fordi det er en hårfin grense mellom den doseringen som dreper lakselusen og den som er skadelig for fisken (Grant, 2002). I følge Veterinærinstituttet foreligger det ikke nok kunnskap knyttet til konsekvensene for fiskevelferd ved hyppig avlusing, men ved enkelte tilfeller rapporteres det om uakseptabelt høy dødelighet i etterkant av behandling (Bornø og Lie Linaker, 2015).

1.1.2 Nye metoder og teknologi

For å få bukt med lakselussituasjonen brukes det i dag store ressurser på å utvikle nye – og optimalisere gamle metoder for bekjempelse av lakselus. Et viktig innsatsområde for forebygging mot - og bekjempelse av lakselus er utvikling av ikke-medikamentelle metoder (Meld.St.16, 2014-2015). En ikke-medikamentell metode er en metode som ikke innebærer bruk av legemiddel. Ulike teknologier er utviklet og utprøvd i større eller mindre grad. Foreløpig er det ingen ikke-medikamentelle metoder som gir 100 % effekt, men flere metoder viser 50 – 80% reduksjon av lakselusinfeksjon (Lusedata.no, 2014). En av flere lovende nyutviklinger er luseskjørt (Næs et al., 2012, 2014, Grøntvedt og Kristoffersen, 2015). Luseskjørt danner en fysisk barriere mellom laksen og lakselusens frittlevende infeksiose stadium, i den delen av vannsøylen hvor det forventes at infeksjonsraten vil være størst (Hevrøy et al., 2003). Calanus AS har i samarbeid med bl.a. Nordlaks Oppdrett AS utviklet et fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) som har vist god effekt. SalGard™ er en patentert produkt, som skilles fra liknende teknologier ved at det har en viss grad av vanngjennomstrømming (fluidpermeabelt) (Næs et al., 2012, 2014, Johansen, 2010). Teknologien er lovende og har i den senere tid blitt tatt i bruk i større og større grad, av flere store oppdrettsaktører.

1.2 Masteroppgavens hovedmålsetting

Nye driftsformer, metoder og teknologi i akvakultur kan ikke tas i bruk ukritisk. I akvakulturdriftsforskriften §20 stilles det krav om at ”nye metoder og tekniske løsninger skal være utprøvd og dokumentert velferdsmessig forsvarlig før de tas i bruk”. Dette innebærer at nye metoder som brukes til fisk skal være egnet ut fra hensynet til fiskevelferd (Akvakulturdriftsforskriften, 2008). Fluidpermeabelt luseskjørt er en forholdsvis ny teknologi og ble testet for første gang i Vesterålen i 2011 (Næs et al., 2012). Ytterligere utprøving av luseskjørtet i produksjonspraktisk sammenheng har vært nødvendig, for å opparbeide en bedre forståelse av luseskjørtets påvirkning på forhold som har betydning for oppdrettslaksens velferd. For optimalisering av lakseproduksjonen med luseskjørt har det vært ønskelig å gjøre grundigere dokumentasjon av tendenser og resultater vist av Næs et al. (2012, 2014). Kjernen i denne masteroppgaven er derfor knyttet til bruk av fluidpermeabelt luseskjørt og hvordan teknologien påvirker laksen og dens velferd. Et annet aspekt er utprøving av en ny metode for å beskrive og kartlegge fiskens velferd: Salmon Welfare Index Model (Stien et al., 2012).

Hovedmålsettingen med oppgaven er å belyse fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) sin påvirkning på fisken og da spesielt fiskens velferd. I den sammenheng ble det definert fire spørsmål som må besvares:

- Fører fluidpermeabelt luseskjørt til redusert infeksjon av lakselus på atlantisk laks i oppdrett?
- Har fluidpermeabelt luseskjørt påvirkning på miljø inne i laksemerder?
- Har fluidpermeabelt luseskjørt påvirkning på vekst og dødelighet?
- Har fluidpermeabelt luseskjørt påvirkning på atlantisk laks sin velferd?

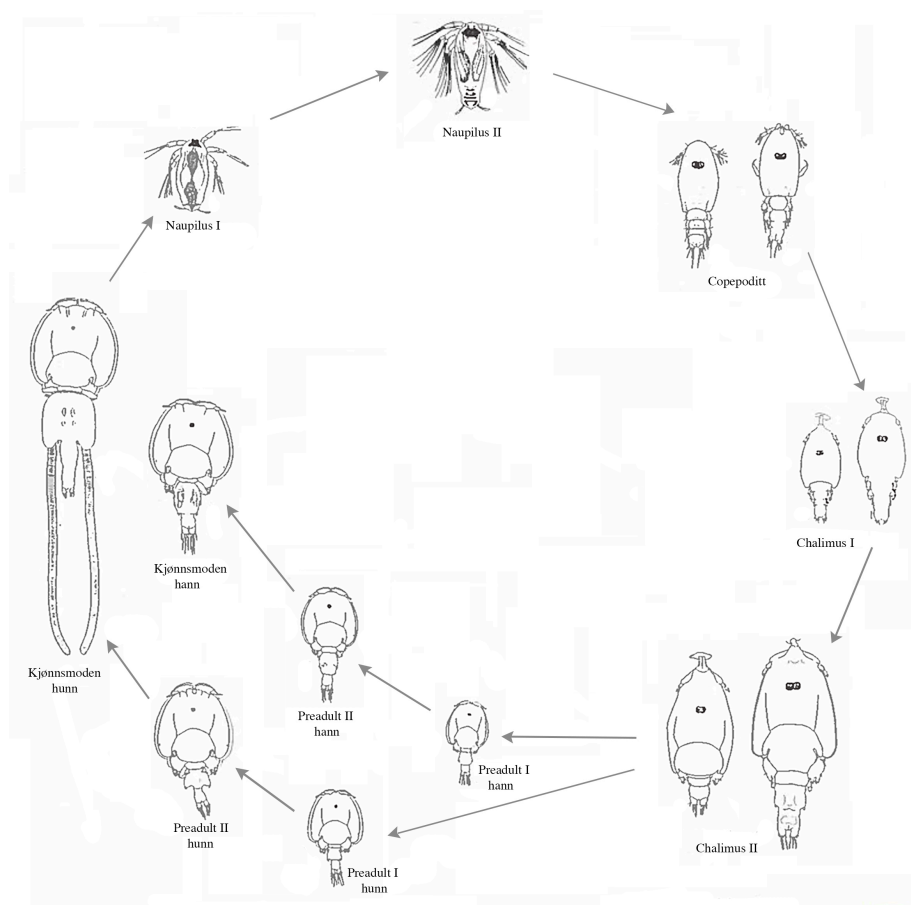
1.3 Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*)

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en krepsdyrparasitt, klassifisert som hoppekreps og tilhørende familien Caligidae (Poppe et al., 1999). *L. Salmonis* er en ektoparasitt som spesifikt har laksefisk i saltvann som hovedvert. Lakselusen har en direkte livssyklus bestående av to distinkte faser, en frittlevende - og en parasittisk fase. Lakselusens livssyklus består av åtte stadier: to nauplius og ett kopepoditt (frittlevende) og to chalimus, to pre-adult og kjønnsmoden (parasittisk) (figur 1) (Johnson, 1991, Tully, 2002, Hamre et al., 2013). Det er lakselusens parasittiske faser som kan utgjøre skade på fisken og føre til redusert fiskevelferd (Stien et al., 2012). Lav infeksjon [gjennomsnittlig 0,1 lus g⁻¹ fisk] har vist å påvirke fisken og kunne føre til 19-22% redusert svømmekapasitet under anstrengende forhold. Høy infeksjon [$>0,5-0,75$ adult lus g⁻¹ fisk] har vist å være skadelig for både vill – og oppdrettet laks. Svært høy lakselusinfeksjon [$>0,75$ lus g⁻¹ fisk] kan medføre store konsekvenser for fisken og resultere i sykdom og død (Wagner et al., 2008). Lakselusen påfører fisken skade ved at den fester og ernærer seg på fiskens epitelvev og slim. Dette fører til økt stressnivå og tap av ioner og osmoregulatorisk evne. Skadene avhenger av lakselusens utviklingsstadium, antall og fiskens grunnleggende allmenntilstand. Fisken skades mest av adult (voksen) lakselus, som i tillegg spiser blod (Poppe et al., 1999, Wagner et al., 2008). Høy lakselusinfeksjon gjør fisken utsatt for sårutvikling og sekundærinfeksjoner (Poppe et al., 1999, Pike, 1989).

For å kunne bekjempe lakselusen som problem i norsk oppdrettsnæring, er det viktig å ha kunnskap om - og forståelse av lakselusens biologi.

1.3.1 Frittlevende larvestadium (naupilus I & II)

Egg fra kjønnsmoden hunnlus frigjøres i vannmassene og klekker til naupilus-larve. Som planktonlevende naupilus-larve gjennomgår lakselusen sine to første livsstadium: naupilus I og II (Johnson og Albright 1990). Naupilus I er målt til å være 540 ± 40 μm lang og 220 ± 10 μm bred. Naupilus II er målt til å være 560 ± 10 μm lang og 200 ± 10 μm bred (Schram 2004). Livsstadiets varighet er avhengig av temperatur. Fra lakselusens naupilus I starter til naupilus II er ferdig tar det 9,3 dager ved 5 °C, 3,6 dager ved 10 °C og 1,9 dager ved 15 °C (Johnson og Albright 1991).



Figur 1: Livssyklus hos lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Figuren viser lakselusens livssyklus fra frittlevende naupilius-larve til kjønnsmoden adult. Kilde: Schram et al. (1993); endring av illustrasjon: Mattias Bendiksen Lind, basert på Hamre et al. (2013).

1.3.2 Infektivt stadium (kopepoditt)

Naupilius-larven skifter skall og blir til en frittlevende infektiv kopepoditt. Kopepoditten har en viss evne til egenbevegelse, men den største bevegelsen skjer passivt med havstrømmene (Taranger et al., 2014). Kopepoditten har en torpedolignende kroppsfasong (Johnson og Albright, 1991) og er målt til å være $700 \pm 10 \mu\text{m}$ lang og $280 \pm 10 \mu\text{m}$ bred (Schram, 2004). Kopepoditten har et begrenset energilager og er avhengig av å finne en vert etter kort tid. I vann med saltholdighet på 30‰ kan en frittlevende kopepoditt leve i 5 dager ved 5 °C, 4 dager ved 10 °C og 6 dager ved 15 °C (Johnson og Albright, 1991).

Vertssøkende kopepoditter blir generelt funnet nær overflaten, resulterende i en høyere lakselusinfeksjon hos laksefisk mellom 0 og 6 meter (Hevrøy et al., 2003, Huse og Holm,

1993). Lakseluskoepoditter beveger seg vertikalt i vannsøylen, hvor den vandrer til overflaten på dagtid og dypere om natten (Heuch, 1995). En annen avgjørende faktor for lakselusens bevegelse og plassering er saltholdighet. Lav saltholdighet har vist å redusere generell infeksjon av lakselus (Genna, 2005). Lakseluskoepoditter unngår bevisst saltholdighet på 27 ‰ og beveger seg mot saltholdighet på 35 ‰ (Bricknell, 2006). I homogen saltholdighet tiltrekkes koepoditten lys, noe som medfører at den vandrer mot overflaten på dagtid (Heuch, 1995). Ved tilfeller hvor saltholdigheten er lav i overflaten og lysforholdene er gode, vil lakseluskoepoditten tiltrekkes dypere vann med høyere saltholdighet (Bricknell, 2006).

Lakselusens vertikale plassering er trolig en tilpasning for å øke sjansen for å møte en vertsfisk (Heuch, 1995). I prosessen for å finne en vert, benytter lakselusen ulike mekanismer. Lakseluskoepodittens leting aktiveres ved deteksjon av signalstoffer (lukt) fra verten, med kjemoreseptorer på koepodittens antenne (Wadhams, 2006). Dette fører til en atferdsendring hvor koepoditten beveger seg i spiraler, looper og sirkler, for å øke sjansen for å treffe en vert som oppholder seg i nærheten (Mordue-Luntz et al., 2009). Mekanoreseptorer på koepodittens antenne gjenkjenner et spesielt strømningsmønster som skapes rundt laksens hode ved bevegelse (Heuch, 2007). Sansing av signalstoffer og laksens strømningsmønster fører til at koepoditten starter «sirkelangrep», som øker koepodittens sjanse for å treffe på en vertsfisk ytterligere (Mordue-Luntz et al., 2009). Når koepoditten treffer en vert, fester den seg med sitt andre antennepar (Poppe et al., 1999) og starter en gjenkjennelsesprosess av verten. Lakseluskoepoditten bruker antennene til å «smake» og sanse fiskens hud og overflate. Gjenkjenner lakseluskoepoditten fisken som en laksefisk, fører dette til at koepoditten fester seg med en kitintråd og livssyklusen fortsettes. Om lusen ikke gjenkjenner fisken som en laksefisk, forlater den fisken (Mordue-Luntz et al., 2009).

1.3.3 Fastsittende stadium (chalimus I & II)

Når lakseluskoepoditten fester til en vertsfisk, skifter den skall og går over til sine to fastsittende stadier: chalimus I og II. Dette er starten på den parasittiske delen av lakselusens livsfase (Tully, 2002). Lakselusen skaffer næring og utvikler seg ved å beite på fiskens hud (Poppe et al., 1999). Chalimus II er om lag 3 mm lang og det antas at lakselusen beiter på ett

til to skall i radius rundt festepunktet. Lakselusen antas å gjøre liten skade i dette livsstadiet, spesielt på stor laks (Pike og Wadsworth, 1999)

1.3.4 Bevegelig stadium (preadult I og II)

Chalimus II skifter skall, slipper festepunktet og går over til bevegelig preadult bestående av to stadium (I og II). Lakselusen kan i dette stadiet bevege seg rundt på fiskens kropp og beite over et større område. Det er i hovedsak i preadult stadium at forskjellen mellom hannkjønn og hunnkjønn blir synlig. Kjønnene skiller seg fra hverandre ved utvikling av to ulike kjønnssegmenter og størrelse (Johnson og Albright, 1991). Preadult I hunn er 3,6 mm lang og 1,9 mm vid, mens preadult I hann er 3,5 mm lang og 1,6 mm vid. Preadult II hunn er 5,2 mm lang og 3 mm bred, mens preadult II hann er 4,3 mm lang og 2,2 mm bred. I stadium preadult II har kjønnene utviklet et distinkt forskjellig kjønnssegment (Schram et al., 1993)

1.3.5 Adult

Lakselusens siste livsstadium er som adult (voksen/kjønnsmoden) og kjønnene har distinkt ulik morfologi. Adult hunn har en lengde på 8-11 mm og en bredde på ca. 4 mm. Adult hann har en lengde på 5-6 mm og en bredde på ca. 3 mm (Schram et al., 1993). Adult lakselus er stor og mobil og gjør betydelig mer skade enn de tidligere stadiene. Til tross for at lakselus beveger seg over hele fisken, er det observert at lusen gjør størst skade på hode (Pike, 1989). Det antas at årsaken til dette er relatert til skinnets tykkelse og at denne delen av fisken ikke er dekket av skjell (Pike, 1989). Adult hunn oppbevarer egg i strenger, hengende i forlengelsen av kroppens bakdel. En adult hunn er svært produktiv og trenger kun én befruktning for å produsere opp mot 11 par eggstrenger, hver med flere hundre egg (Poppe et al., 1999, Heuch et al., 2000). Produktiviteten er temperaturavhengig og Heuch *m.fl* (2000) har vist at utvikling til kjønnsmoden adult tar fire ganger lengre tid ved 7,2 °C (lav temperatur) enn ved 12,2 °C (høy temperatur). Ved lav temperatur er tiden mellom første og andre eggstreng dobbelt så lang som ved høy temperatur. En kjønnsmoden hunn er vist å kunne leve i 191 dager på verten ved lav temperatur (Heuch et al., 2000).

1.4 Fiskevelferd

Fiskevelferd er et komplekst begrep og vanskelig å definere entydig, fordi det brukes på forskjellige måter av folk med ulik bakgrunn og preferanser (Huntingford og Kadri, 2008). I havbruksnæringen er det flere aspekter som gjør fiskevelferd til et stadig mer anerkjent tema. Ut ifra et økonomisk og praktisk perspektiv, vil frisk fisk med god velferd gi god produksjon og høy kjøttkvalitet (Read, 2008). Til tross for dette er det ikke nødvendigvis en kortsiktig sammenheng mellom velferd og økonomisk fortjeneste, noe som har vært et heftig debattert tema i havbruksnæringen (Poppe et al., 2014). Forbrukere er i større og større grad opptatt av dyrevelferd, noe som gjør at fokus på velferd er viktig for næringens - og den enkelte aktørs omdømme. Et annet viktig aspekt er dyrets egenverdi, som har dannet grunnlaget for utarbeiding av Dyrevelferdsloven (Ot.prp.nr.15, 2008-2009). Havbruksnæringen baserer sin virksomhet på å holde dyr i fangenskap. Etisk sett forplikter dette næringen til å ha fokus på dyrets velferd, fordi man har moralske forpliktelser ovenfor dyret som utnyttes (Huntingford og Kadri, 2008). I lov om dyrevelferd heter det seg at «dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker». Videre fokuseres det på at dyr skal behandles godt og beskyttes mot unødige påkjenninger og belastninger (Dyrevelferdsloven, 2009).

Kompleksiteten i begrepet gjør at det vanskelig å lage én altomfattende definisjon av dyrevelferd. De fleste definisjoner faller innenfor tre kategorier: *følelse*, *funksjon* og *natur* (Huntingford et al., 2006). Hver av disse definisjonene beskriver forskjellige, viktige aspekter av dyrevelferd, men ingen omfatter helheten. De følelsesbaserte definisjonene omhandler subjektiv mental tilstand og negative følelser som smerte, sult og frykt. De funksjonsbaserte definisjonene omhandler dyrets evne til å tilpasse seg omgivelsene, at kroppens helsetilstand er god og at alle biologiske systemer fungerer optimalt. De naturbaserte definisjonene omhandler at dyret lever et naturlig liv og har den samme atferd som i vill tilstand (Huntingford et al., 2006, Lawrence, 2008). For å danne en helhetlig definisjon av dyrevelferd har Mellor *et al.* (2001) foreslått at dyrets velferd er tilfredsstillende når ernæring, miljø, helse, atferd og mentale behov er ivaretatt. Et rammeverk for beskrivelse av dyrevelferd ble publisert av UK Farm Animal Welfare Council (FAWC) tidlig på 80-tallet, kjent som «Five Freedoms of Animal Welfare» (FAWC, 1979). En videreutvikling av «Five freedoms» forslår fem domener som er avgjørende for dyrevelferd. Disse fem domenene er utgangspunktet for Mellor (2001) sin overnevnte definisjon. God dyrevelferd innebærer fravær av sult og tørste

(1), miljøutfordringer (2), skade og sykdom (3), atferdsbegrensninger/plassmangel (4) og mental lidelse (5) (Mellor, 2001, Ashley, 2007, Lawrence, 2008). De fem domeneene skiller på fysiske og mentale komponenter, hvor de fysiske er grunnpilarene. 1 – 4 er fysiske komponenter, som må være innfridd før den mentale velferden (5) kan være god (Mellor, 2001).

1.4.1 Hvordan beskrive fiskevelferd hos Atlantisk laks i havbruk?

For å kunne etterkomme moralske forpliktelser og lovverket hva fiskevelferd angår, er havbruksnæringen avhengig av å ha en forståelse av hva som danner grunnlaget for fiskens velferd. Basert på fysikalske og atferdsmessige behov har Stien *et al.* (2012) satt sammen en liste over oppdrettslaksens antatte basisbehov. Fysikalske behov inkluderer respirasjon, osmotisk balanse, næring, god helse og termoregulering. Atferdsmessige behov inkluderer faktorer som dekker fiskens umiddelbare behov eller mer underliggende behov som overlevelse, vekst og reproduksjon (Stien et al., 2012) (tabell 1).

Tabell 1: Fysiske og atferdsmessige basisbehov for atlantisk laks i oppdrett. Hentet fra Stien et al. (2012).

	Behov	Relevans for Atlantisk laks
Fysiske behov	Respirasjon	Opptak av oksygen og frigjøring av karbondioksid ved å pumpe vann over gjellene
	Osmotisk balanse	Opprettholdelse av homeostase av kroppens salt - og vannbalanse
	Næring	Inntak av mat som dekker kroppens essensielle næringsbehov
	Helse	Fravær av sykdom, skade og funksjonsnedsettelse
	Termisk regulering	Optimalisering av metabolisme og temperatur
Adferdsmessige behov	Adferdskontroll	Fiskens evne til å posisjonere seg fritt, regulere oppdrift og respondere til stimuli
	Ernæring	Regulær tilgang til mat
	Trygghet	Mulighet til å unngå opplevd fare
	Beskyttelse	Mulighet til å unngå fysisk skade
	Sosial kontakt	Forutsigbar kontakt med dyr av samme art
	Utforskning	Mulighet til å søke etter informasjon
	Bevegelse	Evne å kunne svømme og opprettholde fysisk aktivitet
	Hvile	Mulighet til å redusere aktivitetsnivå
	Seksuell adferd	Hjemvandring, gyteadferd og reproduksjon
	Kroppsspleie	Parasittfjerning etc.

Negativ påvirkning på én eller flere av disse basisbehovene vil over tid kunne føre til redusert velferd hos laks i oppdrett. Fiskens naturlige reaksjon på negativ ytre stimuli er stressrespons, som fører til fysiologiske endringer i kroppen. Stressrespons er en funksjon som hjelper fisken til å takle forstyrrelse i kroppens fysiologiske likevekt (homeostase) (Wendelaar Bonga, 1997, Ashley, 2007). Stressresponsen aktiveres ved sekresjon av katekolaminer

(adrenalin og noradrenalin) og kortikosteroidet kortisol fra fiskens hodenyre (Wendelaar Bonga, 1997). Fiskens stressrespons deles opp i primær, sekundær og tertiær respons. Primærresponsen er aktivering HPI-aksen (hypothalami-pituitary-interrenal-axis), som innebærer aktivering av hjernens hypothalamus, som videre fører til sekresjon av store mengder adrenalin og noradrenalin. Før HPI-aksen aktiveres sørger en hurtig aktivering av hodenyrenes kromaffin-celler til sekresjon av kortisol. Sekundærresponsen er relatert til effekten av disse hormonene på blod og vev, inkludert økt hjertefrekvens, oksygenopptak, mobilisering av energisubstrater og forstyrrelse av hydromineralbalansen (væske- og mineralbalansen). Tertiærresponsen er relatert til virkningen sekundærresponsen har på individet og populasjonen, med redusert vekst, reproduksjon, immunforsvar og toleranse for nye stressresponser (Wendelaar Bonga, 1997). Stressrespons er ikke nødvendigvis ensbetydende med redusert velferd. I kort perspektiv er stressresponsen en svært viktig funksjon for individets overlevelse. Aktivering av primær- og sekundærrespons er et viktig verktøy for å takle en truet situasjon. Stress i relasjon med redusert velferd er ofte knyttet til varige og/eller hyppige stressresponser, som fører til langvarig tertiærrespons (Ashley, 2007). En langvarig tertiærrespons (kronisk stress) som følge av endring eller fravær av ett eller flere basisbehov, er i oppdrettssammenheng en trussel for fiskens velferd.

1.4.2 Salmon Welfare Index Model

En rekke faktorer påvirker fiskens basisbehov. Stien *et al.* (2013) relaterte basisbehovene til et utvalg av målbare velferdsindikatorer som anses å ha størst signifikant sammenheng med basisbehovene (tabell 2). Dette resulterte i Salmon Welfare Index Model (SWIM) (Stien *et al.*, 2012, Pettersen *et al.*, 2013), som er det første forsøket på å utarbeide en standardisert modell for kartlegging av velferd hos oppdrettet atlantisk laks. SWIM er ment som et praktisk anvendbart vitenskapelig verktøy for oppdretter (SWIM 1.0; Stien *et al.* 2012) eller fiskehelsepersonell (SWIM 2.0; Pettersen *et al.* 2013). Velferdsundersøkelse med Salmon Welfare Index Model gir en velferdsscore for hver merd mellom 0-1, hvor 1 er best. Hver velferdsindikator er inndelt i kategorier, som hver gir sin indikator score (tabell 3, 4 og 5). De ulike velferdsindikatorerne har ulik betydning for fiskens totale velferd og er vektet opp mot hverandre vektingsfaktor (weighting factor, WF) (De Mol, 2006). I enkelte velferdsindikatorer, oppgis en kategori som gir indikator score K («knockout level»). Om et

av velferdsindikatorene vurderes til K, vil fiskens velferdsscore bli 0, uavhengig av de andre velferdsindikatorene.

Tabell 2: Sammenheng mellom utvalgte velferdsindikatorer og basisbehov for velferd for Atlantisk laks i oppdrett (Hentet fra Stien *et al.* 2013). *Tilføyd etter personlig kommunikasjon, Lars Helge Stien (2015).

Behov	Respirasjon	Osmotisk balanse	Næring	Helse	Termisk regulering	Adferds-kontroll	Ernæring	Trygghet	Beskyttelse	Sosial kontakt	Utforsking	Bevegelse	Hvile	Seksuell adferd	Kroppsp-pleie
Velferdsindikator															
Temperatur	x				x										
Saltholdighet		x		x											
Oksygen	x														
Vannstrøm	x													x	
Fisketetthet				x		x				x				x	
Lys						x					x			x	
Forstyrrelser / trusler								x	x						
Daglig dødelighet				x											
Appetitt			x	x			x	x	x						
Lakselus				x											x
Kondisjonsfaktor				x			x					x			
Avmagring		x		x			x					x			
Kjønnsmodningsstadium		x	x												
Smoltifiseringsstadium		x		x										x	
Vertebral deformitet			x	x											
Finnetilstand				x					x						x
Skinntilstand				x					x						x
Øye / syn*				x		x					x	x			
Gjellelokk*	x	x		x											
Gjeller*	x	x		x											
Munn/kjeve*			x	x											

Velferdsindikatorene deles inn i tre overordnede kategorier: *miljøindikatorer*, *populasjonsindikatorer* og *individindikatorer*. Miljøindikatorene omhandler vannmiljøet fisken oppholder seg i og innebærer temperatur, saltholdighet, oksygen, strøm og lysforhold (tabell 3). Populasjonsindikatorene måles på hele fiskepopulasjonen og innebærer fisketetthet, forstyrrelser/trusler, dødelighet og appetitt (tabell 4). Individindikatorene omhandler spesifikke faktorer som er av betydning for hvert enkelt individs velferd og inkluderer lakselusinfeksjon, kondisjonsfaktor, avmagring, kjønnsmodning- og smoltifiseringsstadium, deformitet og finne- og skinntilstand (tabell 5) (Stien et al., 2012).

1.4.3 Velferdsindikatorer i Salmon Welfare Index Model

1.4.3.1 Miljøindikatorer

Tabell 3: Miljøindikatorer i Salmon Welfare Index Model, kategorisert fra best til verst (1-0). Indikator score angir hver kategoris velferdsscore. Indikator score «K» er «knockout level», som automatisk gir velferdsscore 0. Vektingsfaktor angir hvert parameters vektning. Hentet fra: Stien et al. (2012).

	Velferdsparameter	#	Kategori	Indikator score	Vektingsfaktor
Miljø	Temperatur (°C)	1	10 - 15	1,00	16
		2	7 - 10	0,75	
		3	16 - 17	0,50	
		4	3 - 6	0,25	
		5	≤2, ≥18, kort tid	0,00	
		6	≤2, ≥18, lang tid	K	
	Saltholdighet (ppt.)	1	Tilgang til brakkvann	1,00	3
		2	Voksen fisk uten tilgang til brakkvann	0,50	
		3	Liten post-smolt, fisk under kjønnsmodning, eller tydelig svekket fisk uten tilgang til brakkvann.	0,00	
	Oksygen (%)	1	>80 %, alle temperaturer	1,00	17
		2	70 - 80 % i varmt vann (≈18°C) 60 - 80 % ved ≈ 12°C	0,50	
		3	50 - 80 % i kaldt vann (6°C) 60 - 70 % i varmt vann (≈18°C) 40 - 680 % ved ≈ 12°C	0,00	
		4	30 - 50 % i kaldt vann (6°C) < 60 % i varmt vann ≈18°C < 40 % ved ≈ 12°C < 30 % i kaldt vann (6°C)	K	
	Tetthet (kg m ⁻³)	1	< 22	1,00	8
		2	22 - 26	0,50	
		3	26 - 32	0,25	
		4	> 32	0,00	
	Lys	1	Optimal	1,00	4
		2	Uoptimal	0,00	
	Forstyrrelser	1	Ingen	1,00	11
		2	Lett	0,67	
		3	Moderat	0,33	
		4	Betydelig	0,00	
	Vannstrøm (BL s ⁻¹)	1	< 0,9	1,00	3
2		0,9 - U _{crit}	0,00		
3		≥ U _{crit}	K		

Temperatur

Atlantisk laks er poikiloterm (vekselsvarm) og har en kroppstemperatur som er nær omgivelsene fisken oppholder seg i (Schulte, 2011). Temperatur påvirker en rekke av fiskens fysiologiske prosesser, som blant annet metabolsk rate og vekst (Somero, 2011). Tidlig i laksens livsstadium påvirker temperaturen utvikling og overlevelse (Johnsen, 2012).

Temperaturen har vist å være avgjørende for restitusjonstiden etter fysisk utmattelse (Wilkie, 1997). Optimal temperatur for vekst antas å være 13 °C (Handeland, 2003)

Temperatur har vist å være avgjørende for laksens vertikale plassering og tetthet i en oppdrettsmerd. Laksens foretrukne temperatur i en gradient har i atferdsstudier vist å være 16-18 °C (Johansson et al., 2006). Under norske forhold foretrekker laksen typisk den varmeste temperaturen i vannsøylen og unngår vannlag med lave temperaturer (Oppedal, 2001).

I SWIM deles temperatur inn i seks kategorier: 10 – 15 °C (1), 7 – 10 °C (2), 16 – 17 °C (3), 3 – 6 °C (4), ≤ 2 °C / ≥ 18 °C kort tid (5), ≤ 2 °C / ≥ 18 °C lang tid (6) Dette er sjøtemperaturer som er innenfor normal sesongvariasjon i Norge. Temperatur har en WF 16 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Saltholdighet

Atlantisk laks er en anadrom fiskeart, som innebærer toleranse for både saltvann, brakkevann og ferskvann (Stefansson et al., 2008). Voksen laks er derfor lite påvirket av saltholdighet i omgivelsene, men endringer i saltholdighet kan sammen med andre uheldige faktorer medføre stress (Bakke et al., 1991, Johansson et al., 2006). Fiskens skinn fungerer som en barriere mellom kroppen og omgivelsene, og spiller en viktig rolle i fiskens evne til osmoregulering. Skinnskade og/eller sykdom kan bryte barrieren og føre til osmotisk ubalanse (Boxaspen, 2006), noe som kan føre til stress hos fisken (Nolan, 1999). Ikke – eller dårlig smoltifisert fisk og fisk med sår eller hudskader i saltvann vil kunne oppleve redusert velferd som følge av stress, grunnet redusert evne til osmoregulering. Tilgang til brakkevann kan være positivt for en laks med disse utfordringene.

I SWIM kategoriseres saltholdighet som *tilgang på brakkevann (1)*, *voksen fisk uten tilgang på brakkevann (2)* og *små post-smolt, kjønnsmoden eller tydelig svekket fisk uten tilgang på brakkevann (3)*. Saltholdighet har WF 3 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Oksygen

Respirasjon og oksygenopptak er en essensiell prosess for å opprettholde aerobiske prosesser i fisk. Oksygen er et av hovedelementene i fiskens biokjemiske prosesser i cellene, som videre påvirker bl.a. vekst, bevegelse og sykdomsresistens (Cech Jr og Brauner, 2011). Lav oksygentilgjengelighet i fiskens omgivelser kan føre til svekkelse i fiskens fysiologiske

prosesser («environmental hypoxia») (Farrell og Richards, 2009), som videre kan føre til svekket velferd (Huntingford og Kadri, 2008). Når oksygen faller under grensen for «environmental hypoxia», kompenserer fisken med å øke respirasjonsraten opp mot hyperventilering, noe som ved vedvarende lavt oksygen kan føre til utmattelse (Perry et al., 2009). Punktet hvor utmattelse inntreffer kalles «limiting oxygen saturation» (LOS) og kan betegnes som grenseverdi for akseptabelt oksygennivå med tanke på fiskevelferd (Perry et al., 2009). Oksygenverdier lavere enn LOS vil i verste fall føre til kollaps og død hos fisken (Oppedal et al., 2011a).

Alle faktorer som påvirker fiskens metabolisme, kan påvirke LOS. Eksempelvis kan dette være økt næringsinntak (appetitt), svømmehastighet eller stress. Ved økt metabolisme vil behovet for oksygen øke, noe som dermed vil øke LOS (Wang et al., 2009). Temperatur er en faktor som påvirker oksygenets løselighet i vann og dermed fiskens LOS (Remen, 2013). Remen (2013) undersøkte LOS hos laks ved 6, 12 og 18 °C, som viste LOS på 30, 39 og 55% oksygenmetning. Laksens tilstand svekkes gradvis i området mellom optimalt oksygennivå og LOS. Ved en temperatur på 16 °C reduseres laksens appetitt ved 70% oksygenmetning. Ved 60% metning fører stressrespons til akutt aktivering av anaerob metabolisme og økt forekomst av skinnlesjoner (skinnskader/sår) (Remen et al., 2012, Oppedal et al., 2011a). Ved 50% metning øker fiskens akutte stressnivå, etterfulgt av redusert næringsopptak og vekst. 40% metning fører til redusert osmoregulatorisk evne og død (Oppedal et al., 2011a). 60% metning ved 16 °C blir ansett som en grenseverdi for fiskevelferd, hvor O₂ under nevnte verdi fører til redusert velferd hos laks. Disse grenseverdiene vil øke med økt temperatur og synke med redusert temperatur (Remen, 2013).

I SWIM deles oksygenforholdene inn i fire kategorier: >80 % ved alle temperaturer (1), 70–80 % i varmt vann (≈18°C); 60–80 % (≈12°C); 50–80% kaldt vann (6°C) (2), 60–70 % i varmt vann (≈18°C); 40–60 % (≈12°C); 30–50% kaldt vann (6°C) (3) og <60% i varmt vann (≈18°C); <40% (≈12°C); <30% i kaldt vann (6°C) (4). Oksygentilgjengelighet har WF 17 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Tetthet

Redusert vannkvalitet og sosiale interaksjoner som følge av høy tetthet kan påvirke fiskens velferd i en oppdrettsmerd (Turnbull et al., 2008). Mye fisk på et lite vannvolum kan føre til redusert vannkvalitet, ved begrenset tilgang på oksygen (Huse og Holm, 1993, Oppedal,

2001, Juell og Fosseidengen, 2004, Johansson et al., 2006). I undersøkelser ved ulike tetthet og stabile kontrollerte vannforhold, trekkes sosiale interaksjoner og aggressivitet fram som potensiell årsak til tetthetsrelatert velferdsreduksjon (Adams, 2007). I tetthet opp til et kritisk punkt på 22 kg m^{-3} er det ikke negativ korrelasjon mellom tetthet og fiskevelferd (Turnbull, 2005). I økende tetthet fra det nevnte kritiske punkt, er det observert en trend med økende skade på fiskens finner, som kan skyldes aggressivitet, kontakt med objekter (tau, slanger etc.) eller ulykker ved fôring (Turnbull et al., 2008). I tetthet som overskrider $26,5 \text{ kg m}^{-3}$ er det registrert redusert appetitt og næringsutnyttelse, vekstrate og økende grad av katarakt, finneerosjon og skinnlesjoner (Oppedal et al., 2011g). I kombinasjon med flere faktorer assosieres økende tetthet fra 22 kg m^{-3} med redusert fiskevelferd og produksjonseffektivitet (Turnbull, 2005, Oppedal et al., 2011g).

I SWIM kategoriseres fisketetthet som: $<22 \text{ kg m}^{-3}$ (1), $22-26 \text{ kg m}^{-3}$ (2), $26-32 \text{ kg m}^{-3}$ (3) og $>36 \text{ kg m}^{-3}$ (4). Fisketetthet har en WF 8 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Lys

Lys er en bestemmende faktor for laksens vertikale plassering i oppdrettsmerd (Huse og Holm, 1993, Oppedal, 2001, Juell og Fosseidengen, 2004). I et tilfelle hvor lys er eneste påvirkende faktor, unnviker fisken høy lysintensitet. Satt i sammenheng med lysets døgnvariasjon fører det til at fisken går dypt på dagtid og høyt på natten. Gode lysforhold fører til at fisken fordeler seg jevnt i området som har en foretrukket lysintensitet, mens mørke/reduert lys fører til at fisken plasserer seg i høy tetthet der lysforholdene er best. Fiskens vertikale plassering avhenger også av sesong, hvor fisken svømmer lavere på sommeren enn om vinteren (Fernö et al., 1995). Unngåelse av overflaten ved høy lysintensitet (dagslys) antas å være en evolusjonær tilpasning for å unngå predatorer. Ved svært høy lysintensitet kan også unngåelse av overflaten relateres til beskyttelse mot skinnskade forårsaket av høy UV-stråling (Juell, 1995). Sesong- og døgnvariasjon avhenger av en rekke faktorer, hvor lys antas å være påvirkende, men ikke avgjørende (Oppedal, 2001). Fôrmotivasjon og temperatur antas å bli prioritert foran lys (Huse og Holm, 1993, Fernö et al., 1995, Oppedal, 2001). Fôring i oppdrett vil gjøre at fisken avviker fra lyspreferansen og beveger seg mot overflaten på dagtid.

Lysforhold har trolig ingen direkte påvirkning på fiskens velferd, men kan være avgjørende for fiskens tetthet i merd. Kunstig lys gjennom vannsøylen kan bidra til å styre fiskens vertikale plassering og bidra til å spre fisken over en større dybde. Dette kan hindre ugunstig høy tetthet på et lite dybdeintervall og dermed bidra til å hindre redusert velferd grunnet høy tetthet (Juell og Fosseidengen, 2004).

I SWIM betegnes lys hele døgnet som *optimalt (1)* og døgnvariasjon (lys/mørke) i lysforholdene som *uoptimalt (2)*. Lys har WF 4 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Forstyrrelser

Forstyrrelser er i stor grad forbundet med stressrespons hos fisk. Laks i oppdrett har begrenset mulighet til flukt, noe som gjør den sårbar for forstyrrelser og trusler av ulik art. Sykdom, håndtering, transport, redusert vannkvalitet, høy tetthet og eksponering for predatorer trekkes fram som trusler som kan føre til stress og redusere fiskens velferd i oppdrett (Huntingford et al., 2006, Ashley, 2007). Lusetelling, hvor enkeltindivider bedøves og eksponeres for luft, anses for å være det mest stressende fisken utsettes for i sammenheng med oppdrett (Stien et al., 2012). I henhold til lovgivning så utsettes relativt få individer for denne behandlingen og lusetelling kan ikke anses å være av stor velferdsmessig betydning for den totale populasjonen i en merd (Lakselusforskriften, 2012). Stress i forbindelse med transport er relatert til samtlige av transportens stadier: håndtering ved lossing, trenging, pumping, reisetid og vannkvalitet (Southgate, 2008). En betydelig stressrespons kan imidlertid unngås om vannkvaliteten er god og håndteringen er skånsom under transportprosessen (Erikson et al., 1997). Avlusing med legemiddel i merd med laks har vist å resultere i atferdsendring med økt svømmehastighet, økt respirasjonsrate og tydelig unnvikelse av områder med høy legemiddelkonsentrasjon. Ved bruk av skjørt har avlusing vist en tilnærmet halvering i oksygenmetning i merd etter kort tid (Vigen, 2008). Dette tyder på at avlusing induserer stressrespons hos laks, som ved gjentatte behandlinger over tid kan resultere i redusert velferd.

I SWIM vurderes hyppighet og grad av stress fisken har blitt utsatt for den siste tiden før undersøkelsen. Forstyrrelser kategoriseres som *ingen (1)*, *noe (2)*, *moderat (3)* og *betydelig (4)*. Forstyrrelser har WF 11 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

Vannstrøm

Vannstrøm kan ha betydning for velferd i tilfeller hvor høy strømmotstand fører til stress og utmattelse. Observasjon fra oppdrettsmerd viser at laksen på dagtid svømmer med en hastighet på 0,3-0,9 BL s⁻¹. På natten, ved mørke, avtar farten betydelig til 0 – 0,4 BL (Dempster, 2008, Juell, 1995, Korsøen et al., 2009). Sterk strøm kan utmatte små laks (400-800g) på 1,6-2.2 BL s⁻¹, mens enkelte kan tåle 3,0 BL s⁻¹ (Stien et al., 2012). Det var ikke mulig å finne data på kritisk svømmehastighet hos voksen laks, men undersøkelser gjennomført på stillehavslaks (*Oncorhynchus nerka*) indikerer at kritisk svømmehastighet for voksen laksefisk er 1,35 BL s⁻¹ (Steinhausen, 2008).

I SWIM kategoriseres vannstrøm som <0,9 BL s⁻¹ **(1)**, 0,9 – U_{crit} BL s⁻¹ **(2)** og U_{crit} BL s⁻¹ **(3)**. Vannstrøm har WF 3 (tabell 3) (Stien et al., 2012).

1.4.3.2 Populasjonsindikatorer

Tabell 4: Populasjonsindikatorer i Salmon Welfare Index Model, kategorisert fra best til verst (1-0). Indikator score angir hver kategoris velferdsscore. Indikator score «K» er «knockout level», som automatisk gir velferdsscore 0. Vektingsfaktor angir hvert parameters vektning. Hentet fra: Stien et al. (2012).

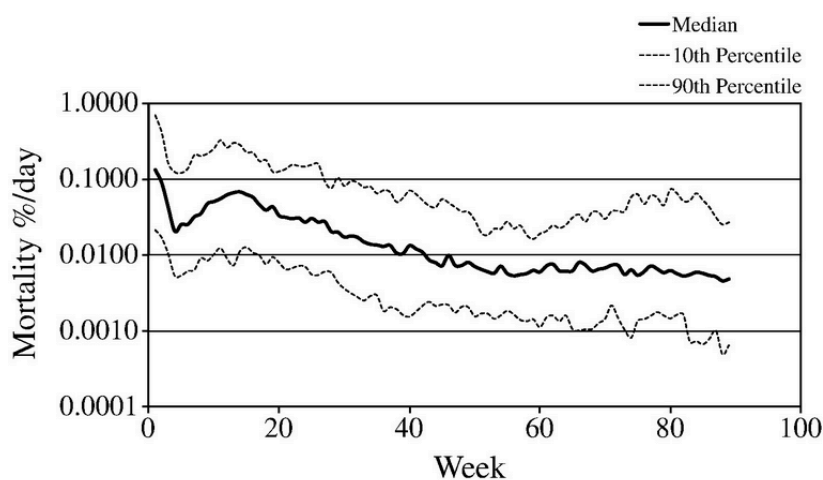
	Velferdsparameter	#	Kategori	Indikator score	Vektingsfaktor
Populasjon	Dødelighet (%)	1	På eller under 10 persentil-kurven	1,00	21
		2	Under Benchmark-kurven	0,75	
		3	På Benchmark-kurven	0,50	
		4	Over Benchmark-kurven	0,25	
		5	På eller over 90 persentil-kurven	0,00	
		6	På eller over 90 persentil-kurven, lang periode	K	
	Appetitt	1	God appetitt	1,00	11
		2	Som forventet	0,50	
		3	Dårlig appetitt	0,00	

Dødelighet

Dødelighet i en populasjon kan benyttes som en velferdsindikator. I en stor populasjon kan det kan anses som naturlig at et visst antall individer ikke har livets rett og dør, uten at velferden i hele populasjonen nødvendigvis er svekket. Om dødeligheten blir unaturlig høy, kan dette være en indikasjon på at velferden ikke er tilfredsstillende. Soares et al. (2011) laget, på grunnlag av dødelighetsregistrering i 88 skotske lakseoppdrettsanlegg, en referansekurve (benchmark-kurve) for dødelighet i lakseoppdretts sjøfase (figur 2). Benchmark-kurven bygger på median (50-prosentil), 10- og 90-prosentil dødelighet (Soares et

al., 2011). Følger produksjonen 50-prosentilkurven, vil den totale dødeligheten ved slakt være 11% (Stien et al., 2012). Dette er betydelig bedre enn dødelighet på om lag 16,3%, som er rapportert i norsk oppdrettsnæring (Bleie og Skrudland, 2014). Følger produksjonen 50-prosentilkurven vil dødeligheten ligge på 0,1% dag⁻¹ ved utsett og gradvis reduseres til > 0,01% dag⁻¹. Det kan antas at dødelighet som overskrider 50-prosentilen kan tyde på redusert velferd.

I SWIM kategoriseres dødelighet som: *på eller under 10-prosentilkurven (1)*, *under benchmark-kurven (2)*, *på benchmark-kurven (3)*, *over benchmark-kurven (4)*, *på eller over 90-prosentilkurven (5)* eller *på eller over 90-prosentilkurven over lang tid (6)*. Dødelighet har WF 21 (tabell 4) (Stien et al., 2012).



Figur 2: Benchmark-kurve for forventet dødelighet i sjøfasen i lakseoppdrett. Hentet fra Soares et al. (2011).

Appetitt

Appetitt er definert som hvor villig fisken er til å spise og tap av appetitt kan relateres til ett eller flere forhold som reduserer fiskens velferd (Huntingford et al., 2006, Ashley, 2007). Forhold som stresser fisken kan føre til tapt appetitt. En akutt stressrespons kan føre til tap av appetitt i kort tid og kronisk stress kan føre til tap av appetitt over lengre tid (Wendelaar Bonga, 1997, Ashley, 2007, Pankhurst et al., 2008). For eksempel er håndtering, transport, avlusing, høy tetthet og lavt oksygennivå forhold som kan medføre redusert appetitt (Ashley, 2007, Oppedal et al., 2011a, Oppedal et al., 2011g, Remen et al., 2012, Stien et al., 2012)

I SWIM kategoriseres appetitt som *god (1)*, *som forventet (2)* eller *dårlig (3)*. Appetitt har WF 11 (tabell 4) (Stien et al., 2012).

1.4.3.3 Individindikatorer

Tabell 5: Individindikatorer i Salmon Welfare Index Model, kategorisert fra best til verst (1-0). Indikator score angir hver kategoris velferdsscore. Indikator score «K» er «knockout level», som automatisk gir velferdsscore 0. Vektingsfaktor angir hvert parameters vektning. Stien et al. (2012).

Velferdsparameter	#	Kategori	Indikator score	Vektingsfaktor	
Individ	Lakselus	1	Ingen lakselusinfeksjon	1,00	11
		2	Lett lakselusinfeksjon	0,66	
		3	≥ 0,05 pre-adult eller adult lus cm	0,33	
		4	≥ 0,08 pre-adult eller adult lus cm-2 fisk	0,00	
		5	≥ 0,12 pre-adult eller adult lus cm-2 fisk	K	
	Kondisjonsfaktor	1	> 1,1	1,00	6
		2	0,9 – 1,1	0,50	
		3	< 0,9	0,00	
	Avmagingsstadium	1	Ikke avmagret	1,00	16
		2	Potensielt avmagret	0,00	
		3	Avmagret	K	
	Deformitet	1	Ingen ytre tegn til vertebral deformasjon	1,00	10
		2	"Kort hale" med normal vekt	0,50	
		3	"Kort hale" med lav vekt	0,00	
	Reproduksjonsstadium	1	Ikke kjønnsmoden	1,00	9
		2	Tidlig kjønnsmoden hann	0,66	
		3	Kjønnsmoden hann	0,33	
		4	Kjønnsmoden hunn	0,00	
	Smoltifiseringsstadium	1	Fullt smoltifisert	1,00	9
		2	Parr, med tilgang til brakkvann	0,75	
3		Parr, ufullstendig smoltifisering, 10°C	0,50		
4		Parr, ufullstendig smoltifisering, 14°C	0,25		
5		Parr, ufullstendig smoltifisering, 7°C	0,00		
6		Parr, ufullstendig smoltifisering, 20°C	K		
Finnetilstand	1	Normale friske finner, ingen avvik	1,00	13	
	3	Helet arrevev	0,66		
	2	Moderat nylig skinnskade og/eller nekrose, inkludert splitting og/eller fortykkelse	0,33		
	3	Betydelig skinnskade og/eller nekrose med blødning og/eller inflammasjon og/eller eksponerte finnestråler og betydelig vevstap	0,00		
	3	Betydelig skinnskade og/eller nekrose med blødning og/eller inflammasjon og/eller eksponerte finnestråler og betydelig vevstap	0,00		
Skinntilstand	1	Normalt friskt vev, ingen avvik	1,00	15	
	2	Helet arrevev	0,80		
	3	Skjelltap (forskjøvet eller manglende skjell)	0,60		
	4	Overfladisk sår eller skade <1 cm2	0,40		
	5	Overfladisk sår eller skade >1 cm2	0,20		
	6	Penetrerende og/eller flere sår eller skader, muligens infisert	0,00		
	7	Store åpne sår, av livstruende art	K		
Øyestatus	1	Friskt funksjonelt øye	1,00	11	
	2	Ensidig traumatisk skade, moderat eksofthalmus eller hemorrager på innsiden av øyet	0,66		
	3	Tosidig traumatisk skade, moderat eksofthalmus eller hemorrager på innsiden av øyet	0,33		
	4	Tosidig katarakt (mer enn 50 % av øyelinsen er tildekt) eller kronisk tilstand med svekket syn	0,00		
	5	Betydelig eksofthalmus og bilateralt (tosidig) blindhet	K		
Gjellestatus	1	Normale friske gjeller	1,00	9	
	2	Milde tegn på fokal inflammasjon, nekrose (dødt vev), lesjon eller traume	0,50		
	3	Betydelig tegn på fokal inflammasjon, nekrose (dødt vev), lesjon eller traume	0,00		
Operculum (gjellelokk)	1	Normalt operculum	1,00	7	
	2	Operculum dekker delvis gjeller, ensidig	0,75		
	3	Operculum dekker delvis gjeller, tosidig	0,50		
	4	Operculum er ensidig fraværende	0,25		
	5	Operculum er tosidig fraværende	0,00		
Munn - og kjeveskade	1	Ingen sår	1,00	6	
	2	Antydning sår	0,50		
	3	Blodig sår	0,00		

Lakselus

For bakgrunnsinformasjon om hvordan infeksjon av lakselus påvirker fiskens velferd, se side 5 (1.3 Lakselus). I SWIM beregnes infeksjonsgraden av lakselus ut ifra antall pre-adult eller adult (voksen hunn/hann) per cm² fisk. Lakselus er kategorisert som: *ingen lakselusinfeksjon (1)*, *lett lakselusinfeksjon (2)*, $\geq 0,05$ pre-adult eller adult lus per cm² fisk **(3)**, $\geq 0,08$ pre-adult eller adult lus per cm² fisk **(4)**, $\geq 0,12$ pre-adult eller adult lus per cm² fisk **(K)** Lakselusinfeksjon har WF 16 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Kondisjonsfaktor og avmagring

Mangelfull ernæring påvirker fiskens helse på en negativ måte og manglende fôropptak (anoreksi) utgjør en ekstrem form for ernæringslidelse (Poppe et al., 1999). Analyse av fiskens forhold mellom lengde og vekt er en standardisert metode for å indikere fiskens tilstand, hvor tyngre fisk med gitt lengde antas å ha bedre velferd (Bolger og P.L., 1989). Etter smoltifisering endrer ikke laksen kroppsform fram til slakt. Dette betyr at forholdet mellom lengde og vekt er forholdsvis konstant, noe som er forutsetningen for bruk av Fultons kondisjonsfaktor: $K = (W/L^3)100$. W er vekt i gram og L er lengde i cm (Bolger og P.L., 1989). En fisk i normal kondisjon angis å ha kondisjonsfaktor 1, mens en mager fisk antas å ha kondisjonsfaktor < 1 . Laks i oppdrett er noe fetere enn laks i vill tilstand og kondisjonsfaktoren hos frisk oppdrettslaks antas å ligge mellom 1,1–1,3 (Tvenning, 1991). I tilfeller med svært lavt næringsinntak vil fisken kunne få lav kondisjonsfaktor og i ekstreme tilfeller kunne kategoriseres som avmagret. Avmagret fisk vil ha svært redusert almenntilstand, med redusert immunforsvar. Dette vil gjøre fisken utsatt for sekundære infeksjoner (Poppe et al., 1999).

I SWIM kategoriseres kondisjonsfaktor som: $>1,1$ **(1)**, $0,9-1,1$ **(2)** eller $<0,9$ **(3)**. Kondisjonsfaktor har WF 6. Avmagring kategoriseres som: *normal (1)*, *potensielt avmagret (2)* eller *avmagret (K)*. Avmagring har WF 16 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Vertebral deformitet

Ulike deformiteter er registrert hos laks i oppdrett, hvor forkortet ryggrad er framtrædende (Branson og Turnbull, 2008). Den mest uttalte problemstillingen i norsk lakseoppdrett er «forkortet hale», en sammenpresset forkortet ryggrad. Dette fører til redusert kroppslengde og

økt kroppshøyde (Vågsholm og Djupvik, 1998, Witten et al., 2005). Utvikling av vertebral deformitet kan knyttes til ulike årsaker, ofte relatert til tidlig i fiskens liv. Sjokk med høy temperatur (12 °C) under inkubasjon av egg har vist å gi økt forekomst av deformitet med «kort hale» (Wargelius et al., 2005). Valg av vaksineringsstidspunkt har vist å være av betydning, hvor utvikling av deformiteter har vist å ha en negativ korrelasjon mellom fiskens størrelse og temperatur (Berg, 2006). Dette innebærer at vaksinerings av små fisk ved høy temperatur har vist å gi økt forekomst av deformiteter. Valg av tidspunkt for utsett av smolt i sjøen kan ha betydning, hvor smolt som settes ut i varmt sjøvann (16 °C) har vist høyere andel av deformiteter enn fisk som settes ut i sjøvann på 10 °C (Grini, 2011). Smolt med vekt på 0,1 kg ved utsett i sjø har vist å ha mindre risiko for å utvikle deformiteter enn mindre smolt (0,05 kg) (Vågsholm og Djupvik, 1998). Produksjon av hurtigvoksende 0-åringer har vist å gi større forekomst av deformiteter enn produksjon av 1-åringer. Det kan tyde på at valg av produksjonsstrategi kan ha betydning (Fjellidal et al., 2006). Det kan heller ikke utelukkes at deformitet kan være relatert til mangelfull ernæring (Poppe et al., 1999). I hvor stor grad fiskens velferd påvirkes, kommer trolig an på graden av deformitet. Fisk med betydelig deformitet kan oppleve redusert svømmeevne, som fører til tap av smidig, bevegelighet og gjør fisken svekket i konkurranse om mat (Branson og Turnbull, 2008).

I SWIM kategoriseres vertebral deformitet som: *vertebral deformitet (1)*, «kort hale» med normal vekt (2) eller «kort hale» med lav vekt (3). Vertebral deformitet har WF 10 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Smoltifisering

Atlantisk laks lever den første delen av livet i ferskvann. Fra en ferskvannstolerant parr må fisken gjennomgå smoltifisering, for å adaptere til å bli saltvanntolerant. Smoltifisering hos laks innebærer endringer i morfologi, adferd og fysiologi, for å gjøre fisken rustet for å tolerere saltvann. Den tydeligste ytre forandringen er skinnets transformasjon fra brunlig med parrmerker til en blank sølvdrakt (Stefansson et al., 2008). De fysiologiske endringene innebærer funksjonsendringer i gjellene, nyren, tarm og urinblære som fører til økt saltholdighetstoleranse og osmoregulatorisk evne (McCormick og Saunders, 1987). Før laksen har gjennomgått fullstendig smoltifisering, har den kun toleranse for ferskvann eller vann med lav saltholdighet (Parry, 1960). En fisk som ikke er fullstendig smoltifisert vil få redusert velferd om den settes ut i saltvann. Stor parr (7-10 cm lang, kort tid før

smoltifisering) kan overleve i 50% saltvann ($\leq 16,9\%$). I 70% saltvann (25‰) kan en stor parr overleve opp mot 72 timer og i 100 % saltvann (33,9‰) opp mot 9 timer (Parry, 1960)

I SWIM vurderes fiskens morfologi (kroppform, skinn) for å fastslå smoltifiseringsstadium. Fisken kategoriseres som: *fullt smoltifisert (1)*, *parr med tilgang til brakkvann (2)*, *ufullstendig smoltifisert parr i vanntemperatur 10 °C (3)*, *ufullstendig smoltifisert parr i vanntemperatur 14 °C (4)*, *ufullstendig smoltifisert parr i vanntemperatur 7 °C (5)* eller *ufullstendig smoltifisert parr i vanntemperatur 20 °C (6)*. Smoltifisering har WF 9 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Kjønnsmodning

Kjønnsmodning hos laks fører til at fisken omprioriterer energibruk til oppbygning av gonader og forberedelse til migrasjon. Under migrasjonen er det vist at laks forbruker 60-70% av energireservene og i vill tilstand overlever få fisk reproduksjon (Fleming, 1998, Jonsson et al., 1997). I lakseoppdrett er kjønnsmodning forbundet med redusert vekst og kondisjon, økt aggresjon og stress (Fleming og Huntingford, 2012). I tillegg er det grunn til å tro at fangenskap undertrykker fiskens naturlige instinkt som sier at den skal migrere. Dette er forhold som kan føre til redusert velferd hos laks som kjønnsmodner i oppdrett.

I SWIM benyttes morfologiske endringer som metode for å fastslå eventuell kjønnsmodning hos oppdrettslaks. Fisken kategoriseres som *ikke kjønnsmoden (1)*, *veslevoksen hann (2)*, *kjønnsmoden hann (3)* eller *kjønnsmoden hunn (4)*. Kjønnsmodning har WF 9 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Finnetilstand

Finneerosjon (finneslitasje/-skade) er en velkjent lidelse hos fisk i oppdrett. Finneerosjon er definert som en tilstand hvor epidermis, dermis og finnestrålene er skadet, histologisk forandret eller har redusert størrelse (Latremouille, 2003, Ellis et al., 2008). Det anses å være flere årsaker til at finneerosjon oppstår i lakseoppdrett. Aggressiv atferd i fiskepopulasjonen er sterkt korrelert med finneerosjon. Ved aggressiv adferd viser laks en tendens til å nappe/bite hverandres finner, hvor ryggfinnen ofte blir hardest rammet (Damsgård og Huntingford, 2012). Også brystfinne og caudalfinne blir utsatt for angrep, men ikke i like stor grad som ryggfinnen. I oppdrett anses sammenstøt med utstyr som tau, not, håv og andre røffe

overflater som en annen naturlig årsak til finneerosjon. Finneerosjon kan i enkelte tilfeller relateres til bakteriesykdommer eller ernæring, men det anses som mindre framtredd enn de to overnevnte årsakene (Latremouille, 2003). Finneerosjon kan i ekstreme tilfeller, hvor fiskens svømmeevne påvirkes, sørge for at fisken endrer atferd. Betydelig finneerosjon kan redusere fiskens bevegelsesevne og redusere dens evne til å få tak i fôr. I slike tilfeller vil finneerosjon kunne knyttes til redusert velferd. Det kan heller ikke utelukkes at finneerosjon er smertefullt for fisken. Finneskader kan trolig føre til stressrespons hos fisken, selv om dette er en hypotese som det ikke er ført noe bevis for (Ellis et al., 2008).

I SWIM kategoriseres fiskens finner som: *friske og normale (1)*, *arrvev eller mild nekrose (2)*, *moderat nylig skinnskade og/eller nekrose inkludert splitting og/eller fortykkelse (3)*, *betydelig skinnskade og/eller nekrose med blødning og/eller inflammasjon og/eller eksponerte finnestråler og betydelig vevstap (4)*. Finnetilstand har WF 13 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Skinntilstand

Fiskens skinn er av stor betydning, både som osmotisk barriere og for å hindre at mikroorganismer trenger inn i organismen (Poppe et al., 1999). Huden består av epidermis og dermis, hvor fiskens skjell ligger i lommer i dermis og er dekket av epidermis (Amin et al., 1991). Tap av skjell fører til at epidermis blir ødelagt og den osmotiske barrieren brytes. Skjelltap fører til forstyrrelse i fiskens osmotiske balanse, med økt osmolalitet i plasma i sjøvann (Zydlewski et al., 2010). Dette fører videre til at fisken oppregulerer Na⁺/K⁺-ATPase i gjellene, for å kompensere for ubalansen (Tully, 2002). Skjelltap kan skyldes mekanisk skade ved håndtering, sammenstøt med notvegg, tau etc. eller som følge av infeksjon av lakselus. Et velferdsmessig stort problem er utvikling av sår, forårsaket mekanisk eller som følge av en bakterieinfeksjon. Vintersår er et utbredt problem i norsk lakseoppdrett ved lave sjøtemperaturer. Sårutvikling rapporteres i etterkant av håndtering, som trolig kan skyldes brudd på epidermis og dermed en innfallspori for mikroorganismer (Bornø og Lie Linaker, 2015). Skjelltap i stort omfang kan føre til osmotisk stress hos fisken, som over tid kan føre til en vedvarende stressrespons og redusert velferd. Sår og bakterieinfeksjoner kan forekomme sekundært som en følge av skjelltap, noe som reduserer fiskens velferd ytterligere.

I SWIM kategoriseres fiskens skinn som: *friskt normalt (1)*, *helbredet arrvev (2)*, *tap eller forskyvning av skjell (3)*, *overflatisk sår eller skade <1 cm² (4)*, *overflatisk sår eller skade >1*

cm² (5), penetrerende og/eller flere sår eller skader som trolig er infisert (6) eller store livstruende åpne sår (7). Skinntilstand har WF 15 (tabell 5) (Stien et al., 2012).

Gjeller og gjellelokkforkortelse

Fiskens respirasjon foregår over gjellenes respiratoriske epitel, noe som er av stor betydning for fiskens fysiologi. Gjellene har stor overflate og ligger beskyttet bak gjellelokkene. Laks har fire gjellebuer på hver side, bestående av gjellefilamenter med gjellelameller. Gjellens lamell er fundamentalt oppbygd av pilarceller, kledd av et lag med epitelceller. Venøst blod fra kroppen passerer i gjellene kapillærårer, hvor gassutveksling skjer i gjellelamellene, og strømmer til hjertet som arterielt oksygenrikt blod (Bruno et al., 2013). Aktiv utskillelse av ioner med natrium-kalium-pumpen (Na^+/K^+ -ATPase) foregår i spesialiserte celler (kloridceller) lokalisert ved roten av gjellelamellene (Johnsen, 2012). Skade på gjellene vil redusere fiskens evne til diffusjon av oksygen fra vann til blod og avfallsstoffer fra blod til vann (Poppe et al., 1999). Omfanget av gjelleskaden vil være avgjørende for konsekvensene for fiskens helse og velferd. Redusert evne til å ta opp oksygen kan føre til stress, redusert næringsopptak, redusert osmoregulatorisk evne og i verste fall død (Oppedal et al., 2011a, Remen et al., 2012). Velfungerende respirasjonsevne er et av fiskens vitale forutsetninger for liv, noe som innebærer at skade på gjellene vil føre til redusert velferd. Skader på gjellene kan skyldes miljøforhold, behandling med kjemikalier (for eksempel hydrogenperoksid ved avlusing), parasitter og sykdom eller soppinfeksjon. Gjellelokket har en viktig funksjon for å beskytte gjellefilamentene mot skade og funksjonsnedsettelse. Forkortet gjellelokk kan føre til skade på de underliggende gjellefilamentene (personlig observasjon), noe som trolig er av betydning for gjellens funksjon. Det er gjort få studier på årsaken til gjellelokkforkortelse (Branson og Turnbull, 2008) og det var ikke mulig å finne studier som omhandlet denne problematikken. Det kan tenkes at skade på gjellelokkets kan forårsakes mekanisk. Skadd eller fraværende gjellelokk kan redusere fiskens evne til å pumpe vann over gjellene, som er et av gjellelokkets viktige funksjoner.

I SWIM kategoriseres gjellene som: *friske (1), tegn til fokal betennelse eller vevsdød (2) eller betydelig tegn til fokal betennelse eller vevsdød (3).* Gjeller har WF 9 (tabell 5) (Pettersen et al., 2013) Gjellelokkene kategoriseres som: *normalt dekkende (1), delvis dekkende på én side (2), delvis dekkende på to sider (3), fraværende på én side (4) eller fraværende på to sider (5).* Gjellelokk har WF 7 (tabell 5) (Pettersen et al., 2013).

Øye / syn

Fiskens syn er en viktig sans for rom orientering, bevegelse og deteksjon av fôr. Øyet er utsatt for en rekke lidelser, deriblant sykdommer og mekaniske skader (Hargis Jr, 1991). Hos laks i oppdrett er katarakt (blakking av linsen), keratitt (hornhinnebetennelse) og eksoftalmus (utstående øyne) de mest normale lidelsene. Keratitt og eksoftalmus oppstår ofte som et symptom på en infeksiøs systemisk lidelse. Årsaken til katarakt er sammensatt, men oppstår ofte ved mangelfull ernæring (Poppe et al., 1999). Mekaniske skader kan oppstå ved håndtering eller som følge av lakselus som beiter på øyet (personlig observasjon). Skade på fiskens øye og redusert syn vil være av betydning for fiskens velferd som følge av funksjonsnedsettelse. Smerte kan heller ikke utelukkes.

I SWIM kategoriseres øyets som: *friskt (1)*, *ensidig skade (2)*, *tosidig skade (3)*, *tosidig katarakt (4)* eller *tosidig blindhet (K)*. Øye/syn har WF 11 (tabell 5) (Pettersen et al., 2013).

Munn og kjeve

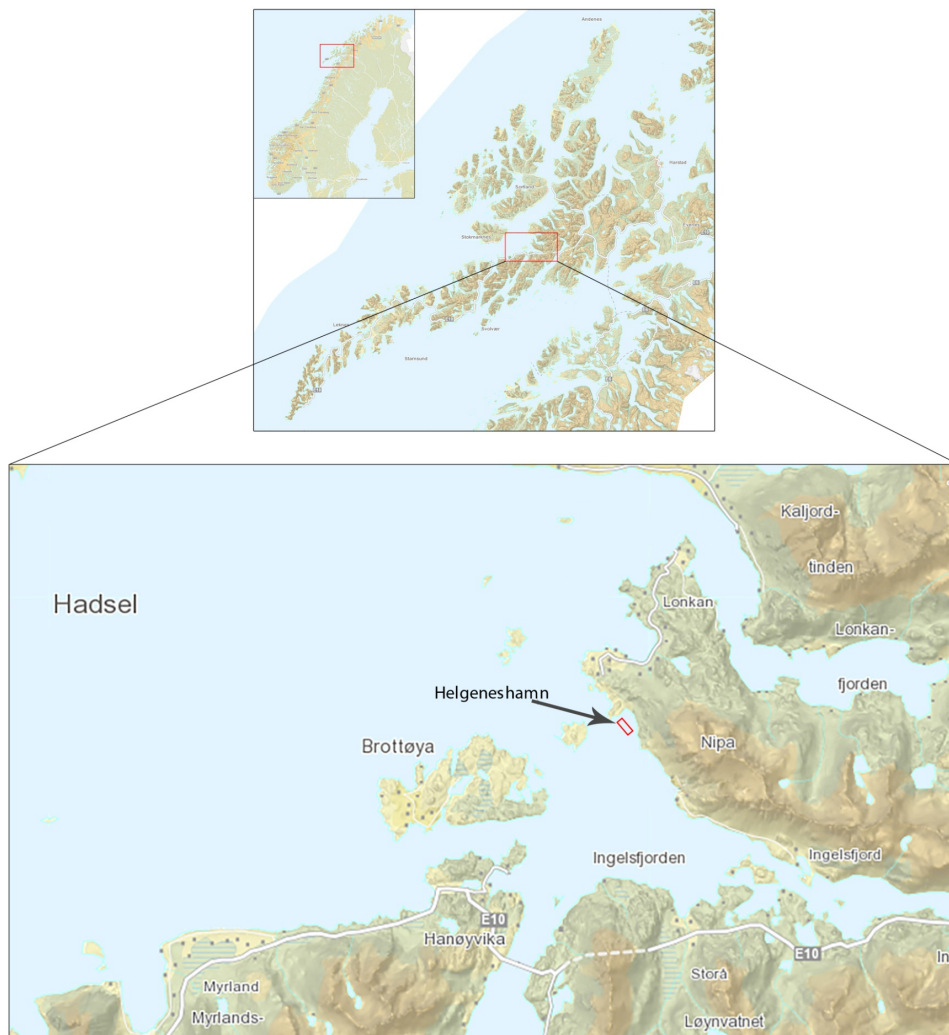
Fiskens munn og kjeve er viktig for fiskens evne til å spise. Skader på fiskens munn – og kjeve kan føre til nedsatt evne til å ta opp næring, noe som kan medføre redusert velferd. Sår og skader kan også være en innfallsport for mikroorganismer og medføre økt risiko for sekundærinfeksjoner (Poppe et al., 1999).

I SWIM kategoriseres munn og kjeve som: *uskadd (1)*, *antydning til sår (2)* eller *med blodig sår og skade (3)*. Munn og kjeve har WF 6 (tabell 5) (pers. kom. Stien).

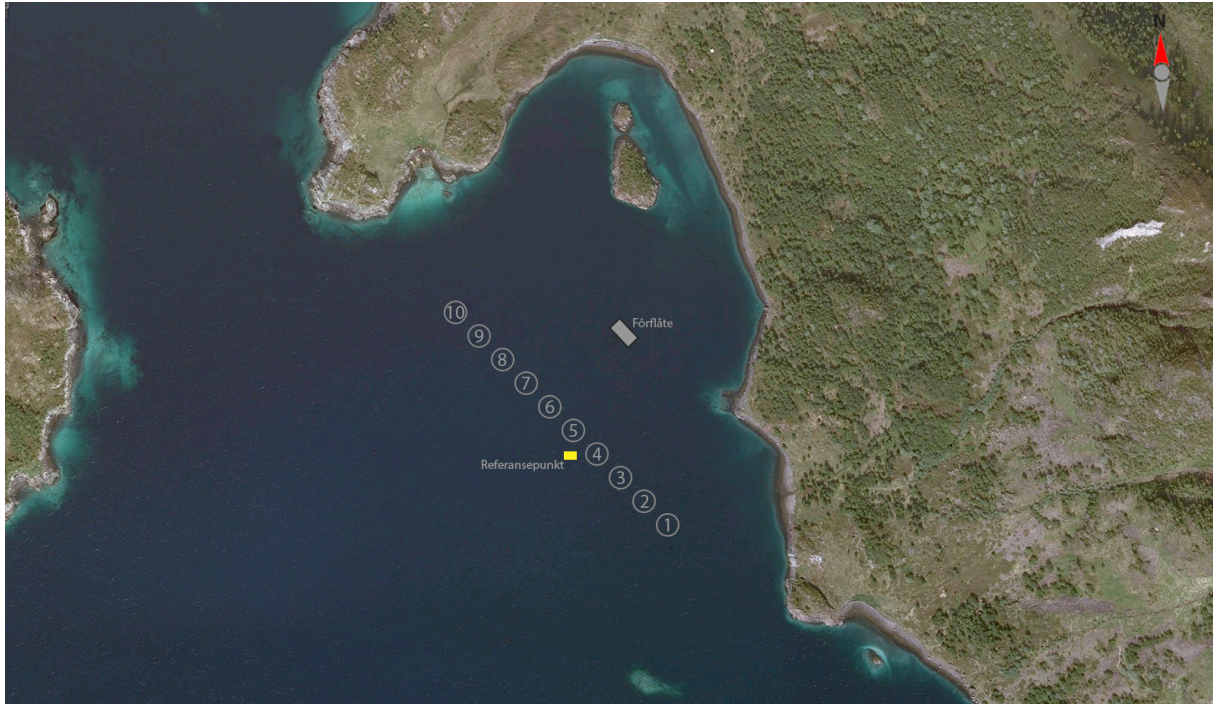
2 Material og Metode

2.1 Oppdrettslokaliteten

Lokaliteten lå på Helgeneshamn, i utløpet av Ingelsfjorden i Hadsel kommune i Nordland fylke. Lokalitetens geografiske koordinatene er 68°29.4954N / 15°14.0331Ø (figur 3). Lokaliteten lå omtrent 150 meter fra land og var skjermet fra storhavet av omkringliggende nes og øyer. Topografiske forhold gjorde at lokaliteten lå i utkanten av et havbasseng, hvor dybden gradvis økte til 150 meter i senter av bassenget. Her møtes Raftsundet, Ingelsfjorden og Hadsselfjorden, sistnevnte via Hanøysundet og Vedøysundet. Havbassenget ble avgrenset av terskeldybder (grunne områder) ved Raftsundet bru, Vedøysundet og Hanøysundet.



Figur 3: Geografisk plassering av oppdrettslokalitet Helgeneshamn. Bildet viser et kartutsnitt av lokalitetens plassering i Hadsel kommune. Rødt rektangel angir oppdrettsanleggets plassering. Bakgrunnsbilde: norgeskart.no. Illustrasjon: Mattias Bendiksen Lind.



Figur 4: Flyfoto av oppdrettsanleggets plassering på lokaliteten. Bildet viser merd 1 – 10, referansepunkt (gul markering) og fôrflåten. Bakgrunnsbilde: norgeskart.no. Illustrasjon: Mattias Bendiksen Lind.

2.1.1 Tekniske opplysninger

Produksjonsanlegget bestod av 10 identiske plastmerder, med en omkrets på 100 meter og diameter på 31,8 meter (Figur 4). Samtlige merder var utstyrt med en 37 meter dyp spissnotpose (koneformet pose). I løpet av forsøksperiode 1 ble notposene på anlegget byttet. De første ti uker (t.o.m. uke 27) ble det benyttet nøter med lysåpning på 28 mm, deretter ble det benyttet nøter med lysåpning på 50 mm.

2.1.2 Fôr og forsystem

Gjennom hele forsøket ble det benyttet fôr levert av Skretting AS på Stokmarknes. Fra starten av forsøket ble det benyttet Spirit V300-50A (4,5 mm.), før det etter kort tid ble byttet til Spirit V600-50A (7 mm.). I midten av forsøksperiode 1 ble det byttet til Optiline S 1200 (9 mm.), som ble benyttet ut periode 1 og hele periode 2.

Anlegget benyttet et automatisk fôrsystem basert på skvettfôring. Fôret ble gitt i korte intervaller, med et lite opphold mellom hver dosering. Fôring startet kl. 07:30 hver dag og pågikk kontinuerlig inntil dagens angitte fôrmengde var gitt. Fôringens varighet varierte ut ifra fiskens appetitt, men var stort sett alltid gjennomført kl. 16.00 – 18.00. Ut ifra forventet

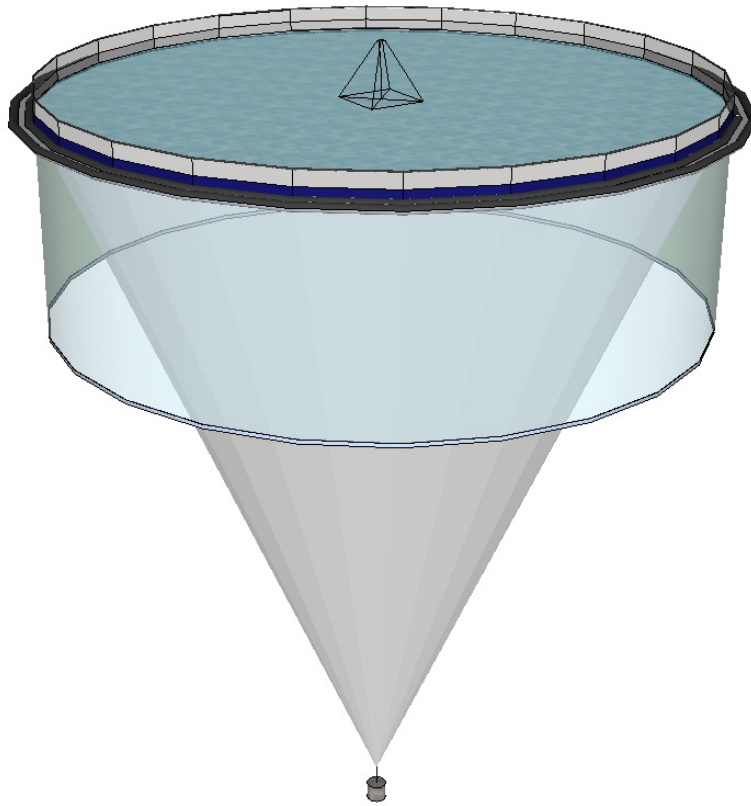
mengde fôr, tilpasset driftspersonell den daglige mengden etter observasjon av fiskens aktivitet i hver individuelle merd.

2.2 Fluidpermeabelt luseskjørt

I forsøket ble det benyttet 10 meter dype fluidpermeable luseskjørt (SalGard™) (figur 5), produsert av Calanus AS (Tromsø, Norge). Luseskjørtene var produsert i materialet polyester (PET) og hadde en maskevidde på 350 µm (Næs et al., 2014). I en forstudie har luseskjørt med 466 µm maskevidde vist å redusere vanngjennomstrømningen med 58 % (Johansen, 2010). Luseskjørt med maskevidde på 350 µm kan forventes å redusere vanngjennomstrømningen ytterligere. Undersøkelser har vist at luseskjørtet har en permeabilitet på 25.000 l/m² per minutt. Beregninger har vist at fluidpermeabelt luseskjørt har 220 ganger høyere vanngjennomstrømning enn et liknende ikke-permeable luseskjørt (pers. kom Kurt Tande).

Skjørtet ble festet med stropper til merdens flytekrage, med en skvettkant festet til merdens gelender. Skjørtet hadde en overlapp på 5 – 6 meter, vendt mot strømrretningen. God overlapp var viktig for å hindre en eventuell inngangsport for lakseluskoepoditter (lakseluslarver) (Næs et al., 2014)

Luseskjørt ble montert på anlegget 23.05.2014 (uke 21) i periode 1 og 01.10.2014 (uke 40) i periode 2 (se 2.4 Forsøksoppsett).



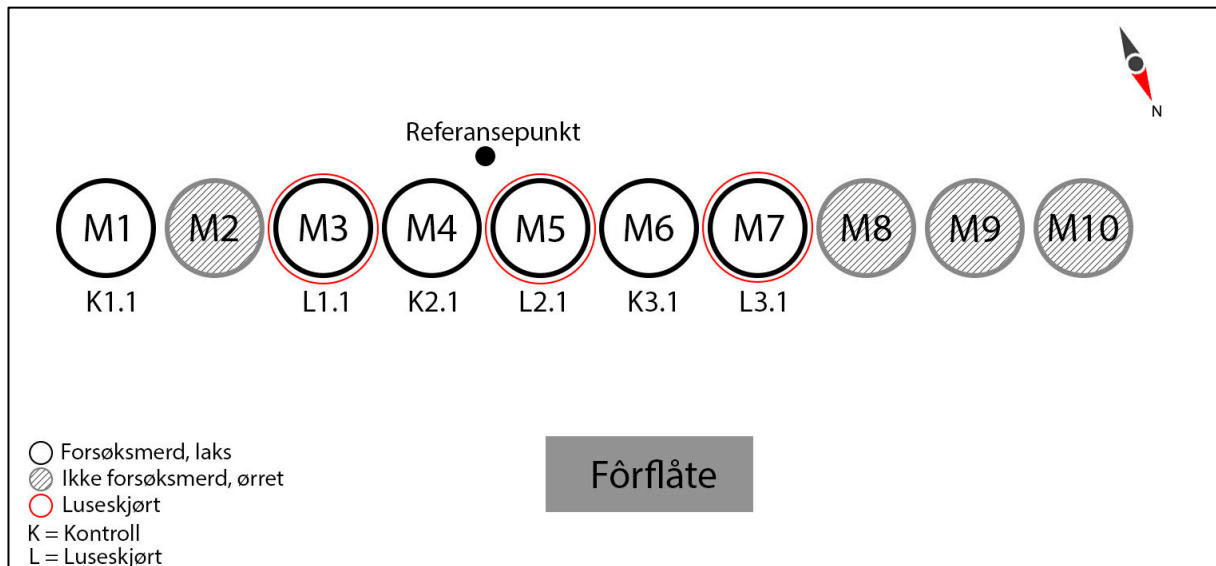
Figur 5: Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™). Bildet viser et 10 meter dypt fluidpermeabelt luseskjørt, montert på en merd med 100 meter omkrets og 37 meter dybde. Illustrasjon: © Trond Larsen, Calanus AS

2.3 Forsøksoppsett

I begge forsøksperiodene var det tre merder med luseskjørt og tre merder uten som fungerte som kontroll. Årsaken til at forsøket ble delt i to perioder var oppdrettsselskapets interne produksjonsplanlegging. Forsøksperiode 1 ble avsluttet fordi fisken i merd 1 og 3 måtte flyttes til en annen lokalitet. I forkant av dette ble ørreten, i merdene som ikke inngikk i forsøket, flyttet til en annen lokalitet. Videre ble den gjenværende fisken i anlegget (merd 4, 5, 6 og 7) fordelt i de tomme merdene.

2.3.1 Forsøksperiode 1 (uke 17 – 36)

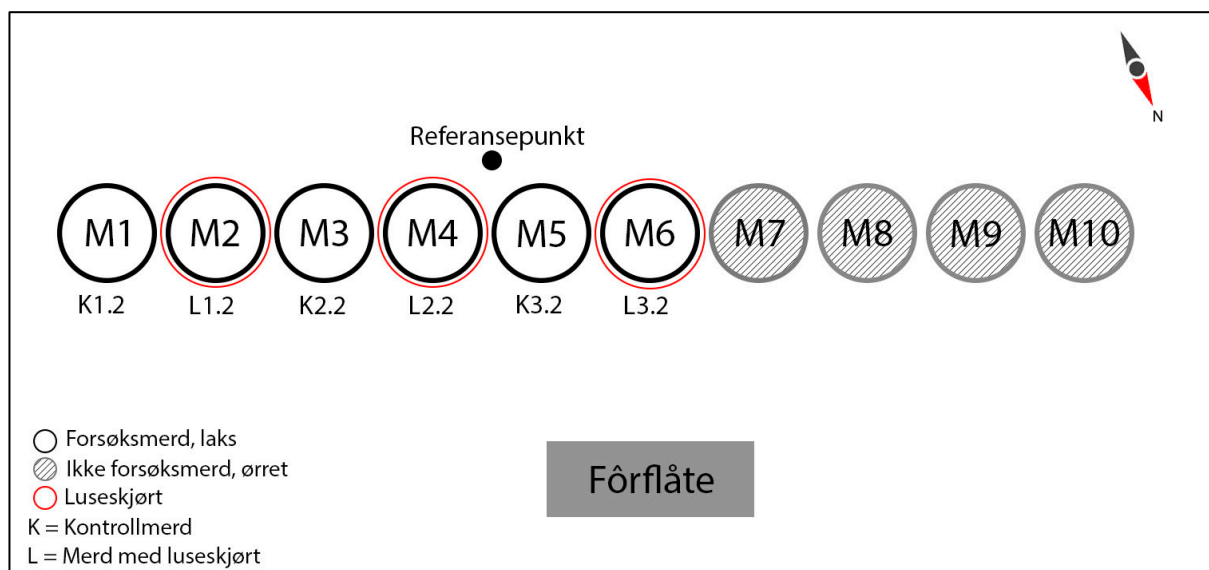
Forsøksperiode 1 startet 23. April (uke 17) og ble avsluttet 7. september (uke 36). I uke 17–21 var det ikke montert luseskjørt på forsøksmerdene. Luseskjørt ble montert på anleggets merd 3, 5 og 7 i uke 21 (figur 6). Disse omtales herved som L1.1, L2.1 og L3.1. Anleggets merd 1, 4 og 6 ble benytte som kontrollmerder. Disse omtales herved som K1.1, K2.1 og K3.1.



Figur 6: Forsøksoppsett i periode 1. Merd 1 (K1.1), 4 (K2.1) og 6 (K3.1) ble benyttet som kontrollmerder uten luseskjørt. Merd 2 (L1.1), 5 (L2.1) og 7 (L3.1) hadde luseskjørt. Merd 2, 8, 9 og 10 inneholdt Ørret og inngikk ikke i forsøket.

2.3.2 Forsøksperiode 2 (uke 40 – 45)

Forsøksperiode 2 startet 1. oktober (uke 40) og ble avsluttet 1. november (uke 45). Luseskjørt ble montert på merd 2, 4 og 6 i uke 40 (figur 7). Disse omtales herved som L1.2, L2.2 og L3.2. Anleggets merd 1, 3 og 5 ble benytte som kontrollmerder. Disse omtales herved som K1.2, K2.2 og K3.2.



Figur 7: Forsøksoppsett i periode 2. Merd 1 (K1.2), 3 (K2.2) og 5 (K3.2) ble benyttet som kontrollmerder uten luseskjørt. Merd 2 (L1.2), 4 (L2.2) og 6 (L3.2) hadde luseskjørt. Merd 7, 8, 9 og 10 inngikk ikke i forsøket.

2.4 Fisken

Ved innledningen av forsøksperiode 1 inneholdt anleggets merd 1, 3, 4, 5, 6 og 7 atlantisk laks (*Salmo salar*) og merd 2, 8, 9 og 10 regnbueørret (*Onchorhynchus mykiss*). Merdene med regnbueørret inngikk ikke i forsøket. Laksen ble satt ut i produksjonsanlegget i tidsrommet 27. august til 3. september 2013, fordelt på tre leveranser. Fisken ble klekket og produsert opp til smoltstadium på to ulike smoltanlegg, som begge var tilknyttet det samme konsern som forsøksanlegget. Fisken i merd 1 og 3 ble produsert hos Smolten AS avd. Innhavet, mens fisken i merd 4, 5, 6 og 7 ble produsert hos Smolten AS avd. Mørsvika. Fisken i merd 4, 5, 6 og 7 var av samme opphav og ble satt ut på forsøksanlegget på samme tidspunkt.

2.4.1 Fisken ved oppstart av forsøksperiode 1 (uke 17) og forsøksperiode 2 (uke 40)

Opplysninger om forsøksfisken ved oppstart av forsøksperiode 1 og 2 ble oppgitt av oppdrettsselskapet (tabell 6 og 7). Fiskens gjennomsnittsvekt var estimerer, basert på en fôrfaktor på 1,15 og fôrsekskapets prognoser. Antall individer i hver merd var beregnet ut ifra kjent antall utsatt fisk og daglig registrering av dødelighet i produksjonen.

Tabell 6. Opplysninger om forsøksfisken ved oppstart av forsøksperiode 1. Merdene uten luseskjørt var merd 1 (K1.1), merd 4 (K2.1) og merd 6 (K3.1). Merdene med luseskjørt (rød ring) var merd 3 (L1.1), merd 5 (L2.1) og merd 7 (L3.1).

Merd	Forsøksnavn	Antall fisk ved forsøksstart	Størrelse ved forsøksstart (kg)	Tetthet (kg/m ³)
1	K1.1	183062	0,406	5,95
3	L1.1	186781	0,533	7,97
4	K2.1	149815	0,758	9,08
5	L2.1	176579	0,645	9,11
6	K3.1	176765	0,618	8,75
7	L3.1	176440	0,640	9,03

Tabell 7. Opplysninger om forsøksfisken ved oppstart av forsøksperiode 2. Merdene uten luseskjørt var merd 1 (K1.2), merd 3 (K2.2) og merd 5 (K3.1). Merdene med luseskjørt (rød ring) var merd 2 (L1.2), merd 4 (L2.2) og merd 6 (L3.2).

Merd	Forsøksnavn	Antall fisk ved forsøksstart	Størrelse ved forsøksstart (kg)	Tetthet (kg/m ³)
1	K1.2	74452	2,491	14,84
2	L1.2	65909	2,131	11,23
3	K2.2	65833	2,062	10,85
4	L2.2	74325	2,501	14,87
5	K3.2	65768	2,119	11,15
6	L3.2	64653	2,109	10,91

2.5 Registrering av lakselus

I uke 24, 29 og 34 i forsøksperiode 1 og uke 40 og 44 i forsøksperiode 2 ble det gjennomført registrering av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på 20 individer pr. merd. Luseregistreringen ble gjennomført på forskriftsmessig måte (Lakselusforskriften, 2012). Fisk ble fanget ved hjelp av håv og båtens kran. Videre ble 20 individer (5 av gangen) overført til et bedøvelsesbad med bedøvelsesmiddel Benzoak Vet. (ACD Pharmaceuticals AS, Leknes, Norge), dosering 20 ml pr. 100 l sjøvann. Når anestesi inntraff (1–3 min), ble fiskens løftet ut av bedøvelsesbadet og dens ytre undersøkt for lakselus. Lakselus som ble funnet ble klassifisert i stadiene fastsittende (chalimus I & II), bevegelig (pre-adult I & II og adult hann) og kjønnsmoden hunn med eller uten eggstreng (Johnson, 1991, Costello, 2006, Hamre et al.,

2013). Ut ifra dette ble gjennomsnittlig antall lakselus (abundans) og andel fisk infisert med én eller flere lakselus (prevalens) i de ulike stadiene beregnet. Fisken ble satt tilbake til merd etter undersøkelsen.

2.6 Miljøforhold

2.6.1 Daglig registrering av temperatur, saltholdighet og oksygen

Oksygen ble registrert daglig på 1, 6, 11 og 16 meter i merder uten luseskjørt, merder med luseskjørt og på referansepunktet i begge forsøksperiodene. Samtlige registreringer ble foretatt på samme punkt, 8 meter fra merdkanten mot sentrum av merdene. Det ble benyttet et håndholdt måleinstrument av typen HQ40d (HACH Company, Tyskland). Temperatur og saltholdighet ble registrert daglig fra 0-40 meter på referansepunktet, med CTD-sonde (Model SD204, SAIV AS, Norge). CTD-sonden hadde et registreringsintervall på én måling pr. sekund og ble manuelt senket ned med en hastighet på én meter i sekundet.

2.6.2 Månedlig døgnregistrering av oksygen

Gjennom til sammen syv adskilte døgn i forsøksperiode 1 og 2, ble det gjennomført kontinuerlig oksygenregistrering med CTD (Model SD204, SAIV AS, Norge) med oksygensensor (Oxygen Sensor SAIV205, SAIV AS, Norge) i merdene uten luseskjørt, merdene med luseskjørt og på referansepunktet. I forsøksperiode 1 ble registreringene gjennomført i uke 17, 23, 28, 32 og 36. I forsøksperiode 2 ble registreringene gjennomført i uke 40 og 44. Registreringsprofilene ble gjennomført hver 3. time, henholdsvis på tidspunkt høyvann, $\frac{1}{2}$ lavvann, lavvann og $\frac{1}{2}$ høyvann. Samtlige profileringer ble foretatt på samme punkt, 8 meter fra merdkanten mot sentrum av merdene. Profileringene på referansepunktet ble tatt fra båt. CTD-sonden hadde et registreringsintervall på én måling pr. sekund og ble manuelt senket ned med en hastighet på én meter i sekundet.

Tidspunkt for registreringene ble valgt på grunnlag av tidspunktet hvor forskjellen mellom høyvann og lavvann var på det minste. På dette tidspunktet var tidevannsstrømmen på sitt svakeste og det ble forventet at miljøforholdene på oppdrettsanlegget ville være på det

dårligste (pers. kom. Oppedal 2014). Tidevannet drives av en rekke sammensatte krefter og er vanskelig å beregne eksakt. Overordnet er tidevannet drevet av små endringer i gravitasjonskraften mellom jord-måne systemet, basert på to separate mekanismer; jordens sentrifugalkraft og månen og solens gravitasjonskraft (Stewart, 2002). I tillegg vil kystens hovedstrøm, topografi, vær og vind påvirke tidevannet lokalt. For å kunne forholde seg til dette i praksis, ble månefasen brukt som utgangspunkt. På det tidspunktet hvor månefasen var midt mellom nymåne og fullmåne (halvmåne), stod månen med en 45° vinkel på jordkloden. Dette førte til at månens tiltrekningskraft var på sitt svakeste, noe som påvirket tidevannets styrke (Pinet, 2009). Registrering ble gjennomført under det døgnet hvor tidevannsstrømmen var på sitt svakeste. Tidspunktene for høyvann og lavvann ble hentet på www.sehavniva.no, som er Kartverkets ressursnettsted for tidevann og vannstand. Nettstedet gir stedsspesifikke opplysninger, noe som ga nøyaktig tidevannsinformasjon for lokaliteten på Helgeneshamn.

2.6.3 Strømstyrke og -registrering

Gjennom forsøksperioden ble det gjennomført kontinuerlige strømmålinger på 1, 6, 11 og 16 meters dybde. Målingene ble gjennomført på referansepunktet. Det ble benyttet fire strømmålere av typen Mini Current Meter Mod. SD-6000 (Sensordata AS, Bergen). Strømmålerne registrerte strømhastighet og -retning hvert 10. minutt. Instrumentene registrerte strømmens hastighet ved hjelp av rotorblader. Instrumentene hadde en vertikal vinge som sørget for at de ville dreie riktig i forhold til strømretningen. Alle fire måleinstrumentene var festet i samme overflatepunkt og hang på én rekke vertikalt.

2.7 Produksjonsdata

2.7.1 Dødelighet

Gjennom forsøksperiode 1 og 2 ble det daglig registrert dødelighet (antall døde individer) i hver merd i oppdrettsanlegget. Dødelighet ble registrert ved opptak av «dødfiskhåv». «Dødfiskhåven» er plassert i bunnen av merden og samler opp død fisk, som synker til bunnen av noten når de dør.

2.7.2 Tilvekst og kondisjonsfaktor

20 fisk fra hver merd ble veid og lengden målt ved fire uttak i periode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) og to uttak i periode 2 (uke 40 og 44). Dette ble gjort i sammenheng med Salmon Welfare Index Model (SWIM) (se 2.8 *Fiskevelferd*).

2.8 Fiskevelferd

Kartlegging av fiskevelferd ble gjennomført med metoden Salmon Welfare Index 1.0 (SWIM 1.0) ved fire uttak i periode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) og to uttak i periode 2 (uke 40 og 44). I forsøksperiode 2 ble det testet en revidert versjon av SWIM 1.0. Denne metoden kalles SWIM 1.1 og var under utvikling (pers. kom. Stien). SWIM 1.1 var en kombinasjon av individindikatorer fra SWIM 1.0 og 2.0. SWIM 1.1 ble utviklet på bakgrunn av mangler i SWIM 1.0 etter praktisk utprøving. I SWIM 1.1 var velferdsindikatorerne *øyer (syn)*, *gjeller*, *gjellelokk* og *munn- og kjeve* inkludert, i tillegg til de kjente indikatorene fra SWIM 1.0 (tabell 3, 4 og 5)

I gjennomføring av SWIM ble først miljøindikatorerne vurdert, så populasjonsindikatorerne og til slutt individindikatorerne. Skjemaet som ble benyttet under gjennomføring av SWIM 1.1/1.0 kan ses i appendiks IV.

2.8.1 Miljøindikatorer

Miljøindikatorerne i SWIM 1.0 var temperatur, saltholdighet, oksygen, vannstrøm, tetthet, lys og forstyrrelser.

Temperatur, saltholdighet og oksygen ble registrert slik beskrevet i «2.6.1 Daglig registrering ...» side 34. I SWIM ble den lavest målte oksygenverdien lagt til grunne. Det finnes ingen enkel instrumentell metode for å måle fiskens svømmehastighet ved bruk av SWIM i praksis. Vannstrøm (BL s^{-1}) ble derfor målt visuelt. Tetthet (kg m^{-3}) ble beregnet ut ifra hver enkelt merds biomasse (antall fisk x gjennomsnittlig vekt) og merdens volum (m^3). Lysforholdene ble vurdert ut ifra om det var døgnvariasjon (lys/mørke) eller om det var midnattssol (lyst hele døgnet).

2.8.2 Populasjonsindikatorer

Populasjonsindikatorerne i SWIM 1.0 var dødelighet og appetitt. Dødelighet ble beregnet ut ifra gjennomsnittlig daglig dødelighet (%) i hver respektive merd, de siste 7 dager før undersøkelsen. Appetitt ble vurdert ut ifra hvilken appetitt som kunne forventes. Forventningen var basert på erfaring, fiskens størrelse, historie, vanntemperatur, lysforhold og eventuelle andre forhold.

2.8.3 Individindikatorer (SWIM 1.0 & 1.1)

Individindikatorerne i SWIM 1.0 var lakselus, kondisjonsfaktor, avmagring, vertebral deformitet, kjønnsmodning, smoltifisering, finnetilstand og skinntilstand. I SWIM 1.1 var velferdsindikatorerne øye (syn), gjeller, gjellelokk og munn – og kjeve inkludert.

Ved hvert uttak ble 20 fisk fra hver forsøksmerd undersøkt. Fisken ble føret opp til overflaten og fanget med håv (Ø=1,5 m) fra arbeidsbåtens kran (bilde 1). Fra håven ble 20 individer (5 av gangen) overført til et bedøvelsesbad med bedøvelsesmiddel Benzoak Vet. (ACD Pharmaceuticals AS, Leknes, Norge), dosering 20 ml pr. 100 l sjøvann (bilde 2). Når anestesi inntraff (1-3 minutter), ble fisken løftet ut av bedøvelsesbadet og undersøkt. Først ble fisken undersøkt for lakselus, så veid (kg) og målt (cm). Lengde og vekt ble benyttet til å beregne kondisjonsfaktor, etter formelen $K = (WL^{-3})100$ (*Fultons Condition Factor*). W er vekt (gram). L er lengde (cm). For mål av lengde ble det benyttet et egenprodusert – og designet målebrett i pleksiglass med målebånd (bilde 3). Målebrettet var designet på en måte som gjorde håndtering av fisken skånsom. For veiing ble det benyttet en vekt av typen Valor 4000 (Ohaus, Sveits). Deretter ble avmagring, deformitet i ryggrad, kjønnsmodning, smoltifisering, finner og skinn undersøkt (SWIM 1.0). Ved SWIM 1.1 (forsøksperiode 2) ble øye (syn), gjeller, gjellelokk og munn og kjeve undersøkt i tillegg. Med unntak av vekt og lengde, var undersøkelse av individindikatorerne basert på visuell vurdering (bilde 4) av hver enkelt fisk.

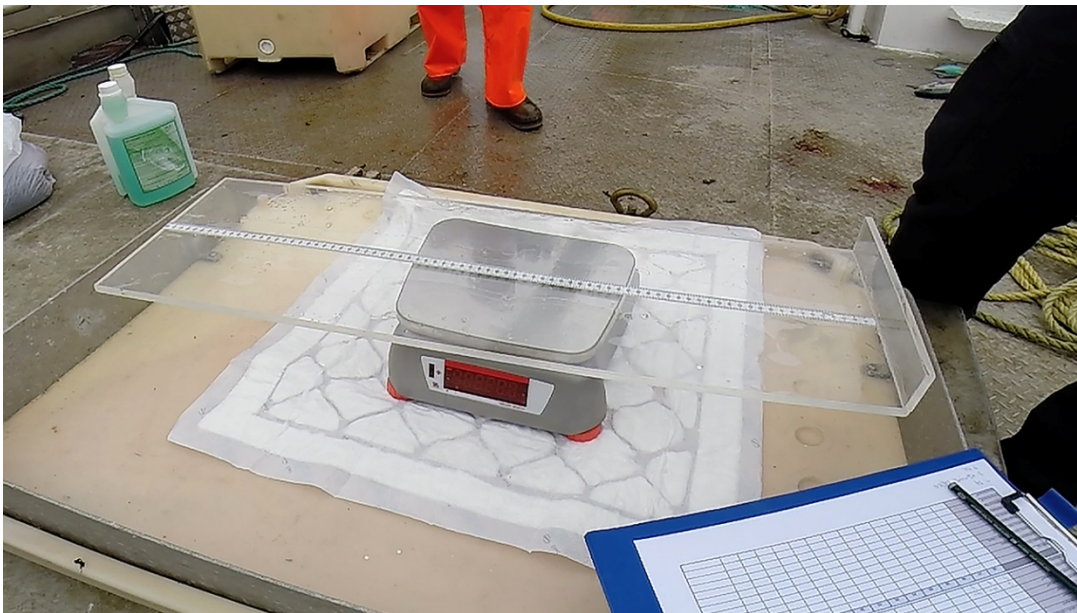
Undersøkelsene ble gjennomført effektivt og strømlinjeformet, på kortest mulig tid. Det var fokus på å eksponere fisken minst mulig for luft. Undersøkelsen tok om lag 2 minutter pr. fisk. Fisken ble skånsomt håndtert gjennom hele undersøkelsen, før den ble satt tilbake i merden.



Bilde 1: Håv fra båtens kran. Benyttet for å fange laks i merd.
Foto: Mattias Bendiksen Lind



Bilde 2: Bedøvelse av laks. Bildet viser laks som er i ferd med å bli fullstendig anestisert. Foto: Mattias Bendiksen Lind



Bilde 3: Vekt og målebrett benyttet under gjennomføring av Salmon Welfare Index Model 1.0/1.1. Foto: Mattias Bendiksen Lind



Bilde 4: Individundersøkelse ved gjennomføring av Salmon Welfare Index Model 1.0/1.1. Foto: Mattias Bendiksen Lind

2.9 Databehandling

Samtlige data fra registrering av lakselus, produksjon (produksjonsdata), miljøregistrering (med håndholdt instrument) og fiskevelferd ble bearbejdet i programvaren Microsoft Excel for Mac (Redmond, Washington, USA). Data fra miljøregistrering med CTD med oksygenmåler ble behandlet i instrumentets tilhørende programvare og overført til Microsoft Excel for Mac. For bildeplot av miljøregistreringer ble MathWorks MATLAB® (Natick, Massachusetts, USA) benyttet. Samtlige diagrammer ble laget i programvaren GraphPad Prism 6c (La Jolla, California, USA) for Mac.

2.9.1 Statistikk

Infeksjon av lakselus er oppgitt i abundans og prevalens. Abundans (relativ tetthet) angir gjennomsnittlig antall lakselus pr. individ innen hele vertspopulasjonen (totalt antall lakselus/totalt antall verter). Prevalens angir hvor stor andel av vertspopulasjonen som av vertspopulasjonen som er infisert med lakselus (antall infiserte verter/antall undersøkte verter) (Kristoffersen, 1997). Infeksjon av lakselus kan antas å være klumpet fordelt og ikke normalfordelt på sine verter (pers. kom. Kristoffersen; Heuch, 2011). For test av prevalens ble

det benyttet en ikke-parametrisk Mann-Whitney-U-test, som forutsetter at dataene ikke er normalfordelt. For test av uavhengig abundans mellom gruppene ble det benyttet en kjikvadrattest (Løvås, 2013). Statistisk test av lakselusinfeksjonen ble gjennomført i programvaren GraphPad Prism 6c (La Jolla, California, USA) for Mac.

Produksjonsdata og fiskevelferd ble antatt å være normalfordelt. For test av signifikans ble det benyttet en student T-test (Løvås, 2013). Statistisk test av produksjonsdata og fiskevelferd ble gjennomført i programvaren Microsoft Excel for Mac, med tilleggsprogramvaren AnalystSoft StatPlus:mac LE (Walnut, California, USA).

I samtlige statistiske tester ble p-verdi $< 0,05$ ble ansett som signifikant.

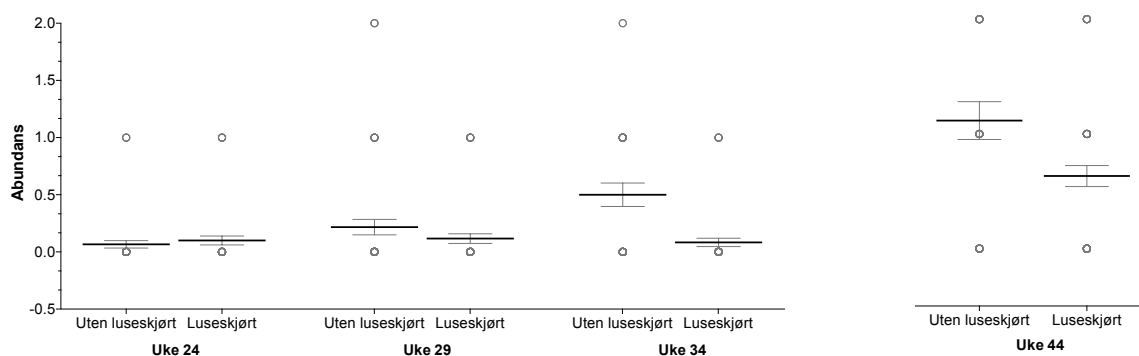
Oksygenmålinger og fiskevelferd ble sammenliknet med effektfaktor, som angir forholdet mellom gruppene etter formel: (gruppe med luseskjørt/gruppe uten luseskjørt)

3 Resultater

3.1 Registrering av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*)

Fra hver merd ble 20 fisk bedøvet og undersøkt for lakselus i bevegelig stadium (preadult I og II) i uke 24, 29, 34 og 44. Gjennomsnittlig antall lakselus pr. fisk (abundans) og andel fisk infisert med lakselus (prevalens) ble beregnet. Registrering av fastsittende – og adult stadium kan ses i appendiks I (Figur A1).

3.1.1 Abundans (gjennomsnittlig infeksjon)



Figur 8: Gjennomsnittlig antall lakselus pr. fisk (abundans) i bevegelig stadium. 20 laks pr. merd ble undersøkt for lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i bevegelig stadium (preadult I og II) i uke 24, 29, 34 og 44. Søylene viser abundans \pm standardfeil, fordelt på gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt.

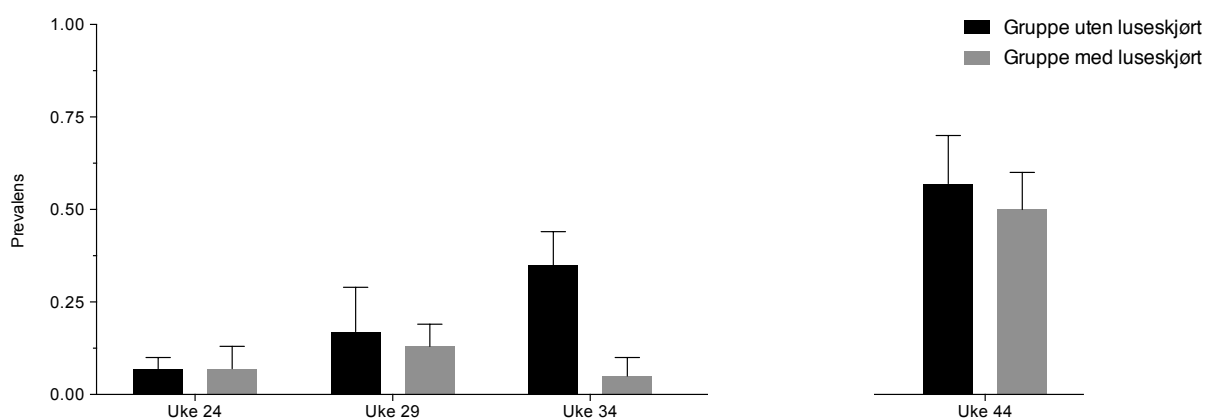
I gruppen uten luseskjørt var abundans av bevegelig lakselus 0.07 ± 0.03 i uke 24, 0.18 ± 0.1 i uke 29 og 0.5 ± 0.17 i uke 34 (figur 8). I gruppen med luseskjørt var abundans av bevegelig lakselus 0.07 ± 0.06 i uke 24, 0.12 ± 0.08 i uke 29 og 0.08 ± 0.03 i uke 34. Det var ingen forskjell mellom gruppene i uke 24 ($\chi^2=0.0$, $df=1$, $p>0.05$). I uke 29 var abundans av bevegelig lakselus 36% høyere i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt ($\chi^2=0.62$, $df=1$, $p>0.05$). I uke 34 var abundans av bevegelig lakselus 83% høyere i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt ($\chi^2=13.81$, $df=1$, $p<0.001$). Spesielt interessant var utviklingen mellom uke 29 og 34, hvor gruppen uten luseskjørt hadde en økning i abundans på 0,32

($\chi^2=6.12$, $df=1$, $p=0.013$) og gruppen med luseskjørt hadde en liten antydning til reduksjon ($\chi^2=0.37$, $df=1$, $p=0.54$).

I uke 44 var forsøksoppsettet endret, med endring av merdene som inngikk i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt (se «2.3.2 Forsøksperiode 2», s. 31). I uke 44 var abundans av bevegelig lakselus $1,12\pm 0,43$ i gruppen uten luseskjørt og $0,63\pm 0,21$ i gruppen med luseskjørt (figur 8). Abundans av bevegelig lakselus var 43% høyere i gruppen uten luseskjørt enn i gruppen med luseskjørt ($\chi^2=0.54$, $df=1$, $p=0.46$).

I uke 44 hadde merd K1.2 en høyere abundans av bevegelig lakselus enn de andre merdene i gruppen uten luseskjørt. Abundans av bevegelig lakselus var $1,6\pm 0,3$ i K1.2, $0,8\pm 0,3$ i K2.2 og $0,95\pm 0,2$ i K3.2. Dette kan være årsaken en høy prosentvis forskjell mellom gruppene, uten at dette beregnes som signifikant.

3.1.2 Prevalens (andel fisk infisert)



Figur 9: Andel laks infisert (prevalens) av én eller flere lakselus i bevegelig stadium. 20 laks pr. merd ble undersøkt for lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i bevegelig stadium (preadult I og II) i uke 24, 29, 34 og 44. Søylene viser prevalens \pm standardavvik, fordelt på gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt.

I gruppen uten luseskjørt var prevalens av bevegelig lakselus 0.07 ± 0.03 i uke 24, 0.17 ± 0.12 i uke 29 og 0.35 ± 0.09 i uke 34 (figur 9). I gruppen med luseskjørt var prevalens av bevegelig lakselus 0.07 ± 0.06 i uke 24, 0.13 ± 0.06 i uke 29 og 0.05 ± 0.05 i uke 34. Det var ingen forskjell mellom gruppene i uke 24 ($p>0,05$). I uke 29 var prevalens av bevegelig lakselus 20% høyere i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt ($p=0.6$). I uke 34 var abundans av

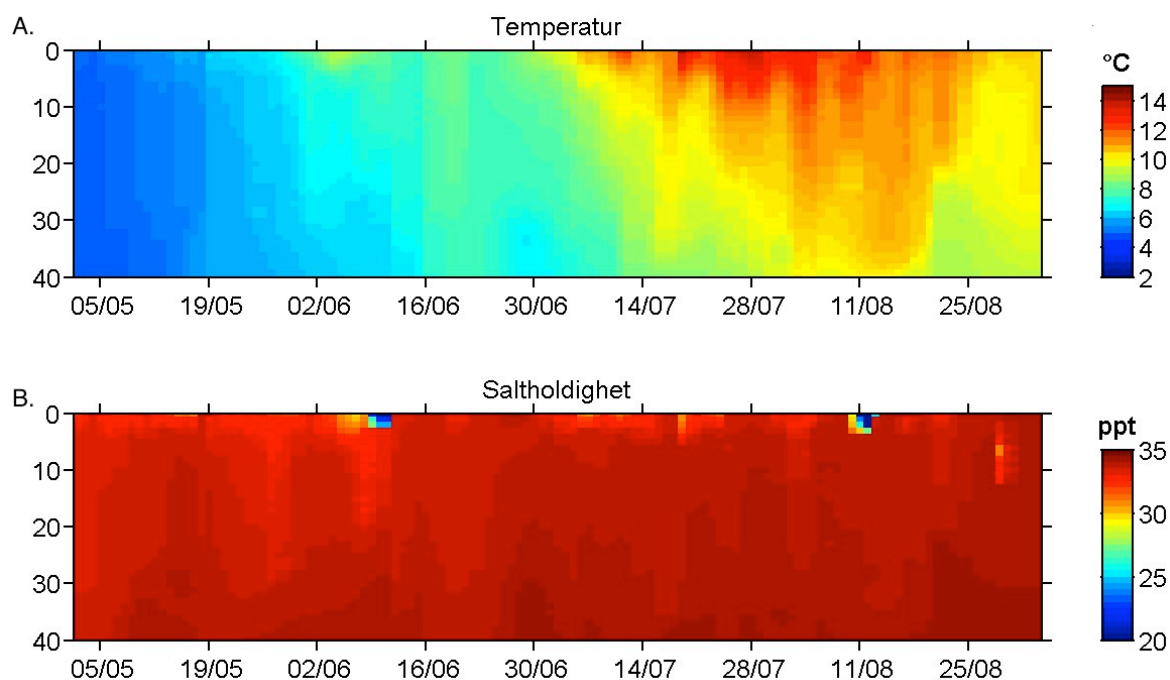
bevegelig lakselus 86% høyere i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt ($p < 0.001$). Spesielt interessant var utviklingen mellom uke 29 og 34, hvor gruppen uten luseskjørt hadde en økt prevalens på 0,18 ($p = 0.06$) og gruppen med luseskjørt hadde en liten antydning til reduksjon på 0,08 ($p = 0.75$).

I uke 44 var forsøksoppsettet endret, med endring av merdene som inngikk i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt (se «2.3.2 Forsøksperiode 2», s. 31). I uke 44 var prevalens av bevegelig lakselus 0.57 ± 0.1 i gruppen uten luseskjørt og 0.50 ± 0.1 i gruppen med luseskjørt i uke 44 (figur 9) ($p = 0,1$).

3.2 Miljøforhold

3.2.1 Temperatur og saltholdighet

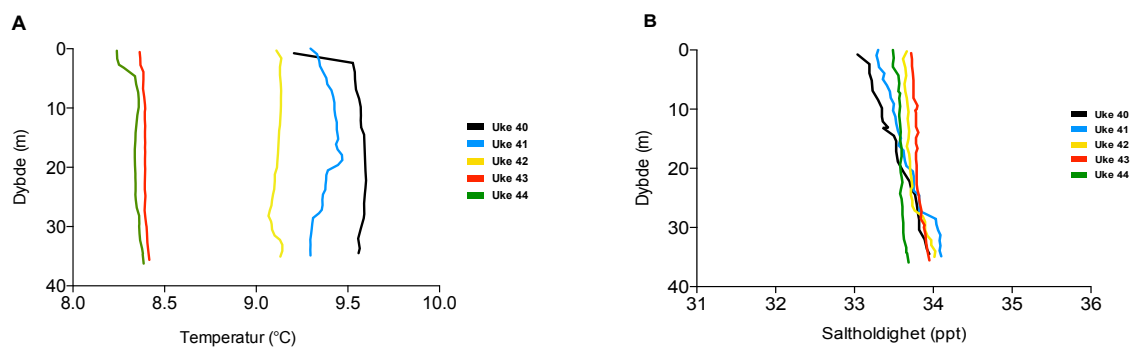
Temperatur – og saltholdighet ble registrert med CTD daglig fra mai – september (uke 18 – 36) og ukentlig i oktober (uke 40 – 44) på et fast punkt utenfor merdene (se «referansepunkt» figur 4/6/7). Det ble forventet at temperatur og saltholdighet i merdene tilsvarte omgivelsene og registrering på et fast punkt utenfor anlegget ble ansett som tilstrekkelig for å beskrive merdenes miljø (pers. kom. Oppedal)



Figur 10: Temperatur og saltholdighet fra 0-40 meter på referansepunktet fra mai til september. Temperatur og saltholdighet ble daglig registrert med manuell CTD-sonde fra uke 17 til uke 35. Farge indikerer A) temperatur (°C) og B) saltholdighet (ppt. / ‰).

Det var en gradvis temperaturøkning fra 4°C – >11°C fra mai til august i hele vannsøylen (figur 10A). Fra starten av juli ble det registrert økende overflatetemperatur og gradvis oppvarming nedover i vannsøylen. I slutten av juli var temperaturen ca. 14 °C på 0-10 meter, 10-12°C på 10-20 meter og 10-8°C på 20-40 meter. Fra midten av august var temperaturen tilnærmet 12 °C i hele vannsøylen, med en gradvis reduksjon til 10 °C i midten av september.

Det var lite endring i saltholdighet fra mai til september (figur 10B). Gjennom hele perioden økte saltholdighet fra 32‰ til 35‰ i dybden 0-40 meter. Registreringene viste tidvis en saltholdighet på ca. 31‰ i overflaten (0-0,5 m) gjennom hele perioden. Ved to tidspunkt (10. juni og 11. august) var det innslag av lavere saltholdighet (20–25‰) på 0-2 meters dybde.



Figur 11: Temperatur og saltholdighet fra 0-40 meter på referansepunktet i oktober. Temperatur (°C)(A) og saltholdighet (‰)(B) ble registrert med manuell CTD-sonde i uke 40, 41, 42, 43 og 44. Farge indikerer ukenummer.

I oktober (uke 40-44) sank temperaturen fra 9,5°C i uke 40 til 8,4°C i uke 44 i hele vannsøylen (figur 11A). Med unntak av uke 40 hvor det ble registrert en gradient fra 0-2 meter, med en temperaturøkning fra 9,1°C til 9,5°C. I oktober var det liten forskjell i saltholdighet på alle dyp (figur 11B). I uke 40 ble det registrert en økning i saltholdighet fra 33 ‰ til 34 ‰ i dybden 0-35 meter.

3.2.2 Daglig registrering av oksygen

Løst oksygen (DO%) ble registrert daglig fra april – oktober (uke 17-44) på 1, 6, 11 og 16 meters dybde, i samtlige forsøksmerder og på referansepunkt utenfor merdene. Endring av forsøksoppsettet ga et opphold i september (uke 37-40) (se «2.3 Forsøksoppsett», s. 31).

Resultater

Tabell 8: Daglig registrering av prosent løst oksygen (DO) på 1, 6, 11 og 16 meter i gruppe uten luseskjørt, gruppe med luseskjørt og på referansepunkt i perioden april - august. Tabellen er delt inn i perioder på én kalendermåned, med unntak av april og mai. Tabellen angir DO (%) og 5/95 prosentil. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. *Luseskjørt var ikke montert.

Dato	Dybde (m)	REFERANSE			UTEN LUSES KjØRT			LUSES KjØRT			EFFEKT
		DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	
23.04 - 22.05*	1	101	83	107	97	92	102	96	91	102	0,99
	6	98	92	103	95	91	100	94	91	99	0,99
	11	98	94	101	94	91	101	95	91	99	1,00
	16	98	94	101	95	91	101	95	90	99	1,00
23.05 - 31.05	1	105	93	109	99	95	105	94	84	102	0,94
	6	102	98	107	98	94	104	92	89	98	0,94
	11	102	98	107	99	93	104	95	91	101	0,96
	16	102	99	105	99	94	105	96	91	101	0,97
01. - 30.06	1	108	105	144	104	87	114	98	85	104	0,94
	6	108	97	123	104	94	113	98	89	110	0,95
	11	108	99	129	103	95	116	101	89	110	0,98
	16	107	101	130	103	96	118	100	90	111	0,97
01. - 31.07	1	112	102	122	109	90	118	88	74	105	0,80
	6	107	96	116	104	92	116	93	76	108	0,90
	11	105	99	115	101	91	113	100	82	106	0,98
	16	107	101	111	103	93	114	99	87	105	0,97
01. - 31.08	1	109	98	115	100	90	112	77	69	94	0,77
	6	104	94	110	95	88	107	81	69	95	0,85
	11	100	95	110	95	86	105	88	76	98	0,93
	16	101	96	111	94	87	106	90	77	96	0,96

Det var ingen forskjell i DO i anlegget før luseskjørt ble montert (tabell 8). Gjennom hele forsøksperioden (etter montering av luseskjørt) var alle målinger på referansepunktet innenfor 102-112 % DO. I gruppen uten luseskjørt var alle målinger innenfor 94-109 % DO. I gruppen med luseskjørt var alle målinger innenfor 77-101 % DO. På referansepunktet var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 93-105 % DO. I gruppen uten luseskjørt var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 87-96 % DO. I gruppen med luseskjørt var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 69-91% DO. På referansepunktet var DO lik på alle dybder, med unntak av noe høyere DO på 1 meter i mai, juli og august. I gruppen uten luseskjørt var DO lik på alle dybder i mai og juni, og med avtakende DO med økt dybde i juli og august. I gruppen med luseskjørt var DO lavere på 1 og 6 meter enn på 11 og 16 meter i juni, juli og august. Effektfaktor viste størst forskjell mellom gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt på 1 og 6 meter i juli og august. I juli var effektfaktor 0.80 og 0.90 på 1 og 6 meter. I august var effektfaktor 0.77 og 0.85 på 1 og 6 meter.

Tabell 9: Daglig registrering av prosent løst oksygen (DO) på 1, 6, 11 og 16 meter i gruppe uten luseskjørt, gruppe med luseskjørt og på referansepunkt i oktober. Tabellen angir median DO og 5/95 prosentil. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt].

Dato	Dybde (m)	REFERANSE			UTEN LUSES KjØRT			LUSES KjØRT			EFFEKT
		DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	
04.10 - 01.11	1	96	89	98	89	81	97	83	71	97	0,93
	6	96	84	98	90	80	98	87	69	98	0,97
	11	95	84	99	90	81	98	87	71	98	0,96
	16	92	86	100	90	81	99	87	72	99	0,97

I oktober var alle målinger på referansepunktet var innenfor 92-96 % DO (tabell 9). I oktober var alle målinger i gruppen uten luseskjørt innenfor 89-90 % DO. I oktober var alle målinger i gruppen med luseskjørt innenfor 83-87 % DO. På referansepunktet var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 84-89 % DO. I gruppen uten luseskjørt var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 80-81 % DO. I gruppen med luseskjørt var 5-prosentilen på alle målinger innenfor 69-72 % DO. På referansepunktet var DO lik på alle dybder, med unntak av noe lavere DO på 16 meter. I gruppen uten luseskjørt var DO lik på alle dybder. I gruppen med luseskjørt var DO lik på alle dybder, med unntak av lavere DO på 1 meter. I oktober viste effektfaktor størst forskjell mellom gruppene på 1 meter, med effekt 0.93.

3.2.3 Månedlige døgnregistreringer av oksygen

Gjennom tilsammen syv adskilte døgn mellom april og oktober i ble det gjennomført kontinuerlig oksygenregistreringer med CTD med O₂-måler i merder uten luseskjørt, merder med luseskjørt og på referansepunkt. Målingene ble gjennomført under det døgnet hvor tidevannsstrømmen var på sitt laveste.

Resultater

Tabell 10: Døgnregistrering av oksygenmetning (DO) på 0 – 20 meter i gruppe uten luseskjørt, gruppe med luseskjørt og på referansepunkt. Registrering ble gjennomført i uke 17, 24, 28, 32, 36. Tabellen skiller på dag/natt og vannsøylen er delt inn dybdeintervallene: 0 – 5 m, 5 – 10 m, 10 – 15 m og 15 – 20 m. Tabellen angir median oksygenmetning (DO %) og 5/95-prosentil. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. *luseskjørt var ikke montert. **merd K1.1 og L1.1 inngår ikke i gjennomsnittet.

Måned	Uke	Tid	Dybde (m)	REFERANSE			UTEN LUSESKJØRT			LUSESKJØRT			EFFEKT
				DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	
April	17*	Dag	0 - 5	88	80	92	92	86	100	89	85	94	0,97
			5 - 10	92	89	94	91	87	98	90	86	94	0,98
			10 - 15	95	94	98	95	89	100	93	88	97	0,99
			15 - 20	99	97	103	98	93	104	97	91	99	0,99
		Natt	0 - 5	89	82	91	89	82	95	88	82	92	0,99
			5 - 10	91	88	93	91	84	94	89	85	94	0,99
			10 - 15	96	93	98	94	89	97	93	88	97	0,99
			15 - 20	100	98	102	97	94	99	96	93	101	1,00
Juni	24	Dag	0 - 5	144	125	160	114	100	134	107	95	125	0,93
			5 - 10	141	129	150	116	98	127	112	97	128	0,97
			10 - 15	140	130	147	120	100	133	116	101	130	0,97
			15 - 20	144	130	148	122	110	137	117	103	133	0,96
		Natt	0 - 5	161	151	168	121	103	137	113	105	130	0,94
			5 - 10	152	142	161	125	105	139	122	108	136	0,98
			10 - 15	150	148	159	126	111	144	126	112	138	1,00
			15 - 20	149	146	158	125	115	148	130	114	140	1,04
Juli	28	Dag	0 - 5	110	104	118	98	90	106	87	77	97	0,89
			5 - 10	106	99	110	94	90	103	86	78	95	0,92
			10 - 15	103	99	111	95	91	104	93	84	100	0,98
			15 - 20	103	100	111	98	93	105	96	91	101	0,98
		Natt	0 - 5	115	104	126	102	99	108	93	85	99	0,91
			5 - 10	107	102	109	101	97	105	93	85	97	0,92
			10 - 15	107	102	109	101	97	104	96	92	92	0,95
			15 - 20	107	102	109	103	99	106	101	96	104	0,98
August	32	Dag	0 - 5	102	96	106	96	87	104	78	74	82	0,81
			5 - 10	101	98	105	95	87	104	79	73	85	0,83
			10 - 15	100	94	103	93	86	104	84	79	91	0,90
			15 - 20	97	94	101	93	87	105	89	82	94	0,96
		Natt	0 - 5	104	93	109	102	90	107	79	70	90	0,78
			5 - 10	103	96	108	99	91	107	82	72	87	0,83
			10 - 15	103	96	106	95	88	102	86	73	91	0,91
			15 - 20	100	96	102	96	89	105	89	81	94	0,92
September	36**	Dag	0 - 5	103	90	106	95	90	99	85	81	91	0,89
			5 - 10	101	98	102	96	92	101	85	82	92	0,89
			10 - 15	100	97	101	95	93	100	88	85	94	0,93
			15 - 20	97	95	100	95	92	98	91	88	93	0,96
		Natt	0 - 5	118	105	148	104	98	138	99	87	136	0,95
			5 - 10	121	109	141	124	104	156	112	97	137	0,91
			10 - 15	121	103	129	121	104	135	109	98	141	0,91
			15 - 20	120	113	134	106	97	120	105	99	135	0,99

Det var lite forskjell i DO i anlegget før luseskjørt ble montert (tabell 10). DO økte på våren og sank gjennom sommeren og høsten. I juli var median DO på alle målingene på referansepunktet innenfor 103-110% på dag og 107-115% på natt. I juli var median DO i

gruppen uten luseskjørt innenfor 94-98% på dag og 101-103% på natt. I juli var median DO i gruppen med luseskjørt innenfor 86-96% på dag og 93-101% på natt. I august var median DO på referansepunktet innenfor 97-102% på dag og 100-104% på natt. I august var median DO i gruppen uten luseskjørt innenfor 93-96% på dag og 95-102% på natt. I august var median DO i gruppen med luseskjørt innenfor 78-89% på dag og 79-89% på natt. I september var median DO på referansepunktet innenfor 97-103% på dag og 118-121% på natt. I september var median DO i gruppen uten luseskjørt innenfor 95-96% på dag og 104-124 % på natt. I september var median DO gruppen med luseskjørt innenfor 85-91% på dag og 99-112% på natt.

I juli var 5-prosentilen på referansepunktet på alle målingene innenfor 99-104% DO på dag og 102-104% DO på natt. I juli var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen uten luseskjørt innenfor 90-93% DO på dag og 97-99% DO på natt. I juli var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen med luseskjørt innenfor 77-91% DO på dag og 85-96% DO på natt. I august var 5-prosentilen til alle målingene på referansepunktet innenfor 94-96% DO på dag og 93-96 % DO på natt. I august var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen uten luseskjørt innenfor 86-87% DO på dag og 88-90% DO på natt. I august var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen med luseskjørt innenfor 73-82 % DO på dag og 70-81% DO på natt. I september var 5-prosentilen til alle målingene på referansepunktet innenfor 90-98 % DO på dag og 103-113% DO på natt. I september var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen uten luseskjørt innenfor 90-93% DO på dag og 97-104 % DO på natt. I september var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen med luseskjørt innenfor 81-88% DO på dag og 87-99% DO på natt.

Effektfaktor (EF) viste økende forskjell mellom gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt gjennom sommer og høst. Forskjellen oppstod først i dybdeintervall 0-5 meter og bredte seg dypere i vannsøylen til august, med redusert forskjell i september. I juni var EF i dybde 0-5 meter 0.93 på dag og 0.94 på natt. I juli var EF i dybde 0-10 meter 0.89-0.92 på dag og 0.91-0.92 på natt. I august var EF i dybde 0-15 meter 0.81-0.90 på dag og i dybde 0-20 0.78-0.92 på natt. I september var EF i dybde 0-15 meter 0.89-0.93 på dag og i dybde 5-15 meter 0.91 på natt.

Tabell 11: Døgnregistrering av løst oksygen (DO) på 0 – 20 meter i gruppe uten luseskjørt, gruppe med luseskjørt og på referansepunkt. Registrering ble gjennomført i uke 44. Tabellen skiller på dag/natt og vannsøylen er delt inn dybdeintervallene: 0 – 5 m, 5 – 10 m, 10 – 15 m og 15 – 20 m. Tabellen angir median oksygenmetning (DO %) og 5/95-prosentil. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt].

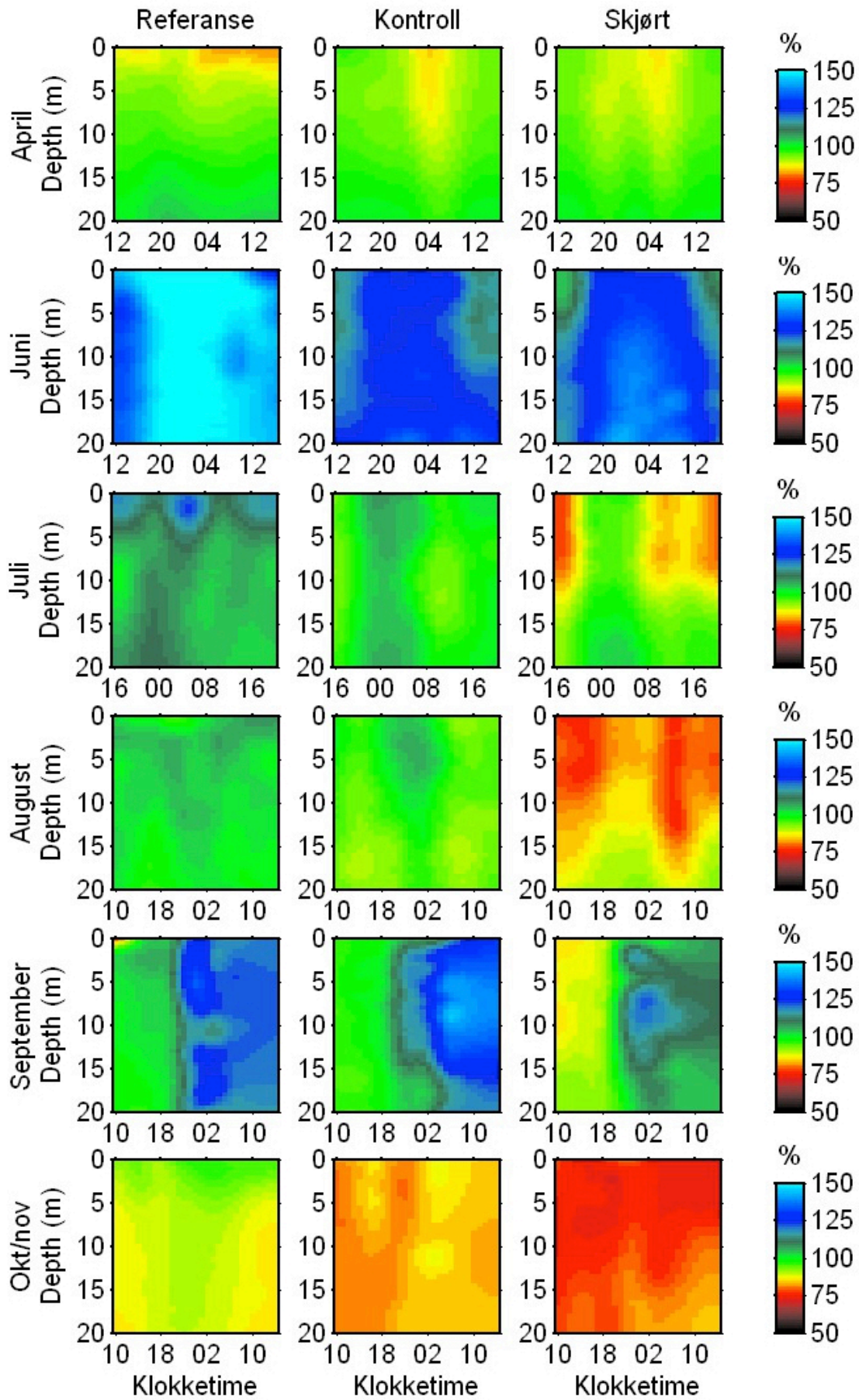
Måned	Uke	Tid	Dybde (m)	REFERANSE			UTEN LUSESKJØRT			LUSESKJØRT			EFFEKT
				DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	DO (%)	5 %	95 %	
Oktober	44	Dag	0 - 5	90	87	95	83	78	87	71	68	78	0,86
			5 - 10	87	85	89	81	77	85	72	68	78	0,88
			10 - 15	87	85	89	81	78	83	77	68	80	0,95
			15 - 20	87	84	89	81	78	83	79	71	82	0,98
		Natt	0 - 5	93	91	97	86	79	88	75	68	81	0,87
			5 - 10	89	89	90	83	81	85	76	70	82	0,91
			10 - 15	89	88	89	83	80	86	80	73	82	0,95
			15 - 20	88	88	89	84	79	86	81	77	82	0,97

I oktober var median DO på alle målingene på referansepunktet innenfor 87-90 % DO på dag og 88-93 % DO på natt (tabell 11). I oktober var median DO på alle målingene i gruppen uten luseskjørt innenfor 81-83 % DO på dag og 83-86 % DO på natt. I oktober var median DO i gruppen med luseskjørt innenfor 71-79 % DO på dag og 75-81 % DO på natt. I oktober var 5-prosentilen på referansepunktet på alle målingene innenfor 84-87% DO på dag og 88-91% DO på natt. I oktober var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen uten luseskjørt innenfor 77-78% DO på dag og 79-81% DO på natt. I oktober var 5-prosentilen til alle målingene i gruppen med luseskjørt innenfor 68-71% DO på dag og 68-77% DO på natt. Effektfaktor (EF) viste størst forskjell i dybdeintervallet 0-5 meter og redusert forskjell med økt dybde. I oktober var EF i dybde 0-10 meter 0.86-0.88 på dag og 0.87-0.91 på natt.

3.2.3.1 Oksygenplot

Oksygenmetning i dybdeintervallet 0 – 20 meter gjennom hele døgnet på referansepunkt, merder uten luseskjørt og merder med luseskjørt ble analysert i bildeplot. Figur 12 viser referansepunkt og en representativ merd fra gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt. Samtlige forsøksmerder kan ses i appendiks II (figur A3).

Figur 12: Døgnregistrering av oksygenmetning (%) på 0 – 20 meter i forsøksmerder og på referansepunkt. Oksygen ble registrert med CTD med O₂-måler gjennom ett døgn, når tidevannsstrømmen var på det laveste, i april (uke 17), juni (uke 23), juli (uke 28), august (uke 32), september (uke 36) og oktober (uke 44). Bildet viser referansepunkt og representativ merd fra gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt. Fargeskala viser valgt fargemarkør for oksygenverdi mellom 50 – 150 % metning.



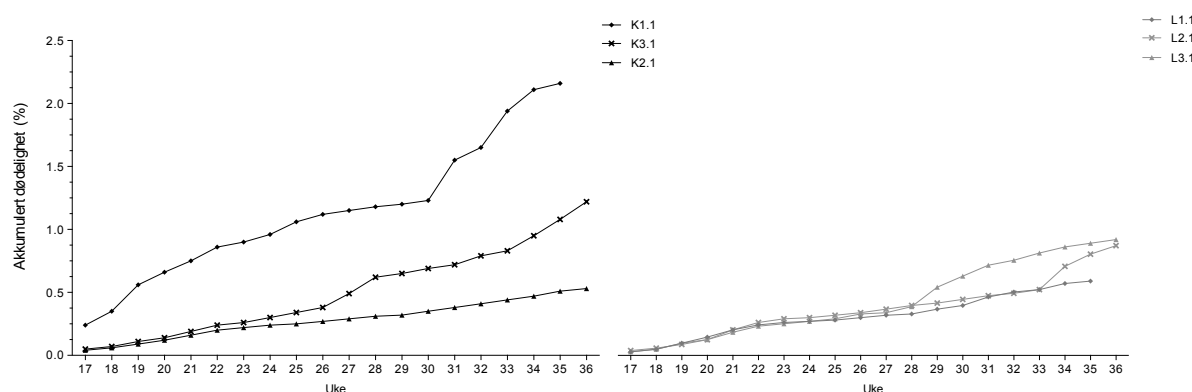
DO økte på våren og ble gradvis redusert gjennom sommer og høst, med unntak av en økning i september (figur 12). Det ble registrert liten forskjell i DO mellom gruppene før luseskjørt ble montert (april). I juli var DO i gruppen uten luseskjørt ~100% på dagtid og ~115% på natten i hele vannsøylen. I juli var DO i gruppen med luseskjørt 70-80 % i dybden 0-10 meter på dagtid og ~100% i dybden 0-20 meter på natten. I august var DO i gruppen uten luseskjørt ~100% i dybden 0-20 meter på dagtid og ~115% i dybden 0-10 meter på natten. I august var DO i gruppen med luseskjørt ~75% i dybden 0-15 meter på dagtid og ~85-90% i dybden 0-10 meter på natten. I september var DO i gruppen uten luseskjørt 100% i dybden 0-20 meter på dagtid. I september var DO i gruppen med luseskjørt ~80% i dybden 0-15 meter på dagtid. I september økte DO markant ($\geq 125\%$ DO) på kvelden i dybden 0-20 meter på referansepunktet, gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt. Endringene var mer tydelig på referansepunktet og gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt. I oktober var DO i gruppen uten luseskjørt ~80% på dagtid og ~90% på natten i dybden 0-20 meter. I oktober var DO i gruppen med luseskjørt ~70% i dybden 0-20 meter gjennom hele døgnet, med unntak av ~80% i dybden 10-20 meter på morgen og formiddag.

3.3 Produksjonsdata

Dødelighet, vekst og fôringsmengde (produksjonsdata) ble registrert fra april til oktober, med unntak av uke 36-40. Perioden april – august (uke 17-35) omtales som *forsøksperiode 1* og oktober (uke 40-44) omtales som *forsøksperiode 2*.

3.3.1 Dødelighet

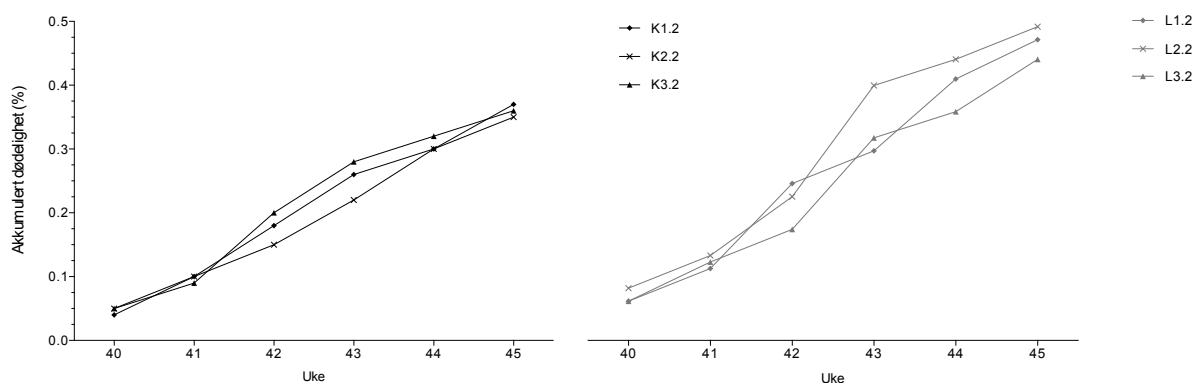
3.3.1.1 Forsøksperiode 1 (uke 17 – 35)



Figur 13: Akkumulert dødelighet i forsøksperiode 1 (uke 17 – 35). Dødelighet ble registrert ved daglig i samtlige forsøksmerder. Grafene viser akkumulert dødelighet i % individer gjennom hele forsøksperiode 1, fordelt på merder uten luseskjørt (K1.1, K2.1, K3.1) og merder med luseskjørt (L1.1, L2.1, L3.1).

I forsøksperiode 1 var akkumulert dødelighet 3,75% i gruppen uten luseskjørt og 2,36% i gruppen med luseskjørt (figur 13). Akkumulert dødelighet var signifikant høyere i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt ($p=0,015$). I gruppen uten luseskjørt utmerket merd K1.1 seg med forholdsvis mye høyere dødelighet enn de andre merdene i gruppen (appendiks III, tabell A1/A2). Dødelighetsfordelingen i gruppen uten luseskjørt var 2,16 % i K1.1, 0,53% i K2.1 og 1,22% i K3.1. Dødelighetsfordelingen i gruppen med luseskjørt var 0,61% i L1.1, 0,90% i L2.1 og 0,95% i L3.1. Gjennomsnittlig dødelighet for hele perioden var $0,20 \pm 0,1\%$ pr. uke i gruppen uten luseskjørt og $0,12 \pm 0,06\%$ pr. uke i gruppen med luseskjørt.

3.3.1.2 Forsøksperiode 2 (uke 40 – 45)



Figur 14: Akkumulert dødelighet i forsøksperiode 2 (uke 40 – 45). Dødelighet ble registrert ved daglig opptak av «dødfiskhåven» i samtlige forsøksmerder. Grafene viser akkumulert dødelighet i % individer gjennom hele forsøksperiode 2, fordelt på merder uten luseskjørt (K1.1, K2.1, K3.1) og merder med luseskjørt (L1.1, L2.1, L3.1).

I forsøksperiode 2 var akkumulert dødelighet 1,07 % i gruppen uten luseskjørt og 1,37 % i gruppen med luseskjørt (figur 14). Forskjellen var ikke signifikant ($p=0.09$). Dødelighetsfordelingen i gruppen uten luseskjørt var 0,37% i K1.2, 0,35% i K2.2 og 0,36% i K3.2. Dødelighetsfordelingen i gruppen med luseskjørt var 0,46% i L1.2, 0,48 % i L2.2 og 0,43% i L3.2 (appendiks III, tabell A1/A2). Gjennomsnittlig dødelighet for hele forsøksperiode 2 var $0,18\pm 0,04$ % pr. uke i gruppen uten luseskjørt og $0,23\pm 0,07$ % pr. uke i gruppen med luseskjørt.

3.3.2 Vekst

I sammenheng med Salmon Welfare Index Model ble 20 fisk fra hver merd bedøvet og veid ved fire uttak i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) og to uttak i periode 2 (uke 40 og 44).

Tabell 12: Gjennomsnittlig målt vekt (kg) i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt. 20 individer pr. merd ble veid i uke 17, 24, 29 og 34 (forsøksperiode 1) og uke 40 og 41 (forsøksperiode 2). Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. Tabellen viser gjennomsnittlig vekt (kg) ± standardfeil, samt total vekst gjennom hele periode 1 og 2. *Luseskjørt var ikke montert.

Periode	Uke	Gruppe uten luseskjørt	Gruppe med luseskjørt
1	17*	0,550 ± 0,03	0,558 ± 0,02
	24	0,763 ± 0,03	0,652 ± 0,02
	29	0,920 ± 0,05	0,928 ± 0,03
	34	1,462 ± 0,04	1,305 ± 0,04
	Total vekst	0,912	0,747
2	40*	2,195 ± 0,06	2,371 ± 0,06
	44	2,848 ± 0,09	2,553 ± 0,06
	Total vekst	0,653	0,182

3.3.2.1 Forsøksperiode 1 (uke 17 – 34)

I uke 17 var vekten 0.55 ± 0.03 kg i gruppen uten luseskjørt og 0.56 ± 0.03 kg i gruppen med luseskjørt (tabell 12). I uke 24 var vekten 0.76 ± 0.03 kg i gruppen uten luseskjørt og 0.65 ± 0.02 kg i gruppen med luseskjørt. I uke 29 var vekten 0.92 ± 0.04 kg i gruppen uten luseskjørt og 0.93 ± 0.03 kg i gruppen med luseskjørt. I uke 34 var vekten 1.46 ± 0.04 kg i gruppen uten luseskjørt og 1.30 ± 0.04 kg i gruppen med luseskjørt. Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene i uke 17 og 29. Gruppen uten luseskjørt hadde signifikant høyere vekt enn gruppen med luseskjørt i uke 24 ($p=0,0013$) og uke 34 ($p=0,0075$). I periode 1 var akkumulert vekst 0.911 kg i gruppen uten luseskjørt og 0.747 kg i gruppen med luseskjørt. Vekt i hver enkelt forsøksmerd kan ses i appendiks IV (tabell A3). Det var ingen signifikant forskjell i mengde fôr gitt til gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i periode 1.

3.3.2.2 Forsøksperiode 2 (uke 40 – 44)

I uke 40 var vekten 2.19 ± 0.06 kg i gruppe uten luseskjørt og 2.37 ± 0.06 kg gruppe med luseskjørt (tabell 12). I uke 44 var vekten 2.85 ± 0.08 kg i gruppe uten luseskjørt og 2.55 ± 0.06

kg i gruppe med luseskjørt. Gruppen med luseskjørt hadde signifikant høyere vekt enn gruppen uten luseskjørt i uke 40 ($p=0,032$). Gruppen uten luseskjørt hadde signifikant høyere vekt enn gruppen uten luseskjørt i uke 44 ($p=0,018$). I periode 2 var akkumulert vekst 0.653 kg i gruppen uten luseskjørt og 0.182 kg i gruppen med luseskjørt. Vekst i hver enkelt forsøksmerd kan ses i appendiks IV (tabell A3). Det var ingen signifikant forskjell i mengde fôr gitt til gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 2.

3.3.3 Kondisjonsfaktor

I sammenheng med Salmon Welfare Index Model ble 20 fisk bedøvet og veid og målt ved fire uttak i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) og to uttak i periode 2 (uke 40 og 44). *Fultons Condition Factor* (kondisjonsfaktor) ble beregnet.

Tabell 13: Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt. 20 individer pr. merd ble veid og målt i uke 17, 24, 29 og 34 i forsøksperiode 1 og uke 40 og 41 i forsøksperiode 2. Fulton's Condition Factor (kondisjonsfaktor) ble beregnet: $K=(WL^{-3})100$, hvor W er vekt i g og L er lengde i cm. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. Tabellen viser kondisjonsfaktor \pm standardfeil. *Luseskjørt var ikke montert.

Periode	Uke	Gruppe uten luseskjørt	Gruppe med luseskjørt	EFFEKT
1	17*	1,10 \pm 0,01	1,13 \pm 0,02	1,02
	24	1,12 \pm 0,02	1,07 \pm 0,01	0,95
	29	1,13 \pm 0,01	1,12 \pm 0,01	0,99
	34	1,22 \pm 0,01	1,16 \pm 0,01	0,95
2	40*	1,29 \pm 0,02	1,28 \pm 0,01	0,99
	44	1,30 \pm 0,01	1,22 \pm 0,02	0,93

3.3.3.1 Forsøksperiode 1 (uke 17 – 34)

I forsøksperiode 1 var kondisjonsfaktor forholdsvis stabil i begge forsøksgruppene (tabell 13). I uke 17 var kondisjonsfaktoren 1.10 \pm 0.01 i gruppen uten luseskjørt og 1.13 \pm 0.02 i gruppen med luseskjørt. I uke 24 var kondisjonsfaktoren 1.12 \pm 0.02 i gruppen uten luseskjørt og 1.07 \pm 0.01 i gruppen med luseskjørt. I uke 29 var kondisjonsfaktoren 1.13 \pm 0.01 i gruppen uten luseskjørt og 1.12 \pm 0.01 kg i gruppen med luseskjørt. I uke 34 var kondisjonsfaktoren 1.22 \pm 0.01 i gruppen uten luseskjørt og 1.16 \pm 0.01 i gruppen med luseskjørt. Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i uke 17, 24 og 29. Gruppe uten luseskjørt hadde signifikant høyere kondisjonsfaktor enn gruppe med

luseskjørt i uke 34 ($p=0.0004$). Gjennom forsøksperiode 1 ble det registrert en signifikant økt kondisjonsfaktor i gruppe uten luseskjørt ($p<0.001$) og uendret kondisjonsfaktor i gruppe med luseskjørt. Effektfaktor var >0.95 i hele periode 1. Kondisjonsfaktor i hver enkelt forsøksmerd kan ses i appendiks IV (tabell A4)

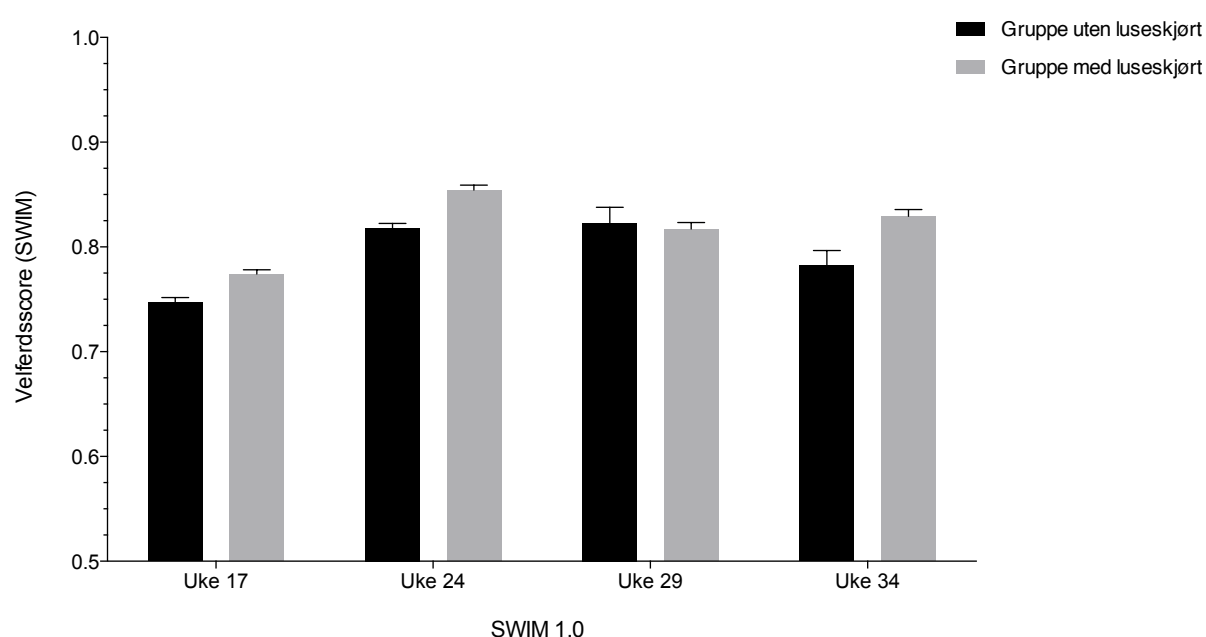
3.3.3.2 Forsøksperiode 2 (uke 40 – 44)

I forsøksperiode 2 var kondisjonsfaktor uendret i gruppe uten luseskjørt og redusert i gruppe med luseskjørt ($p=0.019$) (tabell 13). I uke 40 var kondisjonsfaktoren $1,29\pm 0,02$ i gruppen uten luseskjørt og $1,28\pm 0,01$ i gruppen med luseskjørt. I uke 44 var kondisjonsfaktoren $1,30\pm 0,01$ i gruppen uten luseskjørt og $1,22\pm 0,02$ i gruppen med luseskjørt. Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene i uke 40. Gruppe med luseskjørt hadde en signifikant lavere kondisjonsfaktor enn gruppen uten luseskjørt i uke 44 ($p=0,0006$). Effektfaktor ble redusert fra 0.99 til 0.93 fra uke 40 til 44. Kondisjonsfaktor i hver enkelt forsøksmerd kan ses i appendiks IV (tabell A4).

3.4 Fiskevelferd

Salmon Welfare Index Model (SWIM) ble gjennomført ved fire tidspunkt i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) (SWIM 1.0) og to tidspunkt i forsøksperiode 2 (uke 40 og 44) (SWIM 1.0/1.1).

3.4.1 Forsøksperiode 1 (uke 17 – 34)



Figur 15: Velferdsscore i gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34). 20 individer pr. merd ble undersøkt med Salmon Welfare Index Model 1.0. Luseskjørt var ikke montert i uke 17 og denne undersøkelsen benyttes som referansepunkt. Figuren viser velferdsscore ± standardfeil.

Velferdsscore i gruppen uten luseskjørt økte fra uke 17 til 24 ($p < 0.001$), var uendret fra uke 24 til 29 ($p = 0.74$) og viste antydning til reduksjon fra uke 29 til 34 ($p = 0.055$) (figur 15). Velferdsscore i gruppe med luseskjørt økte fra uke 17 til 24 ($p < 0.001$), ble redusert fra uke 24 til 29 ($p < 0.001$) og var uendret fra uke 29 til 34 ($p = 0.3$). I uke 17 var velferdsscore 0.747 ± 0.05 i gruppen uten luseskjørt og 0.774 ± 0.004 i gruppen med luseskjørt. I uke 24 var velferdsscore 0.818 ± 0.004 i gruppen uten luseskjørt og 0.854 ± 0.005 i gruppen med luseskjørt. I uke 29 var velferdsscore 0.823 ± 0.01 i gruppen uten luseskjørt og 0.817 ± 0.006 i gruppen

med luseskjørt. I uke 34 var velferdsscore 0.782 ± 0.01 i gruppen uten luseskjørt og 0.829 ± 0.007 i gruppen med luseskjørt. Det var signifikant forskjell mellom gruppene i uke 17 ($p < 0,001$), 24 ($p < 0,0001$) og 34 ($p < 0,003$). Det var spesielt interessant at velferdsscore i gruppen med luseskjørt var høyere enn gruppen uten luseskjørt i uke 17, 24 og 34. Primært skyldtes dette høyere grad av forstyrrelser, dødelighet, infeksjon av lakselus og skinnlesjon i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt (tabell 14). Effektfaktor var 1.04 i uke 17, 1.04 i uke 24, 0.99 i uke 29 og 1.06 i uke 34. Velferdsscore fordelt på hver enkelt merd kan ses i appendiks V (tabell A5).

Resultater

Tabell 14: Individuell velferdsscore for hver indikator (parameter) i Salmon Welferd Index Model i gruppe uten luseskjørt (K1,2,3) og gruppe med luseskjørt (L1,2,3) i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34). Luseskjørt var ikke montert i uke 17 og denne undersøkelsen benyttes som referansepunkt. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. Tabellen viser gjennomsnittlig velferdsscore \pm standardfeil.

SWIM	PARAMETER	UKE	UTEN LUSESJØRT	LUSESJØRT	EFFEKT
1.0	Temperatur	17	0,25 \pm 0	0,25 \pm 0	1
		24	0,75 \pm 0	0,75 \pm 0	1
		29	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		34	1 \pm 0	1 \pm 0	1
1.0	Saltholdighet	17	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		24	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		29	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		34	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
1.0	Lys	17	0 \pm 0	0 \pm 0	1
		24	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		29	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		34	1 \pm 0	1 \pm 0	1
1.0	Forstyrrelse	17	0,89 \pm 0,2	1 \pm 0	1,12
		24	0,89 \pm 0,2	1 \pm 0	1,12
		29	0,89 \pm 0,2	1 \pm 0	1,12
		34	0,78 \pm 0,4	1 \pm 0	1,28
1.0	Dødelighet	17	0,58 \pm 0,29	0,75 \pm 0,0	1,29
		24	0,75 \pm 0	0,92 \pm 0,1	1,23
		29	0,75 \pm 0	0,58 \pm 0,3	0,77
		34	0,42 \pm 0,29	0,58 \pm 0,3	1,38
1.0	Appetitt	17	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		24	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		29	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		34	1 \pm 0	1 \pm 0	1
1.0	Lakselus	17	0,86 \pm 0,02	0,91 \pm 0,02	1,06
		24	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		29	0,93 \pm 0,02	0,94 \pm 0,02	1,01
		34	0,72 \pm 0,02	0,84 \pm 0,02	1,17
1.0	Kondisjon	17	0,77 \pm 0,03	0,80 \pm 0,03	1,04
		24	0,81 \pm 0,03	0,67 \pm 0,03	0,82
		29	0,83 \pm 0,03	0,78 \pm 0,04	0,93
		34	0,95 \pm 0,02	0,92 \pm 0,03	0,96
1.0	Avmagring	17	1 \pm 0	0,98 \pm 0,02	0,98
		24	0,93 \pm 0,03	0,95 \pm 0,03	1,02
		29	0,90 \pm 0,04	0,92 \pm 0,04	1,02
		34	0,93 \pm 0,03	0,85 \pm 0,05	0,91
1.0	Finner	17	0,62 \pm 0,03	0,55 \pm 0,03	0,88
		24	0,78 \pm 0,03	0,70 \pm 0,03	0,89
		29	0,37 \pm 0,05	0,27 \pm 0,05	0,74
		34	0,49 \pm 0,03	0,47 \pm 0,02	0,95
1.0	Skind	17	0,80 \pm 0,03	0,84 \pm 0,03	1,05
		24	0,63 \pm 0,02	0,68 \pm 0,02	1,07
		29	0,64 \pm 0,02	0,64 \pm 0,02	1,01
		34	0,64 \pm 0,02	0,70 \pm 0,02	1,09

I uke 17 ble redusert velferdsscore (<1.0) i gruppen uten luseskjørt forårsaket av temperatur (0.25), saltholdighet (0.5), lys (0), forstyrrelser (0.89), dødelighet (0.58), appetitt (0.5), lakselus (0.86), kondisjon (0.77), finner (0.62) og skinn (0.80) (tabell 14). I uke 17 ble redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt forårsaket av temperatur (0.25), saltholdighet (0.5), lys (0), dødelighet (0.75), appetitt (0.5), lakselus (0.91), kondisjon (0.8), avmagring (0.98), finner (0.55) og skinn (0.84).

I uke 24 ble redusert velferdsscore i gruppen uten luseskjørt ble forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), forstyrrelser (0.89), dødelighet (0.75), appetitt (0.5), kondisjon (0.81), avmagring (0.93), finner (0.78) og skinn (0.63). I uke 24 ble redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), dødelighet (0.92), appetitt (0.5), kondisjon (0.67), avmagring (0.95), finner (0.70) og skinn (0.68).

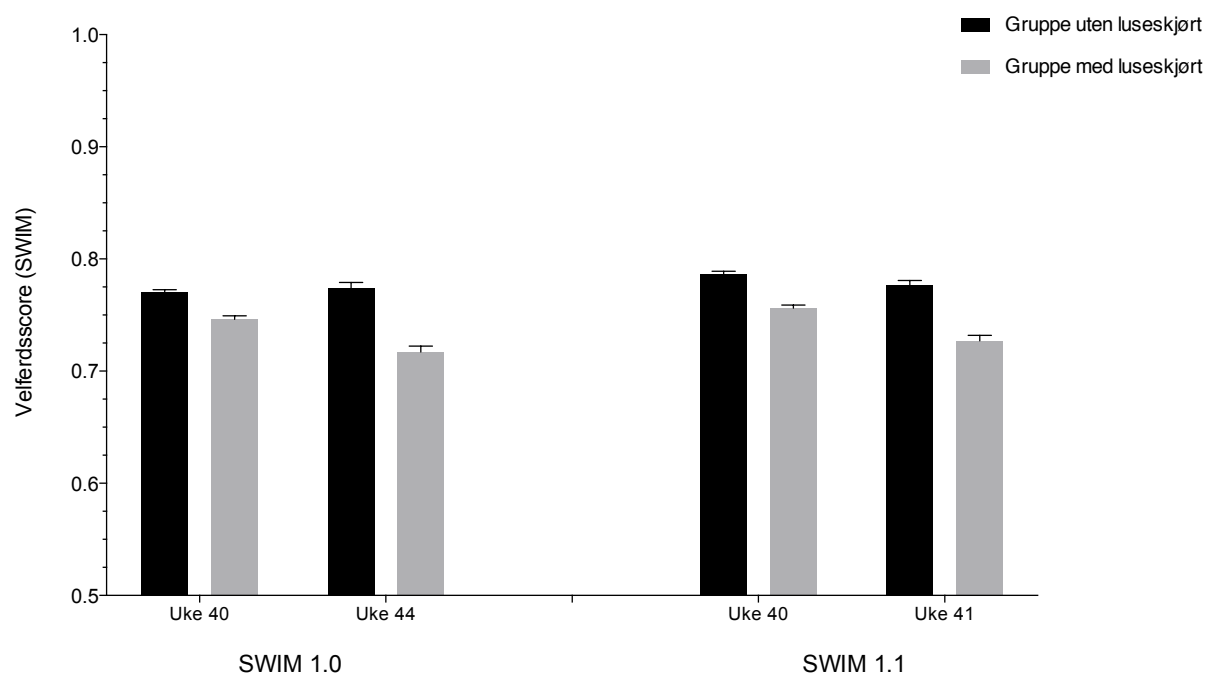
I uke 29 ble redusert velferdsscore i gruppen uten luseskjørt ble forårsaket av saltholdighet (0.5), forstyrrelser (0.89), dødelighet (0.75), lakselus (0.93), kondisjon (0.83), avmagring (0.9), finner (0.37) og skinn (0.64). I uke 29 ble redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt forårsaket av saltholdighet (0.5), dødelighet (0.58), lakselus (0.94), kondisjon (0.78), avmagring (0.92), finner (0.27) og skinn (0.64).

I uke 34 ble redusert velferdsscore i gruppen uten luseskjørt forårsaket av saltholdighet (0.5), forstyrrelser (0.78), dødelighet (0.48), lakselus (0.72), kondisjon (0.95), avmagring (0.93), finner (0.49) og skinn (0.64). I uke 24 ble redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt forårsaket av saltholdighet (0.5), dødelighet (0.58), lakselus (0.84), kondisjon (0.92), avmagring (0.85), finner (0.47) og skinn (0.70).

Det ble ikke registrert redusert eller endret velferdsscore som følge av vannstrøm, tetthet, oksygen, vertebral deformitet, smoltifiseringsstadium eller reproduksjonsstadium i gruppe uten luseskjørt eller gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 1 (ikke inkludert i tabell 14).

Effektfaktor var 1 for temperatur, saltholdighet, lys og appetitt gjennom forsøksperiode 1. Effektfaktor var >1 for forstyrrelser, dødelighet, lakselus, avmagring og skinn gjennom forsøksperiode 1, med unntak av dødelighet i uke 29 og avmagring i uke 17 og 34. Effektfaktor var <1 for kondisjon og finner gjennom forsøksperiode 1. Med unntak av kondisjon i uke 17 (1.04).

3.4.2 Forsøksperiode 2 (uke 40 – 44)



Figur 16: Velferdsscore i gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 2 (uke 40 og 44). 20 individer pr. merd ble undersøkt med Salmon Welfare Index Model 1.0 og 1.1 (SWIM 1.0 og 1.1). Luseskjørt ble montert i uke 40 og denne undersøkelsen benyttes som referansepunkt. Figuren viser velferdsscore ± standardfeil.

Velferdsscore fra uke 40 til 44 i gruppen uten luseskjørt var uendret ved SWIM 1.0 ($p=0.4$) og antydning til redusert ved SWIM 1.1 ($p=0.07$) (figur 16). Velferdsscore fra uke 40 til 44 i gruppen med luseskjørt ble redusert ved både SWIM 1.0 og 1.1 ($p<0.001$). I uke 40 var velferdsscore ved SWIM 1.0 0.770 ± 0.002 i gruppen uten luseskjørt og 0.746 ± 0.003 i gruppen med luseskjørt. I uke 40 var velferdsscore ved SWIM 1.1 0.786 ± 0.003 i gruppen uten luseskjørt og 0.763 ± 0.003 i gruppen med luseskjørt. I uke 44 var velferdsscore ved SWIM 1.0 0.774 ± 0.005 i gruppen uten luseskjørt og 0.717 ± 0.005 i gruppen med luseskjørt. I uke 44 var velferdsscore ved SWIM 1.1 0.776 ± 0.005 i gruppen uten luseskjørt og 0.727 ± 0.005 i gruppen med luseskjørt. Gruppen med luseskjørt hadde signifikant lavere velferdsscore enn gruppen uten luseskjørt i uke 40 og 44 ved SWIM 1.0 og 1.1 ($p<0,001$). Effektfaktor var 0.97 i uke 40 ved SWIM 1.0 og 1.1. Effektfaktor var 0.93 ved SWIM 1.0 og 0.94 ved SWIM 1.1 i uke 44. Velferdsscore fordelt på hver enkelt merd kan ses i appendiks V (tabell A5).

Resultater

Tabell 15: Individuell velferdsscore for hver indikator (parameter) i Salmon Welferd Index Model i gruppe uten luseskjørt (K1,2,3) og gruppe med luseskjørt (L1,2,3) i forsøksperiode 2 (uke 40 og 44). Luseskjørt ble montert i uke 40, noe som gjør at denne undersøkelsen benyttes som referansepunkt fra perioden før behandling. Effektfaktor (effekt) angir forholdet mellom gruppen uten luseskjørt og gruppen med luseskjørt etter formel: [luseskjørt / uten luseskjørt]. Tabellen viser gjennomsnittlig vektingsfaktor \pm standardfeil.

SWIM	PARAMETER	UKE	UTEN LUSESJØRT	LUSESJØRT	EFFEKT
1.0 / 1.1	Temperatur	40	0,75 \pm 0	0,75 \pm 0	1
		44	0,75 \pm 0	0,75 \pm 0	1
1.0 / 1.1	Oksygen	40	1 \pm 0	1 \pm 0	1
		44	1 \pm 0	0,50 \pm 0	0,5
1.0 / 1.1	Saltholdighet	40	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
		44	0,5 \pm 0	0,5 \pm 0	1
1.0 / 1.1	Lys	40	0 \pm 0	0 \pm 0	1
		44	0 \pm 0	0 \pm 0	1
1.0 / 1.1	Forstyrrelse	40	0,33 \pm 0	0,33 \pm 0	1
		44	1 \pm 0	1 \pm 0	1
1.0 / 1.1	Dødelighet	40	0,75 \pm 0	0,58 \pm 0,14	0,78
		44	0,58 \pm 0,29	0,58 \pm 0,29	1
1.0 / 1.1	Appetitt	40	1 \pm 0	0,50 \pm 0	1
		44	1 \pm 0	0,50 \pm 0	1
1.0 / 1.1	Lakselus	40	0,67 \pm 0	0,67 \pm 0	1
		44	0,74 \pm 0,02	0,78 \pm 0,02	1,05
1.0 / 1.1	Kondisjon	40	0,97 \pm 0,02	0,97 \pm 0,02	1
		44	0,99 \pm 0,01	0,98 \pm 0,01	0,99
1.0 / 1.1	Avmagring	40	0,98 \pm 0,02	0,98 \pm 0,02	1
		44	0,97 \pm 0,02	0,88 \pm 0,04	0,91
1.0 / 1.1	Finner	40	0,50 \pm 0,03	0,49 \pm 0,03	0,99
		44	0,46 \pm 0,02	0,41 \pm 0,02	0,89
1.0 / 1.1	Skind	40	0,71 \pm 0,02	0,65 \pm 0,02	0,92
		44	0,70 \pm 0,02	0,66 \pm 0,02	0,95
1.1	Syn (øyetilstand)	40	1 \pm 0	0,99 \pm 0,01	0,99
		44	1 \pm 0	1 \pm 0	1
1.1	Gjeller	40	0,74 \pm 0,03	0,73 \pm 0,03	0,98
		44	0,48 \pm 0,02	0,49 \pm 0,02	1,04
1.1	Gjellelokk	40	0,85 \pm 0,03	0,80 \pm 0,03	0,95
		44	0,77 \pm 0,03	0,72 \pm 0,03	0,93
1.1	Munn og kjeve	40	0,88 \pm 0,03	0,88 \pm 0,03	1
		44	0,87 \pm 0,03	0,91 \pm 0,03	1,05

I uke 40 ble redusert velferdsscore (<1) (SWIM 1.0/1.1) i gruppen uten luseskjørt forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), forstyrrelser (0.33), dødelighet (0.75), lakselus (0.67), kondisjon (0.97), avmagring (0.98), finner (0.5), skinn (0.71), gjeller (0.74), gjellelokk (0.85) og munn og kjeve (0.88) (tabell 15). I uke 40 ble redusert velferdsscore (SWIM 1.0/1.1) i gruppen med luseskjørt forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), forstyrrelser (0.33), dødelighet (0.58), appetitt (0.5), lakselus (0.67), kondisjon (0.97),

avmagring (0.98), finner (0.49), skinn (0.65), syn (0.99), gjeller (0.73), gjellelokk (0.80) og munn og kjeve (0.88).

I uke 44 ble redusert velferdsscore (SWIM 1.0/1.1) i gruppen uten luseskjørt forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), dødelighet (0.58), lakselus (0.74), kondisjon (0.99), avmagring (0.97), finner (0.46), skinn (0.7), gjeller (0.48), gjellelokk (0.77) og munn og kjeve (0.87). I uke 44 ble redusert velferdsscore (SWIM 1.0/1.1) i gruppen med luseskjørt forårsaket av temperatur (0.75), saltholdighet (0.5), oksygen (0.5), dødelighet (0.58), appetitt (0.5), lakselus (0.78), kondisjon (0.98), avmagring (0.88), finner (0.41), skinn (0.66), gjeller (0.49), gjellelokk (0.72) og munn og kjeve (0.91).

Det ble ikke registrert redusert eller endret velferdsscore som følge av vannstrøm, tetthet, oksygen, vertebral deformitet, smoltifiseringsstadium eller reproduksjonsstadium i gruppe uten luseskjørt eller gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 2 (ikke inkludert i tabell 15).

Effektfaktor var 1 for temperatur, saltholdighet, lys, forstyrrelse og appetitt gjennom forsøksperiode 2. Effektfaktor var >1 for lakselus og munn og kjeve gjennom forsøksperiode 2. Effektfaktor var <1 for oksygen, kondisjon, avmagring, finner, skinn og gjellelokk i forsøksperiode 2, med unntak av oksygen, kondisjon og avmagring i uke 40.

4 Diskusjon

Næs et al. (2012, 2014) har vist signifikant positiv effekt mot infeksjon av lakselus ved utprøving av det fluidpermeable luseskjørtet SalGard™ i felt. Liknende teknologier (Permaskjørt) har også vist positive effekter (Grøntvedt og Kristoffersen, 2015, Lien et al., 2015). Næs *et al.* 2014 påviste ingen betydelig reduserte oksygenverdier eller negativ fiskevelferdsmessig effekt ved bruk av fluidpermeabelt luseskjørt. Liknende teknologier har imidlertid vist å kunne medføre kritiske oksygenverdier (Stien et al., 2012). Ytterligere utprøving av fluidpermeabelt luseskjørt har vært ønskelig for opparbeide en bedre forståelse av luseskjørtets påvirkning på atlantisk laks i oppdrett. Nordlaks Oppdrett AS benytter fluidpermeabelt luseskjørt i kommersiell produksjon og har vært svært delaktig i tidligere utprøving og utvikling av teknologien (pers. kom Johansen). For optimalisering av bruk av fluidpermeabelt luseskjørt i lakseproduksjon, har det vært ønskelig å gjøre grundigere dokumentasjon av tendenser og resultater vist av Næs et al. (2012, 2014).

Atlantisk laks er Norges mest oppdrettede art (NorgesSjømatråd, 2015), men har store utfordringer med lakseparasitten lakselus. Derfor ble Atlantisk laks benyttet i forsøket. Tidligere forsøk har vist at 10 meter dype fluidpermeable luseskjørt gir bedre lakselusreduserende effekt enn 6 meter dype luseskjørt (Næs et al., 2014). Det var derfor mest interessant å benytte 10 meter dype luseskjørt i forsøket. Under planlegging av forsøket ble følgende kriterier lagt som grunnlag for valg av oppdrettslokalitet: anlegget måtte ha kapasitet til minimum tre merder med – og tre merder uten luseskjørt. Alle merdene måtte ha like miljøforhold, hvor et stigeanlegg (alle merder på én rekke) ble sett på som en fordel. Fisken i anlegget måtte være av samme art og generasjon, fra samme leverandør. I tillegg måtte fisken være stor og i sitt andre år i sjøen. Lokaliteten på Helgeneshamn tilfredsstilte alle krav for undersøkelse av vannkvalitet og fiskevelferd fra april til oktober.

I resultatene ble kun lakselus i bevegelig stadium (preadult I og II) vektlagt. Årsaken var at det ble opplevd usikkerheter knyttet til registreringen av lakselusens fastsittende stadium (chalimus I og II). Det fastsittende stadiet er svært lite og det er vanskelig å oppdage, spesielt på stor fisk. Dette ble også erfart og poengtert av Næs et al. (2014). I og med at fisken ble

bedøvet, måtte undersøkelsen av velferdsmessige hensyn gjennomføres raskest mulig. Dette førte til at lakselus i fastsittende stadium kunne overses, noe som ble bekreftet ved stikkprøver av tilfeldig fisk under registreringene. I liknende studier har fisken blitt avlivet for grundig undersøkelse (Stien et al., 2014). Fisken kunne ikke avlives i dette forsøket. Voksen lakselus kan leve lenge på vertsfisken (Heuch et al., 2000). Det er ikke mulig å enkelt tilbakedatere tidspunktet hvor en voksen lakselus infiserte laksen som kopepoditt.

4.1 Miljøforhold

4.1.1 Sesongvariasjon

Temperatur – og oksygenforhold i anleggets omgivelser viste en naturlig sesongvariasjon (Mankettikkara, 2013). Havtemperaturen var lav i april og økte til midten av august, med gradvis oppvarming fra overflaten og nedover i vannsøylen. Temperaturen sank gradvis utover høsten. Temperaturutvikling kan relateres til lufttemperaturen gjennom forsøket, som viste tilsvarende utvikling (eKlima, 2015). Økt primærproduksjon i havet under våroppblomstringen av alger er en naturlig forklaring på høye oksygenverdier i juni. Begrenset tilgang på nitrogen, og i noen tilfeller fosfor, reduserer primærproduksjonen etter en tid. Dette fører til mindre produksjon av oksygen og kan gi en naturlig nedgang i oksygenverdiene i havet gjennom sommeren og høsten (Howarth, 1988). Saltholdigheten var stabil og hadde trolig ingen betydning for endring i miljøforhold i forsøksperioden. Det ble registrert lav saltholdighet i overflaten dagene rundt 10. juni og 11 august. Dette skyldtes kraftig regnvær og tilførsel av ferskvann i overflaten.

4.1.2 Fiskens vertikale plassering

Miljøforhold er viktig for laksens vertikale plassering og tetthet i en oppdrettsmerd. Dette kan videre relateres til infeksjon av lakselus og effekten av fluidpermeabelt luseskjørt. Det ble ikke gjennomført registrering av fiskens vertikale plassering og tetthet med ekkolodd i forsøket. Vertikal plassering og tetthet antas derfor ut ifra fiskens miljøpreferanser, på bakgrunn av oppdatert litteratur på området.

Fiskens vertikale plassering og tetthet i merd varierer med temperatur og lysforhold. Under norskekystens forhold foretrekker laksen typisk det vannsjiktet med høyest temperatur (Oppedal, 2001). Lys påvirker fisken til å stå dypt på dagen og grunt i mørke. Fôring gjør at fisken trosser miljøpreferansene og plasserer seg grunt i fôringsperioden (Huse og Holm, 1993, Fernö et al., 1995, Oppedal, 2001). Fra april til mai var temperaturen i dybden 0-40 meter homogen. Dermed påvirket ikke temperaturen laksens vertikale plassering. Døgnvariasjon i lysforholdene gjorde at fisken i utgangspunktet plasserte seg dypt på dagtid og grunt på natten. Fôring påvirket fisken til å trekke mot overflaten på dagtid. Døgnvariasjonen i fiskens vertikale plassering kunne observeres visuelt under døgnmåling av miljøforhold i april. Forsøksanlegget lå nord for polarsirkelen og hadde midnattssol fra 23. mai til 26. juli. I perioden med midnattssol var lysforholdene forholdsvis stabile og fiskens vertikale plassering varierte lite gjennom døgnet. Midnattssol førte til at fisken stod dypere på natten enn den ville ha gjort ved mørke. Fôring gjorde at fisken trakk mot overflaten på dagtid. Dette kunne observeres visuelt under døgnmåling av miljøforhold i juni. Fra starten av juli økte temperaturen, med en stadig økende oppvarming fra overflaten og ned i vannsøylen. Temperaturutviklingen hadde betydning for fiskens vertikale distribusjon. Varmest vann i overflaten gjorde at fisken plasserte seg grunt og unngikk kaldt vann på større dybde. I midten av juli var temperaturen >12 °C på 0-10 meter og $10-12$ °C på 10-30 meter. Temperaturforskjellen gjorde at fisken stod i høy tetthet på dybden 0-10 meter. I slutten av august gikk det varmeste temperatursjiktet fra 0-20 meters. Det førte til at fisken stod jevnt fordelt på 0-20 meter. I starten av september var temperaturen ca. 10 °C i dybden 0-40 meter og temperaturen var mindre avgjørende for fiskens vertikale plassering. Fra 26. juli var det ikke midnattssol og lysets døgnvariasjon økte. I takt med økende mørke økte fiskens døgnvariasjon resten av forsøksperioden. Dette kunne observeres visuelt ved døgnmålinger av vannmiljø i august og oktober.

En undersøkelse av langtidsvirkningen av 5 meter dype luseskjørt (Permaskjørt) viste at laksen plasserte seg dypere i merder med luseskjørt enn merder uten luseskjørt (Stien og Oppedal, udatert). Det kan ikke utelukkes at 10 meter dype fluidpermeable luseskjørt påvirket laksen til å gjøre det samme. Dermed kan dette være en tilleggseffekt til fiskens temperatur-, lys- og fôrpreferanser.

4.1.3 Lakselusens adferd

Miljøforhold er viktig for lakseluskoepodittens atferd og vertikale plassering i vannmassene. Dette kan videre relateres til infeksjon av lakselus og effektiviteten til det fluidpermeable luseskjørtet.

Lakseluskoepoditter påvirkes av saltholdighet, lys og nærvær av vert (Bricknell, 2006). Lakseluskoepoditter gjenkjenner signalstoffer fra laks, noe som gjør at oppdrettsmerder kan være en attraktant for lakseluskoepoditter i seg selv (Heuch, 2007, Mordue-Luntz et al., 2009). En konstant mengde laks gjorde at dette ikke kan forklare en økt lakselusinfeksjon gjennom forsøket. Lakseluskoepoditter har vist å unngå lav saltholdighet (< 27‰) og tiltrekkes høy saltholdighet (35‰). I homogen saltholdighet tiltrekkes lakseluskoepoditten dagslys. Dette medfører at lakseluskoepoditten trekker mot overflaten på dagtid (lys) og synker dypere på natten (mørke) (Heuch, 1995). Saltholdigheten var konstant gjennom forsøket, med en gradient fra 32-35‰ fra 0-40 meter (Bricknell, 2006). I dagene rundt 10/6 og 11/8 var saltholdigheten lav (20-25 ‰) i dybden 0-2 meter. Det kan antas at lakselusen unngikk overflaten (>2 meter) i disse periodene. I perioden med midnattssol (23. mai til 26. juli) førte konstant dagslys til at lakselusens adferd ikke varierte gjennom døgnet.

Stabilt høy saltholdighet (>32 ‰) gjennom forsøket tilsier at lysforholdene trolig var mest avgjørende for lakselusens adferd og vertikale plassering. Dette stemmer bra overens med funnene til Huse og Holm (1993) og Hevrøy *et al.* (2003), som har vist at infeksjonen av lakselus er høyest på laks i dybden 0-6 meter. Til tross for lakseluskoepodittens evne til egenbevegelse, skjer den største forflytningen passivt via havstrømmene (Taranger et al., 2014). Lokalitetens – og det omkringliggende områdets havstrømmer er dermed en viktig forklarende faktor knyttet til lusepress og infeksjon av lakselus. Eventuell vertikal omrøring av vannet kan ha presset lakseluskoepoditten dypere enn lys – og miljøforholdene tilsier.

4.1.4 Fiskens adferd, påslag av lakselus og luseskjørtets effekt

Bruk av fluidpermeabelt luseskjørt viste en økende lakselusreduserende effekt gjennom forsøket, med unntak noe redusert effekt i uke 44. Den positive effekten kan settes i sammenheng med miljøforholdenes antatte påvirkning på laksens og lakselusens vertikale plassering og atferd.

Med gruppen uten luseskjørt som grunnlag, kunne man se at infeksjonspresset av lakselus økte fra våren og utover sommeren og høsten. Lakselusens utviklingsrate avhenger av temperatur, med raskere eggproduksjon, vekst og redusert generasjonstid med økt temperatur (Johnson og Albright, 1991, Stien, 2005). Økt temperatur gjør at kjønnsmoden hunn lus produserer og frigjør egg raskere, som videre innebærer et større antall infektive lakseluskoepoditter i vannmassene (Heuch et al., 2000). Ved 12 °C produserer kjønnsmoden hunn lus ett par eggstrenger fire ganger raskere enn ved 7 °C (Heuch et al., 2000), noe som kan antas å være en betydelig medvirkende faktor for et økt infeksjonspress ved høye temperaturer. Dette underbygger observasjonen av økt lusepress utover forsøksperioden. Ved 10 °C har Johanson og Albright (1991) vist at lakselusen gjennomgår chalimusstadiene (fastsittende stadium) på 25 dager. Bjørn (1998) har vist at utvikling tar om lag 17 dager ved samme temperatur. Det kan dermed antas at lakselusen gjennomgår sitt fastsittende stadium på 2,5-3,5 uker ved 10 °C. Ved 10 °C gjennomgår hann- og hunn lusen sitt preadult-stadium på 8 og 10 dager (Johnson og Albright, 1991). Ved høyere temperatur vil utviklingstiden være raskere (Stien, 2005).

Bevegelig lakselus som ble registrert i uke 24 kan antas å ha infisert laksen rundt uke 21. I uke 21 var temperaturen < 6 °C i hele vannsøylen (figur 10A, s. 44). I uke 21 var det ikke midnattssol og det kan forventes at lakseluskoepodittens adferd varierte gjennom døgnet. Homogen temperatur gjorde at laksen stod jevnt fordelt på alle dybder, men også styrt av lys og fôring. Når det var mørkt sank lakseluskoepodittene nedover i vannsøylen og det kan ikke utelukkes at lakselus kom inn i merden under luseskjørtets dybde. Homogen vanntemperatur kan ha ført til vertikal omrøring av vannmassene og presset lakseluskoepoditter ned. Kombinasjonen av et forholdsvis lavt infeksjonspress, fiskens vertikale plassering og lakselusens døgnvariasjon, kan være forklarende årsak til at luseskjørtet ikke ga noen synlig effekt i uke 24.

Bevegelig lakselus som ble registrert i uke 29 kan antas å ha infisert laksen rundt uke 26. I uke 26 var temperaturen 8-10 °C i dybden 0-25 meter. Under 25 meter var temperaturen < 8 °C (figur 10A, s. 44). I uke 26 var det midnattssol og lyst hele døgnet. Konstant lys gjorde at lakseluskoepoditten oppholdt seg høyt i vannsøylen hele døgnet. Temperaturen gjorde at

laksen unngikk det kaldeste vannet og plasserte seg over 25 meters dybde (Oppedal, 2001, Johansson et al., 2006, Oppedal et al., 2007). Høy appetitt og fôring gjorde at laksen bevegte seg mot overflaten. Lysforholdene førte samtidig til at laksen plasserte seg dypere om natten enn den ville gjort ved mørke. Det forventes at en stor andel av laksen stod innenfor luseskjørtets dybde. Temperaturendringen på 25 meters dyp kan ha redusert vannets vertikale omrøring (Stewart, 2002) og hindret at lakselusen ble presset dypt. Kombinasjon av økt infeksjonspress, fiskens vertikale plassering høyt i vannsøylen og ingen døgnvariasjon i lakselusens adferd, kan være forklarende årsak til økt lakselusreduserende effekt av luseskjørtet i uke 29.

Bevegelig lakselus som ble registrert i uke 34 kan antas å ha infisert laksen rundt uke 31. I uke 31 var det >12 °C fra 0-10 meter, 10 °C fra 10-25 meter og <10 °C under 25 meter (figur 10A, s. 44). Det var midnattssol og det kan forventes at lakseluskoepoditten plasserte seg høyt i vannsøylen. Temperaturen gjorde at laksen trakk sammen i stor tetthet på 0-10 meter. Høy appetitt og fôring medvirket til at fisken stod høyt på dagtid, mens midnattssol gjorde at fisken gikk dypere på natten enn den ville gjort ved mørke. Temperaturforskjellen gjennom vannsøylen kan ha ført til liten grad av vertikal blanding av vannet (Stewart, 2002) og hindret at lakseluskoepoditten ble presset ned. Høy vanntemperatur førte til høyt infeksjonspress i denne perioden. Kombinasjonen av høyt infeksjonspress, høy fisketetthet innenfor luseskjørtet dybde og ingen døgnvariasjon i lusens adferd, kan være forklarende årsak til økt lakselusreduserende effekt av luseskjørtet i uke 34.

Grunnet oppdrettsselskapets produksjonsplanlegging ble det et opphold i forsøket mellom uke 37 og 40. For å unngå overskridelse av lovlig biomasse måtte fisken i merd 1 og 3 måtte flyttes ut av anlegget. I tillegg måtte det gjennomføres avlusing, grunnet høye lusetall i merdene uten luseskjørt (Lakselusforskriften, 2012). Gjenværende fisk ble splittet internt i anlegget. Fra merd 4, 5, 6 og 7 ble halvparten av fisken flyttet ut og ingen fisk ble satt ut i disse merdene. Merd 1 fikk fisk fra merd 4. Merd 2 fikk fisk fra merd 5 og 6. Merd 3 fikk fisk fra merd 5. Luseskjørtene ble tatt av i uke 36-38 og nye vaskede luseskjørt ble montert i uke 40.

Bevegelig lakselus som ble registrert i uke 44 kan antas å ha infisert laksen rundt uke 41. I uke 41 var temperaturen ca. 8 °C gjennom hele vannsøylen (figur 11A, s. 45) og det mørkt på kvelden/natten. Det kan forventes at lakseluskoepodittens vertikale plassering varierte gjennom døgnet. Homogen temperatur kan ha ført til vertikal omrøring i vannmassene, som kan ha presset lakseluskoepoditten under luseskjørtets dybde. Temperatur gjorde at laksen stod jevnt fordelt på alle dybder. Fôring på dagtid gjorde at laksen plasserte seg grunt på dagtid, samtidig som mørke gjorde at laksen plasserte seg grunt på kvelden/natten. Lav temperatur gjorde lakselusens utviklingstid trolig var noe lengre enn 2,5-3,5 uker. Det kan dermed ikke utelukkes at påslag av lakselus var tidligere enn uke 41 og før luseskjørtene ble montert. Grøntvedt & Kristoffersen (2015) har vist at effekten av Permaskjørt (tett luseskjørt) er størst om luseskjørtet monteres før fisken settes ut i merdene. Det er nærliggende å tro at dette er også er tilfelle for fluidpermeabelt luseskjørt. Det kan heller ikke utelukkes at effekten av avlusingen ikke var fullgod. Under avlusingen ble det benyttet avlusingsmidlet Betamax og Nordlaks Oppdrett AS oppgir at behandlingseffekten var 81% (pers. kom Johansen). Dette kan være årsaken til at fluidpermeabelt luseskjørt ikke ga like god effekt i uke 44 som i uke 34.

4.1.5 Oksygenforhold i merder med luseskjørt

Miljømålingene på Helgeneshamn under forsøket viste ingen oksygenverdier som førte til redusert fiskevelferd ved bruk av fluidpermeabelt luseskjørt. Ved 16 °C er DO > 70% betegnet som tilfredsstillende for laksens vekst og velferd (Oppedal et al., 2011a). I juli og august var temperaturen 12-14 °C, noe som tilsier at fisken tolererer lavere DO enn ved 16 °C (Remen, 2013). Med dette som bakgrunn kan det antas at DO må være lavere enn 70% for at fiskens vekst og velferd påvirkes negativt ved 12 °C. Tilstrekkelig lave oksygenverdier ble ikke registrert i forsøket.

Gjennom hele forsøket hadde gruppen med luseskjørt lavere oksygennivå enn gruppe uten luseskjørt, og gruppe uten luseskjørt hadde lavere oksygennivå enn referansepunktet. Referansepunktet hadde et relativt konstant oksygennivå i juni, juli og august. I oktober var oksygenforholdene på referansepunktet redusert og reduksjonen var tilsvarende i forsøksmerdene. Oksygenmålingene viste økende forskjell mellom gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt fra våren og utover sommeren og høsten. Fiskens oksygenbehov varierer med temperatur, kroppsvekt og svømmehastighet. Med dette som grunnlag har

Grøttum og Sigholt (1998) utredet en formel for å beregne laksens spesifikke oksygenbehov. Formelen viser at laksens oksygenbehov øker med økt temperatur, kroppsvekt og svømmehastighet (Grøttum og Sigholt, 1998). Økt temperatur øker fiskens metabolske rate, aktivitet og vekst (Somero, 2011). Gjennom forsøksperioden økte temperaturen fra april til august og sank fra august til oktober. Fiskens biomasse økte gjennom hele perioden og svømmehastigheten kan antas å ha variert kontinuerlig i forhold til faktorer som tid på døgnet, forstyrrelser og fôring. Det kan dermed antas at fiskens oksygenbehov økte gjennom forsøket. Forskjellen mellom gruppene viser at fluidpermeabelt luseskjørt fører til høyere forbruk – eller mindre tilførsel av oksygen. En pilotundersøkelse viste at fluidpermeabelt luseskjørt reduserer vanngjennomstrømmingen (Johansen, 2010). Mindre tilførsel av oksygen i gruppen med luseskjørt er den mest nærliggende årsaken forskjell mellom gruppene.

4.1.5.1 Daglig registrering av oksygen

Gjennom hele forsøket viste daglige registrering av DO på 1, 6, 11 og 16 meters dybde forskjell mellom gruppene på 1 og 6 meter. Forskjellen var størst i juli og august. Dette samsvarer med fiskens forventede vertikale plassering og tetthet, satt i sammenheng med dens temperatur- og lyspreferanser og fôrintensitet. Økende overflatetemperatur og økt appetitt gjennom juni, juli og august førte til at fisken plasserte seg høyt i vannsøylen i høy tetthet i juli og august. Dette ble reflektert i lavere oksygennivå i luseskjørtets dybde. Samtidig kan midnattssol og lyse netter ha ført til at fisken stod dypere på natten enn den ville gjort med mørke netter (Fernö et al., 1995). Redusert vanngjennomstrømming i kombinasjon med høyt oksygenforbruk innenfor luseskjørtets dybde antas å være årsaken til at gruppen med luseskjørt hadde lavere DO på 1, 6 og tidvis 11 meters dybde enn gruppen uten luseskjørt.

4.1.5.2 Månedlig døgnregistrering av oksygen

På lik linje med de daglige registreringene økte forskjellen mellom gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt utover sommeren og høsten. Også her innenfor luseskjørtets dybde.

Gjennom hele forsøket var det høyere oksygennivå på natten enn på dagen. Dette avkreftet forventningene om lavere oksygenmetning i overflaten (0-5) meter på natten. I juni, juli og august var det midnattssol og fisken gikk dypere på natten enn den ville gjort ved mørke. Dette er trolig årsaken til at oksygenivået økte på natten, i motsetning til forventningen om at

den ville reduseres (pers. kom. Oppedal) (Johansson et al., 2006, Fernö et al., 1995). Lavest oksygennivå ble registrert på dagtid i august og oktober innenfor luseskjørtets dybde. I august førte høy overflatetemperatur og høy appetitt til at fisken stod høyt i vannsøylen på dagtid. Midnattssol førte til at fisken stod dypere på natten enn den ville gjort ved mørke. Dette førte til høyt oksygenforbruk innenfor luseskjørtets dybde på dagtid. I oktober var det ingen temperaturforskjell gjennom vannsøylen. Fôring på dagtid og mørke på kvelden/natten førte til at fisken stod høyt i vannsøylen i høy tetthet hele døgnet. Dette førte til høyt oksygenforbruk innenfor luseskjørtets dybde hele døgnet. Fiskens vertikale plassering kunne bekreftes visuelt under døgnmåling av miljø i oktober.

4.1.5.3 Betraktninger rundt miljømålingene

Oksygenverdiene oppgis i median og 5/95-prosentil. En alternativ måte å oppgi resultatene på er gjennomsnittsverdi med standardavvik og minimumsverdi. Fordelen med å oppgi minimumsverdi er at man får avdekket den laveste DO-verdien fisken blir utsatt for. Samtidig er denne framstillingen sårbar for uteliggere, fordi minimumsverdien kan være én enkelt verdi og ikke nødvendigvis reflektere trenden i omgivelsene. Fordelen med å benytte median og prosentiler er at eventuelle høye og lave uteliggende verdier ses bort ifra. 5-prosentilen angir hvilken DO-verdi 95 % av målingene ligger over og 95-prosentilen angir hvilken verdi 95 % av DO-verdiene ligger under. Denne framstillingen angir derfor hvilke oksygenverdier fisken i hovedsak oppholder seg i. Døgnmålingene av oksygen ble delt inn i dybdeintervaller på 5 meter, fra 0-20 meter. Det ble også skilt på natt og dag. Formålet med å dele vannsøylen inn i dybdeintervaller var å sammenlikne oksygennivået i øverste halvdel, nederste halvdel og under luseskjørtets dybde. En annen årsak til inndeling i dybdeintervaller var relatert til metoden. CTD/O₂-sonden ble håndtert manuelt, noe som ga variasjon i nedsenkningshastigheten. Dette innebar at registreringene ikke ble gjort på eksakt samme dybde hver gang, men antall registreringer innenfor hvert dybdeintervall var forholdsvis konstant. Dermed ble det mer nøyaktig å selektene registreringene i dybdeintervaller på 5 meter enn å oppgi resultatet for hver meter.

De daglige målingene ble utført manuelt med en håndholdt oksygenmåler. Måleren registrerte oksygen på ett punkt på hver dybde. En mulig feilkilde kan være knyttet til denne målingen. Om oksygensonden registrerte oksygen i et lite begrenset område med avvikende DO,

avspeilet ikke dette nødvendigvis omgivelsene. Samtidig kan ulik tetthet på ulike områder i merden gi «lokale» variasjoner. Ett enkelt målepunkt vil ikke avdekke disse variasjonene. Kun én daglig måling reflekterte ikke døgnvariasjon og høye/lave oksygenverdier utenfor måletidspunktet ikke var synlig i resultatet. Den daglige målingen ble gjennomført i forbindelse med fôring, hvor potensielt lave oksygenverdier kan forventes (pers. kom. Oppedal).

I september ble det registrert til dels svært høye oksygenverdier. Under døgnmålingen var det tidvis dårlig vær, med mye vind og nedbør. Dette kan ha ført til økt vinddreven strøm og vertikal omrøring av vannmassene (Stewart, 2002, Pinet, 2009). Dette kan være årsaken til et markant økt oksygennivå, slik man kan se i oksygenplottet (Figur 12, s.51).

Gjennom forsøket oppstod det en problemstilling knyttet til kalibrering av O₂-sonden som ble benyttet under døgnmålingene. Dette førte til at målte DO-verdier måtte korrigeres i ettertid. Når O₂-sonden er riktig kalibrert viser den 100% DO i luft. Sonden er programmert med en formel som baseres på parallellforskyvning. Med klarering fra utstysleverandøren, kunne differansen mellom den DO-verdien sonden viste i luft og 100 % benyttes til å korrigere de målte verdiene. O₂-sonden viste en gradvis økt feilmargin gjennom forsøket. Ved måling i juni (uke 24) ble målingene korrigert med 18% DO, i juli (uke 29) 29% DO, i august (32) 30% DO og i september (36) 34% DO. Sonden gjennomgikk service kort tid før forsøksstart og før målingene i oktober. I april og oktober viste målingene ingen feilmargin.

4.1.6 Strømmålinger

I forsøket ble det benyttet mekaniske strømmålere, som målte strøm ved hjelp av roteringshastigheten på målerens blader. Målerne ble tatt opp av vannet for rengjøring og vedlikehold jevnlig, men det ble til tross for dette opplevd en del usikkerhet knyttet til resultatene. Rotorbladene var impregnert mot begroing, men det ble observert algevekst på bladene. I tillegg ble det observert at forholdsvis store mengder rognkjeksyngel sugde seg fast til bladene. Det kan ikke utelukkes at dette er feilkilder som i stor grad kan ha påvirket bladenes rotasjonshastighet og dermed ført til feilaktige målinger. Av den årsak ble resultatene fra strømmålingene sett bort ifra.

4.2 Produksjonsdata

4.2.1 Dødelighet

I forsøksperiode 1 var det høyere dødelighet i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt. Årsaken til forskjellen var markant høyere dødelighet i merd K1.1 (merd 1) sammenliknet med de andre forsøksmerkene. Årsaken til den høye dødeligheten i K1.1 kan i all hovedsakelig knyttes til konkrete hendelser før – og gjennom forsøksperiode 1. Omtrent 4 måneder før forsøksstart påviste Vesterålen Fiskehelsetjeneste AS og Veterinærinstituttet bakteriell sårinfeksjon i merd 1, som ble antatt å være relatert til diagnosen vintersår. Dette var årsaken til en høy dødelighet i merden før - og innledningsvis i forsøket. Sårproblematikken var vedvarende gjennom vinteren/våren og i første del av forsøksperiode 1, inntil temperaturen steg. Vintersår forekommer hovedsakelig fra februar – mars og sår på overlevende fisk regenereres når temperaturen stiger over 7 °C (Poppe et al., 1999). Dette stemte godt overens med observasjonene i forsøket. Gjennom forsøksperiode 1 var merd 1 i tillegg sporadisk belastet med predatorangrep. I midten av august ble det observert en sel nært merden. I etterkant ble det observert svært høy dødelighet. Patologiske undersøkelser av død fisk tydet på en ekstraordinær stressatferd i merden. Trolig har selen skremt fisken slik at den presset mot notveggen, noe som førte til skinnsletasje, sår og skader av dødelig art. Fisken i merd K1.1 og L1.1 (merd 3) kom fra en annen settefiskeleverandør og hadde en annen forhistorie enn de resterende merkene (se «2.4 Fisken» s. 32). Om merd K1.1 og L1.1 ses bort fra i dødelighetssammenlikningen, var den totale akkumulerte dødeligheten 2663 individer i gruppen uten luseskjørt og 3077 individer i gruppen med luseskjørt. I dette tilfellet var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene ($p=0,308$).

I starten av juli ble det påvist hjerte- og skjellettmuskelbetennelse (HSMB) i merd 6 (K3.1), som kan relateres til økt dødelighet i merden. Det kan ikke utelukkes at virussykdommen spredde seg til andre merder internt i anlegget (Kongtorp, 2004).

4.2.2 Vekst og kondisjonsfaktor – et spørsmål om representativt utvalg

Fra hver merd ble 20 individer veid og målt, noe som utgjør 60 individer fra hver av gruppene. Dette var et forsvinnende lite antall sammenliknet med totalt antall individer i hver merd eller gruppe. Lavt utvalg gjorde resultatet sårbart for individforskjeller. Det ble ikke benyttet individmerking og forskjellige individer ble veid/målt hver gang. Det er dermed

grunn til å diskutere resultatenes gyldighet som mål på hele populasjonen (pers.kom. Jobling 2015). Kondisjonsfaktor er et forholdstall mellom vekt og lengde, noe som gjør disse resultatene sterkere enn kun vekt alene. Måling og veiing ble gjennomført som en del av SWIM, noe som hadde gjort uttak av mer enn 20 fisk pr. merd svært tidkrevende. I SWIM anses 20 fisk som mer tilstrekkelig, grunnet modellens omfang av enkeltundersøkelser (pers.kom Oppedal; pers.kom Jobling)

Fôringstall viste ingen signifikant forskjell mellom gruppene, noe som indikerer at fisken i alle merdene spiste like mye. Oppdrettsselskapet hadde ingen kameraovervåking eller annen mulighet til å kontrollere fôrspill. Det er dermed uvisst hvor stor andel av gitt fôrmengde som ble spist i de ulike merdene. Det hadde vært interessant å vite om den målte reduserte veksten samsvarte med fôrspill.

4.3 Fiskevelferd

Undersøkelse med Salmon Welfare Index Model i uke 17 viste at gruppen med luseskjørt gikk inn i forsøksperiode 1 med bedre velferdsscore enn gruppen uten luseskjørt. Begge gruppene hadde forbedret velferdsscore fra uke 17 til 24, men forholdet var uendret. Effektfaktoren ble redusert fra 1.04 i uke 24 til 0.99 i uke 29. Reduksjonen skyldes redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt, grunnet økt dødelighet og økt finneerosjon. Økt dødelighet skyldtes merd 7 (L3.1), som utpekte seg med høy dødelighet den uken undersøkelsen ble gjennomført. Det kan ikke utelukkes at dødeligheten skyldes smitte fra nabomerden (merd 6), som fikk diagnosen HSMB i samme tidsrom. HSMB kan smitte vertikalt kohabitant (mellom individer) via vann, noe som underbygger at smitte kan forekomme innad i et oppdrettsanlegg (Kongtorp, 2004). En relativt drastisk redusert velferdsscore for finneerosjon fra uke 24 til 29 kunne ses i hele anlegget. Samtlige merder hadde generelt lav velferdsscore (0.17-0.42) for finneerosjon i uke 29. Merd 7 skilte seg ut også her, med velferdsscore for finneerosjon på 0.17. Trolig kan denne utviklingen settes i sammenheng med fiskens vertikale plassering og tetthet, i relasjon med anleggets miljøforhold. En trend knyttet til høy fisketetthet har vist å være økte andel katarakt, finneerosjon og skinnlesjon (Turnbull et al., 2008, Oppedal et al., 2011g). Økende overflatetemperatur i tiden før uke 29 førte til at fisken plasserte seg høyt i vannsøylen i høy tetthet. Samtidig var det interessant å se at velferdsscore for finneerosjon forbedret seg fra uke

29 til 34. I perioden før uke 34 gikk det varmeste vannsjiktet dypere enn før uke 29. Dermed kan det tenkes at fisken var jevnt fordelt over en større dybde og i lavere tetthet enn før uke 29. Det var også interessant at redusert velferdsscore for skinnlesjon ikke var synlig på lik linje med finneerosjon i uke 29. Det kan tyde på at skinnlesjon inntreer senere enn finneerosjon eller at andre forhold enn tetthet medvirket til økt finneerosjon. I uke 34 steg effekt faktoren til 1.06 grunnet redusert velferdsscore i gruppen uten luseskjørt. Dette kan forklares med høyere dødelighet og høyere infeksjon av lakselus i gruppen uten luseskjørt enn gruppen med luseskjørt.

I periode 2 ble velferdsscore oppgitt i to verdier: SWIM 1.0 og 1.1 (Figur 16, s. 62). SWIM 1.1 ble utviklet i tiden mellom forsøksperiode 1 og 2. SWIM 1.0 ble opplevd som noe mangelfull og noen parametere fra SWIM 2.0 ble inkludert i versjonen som ble kalt SWIM 1.1. Fra uke 40 til 44 var velferdsscore ved SWIM 1.0 uendret i gruppen uten luseskjørt. Velferdsscore ved SWIM 1.1 viste en antydning til reduksjon i samme periode. Dette tyder på at parameterne som ble inkludert i SWIM 1.1 forsterket modellen, ved at de avdekket faktorer som påvirket fiskens velferd negativt.

Undersøkelsene i uke 40 viste at gruppen uten luseskjørt gikk inn i forsøksperiode 2 med høyere velferdsscore enn gruppen med luseskjørt. Mens velferdsscore i gruppen uten luseskjørt var uendret fra uke 40 til 44, ble velferdsscore i gruppen med luseskjørt redusert. Dette ble reflektert i effekt faktoren, som ble redusert fra 0.97 i uke 40 til 0.93 i uke 44. Redusert velferdsscore i gruppen med luseskjørt kan relateres til reduserte oksygenverdier, økt avmagring, økt finneerosjon og økt gjellelokkforkortelse. Oksygenverdiene i gruppen med luseskjørt var mellom 67-72%, som i SWIM innebærer velferdsscore 0.5. Temperaturen var forholdsvis lav (ca. 8 °C) i uke 44 og det er grunn til å diskutere om DO rundt 70% ved 8 °C i realiteten fører til redusert velferd, slik som påstås i SWIM 1.0/1.1. Det var noe redusert velferdsscore for finneerosjon og gjellelokk i begge gruppene fra uke 40 til 44, med størst reduksjon i gruppen med luseskjørt. Homogen temperatur gjennom vannsøylen, fôring på dagtid og mørke på kvelden/natten førte til at fisken stod høyt i høy tetthet hele døgnet. Visuelle observasjoner under døgnmåling av miljø kunne bekrefte dette. Økt finneerosjon og

gjellelokkforkortelse kan trolig relateres til høy tetthet (Turnbull et al., 2008, Oppedal et al., 2011g).

4.4 Generell betraktning rundt bruk av Salmon Welfare Index Model

En av de største utfordringene ved bruk av Salmon Welfare Index Model var å gjøre en subjektiv vurdering på en mest mulig objektiv måte. Hvert parameter i individundersøkelsene var inndelt i klart definerte kategorier, noe som bidro positivt til å gjøre lik vurdering av hvert individ og ved hvert uttak. Samtlige undersøkelser i forsøket ble gjennomført av samme person og resultatet kan ikke knyttes til vurderingstaker. Gjennom forsøket viste velferdsscore fra individundersøkelsene ingen signifikant forskjell mellom noen merder, med unntak av registreringen i uke 44. Forholdsvis lik velferdsscore i alle merdene stemte overens med det visuelle inntrykket. Samtidig var det ikke nødvendigvis alltid et samsvar mellom forventningene etter visuell observasjon av merdene og individundersøkelsene. Et konkret eksempel på dette var undersøkelsen i uke 17, hvor det ble observert mye fisk med sår i merd 1 (K1.1). Med metoden som ble brukt for å fange tilfeldig fisk for undersøkelse, ble få eller ingen individer med sår inkludert. Dette innebar at forventningen om dårlig/reduert velferd i merden ikke var synlig i velferdsscoren. Metoden for å fange fisk gikk ut på at håven fra båtens kran fanget sulten fisk som kom opp for å spise. Det er grunn til å diskutere hva som er mest representativt: inntrykket man har ved visuell observasjon fra merdkanten eller opptak av tilfeldig fisk som fôres opp og fanges med håv? Fra merdkanten ser man noen få meter ned i merden, noe som utgjør en forsvinnende liten andel av merdens totale volum. Samtidig har fisk med dårlig velferdsmessig tilstand (svimere, pinner, skadet fisk, etc.) en tendens til å stå høyt og nært merdens kant. Det innebærer at denne fisken vil synes godt i overflaten, og ofte være bestemmende for totalinntrykket av merden, selv om dette ikke nødvendigvis er en stor og/eller representativ del av populasjonen. Dette kan ha vært årsaken til at det ikke var samsvar mellom forventet velferd og velferdsscore. Metoden som ble brukt til å ta opp fisk, fanget et tilfeldig utvalg fisk fra et område i merden der fisken stimet i høy tetthet. Det er dermed grunn til å tro at metoden er tilfredsstillende for å fange et mest mulig representativt utvalg av fisk. Samtidig er det grunn til å diskutere om det i det hele tatt er praktisk mulig å fange/undersøke en representativ andel av populasjonen. Som en tommelfingerregel kan man si at 10% av en populasjon må undersøkes for at utvalget skal være representativt (pers. kom.

Jobling). Med dette som utgangspunkt vil det ikke være praktisk – eller økonomisk forsvarlig å undersøke et representativt utvalg fisk i en merd med opp til 200.000 individer.

Salmon Welfare Index Model er det første forsøket på å utarbeide en standardisert modell som inneholder de viktigste og mest brukte velferdsindikatorerne for oppdrettet atlantisk laks (Stien et al., 2012). Modellen samler aspekter knyttet til observasjon av fisken, dens biologiske og fysiske omgivelser og tilgjengelig vitenskapelig kunnskap, og er ment som et verktøy for å bedømme overordnet fiskevelferd i laksens sjøfase (Stien et al., 2012, Pettersen et al., 2013). Fordelen med bruk av en slik modell er at bedømmelse av fiskevelferd konkretiseres i større grad enn det som ofte er tilfellet i dagens praksis (pers. kom. Berglund Andreassen). En konkret velferdsscore vil gi et målbart sammenlikningsgrunnlag for fiskevelferd over tid. Velferdsscore for hvert enkelt parameter og overordnet for hele modellen gjør det mulig å undersøke hva som forårsaket endring av velferdsscore. I kommersiell produksjon i oppdrettsnæringen kan dette være et nyttig verktøy for å kartlegge effekter av ulike behandlinger og prosesser som gjennomføres, samt til å bidra til å optimalisere det velferdsmessige aspektet av driften. Ikke minst kan en konkret velferdsscore være et nyttig verktøy i forvaltningsøyemed. I takt med havbruksnæringens utvikling og forskning tilknyttet fiskens velferd og behov, er det viktig å sørge for at Salmon Welfare Index Model er kontinuerlig oppdatert. Norsk havbruksnæring er i ferd med å utnytte andre arter i større og større grad, hvor det er grunn til å trekke fram rensefisk. Rensefisk er et ikke-medikamentelt tiltak som har vist positiv effekt mot lakselus (Groner, 2013). Bruk av nye arter, som primær oppdrettet art eller innblandet i lakseoppdrett, gjør at det er behov for å kartlegge disse artens fiskevelferdsmessige behov. Det kan være hensiktsmessig å bruke prinsippet bak SWIM til å utarbeide en spesifikk velferdsmodell rettet mot disse artene.

4.5 Generell betraktning rundt bruk av fluidpermeabelt luseskjørt

Forsøket har vist at fluidpermeabelt luseskjørt kan gi svært god beskyttelse mot infeksjon av lakselus, i perioden med høyt infeksjonspress. Dette bekrefter resultatene til Næs et. al. (2012, 2014), som viste at 10 meter dype fluidpermeable luseskjørt reduserte infeksjonen av lakselus med gjennomsnittlig 49%, i samme geografiske område som dette forsøket ble gjennomført.

En rekke faktorer spiller inn på luseskjørtets effektivitet, og i storskala bruk anbefales det å kontinuerlig gjøre tiltak som sikrer best mulig effekt av luseskjørtet. Fokus på godt vedlikehold er viktig. Dette innebærer for eksempel å sørge for god overlapp mellom skjørtets ender til enhver tid, reparere hull og slitasjeskader fortløpende og etterstramme festepunktene daglig. Dårlig overlapp mellom endene og hull og skader vil kunne gi en inngangsport for infektive lakseluskoepoditter. Det samme gjelder om skjørtet ikke er tilstrekkelig festet i toppen, som gjør at bølger med lakseluskoepoditter kan slå inn i merden. For å sikre best mulig effektivitet er det hensiktsmessig å montere luseskjørt før fisken settes ut i merden (Grøntvedt og Kristoffersen, 2015).

Bruk av fluidpermeabelt luseskjørt førte til reduserte oksygenverdier innenfor luseskjørtets volum, sammenliknet med merder uten luseskjørt. Men det ble ikke registrert tilstrekkelig lave oksygenverdier til at det hadde velferdsmessig negativ betydning for fisken. Lavest oksygennivå i gruppen med luseskjørt ble registrert under døgnmålingen i slutten av oktober (uke 44), men dette samsvarte med lave oksygenverdier i omgivelsene. Forskjellen mellom gruppen med luseskjørt og gruppen uten luseskjørt og omgivelsene var størst i perioden med høyest temperatur. Det viser at perioder med høyt oksygenforbruk fører til størst reduksjon av oksygennivå i merder med fluidpermeabelt luseskjørt. I storskala bruk av fluidpermeabelt luseskjørt, anbefales det å monitorere miljøforholdene gjennom vannsøylen kontinuerlig. Dette gjør at man kan avdekke kritiske forhold tidlig og iverksette tiltak for å unngå eventuell oksygendropp som vil være skadelig for fisken. Forsøket har vist at oppdretter bør være ekstra observant i perioder med temperaturforskjeller gjennom vannsøylen, med høyest temperatur innenfor luseskjørtets volum og lysforhold som fører til at fisken trekker mot overflaten. Det er også viktig å være ekstra observant i perioder med lave oksygennivåer i oppdrettsanleggets omgivelser. Forståelse av fiskens vertikale plassering og miljøpreferanser vil være hensiktsmessig for å kunne avdekke perioder hvor kritiske oksygenforhold kan oppstå. Det ble registrert en økende grad av begroing på luseskjørtet gjennom forsøket. Begroing kan antas å redusere luseskjørtets vanngjennomstrømming. For å sikre best mulig vannkvalitet til enhver tid, anbefales det å utvikle metoder for å vaske luseskjørtet under bruk eller å være påpasselig med å skifte luseskjørt ved begroing.

4.6 Videre arbeid med fluidpermeabelt luseskjørt

Trolig vil ikke bruk av luseskjørt alene kunne få bukt med lakselusproblematikk, men det kan spille en sentral rolle i en framtidig løsning. Grøntvedt og Kristoffersen (2015) har vist at effekten ved bruk av 5 meter dype luseskjørt (Permaskjørt) forsterkes i kombinasjon med andre ikke-medikamentelle tiltak, som rognkjeks og leppefisk. Det er derfor hensiktsmessig rette blikket mot hvordan fluidpermeabelt luseskjørt kan optimaliseres i kombinasjon med andre ikke-medikamentelle tiltak.

Forsøket hadde et opphold i september (uke 37-40). Dette var en periode med høyt infeksjonspress av lakselus og luseskjørtet viste økende effekt fram mot dette tidspunktet. Det hadde vært interessant å få en helhetlig uavbrutt undersøkelse gjennom høsten, for å se om effekten kunne økt ytterligere. Tidligere undersøkelser gjort av Nordlaks Oppdrett AS har vist at luseskjørtets effekt øker med økt infeksjonspress av lakselus på høsten (Næs et al., 2014). Det ble imidlertid ikke gjort omfattende dokumentasjon av miljøforhold og velferdsundersøkelser med Salmon Welfare Index Model i disse undersøkelsen. Ved gjentakelse av forsøket bør fluidpermeabelt luseskjørt beholdes på merdene gjennom høsten, med særlig fokus på kartlegging av miljøforhold og fiskevelferd.

Luseskjørtet påvirkes av strøm og det kunne observeres at sterk strøm presset luseskjørtet inn mot sentrum av merden. Dette deformerte noten og reduserte volumet i den øverste delen av vannsøylen. Videre arbeid bør gjøres for å øke luseskjørtets strømtoleranse, slik at fluidpermeabelt luseskjørtet kan brukes på strømmsterke lokaliteter. Grundige undersøkelser av hydrodynamikk ved bruk av fluidpermeabelt luseskjørt kan være hensiktsmessig for å øke den helhetlige forståelsen av luseskjørtets funksjon og påvirkning. Undersøkelser av 5 meter dype permaskjørt har vist til dels stor variasjon fra lokalitet til lokalitet (Grøntvedt og Kristoffersen, 2015). Det er grunn til å tro at dette også gjelder for fluidpermeabelt luseskjørt, til tross for at Næs et al. (2014) har vist at dybde er en sterkere forklaringsvariabel for det fluidpermeable luseskjørtets effekt enn lokalitetsvariasjon. Videre arbeid bør rettes mot å optimalisere bruk av luseskjørt med utgangspunkt i hver enkelt lokalitets gjeldende forhold.

Under dette forsøket var det ikke kapasitet til å gjøre grundig kartlegging av fiskens vertikale plassering, tetthet og atferd. For å opparbeide en bredere forståelse av hvordan fluidpermeabelt luseskjørt og miljøendringer påvirker fisken, kan videre arbeid ta for seg kartlegging av fiskens vertikale plassering og tetthet med ekkolodd. Et annet spennende aspekt kan være å undersøke om fiskens vertikale plassering kan modifieres, for eksempel med bruk av kunstig lys (Fernö et al., 1995, Juell og Fosseidengen, 2004). I Nord-Norge kan dette være spesielt aktuelt i mørketiden.

5 Konklusjon

Effekten av 10 meter dypt fluidpermeabelt luseskjørt på infeksjon av lakselus, vannmiljø og fiskevelferd ble undersøkt på en lokalitet for kommersiell marin produksjon av atlantisk laks (*Salmo salar*) i Vesterålen fra april til og med oktober 2014.

- Fluidpermeabelt luseskjørt viste signifikant lakselusreduserende effekt i perioden med høyt lusepress. Gjennomsnittlig infeksjon av lakselus (abundans) i bevegelig stadium ble på det meste redusert med 83%. Andelen fisk infisert med lakselus (prevalens) i bevegelig stadium ble på det meste redusert med 86%.
- Fluidpermeabelt luseskjørt førte til reduserte oksygenverdier innenfor luseskjørtets volum, men ikke i tilstrekkelig grad til at det hadde negativ effekt på fiskens velferd.
- Fluidpermeabelt luseskjørt førte ikke til økt dødelighet.
- Fluidpermeabelt luseskjørt førte ikke til redusert velferdsscore ved bruk av Salmon Welfare Index Model, med unntak av ett enkelt tidspunkt gjennom forsøksperioden.

6 Referanser

- ADAMS, C. E. 2007. Multiple determinants of welfare in farmed fish: Stocking density, disturbance, and aggression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 64(2), s. 336-344.
- AKVAKULTURDRIFTSFORSKRIFTEN 2008. Forskrift om drift av akvakulturanlegg. FOR-2008-06-17-822. Nærings- og fiskeridepartementet.
- AMIN, A. B., MORTENSEN, L. & POPPE, T. 1991. *Histologisk atlas: normalstruktur hos laksefisk*. Bodø: Akvapatologisk laboratorium.
- ANDREASSEN, K. B. 2013. *Effekter av infeksjon med lakselus (Lepeophtheirus salmonis) på vill smolt av laks (Salmo salar L.) og ørret (Salmo trutta L.)*. Mastergrad i fiskehelse. Tromsø: Universitetet i Tromsø - Norges arktiske universitet.
- ANDREASSEN, O. & ROBERTSEN, R. 2014. *Nasjonale ringvirkninger av havbruksnæringen*. ISBN: 978-82-8296-250-6.
- ASHLEY, P. J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3-4), s. 199-235. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.001>.
- BAKKE, H., BJERKNES, V. & ØVREEIDE, A. 1991. Effects of rapid changes in salinity on the osmoregulation of postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 96(3-4), s. 375-382. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90166-5](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(91)90166-5).
- BERG, A. 2006. Time of vaccination influences development of adhesions, growth and spinal deformities in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of aquatic organisms*, 69, s. 239-248.
- BERG, T. 2014. *Lakselus, fiskevelferd og bekjempelsesmetoder; En økonomisk betraktning rundt bruk av luseskjørt kontra tradisjonelle kjemiske metoder*. Bachelor. Bodø: Universitetet i Nordland.
- BJORN, P. A. 2001. Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic char in marine and freshwaters: the effects of salmon farms. *Aquaculture research*, 32(12), s. 947-962.
- BJØRN, P. A. P. 1998. The development of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on artificially infected post smolts of sea trout (*Salmo trutta*). *Canadian journal of zoology*, 76(5), s. 970-977.
- BLEIE, H. & SKRUDLAND, A. 2014. Tap av Laksefisk i sjø. Mattilsynet; Regionkontoret Trøndelag og Møre og Romsdal.

- BOLGER, T. & P.L., C. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34, s. 171-182.
- BORNØ, G. & LIE LINAKER, M. 2015. Fiskehelse rapporten 2014. Harstad: Veterinærinstituttet.
- BOXASPEN, K. 2006. A review of the biology and genetics of sea lice. *ICES journal of marine science*, 63(7), s. 1304-1316.
- BRANSON, E. J. & TURNBULL, T. 2008. Welfare and Deformities in Fish. *I: Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 202-216. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch13>. doi: 10.1002/9780470697610.ch13.
- BRICKNELL, I. 2006. Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. *Diseases of aquatic organisms*, 71, s. 201-212.
- BRUNO, D. W., NOGUERA, P. A. & POPPE, T. 2013. *A Colour Atlas of Salmonid Diseases*. Nederland: Springer.
- CECH JR, J. J. & BRAUNER, C. J. 2011. GAS EXCHANGE | Respiration: An Introduction. *I: FARRELL, A. P. (red.). Encyclopedia of Fish Physiology*. San Diego: Academic Press, s. 791-795. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123745538001192>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00119-2>.
- COSTELLO, M. J. 2006. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in Parasitology*, 22(10), s. 475-483. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2006.08.006>.
- DAMSGÅRD, B. & HUNTINGFORD, F. 2012. Fighting and Aggression. *I: Aquaculture and Behavior*. Wiley-Blackwell, s. 248-285. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9781444354614.ch9>. doi: 10.1002/9781444354614.ch9.
- DE MOL, R. M. R. 2006. A computer model for welfare assessment of poultry production systems for laying hens. *NJAS Wageningen journal of life sciences*, 54(2), s. 157-168.
- DEMPSTER, T. 2008. Behaviour and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) subjected to short-term submergence in commercial scale sea-cages. *Aquaculture*, 276(1-4), s. 103-111.
- DYREVELFERDSLOVEN. 2009. *Lov om dyrevelferd*: Landbruks- og matdepartementet. Tilgjengelig: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97?q=dyrevelferdsloven>.

- EKLIMA. 2015. *eKlima - gratis tilgang til Meteorologisk institutts vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner. Stokmarknes LH - Skagen: Meteorologisk Institutt (MET).*
- ELLIS, T., OIDTMANN, B., ST-HILAIRE, S., TURNBULL, J. F., NORTH, B. P., MACINTYRE, C. M., NIKOLAIDIS, J., HOYLE, I., KESTIN, S. C. & KNOWLES, T. G. 2008. Fin Erosion in Farmed Fish. *I: Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 121-149. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch9>. doi: 10.1002/9780470697610.ch9.
- ERIKSON, U., SIGHOLT, T. & SELAND, A. 1997. Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 149(3-4), s. 243-252. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01453-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01453-6).
- FARRELL, A. P. & RICHARDS, J. G. 2009. Chapter 11 Defining Hypoxia: An Integrative Synthesis of the Responses of Fish to Hypoxia. *I: JEFFREY G. RICHARDS, A. P. F. & COLIN, J. B. (red.). Fish Physiology*. Academic Press, s. 487-503. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546509808000113>. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)00011-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098(08)00011-3).
- FAWC. 1979. *Five Freedoms: Farm Animal Welfare Council*. Tilgjengelig: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121007104210/http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>.
- FERNÖ, A., HUSE, I., JUELL, J.-E. & BJORDAL, Å. 1995. Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo solar* L.) in net pens: trade-off between surface light avoidance and food attraction. *Aquaculture*, 132(3-4), s. 285-296. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00384-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(94)00384-Z).
- FINSTAD, B., HELLAND, I. P., UGLEM, I., DISERUD, O. H., FOLDVIK, A., HANSEN, F., BJØRN, P. A., NILSEN, R. & JANSEN, P. A. 2012. *Hva avgjør luseinfeksjonen hos vill laksefisk? Statistisk bearbeiding av data fra nasjonal lakselusovervåkning, 2004-2010*. NINA Rapport 891. Trondheim.
- FJELLDAL, P. G., LOCK, E.-J., GROTMOL, S., TOTLAND, G. K., NORDGARDEN, U., FLIK, G. & HANSEN, T. 2006. Impact of smolt production strategy on vertebral growth and mineralisation during smoltification and the early seawater phase in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). *Aquaculture*, 261(2), s. 715-728. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.008>.

- FLEMING, I. A. 1998. Pattern and variability in the breeding system of Atlantic salmon (*Salmo salar*), with comparisons to other salmonids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(S1), s. 59-76. doi: 10.1139/d98-009.
- FLEMING, I. A. & HUNTINGFORD, F. 2012. Reproductive Behaviour. *I: Aquaculture and Behavior*. Wiley-Blackwell, s. 286-321. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9781444354614.ch10>. doi: 10.1002/9781444354614.ch10.
- GENNA, R. L. 2005. Light intensity, salinity, and host velocity influence presettlement intensity and distribution on hosts by copepodids of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 62(12), s. 2675-2682.
- GRANT, A. N. 2002. Medicines for sea lice. *Pest management science*, 58(6), s. 521-527.
- GRINI, A. 2011. The effect of water temperature on vertebral deformities and vaccine-induced abdominal lesions in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of fish diseases*, 34(7), s. 531-546.
- GRONER, M. L. 2013. Use of agent-based modelling to predict benefits of cleaner fish in controlling sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestations on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of fish diseases*, 36(3), s. 195-208.
- GRØNTVEDT, R. N., JANSEN, P. A., HORSBERG, T. E., HELGESEN, K. & TARPAI, A. 2015. *The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in salmon lice (Lepeophtheirus salmonis) in Norway 2014*. Annual report 2014. Oslo: Veterinærinstituttet.
- GRØNTVEDT, R. N. & KRISTOFFERSEN, A. B. 2015. Permaskjørt kan redusere påslag av lakselus - analyse av felldata. *Delrapport Permaskjørt-prosjektet A5*. Oslo: Veterinærinstituttet.
- GRØTTUM, J. A. & SIGHOLT, T. 1998. A model for oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) based on measurements of individual fish in a tunnel respirometer. *Aquacultural Engineering*, 17(4), s. 241-251. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00012-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00012-0).
- HAMRE, L. A., EICHNER, C., CAIPANG, C. M. A., DALVIN, S. T., BRON, J. E., NILSEN, F., BOXSHALL, G. & SKERN-MAURITZEN, R. 2013. The Salmon Louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) Life Cycle Has Only Two Chalimus Stages. *PLoS ONE*, 8(9), s. e73539. doi: 10.1371/journal.pone.0073539.
- HANDELAND, S. 2003. Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. *Aquaculture*, 220(1-4), s. 367-384.

- HARGIS JR, W. J. 1991. Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*, 1(0), s. 95-117. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90025-F](http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030(91)90025-F).
- HELGESEN, K. O., ROMSTAD, H., AAEN, S. M. & HORSBERG, T. E. 2015. First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. *Aquaculture Reports*, 1(0), s. 37-42. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.01.001>.
- HEUCH, P. A. 1995. EXPERIMENTAL-EVIDENCE FOR AGGREGATION OF SALMON LOUSE COPEPODIDS (LEPEOPHTHEIRUS-SALMONIS) IN STEP SALINITY GRADIENTS. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 75(4), s. 927-939.
- HEUCH, P. A. 2007. Water flow around a fish mimic attracts a parasitic and deters a planktonic copepod. *Journal of plankton research*, 29, s. I3-I16.
- HEUCH, P. A., NORDHAGEN, J. R. & SCHRAM, T. A. 2000. Egg production in the salmon louse [*Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer)] in relation to origin and water temperature. *Aquaculture research*, 31(11), s. 805-814.
- HEUCH, P. A. P. 2005. A review of the Norwegian 'National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids': The effect on wild salmonids. *Aquaculture*, 246(1-4), s. 79-92.
- HEUCH, P. A. P. 2011. Counting sea lice on Atlantic salmon farms - Empirical and theoretical observations. *Aquaculture*, 320(3-4), s. 149-153.
- HEVRØY, E. M., BOXASPEN, K., OPPEDAL, F., TARANGER, G. L. & HOLM, J. C. 2003. The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. *Aquaculture*, 220(1-4), s. 1-14. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00189-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00189-8).
- HOWARTH, R. W. 1988. Nutrient Limitation of Net Primary Production in Marine Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, s. 89-110. doi: 10.2307/2097149.
- HUNTINGFORD, F., ADAMS, C. E., BRAITHWAITE, V., KADRI, S., POTTINGER, T. G., SANDØE, P. & TURNBULL, J. 2006. Current issues in fish welfare. *Journal of fish biology*, 68(2), s. 332-372.
- HUNTINGFORD, F. A. & KADRI, S. 2008. Welfare and Fish. *I: Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 19-31. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch2>. doi: 10.1002/9780470697610.ch2.

- HUSE, I. & HOLM, J. C. 1993. Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a function of illumination. *Journal of fish biology*, 43, s. 147-156.
- ISFA. 2015. *Salmon farming Sustaining Communities And Feeding The World*.
<http://www.salmonfarming.org>: International Salmon Farmers Assosiation.
- JOHANSEN, B. 2010. *Forstudie til prosjekt forebygging lakselus: Vurdering av vanngjennomstrømming ved tildekking av en enhet med planktonduk i forhold til en åpen enhet*. . VFH-rapport nr.:012010. Sortland: Vesterålen Fiskehelsetjeneste AS.
- JOHANSSON, D., RUOHONEN, K., KIESSLING, A., OPPEDAL, F., STIANSEN, J.-E., KELLY, M. & JUELL, J.-E. 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*, 254(1–4), s. 594-605. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.029>.
- JOHNSEN, H. 2012. Forelesning: Fish physiology. *BIO-2504*. Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø.
- JOHNSON, S. C. 1991. THE DEVELOPMENTAL STAGES OF LEPEOPHTHEIRUS-SALMONIS (KROYER, 1837) (COPEPODA, CALIGIDAE). *Canadian journal of zoology*, 69(4), s. 929-950.
- JOHNSON, S. C. & ALBRIGHT, L. J. 1991. DEVELOPMENT, GROWTH, AND SURVIVAL OF LEPEOPHTHEIRUS-SALMONIS (COPEPODA, CALIGIDAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71(2), s. 425-436.
- JONSSON, N., JONSSON, B. & HANSEN, L. P. 1997. Changes in Proximate Composition and Estimates of Energetic Costs During Upstream Migration and Spawning in Atlantic Salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 66(3), s. 425-436. doi: 10.2307/5987.
- JUELL, J.-E. & FOSSEIDENGEN, J. E. 2004. Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Aquaculture*, 233(1–4), s. 269-282. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.026>.
- JUELL, J. E. 1995. The behaviour of Atlantic salmon in relation to efficient cage-rearing. *Reviews in fish biology and fisheries*, 5(3), s. 320-335.
- KONGTORP, R. T. M. 2004. Heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: A new infectious disease. *Journal of fish diseases*, 27(6), s. 351-358.

- KORSØEN, Ø. J., DEMPSTER, T., FJELLDAL, P. G., OPPEDAL, F. & KRISTIANSEN, T. S. 2009. Long-term culture of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in submerged cages during winter affects behaviour, growth and condition. *Aquaculture*, 296(3–4), s. 373-381. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.036>.
- KRISTOFFERSEN, R. 1997. Epidemiologi - en introduksjon (kurskompendium). *BIO-3519 Parasittologi/epidemiologi*. Norges fiskerihøgskole - Universitetet i Tromsø.
- LAKSELUSFORSKRIFTEN. 2012. *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*. Norge: Nærings- og fiskeridepartementet. Tilgjengelig: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140?q=lakselus>.
- LATREMOUILLE, D. N. D. 2003. Fin erosion in aquaculture and natural environments. *Reviews in fisheries science*, 11(4), s. 315-335.
- LAWRENCE, A. B. 2008. What is Animal Welfare? *I: Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 5-18. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch1>. doi: 10.1002/9780470697610.ch1.
- LIEN, A. M., STIEN, L. H., GRØNTVEDT, R. N. & FRANK, K. 2015. *Permanent skjørt for redusering av lusepåslag på laks*. Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.
- LUSEDATA.NO. 2014. *Alternativer til legemidler*. Tilgjengelig: <http://lusedata.no/fou/alternativer-til-legemidler/>.
- LØVÅS, G. G. 2013. *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Oslo: Universitetsforlaget.
- MANKETTIKARA, R. 2013. Hydrophysical characteristics of the northern Norwegian coast and fjords.
- MCCORMICK, S. D. & SAUNDERS, R. L. 1987. Preparatory Physiological Adaptations for Marine Life of Salmonids: Osmoregulation, Growth, And Metabolism. *American Fisheries Society Symposium*, 1, s. 211-229.
- MELD.ST.16 2014-2015. Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Norge: Nærings - og fiskeridepartementet (2015).
- MELD.ST.22 2012-2013. Verdens fremste sjømatnasjon (Sjømatmeldingen). Norge: Fiskeri - og kystdepartementet (2013).
- MELLOR, D. 2001. Integrating practical, regulatory and ethical strategies for enhancing farm animal welfare. *Australian veterinary journal*, 79(11), s. 762-768.
- MORDUE-LUNTZ, A. J., BIRKETT, M. A. & MORDUE LUNTZ, A. J. 2009. A review of host finding behaviour in the parasitic sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Caligidae: Copepoda). *Journal of fish diseases*, 32(1), s. 3-13.

- NOLAN, D. 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), s. 947-959.
- NORGESSJØMATRÅD 2015. Eksport av norsk sjømat i 2014. <http://www.seafood.no>: Norges Sjømatråd.
- NOU2014:16 2014-2015. NOU 2014:16 Sjømatindustrien - utredning av sjømatindustriens rammevilkår. Norge: Nærings- og fiskeridepartementet (2014)
- NÆS, M., GRØNTVEDT, R. N., KRISTOFFERSEN, A. B. & JOHANSEN, B. 2014. *Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrettsmerder for å redusere påslag av lakselus (Lepeophtheirus salmonis)*. Sortland: Vesterålen Fiskehelsetjeneste AS.
- NÆS, M., HEUCH, P. A. & MATHISEN, R. 2012. *Bruk av «luseskjørt» for å redusere påslag av lakselus Lepeophtheirus salmonis (Krøyer) på oppdrettslaks*. Stokmarknes: Nordlaks Oppdrett AS.
- OLAFSEN, T., WINTHER, U., OLSEN, Y. & SKJERMO, J. 2012. *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*.
- OPPEDAL, F. 2001. Artificial light and season affects vertical distribution and swimming behaviour of post-smolt Atlantic salmon in sea cages. *Journal of fish biology*, 58(6), s. 1570-1584.
- OPPEDAL, F., DEMPSTER, T. & STIEN, L. H. 2011a. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1-4), s. 1-18. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.020>.
- OPPEDAL, F., JUELL, J.-E. & JOHANSSON, D. 2007. Thermo- and photoregulatory swimming behaviour of caged Atlantic salmon: Implications for photoperiod management and fish welfare. *Aquaculture*, 265(1-4), s. 70-81. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.050>.
- OPPEDAL, F., VÅGSETH, T., DEMPSTER, T., JUELL, J.-E. & JOHANSSON, D. 2011g. Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 315(3-4), s. 361-368. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.037>.
- OT.PRP.NR.15 2008-2009. Om lov om dyrevelferd. Landbruks- og matdepartementet.
- PANKHURST, N. W., LUDKE, S. L., KING, H. R. & PETER, R. E. 2008. The relationship between acute stress, food intake, endocrine status and life history stage in juvenile

- farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 275(1–4), s. 311-318. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.01.001>.
- PARRY, G. 1960. The development of salinity tolerance in the salmon, *Salmo salar* (L.), and some related species. *Journal of experimental biology*, 37, s. 425-434.
- PERRY, S. F., JONZ, M. G. & GILMOUR, K. M. 2009. Chapter 5 Oxygen Sensing And The Hypoxic Ventilatory Response. I: JEFFREY G. RICHARDS, A. P. F. & COLIN, J. B. (red.). *Fish Physiology*. Academic Press, s. 193-253. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546509808000058>. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)00005-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098(08)00005-8).
- PETTERSEN, J. M., BRACKE, M. B. M., MIDTLYNG, P. J., FOLKEDAL, O., STIEN, L. H., STEFFENAK, H. & KRISTIENSEN, T. S. 2013. Salmon welfare index model 2.0: an extended model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon, based on a review of selected welfare indicators and intended for fish health professionals. *Reviews in Aquaculture*, 6(3), s. 162-179.
- PIKE, A. W. 1989. Sea lice — Major pathogens of farmed atlantic salmon. *Parasitology Today*, 5(9), s. 291-297. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0169-4758\(89\)90020-3](http://dx.doi.org/10.1016/0169-4758(89)90020-3).
- PIKE, A. W. & WADSWORTH, S. L. 1999. Sealice on Salmonids: Their Biology and Control. I: J.R. BAKER, R. M. & ROLLINSON, D. (red.). *Advances in Parasitology*. Academic Press, s. 233-337. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065308X0860233X>. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60233-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60233-X).
- PINET, P. R. 2009. *Invitation to oceanography*. 5. utg. Sudbury, Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers, LLC.
- POPPE, T., BERGH, Ø. & KEEPING, D. 1999. *Fiskehelse og fiskesykdommer*. Oslo: Universitetsforl.
- POPPE, T., BINDE, M., SKRUDLAND, A. & JOHNSEN, S. 2014. *Fiskevelferden som forsvant*. Tilgjengelig: http://www.intrafish.no/gratis_nyheter/article1395628.ece.
- READ, N. 2008. Fish Farmer's Perspective of Welfare. I: *Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 99-110. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch7>. doi: 10.1002/9780470697610.ch7.
- REMEN, M., OPPEDAL, F., TORGERSEN, T., IMSLAND, A. K. & OLSEN, R. E. 2012. Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt

- Atlantic salmon: Initial responses and acclimation. *Aquaculture*, 326–329(0), s. 148-155. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.036>.
- REMEN, M. M. 2013. Hypoxia tolerance thresholds for post-smolt Atlantic salmon: Dependency of temperature and hypoxia acclimation. *Aquaculture*, 416, s. 41-47.
- SCHRAM, T. A., BOXSHALL, G. A. & DEFAYE, D. 1993. *Supplementary descriptions of the developmental stages of Lepeophtheirus salmonis (Kroyer, 1837) (Copepoda: Caligidae)*. Serie: Pathogens of wild and farmed fish: sea lice. Ellis Horwood.
- SCHRAM, T. A. T. 2004. Practical identification of pelagic sea lice larvae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(1), s. 103-110.
- SCHULTE, P. M. 2011. TEMPERATURE | Effects of Temperature: An Introduction. I: FARRELL, A. P. (red.). *Encyclopedia of Fish Physiology*. San Diego: Academic Press, s. 1688-1694. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123745538001593>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00159-3>.
- SEVATDAL, S. 2003. Determination of reduced sensitivity in sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Kroyer) against the pyrethroid deltamethrin using bioassays and probit modelling. *Aquaculture*, 218(1-4), s. 21-31.
- SJOMATNORGE.NO. 2015. Økt bruk av legemidler mot lakselus: SjømatNorge. Tilgjengelig: <http://sjomatnorge.no/okt-bruk-av-legemidler-mot-lakselus/>.
- SOARES, S., GREEN, D. M., TURNBULL, J. F., CRUMLISH, M. & MURRAY, A. G. 2011. A baseline method for benchmarking mortality losses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) production. *Aquaculture*, 314(1–4), s. 7-12. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.029>.
- SOMERO, G. N. 2011. RESPONSES AND ADAPTATIONS TO THE ENVIRONMENT | General Principles of Biochemical Adaptations. I: FARRELL, A. P. (red.). *Encyclopedia of Fish Physiology*. San Diego: Academic Press, s. 1681-1687. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123745538001659>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00165-9>.
- SOUTHGATE, P. J. 2008. Welfare of Fish During Transport. I: *Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 185-194. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch11>. doi: 10.1002/9780470697610.ch11.

- STEFANSSON, S. O., BJÖRNSSON, B. T., EBBESSON, L. O. E. & MCCORMICK, S. D. 2008. Smoltification. I: FINN, R. N. & KAPOOR, N. G. (red.). *Fish Larval Physiology*. Enfield (New Hampshire): Science Publishers, s. 639-681. Tilgjengelig: [http://www.bio.umass.edu/biology/mccormick/pdf/Stefansson et al 2008 smolt chapter.pdf](http://www.bio.umass.edu/biology/mccormick/pdf/Stefansson%20et%20al%202008%20smolt%20chapter.pdf).
- STEINHAUSEN, M. F. 2008. The effect of acute temperature increases on the cardiorespiratory performance of resting and swimming sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Journal of experimental biology*, 211, s. 3915-3926.
- STEWART, R. H. 2002. *Introduction To Physical Oceanography*. Texas: Department of Oceanography, Texas A & M University.
- STIEN, A. 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine ecology progress series*, 290, s. 263-275.
- STIEN, L. H., BRACKE, M. B. M., FOLKEDAL, O., NILSSON, J., OPPEDAL, F., TORGERSEN, T., KITILSEN, S., MIDTLYNG, P. J., VINDAS, M. A., ØVERLI, Ø. & KRISTIANSEN, T. S. 2012. Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Aquaculture*, 5(1), s. 33-8486.
- STIEN, L. H., DEMPSTER, T., BUI, S., GLAROPOULOS, A., FOSSEIDENGEN, J. E., WRIGHT, D. W. & OPPEDAL, F. 2014. (upublisert) Testing the "snorkel" sea cage principle for large Atlantic salmon during autumn gave reduced lice loads with minimum impacts on fish welfare. Havforskningsinstituttet.
- STIEN, L. H. & OPPEDAL, F. udatert. *Langtidsvirkning av Permaskjørt på fiskeatferd*. Permaskjørt A6. <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900711>: Havforskningsinstituttet.
- SVÅSAND, T., BOXASPEN, K. K., KARLSEN, Ø., KVAMME, B. O. K., STIEN, L. H. & TARANGER, G. L. 2015. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014. *Fisken og havet, særnummer 2-2015*. Havforskningsinstituttet.
- TARANGER, G. L., SVÅSAND, T., KVAMME, B. O., KRISTIANSEN, T. & BOXASPEN, K. 2014. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2013. *Fisken og havet, særnummer 2-2014*. Havforskningsinstituttet.
- TULLY, O. 2002. A review of the population biology and host-parasite interactions of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Parasitology*, 124 Suppl, s. S165-82.

- TURNBULL, J. 2005. Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture*, 243(1-4), s. 121-132.
- TURNBULL, J. F., NORTH, B. P., ELLIS, T., ADAMS, C. E., BRON, J., MACINTYRE, C. M. & HUNTINGFORD, F. A. 2008. Stocking Density and the Welfare of Farmed Salmonids. *I: Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, s. 111-120. Tilgjengelig: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch8>. doi: 10.1002/9780470697610.ch8.
- TVENNING, H. 1991. *Fiskeoppdrett*. Oslo: Aschehoug.
- VIGEN, J. 2008. *Oxygen variation within a seacage*. European Master in Aquaculture and Fisheries. Bergen: Universitetet i Bergen.
- VÅGSHOLM, I. & DJUPVIK, H. O. 1998. Risk factors for spinal deformities in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of fish diseases*, 21(1), s. 47-53.
- WADHAMS, L. J. L. 2006. The role of semiochemicals in host location and non-host avoidance by salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 63(2), s. 448-456.
- WAGNER, G. N., FAST, M. D. & JOHNSON, S. C. 2008. Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in Parasitology*, 24(4), s. 176-183. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2007.12.010>.
- WANG, T., LEFEVRE, S., THANH HUONG, D. T., CONG, N. V. & BAYLEY, M. 2009. Chapter 8 The Effects of Hypoxia On Growth and Digestion. *I: JEFFREY G. RICHARDS, A. P. F. & COLIN, J. B. (red.). Fish Physiology*. Academic Press, s. 361-396. Tilgjengelig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546509808000083>. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)00008-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098(08)00008-3).
- WARGELIUS, A., FJELLDAL, P. & HANSEN, T. 2005. Heat shock during early somitogenesis induces caudal vertebral column defects in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Development Genes and Evolution*, 215(7), s. 350-357. doi: 10.1007/s00427-005-0482-0.
- WENDELAAR BONGA, S. E. 1997. *The stress response in fish*, b. 3.
- WILKIE, M. P. 1997. Influences of temperature upon the postexercise physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 54(3), s. 503-511.
- WITTEN, P. E., GIL-MARTENS, L., HALL, B. K., HUYSSSEUNE, A. & OBACH, A. 2005. Compressed vertebrae in Atlantic salmon *Salmo salar*: evidence for metaplastic

chondrogenesis as a skeletogenic response late in ontogeny. *Diseases of Aquatic Organisms*, 64(3), s. 237-246. doi: 10.3354/dao064237.

ZYDLEWSKI, J., ZYDLEWSKI, G. & DANNER, G. R. 2010. Descaling Injury Impairs the Osmoregulatory Ability of Atlantic Salmon Smolts Entering Seawater. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139(1), s. 129-136. doi: 10.1577/T09-054.1.

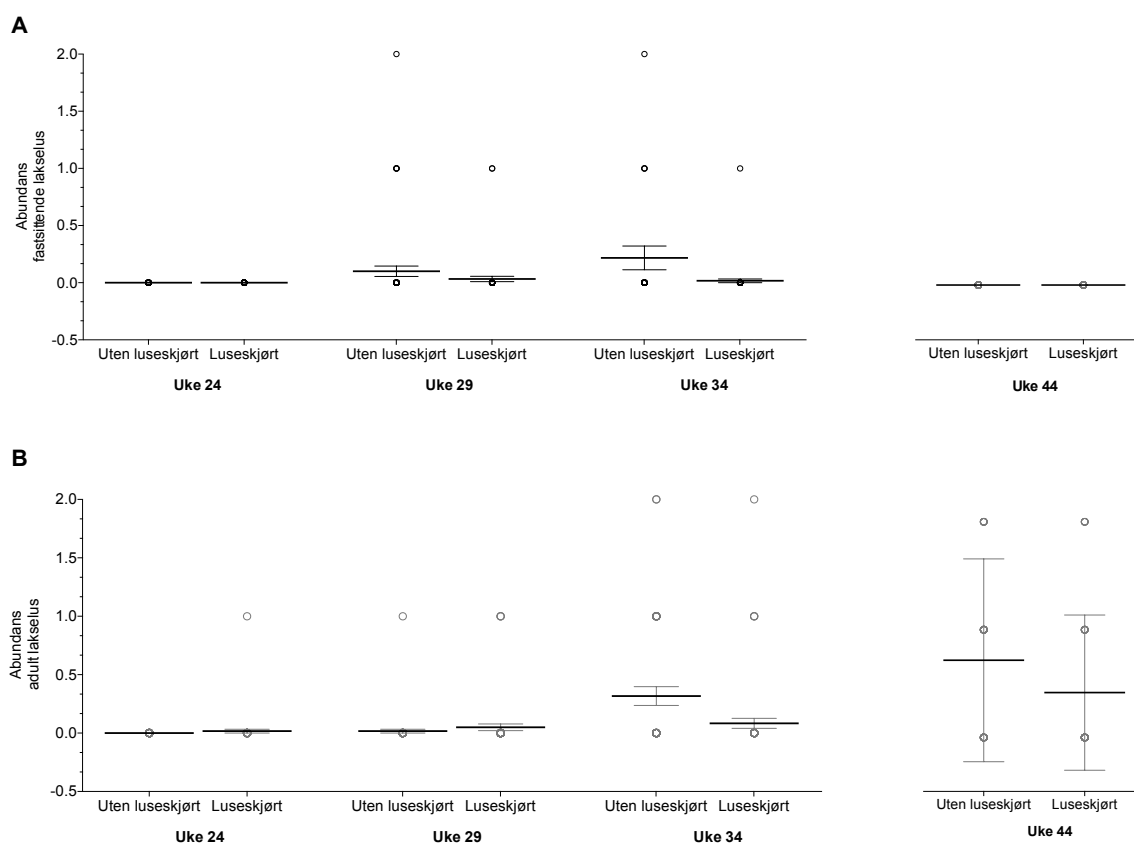
ØKSENVÅG, J. A. 2015. Pers.kom.: Kontali Analyse AS.

Appendiks I

Registrering av lakselus

Abundans

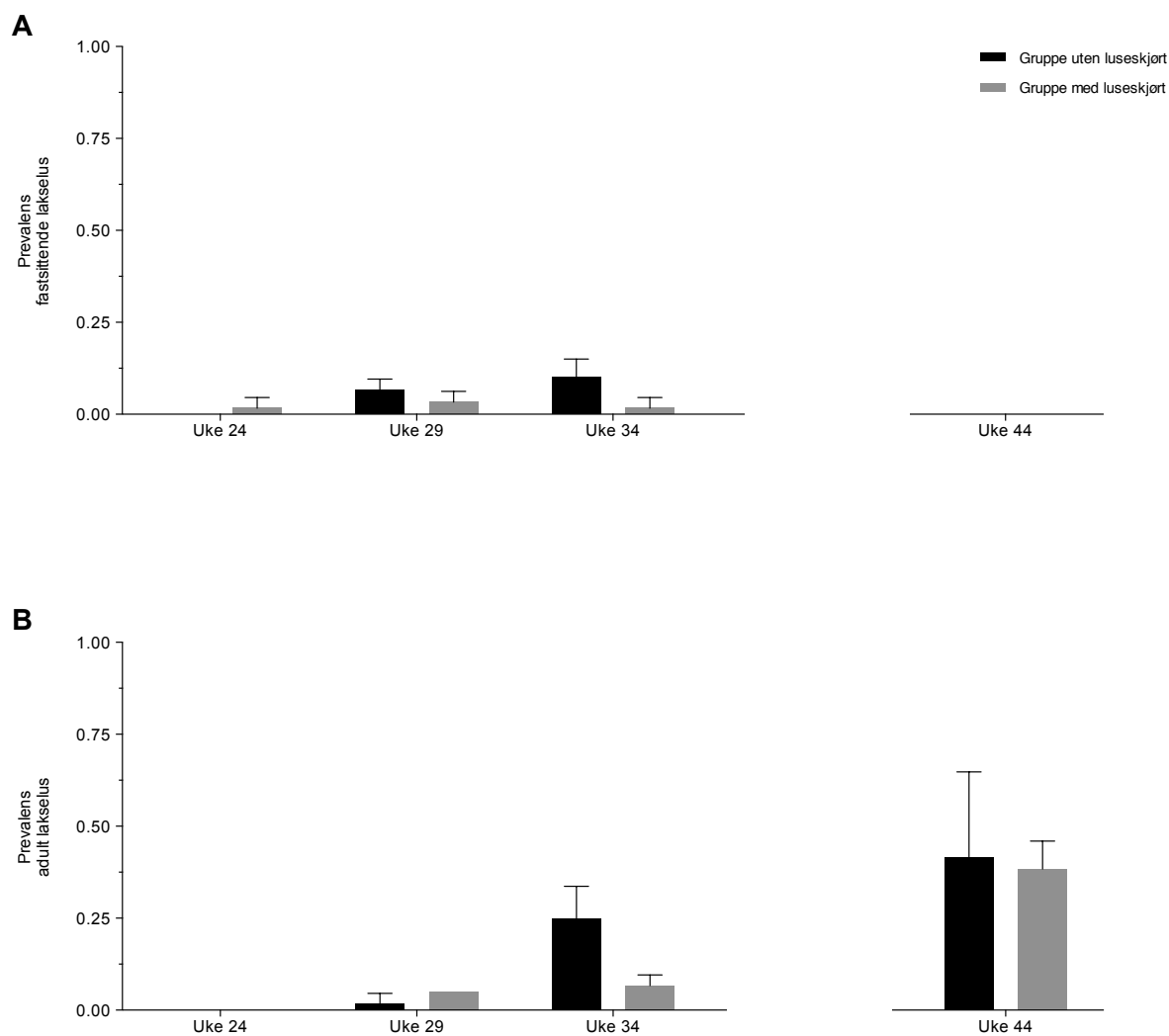
Gjennomsnittlig infeksjon av lakselus (abundans) i fastsittende (A) og adult (B) stadium. Fastsittende stadium er lakselusens stadium chalimus I og II. Adult stadium er voksen (kjønnsmoden) hunnlus.



Figur A1: Abundans av lakselus i fastsittende (A) og adult stadium (B), fordelt på gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 1 (uke 24, 29 og 34) og forsøksperiode 2 (uke 44).

Prevalens

Andel fisk infisert av lakselus (prevalens) i fastsittende (A) og adult (B) stadium. Fastsittende stadium er lakselusens stadium chalimus I og II. Adult stadium er voksen (kjønnsmoden) hunnlus.



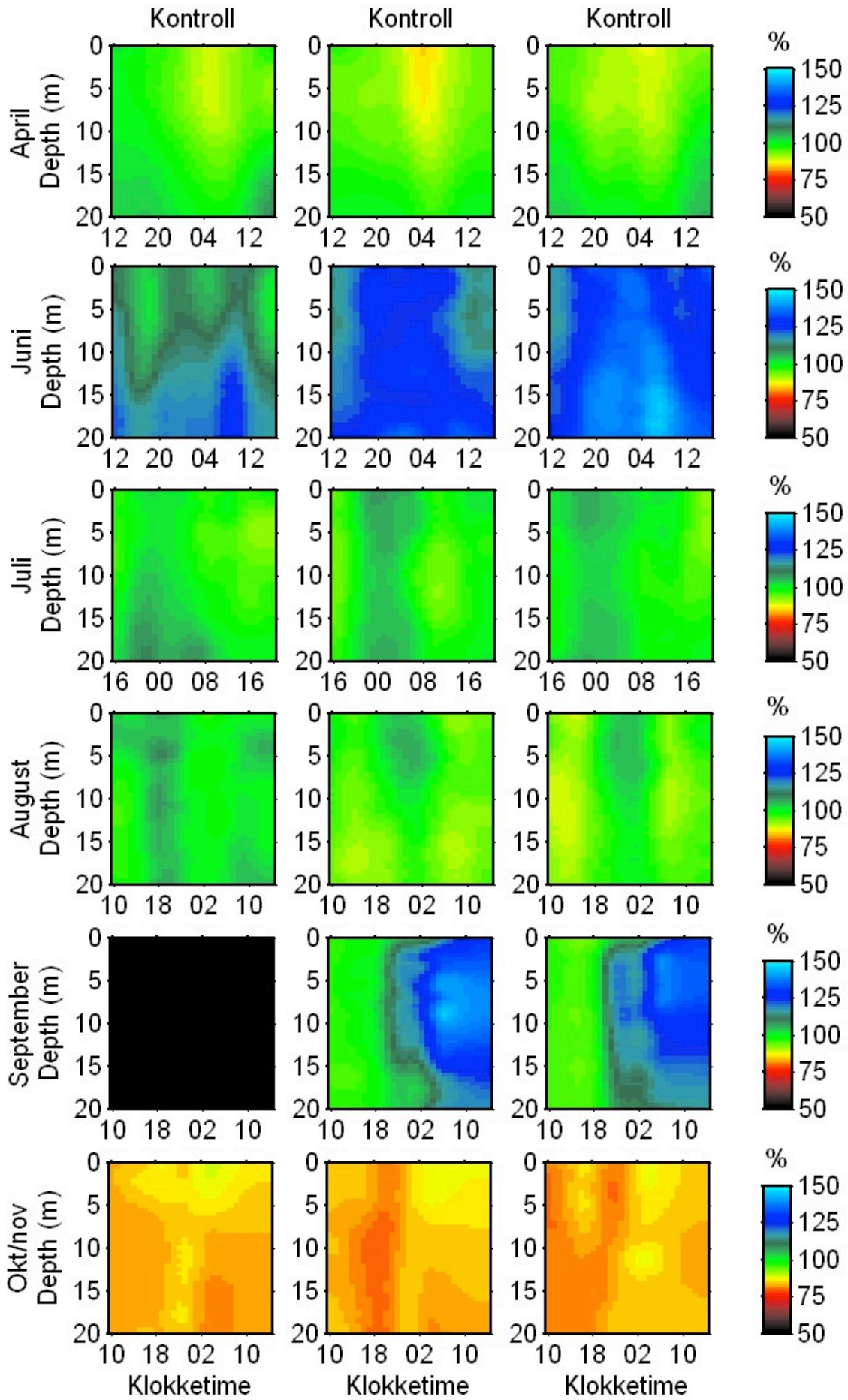
Figur A2: Prevalens av lakselus i fastsittende (A) og adult stadium (B), fordelt på gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt i forsøksperiode 1 (uke 24, 29 og 34) og forsøksperiode 2 (uke 44).

Appendiks II

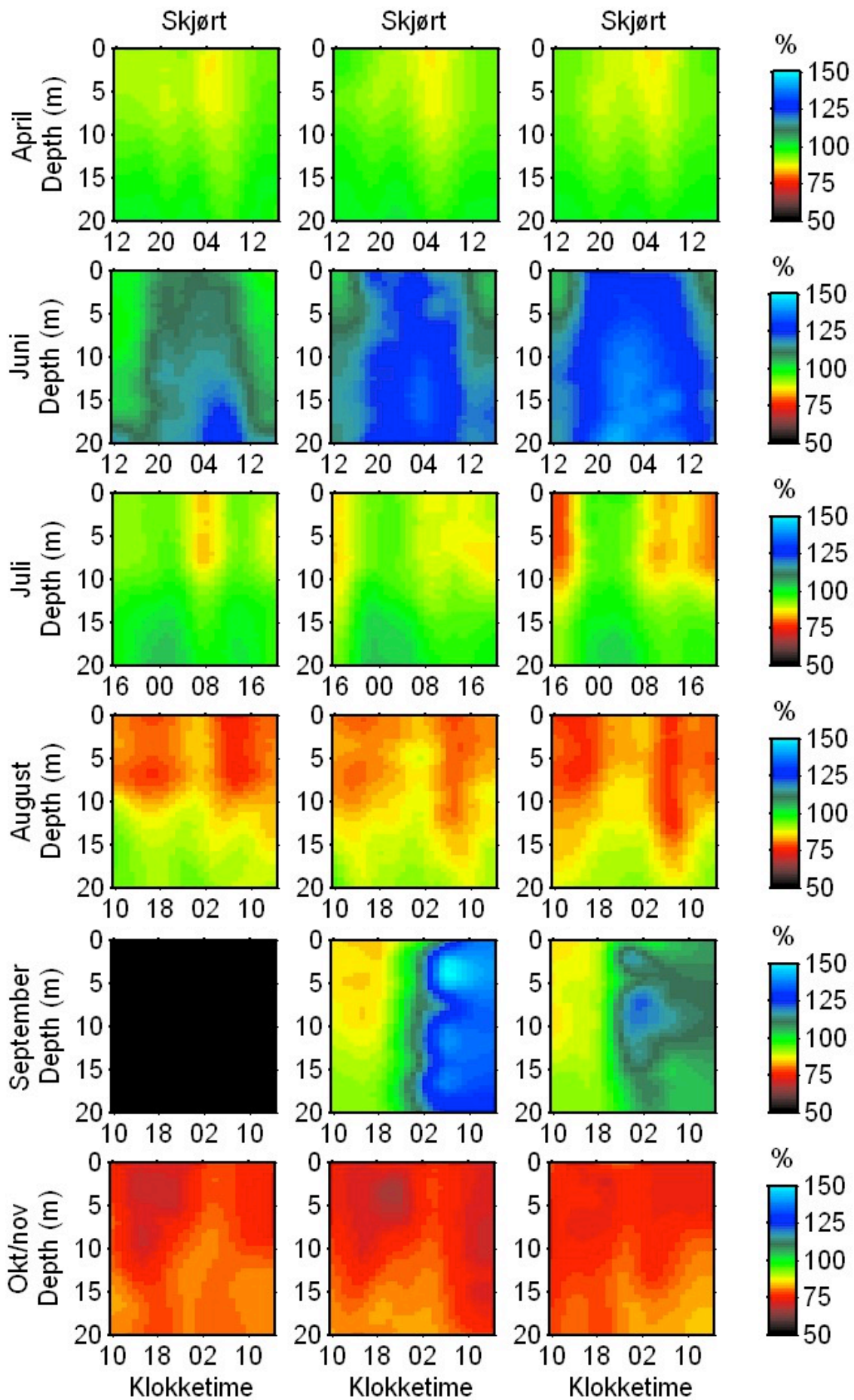
Miljøforhold – Plott av døgnregistreringer av oksygen

Figur A3: Døgnregistrering av oksygenmetning (%) på 0 – 20 meter i forsøksmerder. Oksygen ble registrert med CTDO-sonde gjennom ett døgn ved halvmåne i april (uke 17), juni (uke 23), juli (uke 28), august (uke 32), september (uke 36) og oktober (uke 44). Bilde A: merder uten luseskjørt (kontroll). Bilde B: merder med luseskjørt (skjørt). Fargeskala viser valgt fargemarkør for oksygenverdi mellom 50 – 150 % metning.

A



B



Appendiks III

Dødelighet

Ukentlig dødelighet i forsøksmerder i forsøksperiode 1 og forsøksperiode 2

Tabell A1: Ukentlig dødelighet i gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt, i forsøksperiode 1 (uke 17 –35) og forsøksperiode 2 (uke 40-44). Dødeligheten er oppgitt i antall individer pr. uke.

*Luseskjørt var ikke montert

Uke	Gruppe uten luseskjørt			Gruppe med luseskjørt		
	K1.1	K2.1	K3.1	L1.1	L2.1	L3.1
17*	434	63	92	57	65	61
18*	208	28	27	43	35	36
19*	378	46	81	93	61	72
20*	186	39	43	84	62	63
21*	166	70	89	124	149	108
22	188	48	84	58	99	82
23	78	32	47	43	53	42
24	114	32	67	23	29	32
25	179	23	72	24	34	29
26	107	26	72	37	37	67
27	59	31	199	28	52	33
28	49	19	220	27	49	76
29	36	27	59	65	30	281
30	51	39	64	54	61	159
31	580	40	46	140	41	160
32	181	43	124	62	37	78
33	535	52	76	49	51	94
34	298	50	215	80	332	86
35	91	60	218	51	178	63
Akkumulert	3918	768	1895	1142	1455	1622

Uke	Gruppe uten luseskjørt			Gruppe med luseskjørt		
	K1.2	K2.2	K3.2	L1.2	L2.2	L3.2
40*	33	33	36	41	58	41
41	40	36	25	33	38	34
42	64	30	71	83	65	38
43	55	44	49	31	131	85
44	33	52	28	73	28	30
Akkumulert	225	195	209	261	320	228

Tabell A2: Ukentlig dødelighet i gruppe uten luseskjørt og gruppe med luseskjørt, i forsøksperiode 1 (uke 17 –35) og forsøksperiode 2 (uke 40-44). Dødeligheten er oppgitt i % individer pr. uke.

*Luseskjørt var ikke montert

Uke	Gruppe uten luseskjørt			Gruppe med luseskjørt		
	K1.1	K2.1	K3.1	L1.1	L2.1	L3.1
17*	0,24	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03
18*	0,11	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
19*	0,21	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04
20*	0,10	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04
21*	0,09	0,05	0,05	0,07	0,08	0,06
22	0,10	0,03	0,05	0,03	0,06	0,05
23	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
24	0,06	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02
25	0,10	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02
26	0,06	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04
27	0,03	0,02	0,11	0,02	0,03	0,02
28	0,03	0,01	0,13	0,01	0,03	0,04
29	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,16
30	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,09
31	0,32	0,03	0,03	0,08	0,02	0,09
32	0,10	0,03	0,07	0,03	0,02	0,04
33	0,30	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05
34	0,17	0,03	0,12	0,04	0,19	0,05
35	0,05	0,04	0,12	0,03	0,10	0,04
Akkumulert	2,16	0,51	1,08	0,61	0,83	0,92

	Gruppe uten luseskjørt			Gruppe med luseskjørt		
	K1.2	K2.2	K3.2	L1.2	L2.2	L3.2
40*	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,06
41	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
42	0,09	0,05	0,11	0,13	0,09	0,06
43	0,07	0,07	0,07	0,05	0,18	0,13
44	0,04	0,08	0,04	0,11	0,04	0,05
Akkumulert	0,30	0,30	0,32	0,40	0,43	0,35

Appendiks IV

Vekst

Tabell A3: Gjennomsnittlig målt vekt (kg) i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt. 20 individer pr. merd ble veid i uke 17, 24, 29 og 34 (forsøksperiode 1) og uke 40 og 41 (forsøksperiode 2). Tabellen viser vekt (kg) ± standardavvik, samt total vekst. *Luseskjørt var ikke montert

Periode	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
		K1.1	K2.1	K3.1	L1.1	L2.1	L3.1
1	17*	0,370 ± 0,12	0,701 ± 0,19	0,581 ± 0,14	0,548 ± 0,18	0,551 ± 0,16	0,576 ± 0,15
	24	0,551 ± 0,17	0,975 ± 0,13	0,765 ± 0,14	0,622 ± 0,18	0,738 ± 0,17	0,596 ± 0,15
	29	0,636 ± 0,21	1,171 ± 0,26	0,954 ± 0,32	0,947 ± 0,24	0,888 ± 0,26	0,950 ± 0,19
	34	1,402 ± 0,28	1,619 ± 0,34	1,364 ± 0,21	1,313 ± 0,29	1,296 ± 0,22	1,305 ± 0,38
Total vekst		1,032	0,918	0,783	0,765	0,745	0,729

Periode	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
		K1.2	K2.2	K3.2	L1.2	L2.2	L3.2
2	40*	2,481 ± 0,43	2,112 ± 0,46	1,992 ± 0,47	2,318 ± 0,43	2,435 ± 0,43	2,360 ± 0,51
	44	2,970 ± 0,76	2,924 ± 0,68	2,648 ± 0,61	2,355 ± 0,50	2,605 ± 0,52	2,701 ± 0,42
Total vekst		0,489	0,812	0,656	0,037	0,170	0,341

Kondisjonsfaktor

Tabell A4: Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor i gruppe med luseskjørt og gruppe uten luseskjørt. 20 individer pr. merd ble veid og målt i uke 17, 24, 29 og 34 (forsøksperiode 1) og uke 40 og 41 (forsøksperiode 2). Tabellen viser kondisjonsfaktor ± standardavvik, samt total vekst. *Luseskjørt var ikke montert

Periode	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
		K1.1	K2.1	K3.1	L1.1	L2.1	L3.1
1	17*	1,11 ± 0,11	1,10 ± 0,06	1,10 ± 0,08	1,18 ± 0,23	1,07 ± 0,11	1,14 ± 0,06
	24	1,15 ± 0,17	1,12 ± 0,07	1,09 ± 0,09	1,10 ± 0,09	1,08 ± 0,09	1,02 ± 0,07
	29	1,10 ± 0,15	1,16 ± 0,07	1,12 ± 0,08	1,17 ± 0,07	1,08 ± 0,16	1,12 ± 0,07
	34	1,28 ± 0,12	1,21 ± 0,11	1,18 ± 0,07	1,15 ± 0,11	1,16 ± 0,07	1,18 ± 0,06
Endring (start til slutt)		0,17	0,11	0,07	-0,03	0,09	0,04

Periode	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
		K1.2	K2.2	K3.2	L1.2	L2.2	L3.2
2	40*	1,30 ± 0,18	1,29 ± 0,07	1,29 ± 0,16	1,31 ± 0,13	1,25 ± 0,07	1,28 ± 0,09
	44	1,31 ± 0,08	1,32 ± 0,08	1,27 ± 0,09	1,20 ± 0,07	1,27 ± 0,08	1,18 ± 0,28
Endring (start til slutt)		0,01	0,03	-0,03	-0,10	0,01	-0,10

Appendiks V

Fiskevelferd

Tabell A5: Velferdsscore i merder uten luseskjørt og merder med luseskjørt i forsøksperiode 1 (uke 17, 24, 29 og 34) og forsøksperiode 2 (uke 40 og 44). 20 individer pr. merd ble undersøkt med Salmon Welfare Index Model 1.0/1.1 Tabellen viser velferdsscore ± standardfeil. *Luseskjørt var ikke montert

Periode	SWIM	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
			K1.1	K2.1	K3.1	L1.1	L2.1	L3.1
1	1.0	17*	0,710 ± 0,03	0,767 ± 0,02	0,763 ± 0,03	0,772 ± 0,03	0,776 ± 0,03	0,773 ± 0,03
	1.0	24	0,815 ± 0,03	0,799 ± 0,02	0,839 ± 0,04	0,852 ± 0,02	0,885 ± 0,02	0,824 ± 0,03
	1.0	29	0,818 ± 0,04	0,851 ± 0,03	0,801 ± 0,19	0,836 ± 0,05	0,837 ± 0,04	0,779 ± 0,03
	1.0	34	0,759 ± 0,02	0,802 ± 0,19	0,784 ± 0,03	0,848 ± 0,05	0,786 ± 0,04	0,852 ± 0,03

Periode	SWIM	Uke	Gruppe med luseskjørt			Gruppe uten luseskjørt		
			K1.2	K2.2	K3.2	L1.2	L2.2	L3.2
2	1.0	40*	0,768 ± 0,02	0,769 ± 0,02	0,772 ± 0,02	0,739 ± 0,02	0,731 ± 0,02	0,766 ± 0,02
	1.0	44	0,786 ± 0,03	0,739 ± 0,03	0,799 ± 0,02	0,682 ± 0,03	0,731 ± 0,04	0,736 ± 0,03
2	1.1	40*	0,789 ± 0,02	0,783 ± 0,02	0,786 ± 0,02	0,763 ± 0,02	0,749 ± 0,02	0,777 ± 0,02
	1.1	44	0,788 ± 0,03	0,743 ± 0,03	0,797 ± 0,03	0,694 ± 0,03	0,744 ± 0,03	0,742 ± 0,03

Appendiks VI

Skjema for gjennomføring av Salmon Welfare Index Model

De påfølgende skjemaene ble benyttet under gjennomføring av SWIM 1.0/1.1.

Salmon Welfare Index Model

BAKGRUNNSDATA:

Anlegg: _____ **Uke:** _____ **Dato:** _____

Merdnummer: _____

Merdvolum (m3): _____

Antall fisk i merd: _____

Gjennomsnittsvekt (g): _____

Dybde: _____ Omkrets: _____

MILJØ I MERD:

	Gj.snitt	Minimum	Maksimum
Temperatur			
Oksygen			
Vannstrøm (cm/s)			
Tetthet (d) (kg/m ³)			
Dødelighet (fisk/dag)			

$d = (n \cdot kg) / m^3$

Antall fisk v/utsett: _____ Antall fisk i dag: _____

Salinitet

Brakkvann Ikke brakkvann Nedsatt osmotisk balanse og ikke tilgang på brakkvann

Apetitt

God appetitt Som forventet Dårlig appetitt

Lys

Annet Midnattssol (24t lys) Naturlig; sommer/høst (12t lys) Naturlig; vinter. Kun lys i øvre vannsjikt.

Førstyrrelse

Ingen Lett Moderat Betydelig

Toksiske hendelser

Ingen Alger Maneter

Kjent sykdomshistorie:

Nåværende sykdom/dominerende årsak til dødelighet:

Eventuelle hendelser som kan ha ført til forøket dødelighet:

SWIM 1.0/1.1
Individuell fisk

FISK NUMMER:															
TILSTAND:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vekt (g)															
Lengde (cm)															
Kondisjonsfaktor (kalkulert)															
Lakselus (antall pre-adult + adult)															
Lakselus ratio (kalkulert)*															
Avmagringsstadium*															
Deformitet skjellett*															
Reproduksjonsstadium*															
Smoltifiseringsstadium*															
Finnetilstand*															
Skinntilstand*															
Øyestatus*															
Gjellestatus*															
Gjellelokk*															
Munn/kjeve*															

- Avmagringsstadium:**
1) Ikke avmagret 2) Potensielt avmagret 3) Avmagret
- Deformitet skjellett:**
1) Ingen eksterne tegn på skjellettdeformitet 2) Kort hale, normal vekt 3) Kort hale, lav vekt
- Reproduksjonsstadium:**
1) Ikke kjønnsmoden 2) Premoden hann 3) Kjønnsmoden hann 4) Kjønnsmoden hunn
- Smoltifiseringsstadium:**
1) Fullt smoltifisert 2) Parr, tilgang til brakkvann 3) Parr, ufullstendig smoltifisering, 10 °C 4) Parr, ufullstendig smoltifisering, 7 °C 6) Parr, ufullstendig smoltifisering, 20 °C
- Finnetilstand:**
1) Normale fine finner, ingen avvik 2) Arnev eller svak nekrose 3) Moderat nylig skinnskade og/eller nekrose inkludert splitting og/eller fortykkelse 4) Alvorlig skinnskade og/eller nekrose med blødning og/eller inflammasjon og/eller eksponerte finnestråler og alvorlig vevestap
- Skinntilstand:**
1) Normalt friskt skinn, ingen kommentar 2) Helbredet arnev 3) Skjelltap (delokalisert eller manglende skjell) 4) Overflatisk sår < 1 cm² 5) Overflatisk sår > 1 cm² 6) Penetrerende og/eller flere trolig infiserte sår .
- Øyestatus:**
1) Friske funksjonelle øyne 2) Ensidig traumatisk skade, moderat eksofthalmus eller haemorrhager på innsiden av øyet 3) Tosidig traumatisk skade, moderat eksofthalmus eller haemorrhager på innsiden av øyet 4) Tosidig katarakt (>50% dekt linse) eller kronisk tilstand med svekket syn 5) Betydelig eksofthalmus eller bilateral blindhet
- Gjellestatus:**
1) Normale friske gjeller 2) Mildt tegn på fokal inflammasjon, nekrose (dødt vev), lesjon eller traume 3) Betydelig tegn på generalisert onfllammasjon, nekrose, lesjon eller traume.
- Gjellelokk:**
1) Normale gjellelokk 2) Forkortet gjellelokk, ensidig 3) Forkortet gjellelokk, ensidig 4) Fraværende gjellelokk, ensidig 5) Gjellelokk fraværende, tosidig
- Munn/kjeve:**
1) Ingen sår eller skader 2) Lett sår/skade 3) Tydelig sår/skade med blodutredelse

