Akvaplan niva

Rapport Report

Sluttrapport
FoU T-TN-17 2017 G

Postsmolt: toleranse for midtvinters utsett og prestasjon i sjøfase

Akvaplan-niva AS Rapport: 8457-05

This page is intentionally left blank

Akvaplan-niva AS
Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur
Org.nr: NO 937 375 158 MVA
Pirsenteret, Trondheim
7010 Trondheim
Tlf: +47, Fax: +47
www.akvaplan.niva.no

Rapporttittel / Report title
Faglig sluttrapport FoU T-TN-17 2017 G

Postsmolt og toleranse for vinterutsett i Nord Norge – prestasjon, fiskehelse og fiskevelferd.

Forfatter(e) / Author(s)
Mette Remen (faglig ansvarlig)
Karin Bloch-Hansen (prosjektleder)
Anne Tårånd Aasen

Akvaplan-niva rapport nr / report no
8457-05

Dato / Date
20.12.2019

Antall sider / No. of pages
48

Distribusjon / Distribution
Konfidensiell

Oppdragsgiver / Client
Akvaplan-niva AS og Lerøy Aurora AS

Oppdragsg. referanse / Client's reference
Sluttrapport FoU T-TN-17 2017 G

Sammendrag / Summary
Denne delrapporten omfatter resultater tilknyttet forskningstillatelse T-TN-17 som eies av Akvaplan-niva AS og driftes i samarbeid med Lerøy Aurora AS. Rapporten omfatter Lerøy Auroras 2. utsett av postsmolt (Årøya 2017 G), og frembringer kunnskap om:
1) Toleranse for midtvinters utsett i Troms (velferd, adferd, helse)
2) Prestasjon og velferd i sjøfase, sammenlignet med søskengruppe høstsmolt
Postsmoltgruppe 2017G har prestert meget godt i sjø til tross for lave og synkende temperaturer i hele merdypet, samt mørketid ved utsettstidspunktet. En andel av gruppa kjønnsmodnet i settefiskanlegget (3,1%), og det var høy andel kjønnsmodne blant døde etter utsett. Akkumulert dødelighet i hele sjøfasen var imidlertid lav (2,7-3,1%). Generell helsestatus har vært god og avlusinger har ikke vært påkrevd. Det ble funnet høy prevalens av lavgradige permanente kataraktforandringer på postsmoltgruppen i sjøfasen. Det fremsettes som hypotese at dette kan skyldes rask vekst på landanlegget uten tilstrekkelig innhold av histidin i fôret. Katarakt innarbeides som oppfølgingsindikator ved fremtidige postsmoltutsett. Ved sammenligning av prestasjonsmål og helsestatus i postsmolt og høstsmolt utsettene, er det tydelig at postsmoltgruppa har best tilvekst i sjøfasen. Undersøkelse av produksjonsbetingelser kan tyde på at dette skyldes lavere utfôring (eller apetitt), lusenivå, lusebehandlinger/håndteringsgrad i denne fiskegruppen. Kartleggingen viser for øvrig at både postsmolt og høstfisk har prestert over gjennomsnittet godt i sjøfasen, både med tanke på vekst og dødelighet fra utsett til slakt.

Kvalitetskontroll / Quality control

Anton A. Giæver

© 2019 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 OM AKVAKULTURTILLATELSEN OG SAMARBEIDET 4
2 INNLEDNING- POSTSMOLTPRODUKSJON 5
2.1 Velferdsskåring 6
2.2 Tidlig kjønnsmodning 6
2.3 Katarakt 6
2.4 Deformiteter 7
2.5 Toleranse for midtvinters utsett 7
2.6 Høstsmolt vs. postsmolt 7
3 FORSKNINGSFOKUS 2017 G 9
4 METODIKK 10
4.1 Produksjonsbetingelser 10
4.1.1 Driftsmåte 10
4.1.2 Miljø 10
4.2 Oppholdsdyp (ekkolodd) 10
4.3 Prestasjonsmål 10
4.4 Helsestatus 11
4.5 Velferdsstatus 11
4.6 Utvalgte velferdsindikatorer 12
4.6.1 Kjønnsmodning i RAS 12
4.6.2 Katarakt og kataraktutvikling 12
4.6.3 Kjevedeformiteter 13
5 RESULTATER OG DISKUSJON 14
5.1 Produksjonsbetingelser 14
5.1.1 Driftsmåte i settefiskfasen 14
5.1.2 Driftsmåte i sjøfasen 15
5.2 Toleranse for midtvinters utsett (postsmolt) 16
5.2.1 Miljøbetingelser og oppholdsdyp 16
5.2.2 Velferdsskåring 17
5.2.3 Fiskehelse 21
5.2.4 Utvalgte velferdsindikatorer 24
5.2.5 Konklusjoner 28
5.3 Prestasjon i sjøfase: postsmolt vs. høstsmolt 29
5.3.1 Miljøbetingelser 29
5.3.2 Lus, håndtering, snittvekt- og dødelighetsutvikling 30
5.3.3 Parvicapsulose 31
5.3.4 Prestasjonsmål periodisert og utsett-slakt 33
5.3.5 Konklusjoner 35
6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER 36
7 REFERANSER 37
8 VEDLEGG 40
8.1 Vedlegg 1 40
8.2 Vedlegg 2 41
8.3 Vedlegg 3 42

Forord

Akvaplan-niva AS (APN) inngikk i 2016 samarbeid med Lerøy Aurora AS (LA) om drift av forskningstillatelse T-TN-17. Faglig fokusområde for samarbeidet er "*Optimalisering av produksjonsregime for januarutsett av postsmolt i Nord-Norge*". Prosjektet omfatter kartlegging, undersøkelser og analyse av et bredt spekter av prestasjonsrelaterte indikatorer tilknyttet fiskens ytelse, fiskehelse og fiskevelferd. Målsetningen er å opparbeide kunnskap om suksess- og risikofaktorer relatert til produksjonsmetoden og utsettsstrategien, som kan brukes som beslutningsgrunnlag for optimaliseringstiltak.

Prosjektet ble påbegynt 2016 og sluttføres 2022. Resultater opparbeidet fra arbeid med de enkelte fiskegruppene som som inngår i prosjektet beskrives i delrapporter. Denne delrapporten omfatter resultater fra forskningsarbeid med postsmoltgruppe 2 som ble satt i sjø januar 2017. Delprosjektets hovedmål har vært å opparbeide kunnskap om velferdsstatus hos postsmoltgruppen før og etter utsett, og fiskens respons til utsettsbetingelser ved midtvinters utsett på lokalitet Årøya i Nord-Troms. Kartlegging av fiskegruppens adferd (vertikalfordeling) har vært en del av dette arbeidet.

1 Om akvakulturtillatelsen og samarbeidet

Akvaplan-niva (APN) er et forskningsbasert aksjeselskap som leverer forskning og rådgivning innen akvakultur og vannmiljø. APN ble godkjent som forskningsinstitutt av Forskningsrådet juli 2013. Forskningsprosjektet *Optimalisering av produksjonsregime for januarutsett av postsmolt i Nord-Norge* driftes på forskningstillatelse T-TN-17. Disponibel biomasse utgjør 780 tonn. Forskningstillatelsen er datert 21.06.2016 og er gyldig til 16.10.2022.

APN er merkantilt ansvarlig for drift av tillatelsen og innehar det faglige ansvaret for forsøk og forskningsaktivitet. Driftstjenester leies av Lerøy Aurora ihht. samarbeidsavtale.

Prosjektorganisasjonen består av styringsgruppe og prosjektgruppe med følgende representanter og mandat:

Prosjekteier: Akvaplan-niva AS
Prosjektansvarlig: Akvaplan-niva AS ved Anton Giæver, ass. direktør

<u>Styringsgruppe:</u>
Anton Giæver, ass. direktør, Akvaplan-niva AS
Kurt Einar Karlsen, direktør, Lerøy Aurora AS
Harald Sveier, teknisk leder, Lerøy Seafood Group

<u>Prosjektgruppe:</u>
Karin Bloch-Hansen, prosjektleder
Mette Remen, faglig ansvarlig
Håvard Haarstad, produksjonssjef Lerøy Aurora
Hege Skjåvik, fiskehelseansvarlig, Laksefjord AS
Judith Sørflaten, driftsleder, Laksefjord AS
Camilla Robertsen, fiskehelsetjeneste, Lerøy Aurora AS

2 Innledning- postsmoltproduksjon

Lerøy Auroras satsning på utsett av postsmolt midtvinters i Nord-Norge er å betrakte som en ny produksjonsmetode i norsk lakseoppdrett. Dette skyldes både utsettstidspunkt (midtvinters), størrelsen på fisken ved utsett (250–500 g) og bruken av resirkuleringsanlegg (RAS) med brakkvann, kontrollert temperatur og fotoperiode i perioden fra smoltifisering (ca. 80 g) til utsett (250–500 g). Dette skiller seg fra tradisjonelt produksjonsregime, hvor fisken har blitt transportert fra settefiskanlegg med ferskvann til åpne merder i sjøvann når laksen er i "smoltvinduet" (ca. 60–100 g; Handeland et al. 2004) fra vår til høst.

Prosjektet ***Optimalisering av produksjonsregime for januarutsett av postsmolt i Nord-Norge***, har som mål å identifisere suksess- og risikofaktorer knyttet til det nye produksjonsregimet, samt å utvikle optimaliseringstiltak og teste ut disse. Det overordnede målet er at kunnskapen som opparbeides underveis danner grunnlag for en kunnskapsbasert produksjonsplanlegging, som øker fiskevelferd og produksjonseffektivitet i norsk lakseoppdrett.

Ved Lerøy Auroras settefiskanlegg Laksefjord AS, smoltifiseres laksen etter standard 0-åringsregime på høsten: 5-7 ukers vintersignal med LD12:12, deretter LD24:0 for å fullføre smoltifisering (LD = light, dark). Smoltgruppen blir sortert før mørkekjøring, og fraksjonen som er størst settes i sjø som høstsmolt (0-åring). Resterende fraksjon holdes tilbake i RAS hvor den står på brakkvann (ca. 15 ‰) for påvekst og utsett rundt årsskiftet. Etter smoltifisering er temperaturen i RAS 11-14 ºC, og fotoperiode er LD24:00. Målet er å nå en utsettsstørrelse på 250 gram (f.o.m. 2016) eller 500 gram (f.o.m. 2020).

Det vil alltid være en risiko for at man møter uventede utfordringer ved etablering av nye produksjonsregimer. Det er vist i laboratorieforsøk at bruk av høye temperaturer (13-16 °C) og kontinuerlig lys i postsmoltfasen øker risikoen for både **tidlig kjønnsmodning** (postsmoltmodning; Fjelldal et al. 2011, Imsland et al. 2014, Fjelldal mfl. 2018), **katarakt** (Sambraus et al. 2017) og **deformiteter** hos postsmolt (Grini et al. 2011, Fraser et al. 2019a), men det er uvisst i hvilken grad dette forekommer i kommersiell produksjon med lignende produksjonsbetingelser. Et av målene med dette prosjektet er derfor å kartlegge utbredelsen av slike produksjonsartefakter.

Det nye produksjonsregimet, med utsett midtvinters, medfører også utsett av fisk på ei tid på året der det i Nord-Norge er lav og synkende sjøtemperatur, mørketid og større fare for vind- og bølgepåvirkning. Dette kan representere en utfordring med tanke på **fiskehelse**. På den andre siden, kan produksjonsregimet være gunstig for fiskens prestasjon, helse og velferd, i form av **mer robust settefisk**, og positive effekter av at sesongmessige topper i **smittepress** fra ulike parasitter kan minimeres eller unngås.

Det overordnede fokuset for dette prosjektet er derfor å sammenligne **prestasjon, helse og velferd** hos søskengrupper av fisk som settes ut enten på høsten (tradisjonell høstsmolt) eller midtvinters, etter en periode i RAS (postsmolt). Ved dette utsettet av postsmolt (2017 G), ble søskengruppene satt ut på ulike lokaliteter, noe som gjør at sammenligningsgrunnlaget svekkes. Med tanke på en samlet vurdering av **postsmolt vs. høstsmolt** over flere generasjoner, er det likevel gjennomført en sammenligning av både prestasjonsmål og produksjonsbetingelser for 2016 G høstsmolt vs. 2017 G postsmolt.

I tillegg, har det vært satt fokus på postsmoltens respons til utsettsbetingelsene, for å vurdere **toleransen for midtvinters utsett**. Dette inkluderer utvidet overvåking av merdmiljø og kartlegging av fiskens oppholdsdyp, fiskevelferd og helsestatus.

Kartleggingen gjennomføres på basis av produksjonsdata, i kombinasjon med undersøkelser av fisk før utsett og i sjøfase. Det benyttes et system for **velferdsskåring** som er utviklet av Havforskningsinstituttet (SWIM, Stien et al. 2013) som basis for en standardisert overvåking av parametere som er relevante for fiskevelferd. Kjente risikofaktorer er undersøkt i mer detalj, og er beskrevet nærmere i avsnittene under.

2.1 Velferdsskåring

Velferdsskåring er basert på The Salmon Welfare Index Model (SWIM, Stien et al. 2013), men tilpasset uttaksbetingelsene. SWIM består i å vurdere ulike velferdsindikatorer, og kombinerer resultatene på en slik måte at man kan beregne en "velferdsindeks" (WI, tall mellom 0 og 1, der 1 er best mulig velferd). I skåringssystemet skåres de ulike velferdsindikatorene med heltall fra 1 til 5, der tall større enn 1 betyr negativ effekt på fiskens velferd. Dette gir en redusert indikatorskår (IS; tall mellom 0 og 1). De ulike velferdsindikatorene har egne vektingsfaktorer (WF), basert på indikatorens betydning for fiskevelferd. Disse summeres opp, og den relative vektingsfaktoren (RWF) for hver velferdsindikator beregnes. Når velferdsindeksen skal beregnes, multipliseres IS med RWF for hver indikator, og resultatene summeres. Hvor mye en gitt indikatorskår bidrar til å redusere den totale velferdsindeksen, kommer derfor an på nivået på skåringen (hvor lav IS er) og hvor stor relativ betydning den gitte indikatoren har (hvor høy RWF er), blant de utvalgte indikatorene i vurderingen. Se Vedlegg 1 for flere detaljer.

Indikatorene kan inkludere både miljørelaterte, driftsrelaterte og dyrebaserte (individ eller gruppe) parametere. Vi har valgt å fokusere på individbaserte indikatorer.

Hovedformålet med denne skåringa er ikke å gi et absolutt mål på fiskens velferd, men å gjøre en systematisk og standardisert kartlegging av relevante faktorer for fiskevelferd, som vi forventet kunne være påvirket av produksjonsregimet. Ved å bruke etablert og standardisert metodikk, kan vi følge utviklingen over tid, sammenligne høstsmolt og postsmolt på tvers av generasjoner, og sammenligne data med andre publiserte vurderinger av velferd i kommersiell produksjon.

2.2 Tidlig kjønnsmodning

Bruk av kontinuerlig lys, temperaturer over 13 °C og fiskestørrelse/energistatus før, under eller etter smoltifisering har blitt satt i sammenheng med høye innslag av tidlig kjønnsmodning (postsmoltmodning) i laboratorieforsøk, primært hos hanner (Imsland mfl. 2013, Fjelldal mfl. 2011, Melo mfl. 2014, Fjelldal mfl. 2018). Bruk av kontinuerlig lys og høyere temperaturer i RAS kan derfor medføre risiko for kjønnsmodning i denne fasen.

Kjønnsmodning kan føre til aggressiv adferd, redusert immunforsvar, fôrfaktor og produktkvalitet, og i verste fall dødelighet dersom modningen kommer så langt at laksen mister evnen til å osmoregulere i sjøvann (Taranger mfl. 2010). Disse funnene er imidlertid basert på laks som kjønnsmodner på et senere stadie enn i pre/postsmoltstadiet. I et nylig studie av presmolt som kjønnsmodner, er det vist at dette ikke påvirker utviklingen av sjøvannstoleranse negativt (Fjelldal mfl. 2018). Presmolt som modner kan også terminere kjønnsmodningsprosessen, dersom produksjonsforholdene endres fra modningsfremmende (høy temp., lang dag) til modningshemmende forhold (lav temp., kort dag; Fraser mfl. 2019b). I hvilken grad hanner kjønnsmodner ved de beskrevne produksjonsbetingelsene hos Laksefjord, og hvordan dette eventuelt påvirker settefisken ved utsett er undersøkt i dette delprosjektet.

2.3 Katarakt

Kataraktutvikling kan resultere i delvis eller fullt synstap, og kan påvirke både tilvekst og fiskevelferd negativt (Bjerkås og Sveier 2004). Kataraktutvikling hos laks knyttes til flere

årsaksfaktorer, deriblant ernærings- og miljøbetingede forhold. Studier har vist en sammenheng mellom rask vekst og kataraktutvikling (Bjerkås mfl. 1996, Breck mfl. 2001, Waagbø mfl. 1996). Det er også kjent at utilstrekkelige mengder histidin eller histidinrelaterte stoffer i fôr til hurtigvoksende smolt/postsmolt kan være en mulig årsak til utvikling av vedvarende katarakter (Waagbø mfl. 2010, Remø mfl. 2014, Sambraus m fl.). Temperaturen som benyttes ved Laksefjord forventes å fremme rask vekst (Handeland et al. 2008), og det ble ikke benyttet spesialfôr med tanke på å øke histidinnivå ved dette postsmoltutsettet. Som et resultat av kataraktobservasjoner underveis i dette prosjektet, er dette parameteret kartlagt nøyere enn det som ellers legges til grunn ved bruk av SWIM-skjemaet (velferdsskåring).

2.4 Deformiteter

Det er i vitenskapelige studier vist at både inkuberingstemperatur, fosformangel, høy vekstrate i ferskvann og genetikk kan påvirke innslaget av deformiteter (Amoroso et al. 2016, Fjelldal et al. 2016, Fraser et al. 2015, Sadler et al. 2001). Kartlegging av ryggdeformiteter og over- og underkjevedeformiteter er en del av velferdsskåringen, og ble derfor undersøkt ved prøveuttak av postsmolt før utsett. Grunnet funn av kjevedeformiteter ved dette tidspunktet, er utviklingen i over/underkjeveform etter utsett vurdert i et eget avsnitt. I SWIM-skjemaet graderes kjevedeformiteter som normal, minor, clear eller extreme (såkalte "hakeslepp" eller "mopps", se Vedlegg 1).

2.5 Toleranse for midtvinters utsett

Utsett av postsmolt midtvinters medfører utsett av fisk på ei tid på året der det i Nord-Norge er lav og synkende sjøtemperatur, mørketid og større fare for vind- og bølgepåvirkning. Vanntemperaturen i Troms er normal sett synkende fra ca. 5 til 3 °C i perioden januar til mars (lusedata.no). Utsett ved lave (< 7 ºC) og synkende sjøtemperaturer har ved tradisjonelle smoltutsett vært forbundet med risiko for nedsatt sårhelings- og osmoreguleringsevne (Handeland et al. 2000, Thorarinsson og Lystad 2003, Jensen mfl. 2015), immunforsvar (Le Morvan mfl. 1998), appetitt (Handeland et al., 2000, Arnesen mfl. 1998, Sambraus mfl. 2017b), svømmekapasitet (Hvas mfl. 2017) og at fisken står dypt, der vannet er varmest (Oppedal 2002, Fernø 2005). Skader på fiskens slimhinner/hud i forbindelse med transport og utsett kan fungere som inngangsport for bakterier som *Tenacibaculum spp*. (munnråte) og *Moritella viscosa* (vintersår), som opptrer vinterstid.

Data fra Holan og Kolarevic (2015) viser imidlertid at større settefisk på våren (200 *vs.* 130 g) fører til raskere vekst, lavere dødelighet og mer robust fisk (bedre vekst etter lusebehandling). Den økte robustheten hos større settefisk kan være knyttet til avstanden i tid mellom smoltifisering og utsett, som gir fisken mulighet til å reetablere et fungerende immunforsvar og gjenvinne de ytre barrierenes integritet etter smoltifiseringsperioden (Karlsen et al. 2018). Større settefisk kan derfor føre til at toleransen for vinterutsett øker.

For å kartlegge postsmoltens respons til utsettsbetingelsene, er det i dette delprosjektet gjennomført en overvåking av den vertikale variasjonen i merdmiljø, hvor fisken velger å oppholde seg (merdmiljø ved oppholdsdyp), velferdsskåring før og etter utsett, overvåking av velferdsindikatorer (katarakt, kjønnsmodning, deformiteter) og analyse av prestasjonsmål og helse basert på rapporter fra produksjonsdatabase (Fishtalk) og helserapporter.

2.6 Høstsmolt vs. postsmolt

Hovedmålet med forskningsaktiviteten ved FoU T-TN-17 er å kartlegge hvordan postsmolt produksjonsregimet påvirker utvikling, helse, prestasjon og velferd i perioden smoltifisering-slakt og gjøre målrettet forskning med tanke på produksjonsoptimalisering. I dette prosjektet

brukes søskengruppe høstsmolt som sammenligningsgrunnlag når postsmoltens velferd, helse og prestasjon skal vurderes. Dette fordrer innsamling av data for fiskegrupper som er langt større enn den som omfattes av forskningskonsesjonen. Grunnet praktiske driftshensyn vil det variere hvor sammenlignbare produksjonsbetingelsene for de to gruppene er i sjøfase. Det gjennomføres derfor en sammenligning av prestasjon og helse hos søskengrupper av postsmolt og høstsmolt for hvert årskull i prosjektet, med mål om å gjennomføre en analyse på tvers av 5 generasjoner ved prosjektets slutt. Ved dette utsettet av postsmolt (2017 G), ble søskengruppene satt ut på ulike lokaliteter: høstsmolt ved Langås, og postsmolt ved Årøya.

Som nevnt over, kan midtvinters utsett potensielt representere en utfordring på grunn av utsettsbetingelser på denne årstida. På den andre sida, kan økt utsettsstørrelse føre til mer robust settefisk (Holan og Kolarevic, 2015), og fiskens oppholdstid i åpne merdanlegg reduseres. Utsett midtvinters er også gunstig med tanke på lavt infeksjonspress fra lakselus og *parvicapsula pseudobranchicola*.

Parvicapsulose representerer et større problem i Troms og Finnmark enn i resten av landet, og kan føre til høy dødelighet og redusert velferd, spesielt i kombinasjon med andre infeksjoner. Utsett av fisk i perioder hvor infeksjonspresset i sjø forventes å være lavt har vist seg effektivt (unngå utsett i september og oktober). Typisk infiseres fisk første høst i sjø, og kliniske symptomer og dødelighet opptrer første vinter. Utsett av postsmolt i januar kan derfor innebære en helsemessig fordel kontra utsett av høstsmolt i oktober.

Produksjonsdata fra Lerøy Auroras første postsmoltutsett i januar (Angstauren 2016 G) tyder på at gruppas prestasjon i sjøfase er sammenlignbar med høstsmolt satt ut i oktober (Tussøy 2015 G, Remen og Bloch-Hansen 2018). Det var imidlertid betydelig utsettsdødelighet i begge grupper. Dette ble av fiskehelsepersonell knyttet til yersinioseutbrudd på settefiskanlegget, håndtering og sårutvikling.

I dette delprosjektet gjennomføres det en sammenligning av produksjonsbetingelser, prestasjonsmål og parvicapsuloseforekomst for søskengrupper postsmolt og høstsmolt, satt ut ved to ulike lokaliteter.

3 Forskningsfokus 2017 G

I arbeidet med Lerøy Aurora sitt 2. utsett av postsmolt (Årøya 2017 G), ønsker vi å frembringe kunnskap om:

1) Postsmoltens toleranse for midtvinters utsett i Troms (velferd, adferd, helse)

2) Postsmoltens prestasjon og velferd i sjøfase, sammenlignet med søskengruppe av høstsmolt

4 Metodikk

4.1 Produksjonsbetingelser

4.1.1 Driftsmåte

Produksjonsbetingelser ble kartlagt gjennom samtaler med driftsledelsen på settefiskanlegget Laksefjord og sjølokaliteten Årøya, og gjennom analyse av miljø- og produksjonsrelaterte data fra Fishtalk. Dette inkluderer miljøparametere som temperatur, oksygen og vindstyrke, og produksjonsrelaterte forhold som tiltak mot lakselus, flytting, sortering og utfôring.

4.1.2 Miljø

Temperatur (3 og 7 m), oksygennivå og vindstyrke registreres daglig ved lokaliteten. Dette datasettet ble hentet fra Fishtalk. I tillegg utførte personell på Årøya en daglig måling av vertikal variasjon i temperatur, oksygen- og salinitet, ved å senke en CTD (SD208 med optisk oksygenmåler, www.saiv.no) ned til ca. 35 m dyp, før den langsomt ble trukket opp igjen (ca. 0,5 m/s). Disse målingene ble gjort ved flåten, i perioden januar-juli, etter utsett av postsmolt. Multiconsult var ansvarlig for instrumentet og nedlastingen, og Akvaplan-niva utførte dataanalyse.

4.2 Oppholdsdyp (ekkolodd)

Fiskens vertikale fordeling i merda ble kartlagt ved hjelp av ekkolodd (CageEye, www.cageeye.no). Svinger ble plassert på 31 m dyp i spissnota (130-metring, 45 m dyp, 36 m til dypeste punkt i innerbunn) og pekte oppover med en åpningsvinkel på 42°. Svingeren ble plassert litt ute på siden for å kunne registrere fisk når fisken svømmer i ring (Fig. 1). Det ble benyttet 50 kHz frekvens, og gjennomsnittlige spenningsverdier (volt) per 20 min ble brukt til analyser av fiskens vertikale fordeling over tid. Rådata (spenningsverdier) ble kvadrert, α-kompensert og 20-logkompensert før videre bearbeiding og grafisk fremstilling i Matlab.

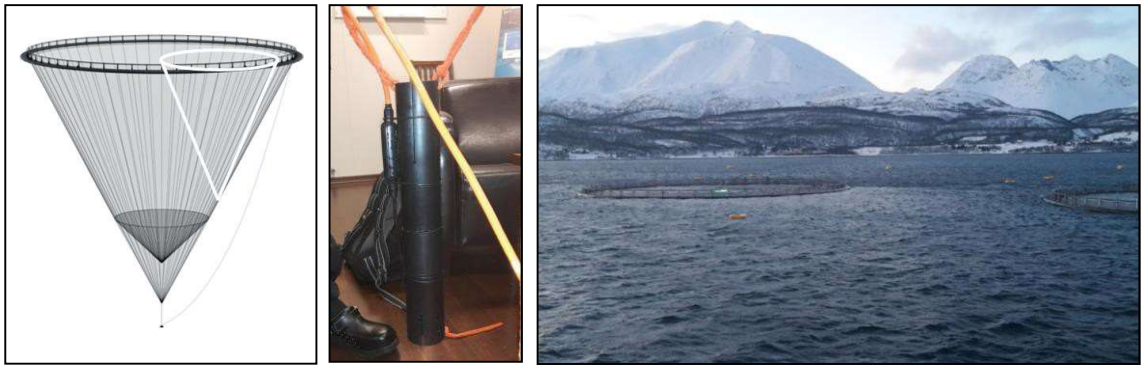


Fig. 1. Venstre: Skisse over svingerens registreringsvolum. Midten: Svingeren med oppheng. Høyre: Enhet med Merdøye.

4.3 Prestasjonsmål

De to gruppenes prestasjon i sjøfasen er vurdert på bakgrunn av data fra Fishtalk, og inkluderer analyse av snittvektsutvikling, vekstrate (SGR/EGI/RGI/VF3, se blå tekstboks under), utfôringsrate (SFR, % av biomasse/dag) biologisk fôrfaktor (BFCR), dødelighet/dødelighetsårsaker, helsestatus og slaktekvalitet (andel superior, ordinær, produksjon og vrak).

Vekstprestasjon: Det finnes ulike mål som kan brukes til å sammenligne vekstprestasjon mellom egne og andres fiskegrupper. Målene inkorporerer i ulik grad faktorer som har betydning for vekstraten, som utsettsstørrelse, slaktevekt, temperatur og daglengde. Fire ulike metoder dominerer: SGR, VF3, EGI og RGI. Disse er nærmere forklart i tekstboksen til høyre.

Selv om de ulike vekstparameterne i ulik grad korrigerer for variasjoner i temperatur, fiskestørrelse eller daglengde, er det ikke gitt at de gir et presist sammenligningsgrunnlag for høstsmolt og postsmolt hvis man legger hele produksjonsperioden til grunn, og dermed ulike utsetts- og slaktetidspunkter og –størrelser. Vi har derfor i tillegg sammenlignet snittvektsutvikling, SFR og SGR i perioden fra postsmoltutsett til slakt.

Vekstprestasjon: SGR, VF3, EGI og RGI.

SGR står for specific growth rate (daglig tilvekst) og beregnes som den daglige prosentvise vektendringen i forhold til kroppsvekten:

SGR= ((lnVektslutt - lnVektstart) x 100) / dager

VF står for vekstfaktor, og beregnes som en vekstrate korrigert for temperatur i perioden det beregnes for (også kjent som TGC; thermal growth coeffisient):

VF3 = 1000 x (Vekt slutt $^{1/3}$ – Vekt start $^{1/3}$)/ døgngrader.

EGI står for EWOS Growth Index, og er en tilvekstmodell fra EWOS AS. EGI er laget med utgangspunkt i reelle observasjoner innsamlet over flere år gjennom FarmControl. Modellen tar, i tillegg til fiskestørrelse og vanntemperatur, hensyn til variasjon i daglengde. EGI på 100 representerer gjennomsnittet. Brukes for å sammenligne grupper internt og mellom opprettselskaper.

RGI står for Relative Growth Index og er en størrelses- og temperaturavhengig vekstmodell fra Skretting. RGI på 100 representerer gjennomsnittet for gitt størrelse og temperatur.

4.4 Helsestatus

Dødelighet kan benyttes som en gruppebasert indikator for fiskevelferd, og et indirekte mål for fiskens helsestatus. Akkumulert dødelighet (total dødelighet fra utsett til slakt) kan brukes som en retrospektiv indikator på helsesituasjonen for gruppen av fisk gjennom hele produksjonssyklus. Lerøy Aurora har utarbeidet et klassifiseringssystem for dødfisk som angir årsak til dødelighet. Klassifiseringen gjennomføres av driftspersonell på bakgrunn av en visuell vurdering av død fisk i tilknytning til røkting. Informasjon om dødelighetsårsaker er innhentet fra Fishtalk. I tillegg er utfyllende informasjon om helsestatus og sykdomsutvikling i sjøfase innhentet fra fiskehelserapporter.

4.5 Velferdsstatus

Et ledd i å vurdere fiskens toleranse for midtvinters utsett, var å gjennomføre en skåring av fiskens velferdsstatus før utsett (Laksefjord des. 16), etter utsett (Årøya jan. 17), etter 8 måneder i sjø (Årøya sept. 17) og i forkant av slakt (Kågen feb. 18).

Skåringen ble gjennomført på 40 individer fra én enhet på Laksefjord, og i enhet 1104 på Årøya, der denne fiskegruppen ble satt ut. På Kågen ble undersøkelsene gjort i enhet 1124, som fisken fra enhet 1104 Årøya var blitt flyttet til.

Vurderingen er basert på The Salmon Welfare Index Model (SWIM, Stien et al. 2013). Vi har valgt å fokusere på individbaserte indikatorer (Tabell 1). I Vedlegg 1 og 2 fremgår skåringsmetodikken for de inkluderte velferdsindikatorene.

Tabell 1. Individbaserte velferdsindikatorer i prosjektet, og absolutte (WF) og relative (RWF) vektingsfaktorer.

Velferdsindikator	WF	RWF
Kondisjonsfaktor	6	0,045
Avmagring	16	0,121
Ryggdeformitet	10	0,076

Kjønnsmodningsstatus	9	0,068
Smoltifiseringsstatus	13	0,098
Finnestatus	11	0,083
Skinnstatus	15	0,114
Øyestatus	11	0,083
Gjellestatus	9	0,07
Gjellelokksdeformitet	7	0,05
Munn/kjevesår	6	0,045
Vaksinebivirkninger	10	0,08
Øvre kjeve deformitet (se 4.6.3.)	-	-
Nedre kjeve deformitet (se 4.6.3)	-	-
SUM	132	1

Hovedformålet med denne skåringa var ikke å gi et absolutt mål på fiskens velferd, men å gjøre en systematisk og standardisert kartlegging av relevante faktorer for fiskevelferd, som vi forventet kunne være påvirket av produksjonsregimet. Ved å bruke etablert og standardisert metodikk, kan vi følge utviklingen over tid, sammenligne høstsmolt og postsmolt, samt sammenligne data med andre publiserte vurderinger av velferd i kommersiell produksjon.

4.6 Utvalgte velferdsindikatorer

I tråd med forventede eller observerte endringer i aktuelle velferdsindikatorer, ble 3 indikatorer fulgt nøyere opp, med utvidet prøvetaktingshyppighet og/eller antall prøver. Dette omfattet kjønnsmodning, katarakt og kjevedeformiteter.

4.6.1 Kjønnsmodning i RAS

2017 G utsett av postsmolt var Laksefjords andre postsmoltgruppe som ble satt ut midtvinters, men representerer den første gruppa som har blitt undersøkt før utsett i dette prosjektet. Basert på observasjoner av modnende postsmolt under lignede produksjonsforhold i laboratorieforsøk, ble det gjennomført en kartlegging av kjønnsmodningsinnslag før utsett. 160 fisk, fordelt på 2 avdelinger (Sommer 1 og Sommer 2), ble undersøkt 14. desember, dvs. 2 til 4 uker før utsett. Det ble gjennomført en visuell bestemmelse av kjønn og modningsstatus (moden/modnende), og gonader ble dissekert ut og veid hos individer klassifisert som modnende. Gonadosmatisk indeks ble beregnet etter følgende formel:

GSI = gonadevekt (g) *100/ kroppsvekt (g)

På grunn av funn av kjønnsmodne ved denne undersøkelsen før utsett, ble det gjennomført to oppfølgende undersøkelser etter utsett. Den første besto av gonadeundersøkelse hos 160 døde/svake individer tatt ut av merda i løpet av den første måneden etter utsett, for å bestemme om modnende fisk var overrepresentert i denne gruppa. Den andre besto av undersøkelser av gonadestatus hos 200 fisk 10 måneder etter utsett (oktober), for å undersøke om kombinasjonen av kontinuerlig lys i RAS etter smoltifisering, kombinert med økende daglengde etter utsett midtvinters endrer sesongoppfattelse og kjønnsmodningsmønster også hos individer som ikke modner i postsmoltfasen.

4.6.2 Katarakt og kataraktutvikling

Ved uttak av skjellprøver mars 2017 avdekket fiskehelsetjenesten høy prevalens av lavgradig katarakt på postsmoltgruppen. Funnet ble antatt å være en forbigående reversibel osmotisk katarakt, som kan forekomme på nyutsatt smolt ved overgang fra til full sjøvannssalinitet (Iwata

mfl. 1987). Under lusetelling i juni (fem måneder etter sjøutsett), ble det imidlertid observert at kataraktforandringene fremdeles var tilstede.

Kataraktutvikling hos oppdrettslaks har vært knyttet til en rekke årsaksfaktorer eks. ernæringsmessige mangler, genetiske faktorer, svingninger i vanntemperatur, oksidativt stress, rask vekst og raske endringer i salinitet (Bjerkås og Sveier 2004). Histidinmangel i fôr (Waagebø m.fl 2010), svingninger og økning i vanntemperatur og rask vekst (Bjerkås m.fl 2001) har vært fremsatt som mulige årsaksfaktorer ved kataraktutbrudd i sjøfase. Med bakgrunn i at produksjon av postsmolt i RAS representerer et intensivt produksjonsregime hvor produksjonsbetingelsene fremmer rask vekst ble det besluttet å gjennomføre en kartlegging av forekomst og videre utvikling av katarakttilstanden på postsmoltgruppen gjennom siste del av produksjonssyklus i sjø.

Forekomst og grad av katarakt ble identifisert ved skåring av omfang av linseforandringer på bedøvet fisk ved bruk av forstørrelsesbriller (x10) og øyelys ved velferdsscoring av fisk. Det ble til sammen gjennomført 3 prøveuttak: juni (n=25), september (n=40) og januar (n=39). Målsetningen var å kartlegge prevalens og avdekke om tilstanden ble verre eller bedret seg gjennom sjøfasen.

Grad av katarakt ble definert ved å benytte en skåringsskala fra 0-4 for hvert øye (Wall og Bjerkås 1999), hvor skårverdi 0=ingen katarakt, 1=katarakt dekker <10% av linsen, 2=katarakt dekker 10-50% av linsen, 3= katarakt dekker 50-75% og 4= katarakt dekker 75-100% av linsen. Totalskår per individ ble summert til en skårverdi mellom 0-8 angitt som kataraktindeks. En indeks fra 0-2 regnes som en mild form for katarakt, 3-4 som moderat og 5-8 som alvorlig. Gjennomsnittlig kataraktindeks på gruppenivå per prøveuttak og prevalens ble deretter beregnet, og det ble anmerket hvorvidt katarakten var ensidig eller tosidig. Det ble også sendt øyeprøver til histologisk undersøkelse. Dette for å utelukke histopatologiske øyeforandringer og/eller identifisere forekomst av infektive agens og betennelsesforandringer som kunne knyttes til kataraktutvikling. Det ble videre innhentet opplysninger om hvilke fôrtyper som var benyttet i land og sjøfase og informasjon om fôrets histidininnhold.

4.6.3 Kjevedeformiteter

Det er i vitenskapelige studier vist at både inkuberingstemperatur, fosformangel, høy vekstrate i ferskvann og genetikk kan påvirke innslaget av deformiteter (Amoroso et al. 2016, Fjelldal et al. 2016, Fraser et al. 2015, Sadler et al. 2001). Deformiteter i over- og underkjeve var ikke innarbeidet i SWIM-skjemaet utviklet av Stien et al. 2013, men lå inne i det web-baserte SWIM-skjemaet som en "Ny velferdsindikator". Denne ble derfor tatt med i kartleggingen, selv om indikatoren ikke er inkludert i beregningen av velferdsindeksen. På grunn av funn av forkortede overkjever ved uttak før utsett, er utviklingen i over/underkjeveform etter utsett vurdert i et eget avsnitt.

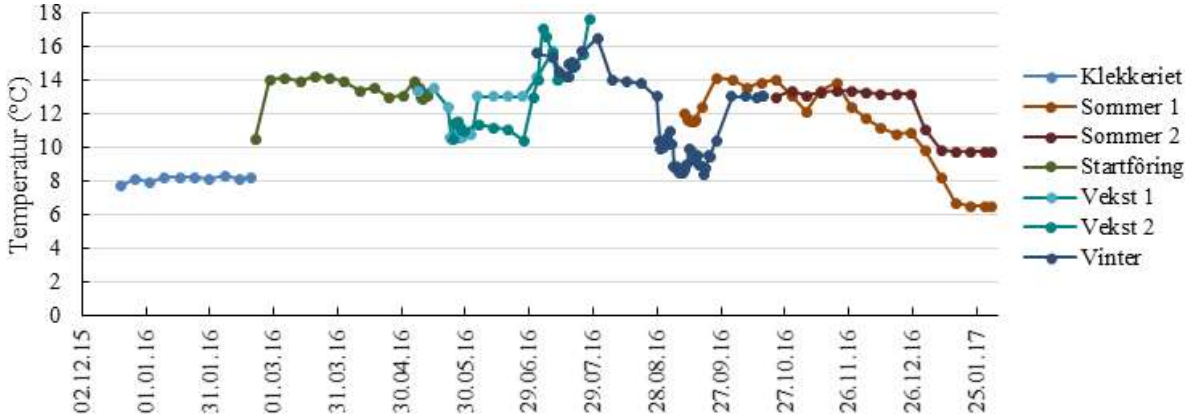
5 Resultater og diskusjon

5.1 Produksjonsbetingelser

5.1.1 Driftsmåte i settefiskfasen

Postsmolt- og høstsmoltgruppene som er undersøkt i dette studiet ble produsert ved Laksefjord AS, Lebesby, Finnmark. Rogn (AquaGen) ble lagt inn i klekkeriet (8 ºC) 17. desember 2015, og var ferdig klekket 16. januar 2016. Startfôring ble påbegynt 19. februar (14 ºC, LD 24:00; LD = light : dark). Etter startfôring ble fisken overført til vekstavdeling (6.-12. mai), der temperaturen var økende og varierende mellom 10,5 og 17,7 ºC (LD 24:00). Fisken ble badevaksinert i 2 omganger med Alpha Dip ERM Salar (mai og juni) og sortert i tre størrelsesfraksjoner. Sorterte grupper ble overført til 6 kar i Vinteravdelingen for mørkekjøring i løpet av juli, og fotoperiode ble endret fra LD 24:0 til LD12:12 den 25. juli. Temperaturen sank gradvis i mørkeperioden fra 16 - 8,5 ºC. Karene med størst fisk (77-87 g den 28.8) ble vaksinert med injeksjonsvaksine (Alpha Ject Micro 6) først (30.8.-8.9.16), overført til RAS-avdelingen Sommer 2, og satt ut som **høstsmolt** 8.10.16. En mindre del av små- og mellomsorteringsgruppa ble også satt ut som høstsmolt både 8.10.16 og 16.10.16. Deretter ble karene med små- og mellomsortering (62-75 g den 28.8) vaksinert (dobbeltvaksine med Alpha Ject Micro 6 + Alpha Dip ERM Salar), og overført enten til RAS-avdelingen Sommer 1 (9.-15. sept.), eller overført til nye kar i Vinteravdelingen (14.-22.9.16) i påvente av ledige RAS-kar i Sommer 2 (dvs. etter høstsmolt flyttet ut). Fra oktober ble **postsmolt** stående i samme kar inntil utsett i januar 2017.

De ulike fiskegruppene har opplevd noe ulike produksjonsforhold, basert på tidspunkt for flytting mellom ulike avdelinger. I perioden hvor deler av postsmoltgruppa ble holdt igjen i Vinteravdelingen, var fotoperiode LD 24:00 i begge avdelinger, men temperaturen var høyere i Sommer 1 (14 ºC) enn i Vinteravdelingen (9 ºC) ved overføring. Temperaturen i Vinteravdelingen ble gradvis økt fra 9 til 13 ºC i perioden 23. sept.- 2. oktober (Fig. 2). Etter fullført smoltifisering, ble salinitet gradvis økt i Sommer 1 fra 5 til 15 ‰ i løpet av 5.-10. oktober. Fisk i Vinteravdeling ble overført til den andre RAS-avdelingen (Sommer 2) med 15 ‰ promille og 13 ºC i perioden 14.-17. oktober. I de to RAS-avdelingene var det kontinuerlig lys og utfôring, brakkvann (15 ‰), 92-95 % O_2 (SD ± 8-9) pH 7,1-7,2 (SD ± 0,2) og 12-14ºC, inntil temperatur og salinitet ble henholdsvis gradvis ned- og oppjustert før levering 1.-11. januar 2017 (til 21‰, 10 eller 6 ºC).



Figur 2. Oversikt over temperaturer i de ulike avdelingene ved Laksefjord fra klekking til levering.

5.1.2 Driftsmåte i sjøfasen

I 2017 ble postsmolt satt ut ved lokaliteten Årøya i Lyngen kommune, og søskengruppe høstsmolt ble satt ut ved lokaliteten Langås i Karlsøy kommune (Fig. 3). Med unntak av 1 enhet, ble postsmolt flyttet til lokalitet Kågen i oktober 2017, og med unntak av 2 enheter, ble høstsmolt flyttet til lokalitet Futnes i juni 2017.

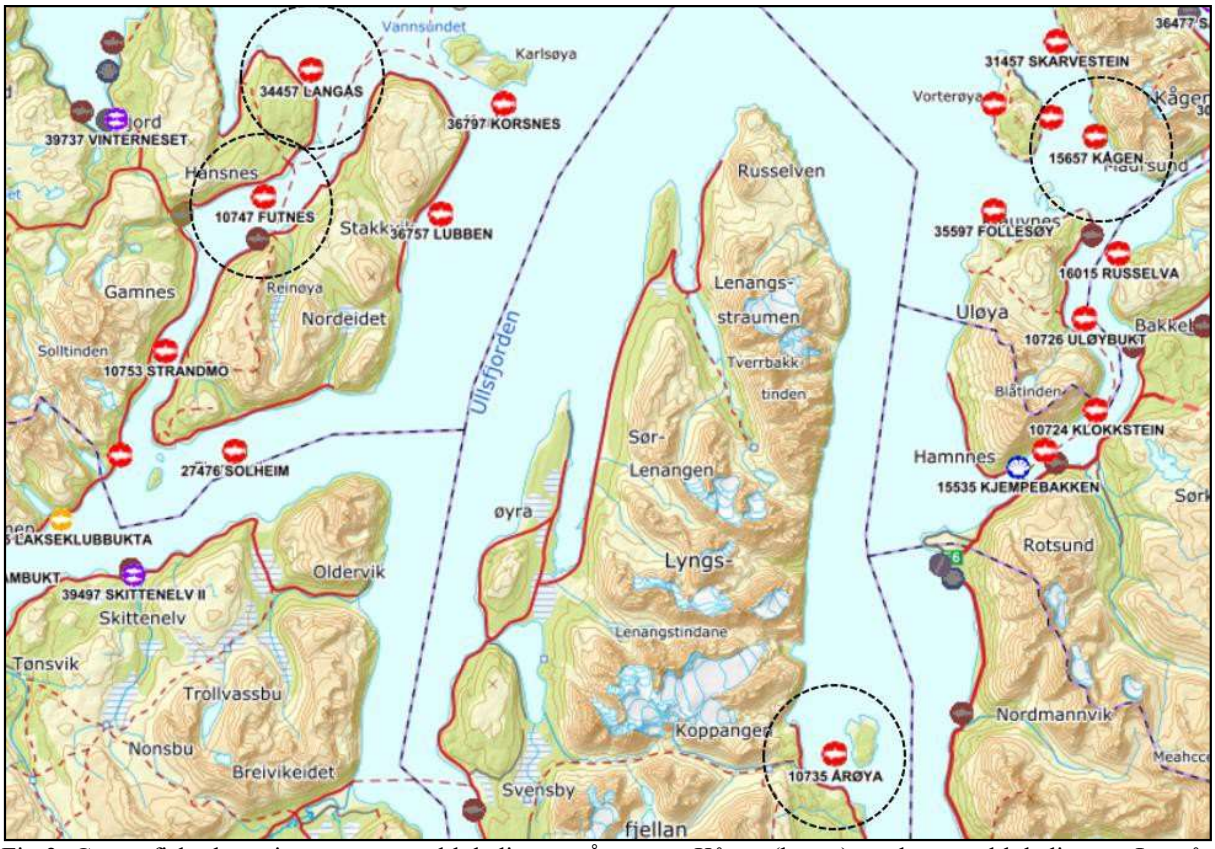


Fig 3. Geografisk plassering av postsmoltlokalitetene Årøya og Kågen (høyre), og høstsmoltlokalitetene Langås og Futnes (venstre).

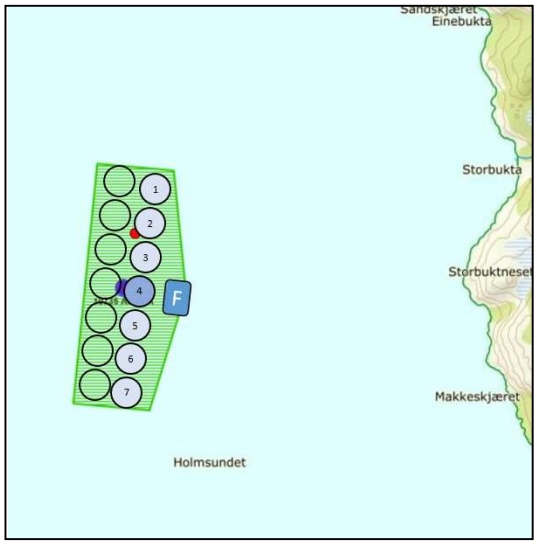


Fig 4. Skisse over merder (sirkler) og flåtas (F) plassering på Årøya. Fylte sirkler representerer merder med postsmolt og åpne sirkler representerer merder med fisk satt ut i april 2017. Merd brukt til forskningsaktivitet er skravert mørkere (merde 4).

Postsmolt fra de to RAS-avdelingene (1070203 stk., snittvekt 247 g) ble transportert med båt og fordelt i 6 merder i perioden 2.-12. januar 2017. FoU-biomassen ble plassert i merde 4, der ekkolodd var installert (Fig. 4). Det var en blanding av Sommer 1 og Sommer 2-fisk (ca. 60/40) i merdene 1 og 3-6, mens i merde 2/7 var det kun Sommer 2-fisk. Det ble brukt lys (orienteringslys ved ca. 10 m dybde, 3 × 1000W metallhalogen) fra utsett til medio februar. Det ble fôret etter appetitt (2 måltid per dag), ved hjelp av kamera. Det ble ikke brukt forebyggende tiltak mot lakselus. Fisken i 5 av 6 merder ble flyttet til lokaliteten Kågen 04.-06.10.17, ved en snittvekt på ca. 3,1 kg. Fisken i den gjenværende enheten ble stående på Årøya inntil slakt i perioden 03.-17.01.18. Det ble ikke gjennomført behandlinger

mot lakselus ved Kågen eller Årøya, og det ble ikke brukt rensefisk. Utslakting ved Kågen ble gjennomført gradvis i perioden 22.01.18-14.05.18.

Høstsmolt søskengruppe (ca. 1,2 millioner stk.) ble satt ut ved lokaliteten Langås 6-16. oktober 2016 og fordelt på 6 enheter. Fiskegruppa ble behandlet med Slice i november 2016 (oppstart 14.11.16). I månedsskiftet juni/juli 2017 ble fisk fra 4 av 6 enheter flyttet til lokaliteten Futnes, der fisken ble sortert ut til 9 enheter; 4 enheter med snittstørrelse ca. 1,3 kg og 5 enheter med snittstørrelse ca. 0,9 kg. Det ble satt ut rognkjeks i perioden 16.07.17-06.08.17 (7,4 - 9,4 % innblanding), og det ble etterfylt til sammen ca. 11 000 individer per enhet i merder med minstesortering 25.03.18 og 13.05.18. Ved lokaliteten Futnes ble det utført 2 medikamentelle lusebehandlinger i presenning; Alphamax 27.-30.11.17 og hydrogenperoksid 13.02.18 (sistnevnte kun i enheter med minstesortering). Utslakt foregikk gradvis i perioden 28.12.17-19.03.18 for enhetene med størst fisk, og i perioden 09.02.18-01.08.18 for enhetene med minstesortering.

Fisken som sto igjen på Langås (2 enheter) ble sortert til 2 enheter 01.07.17. Det ble gjennomført termisk avlusning (Optilicer) 21.10.17/23.11.17, hydrogenperoksidbehandling i presenning 23.01.18/13.02.18 og behandling med Alphamax i presenning 14.12.17 (kun en av enhetene). Utslakt pågikk i perioden 04.04.18-12.06.18.

5.2 Toleranse for midtvinters utsett (postsmolt)

5.2.1 Miljøbetingelser og oppholdsdyp

Miljøbetingelsene i merda, og fiskens valgte oppholdsdyp ble kartlagt de første 6 månedene etter utsett av postsmolt på Årøya. Før utsett, ble temperaturen i RAS-karene gradvis senket fra 12 til 8 ºC. Ved postsmoltutsett i januar var temperaturen målt ved 3 og 7 m dyp 5,5 ºC, og i perioden etter utsett sank temperaturen gradvis til 3,5 – 4 ºC i mars (Fig. 5). Temperaturstigningen skjedde i hovedsak i mai-juli. Høyeste registrerte temperatur var 11°C i denne perioden.

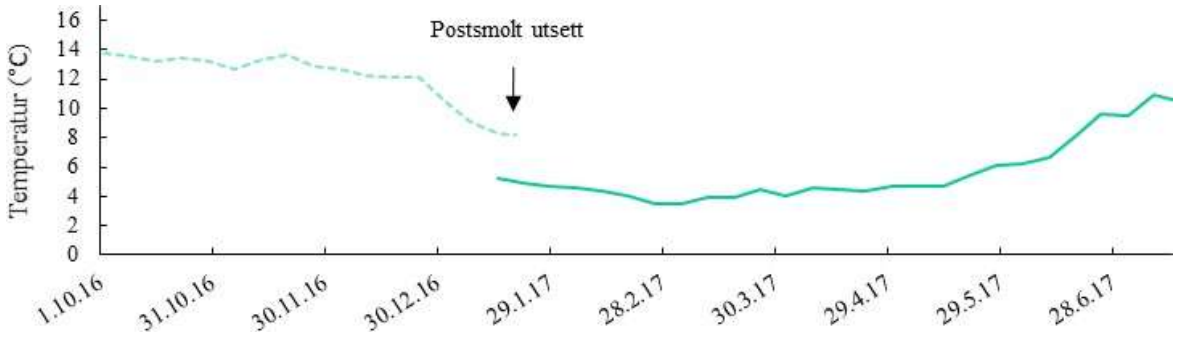


Fig. 5. Ukentlige registreringer av temperatur i kar ved settefiskanlegget (stiplet linje), og ved 3-7 m på utsettslokaliteten Årøya (heltrukken linje).

Registreringer gjort med CTD etter utsett av postsmolt på Årøya, viser liten vertikal variasjon i temperatur og salinitet de første månedene etter utsett (Fig. 6), og hele fiskegruppa opplevde temperaturer mellom 5,5 og 3,5 ºC i denne perioden. Dette temperaturintervallet regnes som suboptimalt for laks av denne størrelsen, basert på vekstmålinger i laboratorieforsøk (Handeland mfl. 2008, Sambraus mfl. 2017).

Fra midten av mai ble en lagdeling av vannmassene etablert, med økende temperatur og synkende salinitet i de øvre vannmassene (0 – 15 m, Fig. 6). I contourplottet med vertikal temperaturvariasjon, er det også skissert hvor i merda fisken var posisjonert i

observasjonsperioden. Fra midten av mai endret den vertikale posisjonen seg, fra at gruppa var spredt i merddypet, til at gruppa oppsøkte det øvre vannlaget med høyere temperatur og lavere salinitet. Dette resultatet stemmer godt overens med tidligere studier, som viser at laks regulerer oppholdsdyp etter temperatur (Oppedal 2002, Fernø 2005).

Lyskilden var plassert ved 10 m, og har sannsynligvis hatt betydning for fiskens oppholdsdyp i perioden med lite naturlig lys.

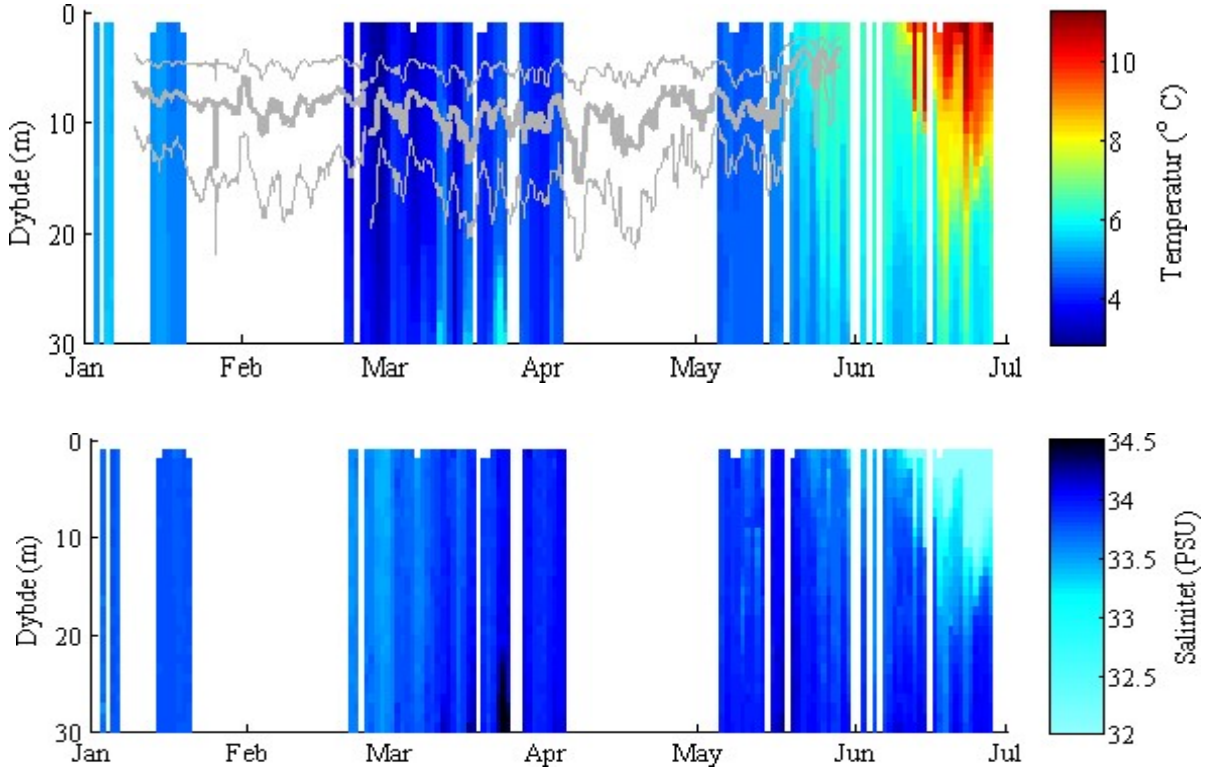


Fig 6. Countourplot som viser variasjon i temperatur og salinitet over tid på 0-30 meter i forsøksmerda. I temperaturplottet er relativ fisketetthet representert med en tykk (median) eller to tynne (25- og 75 %-kvartiler) grå linjer. Linjene representerer gjennomsnittsverdier per 20 min. Hvite felt representerer manglende observasjoner.

5.2.2 Velferdsskåring

Fiskens velferdsstatus ble kartlagt før utsett (Laksefjord des. 16), etter utsett (Årøya jan. 17), etter 8 måneder i sjø (Årøya jan. 17) og i forkant av slakt (Kågen feb. 18).

Velferdsindeksen oppsummerer funnene som ble gjort. Velferd rangeres på en skala fra 0 (verst mulig) til 1 (best mulig), basert på indikatorenes betydning for fiskens velferdsbehov (Stien mfl. 2013 og Pettersen mfl. 2013). Ved alle uttak var den gjennomsnittlige velferdsindeksen over 0,8, og med unntak av Årøya i januar, var det liten variasjon mellom individene (Fig. 7). Ved dette ene uttaket, var det 1 fisk med svært avvikende skår (kjønnsmoden svimer, skår = 0), som bidro til et større standard avvik ved dette tidspunktet.

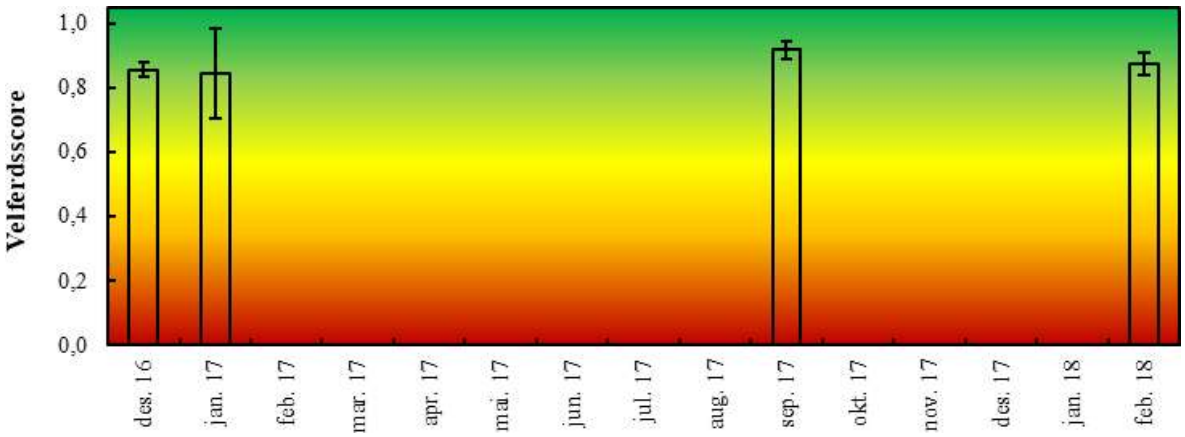


Fig. 7. Utvikling i gjennomsnittlig velferdssindeks hos postsmolt satt ut i januar 2017. Indeks beregnes på grunnlag av skåring av utvalgte, individbaserte indikatorer. Velferd rangeres på en skala fra 0 (verst mulig) til 1 (best mulig), basert på indikatorenes betydning for fiskens velferdsbehov (Stien mfl. 2013 og Pettersen mfl. 2013).

Hvilke velferdsindikatorer som har bidratt til trekk i den totale velferdsindeksen er fremstilt i figur 8.

Her fremgår det at **finnestatusen** har hatt stor betydning ved alle uttak. Med noen få unntak, fikk all fisk enten skår 2 eller 3. Det som hovedsakelig skiller disse to, er at fisken har avhelede (skår 2) eller aktive (skår 3) finneskader, inkludert splitting (Fig. 8). Ved uttakene før/etter utsett var det i hovedsak aktive skader, og ved uttak 9 måneder etter utsett, var skadene avhelede (Fig. 5). Etter flytting til Kågen, var det igjen en overvekt av aktive finneskader. Skårskjemaet som er beskrevet av Stien mfl. 2013 gir i liten grad mulighet til å nyansere grad og omfang på finneskader som er svært vanlige hos oppdrettsfisk. Etter vårt skjønn fører dette til at både svært milde og mer alvorlige, aktive eller avhelede lesjoner får samme skår, noe som innebærer et for stort utslag på velferdsindeks hos individer med avhelede og/eller mild grad av finneskader. I 2017 publiserte FISHWELL-prosjektet en mer nyansert måte å skåre finner på, som vi ønsker å innarbeide i SWIM-skjemaet ved overvåking av fremtidige postsmoltutsett (Noble et al. 2017).

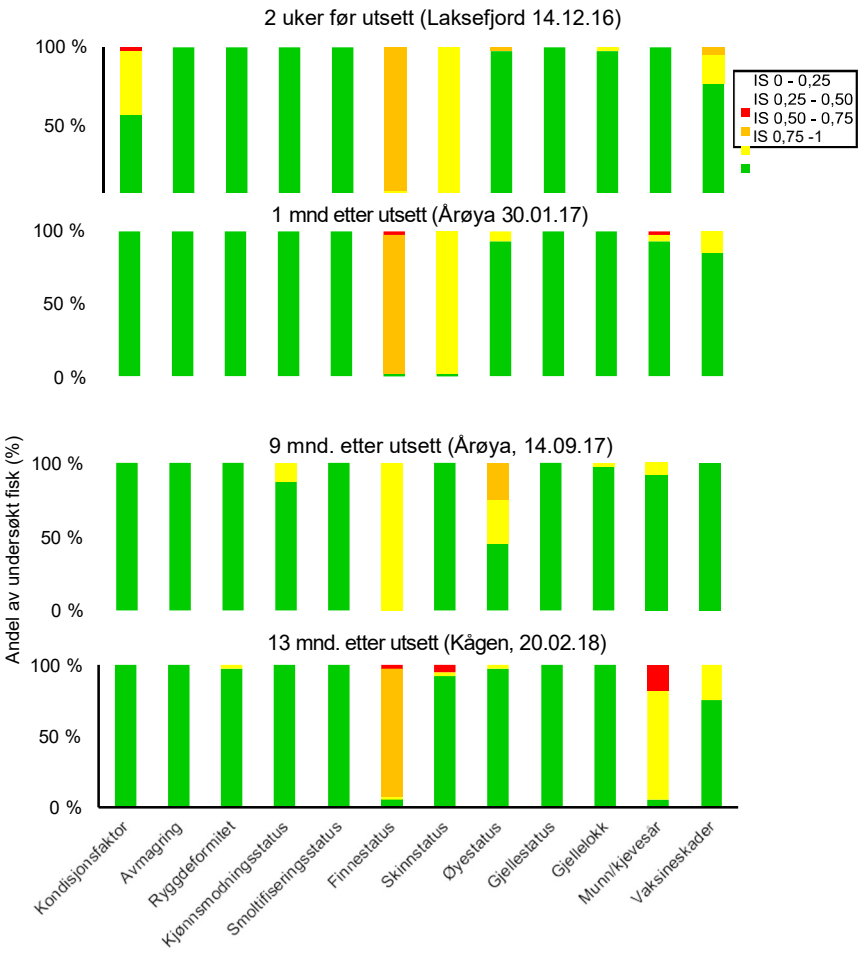


Fig. 8. Andel fisk (i %) per velferdsindikator som har fått en ordinalindikatorskår (IS) mellom 0-0,25 (grønt), 0,25-0,50 (gult), 0,50-0,75 (oransje) eller 0,75-1 (rødt). IS multipliseres med indikatorens relative vektingsfaktor (RWF) for å beregne den relative indikator-velferdsskåren (IWF; se vedlegg 1). Summen av IWF utgjør velferdsindeksen. Dette betyr at med synkende IS, blir den negative konsekvensen for fiskens velferd større.

Skinnstatus hadde nest størst betydning ved uttak 1 og 2, rett før og rett etter utsett i sjø (Fig. 9). Fisken var "løs på rista", og uttakshåndtering førte til betydelig skjelltap. Dette var ikke tilfelle 9 måneder etter utsett (Fig. 10). Som for vurdering av finner, vurderer vi skårskjemaet for skinnstatus som lite nyansert, og vil se til FISHWELL for å forbedre metodikken ved fremtidige uttak. Etter flytting av fisk til Kågen, var skinnstatus fremdeles god, med unntak av observert sårdannelse hos 2 av 40 (5%) individer. Det ble også observert en del **munn/kjevesår** på Kågen, klassifisert som blødende hos 7 av 40 (17,5%) individer.

Fig 9. Klinisk friske fisk ved uttak på Årøya 31.01.17, for å illustrere "gjennomsnittsfisk" med tanke på skinnhelse og finnetilstand. Splitting av finner ble registrert på en stor andel av fisken.

Fig. 10. Representativ fisk ved uttak 8 måneder etter utsett ved Årøya (14.09.17).

Øyestatus hadde større betydning for trekk i velferdsskår ved uttaket på Årøya i september 2017 enn ved de andre uttakene. Det ble før dette tidspunktet registrert en høy andel av fisk med katarakt. Dette ble undersøkt nærmere, og er beskrevet under 5.2.3.

Vaksinerelaterte bivirkninger bidro til 14-23% av reduksjonen i velferdsskår ved de ulike uttakene. Den gjennomsnittlige skåren blant individer med skår høyere enn 1, var 2.0-2.3, en skår som tilsier at det var noe bindevevsdannelse, rundt og mellom organer, og at det kunne være bindevevstråder knyttet til bukhule som var lett å løsne. Dette er en mild til moderat grad av vaksineskader. Vaksineskår på 3 eller høyere er funnet å gi negative effekter på vekst og innslag av ryggdeformiteter (Aunsmo et al. 2008, Midtlyng og Lillehaug, 1998).

5.2.3 Fiskehelse

5.2.3.1 Dødelighet og dødelighetsårsaker

Akkumulert dødelighet for postsmoltgruppa på Årøya fra utsett til slakt var 2,7%, mens den var 3,0% for fiskegruppen som ble flyttet til Kågen siste del av produksjonssyklus. Til sammenligning var gjennomsnittlig akkumulert dødelighet for sjøanlegg i Troms fylke 6,5% i 2017 (Veterinærinstituttet, Fiskehelserapporten 2018). Dødelighetsraten på postsmoltutsettet på Årøya/Kågen var følgelig betydelig lavere enn gjennomsnittet for Troms dette produksjonsåret.

I henhold til Havforskningsinstituttets kategorisering av velferdsnivå, basert på akkumulert dødelighet (2009-2016, tall fra Fiskeridirektoratet), er tallet også lavt: Akkumulert dødelighet lik 2,7 – 3,0 % plasserer Årøya og Kågen blant de 20 % anleggene som har lavest akkumulert dødelighet nasjonalt (Havforskningsinstituttets Risikorapport Norsk fiskeoppdrett 2018). Dette tilsvarer best mulig velferdsnivå jf denne kategoriseringen (Fig. 11).

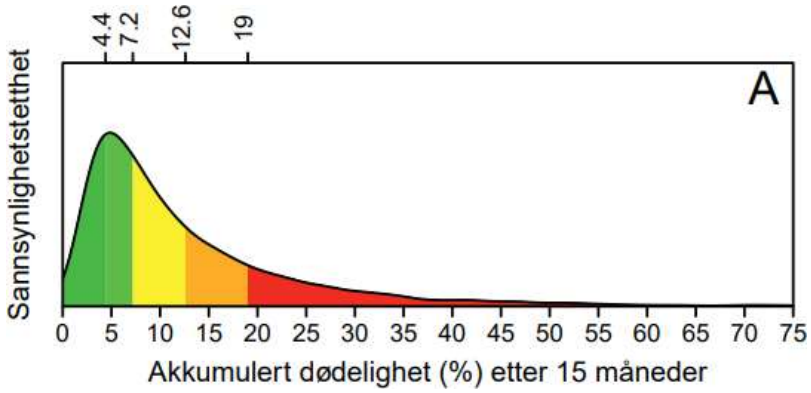


Fig 11. Historisk frekvensfordeling for akkumulert dødelighet etter 15 mnd i sjø for laks basert på data fra enkeltmerder fra hele landet for fisk satt ut i perioden 2009-2016. Fargeskalaen henviser til Havforskningsinstituttets kategorisering av velferdsnivå for fisk basert på akkumulert dødelighet (Kilde: Havforskningsinstituttets Risikorapport Norsk fiskeoppdrett 2018).

Årsak til dødelighet i henhold Lerøy Auroras klassifiseringssystem fremgår av Figur 12. Fremstillingen viser en dødelighetstopp første 2 mnd. Etter utsett i sjø, deretter en jevnt lav dødelighet vår/sommer/høst 2017, og en marginal økning siste 3 måneder før utslakting. Fremstillingen viser at kjønnsmodning i RAS-fase har hatt en betydelig påvirkning på dødelighetsprosent de første 2 mnd. etter utsett, som totalt var på 1,4 %. Dette plasserer fiskegruppen over medianen ihht. standard dødelighetskurve basert på data fra oppdrettere i perioden 2009-2015 (Fig. 13).

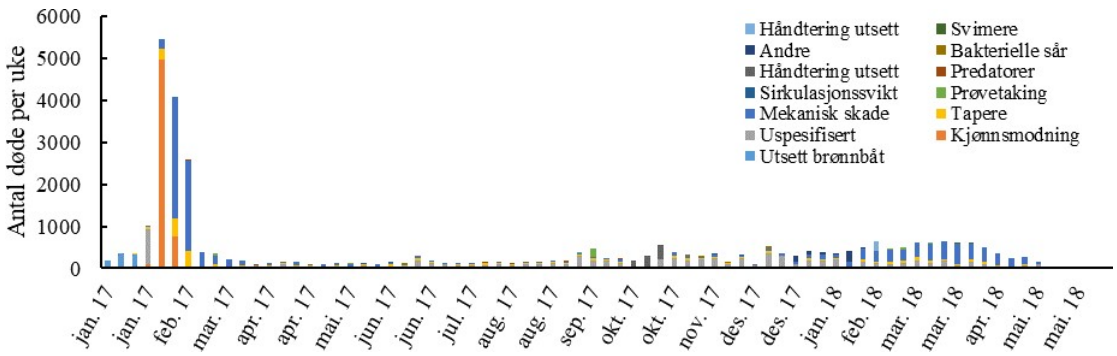


Fig. 12. Ukentlig antall døde fra utsett til slakt, gruppert etter årsak. Fremt til starten av oktober er all fisk på lokalitet Årøya, deretter er gruppa fordelt på Årøya (15%) og lokalitet Kågen (85%).

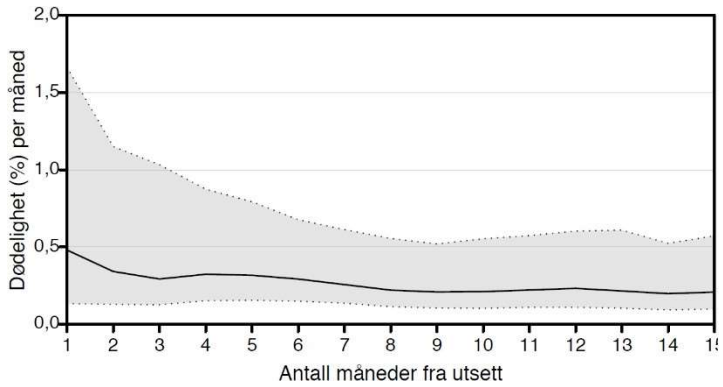


Fig 13: Standard dødelighetskurve for de 15 første månedene i sjø basert på innrapporterte data fra alle norske lakseoppdrettere fra 2009-2015. Kurven angir median månedlig dødelighet, omgitt av 25- og 75- prosentiler (Kilde: Kilde: Noble m. fl 2018. Håndbok: Velferdsindikatorer for oppdrettfisk))).

Informasjon fra fiskehelserapporter viser at det ble observert ensidig rist-tap på fisk ved enkelte av brønnbåtleveransene. Sannsynlig årsak knyttes til mekanisk skade på fisk under utsett/transport. Det ble også anmerket at det var dårlige værforhold under enkelte leveranser, og at det ble observert skjelltap på fisk (rist-tap i brønn). De første 2 månedene i sjø ble dødelighet hovedsakelig relatert til utsett/mekanisk skade (46 %) og kjønnsmodning (39 %). Ved obduksjon av fersk dødfisk med sår/ og slitasjeskader den 6. februar 2017 ble det observert at tilnærmet samtlige individer var kjønnsmodne hannfisk med melke i bukhulen (se egen omtale i 5.2.4). I fiskehelsetjenestens rapport anmerkes også at noe dødelighet første måned i sjø relateres til yersinose (*Yersinia ruckerii*).

Dødeligheten avtar betraktelig fra februar til mars 2017, og holder seg deretter stabilt lav før en økning siste del av produkjsonssyklus. Majoritet av dødfisk i denne fasen relateres til sårutvikling, spesielt lesjoner på snute- og finneparti. Dette gjenspeiles også i resultater fra velferdsovervåking. Økt andel sår på fisk før utslakt kan knyttes til skotteluspåslag og påfølgende hoppeskader, håndtering ved flytting av fisk til Kågen, lave sjøtemperaturer (2,5 °C i mars) og relativt høy tetthet av fisk på lokalitet Kågen.

5.2.3.2 Diagnoser

Tabellen under viser sykdomstilstander påvist i sjøfase. Diagnosene er stilt på bakgrunn av observasjoner og prøvetaking gjennomført av fiskehelsetjenesten.

Diagnoser/funn	Påvisningstidspunkt
Yersiniose	Januar 2017
Parvicapsulose	Juli 2017
Bakteriell sårinfeksjon (moritella og tennacibacukum)	Januar og mars 2017
Gjellebetennelse (uspesifisert)	Januar 2017, april 2017, juli 2017
Hjerte- og muskelskjelett lidelse (HSMB)	Juli 2017
Kardiomyopatisyndrom (CMS)	Juli 2017

Yersiniose ruckerii ble påvist etter kun få uker i sjø. Agens ble identifisert ved PCR-screening på klinisk frisk fisk. Høye CT-verdier indikerte lav forekomst av bakterien, og tilstanden ble ikke knyttet til dødelighet selv om det er kjent at bakterien svekker smoltkvalitet og kan gi betydelig utsettsdødelighet. Bakterien har tidligere vært påvist på Laksefjord.

Sårskadene på fisk knyttes til håndtering og transport (ref. værforhold under transport og utsett).

Det ble påvist parvicapsulose på fiskegruppen sommer 2017. Funnet var ikke relatert til kliniske observasjoner (obduksjonsfunn eller svimere) og/eller økning i dødelighet.

Det ble også påvist gjellebetennelse på fisk i enkeltmerder i løpet av produkjonssyklus på Årøya, samt HSMB (hjerte- og skjellettmuskelsykdom) og CMS (kardiomyopatisyndrom), men heller ikke disse funnene var forbundet med økt dødelighet.

I tillegg ble det i juni påvist katarakt. Dette beskrives i nærmere detalj under 5.2.4.

5.2.3.3 Lakselus og skottelus

Det var lav forekomst av lakselus (*Leoptheirus salmonis*) på fiskegruppen gjennom hele sjøfasen, og det ble ikke gjennomført medikamentelle eller ikke-medikamentelle behandlinger. På lokalitet Kågen ble det brukt luseskjørt for å forebygge lusepåslag siste del av produksjonssyklus. Grafisk fremstilling av lusetall viser en økning i kjønnsmodne hunnlus før utslakt på Kågen, men nivåene var ikke over tiltaksgrense for avlusing (0,5 voksne hunnlus i snitt på lokalitetsnivå, Fig. 14). På både Kågen og Årøya var det i tillegg påslag av skottelus (*Caligus elongatus*) i perioden juni 2017 til utslakt.

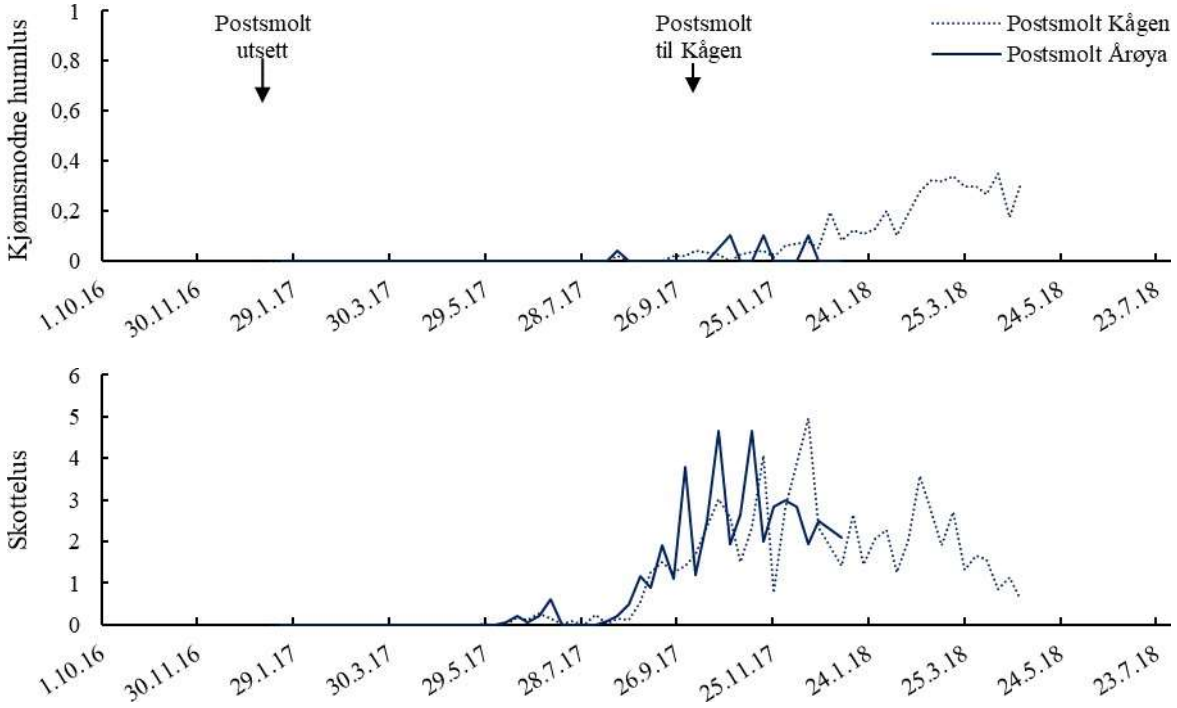


Fig. 14. Ukentlige gjennomsnitt av lakselus (øverst) og skottelus-registreringer gjort på fisk i enheter med postsmolt ved lokalitetene Årøya og Kågen.

5.2.4 Utvalgte velferdsindikatorer

5.2.4.1 Kjønnsmodning

Resultater fra uttaket ved Laksefjord 14.12.17 viser at 2-9% av hannene fra resirkuleringsanlegget (Sommer 1/2) var modnende, men ingen registreringer av modnende hunner ble gjort (Tabell 2). Den påbegynte kjønnsmodningen var før dette ikke kjent ved Laksefjord. Generelt sett var de kjønnsmodne hannene store, hadde blankt og fint skinn (ikke «løs på rista» som de øvrige), antydning til litt mer brunlig farge og litt utspilt buk (se Fig. 15)

Fig 15. Bilder fra uttak ved Laksefjord 14.12.16. Øverst: umoden hann, i midten: moden hann, nederst: gonader i modnende hann. Foto: Karin Bloch-Hansen.

Tabell 2. Resultater fra kartlegging av kjønnsmodne ved Laksefjord 14.12.16. Gjennomsnittlig vekt (V, g), kondisjonsfaktor (K), gonadosomatisk indeks (GSI, % av kroppsvekt) og antall og % modnende hanner og hunner i fisk henter fra Sommer 1 og Sommer 2 ved Laksefjord 14.12.16.

Gruppe	Kjønn	V	#	K	GSI	#modne	%modne
Sommer 1	♀	221	34	1,07			0,0
	♂	239	45	1,08	6,6	4	8,9
	♀+♂	232	79	1,08	6,6	4	5,1
Sommer 2	♀	215	38	1,12			0,0
	♂	221	44	1,13	7,5	1	2,3
	♀+♂	218	82	1,12	7,5	1	1,2
Totalt	♀+♂	225	161	1,10	6,8	5	3,1

I RAS-avdelingen hos Laksefjord AS benyttes temperaturer mellom 11 og 14 °C og kontinuerlig lys etter smoltifisering. "Høy" temperatur kombinert med kontinuerlig lys kan føre til kjønnsmodning ved tilstrekkelig god ernæringsstatus (Fjelldal mfl. 2011, Melo mfl. 2014, Crespo et al. 2019). Andre faktorer som kan påvirke kjønnsmodningsinnslag er vanntemperatur i ferskvannsfasen (Leclerq 2010), og genetisk opphav (Fjelldal et al. 2018). Siden det ikke ble gjort undersøkelser av fisk før desember 2017, er det uvisst når i produksjonsforløpet kjønnsmodning er initiert, og dermed også hvilke faktorer som har trigget kjønnsmodning hos en andel av gruppa. Funnet følges opp med nøyere kartlegging av kjønnsmodningsinnslag, vekst, produksjonsbetingelser og genetisk opphav ved undersøkelser av 2018 G postsmolt.

Kartleggingen ca. 4 uker etter utsett viser tydelig at kjønnsmodningen har svekket fisken ved utsett. Blant 160 dødfisk som ble undersøkt, var 106 modne, dvs. 66%. Høy andel kjønnsmodne blant dødfisk på dette tidspunktet er i samsvar med funn gjort av fiskehelsebiolog 30.01.17 ved undersøkelse av alle merder ved anlegget. Camilla Robertsen fant at >90 % av dødfisk var kjønnsmodne, og at de i tillegg hadde snutesår og påkjente finner, lik det en ser ved infeksjon av *Tenacibaculum* sp. (Fig. 16).

Fig 16. Bilder fra obduksjon av dødfisk ved Årøya 31.01.17, utført av Camilla Robertsen. Alle er modne hanner. Foto: Karin Bloch-Hansen

Kjønnsmodning kan føre til aggressiv adferd, redusert immunforsvar, fôrfaktor og produktkvalitet, og i verste fall dødelighet dersom modningen kommer så langt at laksen mister evnen til å osmoregulere i sjøvann (Taranger mfl. 2010). Disse funnene er imidlertid basert på laks som kjønnsmodner på et senere stadie enn i pre/postsmoltstadiet. I et nylig studie av presmolt som kjønnsmodner, er det vist at modningen ikke påvirker utviklingen av sjøvannstoleranse negativt (Fjelldal mfl. 2018). Presmolt som modner kan også terminere kjønnsmodningsprosessen, dersom produksjonsforholdene endres fra modningsfremmende (høy temp., lang dag) til modningshemmende forhold (lav temp., kort dag; Fraser mfl. 2019b).

Ved undersøkelse av fisk før utsett, var GSI hos modne fisk i snitt 7%, dvs. at fisken er kommet langt i kjønnsmodningsprosessen. Ved undersøkelser av fisk 1 mnd etter utsett, var hannene rennende. Ved så langt fremskredet kjønnsmodning ved utsett, er det lite sannsynlig at overgang til "modningshemmende forhold" (lav temperaturer ved utsett) har terminert prosessen. Det er mer sannsynlig at hannene har fullført modning og gyting, og at denne energikrevende prosessen har svekket denne delen av fiskegruppa. Det var en del vind i perioden etter utsett, og i en slik situasjon kan svekket fisk lettere pådra seg skader (treffer nota/utstyr). Kombinert med lave temperaturer og redusert immunforsvar kan dette ha gjort fisken utsatt for *Tenacibaculum* spp infeksjon.

I modnende fisk som overføres til sjøvann uten andre, samtidige utfordringer, er det ikke observert dødelighet (Fjelldal mfl. 2018). I vårt tilfelle, var prosentandelen kjønnsmodne høyere (3,1%) enn dødelighetsprosenten i løpet av de første 2 mnd. i sjø (1,4%). Blant disse, var 39 % klassifisert som døde grunnet kjønnsmodning. Det er derfor ikke grunnlag for å hevde at all kjønnsmoden fisk dør som følge av utsett, men at prosessen svekker fisken. Dødelighet oppstår da som et resultat av sammensatte årsaker.

5.2.4.2 Katarakt

Det ble gjennomført tre prøveuttak i sjøfase: juni (5 mnd. etter utsett), september og i januar (rett før utslakt). Kataraktfunnene var gjennomgående milde/lavgradige, og gjennomsnittlig kataraktindeks ved de enkelte prøveuttak varierte fra hhv. 1,6 til 2,1 (Fig. 18). Kataraktindeksen falt marginalt fra første til siste uttak. Det var generelt høy prevalens av katarakt ved alle prøveuttak, hhv. 96% i juni og 82% i januar, og tosidig kataraktforekomst var det dominerende funn.

Typisk fremsto linseforandringene som en markant liten sirkulær gråhvit prikk sentralt i linsa (skår 1) eller en noe større lesjon med tydelig opasitet/skydannelse (skår 2) (se Fig. 17).

Prøver sendt til histopatologisk undersøkelse før første skåringsuttak, avdekket mild inflammasjon og betennelsesceller i bindevev i øyets bakre kammer. Forandringene kunne ikke knyttes til konkrete agens eller årsaksfaktorer. Linseforandringer ble ikke påvist.

Fig. 17. Typiske kataraktlesjoner observert på postsmolt fra Årøya 2017G. Bilde øverst skårverdi 2, bilde nederst skårverdi 1.

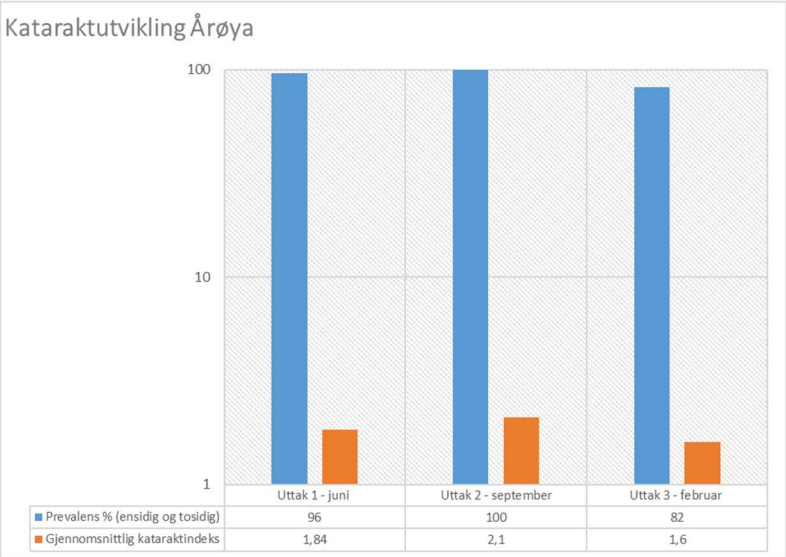


Fig 18. Prevalens (prosentandel) av katarakt, både tosidig og ensidig forekomst) og gjennomsnittlig kataraktindeks hos postsmolt på Årøya/Kågen fra juni til utslakt.

Liten variasjon i gjennomsnittlig kataraktindeks fra første til siste uttak i sjøfase tiliser at kataraktforandringene har vært permanente og i liten grad har utviklet seg i sjøfasen. Høy prevalens og dominerende tosidig forekomst ved alle uttak, tilsier at funnet mest sannsynlig har systemisk årsak.

Kataraktutvikling kan, avhengig av omfang resultere i delvis eller fullt synstap, og påvirke både tilvekst og fiskevelferd negativt (Bjerkås og Sveier 2004). Kataraktutvikling hos oppdrettslaks knyttes til flere årsaksfaktorer, deriblant ernærings- og miljøbetingede forhold. Studier har vist en sammenheng mellom rask vekst, utilstrekkelig histidininnhold i fôr og kataraktutvikling (Bjerkås mfl. 1996, Breck mfl. 2001, og Waagebø mfl. 1996, Waagbø mfl. 2010, Remø mfl. 2014, Sambraus mfl. 2017). Resultater fra fôringsforsøk med ulik tilsetting av histidin til nylig utsatt smolt i sjøfase identifiserte at et histidininnhold tilsvarende 14,4 g/kg forebyggget kataraktutvikling (ref. Remø m.fl 2014).

Postsmoltgruppen på Årøya hadde fått settefiskfôr med «histidinsikring» fra Skretting i påvekstfase på Laksefjord (histidininnhold mellom 11 og 12 g/kg, ref. mailkorrespondanse Roar Sandvik, Skretting). Spesialfôr med særskilt histidintilsetting er angitt å ha histidininnhold ca. 14,2-14,4 g/kg. Som introduksjonsfôr de første par ukene i sjø ble Spirit Supreme fra Skretting benyttet (histidininnhold minimum 13g/kg). Deretter var det flere fôrbytter grunnet skifte av fôrleverandører i sjøfase (Biomar og EWOS) og eksakt histidininnhold i diett er ikke kjent.

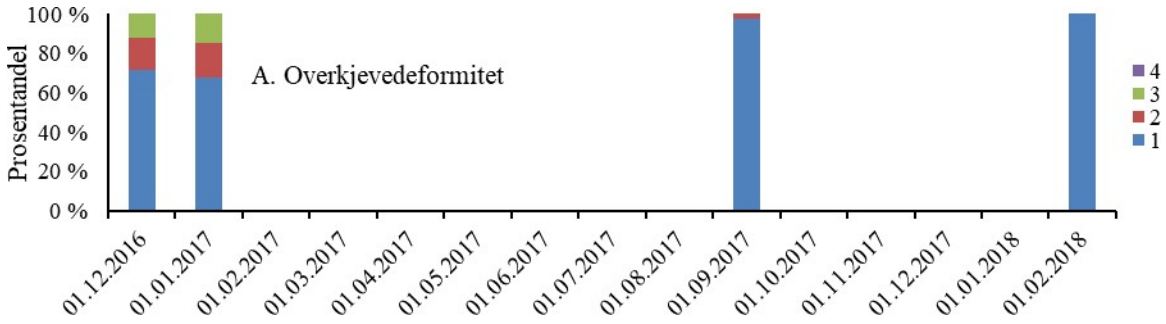
De histopatologiske undersøkelsene som ble gjennomført innledningsvis gav grunnlag for å utelukke at forandringene kunne knyttes til en infeksjonstilstand. I tillegg til for lavt inntak av histidin og histidinrelaterte stoffer er det kjent at rask vekst, temperatur- og raske skift i salinitet gjennom produksjonssyklus kan disponere for kataraktutvikling, og en kombinasjon av ernærings- og miljørelaterte faktorer kan ikke utelukkes. Det er imidlertid ikke gjort funn i tilknytning til denne kartleggingen som gir grunnlag for å knytte kataraktforekomsten til konkrete årsaksfaktorer. Kataraktstatus på fisk før sjøsetting/gjennom produksjonssyklus på settefiskanlegget er heller ikke kjent.

Kataraktobservasjonene som gjort på denne fiskegruppen vil blir fulgt opp med videre undersøkelser og endret fôrregime for postsmolt 2018 G.

5.2.4.3 Kjevedeformiteter

Forkortet overkjeve ble registrert hos 29-32% av fisken rett før og rett etter utsett (desember og januar; Fig. 19 og 20). Etter 8 og 12 måneder var andelen henholdsvis 4 og 0 % (Fig. 20). Dette er i tråd med resultater fra undersøkelse av 2016 G postsmoltutsett, hvor 3-4% av postsmolt og høstsmolt hadde antydning til forkortet overkjeve ved slakt (Remen og Bloch-Hansen 2018). Resultatene tyder på at det kan være en utakt i vekst i kjevepartiet, som forårsaker en midlertidig, visuelt observerbar forskjell i over- og underkjevens lengde i postsmoltfasen. Dette vurderes ikke å ha større betydning for fiskevelferd.

Fig 19. Postsmolt ved uttak på Årøya 31.01.17. Typiske observasjoner av normal (øverst) og for kort (nederst) overkjeve.



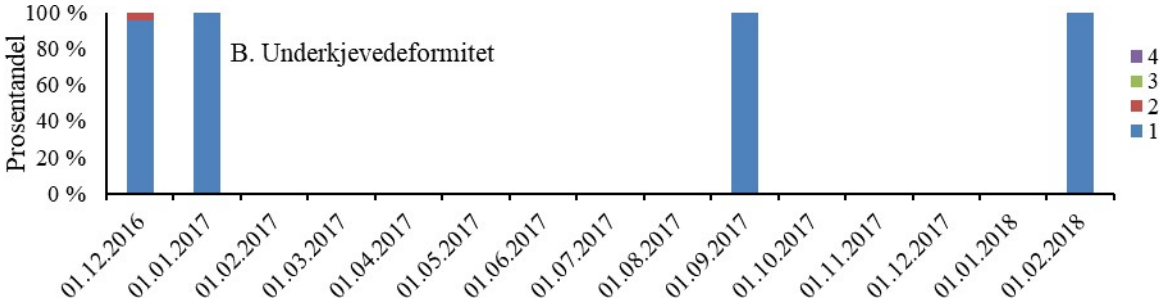


Fig. 20. Prosentandel av fisk med normal (1), noe deformert (2), tydelig deformert (3) eller ekstremt deformert (4) over- (A) eller underkjeve (B).

5.2.5 Konklusjoner

Resultatene fra undersøkelser av postsmolt etter utsett i januar på Årøya, viser at fiskegruppen har spredt seg i hele merdypet, og at temperaturen der fisken har oppholdt seg har vært lavere (<5,5 °C) i utsettsfasen enn det som tradisjonelt sett har vært ansett som gunstig for laks (< 7 °C). Tross dette, er totalvurderingen at fiskegruppa har håndtert utsettstidspunkt og –betingelser godt. En andel av gruppa kjønnsmodnet i settfiskanlegget (3,1%), og høy andel av kjønnsmodne individer blant døde etter utsett, viser at modning har svekket fiskens toleranse for utsettsbetingelsene. Dette har bidratt til økning i dødelighet i en periode etter utsett i sjø. I tillegg var det ved utsett funnet høy forekomst av finneskader og risttap på fisk. Disse skadene var avhelet ved undersøkelse 8 mnd. senere.

Akkumulert dødelighet i hele sjøfasen er lav (2,7-3,1%). Utfordringer knyttet til parasitter (lakselus, skottelus, parvicapsulose) eller andre infektive agens har vært små, og det har ikke vært benyttet tiltak mot lakselus. Det er funnet høy prevalens av lavgradig katarakt, som ikke forventes å ha påvirkning på vekst. Det fremsettes som hypotese at årsak til kataraktutvikling kan skyldes en periode med rask vekst uten tilstrekkelig innhold av histidin i fôret. Dette undersøkes videre for 2018 G postsmoltutsett.

5.3 Prestasjon i sjøfase: postsmolt vs. høstsmolt

En måte å oppsummere hvor godt de to produksjonsregimene har fungert totalt sett, er å kartlegge hvilken slaktevekt som oppnås ved et gitt tidspunkt i slakteperioden.

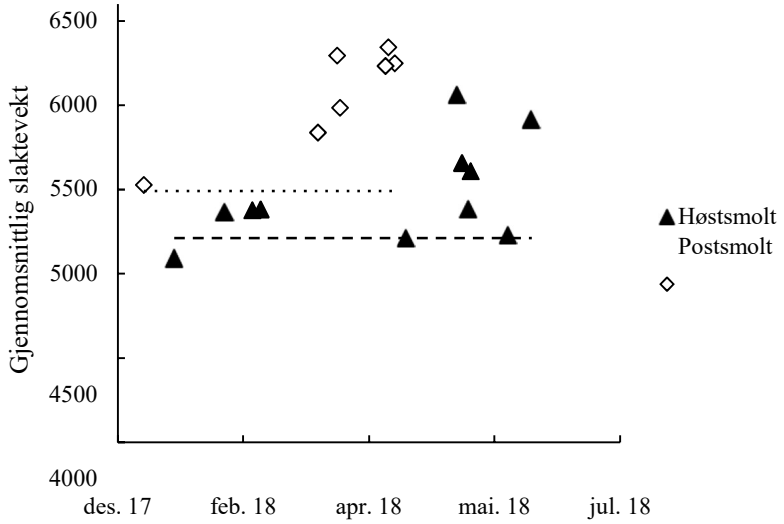


Fig 21. Figuren viser gjennomsnittlig brutto slaktevekt (g) ved slaktedato for søskengrupper av høstsmolt (11 enheter fra Langås og Futnes) og postsmolt (7 enheter fra Årøya og Kågen). Trendlinje viser lineær sammenheng mellom slaktedato og slaktevekt for de to gruppene.

Fig. 21 viser tydelig at postsmoltgruppa oppnår en høyere slaktevekt ved en gitt dato i slakteperioden enn høstsmoltgruppa. 450 dager etter utsett av postsmolt (08.01.17) er forventet slaktevekt ca. 0,8 kg høyere i postsmoltgruppa enn i høstsmoltgruppa. Postsmoltgruppa var i utgangspunktet små- og mellomsorteringsfraksjoner, og høstsmolt var i hovedsak storsorteringsfraksjonen. Dette tyder på at produksjonsregimet fra sortering til slakt har fungert betydelig bedre med hensyn på vekst, for postsmolt enn for høstsmolt. Hvorvidt dette er et resultat av RAS-perioden, utsettsstørrelse og utsettstidspunkt, eller om dette skyldes ulike produksjonsforhold i sjøfase, vurderes i avsnittene under. Sammenligningsgrunnlaget er svekket på grunn av at fiskegruppene har vært plassert på ulike lokaliteter. Lokalitetene er såpass nærliggende geografisk, at det allikevel er gjennomført en undersøkelse av prestasjons- og produksjonsforhold fra oktober 2016 (utsett høstsmolt) til slakt, for å gjøre en vurdering av denne problemstillingen. Informasjonen som fremkommer i denne vurderingen vil sammenstilles med resultater fra de andre årskullene som analyseres i prosjektet, for å se om forskjellen i oppnådd slaktevekt mellom gruppene er konsistent over flere generasjoner. Potensielle forskjeller i produksjonsforhold i sjøfase vil inkluderes i vurderingen.

5.3.1 Miljøbetingelser

De naturgitte miljøbetingelsene har mye å si for fiskens prestasjon og velferd i sjøfase. Den observerte utviklingen i temperatur, oksygenmetning og vindstyrke tyder på at høstsmolt- og postsmoltlokalitetene har hatt en relativt lik utvikling i miljøbetingelser. Den største forskjellen, er at postsmoltgruppen hadde betydelig høyere temperatur i RAS-perioden (12–14 °C, inntil nedtrapping før utsett), enn høstsmolten opplevde i samme periode i sjø (5–10 °C). Etter utsett av postsmolt var det en sammenlignbar utvikling i temperatur ved postsmolt- og høstsmoltlokalitetene, målt ved 3 og 7 m dybde. Fra postsmoltutsett i januar, fortsatte temperaturen å synke ned mot 3,5 – 4 ºC i mars. Temperaturstigning tiltok i april-mai og høyeste registrering var 11°C (Fig. 21). Fra oktober 2017 sank temperaturen igjen, fra 10 °C og ned mot minimumsregistreringen på 2,5 °C i månedsskiftet mars – april i 2018.

Oksygenmetning var på over 80% i hele perioden, med unntak av enkeltdager i desember 2017 og januar 2018 ved høstsmoltlokaliteten Futnes. Vinterstid ble det registrert sterk kuling eller storm ved alle lokaliteter, med høyest registrert vindstyrke på postsmoltlokaliteten Kågen.

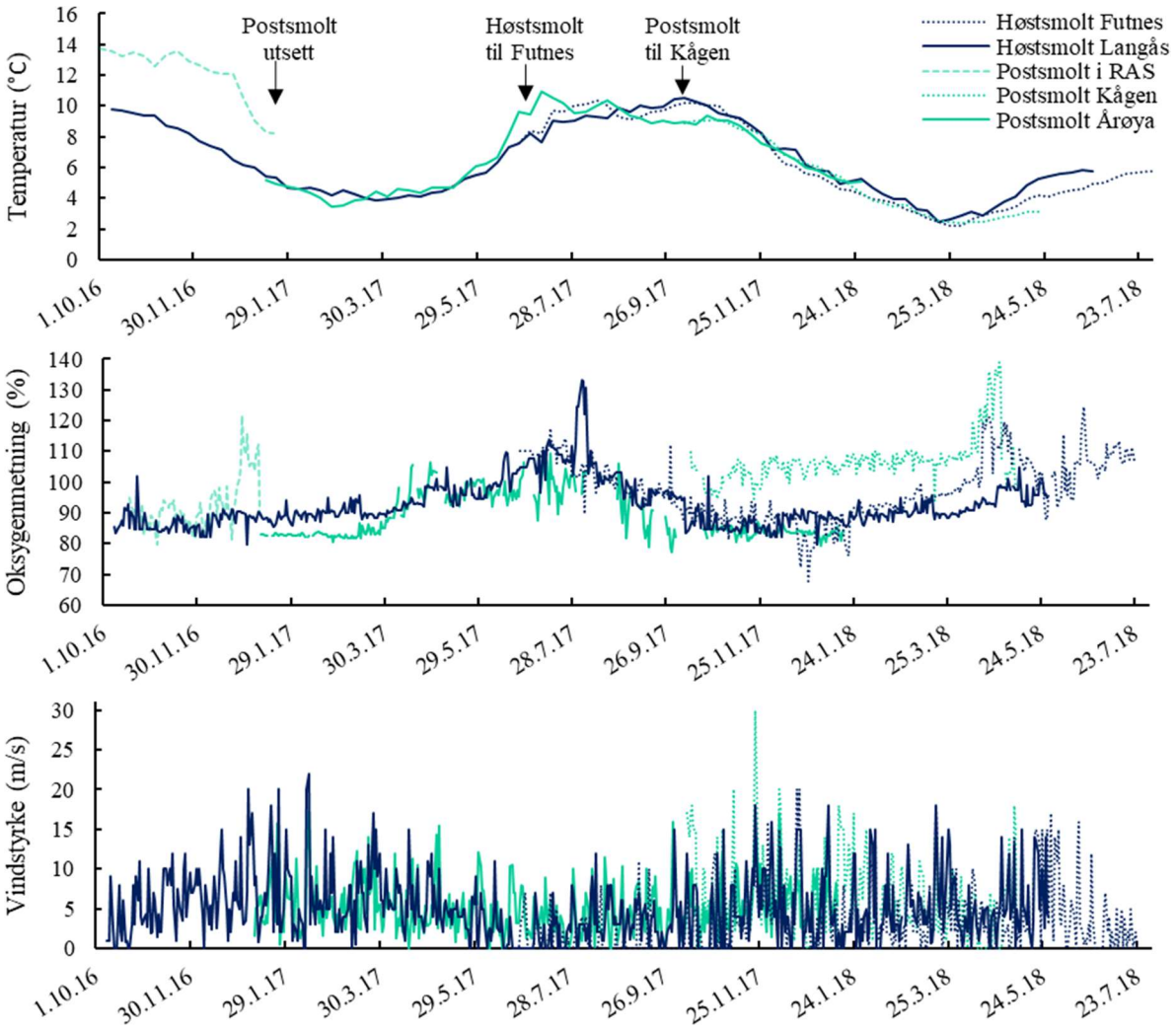


Fig. 21. Gjennomsnittlig temperatur, oksygennivå, og vindstyrke (m/s) ved lokalitetene hvor postsmolt- og høstsmoltgrupper var plassert i perioden høstsmoltutsett til slakt (08.10.16-31.07.18). Postsmolt er vist med turkise linjer, høstsmolt med mørkeblå. Linjene er stiplet før utsett (RAS), heltrukken etter utsett og i form av punkter etter flytting til ny lokalitet.

5.3.2 Lus, håndtering, snittvekt- og dødelighetsutvikling

Håndtering i forbindelse med flytting, sortering, badebehandling i brønnbåt, lusespyling eller termisk behandling kan gi gjelleskader, skjelltap, blødninger og sår (Grøntvedt mfl. 2015). Dette kan være spesielt problematisk i perioder med lave temperaturer og begrenset sårheling. I tillegg kommer sultedøgn i forkant av håndtering, som kan påvirke vekstrate i form av redusert utfôring. Lusestatus og ulike former for håndtering er derfor viktig å inkludere som påvirkningsfaktor i en prestasjonsanalyse.

Snittvektsutvikling i figur 22, er basert på tall fra Fishtalk. Det er en iboende usikkerhet i dette estimatet underveis i sjøfase, da snittvekt er basert på en kombinasjon av beregninger (utfôringsrate x fôrfaktor), og snittvektsmålinger underveis. I månedene etter utsett kan det være utfordrende å oppnå representative snittvektsestimat, både på grunn av overfôring etter utsett

og utfordringer med å gjennomføre uttak av fisk eller målinger med biomasseramme (lav fisketetthet). Tallene brukes her for å gi en indikasjon på perioder hvor driftsmåte og vektutvikling er ulik i de to gruppene.

Snittvektsutvikling i de to gruppene var ulik, med en raskere vektøkning i postsmoltgruppa enn i høstsmoltgruppa fra mai 2017 til årsskiftet 2017/2018 (Fig. 21). Det var også betydelig høyere utfôringsrate (SFR) i postsmoltgruppa i starten av denne perioden (mai-juni). I perioden var det lave lakselusnivå på postsmoltlokalitetene, og det ble ikke gjennomført behandlinger mot lus. På høstsmoltlokalitetene var det større utfordringer med både lakselus og skottelus, og det ble gjennomført 1-2 badebehandlinger (lokaliteten Futnes; Alphamax og H_2O_2) og/eller 1-2 ikke-medikamentelle behandlinger (IMM, lokaliteten Langås; Optilicer).

Utsettsdødeligheten var lav i høstsmoltgruppa (0,27 % akkumulert dødelighet etter 2 mnd). I postsmoltgruppa var den høyere (1,4 % akkumulert dødelighet etter 2 mnd), og knyttet til kjønnsmodning i RAS (se 5.2.4.1). Dødelighet i høstsmoltgruppa øker i etterkant av Optilicerbehandlinger på Langås (Fig. 21). Enhetene som sto igjen på Langås representerte ca. 25% av høstsmoltgruppa, men antall døde fra denne lokaliteten representerte 38% av totalt antall døde i høstsmoltgruppa. Det kan derfor ikke utelukkes at Optilicerbehandlingen(e) kan ha hatt en negativ påvirkning på prestasjonsmål hos høstsmoltgruppa i sjøfase. Det er ikke tilsvarende dødelighetstopper etter badebehandlinger i presenning.

Enheten som skiller seg ut med høyest snittvekt og tidlig utslakt i postsmoltgruppa, er enheten som ble stående igjen på Årøya da resterende fisk ble flyttet til Kågen. Denne fiskegruppa har ikke blitt håndtert i løpet av sine 12 måneder i sjø.

5.3.3 Parvicapsulose

I følge fiskehelserapporten fra postsmoltlokaliteten Årøya, ble det påvist parvicapsulose på fiskegruppen sommer 2017. Dette ble imidlertid ikke knyttet til forøket dødelighet. Kartlegging av dødelighetsårsaker hos begge fiskegrupper viser at parvicapsulose ikke har vært en utfordring hos verken høstsmolt eller postsmolt ved disse to utsettene. Det er derfor ikke forventet at postsmoltgruppa har hatt en helsemessig fordel som følge av at klassisk høstsmitte unngås ved midtvinters utsett.

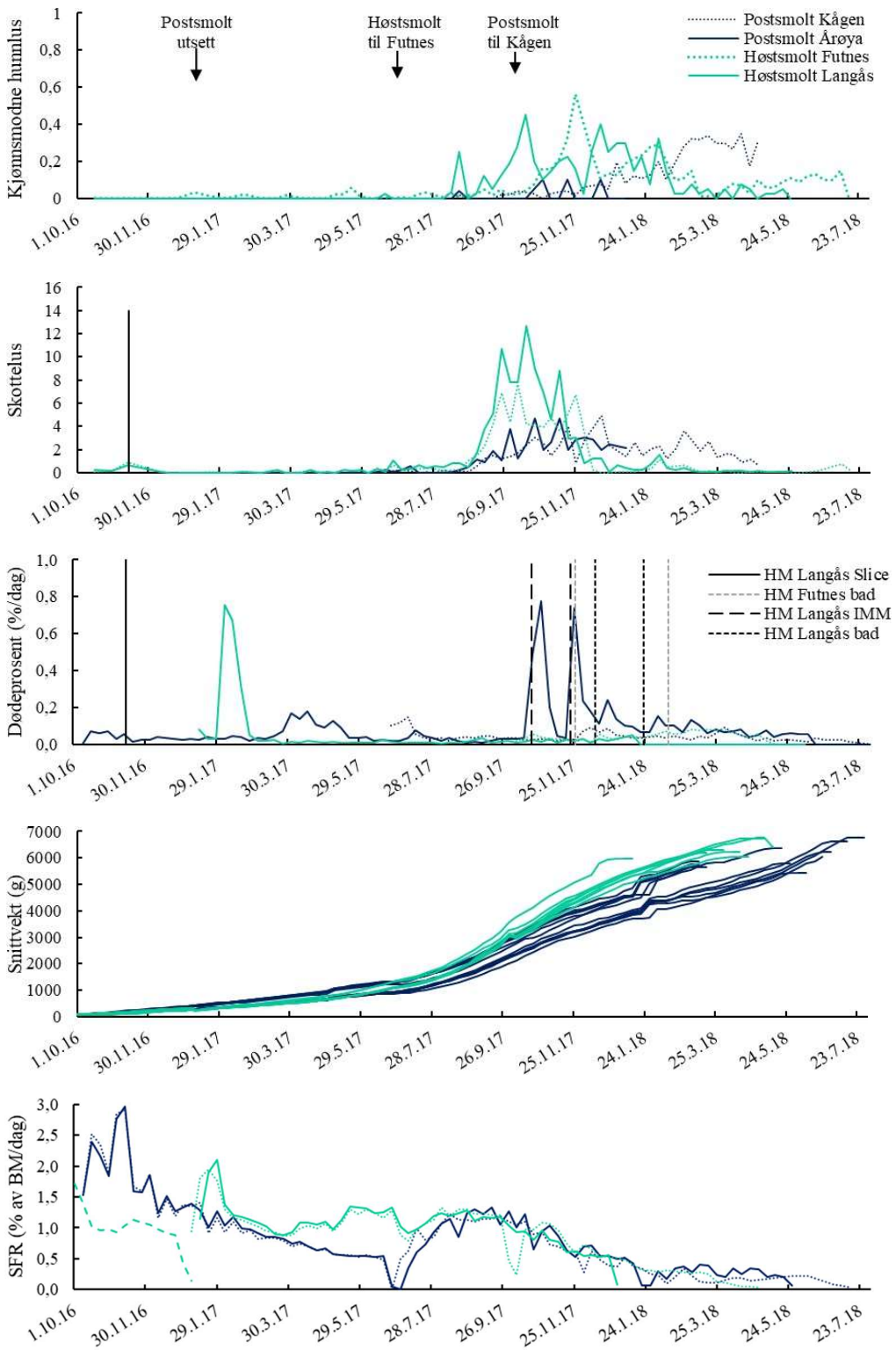


Fig. 21. Utvikling i gjennomsnittlig antall kjønnsmodne hunnlus per fisk, antall skottelus per fisk, dødeprosent, snittvekt og spesifikk utfôringsrate (SFR) per uke per lokalitet (3 øverste figurer) eller enhet (snittvekt) for de 2 utsettsgruppene i sjøfase. Snittvekt fra RAS-fasen er inkludert for postsmoltgruppa i perioden oktober 2016 til postsmoltutsett i januar 2017. Linjene er heltrukken inntil flytting til ny lokalitet (punkter), med unntak av snittvektfiguren (heltrukne linjer i hele perioden). I figuren med dødeprosent er dato for påbegynte lusebehandlinger angitt med vertikale streker. Se informasjon i forklaring for type behandling og sted. HM = høstsmolt, IMM = ikke-medikamentell behandling (i dette tilfellet Optilicer).

5.3.4 Prestasjonsmål periodisert og utsett-slakt

For å sammenligne prestasjon i sjøfase hos grupper som er satt ut ved ulike tidspunkt, er det relevant å periodisere datasettet før/etter utsett av postsmolt. En oppsummering av prestasjonsmål, dødelighet, lusetiltak, produksjonsmål og slaktekvalitet for de to fiskegruppene er vist i Tabell 3, der en slik periodisering er gjort der dette er mulig og relevant.

I likhet med søskengrupper av høstsmolt og postsmolt som ble satt ut på lokalitetene Tussøy/Angstauren i 2015/2016, har begge grupper prestert over gjennomsnittet i sjøfase. Fôrselskapenes datagrunnlag og vekstmodeller gir EGI-verdier på 120 og 133 (EWOS) og RGI-verdier på 106 og 117 (Skretting), henholdsvis for høstsmolt og postsmolt. Gjennomsnittet er definert som 100. Dødelighet var også under gjennomsnittet for Troms (6,5 %; Fiskehelserapporten 2018), med henholdsvis 4,7 og 3,0 % for høstsmolt og postsmolt. Begge grupper har lav utsettsdødelighet (< 1 % første 2 måneder i sjø) og superiorandel ved slakt var henholdsvis 97 og 95 %.

Tallene over viser også at postsmolten generelt sett har prestert bedre i sjøfase enn høstsmolt. Ved å periodisere tallmaterialet før/etter utsett av postsmolt, kan gruppenes prestasjon i perioden hvor begge grupper var i sjø sammenlignes. I dette tidsintervallet (fra januar 2017 til slakt januar-juli 2018), ser det ut til at postsmolt har blitt fôret mer (SFR postsmolt 0,96 vs. høstsmolt 0,69), at vekstrate har vært høyere (SGR postsmolt 0,73 vs. høstsmolt 0,60), men at fôrfaktor også har vært høyere for postsmoltgruppa (Biologisk FCR postsmolt 1,20 vs. høstsmolt 1,14). Høyere SFR i postsmoltgruppen kan ha sammenheng med færre sultedøgn (postsmolt 22 vs. høstsmolt 44), noe som igjen kan ha sammenheng med mindre håndtering (ingen lusebehandling i postsmoltgruppe), men ser også ut til å skyldes lavere appetitt i perioder (f.eks., mai-juni 2017, Fig. 21). Siden det er en iboende usikkerhet i snittvektsestimatene underveis i sjøfase, må disse resultatene betraktes som indikasjoner.

Tabell 3. Oversikt over prestasjonsmål, dødelighet, lusetiltak, produksjonsmål og slaktekvalitet for de to fiskegruppene. Der dette er mulig og relevant, er data periodisert ihht. postsmoltutsett. Før = 09.10.16-08.01.17, Etter = 08.01.17-slakt.

Tema	**Parameter**	**Periode ihht. postsmoltutsett**	**Høstsmolt**	**Postsmolt**
Prestasjonsmål	SFR (% av kroppsvekt/dag)	Før Etter Utsett-slakt	1,84 ± 0,04 0,69 ± 0,03 0,89 ± 0,04	1,30 ± 0,05 0,96 ± 0,08 0,96 ± 0,08
	Biologisk FCR	Før Etter Utsett-slakt	1,19 ± 0,03 1,14 ± 0,03 1,14 ± 0,02	1,07 ± 0,11 1,20 ± 0,05 1,20±0,05
	Enhetsdager uten fôring (%)	Før Etter Utsett-slakt	2 ± 0 40 ± 13 41± 13	0 ± 0 22 ± 4 22 ± 4
	SGR (% av kroppsvekt/dag)	Før Etter Utsett-slakt	1,54 ± 0,04 0,60 ± 0,06 0,75 ± 0,07	1,21 ± 0,10 0,73 ± 0,04 0,73 ± 0,04
	RGI	Utsett-slakt	106 ± 3	117 ± 1
	EGI	Utsett-slakt	120 ± 4	133 ± 4
	EFI	Utsett-slakt	110 ± 2	113 ± 5
	VF3 (TGC)	Utsett-slakt	3,60 ± 0,12	4,23 ± 0,09
	Antall dager i sjø	Utsett-slakt	553 ± 48	441 ± 37
	Snittvekt ved utsett		83 ± 7	247 ± 29
	Snittvekt ved slakt		5493 ± 300	6069 ± 300
Dødelighet	Dødeprosent	Før Etter Utsett-slakt	0,4 ± 0,2 4,3 ± 1,5 4,7 ± 1,6	0,1 ± 0,1 3,0 ± 1,9 3,0 ± 1,9
	Snittvekt døde	Utsett-slakt	2328 ± 432	2470 ± 1151
	Parvicapsulose (% dødelighet)	Utsett-slakt	0	0
Lusetiltak	IMM (antall behandlinger per enhet)	Før Etter Utsett-slakt	0 0-2 0-2	0 0 0
	Badebehandlinger (antall per enhet)	Før Etter Utsett-slakt	0 1-2 1-2	- 0 0
	Slice (antall kurer per enhet)	Utsett-slakt	1	0
	Rensefisk (ja/nei)		Ja	Nei
Produksjons-betingelser	Temperatur snitt (min-maks.)*	Før Etter Utsett-slakt	8,0 ± 0,1 6,3 ± 0,2 6,6 ± 0,2	12,4 ± 0,5 6,4 ± 0,3 6,4 ± 0,3
	Døgngrader	Før Etter Utsett-slakt	731 ± 40 2968 ± 235 3691 ± 232	1114 ± 43 2829 ± 132 2829 ± 132
	Antall flyttinger		1	0-1
Kvalitet ved slakt	Superior		97,1 ± 1,6	95,1 ± 1,9
	Ordinær		1,2 ±0,5	2,3 ± 0,6
	Produksjon		1,4 ±1,3	2,1 ± 1,8
	Vrak		0,2 ±0,1	0,5± 0,4

5.3.5 Konklusjoner

Resultatene viser tydelig at postsmoltgruppa har oppnådd en høyere slaktevekt på et gitt tidspunkt i slakteperioden enn høstsmoltgruppa. Dette viser at produksjonsregimet totalt sett har fungert bedre for denne gruppa, som i utgangspunktet var små- og mellomsortering. Høstsmolt var i hovedsak storsortering.

Analyse av produksjonsbetingelser og snittvektsutvikling underveis i sjøfase, viser at postsmoltgruppa har hatt betydelig lavere lusepåslag, har blitt håndtert mindre (ingen lusebehandlinger) og fôret mer i perioden hvor begge grupper var plassert i merder i sjø.

For øvrig har begge grupper prestert over gjennomsnittet godt i sjøfase, både med tanke på vekst og dødelighet fra utsett til slakt. Parvicapsulose har ikke vært en utfordring. Utsettsdødelighet var lavere i høstsmoltgruppa enn i postsmoltgruppa, hvor kjønnsmodning i RAS har svekket en andel av fisken etter utsett.

Basert på disse funnene, er det vanskelig å si om det er RAS-periode, utsettstidspunkt- og størrelse, eller om det er gunstige betingelser i sjøfase som har gitt den positive effekten på oppnådd slaktevekt i postsmoltgruppa.

6 Oppsummering og konklusjoner

Helse, velferd og prestasjonsmål er kartlagt før utsett og i løpet av sjøfase hos postsmolt sattut i januar 2017 ved lokaliteten Årøya. Høstsmoltgruppe satt ut i oktober 2016 ved lokaliteten Langås har vært brukt som sammenligningsgrunnlag. Studiet har fokusert på to tema:

1) Toleranse for midtvinters utsett i Troms (velferd, adferd, helse)

2) Prestasjon og helsestatus i sjøfase, sammenlignet med søskengruppe høstsmolt

Basert på undersøkelser av fiskens merdmiljø, oppholdsdyp, helsestatus, velferdsindikatorer, dødelighetstall- og årsaker og helsestatus, er konklusjonen at postsmoltgruppa har håndtert utsettsbetingelsene godt. Dette til tross for lave og synkende temperaturer i hele merdypet og mørketid ved utsettstidspunkt i januar. En andel av gruppa kjønnsmodnet i settefiskanlegget (3,1%), og høy andel kjønnsmodne blant døde etter utsett, viser at dette har svekket fiskens toleranse for utsettsbetingelsene. I tillegg var det ved utsett høy forekomst av finneskader og risttap, som var avhelet ved undersøkelse 8 mnd. etter utsett.

Akkumulert dødelighet i hele sjøfase er lav (2,7-3,1%). Utfordringer knyttet til parasitter (lakselus, skottelus, parvicapsulose) eller andre infektive agens har vært små i hele sjøfase, og det har ikke vært benyttet tiltak mot lakselus. Det er funnet høy prevalens av lavgradig katarakt, som ikke forventes å ha påvirkning på vekst. Det fremsettes som hypotese at dette kan skyldes en periode med rask vekst uten tilstrekkelig innhold av histidin i fôret. Dette undersøkes videre for 2018 G postsmoltutsett.

Ved sammenligning av prestasjonsmål og helsestatus i postsmolt og høstsmoltgrupper, er det tydelig at postsmoltgruppa har vokst bedre i sjøfase. Undersøkelse av produksjonsbetingelser kan tyde på at dette skyldes lavere utfôring (eller appetitt), lusenivå og lusebehandlinger (håndtering). Siden gruppene var plassert ved ulike lokaliteter er det lite grunnlag for å konkludere. For øvrig har begge grupper prestert over gjennomsnittet godt i sjøfase, både med tanke på vekst og dødelighet fra utsett til slakt.

7 Referanser

Aunsmo A., Guttvik A., Midtlyng P.J., Larssen R.B., Evensen Ø., Skjerve E. (2008). Association of spinal deformity and vaccine- induced abdominal lesions in harvest- sized Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases* 31: 515–524.

Amoroso, G., Cobcroft, J. M., Adams, M. B., Ventura, T., Carter, C. G. (2016). Concurrence of lower jaw skeletal anomalies in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and the effect on growth in freshwater. *Journal of fish diseases*, *39*(12), 1509-1521.

Arnesen, A. M., Johnsen, H. K., Mortensen, A., & Jobling, M. (1998). Acclimation of Atlantic salmon (Salmo salar L.) smolts to cold sea water following direct transfer from fresh water. *Aquaculture*, *168*(1-4), 351-367.

Bjerkås E., Waagebø R, Sveier H, Bjerkås I, Bjørnestad E, Maage A. Cataract development in Atlantic Salmon (Salmo salar L) in fresh water. Acta Vet Scand. 1996;37:351±360 PMID: 8996880.

Bjerkås, E, Sveier H. The influence of nutritional and environmental factors on osmoregulation and cataracts in Atlantic salmon (Salmo salar L). *Aquaculture* 235 (2004) 101-122.

Breck O., Sveier H. Growth and cataract development in two groups of Atlantic salmon (Salmo salar L) post smolts transferred to sea with a four week interval. Bull Eur Assn Fish P. 2001; 21: 91±103.

Fernø, A., Huse, I., Juell, J. E. and Bjordal, Å., (1995). Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in net pens: trade-off between surface light avoidance and food attraction. Aquaculture 132: 285-296.

Fjelldal, P.G., Hansen, T.J., Berg, A. (200). A radiological study on the development of vertebral deformities in cultured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Aquaculture 273: 721-728.

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), 715-728.

Fjelldal, P. G., Hansen, T., Huang, T. S. (2011). Continuous light and elevated temperature can trigger maturation both during and immediately after smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, *321*(1), 93-100.

Fjelldal, P.G., Hansen, T.J., Lock, E.J., Wargelius, A., Fraser, T.W.K., Sambraus, F., Ørnsrud, R. 2016. Increased dietary phosphorous prevents vertebral deformities in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutrition 22(1): 72-90.

Fjelldal, P.G., Schultz, R., Nilsen, T.O., Andersson, E., Norberg, B, Hansen, T.J., 2018. Sexual maturation and smoltification in domesticated Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) - is there a developmental conflict? *Physiological Reports* 6 (17) e13809. DOI: 10.14814/phy2.13809

Fraser, T.W.K., Hansen, T., Fleming, M.S., Fjelldal, P.G, 2015. The prevalence of vertebral deformities is increased with higher egg incubation temperatures and triploidy in Atlantic salmon *Salmo salar* L. Journal of Fish Diseases 38(1): 75-89.

Grini, A. 2008. Innverknad av vaksine og vasstemperaturar ved smoltifisering og tidleg sjøvassfase på virvelmineralisering og danning av virveldeformasjonar hjå atlanterhavslaks (*Salmo salar* L.) haustsmolt. Masteroppgave ved Høgskulen i Telemark. Url: http://hdl.handle.net/11250/2438961

Grini, A., Hansen, T., Berg, A., Wargelius, A., Fjelldal, P. G. (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), 531-546.

Grøntvedt, R. N., Nerbøvik, I-K. G., Viljugrein, H., Lillehaug, A., Nilsen, H., & Gjerve, A-G. (2015). Termisk avlusing av laksefisk – dokumentasjon av fiskevelferd og effekt.

Handeland, S. O., Berge, Å., Bjørnsson, B. Th., Lie. Ø. and Stefansson, S. O., 2000. Seawater adaptation by out-of-season smolt at different temperatures. Aquaculture: 181: 377-396

Handeland, S. O., Imsland, A. K., & Stefansson, S. O., 2008. The effect of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts. *Aquaculture*, *283*(1-4), 36-42.

Hansen, T., Fjelldal, P. G., Yurtseva, A., Berg, A., (2010). A possible relation between growth and number of deformed vertebrae in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, *26*(2), 355-359.

Holan, A.B. og Kolarevic, J. (2015). Postsmoltproduksjon i resirkulert sjøvann på land. NOFIMA rapportnr. 40/2015

Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A., & Oppedal, F. (2017). The effect of thermal acclimation on aerobic scope and critical swimming speed in Atlantic salmon Salmo salar. *Journal of Experimental Biology*, jeb-154021.

Iwata, M., Komatsu, S., Collie, N.L., Nishioka, R.S., Bern, H.A. (1987): Ocular cataract and seawater adaption in salmonids. Aquaculture, 66:315-327.

Imsland, A.K., Handeland, S., Stefansson, S.O. (2014). Growth and maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared under constant temperatures and photoperiods in fresh- and seawater. Aquac. Int. 22, 1331-1345.

Jensen, L. B., Wahli, T., McGurk, C., Eriksen, T. B., Obach, A., Waagbø, R., ... & Tafalla, C. (2015). Effect of temperature and diet on wound healing in Atlantic salmon (Salmo salar L.). *Fish physiology and biochemistry*, *41*(6), 1527-1543.

Karlsen, C., Ytteborg, E., Timmerhaus, G., Høst, V., Handeland, S., Jørgensen, S. M., & Krasnov, A. (2018). Atlantic salmon skin barrier functions gradually enhance after seawater transfer. *Scientific Reports*, *8*(1), 9510.

Le Morvan, C., Troutaud, D., & Deschaux, P. (1998). Differential effects of temperature on specific and nonspecific immune defences in fish. *Journal of Experimental Biology*, *201*(2), 165-168.

Lijalad, M., & Powell, M. D. (2009). Effects of lower jaw deformity on swimming performance and recovery from exhaustive exercise in triploid and diploid Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture*, *290*(1-2), 145-154.

Midtlyng, P.J., Lillehaug, A. (1998). Growth of Atlantic salmon *Salmo salar* after intraperitoneal administration of vaccines containing adjuvants. Diseases of Aquatic Organisms 32: 91– 97.

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J. & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 328pp. ISBN 978-82-8296-531-6.

Oppedal, F. 2002. Influences of artificial light on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in seawater. Dr. scient thesis. Department of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, Norway.

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*, 148-155.

Remen M., Bloch-Hansen K. 2018. Smålaks: Prestasjon og velferd i sjøfasen. Sluttrapport FoU T-TN-17-2016G.Url.:https://www.arcticfrontiers.com/wp-content/uploads/downloads/documents/APN829001.pdf

Remø, S.C., Hevrøy, E.M., Olsvik, P.A., Fontanillas, R., Breck, O., Waagebø, R. (2014) Dietary histidine requirement to reduce the risk and severity of cataracts is higher than the requirement for growth in Atlantic salmon smolts, independently of the dietary lipid source. British Journal of Nutrition, 111, 1759-1771.

Sadler, J., Pankhurst P.M. & King H.R. (2001) High prevalence of skeletal deformity and reduced gill surface area in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 198, 369–386.

Sambraus, F., Fjelldal, P. G., Remø, S. C., Hevrøy, E. M., Nilsen, T. O., Thorsen, A., Hansen, T.J., Waagbø, R., 2017. Water temperature and dietary histidine affect cataract formation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) diploid and triploid yearling smolt. *Journal of fish diseases*, *40*(9), 1195-1212.

Sambraus, F., Olsen, R. E., Remen, M., Hansen, T. J., Torgersen, T., & Fjelldal, P. G. (2017b). Water temperature and oxygen: The effect of triploidy on performance and metabolism in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts. *Aquaculture*, *473*, 1-12.

Stien, L. H., Bracke, M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T. & Kristiansen, T. S, (2013). 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. *Reviews in Aquaculture*, *5*(1), 33-57.

Thorarinsson, R. og Lystad, Y., 2003. Vintersår; Ny kunnskap skaper optimisme. Norsk fiskeoppdrett, 10:34-38.

Witten, P. E., Obach, A., Huysseune, A. & Bæverfjord, G. (2006). Vertebrae fusion in Atlantic salmon *(Salmo salar*): Development, aggravation and pathways of containment. Aquaculture 258: 164 – 172.

Witten, P. E., Gil-Martens, L., Huysseune, A., Takle, H., & Hjelde, K. (2009). Towards a classification and an understanding of developmental relationships of vertebral body malformations in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, *295*(1-2), 6-14.

Wall, T., Bjerkås, E., 1999, A simplified method og scoring cataracts in fish. Bull Eur. Ass. Fish. Pathol. 19 (4), 162.

Waagebø, R., Tröße, C., Koppe, W., Fontanillas, R. Breck, O. Dietary histidine supplementation prevents cataract in adult Atlantic salmon (*Salmo salar L.*), in seawater. British Journal of Nutrition (2010), 104, 1460-1470.

Waagebø, R., Sveier H, Breck O, Bjørnestad E, Maage. Nutritional status assessed in groups of smolting Atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture 235 (2004) 101-122.

8 Vedlegg

8.1 Vedlegg 1

Oversikt over velferdsskåring etter metode beskrevet i Stien et al. 2013.

Tabell 2. Oversikt over parametere brukt i velferdsscoring, og hvordan de bidrar i beregningen av den totale velferdsindeksen, som går fra 0-1 (fra verste til beste mulige velferd). Det gis en score fra 1 (best mulig) til 7 (dårligst mulig) for hvert parameter, basert på kriteriene beskrevet i tabellen. Hvert parameter har en "weighing factor" (WF), basert på parameterens mulige betydning for laksens velferdsbehov. Summen av WF for alle parametere brukes til å beregne en relative weighing factor (RWF) for hvert parameter. Hvert scorenivå gis en "ordinal indicator score" (IS) som RWF multipliseres med for å få "relative indicator welfare score" (IWF). Summen av IWF blir individets velferdsindeks. Det er lagt inn 5 ulike knockout-nivå (markert med rødt), dvs. at velferd settes til 0, uansett hvilke score som oppnås for andre parametere. Metoden er hentet fra Stien et al. 2013 og Pettersen et al. 2014. Når det gjelder vaksineskader, har vi justert kriterier og indikatornivå for å tilpasse scoring til Pharmaqs scoringssystem for adheranser (se Vedlegg 2).

Parameters	Level description, best to worst							WF	RWF
	1	2	3	4	5	6	7		
SWIM1WI: Sealice (1-5)	No lice (1)	Light infestation (0.66)	>=0.05 pre-adult or adult lice /cm^2 fish (0.33)	>=0.08 pre-adult or adult lice /cm^2 fish (0)	>=0.12 pre-adult or adult lice /cm^2 fish			11	0,08
SWIM1WI: Condition factor (1-3)	>1.1 (1)	0.9-1.1 (0.5)	<0.9 (0)					6	0,05
SWIM1WI: Emaciation (1-3)	Not emaciated (1)	Potentially emaciated (0)	Distinctly emaciated					16	0,12
SWIM1WI: Vertebral deform (1-3)	No external signs of vertebral deformities (1)	'Short-tail' of normal weight (0.5)	Short-tail' of low weight. (0.0)					10	0,08
SWIM1WI: Sexual mature (1-4)	Not mature (1)	Precocious male (0.66)	Mature male (0.33)	Mature female (0)				9	0,07
SWIM1WI: Smoltification state (1-6)	Fully smoltified (1)	Parr, access to brackish water (0.75)	Parr, incomplete smoltification, 10°C (0.5)	Parr, incomplete smoltification, 14°C (0.25)	Parr, incomplete smoltification, 7 °C (0)	Parr, incomplete smoltification, 20°C		9	0,07
SWIM1WI: Fin cond. (1-4)	Normal healthy fins, nothing to comment (1)	Scar tissue or slight necrosis (0.66)	Moderate current skin damage and/or necrosis , including splitting and/or thickening (0.33)	Severe skin damage and/or necrosis with bleeding, and/or inflammation and/or exposed fin rays and severe tissue loss (0)				13	0,10
SWIM1WI: Skin cond.(1-7)	Normal healthy skin, nothing to comment (1)	Scar tissue, healed (0.8)	Scale loss (dislocated or missing scales) (0.6)	Superficial wound or ulcer <1 cm^2 (0.4)	Superficial wound or ulcer >1 cm^2 (0.2)	Penetrating and/or multiple wounds or ulcers possibly infected (0)	Large open wounds, life threatening	15	0,11
SWIM2WI: Eye status (1-5)	Functional, healthy eyes (1)	Unilateral (one-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside eye (0.66)	Bilateral (two-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside the eyes (0.33)	Bilateral (two-sided) cataract (more than 50% of lens coverage) or chronic condition with impaired vision (0)	Severe exophthalmia or bilaterally blind individuals			11	0,08
SWIM2WI: Gill status (1-3)	Normal healthy gills (1)	Mild signs of focal inflammation, necrosis (dead tissue), lesions or trauma (0.5)	Severe signs of more generalized inflammation, necrosis, lesions or trauma (0)					9	0,07
SWIM2WI: Opercula (1-5)	Normal opercula (1)	Operculum only partly covering the gill on one side (unilateral) (0.75)	Opercula only partly covering the gills on both sides (bilateral) (0.5)	Operculum unilaterally absent (0.25)	Opercula bilaterally absent (0)			7	0,05
SWIM2WI: Vaccine-related pathology	No visible lesions, Pharmaq score 0 (1)	Pharmaq scores 1-2 (0.66)	Pharmaq scores 3-4 (0.33)	Pharmaq scores 5-6 (0)				10	0,08
New WI: Mouth jaw wound (1-3)	No wound (1)	Surface damage (0.5)	Clear bloddy wound (0)					6	0,05
New WI: Upper jaw deformity (1-4)	Normal	Minor malformation	Clear malformation	Extreme malformation				NI	
New WI: Lower jaw deformity (1-4)	Normal	Minor malformation	Clear malformation	Extreme malformation				NI	
SUM								**132**	**1**

8.2 Vedlegg 2

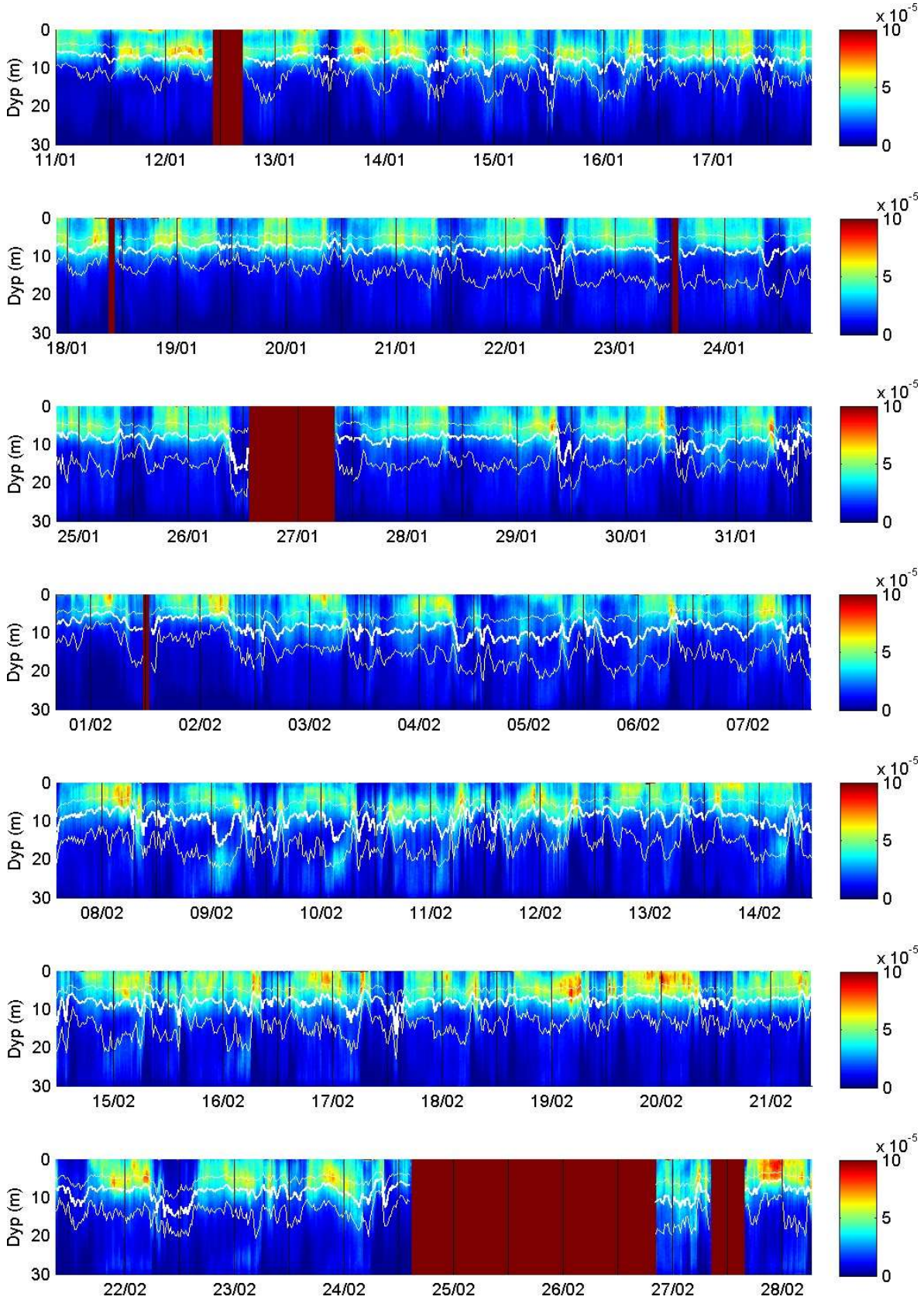
Gradering av adheranser hos Pharmaq.

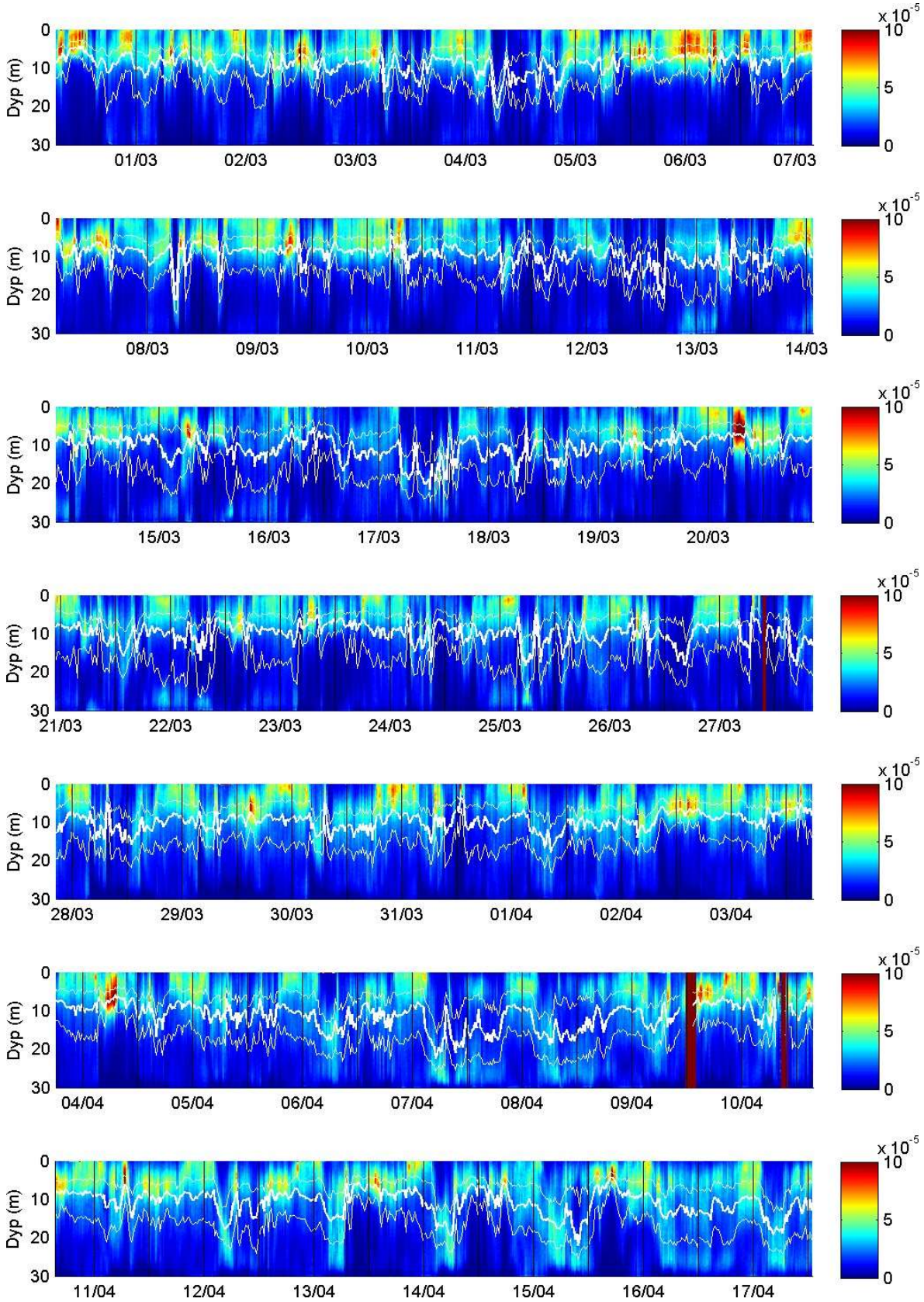
Adheranser
Angis som total under "Totalscore adheranser", eller ref. til høyeste score fra lok 1,2 el 3

0	Ingen synlige forandringer i bukhulen
1	Få tynne bindevevstråder, oftest lokalisert til et lite område. Svært lett å løsne.
2	Tydeligere bindevevsdannelser, rundt og mellom organer. Bindevevstråder kan være knyttet til bukvegg, men løsner lett.
3	Bindevevsdannelser som er relativt fast, men vil ikke skade organene eller rive bukhinnen når de løsnes. Kan også observeres som gråaktig bindevevshinne over organene. Svømmeblæren kan være festet til organene. Lever kan være festet til organene.
4	Kraftige bindevevsdannelser i og rundt organene. Som grad 3, men mer uttalt. Granulomer kan påvises i mindre områder. Sammenvoksningene mellom forskjellige organer og bukveggen lar seg vanskelig løsne uten å skade disse. Organene kan være sammenloddet i "pakke".
5	Svært kraftige sammenvoksninger som omfatter flere organer. Tilstedeværelsen av større granulomer i organ og til dels granulomatøse sammenloddinger mellom organpakke og bukvegg. Bukhinne og evt. filèt skades ved fjerning av organer.
6	Som grad 5, men enda mer alvorlig. Hvis det er mulig å fjerne organer, vil det gi tydelige skader på fileten.

8.3 Vedlegg 3

Daglige registreringer av oppholdsdyp hos postsmolt satt ut i januar ved lokaliteten Årøya. Målingene er gjort i perioden 11.01.17-28.05.17 ved hjelp av ekkolodd (CageEye).




Dyp (m)
0
10
20
30
01/03
02/03
03/03
04/03
05/03
06/03
07/03
08/03
09/03
10/03
11/03
12/03
13/03
14/03
15/03
16/03
17/03
18/03
19/03
20/03
21/03
22/03
23/03
24/03
25/03
26/03
27/03
28/03
29/03
30/03
31/03
01/04
02/04
03/04
04/04
05/04
06/04
07/04
08/04
09/04
10/04
11/04
12/04
13/04
14/04
15/04
16/04
17/04
x 10^-5
10
5
0

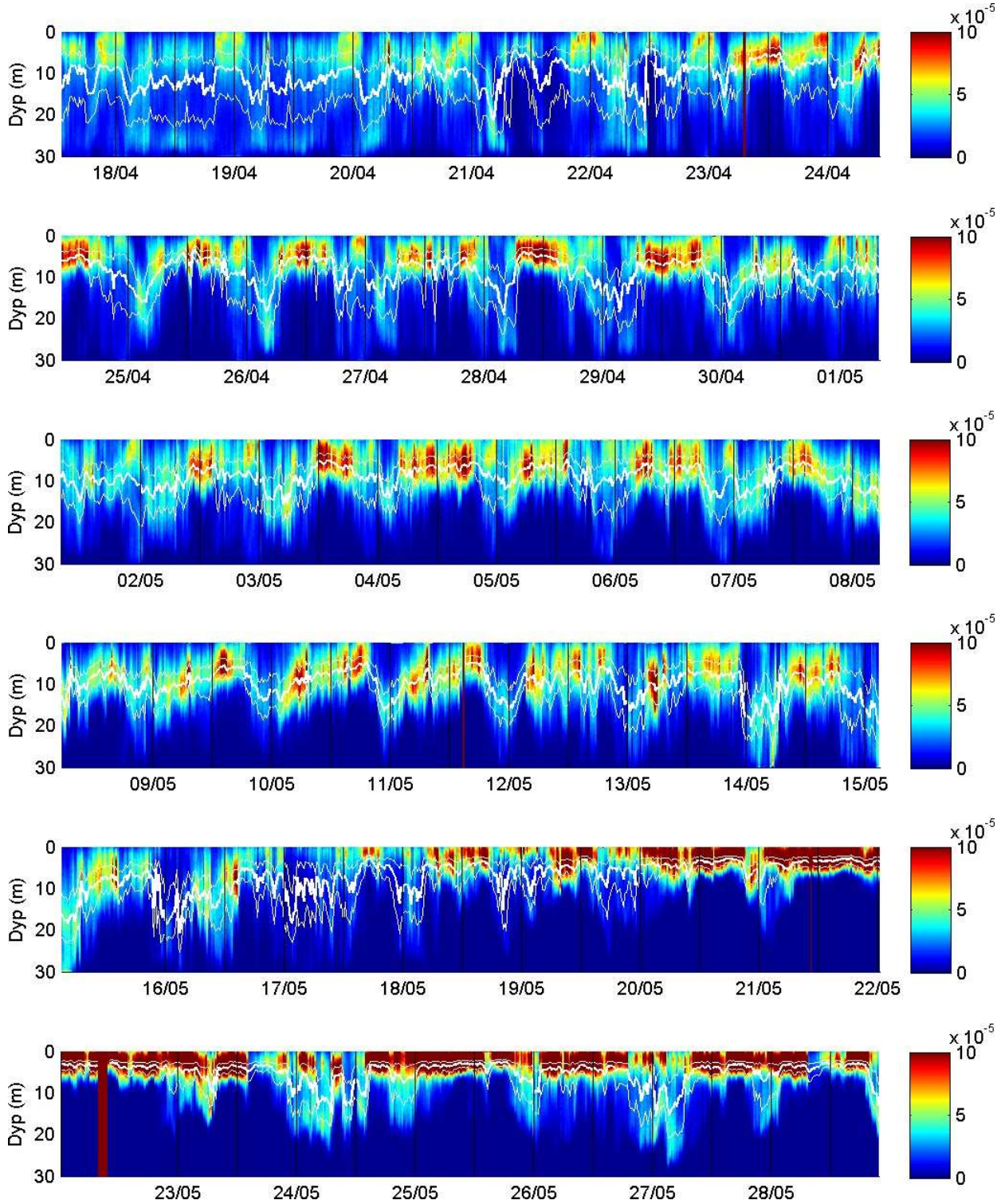


Fig Xc. Countourplot som viser den relative fisketettheten per dyp og tid, basert på målinger med ekkolodd (CageEye), for perioden 11.01.-28.05.17. Plottet er basert på gjennomsnittsverdier per 20 min. Dypet hvor 50% av fisken befinner seg over og 50 % befinner seg under (mediandyp), er markert med en tykk hvit linje. Tynnere hvite linjer markerer 25- og 75%-kvartiler.