

Skåring av velferd hos
atlantisk laks (*Salmo salar* L.)
i nedsenkede kommersielle merder

Av

Nora Lysø

Masteroppgave i Havbruk



Institutt for biovitenskap
Det matematisk-naturvitenskaplige fakultet
UNIVERSITETET I BERGEN

Hovedveileder: Tom Ole Nilsen (UiB)

Medveileder: Frode Oppedal (IMR)

1. juni 2023

© Nora Lysø

2023

Skåring av velferd hos atlantisk laks (*Salmo salar* L.) i nedsenkede kommersielle merder

Nora Lysø

<http://bora.uib.no/>

Sammendrag

Strukturelle modifikasjoner av sjømerder pågår kontinuerlig for å motvirke kjente produksjonsutfordringer innen kommersielt lakseoppdrett. Nedsenkede oppdrettsmerder kan redusere antall lakselus på fisken, minimere belastningen fra vind og bølger, samt unngå andre uheldige miljø- og driftsmessige faktorer i øvre del av vannsøylen. Montering av nedsenkede merder med tilhørende luftkuppel gir fisken nødvendig tilgang til luft, og bidrar til å løse den helt sentrale utfordringen knyttet til dyrets oppdrift. I denne studien brukte jeg to (omkrets 157 m) Atlantis-merder og to (omkrets 157 m) Nautilus-merder nedsenket til 15 meter utstyrt med luftkupler, samt to standard overflatemerder (dvs. kontrollmerder) for å drive frem ~150 000 fisk per merd fra tidspunkt for flytting og nedsenkning i mai (~ 1,8- 4 kg) til slaktestørrelse (~5 kg) i november. Jeg testet om miljøforhold, dødelighet, nivå for lusepåslag og avgjørende velferdsparametere (Laksvel, Fishwell) var forskjellig i perioden juni til august mellom kontrollmerder i overflate og nedsenkede merder. Nedsenkede merder hadde lavere lusenivå enn fisk i referansemerd, og ble ikke avluset gjennom forsøksperioden. Svømmeblærens fylde, svømmeadferd og –hastighet indikerte at nedsenket fisk brukte luftkuppelen for å opprettholde nøytral oppdrift i hele produksjonssyklusen. Etter fem måneder var total dødelighet noe høyere i dypdriftsmerder sammenlignet med kontrollmerder. Velferdsskåringen indikerer høyest forekomst av skjelltap hos fisk i kontrollmerder, derimot er kroppssår og deformitet høyest hos fisk i nedsenket merd Nautilus, samt at snuteskader forekom hyppigst i nedsenkede merder. Samtidig var generell finnetilstand relativt lik på samtlige fisk hos kontroll- og nedsenket lokalitet. Selv om nedsenkning reduserte luseangrep, var det med unntak av skjelltap, ikke påvist forbedret ytre fiskevelferd i nedsenkede merder. Likevel, med utgangspunkt i faktisk sykdomshistorikk i forkant forsøksstart, må det tas høyde for at dypdriftslaks ved start trolig hadde en svakere samlet helsestatus. Videre gjennom forsøksperioden uten mekanisk ikke-medikamentell behandling ved nedsenket drift, kan det konkluderes med at fiskevelferden har vært god for samtlige fiskegrupper.

Abstract

Structural modification of sea cages is continually ongoing to counter major production issues associated with commercial salmon farming. Submerged cages can reduce amount of salmon lice infestation on salmonids, minimize the effects of storms, or avoid other unfavourable sea surface conditions. Fitting submerged cages with underwater air domes provides an underwater air surface and appears to resolve issues associated with buoyancy associated issues. Here, I used two (O = 157m) Atlantis cages and two (O = 157m) Nautilus cages submerged to 15 meters fitted with air domes and two standard surface cages as control cages. Approximately 150 000 fish were stocked in each cage from sea transfer in May (~ 1,8- 4 kg) to harvest size (~5 kg) in November. I tested if environmental conditions, growth rates, lice infection levels, mortality, and key welfare parameters (Laksvel, Fishwell) differed between control and submerged cages. Salmon in submerged cages had lower lice levels than those in control cages during the trial period and did not have to be go thorough de-licing throughout the trial period. Swim bladder fullness, swimming behavior and surface activity rates indicated submerged fish competently used the underwater airdrome to maintain neutral buoyancy for the full production cycle. However, after 5 months, total mortality was slightly higher in submerged cages. The welfare scores indicate highest incidence of scale loss for control cages. On the other hand, scores for body wounds and deformities were highest for fish in the submerged cage Nautilus. Additionally, snout damage occurred mostly at the deep drift location. General fin condition was relatively similar in all cages. I conclude that while submergence reduced lice infestation rates, with the exception of scale loss, improved exterior fish welfare for submerges cage has not been shown in this trial. However, based on the actual disease history before the experiment began, it must be considered that this fish probably started with a weaker overall health. Furthermore, throughout the experimental period without mechanical non-medical treatment during submerged operation, it can be concluded that all fish groups experienced good fish welfare.

Forord

Masteroppgaven er en del av sivilingeniørprogrammet Havbruk og sjømat ved institutt for biovitenskap på Universitetet i Bergen (UiB). Arbeidet er utført i samarbeid med oppdrettsselskapet SinkabergHansen i Trøndelag, Havforskningsinstituttet (Faggruppe Dyrevelferd) og Universitetet i Bergen.

Først vil jeg rette en ubegrenset takk til veilederne gjennom studien. En stor takk til min hovedveileder **Tom Ole Nilsen** (UiB) for faglig og konstruktiv veiledning, og for å se løsninger gjennom prosjektet. Videre en stor takk til medveileder **Frode Oppedal** (HI) for hans ekspertise på fagområdet og som viktig initiativtaker for oppgaven.

Og ikke minst er bidragene fra **AKVA Group** (avd. Rørvik) og **Nærøysund Aquaservice** for teknisk informasjon rundt aktuelle merdkonstruksjoner vesentlig. Takk til Gunnar Berg, Ulv Sæter og resten av **Aquabyte** som har bistått med god hjelp og upåklagelig service gjennom hele datainnsamlingen.

Videre skal havbruksaktør **SinkabergHansen** ha all mulig honnør for å ha gjort denne mastergradsoppgaven mulig. Deres vilje og evne til å satse på forskning og utvikling er her helt avgjørende. Spesielt en stor takk til utviklingsleder Tronn-Ove Grindvik Øren, fiskehelsebiolog Daniel Engen Lauritzen, veterinær og kvalitetsleder Bjørn Gillund, samt den dedikerte gjengen ved tilvekstsentralen i selskapet.

Til slutt må jeg takke familie, venner og kjæreste for all støtte og gode ord på veien. Dette har vært en utrolig spennende, og lærerik avslutning på min studietid ved Universitetet i Bergen.

Ordforklaringer

***Salmo salar* L., atlantisk laks og laks** – Foruten om i oppgavens tittel vil *Salmo salar* L. og Atlantisk laks fra nå ofte omtales som «laks».

Ordinær oppdrettsmerd – omtales i denne sammenheng i samsvar med flytende akvakulturanlegg i overflaten som følger standarden til NYTEK22-forskriften og NS 9415.

Boken «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» skrevet av forskere ledet av Chris Noble – omtales i denne sammenheng som Noble-boken (Noble mfl., 2018).

Otervika – lokalitetsnavn for merdkonstruksjonene Atlantis og Nautilus i dette forsøket. Fisken på Otervika ble flyttet fra lokalitet Oksbåsen hvor den først ble produsert fra smolt til ~3000 kg.

Heggvika – lokalitetsnavn for referansemerder i dette forsøket. Fisken på Heggvika ble flyttet fra lokalitet Tosen hvor den ble produsert fra smolt til ~2000 kg.

F1 – Fiskegruppe 1: Inneholder to referansemerder (REF1, REF2) fra overflatelokalitet Heggvika. REF1 inneholder: Merd 4,11,12. REF2 inneholder merd 11, 13, 4. Følger fiskegruppene. Endring i merdnummer skyldes avlusning med påfølgende flytting av fisken mellom merder.

F2 – Fiskegruppe 2: Inneholder to Atlantismerder (ATL6, ATL12) fra nedsenket lokalitet Otervika.

F3 – Fiskegruppe 3: Inneholder to Nautilusmerder (NAU9, NAU10) fra nedsenket lokalitet Otervika.

Forkortelser

Forkortelse	Betydning
SbH	SinkabergHansen
HI	Havforskningsinstituttet
UiB	Universitetet i Bergen
VI-er	Velferdsindikatorer
OVI-er	Operasjonelle velferdsindikatorer
LABVI-er	Laboratoriebaserede velferdsindikatorer
CTD	Conductivity, temperature, depth måler
PO	Produksjonsområde
K-faktor	Kondisjonsfaktor
1N	Første velferdsskåring Nora
2N	Andre velferdsskåring Nora
3N	Tredje velferdsskåring Nora
4N	Fjerde velferdsskåring Nora
1A	Første velferdsskåring Aquabyte
2A	Andre velferdsskåring Aquabyte
3A	Tredje velferdsskåring Aquabyte
4A	Fjerde velferdsskåring Aquabyte
F1	Fiskegruppe 1 (REF1 + REF2) - referansemerd
F2	Fiskegruppe 2 (ATL6 + ATL12) - Atlantis
F3	Fiskegruppe 2 (NAU9 + NAU10) - Nautilus
1NF1●	«Første velferdsskåring Nora fiskegruppe 1»
2AF1●	«Andre velferdsskåring Aquabyte fiskegruppe 1»
3NF2●	«Tredje velferdsskåring Nora fiskegruppe 2»
4AF3●	«Fjerde velferdsskåring Aquabyte fiskegruppe 3»

- Uthevet skrift indikerer eksempler på enkelte kombinasjoner av forkortelser i velferdsfigurer (figur 3.7-3.15).

Sammendrag	3
Tabell- og figuroversikt	10
1. Introduksjon	11
1.1 <i>Produksjon av laksefisk i Norge</i>	11
1.2 <i>Fysostom svømmeblære</i>	12
1.3 <i>Produksjon i nedsenket merd.....</i>	12
1.3.1 <i>Atlantis Subsea Farming og Nautilus.....</i>	14
1.3.2 <i>Tidligere erfaring med nedsenkede merder på lokalitet Ottervika og Gjerdinga</i>	15
1.4 <i>Fiskevelferd</i>	16
1.4.1 <i>Oppdrettsmiljøets påvirkning på laksefisk.....</i>	17
1.4.2 <i>Hud, kroppssår og skjelltap.....</i>	19
1.4.3 <i>Snutesår og finneskader</i>	20
1.4.4 <i>Deformiteter</i>	20
1.4.5 <i>Lakselus og lusebehandling.....</i>	21
1.4.6 <i>Stress, sykdomsutbrudd og dødelighet.....</i>	22
1.5 <i>Standardiserte velferdsmodeller: SWIM, Fishwell og Lakselv.....</i>	22
1.6 <i>Målsetning og sentrale spørsmål med studien.....</i>	25
1.6.1 <i>Hypoteser.....</i>	25
2. Material og metode	26
2.1 <i>Forsøksoppsett.....</i>	26
2.2 <i>Forsøksfiskens historikk og behandlinger</i>	27
2.3 <i>Flytting av fisk.....</i>	28
2.4 <i>Design av merdkonstruksjoner</i>	30
2.5 <i>Datainnsamling.....</i>	32
2.6 <i>Miljøfaktorer.....</i>	36
2.7 <i>Fôringsregimet.....</i>	36
2.8 <i>Fiskeforhold og velferd</i>	36
2.9 <i>Adferdsobservasjoner og overflateaktivitet.....</i>	36
2.9.1 <i>Svømmehastighet</i>	37
2.10 <i>Databehandling</i>	37

3. Resultat	38
3.1 Miljøforhold	38
3.2 Parametere for fiskeproduksjon	41
3.2.1 Dødelighet og gjennomsnittsvekt	41
3.2.2 Fiskeadferd og svømmehastighet	42
3.2.3 Slaktedata	43
3.3 Fiskevelferd	44
3.3.1 Kroppssår	45
3.3.2 Skjelltap	46
3.3.3 Snuteskader	47
3.3.4 Finnetilstand	48
3.3.5 Deformitet	53
3.4 Manuelle velferdsskåringar ved avlusning	54
3.6 Lakselus	55
4. Diskusjon	56
4.1 Diskusjon av metode	57
4.2 Diskusjon av resultat	61
5. Oppsummering	70
6. Fremtidige perspektiver	71
7. Referanseliste	72
8. Appendiks	80

Tabell- og figuroversikt

Tabell 2.1 Oversikt over behandlingshistorikk på Heggvika og Otervika.....	27
Tabell 2.2 Oppsummering av utsett ved lokalitet Otervika og Heggvika etter flytting.....	29
Tabell 2.2 Skåringsskjema for individbaserte velferdsindikatorer: Laksvel.....	37
Tabell 2.3 Skåringsskjema for individbasert velferdsindikatorer.....	32
Tabell 2.4 Nullpunkt av inntellinger (lyteskåring) på Heggvika og Otervika.....	33
Tabell 3.1 Slakteresultat etter endt produksjon på Heggvika og Otervika.....	43
Tabell 3.2 Resultat fra manuelle skåringer på Heggvika.....	54
Figur 1.1 Illustrasjon av Atlantis og Nautilus (AKVA group)	15
Figur 1.2 Oversikt over inndeling av velferdsindikatorer.....	17
Figur 1.3 Skisse over velferdsmåling av forsøksfisk (F1, F2, F3)	24
Figur 2.1 Oversiktsbilde av lokalitet Otervika og Heggvika i PO 7.....	26
Figur 2.2 Bildeserie fra flytteprosessen i mai ved lokalitet Otervika.....	28
Figur 2.3 Illustrert forsøksoppsett fra nullpunkt til slakt.....	29
Figur 2.4 Oversiktsbilde av referanselokalitet Heggvika	30
Figur 2.5 Skjematisk skisse av Nautilus.....	31
Figur 2.6 Luftkuppel under bygging og ferdigstillelse ved lokalitet.....	31
Figur 2.7 Tilfeldig utvalg av fisk fra skåring gjennom Aquabyte.....	33
Figur 2.8 Bilder fra feltdager og helsebesøk på Heggvika og Otervika.....	34
Figur 2.9 Eksempelfisk av velferdsindikatorene som ble vurdert ved bruk av Aquabyte.....	35
Figur 2.10 Adferdsobservasjoner gjennom førkamera på lokalitet og føringsentral.....	37
Figur 3.1 A-C Kameramålte temperaturforskjeller på Heggvika og Otervika.....	38
Figur 3.2 A-C Miljømålinger på Heggvika mai til september (drone).....	39
Figur 3.3 A-B Miljømålinger på Otervika juni til august (CTD).....	40
Figur 3.4 A-B Manuelle temperatur- og oksygenmålinger Otervika.....	40
Figur 3.5 A-C Dødelighet og gjennomsnittsvekt.....	41
Figur 3.6 Svømmehastighet av nedsenket fisk (F2, F3) på Otervika.....	42
Figur 3.7 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av kroppssår.....	45
Figur 3.8 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av skjelltap.....	46
Figur 3.9 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av snuteskader.....	47
Figur 3.10 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av brystfinne.....	48
Figur 3.11 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av bukfinne.....	49
Figur 3.12 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av gattfinne.....	50
Figur 3.13 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av halefinne.....	51
Figur 3.14 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av ryggfinne.....	52
Figur 3.15 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av deformitet.....	53
Figur 3.16 Antall lus per fisk på Heggvika og Otervika fra nullpunkt til slakt.....	55

1. Introduksjon

1.1 Produksjon av laksefisk i Norge

Norsk havbruksnæring, som startet opp i 1969-1970, er i dag ansett som en kommersiell suksesshistorie. Produksjonen av atlantisk laks har de siste tiårene økt til å overstige 2,5 millioner tonn per år (FAO, 2022). I 2019 ble det produsert 1 364 044 tonn laks, og utgjorde 93,9 prosent av den totale matfiskproduksjon (Statistisk sentralbyrå, 2020). På verdensbasis er Norge en betydelig sjømatnasjon som forsyner en rekke markeder med sjømat. I 2020 eksporterte Norge 1,2 millioner tonn laks og ørret, med en verdi på 74 milliarder norske kroner. En av de mest vellykkede artene i moderne akvakultur er Atlantisk laks *Salmo salar* L. Fisken er enkel å håndtere, vokser raskt, har en høy kommersiell markedsverdi, samt er tilpasningsdyktig til varierende oppdrettsvilkår (Heen, Monahan og Utter, 1993). Produksjonen av laks utgjør en viktig del av norsk økonomi, og er en viktig bidragsyter i det norske velferdssystemet. Videre gir effektiv produksjon av laks et betydelig protein- og næringsbidrag til en voksende verdensbefolkning. Norske myndigheter har mål om å øke produksjonen av laksefisk til nærmere fem millioner tonn frem mot 2050 (Olafsen mfl., 2012). Med målet om økt vekst på den ene siden, er det også vedvarende diskusjoner om forbedring av velferd og helse for å redusere dødelighet og andre driftsmessige utfordringer. Nye krav til fiskehelse og miljø, samt høy gjennomsnittlig dødelighet betinger at oppdrettsnæringen kontinuerlig tar utviklingsgrep for å bringe produksjonen i en stadig mer bærekraftig retning.

Tross kjente historiske opp- og nedturen, har produksjon av laks i sjømerder har vært en betydelig suksess, både hva gjelder lønnsomhet og kvantum. I pioneranleggene på 1960- og 1970-tallet i Norge og Skottland ble nylontrålnett hengt opp fra rørkonstruksjoner av tre- eller polyetylenstrukturer (FAO, 2020). Trinnsvis innovasjon og forbedring av denne grunnideen har ledet til de mest utbredte konstruksjonene med stålplattformer og sirkulære plastringer som vi ser i dagens havbruksnæring. Videre finnes en rekke ulike tekniske løsninger i norsk havbruk, deriblant lukkede- og semilukkede anlegg i sjø, samt ulike varianter av åpne merder. Norskekysten har klare fysiske fortrinn innen matproduksjon, der havstrømmer sender naturlig friskt vann inn og ut av merdene med kontinuerlig utskifting. Dette sikrer gjerne tilførsel av oksygenrikt vann som forutsetning for gode vilkår for fisken. Likevel er det lokaliteter som ikke har samme klimatiske fortrinn. Mangel på utskifting av vann kan være en faktor, høy tilførsel av luselarver og mulige patogener kan skape store biologiske utfordringer

for oppdrettsselskapet og i neste omgang dyret selv. Hvilken driftsteknologi som benyttes ved ulike lokaliteter og produksjonsområder er avgjørende for å kunne spille på lag med naturen og utnytte tilgjengelig areal langs norskekysten best mulig.

1.2 Fysostom svømmeblære

En forutsetning for vellykket produksjon er å spille på lag med fiskens biologi.

Svømmeblæren er en gassfylt sekk – et hydrostatisk organ – med funksjon om å opprettholde normal posisjon i vannsøylen på en energieffektiv måte. Ulike arter har enten fysoklist (lukket), fysostom (åpen) eller ingen svømmeblære for å justere oppdrift (Sievers mfl., 2021). Atlantisk laks har en fysostomisk svømmeblære plassert dorsalt i bukhulen, ventralt for nyrene. Dette er en åpen svømmeblære som fylles med luft ved hjelp av gulp eller svelging fra overflaten via «Ductus pneumaticus», som er forbindelseskanalen til oesophaugus (spiserøret). Over tid mister laks gradvis luft fra svømmeblæren gjennom lekkasje eller via å «rape» ut luften. Oppdrettslaksen er helt avhengig av å kunne regulere gassmengden og oppdriften ved å innhente luft en til fire ganger i døgnet (Dempster mfl., 2008; Warren-Myers mfl., 2022). Volum av gass i svømmeblæren er i samsvar med Boyle's lov: Hvor gasstrykket er lik det ytre hydrostatiske trykket (R. McN, 1959). Hydrostatisk trykk øker med dybden, så endring vertikalt påvirker svømmeblærevolumet. For å oppnå nøytral oppdrift etter vertikal migrering regulerer laksen svømmeblæregassvolumet (Macaulay, Wright, mfl., 2020).

Svømmeblæren komprimeres når fisken beveger seg til større dyp, og utvider seg når fisken beveger seg mot overflaten. Laks kan også øke svømmehastigheten når den har negativ oppdrift, og skape et hydrodynamisk løft for å kompensere for synking (Dempster mfl., 2008; Korsøen mfl., 2009; Korsøen, Fosseidengen, mfl., 2012). I ordinære sjøanlegg snapper fisken luft ved å bryte vannoverflaten. Når fisken så holdes under overflaten, som i nedsenkede merder, er fisken avhengig av tilgang til et kunstig vannspeil for å opprettholde normal oppdrift (Korsøen, Dempster, mfl., 2012). Typiske tegn på en tom svømmeblære hos laks i nedsenkede oppdrettsmiljø er at fisken får en skråstilt posisjon med svømming «hode opp og hale ned», økt hastighet, nedsatt appetitt og utmattelse (Korsøen mfl., 2009; Korsøen, Dempster, mfl., 2012; Sievers mfl., 2018).

1.3 Produksjon i nedsenket merd

Overflatemerder er per i dag den dominerende produksjonsteknologien for marin oppdrettsindustri. Samtidig beveger norsk havbruk seg i retning forebygging av lusepåslag, framfor medikamentelle og mekaniske behandlingsmetoder, blant annet gjennom utvikling av teknologien for oppdrett i merdkonstruksjoner (Barrett mfl., 2020). Å endre den fysiske

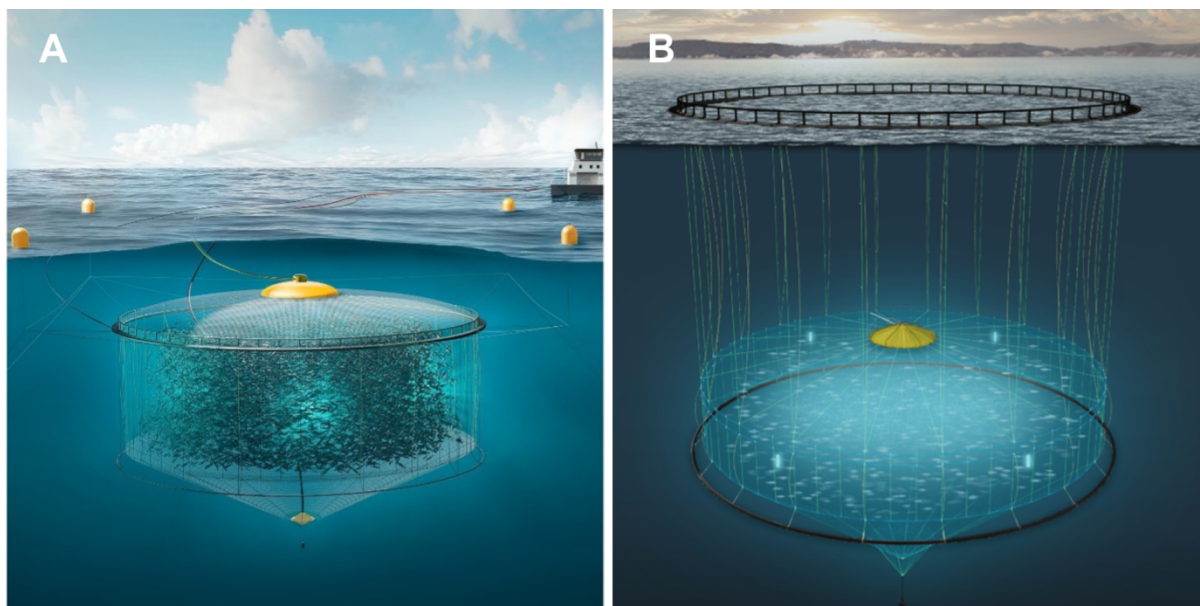
strukturen til merder er en proaktiv tilnærming for å unngå at antall lus på fisken ikke overskrider maksimalt tillatt nivå (Warren-Myers mfl., 2022; Oppedal mfl., 2022). En av de alternative luseforebyggende metodene er å senke merden og skape en naturlig dybdebasert barriere mellom lakselus og laks (Sievers mfl., 2018). Begrepet dypdrift omhandler mer enn å senke ned og legge lokk på overflaten. En type teknologi bygger på standard havmerder med innsydd nettak, for å hindre laks i å bevege seg innen de øverste 10-15 meterne i vannsøylen (figur 1.1). Merdene skaper en barriere mellom vert-parasitt uten å medføre problemer for vannstrømmen og mulig lave oksygenverdier som kan assosieres med presenningsskjørt eller snorkelteknologi (Oldham mfl., 2023; Jónsdóttir mfl., 2023). Målet med nedsenkede merder er å drive lakseoppdrett med mindre håndtering, unngå lusepåslag og gi mer bærekraftig produksjon (AKVA group, 2021a). Videre kan slik drift redusere praktiske utfordringer som hull i not, lakselusinfeksjon (Heuch mfl., 2005), interaksjon med parasitter og bidra til færre menneskelige feil (Naylor mfl., 2005; Sievers mfl., 2021). Videre kan teknologien redusere de klimatiske belastningene på merden til et minimum. Det betyr at nedsenkning kan gi ytterligere fordeler ved å være mindre utsatt for ekstremvær, bølgebelastning, stormer, nettdeformasjoner fra sterke strømmer, oppblomstring av alger eller maneter, giftige aluminiumsnivåer i brakkvann over haloklinen og forhøyet konsentrasjon av biologiske materialer (Dempster mfl., 2009). I tillegg kan nedsenkede merder åpne opp for ny produksjon på værutsatte områder, inkludert havbruk til havs, eller alternative lokaliteter grunnet arealkonflikt med andre kystbrukere (Dempster og Sanchez-Jerez, 2008).

Selv om teknologien for nedsenkning av laks er relativt ny, er nedsenkbare oppdrettsanlegg for andre arter, som inkluderer lukket eller ingen svømmeblære, ingen ny oppfinnelse (Sievers mfl., 2021). Nedsenkede oppdrettsmerder har forekommet siden 1970-tallet, hovedsakelig med regnbueørret, og mer omfattende med atlantisk laks på 1980-tallet. I dag har den kommersielle interessen økt (Sievers mfl., 2021), og det finnes en rekke anlegg for ulike arter (AKVA group, 2020). For laks inkluderer dette blant annet Tubenettm Atlantis og Nautilus, samtidig som storskala produksjon i nedsenkede merder er relativt nylig etablert i lakseindustrien. For å gi laksen mulighet til å fylle svømmeblæren er det konstruert en luftkuppel som tilbyr en luftlomme i dypet (AKVA group, 2020). Denne helt grunnleggende installasjonen skal møte de biologiske og praktiske behovene til håndtering, og er avgjørende for at laksen skal fungere normalt under vann uten tilgang til overflaten (Sievers mfl., 2021). Luftkuppelen er ofte den største teknologiske utfordringen, fordi konstruksjonen gir betydelig oppdrift som må kompenseres med nedlodding, og som gir stabilitet opp mot uønsket

krengning og potensielt redusert vannspeil. Løsningen som benyttes i denne studien har dermed blitt kontinuerlig forbedret for å optimalisere velferd og infrastruktur.

1.3.1 Atlantis Subsea Farming og Nautilus

AKVA Group ASA, SinkabergHansen AS og Egersund Net AS startet i 2014 arbeidet med å utvikle nedsenkbare oppdrettsanlegg for lakseoppdrett. Hensikten med teknologien var å unngå utfordringer med lakselus, ta i bruk mer eksponerte lokaliteter og ivareta rømmingssikkerheten utover havbruksnæringens praksis (AKVA group, 2021a). Varianten Atlantis ble utviklet før Nautilus og tar utgangspunkt i kjente komponenter med modifikasjoner for enklest å plassere i en vanlig rammefortøyning (figur 1.1A). Teknikken inkluderer nye merdkonstruksjoner med luftkuppel montert i nottaket, samt vannbåren føring i dypet. De teknologiske komponentene som har blitt utviklet fra standard overflatemerdd er vannføringssystem, notpose og nottak med dødfisksystem, fortøyningssystem med regulerbare bøyer, luftkuppel med utføringsenhet og oppheng for kamera, sensorikk og lys, flytekrage med reguleringsystem for heving og senking, samt tilhørende bunnring. Nautilus er basert på erfaringer fra Atlantis og Tubenet™ der taket og luftkuppel er identisk med Atlantis (AKVA group, 2023). Forskjellen mellom Atlantis og Nautilus er at flytekragen til Nautilus ligger i overflaten, der kun selve notposen senkes (figur 1.1B). Utstyret som benyttes på Nautilus er mer velkjent for oppdretter, og driften oppleves som enklere sammenlignet med Atlantis. Ved heving og senkning av not løses stropper som er festet under flytekragen ved hjelp av båt med nokke, eller vinsjer som er fastmontert på flytekrage. Luftkuppelen som ligger øverst i merden, etterfylles daglig ved hjelp av styringssystemet AKVA Connect. Fôret distribueres til fisken rett under luftkuppel med et lyssatt område, og blandes med vann på lokalitetens flåte før det transporteres ut til merd og ned i dypet.



Figur 1.1: Illustrasjon av Atlantis (A) og Nautilus (B) med luftkuppel og plassering i vannsøylen.

Konstruksjonene tar utgangspunkt i ordinære overflatemerder og begge bygger på samme prinsipp.

Hovedforskjellen mellom Atlantis og Nautilus er at kun flytering til Nautilus står i overflaten, mens Atlantis har både bunn- og toppring nedsenket. (Kilde: AKVA group).

1.3.2 Tidligere erfaring med nedsenkede merder på lokalitet Otervika og Gjerdinga

Det har tidligere vært utsett av nedsenkede merder (hovedsakelig Atlantis) på flere av SinkabergHansen sine lokaliteter (AKVA group, 2021a). I prosessen fra første nedsenkede utsett i 2019 og frem til i dag er ulike komponenter videreutviklet etter behov og erfaring.

Tidligere miljømålinger på Otervika har vist at lokaliteten er særlig eksponert for vindgenererte bølger. I vinterhalvåret har det vært varmere i dypet og kaldere i overflaten, likevel er årlig snittemperatur på 8 °C ved 35-45 meter, og i havoverflaten 10 °C.

Saltholdighetsnivået på Otervika er tidligere dokumentert rundt 33 promille med lite variasjon i vannsøylen. Oksygenverdiene på lokaliteten har vært jevnt bra. Tidligere erfaring med fiskevelferd i nedsenket merd på lokalitet Otervika viser at det ikke ble registret systematisk tegn på nedsatt fiskevelferd i Atlantis-merdene i forhold til kontrollenhetene, med unntak av snutesår som var mer hyppig forekommende i Atlantis enn kontrollmerdene. Kontrollmerdene ble avluset flere ganger enn Atlantis, og førstnevnte kom dårligere ut på skinnhelse (risttap, finneskade og rødbuk) enn Atlantis. De nedsenkede enhetene unngikk de største lusepåslagene sammenlignet med kontrollmerder, men Atlantismerder fikk påslag etter avlusning av kontrollmerder på lokaliteten (AKVA group, 2021b). I tiden etter utsettet på Otervika (dette masterprosjektet) har SinkabergHansen utviklet enklere og mer effektiv drift ved bruk av Nautilus-merder sammenlignet med Atlantis, og bare videreført bruk av Nautilus

ved sine nedsenkede lokaliteter. Omtrent samtidig med nullpunktet (mai/juni 2022) av dette forsøket ble det også satt ut fisk på dypdriftslokalitet Gjerdinga. Smolten ble losset ut i merdene i hevet posisjon og senket ned på dypet innen en time etter fullført operasjon. Per dags dato (08.05.23) har fisken som ble satt ut i mai stått nedsenket over ett år uten at det har vært nødvendig å behandle fiskegruppene for lakselus. Lusenivåene har vært stabilt lave i denne perioden, og det virker å være minimal grad av internsmitte på lokaliteten. Den samlede fiskevelferden har blitt vurdert som god under hvert månedlige helsebesøk, og det er hovedsakelig lytefri fisk på lokaliteten. Det observeres fisk som jevnlig fyller svømmeblæren i luftkuppelen, og svømmeadferden virker å være stabil og normal (refererer til fiskehelsebiolog D. Lauritzen, SbH).

1.4 Fiskevelferd

Fiskevelferd står sentralt i kommersielt havbruk, og er avgjørende for mange viktige beslutninger oppdretteren tar i sitt daglige arbeid med fisken (Noble mfl., 2018). Oppdrettere som holder fisk i fangenskap, har et spesielt fiskehelseansvar. En viktig del av arbeidet med å sikre bærekraftig produksjon, er å legge til rette for best mulig velferd. Bærekraft i sjøfasen innebærer etisk forsvarlig produksjon der god dyrevelferd fremmes, uavhengig av nytteverdi (*dyrevelferdsloven*), og miljøindikatorer benyttes for regulering av vekst (*produksjonsområdeforskriften*) (Dyrevelferdsloven, 2022; Produksjonsområdeforskriften, 2023). I 2018 publiserte en gruppe forskere ledet av Chris Noble boken «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» (Noble mfl., 2018), (heretter kalt Noble-boken). Velferdsindikatorer (VI-er) er målinger eller observasjoner som gir informasjon om graden av oppfyllelse av dyr sine velferdsbehov. Velferdsindikatorerne kan enten være direkte dyrebaserte VI-er, basert på observasjoner, eller indirekte miljøbaserte VI-er basert på resurser og miljø som dyret eksponeres for. Målet med Noble-boken er å gi industri og myndigheter tilpassede verktøy bestående av operative velferdsindikatorer (OVI) og laboratorie-baserte velferdsindikatorer (LABVI) for å evaluere og dokumentere velferd basert på vitenskapelig belagte kriterier. Boken er oppdelt i en tre trinns prosess: Hvordan måler vi hvordan fisken har det? (1), hvordan har fisken det? Måling og tolkning (2), samt integrasjon: utvikle måleverktøy og/eller standarder (3). FISHWELL håndboken utgjør det første trinnet, og fungerer som en verktøykasse med OVI og LABVI. Noble-boken gir videre innføring i velferdsbehov hos laks, dyrebaserte velferdsindikatorer (gruppebasert og individbasert) og miljøbaserte velferdsindikatorer (figur 1.2). Gruppebaserte velferdsindikatorer inkluderer dødelighetsrate, adferd, overflateaktivitet, appetitt, vekst,

indikasjoner i vann og sykdom (figur 1.2). Individbaserte velferdsindikatorer inkluderer gjellelokkfrekvens, lakselus, bleking av gjeller og status, kondisjonsfaktor, utmagringsgrad, kjønnsmodningsgrad, smoltifiseringsgrad, ryggstøyledeformitet, finneskade (ikke fersk), finnestatus, skjelltap og hudtilstand, øyeskade og status, gjellelokk-deformitet, organer i bukchulen og vaksinerelatert patologi (Noble mfl., 2018). Både sjømerder og nedsenkede merder følger de samme operative, miljøbaserte og gruppebaserte velferdsindikatorer på miljø-, gruppe- og individnivå. I tillegg har nedsenkede merder flere individbaserte VI-er som inkluderer tom svømmeblære, redusert ekkostyrke, økt svømmehastighet, skråstilt posisjon og økt overflateaktivitet etter heving. Deler av de nevnte gruppe- og individbaserte velferdsindikatorer fra SWIM, Fishwell og Laksvell (standardiserte velferdsmodeller) vil bli ytterligere beskrevet i kapittel 1.5.

Velferdsindikatorer (VI)		
Miljøbasert VI	Dyrebasert VI	
	Gruppebasert VI	individbasert VI
Temperatur Saltholdighet Oksygen CO ₂ pH og alkalinitet vannstrømhastighet Biomassetetthet	Dødelighetsrate Atferd, refleks Appetitt (vekst) sykdom/helse Vannobservasjoner Overflate- observasjoner Bult oksygenopptak	Lus Bleking av gjeller og tilstand Tilstandsfaktor (K-faktor, HSI, CSI) Grad av avmagring og kjønnsmodning Ryggdeformitet Finne/snuteskade skjelltap og hudtilstand Øyeblikning, endring i hudfarge Vaksinerelaterte skader Blod og muskel

Figur 1.2: Oversikt over inndeling av velferdsindikatorer. Indikatorene er delt opp i miljøbaserte og dyrebaserede VI-er. Dyrebaserede VI-er er delt opp i gruppebaserte og individbaserte VI-er. Tilpasset fra «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» s.108 (Noble mfl., 2018).

1.4.1 Oppdrettsmiljøets påvirkning på laksefisk

Et godt oppdrettsmiljø tilstreber å minimere unødvendig stress som over tid svekker velferd og motstandskraft mot sykdom. Kystnære lokaliteter, som produksjonsområde 7 i hovedsak består av, tilføres kontinuerlig nytt vann som kan gi forandringer i laksens oppdrettsmiljø som følge av tidevannsstrømmer, stormer, oppstrømming av dypvann, konsentrasjon av plante- eller dyreplankton. Det er også andre faktorer som kan påvirke fiskens oppdrettsmiljø; både sosiale, menneskelige og miljømessige forhold. Sistnevnte inkluderer blant annet betydelig

endring i temperatur, oksygen og turbiditet. De sosiale og menneskelige påvirkningene kan være forspill, faste, for høy fisketetthet og sosialt stress. Miljøbaserte velferdsindikatorer (VI-er) og operasjonelle velferdsindikatorer (OVI-er) måles for å kunne innhente tilstrekkelig kunnskap om hvilken vannkvalitet fisken opplever. Vannkvaliteten kan variere i vannsøylen, og dermed er det vesentlig å innhente miljømålinger fra hele dybdespenget, fra topp til bunn, for å avdekke hva fisken opplever i forhold til dens sannsynlige vertikale vandring i merden.

Temperatur er en viktig miljøfaktor og måles ofte ved bruk av en profilerende CTD (Conductivity, temperature, and depth) multiprobe, eller andre fastmonterte målere på ulike dyp. Hos laks som holdes i tradisjonelle åpne sjømerder med direkte vannutskifting, opplever fisken sesongvariasjoner i vanntemperatur som vanligvis spenner mellom 2 til 19°C (Oppedal, Dempster og Stien, 2011). Både lave og høye temperaturer er forbundet med forhøyet risiko for sykdomsutbrudd og forlenget sårhelingsstid (Schneider og Nicholson, 1980). Laks velger frivillig i overkant av 16°C (Johansson mfl., 2009), men fisken har likevel ressurser til å tilpasse seg ulike temperaturer, forutsatt gradvis overgang med tilstrekkelig oksygennivå i merden. Temperaturen påvirker også mengden oppløst oksygen ($\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$), og høyere temperatur gir mindre tilgjengelig oksygen for fisken. Lave nivåer av O_2 i vannet vil på sikt kunne senke aerob kapasitet, næringsopptak og vekst (Sambraus mfl., 2018). Tidligere studier viser at senkning av merder i fjorder kan være en utfordring, der dårligere vannutskifting fører til lavere oksygenmetning (Warren-Myers mfl., 2022). Forekomsten av lave oksygenverdier på dypet motsies i studien av (Solstorm mfl., 2018) på kommersielle merder i Fensfjorden som rapporterte at de laveste oksygennivåene forekom i overflatevann. Uansett, er det viktig å måle oksygen sentrert i merden, da oksygennivå for laks er i gjennomsnitt 35% lavere inne i merder sammenlignet med målinger utenfor (Burke mfl., 2021). Turbiditet er et mål på vann sin klarhet, og kan potensielt gi negativ effekt ved føring (Noble mfl., 2018). Videre kan turbiditet påvirke vannkvaliteten, der vann med høye turbiditetsnivåer kan ha mindre oppløst oksygen. Samtidig kan høy turbiditet, som følge av alger, gi oksygenproduksjon og dermed høye oksygennivåer. Saltholdighet representerer mengden av oppløst salt i vann. Sjøvann har en saltholdighet på henholdsvis 33-35 ‰ (Noble mfl., 2018), og måles i enheten PSU (Practical Salinity Unit). Dette er enhet basert på sjøvanns ledningsevne, og benevnes ofte i promille (‰). Måling av saltholdighet er nyttig for å få innsikt i hvilke vannmasser som dominerer i merden, samt ha betydning for hvordan andre miljøparameter opptrer og utvikler seg (Nilsson mfl., 2022). Videre avhenger tetthet av flere faktorer – deriblant sammenhengen mellom fiskens størrelse, vannets saltholdighet,

temperatur og tilgjengelighet av fôr. Lokal svømmetetthet estimeres gjennom hydroakustikk, og kan være avgjørende for blant annet vannkvaliteten. Fisk opptrer naturlig i stim, noe som kan skape høye tettheter på enkelte områder (Oppedal mfl., 2011). Tetthet i merd observeres med store lokale variasjoner, og en moderat gjennomsnittlig tetthet kan derfor likevel gi områder med høy tetthet. Det er dermed viktig å vurdere fisketetthet som ett av flere parameter for fiskevelferd. Lysforholdene i en merd varierer med dybde, tid på dagen, årstid og værforhold. I dagslys svømmer laksen typisk i stim. I skumring reduseres svømmehastigheten og stimen stiger mot overflaten som en respons på avtagende dagslys. Når lysnivået er på et minimum er det påvist at stimen blir oppløst, og ved nattemørket søker laksen undervannslamper (Oppedal, Dempster og Stien, 2011). Kunstig belysning om natten stimulerer laksen til å opprettholde stim- og svømmeadferd på dagslysnivå. Likevel kan kun overflatelys øke forekomst av store grupper nær overflaten (Juell mfl., 2003), og svømmeadferd på dagslysnivå. Undervannslys kan dermed spre populasjonen og gi bedre fiskevelferd (Stien mfl., 2013). Det er også påvist at høyintensitet lys på vinteren kan redusere forekomst av kjønnsmodning, men bruk av høyintensitetslys gjennom høsten har derimot motsatt virkning og kan fremprovosere kjønnsmodning (Oppedal mfl., 2006; Sievers mfl., 2018).

1.4.2 Hud, kroppssår og skjelltap

Ytre skader som hud, kroppssår og skjelltap inkluderes i individbaserte velferdsindikatorer og er viktige operasjonelle målinger. Frisk hud er viktig for å opprettholde homeostase og gi beskyttelse mot patogener. Huden skiller det indre miljøet fra det ytre gjennom en flerlaget fysisk barriere som er bygd opp av tynt slimlag (1) epidermis, (2) dermis og (3) hypodermis med tilstøtende hvit og rød muskulatur (Angeles Esteban mfl., 2012). Epidermis er et flerlaget plateepitel og inneholder blant annet ulike typer celler, eksempelvis pigmentceller og viktige slimceller som danner og frigjør slim som fordeles over fiskens hud. Dette er fiskens førstelinjeforsvar mot mikroorganismer og patogener, og er med på å mobilisere og forhindre patogener i å etablere lokal eller systematisk infeksjon (Angeles Esteban mfl., 2012). Sårheling hos laksefisk skjer i flere faser og avhenger av forhold som stress, miljøfaktorer, sårets størrelse og dybde, ernæringsstatus (Jensen mfl., 2015). Det estimeres at mellom 1,1 og 2,5 prosent av norsk oppdrettslaks har sår dannelser, og sår betraktes som en av de største årsakene til tap av fisk i havbruksnæringen (Aunsmo mfl., 2008; Takle mfl., 2015). Skader oppstår av ofte ved håndtering, oppskrapning i merd, intern aggresjon og sammenstøt grunnet høy fisketetthet og stress. Videre kan mekaniske belastninger som ved sortering, vaksinerings

og lusebehandling gi påkjenninger som fører til svekket hud. Dessuten kan sår bakterien utvikle seg uten mekanisk påvirkning, der dagens vaksiner har dårlig effekt (Sommerset mfl., 2023). I sammenhengen er stor regional variasjon mellom selskap, anlegg, merder, grupper utsatt fisk og årsklasser verdt å trekke frem rundt sårdannelse og årsakssammenhenger. Dette gir havbruksnæringen utfordringer med å identifisere årsak til vanlige kjennetegn ved sårdannelse (Takle mfl., 2015).

1.4.3 Snutesår og finneskader

Laksens finner og snute er tidvis utsatt for fysisk skade, og selv om det er allment akseptert at oppdrettsfisk gjerne har enkelte skader på finner og snute, er det likevel viktig å tilstrebe å minimere skadeomfanget. Det er kjent at enkelte finner får generell økning av skade på grunn av håndtering. Termisk lusebehandling med varmt vann er eksempel på behandlingsmetoder som gir negativ effekt på velferd (Poppe mfl., 2018; Moltumyr mfl., 2022), inkludert skadeomfanget på snute- og finneskader. Finneslitasje er skader som påvirker organets funksjonalitet, og opptrer oftere hos større fisk. Finneråte klassifiseres som en tilstand hvor deler av finnevevet går tapt. Samtlige finner på fisken kan rammes av ulik form for skade, og skape problemer med saltbalansen og gi dårligere svømmefunksjon. Samtidig er finneråte generelt, og ryggfinneråte spesielt, ikke vanligvis assosiert med høy dødelighet (Schneider og Nicholson, 1980), likevel kan det være en inngangsport for andre sykdommer og patogener. Det er derfor viktig å måle snute og finner som velferdsparameter i nedsenket oppdrett hvor både not-tak og annet nedsenket utstyr (lys, kuppel, kamera, tau, sensorikk) representerer ekstra strukturer som laksen kan berøre tilfeldig eller aktivt.

1.4.4 Deformiteter

Deformitet hos laksefisk ble anerkjent som et problem allerede i 1981, og har siden blitt et betydelig helseproblem. Ryggvirvlene har en avgjørende biomekanisk funksjon ved å fungere som muskelforankring, samt skape fleksibilitet under bevegelse. Videre er skjelettdeformitet og sammenvoksninger bivirkninger som i høy grad har dyrevelferdsmessige og etiske implikasjoner (Berg mfl., 2006). Ulik grad av deformitet kan skyldes en rekke genetiske og miljømessige påvirkninger (McKay og Gjerde, 1986), og inkluderer liten smolt (Vågsholm og Djupvik, 1998), hurtig vekst, lavt fosforinnhold, biotilgjengelighet i fôr, avl, fremmedstoffer, høy inkubasjonstemperatur og feil tidspunkt for vaksinasjon (Fjellidal og Grotmol, 2005). I forbindelse med vaksinasjon knyttet til PD, har det i tillegg blitt sett nye typer deformitet som

innebærer korsstingsvirvler (Baeverfjord mfl., 2021). Dessuten, i langtidsforsøk med nedsenkning uten luftlomme ble ryggraden komprimert og antydninger til økt forekomst av deformiteter observert (Korsøen, Fosseidengen, mfl., 2012).

1.4.5 Lakselus og lusebehandling

Parasittiske lakselus, *Lepeophtheirus salmonis*, er den største utfordringen som norsk havbruksnæring står ovenfor. Bransjen sliter fortsatt med ektoparasittisk lakselus til tross for tiår med forskning og utvikling investert i metoder for avlusning (Barrett mfl., 2020).

Lakselusens livssyklus kan funksjonelt deles inn i fire livsfaser, (1) planktonisk spredning, (2) smittsom copepod (hoppekreps), (3) vekstfase og (4) mobil på vert (Hamre mfl., 2013).

Parasitten følger normal døgnrytme, tiltrekkes av eksterne lys i merden (Hevrøy mfl., 2003), unngår brakkvann eller redusert saltholdighetsnivå (Bricknell mfl., 2006), og beveger seg hovedsakelig i øvre del av vannsøylen (heretter kalt «lusebeltet»). Intensivt lakseoppdrett forsterker lusepresset på fisk, og alvorlige angrep av parasitten kan forårsake sårdannelse som fører til stress, osmotisk ubalanse, anemi og bakteriell infeksjon (González mfl., 2016).

For dagens situasjon kan det se ut til at havbruksnæringen har nådd et vendepunkt (Oldham mfl., 2023), ved at effekten av reaktiv parasittkontroll svikter (Jones, Sommerville og Wootten, 1992; Fjørtoft mfl., 2020), mens populasjoner av lakselus eksploderer (Dempster mfl., 2021). Nøkkelen til å redusere parasittbyrden, og opprettholde veksten i næringen er forebygging (Jeong mfl., 2021). Forebyggende tiltak mot lakselus har i hovedsak dreid seg om å minimere treffpunktene mellom laks og det smittsomme copepodstadiet der lusene lokaliserer og fester seg til verten (Overton mfl., 2019). Det har blitt utviklet og testet flere ulike lusestrategier de senere årene; inkludert lusemidler, selektiv avl (Barrett mfl., 2020), barrierer som minimerer overflatestrømmen gjennom merden (Oppedal mfl., 2019; Jónsdóttir mfl., 2021), nedsenkede merder som holder laksen under overflatevannet der infeksjøs lusestadium er mest utbredt (Johannessen, 1978; Costelloe, Costelloe og Roche, 1995; McKibben og Hay, 2004), manipulering av svømmedybde og funksjonelt fôr (Dawood, Koshio og Esteban, 2018). Behovet for å ha gode metoder for lusebehandling øker, og det stilles strenge krav til behandlingsmetode som benyttes (Norsk Veterinær Tidsskrift, 2022). Havbruksnæringen har et eget ansvar for at metodene som benyttes er fiskevelferdsmessig forsvarlige. Flere oppdrettere kombinerer gjennom sjøfasen ulike tiltak for å behandle lakselus. Ectosan® Vet (badebehandling) er behandling av infestasjon med preadulte og adulte lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på atlantisk laks (*Salmo salar*) og regnbueørret

(*Oncohychus mykiss*) (Benchmark®, 2023). Preparatet skal bare benyttes som en del av en total bekjempelsesstrategi mot lakselus, der også andre kontrolltiltak inngår. Ikke-medikamentell lusebehandling innebærer behandling mot lakselus ved ulike metoder for mekanisk fjerning, oppvarmet vann eller ferskvannsbehandling (Jensen mfl., 2022). FreshWell (ferskvann) gjennomføres i brønnbåt og innebærer to timer holdetid i nedkjølt ferskvann, etterfulgt av lossing over Wellfighter spyleenhet (Jensen mfl., 2022). Optilice (termisk avlusning) avluser fisk ved å ta den gjennom et bad med temperert sjøvann. Metoden gjør at lakselusen slipper verten, og etter behandlingen blir fisken tilbakeført til merd (Optimar, 2023).

1.4.6 Stress, sykdomsutbrudd og dødelighet

Langvarig kronisk stress kan være skadelig og redusere fiskens kapasitet for tilvekst, overlevelse og reproduksjon (Barton og Iwama, 1991). Årsaken til fisk som dør i produksjonsløpet er komplekst, og kan være utfordrende å konkludere med tanke på årsakssammenheng. I 2020 hadde havbruksnæringen en gjennomsnittlig dødelighet på 15,5 prosent, og dette indikerer at forholdet ikke har vært nedgående de siste årene (Sommerset mfl., 2021). Dødelighetsraten inngår i gruppebaserte velferdsindikatorer, og er en av de mest brukte helse relaterte VI-en. Høy, eller forøkt dødelighet, tyder på et velferdsproblem i merden, og at undersøkelse bør gjøres umiddelbart for å finne årsak og iverksette forebyggende tiltak. Samtidig er ikke lav dødelighet alene ensbetydende med god velferd. Det kan oppstå sykdom som reduserer velferd uten å forårsake død. Akkumulert dødelighet (langsiktig) er en retrospektiv velferdsindikator som brukes for å vurdere deler av, eller hele, produksjonssyklusen. Dette er nyttig for å vurdere en produksjonsmetode, et produksjonssted eller et produksjonssystem (Svåsand mfl., 2016).

1.5 Standardiserte velferdsmodeller: SWIM, Fishwell og Laksvel

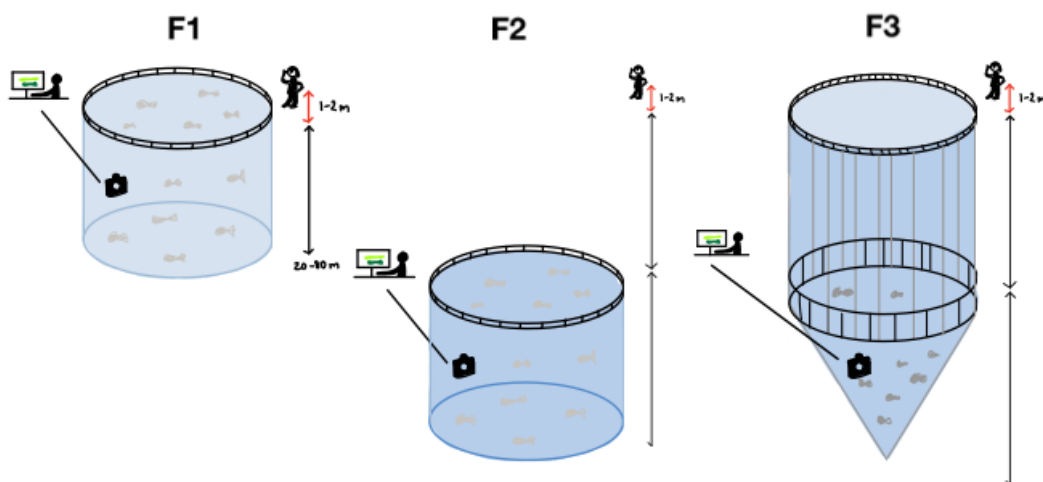
Standardisert fiskevelferd har lenge vært en utfordring i havbruksnæringen. Hvordan man vurderer og definerer fiskevelferd er en pågående debatt (Ashley, 2007), men nylig ble det publisert en egen protokoll (Laksvel) som skal brukes som en felles velferdsstandard (Nilsson mfl., 2022). Laksvel-protokollen bygger på kunnskap beskrevet i «Salmon Welfare Index Model» (heretter kalt SWIM-modellen) (Stien mfl., 2013), samt Fishwell-håndboken og Noble-boken (Noble mfl., 2018). Fellesnevner for alle modellene er bruk av de samme velferdsindikatorerne (VI-er). Dette er parametere som kan observeres eller måles for å gi

informasjon om hvor dårlig, eller god, velferden til fisken er (Nilsson mfl., 2022). VI-er som brukes i kommersiell daglig drift betegnes som operative velferdsindikatorer (OVI-er), mens indikatorer som må analyseres på laboratorium er lagt under laboratoriske velferdsindikatorer (LABVI-er). SWIM-modellen (1.0 og 2.0) for laks ble utviklet som en overordnet velferdsstandard for vurdering av fiskehelse til oppdrettere og fiskehelsepersonell (Folkedal mfl., 2016). Modellen baseres på semantisk modellering som inkluderer omfattende litteraturgjennomganger om hvordan ulike velferdsindikatorer påvirker laksens velferd på både individ- og gruppenivå. Målet er at velferdsindikatorerne skal brukes som et verktøy for å identifisere utslag av redusert velferd, og som oppdretter bør ta tak i for å forbedre fiskevelferd (Stien mfl., 2013). Til sammenligning med SWIM-modellen har Fishwell-håndbøkene videreutviklet et tre-steps rammeverk for hvordan velferdsindikatorer kan benyttes som en vurderingsplattform og dokumentasjonsverktøy på merdkanten. Dette inkluderer basisnivå (daglig drift), utvidet nivå (når basisnivå ikke gir tilstrekkelig svar) og ekspertnivå (når utvidet nivå ikke gir tilstrekkelig svar) som i større grad benytter LABVI-er. Målet var å øke oppmerksomheten rundt både dyre- og velferdsbaserte indikatorer. Gjennom prosjektet ble rammeverket optimalisert for å øke operasjonell gjennomførbarhet, samt forenkle en allerede etablert velferdsplan for oppdrettsfisk (Sommerset mfl., 2021). Laksvel-protokollen bygger på de tre nivåer av beslutningsrammeverk for hvordan velferdsindikatorer kan benyttes som dokumentasjon på merdkanten, og er ment for ytterligere å styrke og standardisere basisnivåene for daglig drift. Laksvel-protokollen inkluderer også individbaserte OVI-er, gruppebaserte OVI-er og miljøbaserte OVI-er.

Individbaserte OVI-er ivaretar velferdsundersøkelser på individnivå, ofte samtidig med obligatorisk lusetelling (hver 7.dag). Etter luseforskriften kreves det at mist ti tilfeldige laks fra hver merd skal undersøkes (Luseforskriften, 2022), likevel er anbefalingen minst tjue individer per merd. Den relativt lave andelen av fisk som undersøkes av hele populasjonen gjør usikkerhet og avvik større. Et mer presist estimat av hele populasjonen vil ofte kreve urealistisk stor ressursbruk fra oppdretter, og avveining mellom nøyaktig resultat og ressursbruk er derfor nødvendig (Nilsson mfl., 2022). Skåringsystemene på de individbaserte velferdsundersøkelsene skåres fra 0-3. Det benyttes fargekoder for ulike indikasjoner, hvor grønn indikerer optimal, gul utkant av optimal, oransje er utenfor og rød langt utenfor optimalt område (Nilsson mfl., 2022). Det er utarbeidet et skåringskjema for individbaserte indikatorer med utgangspunkt fra Fishwell-håndboken (appendiks 8.1 figur 1). Gruppebaserte OVI-er registrer dødelighet (skåres i prosent), appetitt og adferd (skåres fra 0-3), og disse

velferdsindikatorerne er derfor angitt med både fargekoder og skåring. Appetitt er en viktig velferdsindikator som observeres gjennom fôrkamera. Redusert appetitt kan være forårsaket av flere faktorer. Fôrforbruk og adferd knyttet til fôring bør vurderes over flere uker for å få et totalbilde av eventuelle avvik. I tillegg kan adferd variere mye mellom tid og lokaliteter, likevel er adferd en av de bedre indikatorene for umiddelbare signaler om fiskens situasjon i anlegget (Nilsson mfl., 2022). Observasjon av adferd gjøres fra merdkanten, og ved bruk av undervannskamera.

Det er viktig å tilstrebe individ-, gruppe- og miljøbasert skåring likt på anleggene hver dag for å unngå store individuelle forskjeller (Nilsson mfl., 2022). Likevel kan det være utfordrende å gjennomføre skåring identisk til enhver tid, og det kan dermed oppstå avvik og individuelle forskjeller i prosessen. Selv om både standard overflateanlegg og nedsenkede oppdrettsmerder benytter seg av de samme OVI-ene, er det forskjell i utførelsen (figur 1.2). Det er ofte fysisk umulig å heve nedsenkede anlegg hver uke for å telle lus og gjøre velferdsskåring på lik linje med overflateanlegg. Derfor blir det i større grad bare benyttet kameraobservasjoner som primærkilde til ytre helseovervåking ved dypdriftsanlegg.



Figur 1.3: Skisse over velferdsmåling av forsøksfisk på referansemerd (F1), Atlantis (F2) og Nautilus (F3). F1: Skissert oppsett av velferdsmåling på referanselokalitet med standard not i overflaten. F2: Skissert oppsett av velferdsmåling på forsøkslokalitet Otervika med topp- og bunnring under vann. Ikke tilgang til observasjon fra havoverflate. F3: Skissert oppsett av velferdsmåling på forsøkslokalitet Otervika med toppring stående i overflate, men senket notpose med vaiere. Ikke tilgang til observasjon fra havoverflate. N. Lysø, iPad

1.6 Målsetning og sentrale spørsmål med studien

Målet med studien er å kartlegge fiskevelferd ved bruk av kamera i to ulike teknologier for nedsenkede kommersielle merdtyper sammenlignet med tradisjonelle overflatemerder.

Delmål var økt biologisk kunnskap rundt nedsenkede versus kontroll merder ved å kartlegge og se på sammenhenger mellom miljø, operasjoner, fiskeproduksjon og lusenivå. Studien ble utviklet på eget initiativ i samarbeid med SinkabergHansen, Havforskningsinstituttet og UIB.

Sentrale spørsmål i studien:

- Er det perioder hvor velferden er dårligere i nedsenket drift, rett etter senkning, eller ved andre tidspunkt?
- Hvordan påvirkes fisketilstanden i nedsenkede merder, uten særlig behandlinger, sammenlignet med fisken i overflatemerder?
- Påvirkes fisken i overflateanlegg i større grad av varierende miljøforhold sammenlignet med fisk i dypdriftsanlegg?
- Er det hensiktsmessig å nytte dyp drift i siste del av sjøfasen? Og er alle lokaliteter egnet for nedsenket drift?

1.6.1 Hypoteser

Studien har følgende arbeidshypoteser (H_A) med tilhørende nullhypoteser (H_0):

(H_{A1}): Laks får redusert lakselusmitte ved nedsenkning.

(H_{01}): Laks får ikke redusert lakselusmitte ved nedsenkning.

(H_{A2}): Laks opplever dårligere miljøforhold ved nedsenkning.

(H_{02}): Laks opplever ikke dårligere miljøforhold ved nedsenkning.

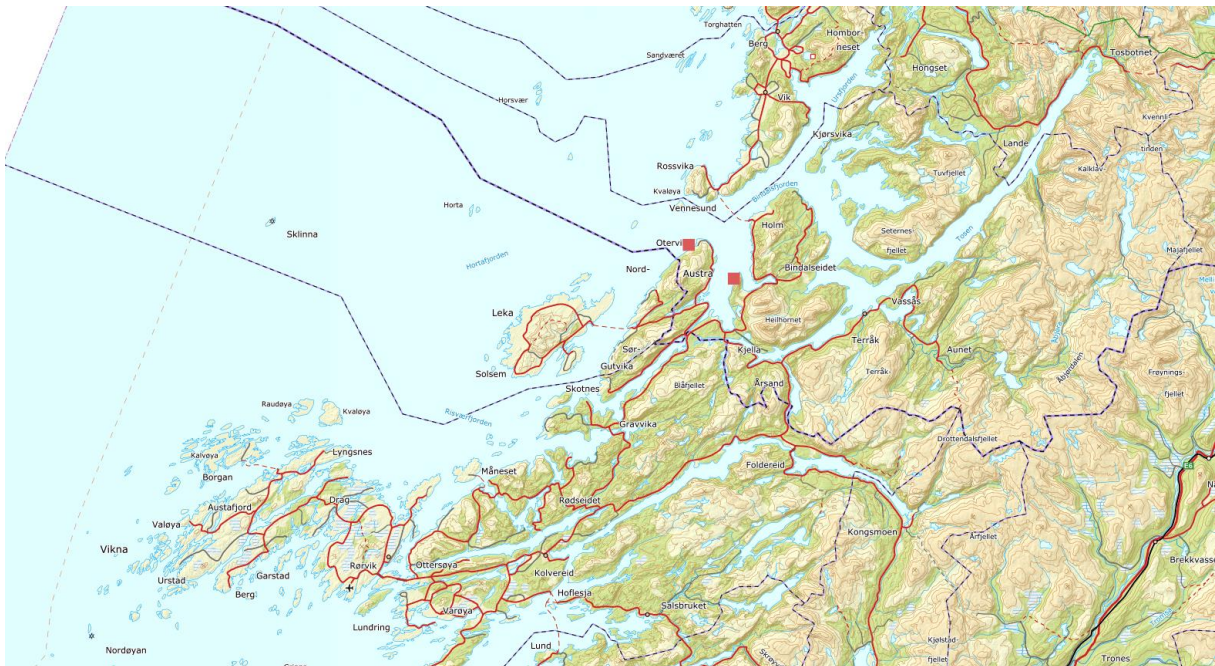
(H_{A3}): Laks får dårligere fiskevelferd ved nedsenkning.

(H_{03}): Laks får ikke dårligere fiskevelferd ved nedsenkning.

2. Material og metode

2.1 Forsøksoppsett

De biologiske forsøkene ble utført i storskala, industriell størrelse i perioden mai til november 2022 ved SinkabergHansen sine havbruksanlegg ved Otervika og Heggvika, ytterst i Bindalsfjorden (figur 2.1), Bindal i Nordland fylke (65°N). Lokalitetene ligger i produksjonsområde 7 (Nord-Trøndelag med Bindal). Bindalsfjorden er en typisk dyp fjord, og strekker seg 17 km med en maksimal dybde på 741 meter. Otervika er en værutsatt lokalitet for bølger og vind. Heggvika er derimot mer skjermet, da lokaliteten ligger lengre inn i fjorden (figur 2.1). Otervika består av nedsenkede merder (Atlantis Subsea Farming og Nautilus). Lokalitet Heggvika har kun ordinære overflatemerder.



Figur 2.1: Oversiktskart av lokalitetene Otervika og Heggvika i PO 7 i Bindal i Nordland fylke. Lokalitet Heggvika (t.h.) og Otervika (t.v.) er merket med røde firkanter på kartet. (GISLink, 2022).

Teknologien for samtlige merdkonstruksjoner i dette forsøket er sertifisert i henhold til NS9415 og det er utviklet brukermanualer, risikovurderinger og driftsrutiner som tilfredsstillir dagens akvakulturregelverk. Siden forsøket inngikk i standard oppdrett innenfor egne tillatelser var ikke etikkgodkjenning nødvendig.

2.2 Forsøksfiskens historikk og behandlinger

Prøvematerialet ble hentet fra oppdrettslaks for kommersiell drift. Lokalitet Otervika har i perioder opplevd værforhold som har ført til utfordrende drift. Forsøksfisken på lokalitetene Heggvika og Otervika kommer fra to ulike settefiskleverandører (settefisk 1, settefisk 2). Begge settefiskleverandører er fordelt på hver fiskegruppe (F1, F2, F3). Videre har begge lokaliteter fisk fra generasjon H21, og laksen kan klassifiseres som nært beslektet. Stamfisken fra begge leverandørene var årgang 2020. Fisken er av samme avls-stamme og produsert fra samme rognleverandør under like forhold. Settefiskleverandørene har begge vaksinert fisken med samme vaksintyper. Sykdomshistorikken hos begge stamfiskprodusentene er screenet for ulike sykdommer med negativt resultat før overlevering til oppdretter. Helsestatus i tidlig livsfase kan betraktes som god i henhold til veterinær rapport datert 17.08.2021 (settefisk 2) og 15.09.2021 (settefisk 1). Det ble levert settefisk til lokalitetene Tosen og Oksbåsen fra begge stamfiskleverandørene i omtrent samme tidsrom. Levering til oppdretter fant sted i perioden 15.07.21 til 19.09.21 (Tosen) og i perioden 20.07.21 til 20.09.21 (Oksbåsen). Leveringen skjedde med lukket transport i brønnbåt. Før nullpunktet av masterprosjektet opplevde begge lokalitetene velferdsutfordringer med tilsvarende behandling på hver sin kant. Fisk fra Oksbåsen hadde et sykdomsutbrudd med alvorlig septikemi og høy dødelighet tilknyttet infeksjon med bakterien *Yersinia ruckeri* (Yersinose) som fisken hadde med ved utsett. Derfor ble det iverksatt forebyggende behandling med bakteriofager (Custus®YRS) for å forebygge videre sykdomsløp (tabell 2.1). Videre produksjon bar preg av gjennomgått infeksjon, selv om forebygging hindret et nytt stort sykdomsutbrudd.

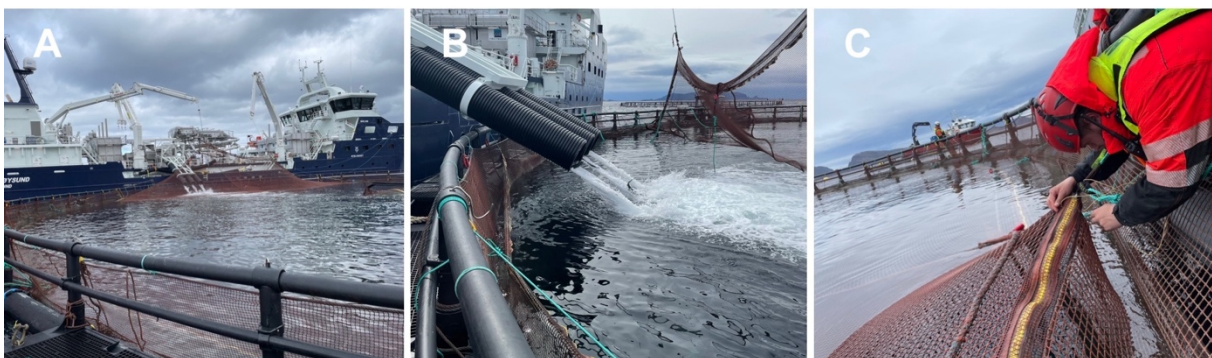
Tabell 2.1: Oversikt over behandlingshistorikk på samtlige merder på Heggvika og Otervika i forsøksperioden. Behandling består av både luse- og bakteriofagbehandling.

BEHANDLINGSHISTORIKK LUS- OG SYKDOMSBEKJEMPELSE					
Tosen/Heggvika			Oksbåsen/Otervika		
Dato	Metode	Årsak	Dato	Metode	Årsak
18.01.22	Custus-YR●	Bakteriofagbehandling for å hindre spredning og utbrudd av Yersinose.	4-14.05.22	Ectosan Vet, Custus-YR●	Nullstille lusepresset før flytting til Otervika.
30.05.22	Ectosan Vet.	Økende luseutvikling			
06.07.22	FreshWell	Økende luseutvikling			
17.08.22	FreshWell	Økende luseutvikling			
30.09.22	Optilice	Økende luseutvikling			

- Ikke en del av lusebekjempelsen. Custus-YR er bakteriofagbehandling mot Yersinose.

2.3 Flytting av fisk

Smolt ble satt ut og videre produsert ved lokalitet Tosen fra sjøutsett og frem til brønnbåttransport (17. til 24.01.22) til Heggvika. Smolt ble satt ut og videre produsert ved lokalitet Oksbåsen fra sjøutsett og frem til brønnbåttransport (4. til 14.05.22) til Otervika (tabell 2.2). Det ble satt ut (1 279 600) fisk på Heggvika, fordelt på ni overflatemerder. Det ble satt ut (735 474) fisk på Otervika fordelt på fire Atlantismerder og to Nautilusmerder. For arbeidet i denne oppgaven ble to tilfeldige Atlantismerder (ATL6, ATL12) valgt ut på lokaliteten ved Otervika, og to ordinære overflatemerder ble tilfeldig valgt ut som referansemerd ved lokalitet Heggvika (REF1, REF2). Otervika hadde i tillegg totalt to Nautilus-merder som ble benyttet. Fiskegruppe 1 (F1) besto av fisk fra referansemerdene (REF1, REF2) på Heggvika, fiskegruppe 2 (F2) besto av fisk fra nedsenket merd Atlantis Subsea Farming (ATL6, ATL12) på Otervika, og fiskegruppe 3 (F3) besto av fisk fra nedsenket merd Nautilus (NAU9, NAU10) på Otervika. Nullpunktet for forsøksperioden ble satt etter flytting fra lokalitet Oksbåsen til lokalitet Otervika den 23.05.2022 (tabell 2.2). Forsøksfisken på Otervika var nedsenket gjennom hele forsøksperioden uten lusebehandling. Fisken på referanselokaliteten (F1) gjennomgikk totalt tre avlusninger i merd REF2 og fire avlusninger i merd REF1 (figur 2.3). Det var ikke luseskjørt og rensefisk verken på Otervika eller Heggvika gjennom hele sjøfasen, og frem til slakt. Flytteprosessen til Otervika fra Oksbåsen tok til sammen ti dager. Fra nullpunkt til slakt ble det totalt gjennomført fire helsebesøk med tilsvarende manuelle skåringer, og velferdsskåring med kamera på Heggvika (F1). Tilsvarende fire helsebesøk inkludert velferdsskåring med kamera (tabell 2.2) ble gjort på Otervika (F2, F3).



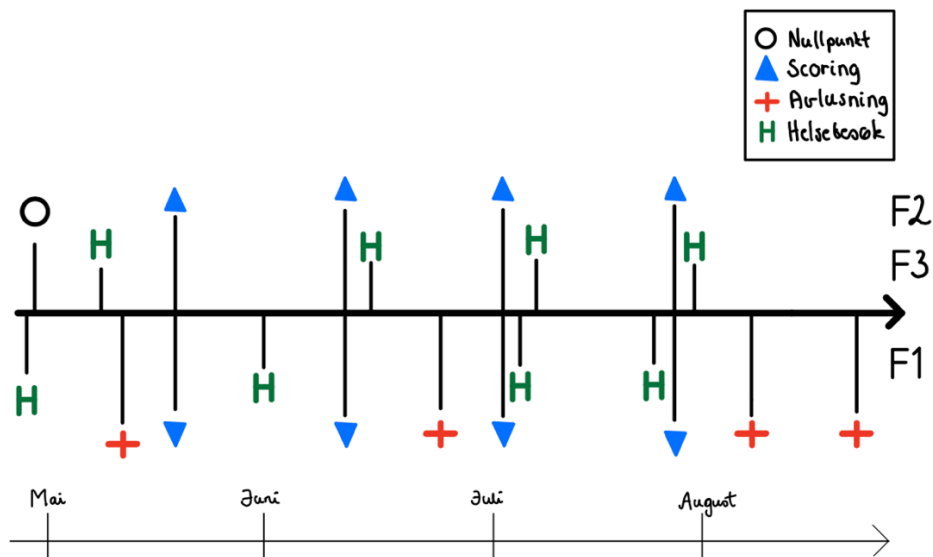
Figur 2.2: Bilder fra flytteprosessen ved lokalitet Otervika. A: Brønnbåt med fisk fra Oksbåsen klar for å pumpes ut i merd på Otervika. B: Fisken pumpes ut fra brønnbåt. C: Lukking av glidelås på nottak før nedsenking. Foto: Henning Holm (AKVA group).

Tabell 2.2: Oppsummering av utsett ved lokalitet Otervika og Heggvika etter flytting fra Oksbåsen.

Tabellen inneholder nøkkeltall i tidsrommet da nullpunktet for forsøket ble satt for begge lokalitetene. Det ble gjennomført fire avlusninger på REF1 og tre avlusninger REF2. Hentet fra veterinær helse rapporter og SinkabergHansens egne databaser.

Lokalitet	HEGGVIKA		OTERVIKA			
Fiskegruppe	F1		F2		F3	
Merd	REF1	REF2	ATL6	ATL12	NAU9	NAU10
Antall (ved flytt) •	141 191	187 434	127 735	166 690	105 303	87 907
Settefiskeleverandør	Settefisk 1	Settefisk 2	Settefisk 1	Settefisk 2	Settefisk 1	Settefisk 2
Ankomst	24.01.22	21.01.22	14.05.2022	11.05.2022	09.05.2022	08.05.2022
Nullpunkt forsøk	23.05.2022	23.05.2022	23.05.2022	23.05.2022	23.05.2022	23.05.2022
Snittvekt (07.06)	1518g	1825g	1550g	1772g	2288g	4016g
K-faktor (07.06)	1,18	1,16	1,14	1,13	1,21	1,27
Merdvolum	39.250 m ³	39.250 m ³	47.700 m ³	47.000 m ³	36.300 m ³	36.300 m ³
Tetthet (07.06)	5,5 kg/m ³	8,7 kg/m ³	4,2 kg/m ³	6,2 kg/m ³	6,6 kg/m ³	9,7 kg/m ³
Avlusning	31.05, 05.07, 18.08, 30.09	31.05, 05.07, 19.08				
Slaktedato	10.11.22	12.10.22	4.11.22	01.11.22	3.10.22	05.09.22

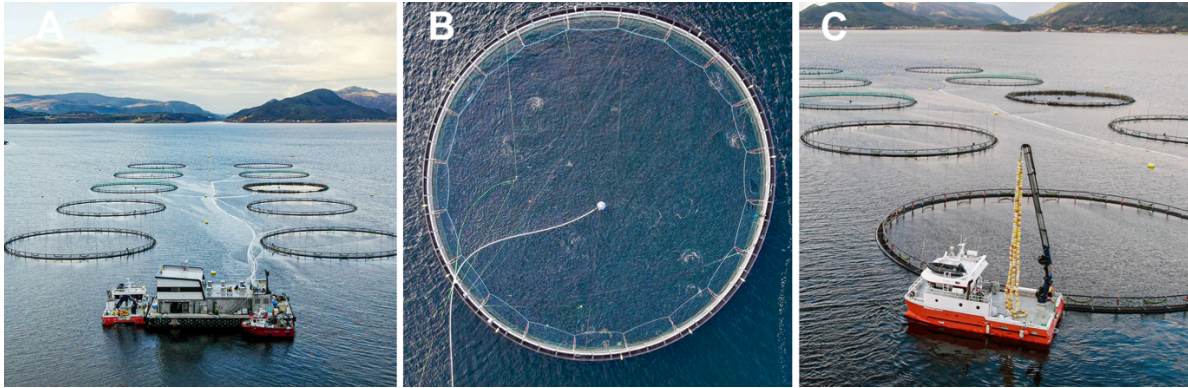
- Ved flytt tilsvare flytting fra lokalitet Oksbåsen til lokalitet Otervika.



Figur 2.3: Illustrert forsøksoppsett fra nullpunkt til slakt. Blå trekant: Velferdsskåring (4) med kamera (10.-12.06, 23.-28.06, 15.-16.07, 10.-17.08) på samtlige merder omtrent samme tidsperiode som helsebesøk (Grønn H), men noe forskjøvet på Heggvika. Rødt kryss: Fire avlusninger (31.05, 05.07, 18.08, 30.09) på Heggvika i forsøksperioden. Slaktning av forsøksfisken foregikk fra september til november. Illustrasjon av N. Lysø (IPad).

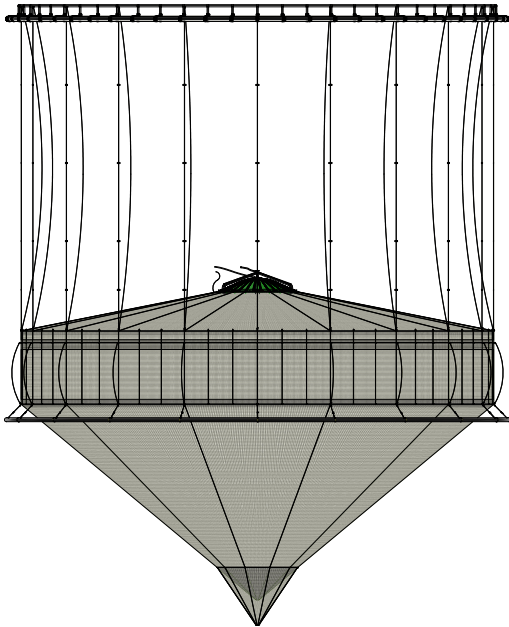
2.4 Design av merdkonstruksjoner

Referansemerdd består av to ordinære, sirkulære flytere ($O=157\text{m}$, notdybde = 15m) i overflaten (figur 2.4). Anlegget har vanlig rammefortøyning, og følger standard oppsett for ordinære havbruksmerder med overflateføring via luftslanger.



Figur 2.4: Oversiktsbilder av referanselokalitet Heggvika. A: Merder og fôringsflåte med ulike servicebåter. B: Merd sett ovenfra med fôringsspreader i midten og nett over flytekrage. C: Servicebåt på merdkanten. Foto: Tom Lysø (SBH).

Atlantis består av to sirkulære flytere ($O = 157$, notdybde = 15m) bygd av PE-rør (polyetylen) som fylles med vann for senkning, og luft for heving (figur 1.1A). Ved senkning går hele merden skrått ned i vannsøylen, og selve heve- og senkeprosessen tar 20-30 minutter. Merden senkes til 25-30 meter, og heve- og senkefunksjonen styres av styringssystem (AKVA Connect) fra land eller fôrflåte. Det benyttes vanlig rammefortøyning (lik ordinære oppdrettsanlegg i sjø). Flytekrage består av typen Polarcirkel 500 mm, 60 klammer per merd, HDPE (high-density polyethylene). Bunnring rør er av typen HDPE 100 400 mm. Not er standard nylon-not med 15 meters vegg til bunnring, deretter 15 meter til spiss. Videre er det 50 mm lysåpning med bruddstykke 172 kg. Tak (Dyneema) inneholder 30 krysstau, som festes inn i kuppel i midten, samt flapp med glidelås inn mot flyter. For fjerning av dødfisk brukes et eget Lift-Up system (AKVA group, 2020). Det inngås vanlig rammefortøyning med unntak av bøyesystem. Bøyesystem med standard bøyer i overflaten (oppdrift 3,3-6,3 tonn) og en regulerbar bøye med variabel oppdrift i koblingspunkt under vann. Det er festet et nottak i flytekragen, med en luftkuppel i midten ($d = 8$ meter) som tilbyr luft til fisken i en luftlomme (figur 2.6), og etterfylles daglig. Luftlommen varierer i størrelse, men dekker i hovedsak $>1/2$ av luftkuppelens areal, og er cirka fire meter bred. Lufthøyden er lavest ut mot kanten og opp mot 30 cm i luftlommens senter. Kontrollsyndler står på flytering hvor styring av kamera, lys, Aquabyte og annen sensorikk går gjennom.



Figur 2.5: Skjematisk skisse av Nautilus. Øvre flytering står igjen i havoverflaten og resten av notposen er senket med vaier. Luftkuppel (grønn farge) er plassert og festet i toppen av notposen (AKVA group, 2021b).

Nautilus inngår i vanlig rammefortøyning, og består av to sirkulære flytere ($O = 157$) i overflaten, og to stykk-kragere nedsenket hvor merdkonstruksjonen henger i 20 stavtau under flyterne i overflaten.

Nautilus har 7,5 meter vegg med nottak og kuppel over, som gir cirka samme volum nedsenket som i vanlig notpose med 15 meter vegg i overflatedrift.

Kuppel, som er det høyeste punktet, ligger på om lag 22-25 meters dyp, og har samme konstruksjon som

for Atlantis, som har noe dypere kuppel (ca. 25

meters dybde). Notposen henger i stropper under

flytekragen (figur 2.5). Ved hev/senk løses stropper

ved hjelp av hjelpetau, og båt med nokke eller

ekstern vinsj som står fastmontert på flytekragen

hever/senker notposen (AKVA group, 2020).

Prinsippet til Nautilus bygger på Atlantis med små

justeringer. Hovedforskjellen er at Nautilus har øvre

flytekrage liggende i vannoverflaten der Atlantis har hele ringen nedsenket. I tillegg har

Nautilus tjue krysstau i nottaket. For øvrig er det ikke vesentlige endringer på

merdkonstruksjonen, not eller nottak. De teknologiske elementene som i hovedsak har blitt

utviklet ved Atlantis/Nautilus er flytekrage med reguleringsystem for heving og senkning

(tilhørende bunnring), luftkuppel med utføringseenhet og oppheng for kamera og sensorikk.

Videre fortøyningssystem med regulerbare bøyer, nottak og notpose med dødfisk-system,

samt vannføringssystem.

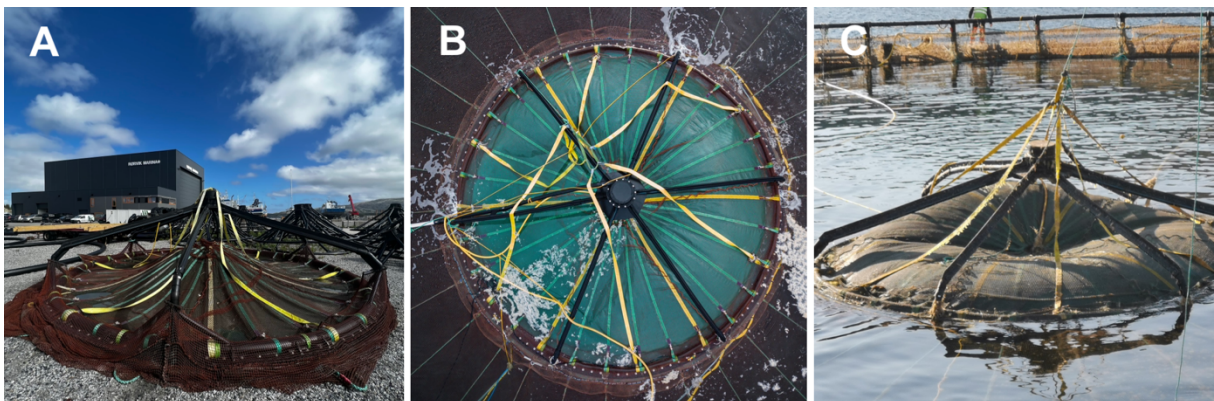


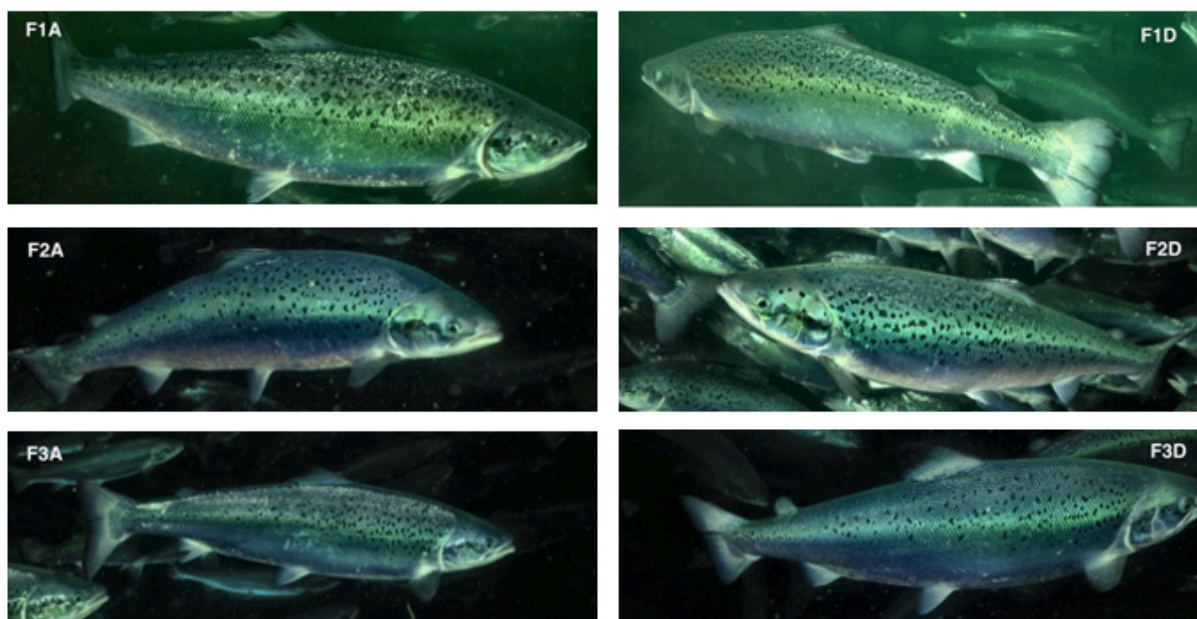
Fig 2.6: Luftkuppel under bygging og ferdigstillelse ved lokalitet. Rammefortøyninger bygger på ordinær oppdrettsmerd med enkelte modifikasjoner. A: Ferdigstilt ramme med nødvendig utstyr til installasjon av luftkuppel. B: Plassering av luftkuppel i merd før nedsenkning. C: Luftkuppel etter heving. Foto: Nora Lysø (A), Tom Lysø (B), Frode Oppedal (C).

2.5 Datainnsamling

Datainnsamling i forsøket ble tilpasset løpende kommersiell produksjon. Det ble benyttet flere ulike innsamlingsmetoder gjennom forsøket for å kartlegge systematiske årsakssammenhenger rundt fiskevelferd. Dette inkluderer rapporter via Fishtalk, ulike miljøapparater, dataprogrammer benyttet av oppdretter, manuelle velferdsskåring (med tilhørere helse rapport) og velferdsskåring ved bruk av kamerateknologi (Aquabyte). Flere av kapitlene i boken «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og måle velferd» (Noble mfl., 2018) ligger til grunn i masterprosjektets velferdsskåring med kamera, og utgjør en viktig del av studiegrunnlaget i prosjektet (Tabell 2.3 og figur 2.7). Velferdsindikatorerne som ble vurdert gjennom Aquabytekamera bygger på Fishwell- og Laksvel-protokollen, og ble valgt ut i samråd med fiskehelsepersonell på SBH.

Tabell 2.3: Skåringsskjema for individbaserte velferdsindikatorer: Laksvel-protokoll (Noble mfl., 2018; Nilsson mfl., 2022) benyttes som grunnlag for skåring manuelt, Aquabyte og SBH. Velferdsindikatorerne som ble valgt inkluderer ryggradsdeformitet, skjelltap, kroppssår, snutesår og finneslitasje. For individer som gis skår 3 på en eller flere indikatorer vil en ofte vurdere avlivning.

Velferdsindikator	Ingen (0)	Sparsom (1)	Moderat (2)	Alvorlig (3)
Skåringsnivåene (generelt)	Sunn, uskadet og avviksfri fisk	Mindre skade/ avvik som antas å ha lite påvirkning	Tydlig skade/avvik, av moderat betydning eller som normalt vil leges.	Alvorlig skade/ avvik som gir konsekvenser for velferd og helse.
Ryggradsdeformiteter	Intakt og anses som normal.	Antydning til deformitet.	Tydlig deformitet.	Ekstrem deformitet.
Skjelltap	Enkeltskjell er normalt, skåres som 0.	Noe skjelltap, enkelte felt med skjelltap, eller mange enkeltskjell.	Moderat skjelltap, større felt på fisken med tydelig skjelltap.	Store skjelltap, store områder av fisken med tydelig skjelltap.
Kroppssår	Intakt og anses som normal.	Lite eller helet sår (ikke arr). Ikke ned til muskel (intakt underhud).	Flere små skår 1-sår eller ett mindre og åpent sår.	Alvorlig større åpne sår som viser gjennom til muskel eller bukhule.
Snutesår	Intakt og anses som normal.	Tegn til snutesår.	Tydlig snutesår.	Ekstrem skade på snutepart.
Finneslitasje	Intakt og anses som normal.	Litt skade.	Tydelige skader.	Ekstreme skader.



Figur 2.7: Tilfeldig utvalg fra egne velferdsskåringar med kamera. Fiskegruppe F1A/D tilhører referansemerder i overflaten. F2A/D tilhører nedsenket merder Atlantis. F3A/D tilhører nedsenket merder Nautilus. F1 har en annen farge og kvalitet på vannet, noe som kan skyldes plassering i havoverflate med ulik turbiditet og mer plankton i vannet. (Appendiks 8.12 figur 6 for fullstendig figur). Kilde: Utklipp av Aquabytekamera, N. Lysø.

2.5.1 Manuelle nullpunktskåringar

Før nullpunkt (26.05.22) ble det tatt prøver av et tilfeldig utvalg på 20 fisk av samtlige merder på lokaliteten Oksbåsen i forbindelse med flytting til Otervika (F2, F3). Dermed ble nullpunkt-skåring bestående av inntelling (lyteskåring) på Oksbåsen før flytting til Otervika. Nullpunkt-skåring fra Heggvika skjedde i tidsrommet 30.05.2022 til 02.06.2022, der det ble gjennomført inntelling før lusebehandling (appendiks 8.5 tabell 3).

Tabell 2.4: Nullpunkt bestående av inntellingar (lyteskåringar). Det ble skåret på Oksbåsen (NAU9, NAU10, ATL23, ATL6) før flytting til Otervika, samt på Heggvika (REF1, REF2) basert på 20 fisk fra hver merd.

Merd	Dato	Behandling	Inntelling før avlusning		
			Slimlag	Rødbuk	Risttap
NAU9	09.05.2022	Ectosan	0,50	0,80	0,50
NAU10	08.05.2022	Ectosan	0,30	0,75	0,40
ATL12	11.05.2022	Ectosan	0,25	0,00	0,90
ATL6	14.05.2022	Ectosan	0,20	0,30	0,35
REF1 (4)	30.05.2022	Ectosan	0,20	0,25	0,50
REF2 (11)	02.06.2022	Ectosan	0,03	0,05	0,45

2.5.2 Helsebesøk og manuelle velferdsskåringer

Det ble gjennomført helsebesøk hver måned på begge forsøkslokalitetene (figur 2.8). Hvert helsebesøk besto av dialog rundt daglig drift med driftsteknikere og lokalitetsleder.

Nødvendig informasjon om status, fôringsstrategi, dødelighet, appetitt, eventuelle behandlinger og håndtering på fisken ble utvekslet. Ved mistanke om sykdom på enkelte lokaliteter eller merder ble utvidede prøver av hjerte eller andre organer tatt og videre analysert ved laboratorium. På lokalitet Heggvika (F1) ble enkelte fisk undersøkt ved bruk av mikroskop, mens på lokalitet Otervika (F2, F3) ble bare dødfisk undersøkt. Det ble også gjennomført enkelte obduksjoner for å klarlegge sykdomsbildet på begge lokalitetene. Observasjoner på fiskeadferd, appetitt, rutiner på anlegg og generell fiskehelse ble vurdert og akkumulert døde registrert. Etter hvert besøk ble helse rapport skrevet av ansvarlig fiskehelsepersonell med detaljer rundt fiskehelse, generell status i anlegget og videre arbeid. Helse rapportene ble brukt som en utvidet dagbok til innhenting av informasjon og helhetsforståelse av helseutviklingen av forsøksfisken (F1, F2, F3).

Ved lusebehandling på Heggvika (F1) ble ytre velferd vurdert på skinnhelse (slimlag, rødbuk og risttap) før og etter avlusning (lyteskåring), og differansen ble beregnet (tabell 3.2). Dette ble brukt som grunnlag for manuelle velferdsskåringer, og utført i stor grad av fiskehelsepersonell hos SinkabergHansen (appendiks 8.4 tabell 2). Jeg deltok på feltdager og to helsebesøk på de aktuelle lokalitetene gjennom forsøksperioden. Otervika (F2, F3) var nedsenket gjennom hele forsøket, og direkte manuelle skåringer av levende fisk var dermed ikke mulig.



Figur 2.8: Fra feltdager og helsebesøk på Otervika og Heggvika. A: Tilfeldig kontroll av indre organer med fiskehelsepersonell. B, C: Kobler på lift-up system til servicebåt (Otervika) for henting av dødfisk. Foto: Nora Lysø.

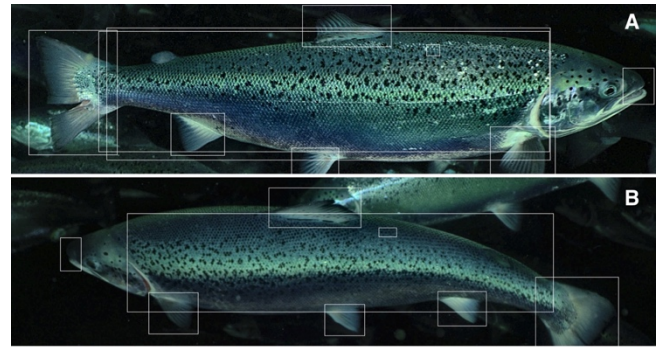
2.5.3 Velferdsskåring med Aquabyte

Det ble skåret fisk hver måned (gjennom Aquabyte-kamera på Ottervika (F2, F3) og Heggvika (F1) i omtrent samme tidsrom som månedlige helsebesøk på de respektive lokalitetene. Om lag 150 observasjoner på hver indikator (ryggradsdeformitet, skjelltap, kroppssår, snutesår og finneslitasje: Caudal, anal, dorsal, pectoral og pelvic) ble skåret manuelt på samtlige merder. Det ble

gjennomført egne målinger på bilder fra Aquabyte på samme fisk i samme tidsrom (mai-august) som ansatte i Aquabyte manuelt skåret, slik at datagrunnlaget ble observert dobbelt opp på samme fisk. Skåring for utvalgte datoer (heretter kalt «kø/køer») ble satt opp med typisk 300 bilder, og inneholder identisk bildemateriale. De fleste bildene i en typisk «kø» ble annotert av både Aquabyte og meg ved de ulike målepunktene. Samtidig var det mulighet for at ulike bilder ble tatt med som datagrunnlag for de ulike rapportene. Det ble annotert bilder i ulik rekkefølge fra Aquabyte og egne målinger, selv om datagrunnlaget (bildene) kommer fra samme tidsrom. Målingene gjort av Aquabyte ble annotert av ulike ansatte. Egne målinger ble kun gjort av meg selv. Ett kamera var plassert tilfeldig på ulike dybder for de respektive forsøksmerdene. F2 og F3 hadde en dybdemåling mellom 30-50 meter i vannsøylen, og kameraet for F1 var plassert mellom 3-10 meter i vannsøylen. Kameraets foretrukne posisjon for å oppnå representativt utvalg var den horisontale og vertikale i merden som gir høyest aktivitet/fisketetthet under hele fôringstiden. Bildematerialet inneholder bare dokumentasjon av en side av fisken. Aquabyte tar i bruk Laksvel for indikatorene der det er mulig og hensiktsmessig, men holder også delvis fast på opprinnelig metodikk fra Fishwell. Grupper av fisk med nedsatt velferd, for eksempel som sturer mot notvegg, svimere eller fisk med dårlig appetitt, ble i stor grad ikke fanget opp på kamera. Bildeskarpheit, lysstyrke og kontraster var justerbar for optimalisering av bildekvalitet og velferdsgrunnlag.

2.5.4 Dødelighet, snittvekt og slaktedata

Dødelighet ble daglig registrert ved dødfisksamling og telling med kamera. Kommersiell slaktedata (sløyd vekt og filetkvalitet) og snittvekt var tilgjengelig fra oppdretters databaser etter slakt.



Figur 2.9: Eksempel på velferdsskåring gjennom kamera. A, B: Markerte områder inkluderer snute, skjelltap, deformitet, finner og kroppssår. Kilde: utklipp av Aquabyte velferdsskåring, N. Lysø.

2.6 Miljøfaktorer

Ulik teknologi ble brukt for å samle miljøparametere. Temperatur, saltholdighet og nivåer av oksygen i sjøanlegget på referansemerden ble overvåket av en profilerende drone (SeaSmart, 2023) som beveget seg gjennom vannsøylen en gang per døgn. På Otervika ble saltholdighet og temperatur profilert to ganger ukentlig ved flåten med CTD-måler (CastAway, CTD, 2023) ned til maksimal merddyp. Oksygen ble målt for Atlantis- og Nautilusmerdene om lag 15 m under luftkuppel, det vil si på ~40 meters dyp. Sjøtemperaturer ble i tillegg målt på ulike dybder via sensorer på Aquabytekamera og logget bortimot daglig.

2.7 Fôringsregimet

Forsøksfisker (F1, F2, F3) ble fôret med pelletstørrelse (9 mm) og fôrtype tilpasset årstiden (EWOS Rapid A HP 1000, EWOS Rapid A HP 1000 Dermic, Biomar Power 2500 LOM A 30 mg/50 mg) i to måltid: (08:00-11:00 og 13:00 – 16.30), (appendiks 8.9 figur 3).

Kontrollfisker ble fôret direkte via kommersiell overflatespreder (ScaleAQ, 2022) som blåser fôret til de enkelte merdene og fordeles med en liten spreder festet i rørenden. Fisk i nedsenkede merder fikk fôr via vannføring ($\varnothing = 90$ mm) med seks rør fordelt rundt luftkuppel ($d = 8$ m) på hver merd. Det ble nytted nedsenkede, kontinuerlig lyskilder på Otervika (F2, F3) med Aqualux 2500 W (Biomarine) som hovedlyskilde, Signify 240 W (Signify, 2023) ved kuppel for at laksen kunne observere fôrspredningen og trigge fylling av svømmeblære i luftkuppelen, samt Aqualux 640 W (Biomarine) ved dødfisksystem (Biomarine, 2023). Referansemerd Heggvika (F1) hadde ikke montert lyskilder.

2.8 Fiskeforhold og velferd

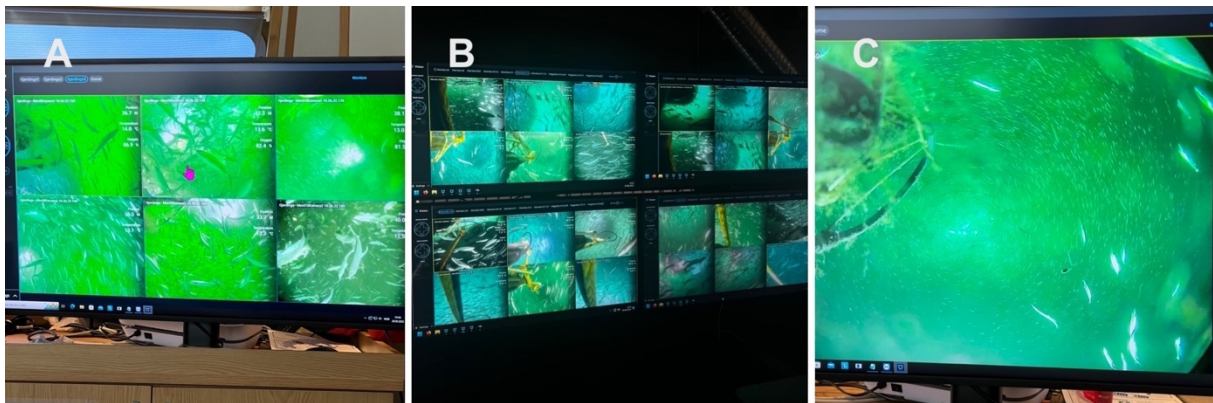
SinkabergHansen som operatør av anleggene overholdt nasjonal lovgivning som begrenser antall voksne hunnlus per fisk til 0,2 i løpet av vandrings sesongen og 0,5 resten av året. Når merdenes gjennomsnittlige lusepress nådde terskelen, ble avlusningsbehandlinger utført i henhold til kommersiell praksis (tabell 2.1).

2.9 Adferdsobservasjoner og overflateaktivitet

Det ble regelmessig gjort adferdsobservasjoner signert fiskehelsepersonell, driftsteknikere hos SinkabergHansen gjennom fôringskamera og Aquabytekamera, samt egne observasjoner gjennom Aquabytekamera. Det var plassert seks faste fôrkamera i hver merd i Atlantis, samt ett Aquabytekamera. Otervika hadde to vertikalt bevegelige kamera og ett Aquabytekamera. Heggvika hadde ett vertikalt-horisontalt bevegelig kamera, samt ett Aquabytekamera. Det ble sett på gruppestruktur (normal/avvikende), grov skissering av fiskens dybdefordeling, grad av

tilting (hode opp- hale ned svømming) og fylling av svømmeblære i luftkuppel.

Fôringsentralen brukte fôringskamera til å registrere stimadferd, avvik og svømmehastighet. For hver nedsenket merd ble kamera- og kameraobservasjoner brukt for å vurdere om laksen dukket opp i kuppelområdet. Observasjoner av overflateaktivitet ble gjort på Heggvika fra fôringsentralen gjennom hele forsøksperioden. Spesifikk telling av overflateaktivitet på de nedsenkede merdene var umulig å gjennomføre på grunn av høyt antall fisk mellom kamera og luftoverflate, samt stort areal som laksen kunne nytte.



Figur 2.10: Adferdsobservasjoner gjennom kamera via skjerm på lokalitet (A) eller fôringsentral (B). Typisk stimadferd (C). Foto: N. Lysø.

2.9.1 Svømmehastighet

Observasjon av svømmehastighet ble gjort omtrent hver 7. dag. Kroppslengde per sekund (BL s⁻¹) ble funnet ved å måle tiden (t) det tok fra snuten og deretter halefinnen å passere en vertikal referanselinje (punkt) og kalkulere hastigheten som 1/t (Dempster mfl., 2009). Det ble registrert hastighet for 10 tilfeldige individer som ble automatisk lagret i dataprogrammet (FishCtrl, Anteo). Det ble bare registrert svømmehastighet på nedsenket fisk for å ha en kontinuerlig overvåking av eventuelle raskere fremdrift som følge av manglende svømmeblærefylling.

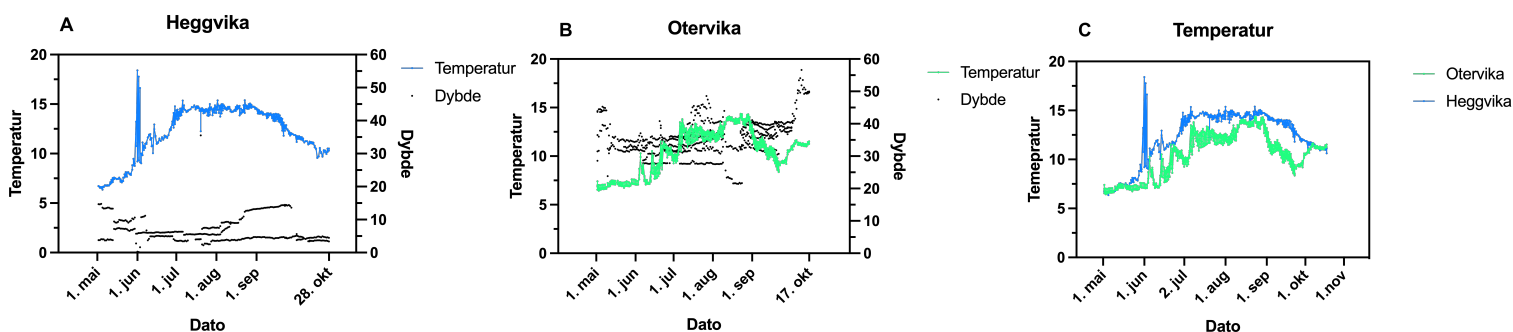
2.10 Databehandling

Miljøforhold, dødelighet, snittvekt, Laksvel-skåring (skjelltap, kroppssår, snutesår, finneskade, deformiteter) lusestadier for kjønnsmoden (lakselus og skottelus) og bevegelig lakselus ble sammenlignet mellom de nedsenkede merdene og kontrollmerdene ved bruk av Prism dataprogram.

3. Resultat

3.1 Miljøforhold

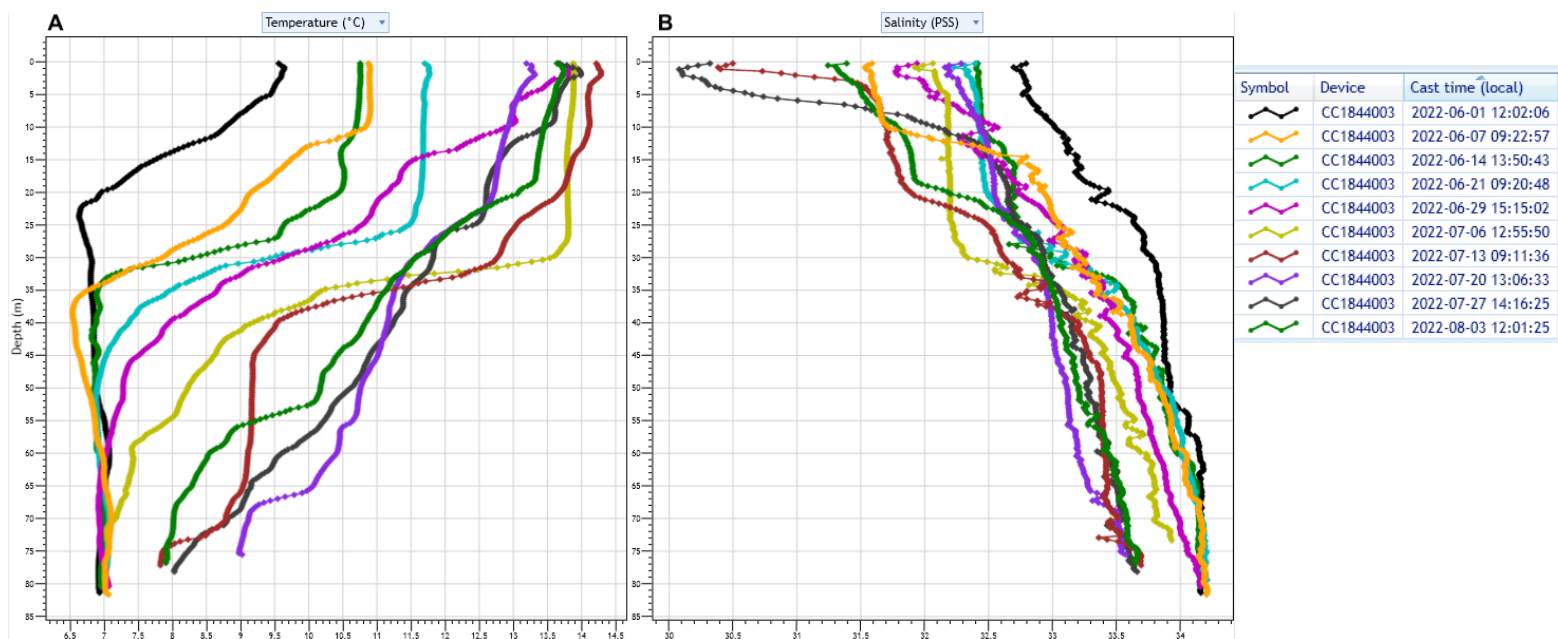
Miljøforholdene fulgte normalt sesongmønster med varmeste vann i overflatelagene i sommermånedene og på høsten. Sesongvariasjon og vertikale lagdelinger av temperatur, oksygen og saltholdighet i vannsøylen er presentert for Heggvika og Otervika i figur 3.1A-C, 3.2, 3.3 og 3.4A-C. Heggvika hadde lavest temperatur ($\sim 7-12^{\circ}\text{C}$) i mai til juli, med økning ($\sim 12-15^{\circ}\text{C}$) i juli til september, og avtok ($<13^{\circ}\text{C}$) fra midten av september (figur 3.1A). Samtidig viser figur 3.2A jevn temperaturfordeling mellom dybder (5, 10, 20 meter), med høyere temperaturer for øverste vannsjikt. Otervika (figur 3.3A) viser 2-3 $^{\circ}\text{C}$ lavere temperaturverdier ($\sim 7-11^{\circ}\text{C}$) på 40-75m dybde, og høyere ($\sim 9-14^{\circ}\text{C}$) på 20-35 meter fra juli til august. Manuelle målinger på Otervika (figur 3.4A) viser temperaturer mellom 8-13 $^{\circ}\text{C}$ på ulike dybder (30-50m) fra september til november. Stabile oksygenivåer ($>90\%$ metning) ble registrert på Heggvika (figur 3.2B) i starten av forsøksperioden, med fall i metning ($\sim 70-90\%$ metning) fra juli til september. Det ble registrert varierende oksygenivåer ($\sim 70-90\%$ metning) manuelt i slutfasen av forsøksperioden på Otervika (figur 3.3B), med enkelte reduksjoner ($\sim 70\%$ metning) periodevis i september og oktober. Saltholdighet på Heggvika (figur 3.2 C) var hovedsakelig >28 PSU med noe lave verdier ($\sim 24-28$ PSU) enkelte dager i august. Saltholdighetsverdiene på Otervika (figur 3.3 B) var $\sim 31-34$ PSU fra juni til august.



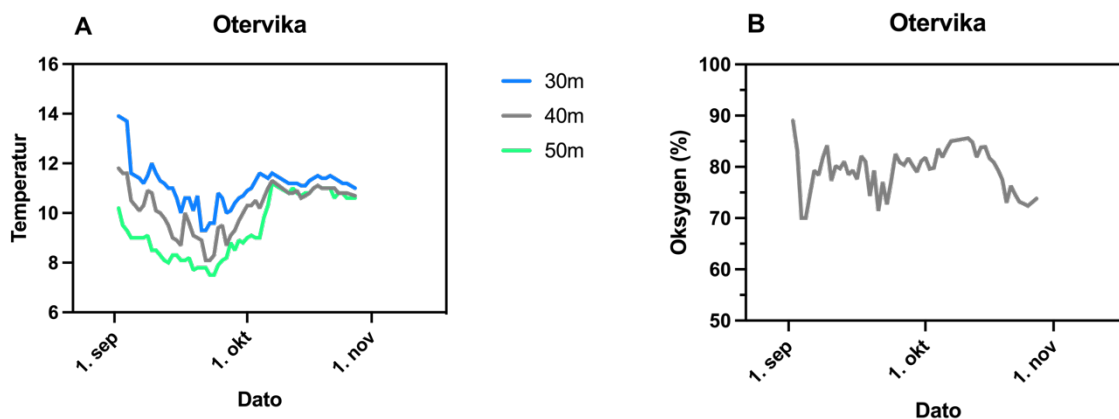
Figur 3.1 A-C: Kameramålt (Aquabyte) temperaturforskjeller mellom Heggvika og Otervika. A: Viser flere temperaturmålinger per dag på samme kamera på ulike dybder for Heggvika, der temperaturen varierer mellom 7-15 $^{\circ}\text{C}$. B: Viser flere temperaturmålinger per dag på samme kamera på ulike dybder for Otervika, der temperaturen har vært jevnt under 12 $^{\circ}\text{C}$. C: Viser temperaturforskjeller mellom Heggvika og Otervika.



Figur 3.2 A-C: Miljømålinger på Heggvika (F1). A: Temperatur (°C), B: Oksygen (%), C: Saltholdighet (PSU) på ulike dybder (5,10 og 20m) fra REF4 mai til september. Kilde: Sea Smart drone.



Figur 3.3 A-B: Profilerende miljømålinger på Otervika fra juni til august. A: Viser Temperatur (°C) med x-akse fra 6,5 til 14,5 °C, y-akse fra 0m til 85m dybde. B: Viser saltholdighet (PSU) med x-akse fra ~ 31 til 34 saltholdighet (PSS), y-akse fra 0m til 85m dybde. Hentet fra: CastAway.



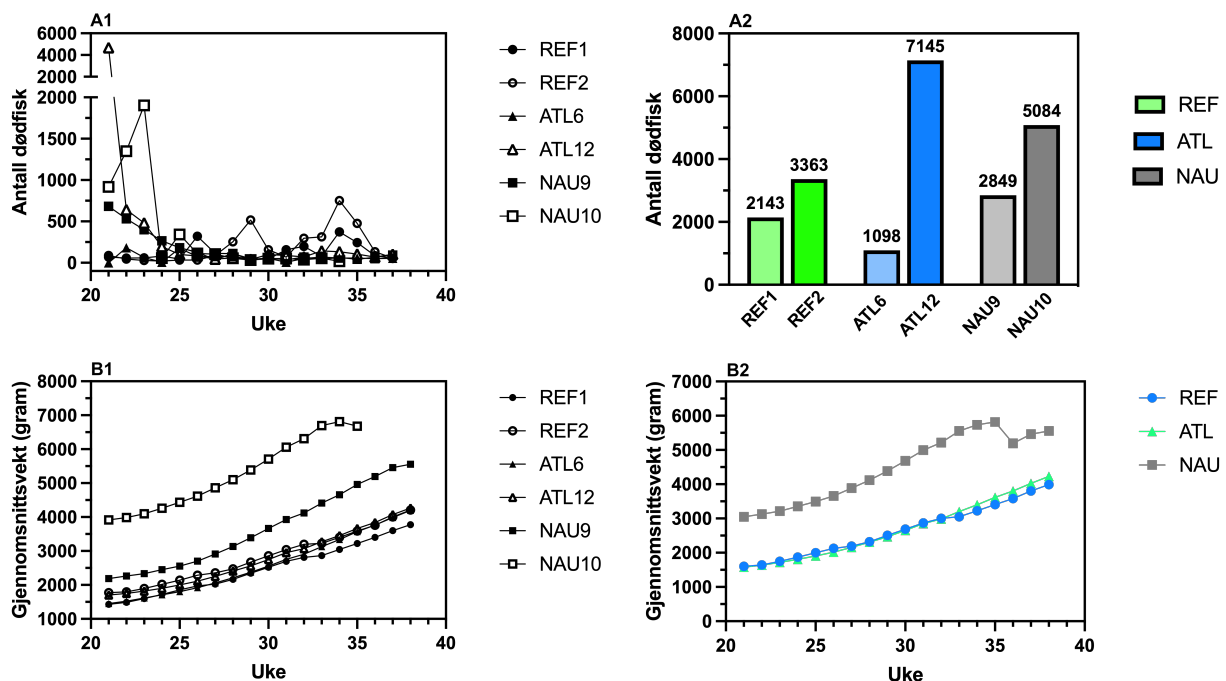
Figur 3.4 A-B: Manuelle temperatur- og oksygenmålinger på Otervika fra august til oktober. A: Grafene viser temperatur (°C) på ulike dybder (30, 40, 50 meter) fra perioden 31. august til 26. oktober 2022. B: Grafene viser Oksygen (%) på 30 meters dybde fra perioden 31. august til 26. oktober 2022.

3.2 Parametere for fiskeproduksjon

3.2.1 Dødelighet og gjennomsnittsvekt

Det var stor variasjon i akkumulert antall døde gjennom forsøksperioden (29.05.22-25-09.22), (figur 3.5 A2), med laveste verdier i nedsenket (ATL6: 1.098 individer) og deretter stigende i REF1 (2.143 individer), NAU9 (2.849 individer), REF2 (3.363 individer), NAU10 (5.084 individer) og ATL12 (7.145 individer). Det var økende dødelighet ved forsøksstart (uke 21-24), og deretter avtagende frem til økninger for F1 ved avlusningstidspunkt (uke 27 og 33). Derimot var det innslag av fisk med mindre sirkulære sår, og det var disse individene som døde jevnlig. Dødfisken på nedsenket lokalitet Ottervika (F2, F3) var preget av alvorlig lyteendringer i form av sekundærinfeksjon etter håndtering.

Fiskegruppene hadde ulik vekt ved forsøksstart, der F3 (Nautilusmerder) med høyest gjennomsnittsvekt gjennom hele forsøksperioden (figur 3.5B1/B2), mens vektoppgangen hos F2 (Atlantis) og F1 (referansemerder) var relativt jevn og lik gjennom hele forsøksperioden.



Figur 3.5 A-B: Akkumulert antall døde og snittvekt. «REF» representerer F1, «ATL» representerer F2 og «NAU» representerer F3. A1: Viser akkumulert antall (n) døde fra nullpunkt (29.05.22) til sluttpunkt (25.09.22). A2: Viser totalt antall døde på fiskegruppenivå. B1: Viser gjennomsnittsvekt (gram) på merdnivå. B2: Viser gjennomsnittsvekt (gram) på fiskegruppenivå.

3.2.2 Fiskeadferd og svømmehastighet

Ved inspeksjon av fiskens adferd via førkamera ble det observert gjennomgående normal stimadferd, stabil oppdrift, normal tiltvinkel og normal fordeling i vannsøyle for alle fiskegruppene (F1, F2, F3). Ved enkelte observasjoner på F2, F3 ble det observert noe redusert flukttrespons ved bevegelse på føringskamera opp og ned i vannsøyle. Det ble observert en tydelig bruk av luftkuppel på Otervika (F2, F3).

Det ble målt svømmehastighet fra tilvekstsentralen hver uke på Otervika (figur 3.6). Jevnt over var svømmehastighetsmålingene normale, men jevnt over svært lave, noe som tyder på at fisken ikke har utfordringer med å opprettholde oppdrift i vannsøylen.

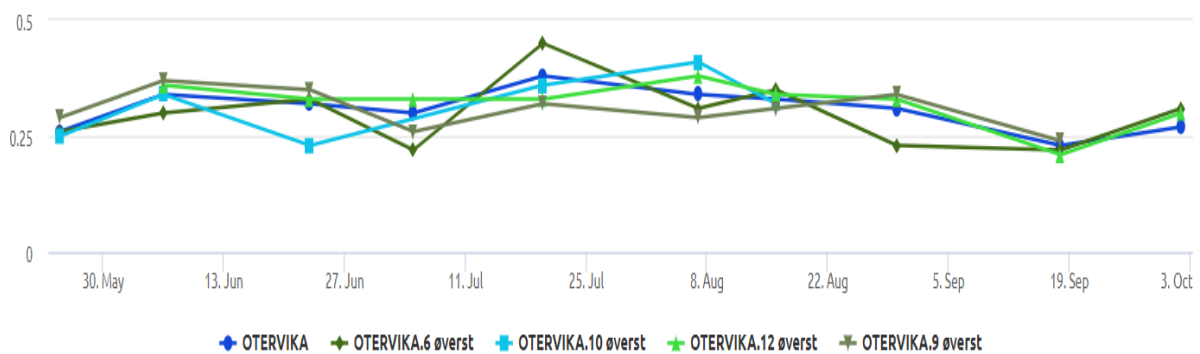


Fig 3.6: Svømmehastighet av nedsenket fisk (F2, F3) på Otervika. Utklippet viser jevn svømmehastighet på 0,25-0,5 BL sec⁻¹ gjennom hele forsøksperioden. Kilde: FishCtrl, Anteo.

3.2.3 Slaktedata

Ved slutten av forsøket ble laksen transportert til SinkabergHansen sitt slakteri på Marøya i Nærøysund (tabell 3.1) over et lengre spenn på om lag to måneder. Den første og siste merden ble henholdsvis slaktet ut 05.09 (NAU10) og den siste merden ble slaktet ut 10.11(REF1). Resterende merder ble slaktet 03.10 (NAU9), 12.10 (REF2), 01.11 (ATL12), 04.11 (ATL6). Totalt 226.291 fisk ble slaktet ut fra Atlantismerdene (F2), 157.552 fisk ble slaktet ut av Nautilusmerdene (F3) og 403.704 fisk ble slaktet ut av referansemerdene (F1). Gjennomsnittlig fiskevekt på de tre merdtypene var henholdsvis 4,09 kg (Atlantis, F2), 5,06 kg (Nautilus, F3) og 4,19 kg (referansemerd, F1). Gjennomsnittlig superiorandel på nedsenket lokalitet (Otervika) ble 90,9 %, med forholdsvis fordeling på 94,8% (Nautilus, F3) og 87,0% (Atlantis, F2), samt 97,4% på lokalitet Heggvika.

Tabell 3.1: Slakteresultat etter endt produksjon på Otervika og Heggvika. Tabellen viser totaloversikt på samlet produksjon på begge lokaliteten, samt oversikt over hver merd på Otervika og Heggvika. Tilpasset fra oppdrettes databaser (appendiks 8.8 tabell 5).

Slakteresultat Otervika (F2, F3) og Heggvika (F1)						
Slaktedato (start)	Merd	Antall slaktet	Slaktet biomasse	Slaktet snittvekt sløyd	Utgående slakt CV (%)	Superior (%)
	Otervika tot.	383 843	1707028	4447	15,80	90,80
04.11	ATL6	112 223	478536	4264	13,52	94,00
01.11	ATL12	114 068	446291	3913	-	80,0
03.10	NAU9	96 264	445714	4630	16,97	96,00
05.09	NAU10	61 288	336487	5490	18,13	93,60
	Heggvika tot.	403 704	1711904	4240	13,90	97,00
10.11	REF1 (HE12)	250 593	1096127	4374	13,48	96,2
12.10	REF2 (HE04)	153 111	615777	4022	14,6	98,5

3.3 Fiskevelferd

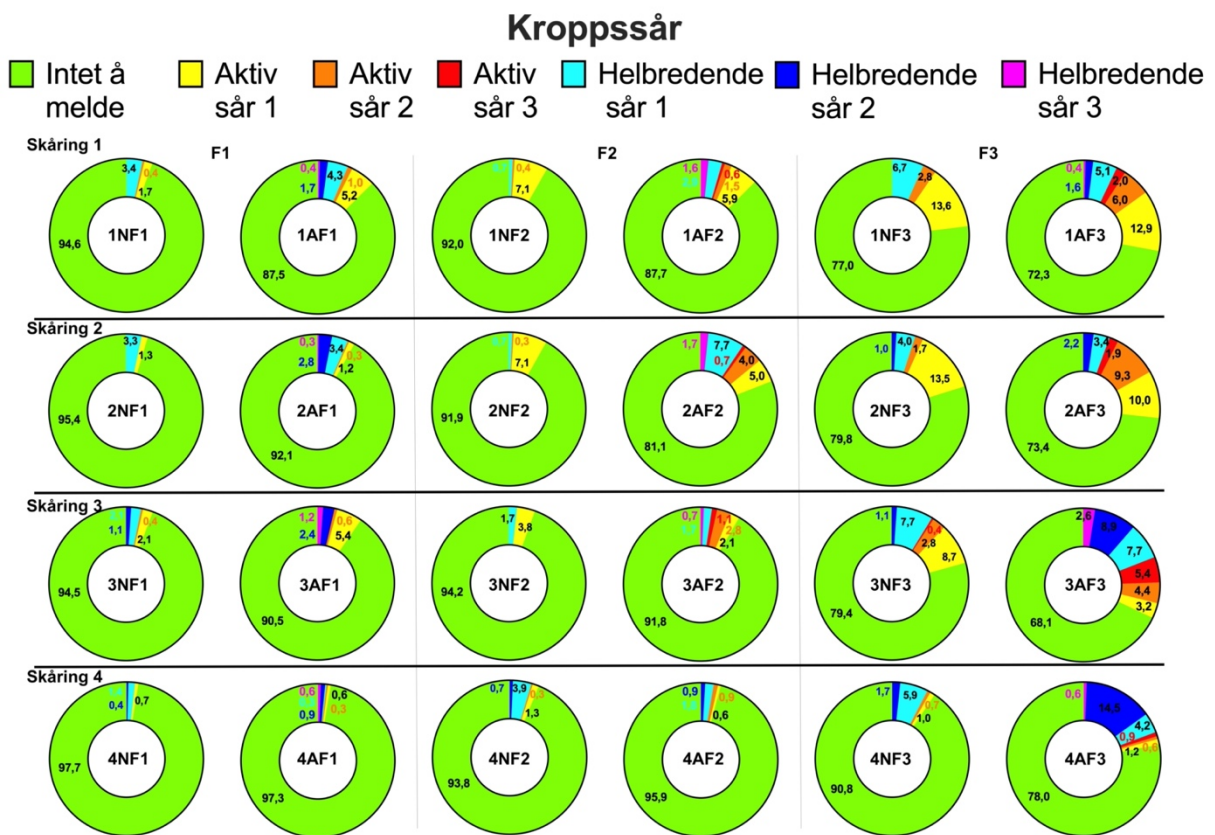
Overordnet er det ikke store forskjeller i velferd mellom referanse, Atlantis og Nautilus og merdgrupper (3.7-3.15). Men, det var høyere forekomst av **skjelltap** hos referansene (40-60% N/ 25-60% A) sammenlignet med nedsenkede merder (18-60% N/ 8-40% A). Nautilus hadde høyest velferdsskår på **kroppssår** (15-25%) sammenlignet med Atlantis (5-15%) og referanse (3-12%), som hadde relativ lik fordeling. Til tross for svært lav forekomst av **deformitet** på samtlige merder (<5%), opplevde Nautilus noe høyere grad av deformitet med skåring 3 (~15%) ved ett tidspunkt sammenlignet med referanse og Atlantis. **Snuteskader** forekom hyppigere hos nedsenket (40-90% N/ 17-35% A), sammenlignet med referansefisk (40-95% N/ 7-14% A). Finnetilstanden på forsøksfisken var jevnt over preget av høyt innslag av aktiv skade 1 (> 40% for de skåringene) på alle fiskegrupper. Mens **hale-** og **ryggfinne** mest hadde skade, var det ikke store forskjeller på fiskegruppe. **Bukfinne** var relativ jevn på alle fiskegrupper, men noe høyere forekomst på referansene for skåring 3 og 4 (>60% skår 1) sammenlignet med Atlantis (25-50% skår 1) og Nautilus (30-60% skår 1). **Gatt-** og **brystfinne** var også relativ jevn for alle fiskegrupper, men det ble skåret ulikt av meg og Aquabyte, der jeg skåret flere med aktiv skade 1 sammenlignet med Aquabyte.

Forkortelsesforklaring på figurer

Fiskevelferd er vist i figur 3.7 – figur 3.15 som gjennomsnittlig prosentvis fordeling av fiskegrupper (F1, F2, F3) fra velferdsskåring 1 til velferdsskåring 4. Hver rad inneholder 6 kolonner som indikerer gjennomsnittlig velferdsparameter for **F1** (REF1 + REF2), **F2** (ATL6 + ATL12) og **F3** (NAU9 + NAU10) skåret av **N** (Nora) t.v. og **A** (Aquabyte) t.h. (annenhver kolonne). Eksempelvis: «**1NF1**» betyr første skåring Nora på fiskegruppe 1 (F1), mens «**3AF3**» betyr tredje skåring Aquabyte fiskegruppe 3 (F3). Appendiks 8.3 tabell 1 viser detaljert prosentvis fordeling på merdnivå (REF1, REF2, ATL6, ATL12, NAU9, NAU10) for alle fiskegrupper.

3.3.1 Kroppssår

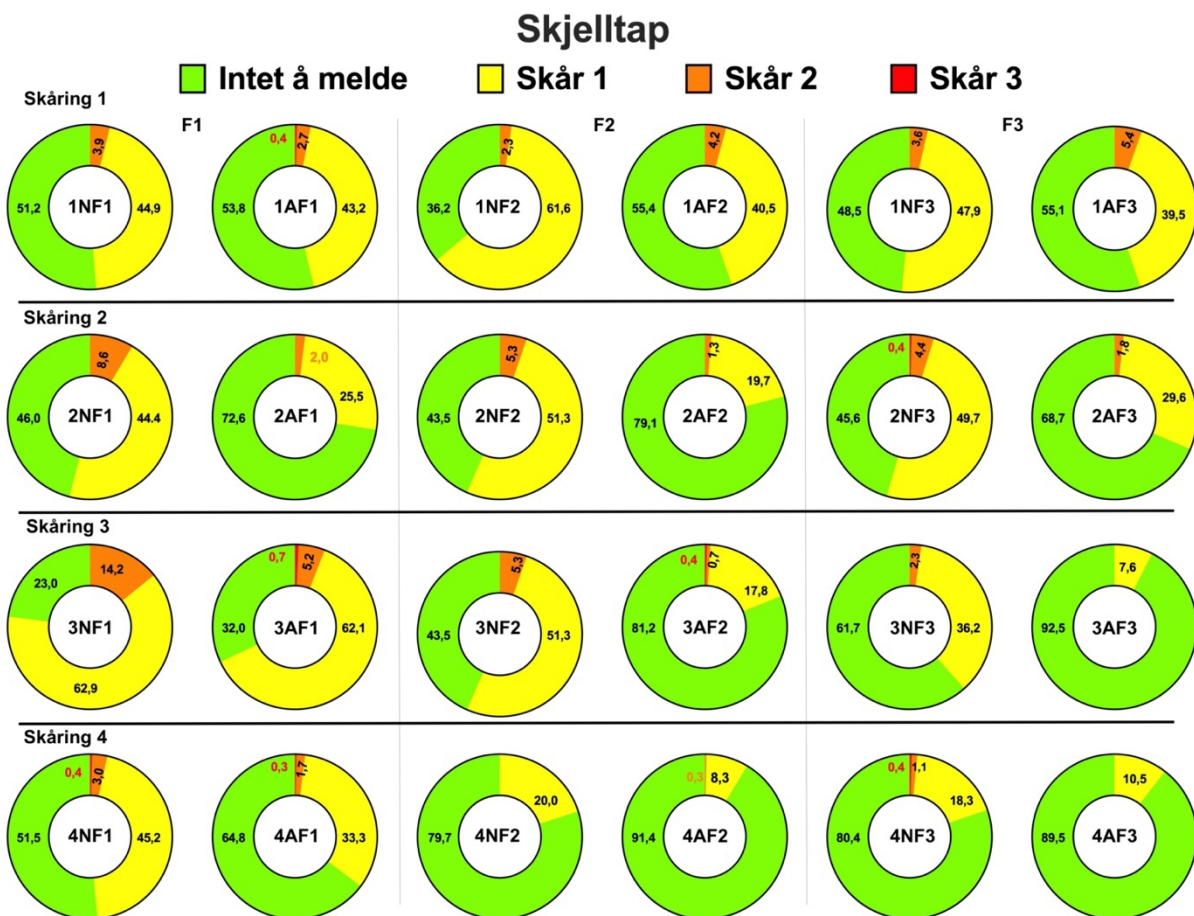
Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av kroppssår viser at fisken i samtlige merder har lite kroppssår hvor > 68% er kategorisert som «intet å melde» (figur 3.7). Likevel har Nautilusmerder høyest forekomst av kroppssår, der hyppigheten av velferdsskår utenom «intet å melde» var størst (> 30%) både for skåring gjort av meg (N), samt Aquabyte (A). Atlantis (F2) hadde høyere forekomst av aktive sår (~5-8%) sammenlignet med referansemerd (~3%), selv om sistnevnte hadde innslag av mer helbredende sår (< 5%). Andel av sårskader er synkende over tid, inkludert mer helbredende enn aktive sår.



Figur 3.7: Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av kroppssår. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser generelt lav forekomst av kroppssår på samtlige merder. Likevel hadde F3 høyere forekomst av aktive og helbredende sår, der Aquabyte (A) har høyest generell skåringsandel sammenlignet med egne skåringer (N).

3.3.2 Skjelltap

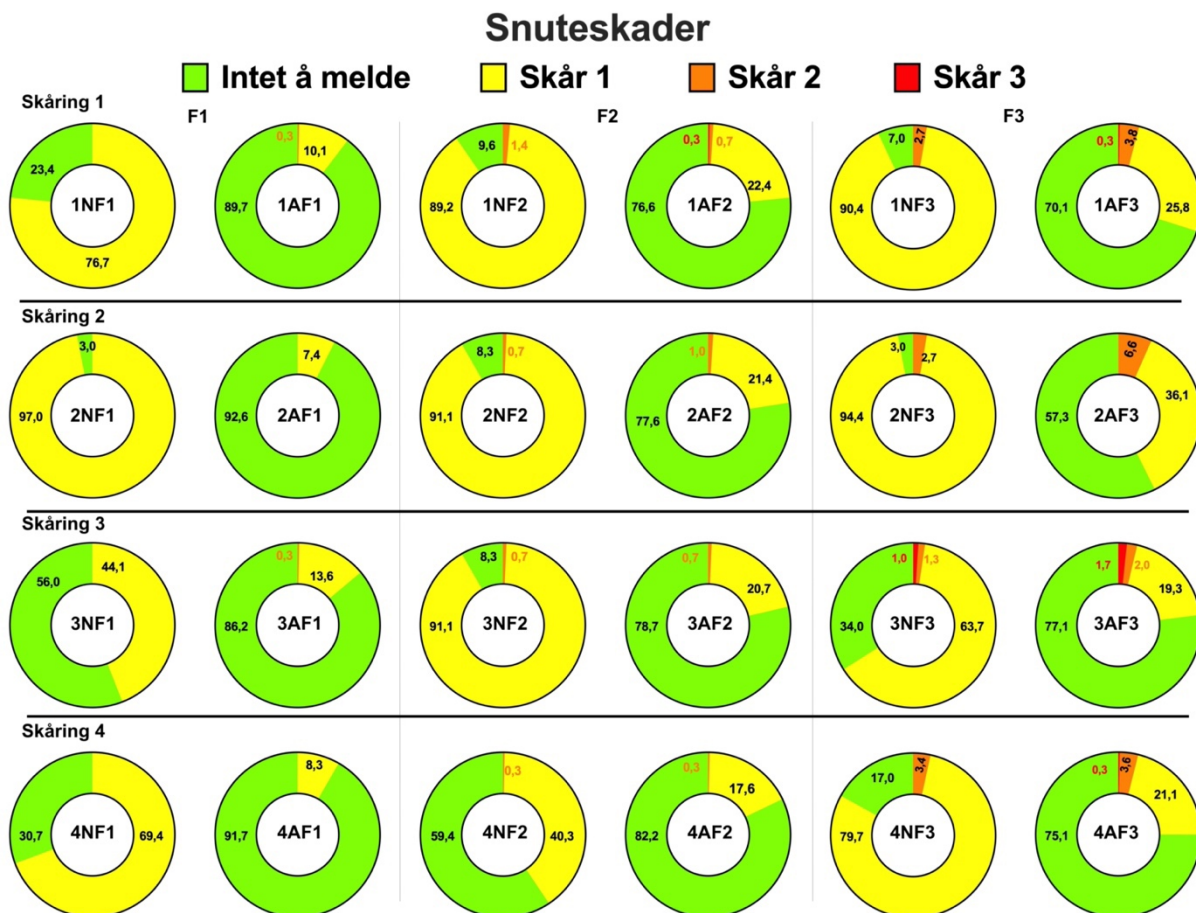
Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av skjelltap (figur 3.8) viser at fisken har varierende grad av noe skjelltap. Det var mer innslag av «skår 2» på referansemerd (4-14% N/ 2-5% A) sammenlignet med nedsenket fiskegrupper (<5%). Skjelltapsskåren forbedres på begge nedsenket fiskegrupper over tid, i motsetning til referansemerd som har mer varierende (30-70% med skår), og til dels økt (skåring 3) gjennom hele perioden. I tillegg har nedsenkede fiskegrupper ingen tydelige forskjeller på skjelltap. Aquabyte (A) har skåret flere fisk med «intet å melde» enn meg, der jeg har høyere forekomst av «skår 2» og «skår 1».



Figur 3.8 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av skjelltap. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser høyere forekomst av skjelltap hos referansemerd (F1), der skjelltap forverres noe til skåring 3. F2 og F3 viser relativ lik forekomst av skjelltap skåret av Aquabyte (A), med høyest innslag av «skår 2» i første og andre skåring for F2 og F3.

3.3.3 Snuteskader

Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av snuteskader (figur 3.9) viser at nedsenket fisk har høyere innslag av snuteskader (60-90% N unntatt 4NF2/ 17-38% A) sammenlignet med referansemerder (40-90% N/ 7-10% A). F3 utpeker seg med høyest forekomst av snuteskader (64-94%), der «skår 2» er høyere for både egne (~3% N) og Aquabyte (2-6% A) sine skåringer sammenlignet med F1 (0,3% A) og F2 (~1% N/A). Dessuten viser gjennomsnittlig fordeling på F1, F2 og F3 at Aquabyte (A) skårer betydelig høyere på «intet å melde» (50-90%), i motsetning til meg (<50%), der største andel av fordelingen har «skår 1» (> 60%, med unntak av 3NF1 og 4NF2) på samtlige fiskegrupper.

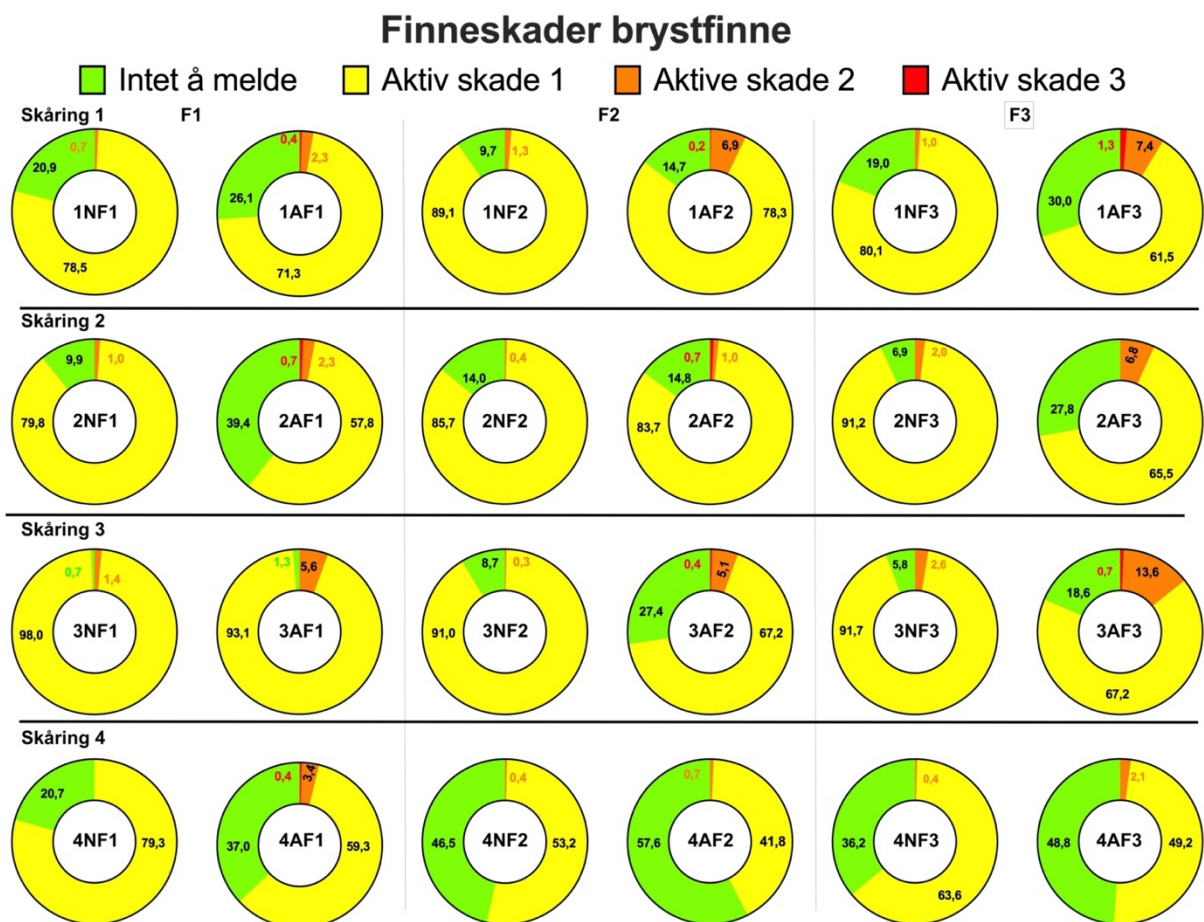


Figur 3.9 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av snuteskader. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser høyest forekomst av snuteskader hos nedsenket fisk, der F3 har høyest innslag.

3.3.4 Finnetilstand

Brystfinne

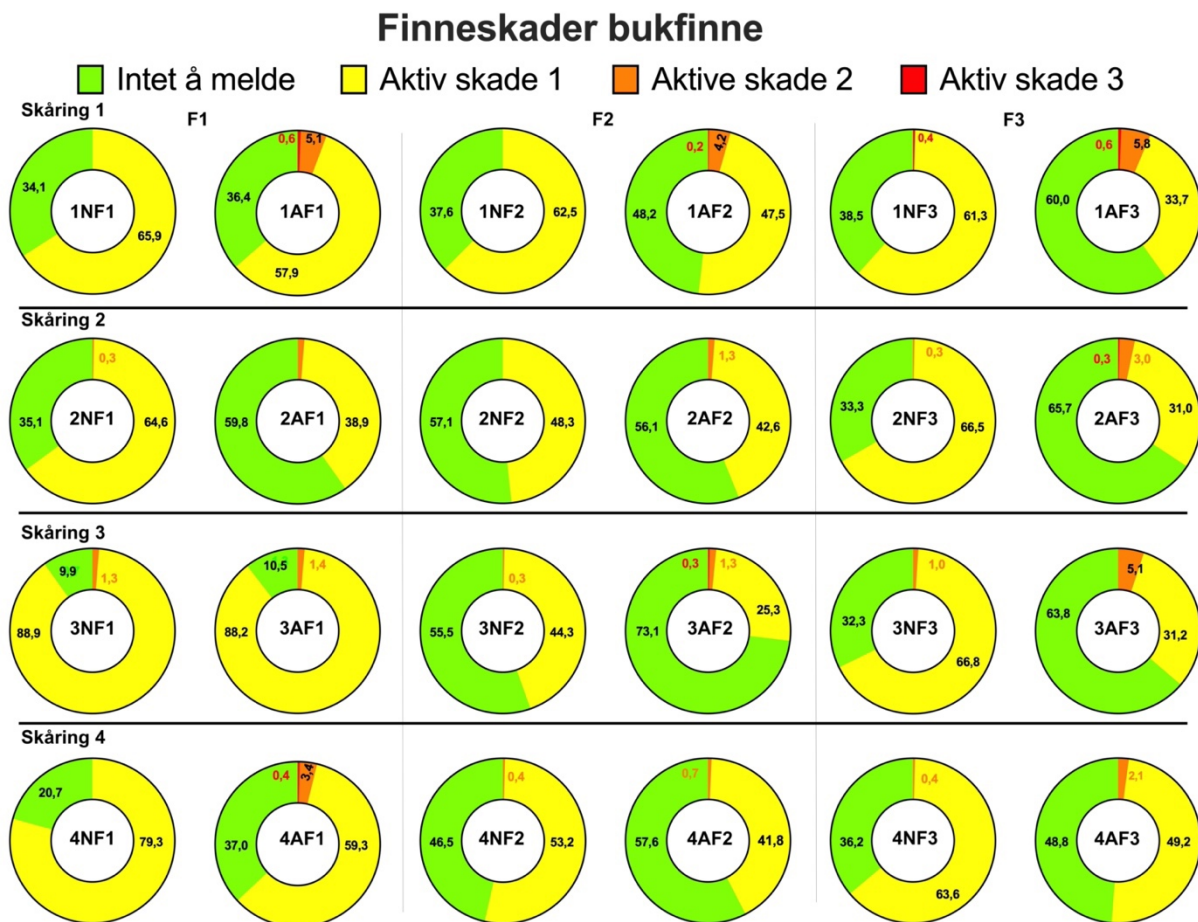
Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av brystfinne (figur 3.10) viser høyest forekomst av «aktiv skade 1» på samtlige fiskegrupper (> 50% med unntak av 4AF2 og 4AF3). Det er relativt lite forskjeller mellom referansemerder (F1) og nedsenkede merder (F2, F3), med unntak av skåring 3 og 4, der nedsenket fisk (F2, F3) har høyere forekomst av «intet å melde» (~7% N/ ~20% A) sammenlignet med referansemerd (~1% N/A). Skåringsprosent mellom egne skåringer (N) og Aquabyte (A) varierer i noe grad, der Aquabyte har generelt skåret flere med «aktiv skade 2» gjennom hele forsøksperioden.



Figur 3.10 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av brystfinne. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser høy forekomst av «aktiv skade 1» på samtlige fiskegrupper, men noe forbedret finneskader på F2 og F3 i skåring 4.

Bukfinne

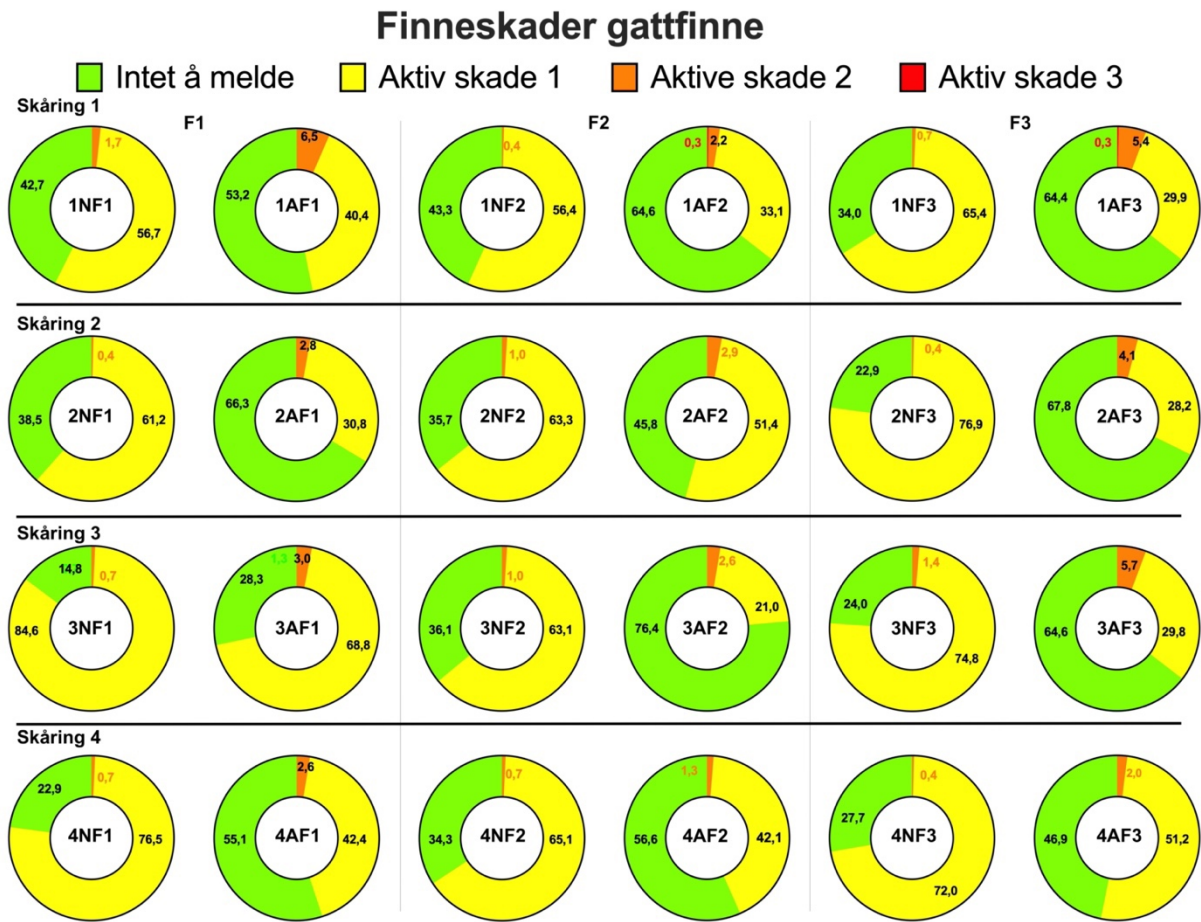
Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av bukfinne (figur 3.11) viser høyere forekomst på «intet å melde» på nedsenket fisk (35-57% N/ 50-70% A), sammenlignet med referansemerd (10-30% N/ 10-59% A). Dessuten er det lite forskjeller på skåring mellom F2 og F3. Det ble skåret betydelig høyere forekomst av «Aktiv skade 1» ved skåring 3 (~90% N/A) og 4 (~80% N/ ~60% A) på F1 sammenlignet med F2 (20-40% N/A) og F3 (30-60% N/A) nedsenket skåring 3 og F2 (<50% N/A) og F3 (<60% N/A) skåring 4. Generell bukfinnefordelingen viser at Aquabytte (A) har skåret flere med skår 2 (aktiv skade 2) og 3 (aktiv skade 3) sammenlignet meg egne skåringer (N).



Figur 3.11 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av bukfinne. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabytte (A). Figuren viser høyest forekomst av «intet å melde» på nedsenket fisk, der F1 hadde høyt innslag av «aktiv skade 1» ved skåring 3 og 4.

Gattfinne

Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av gattfinne (figur 3.12) viser relativt lik velferdsskåring for samtlige fiskegrupper, der skåring 1: ~40% N/ 55% A intet å melde, skåring 2: ~30% N/ 45-60% A intet å melde, og skåring 4: ~30% N/ ~50% A ved intet å melde. Unntaket var for skåring 3, der referansemerder hadde høyere andel av «skår 1» (~84% N/ ~70% A) sammenlignet med nedsenket F2 (~60% N/ ~20% A) og F3 (~74% N/ ~30% A). Egne velferdsskåring (N) indikerer høyere innslag av «aktiv skade 1» på samtlige fiskegrupper sammenlignet med Aquabyteskåring (A), som overordnet gir en bedre totalvurdering på gattfinneskåring.

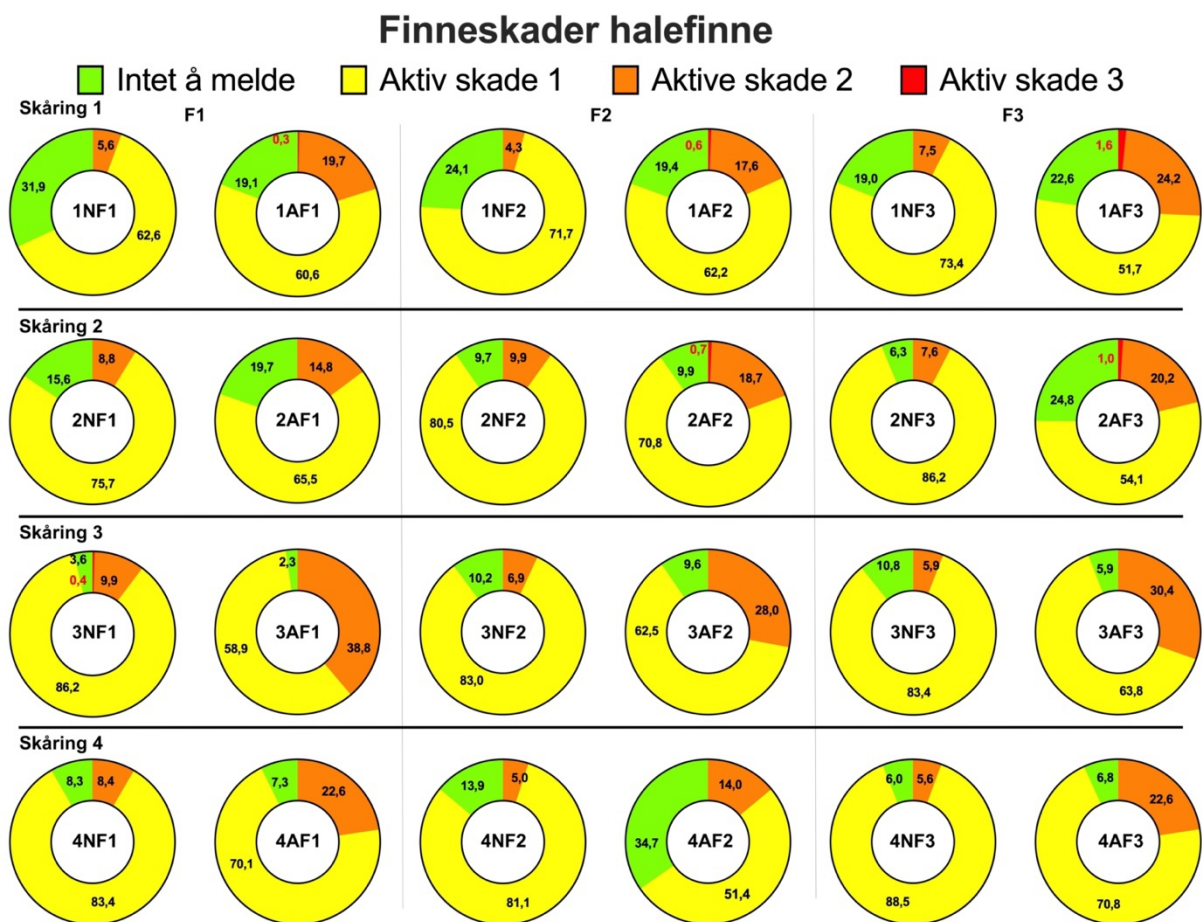


Figur 3.12 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av gattfinne. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser relativt lik velferdsskår på samtlige fiskegrupper, som inkluderer at jeg (N) har høyere andel av «aktiv skade 1» sammenlignet med Aquabyte (A) sine skåring.

Halefinne

Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av halefinne (figur 3.13) viser relativt lik velferdsskåring for samtlige fiskegrupper (F1, F2, F3), der «intet å melde» viser ~20% N/A (skåring 1), <20% N/A (skåring 2), <10% N/A (skåring 3), 10-30% N/A (skåring 4).

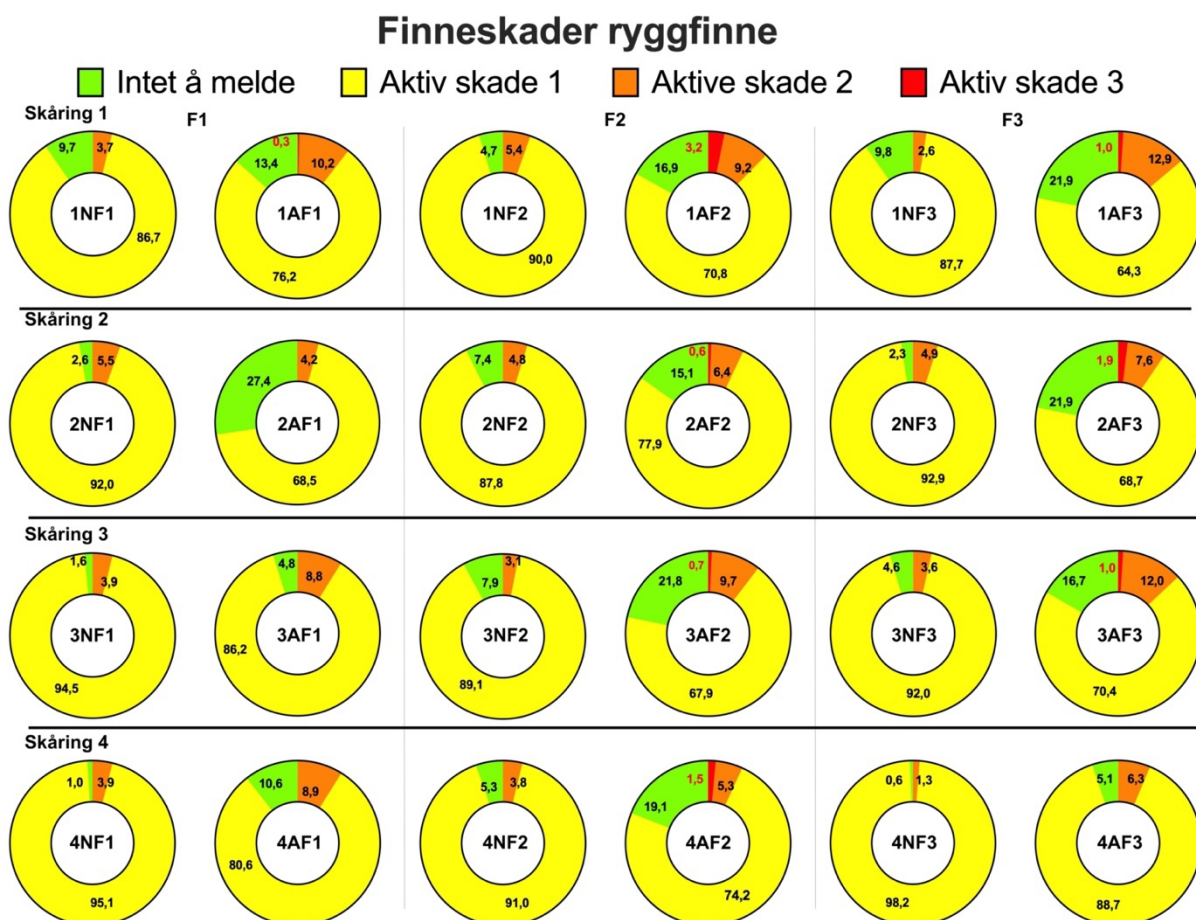
Halefinne kommer dårligst ut på velferdsskåring av alle parameterne med høyest andel «aktiv skade 2» (5-30%). Skåringsfordelingen på halefinner mellom egne målinger og Aquabytes sine målinger samsvarer forholdsvis bra, hovedtrenden er at Aquabyte (A) skårer flere fisk med aktiv skade 2 og 3 sammenlignet med egne målinger (N).



Figur 3.13 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av halefinne. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser relativt lik velferdsskåring for samtlige fiskegrupper (F1, F2, F3).

Ryggfinne

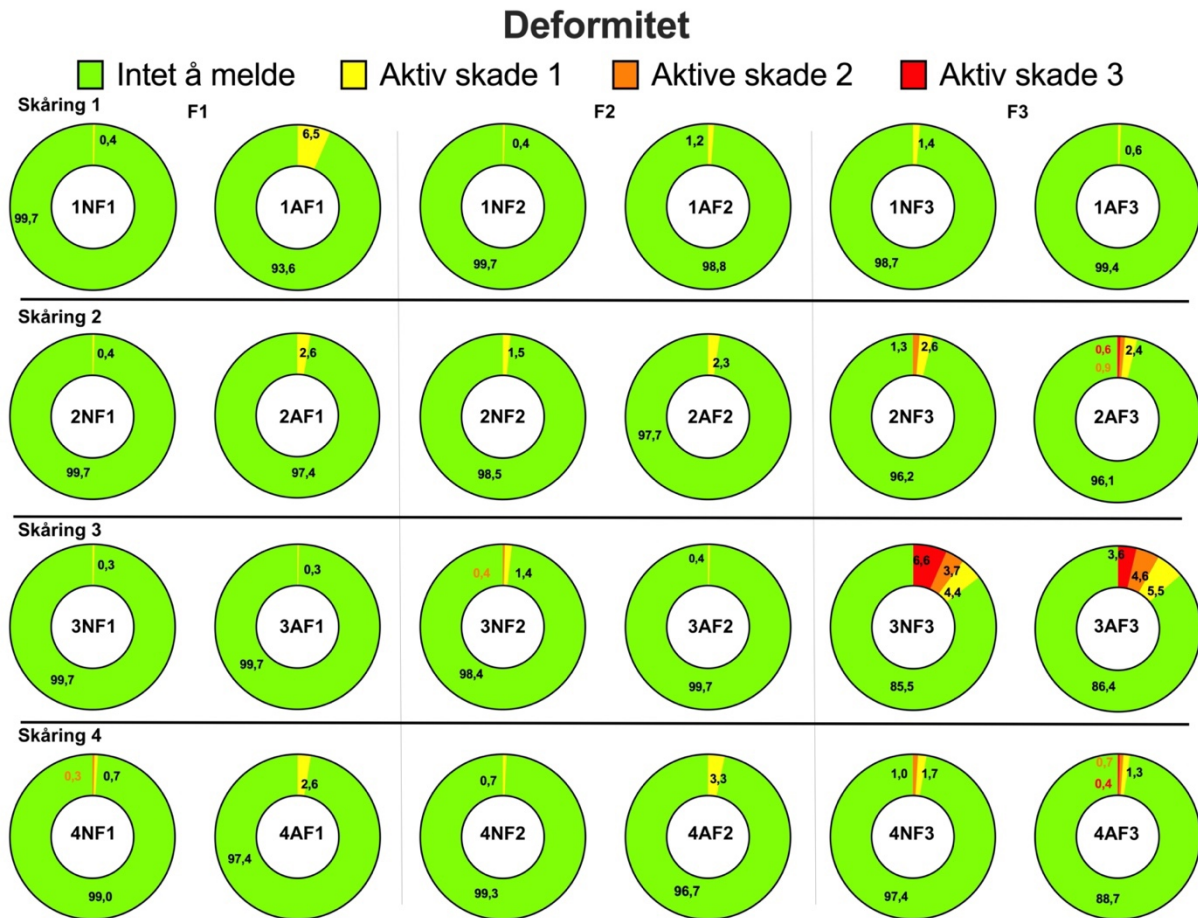
Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av ryggfinne (figur 3.14) viser relativt lik velferdsskåring for samtlige fiskegrupper (F1, F2, F3), der «intet å melde» viser 5-20% N/A for samtlige skåringer (1-4). Det er høyest forekomst av «aktiv skade 1» (>65%), og det er få finner som klassifiseres som «intet å melde» (<27%). Skåringsfordelingen mellom egne målinger og Aquabytes sine målinger samsvarer i noe grad for ryggfineskader, hovedtrendene er at Aquabyte (A) skårer flere fisk med aktiv skade 2 og 3 sammenlignet med egne målinger (N).



Figur 3.14 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av ryggfinne. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser relativ lik velferdsskåring for samtlige fiskegrupper (F1, F2, F3).

3.3.5 Deformitet

Resultatene viser svært lav (>3%) forekomst av deformitet på samtlige merder, med unntak av Nautilus (F3) i skåringsperiode 3 (3NF3 og 3AF3), der forekomsten av moderat til alvorlig (14,7% N, 13,6% A) deformitet var betydelig høyere (figur 3.15). I tillegg hadde F3 noe forhøyet forekomst av aktiv skade 2 (~1%) både før og etter skåring 3. Skåringsfordelingen mellom egne målinger og Aquabytes sine målinger samsvarer i høy grad for deformitet.



Figur 3.15 Gjennomsnittlig prosentvis fordeling av deformitet. Kolonne F1, F2 og F3 viser skåring (1-4) av meg (N) og Aquabyte (A). Figuren viser lav forekomst av dødelighet på samtlige fiskegrupper. Likevel bemerket F3 seg med høyere forekomst av alvorlig deformitet i skåring 3.

3.4 Manuelle velferdsskåringar ved avlusning

Resultater fra manuelle velferdsskåringar viser stort sett høgere velferdsskår (dvs. dårligere fiskevelferd) etter gjennomført avlusning (tabell 3.2). Likevel viser tabellen delvis forbedret lyteendringer (●) etter gjennomført avlusning. Ectosan-behandling ga økt skår på risttap, slimlag og delvis rødbuk. FreshWell ga økt skår på rødbuk og delvis slimlag og risttap (07.07/11.07). Optilice ga økt skår på slimlag, rødbuk og risttap. Flest fisk lå innenfor en skår mellom 0,2-2, der det var få fisk med skår 3. Trenden etter behandling viser at fisken i stor grad får høgere skår (økning med ~ 0,5), samtidig som FreshWell-behandlingen (17.08/22.08) fikk bedre skår etter lusebehandlingen for slimlag og risttap. Verdiene i tabellen indikerer relativt normal og fin fisk (skår 0, skår 1), med lav forekomst av alvorlig skade (skår 3) på slimlag, rødbuk og risttap.

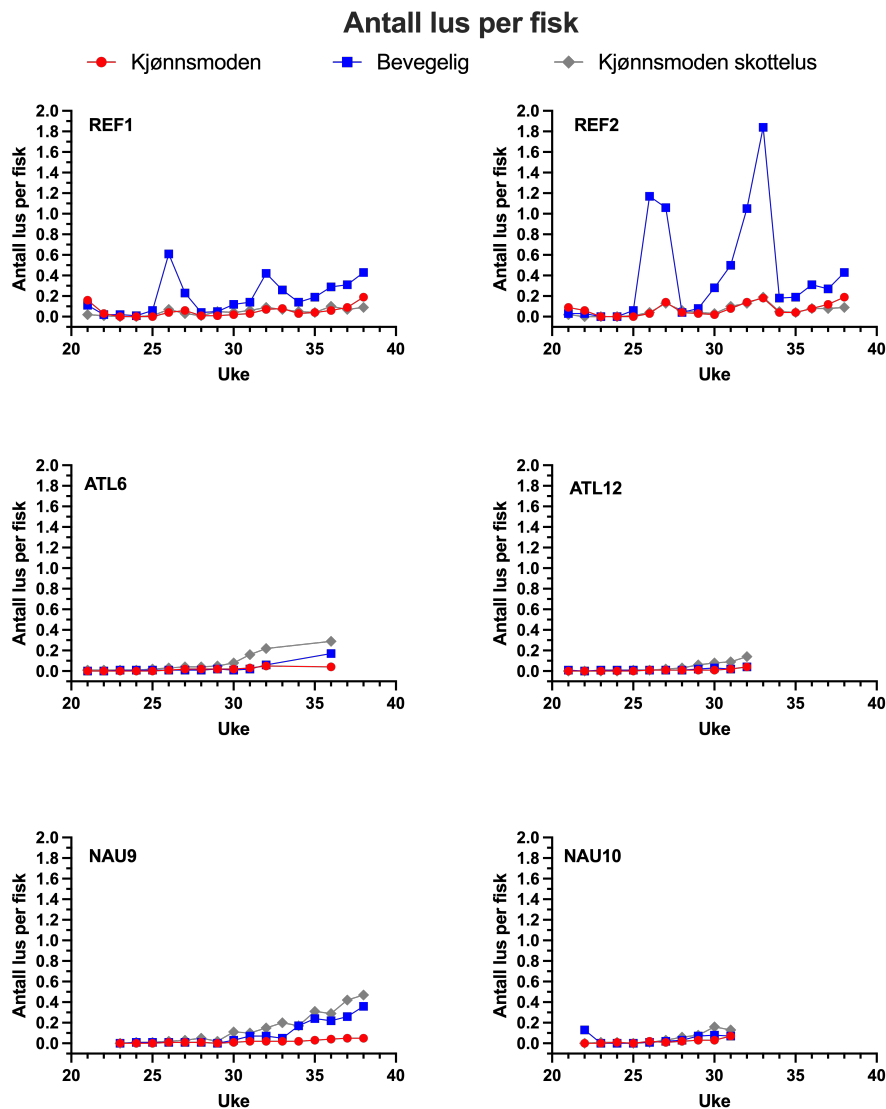
Tabell 3.2: Resultat fra manuelle skåringar på Heggvika ved bruk av standardisert lyteskåringssystem, (Fishwell 0-3). Tellingene gjøres før og etter avlusning for å vurdere grad av lyteendringer ved lusebehandling. 20 fisk fra hver merd skåres før og etter avlusning.

MANUELLE SKÅRINGER (LYTESKÅRING) FØR OG ETTER LUSEBEHANDLING (HEGGVIKA)											
Merd	Dato	Behandling	Inntelling før avlusning			Uttelling etter avlusning			Differanse etter avlusning		
			Slimlag	Rødbuk	Risttap	Slimlag	Rødbuk	Risttap	Slimlag	Rødbuk	Risttap
REF1	30.05	Ectosan	0,20	0,25	0,50	1,50	0,60	2,05	1,30	0,35	1,55
REF2	02.06	Ectosan	0,03	0,05	0,45	0,85	0,10	0,80	0,83	0,05	0,35
REF1	07.07	FreshWell	0,51	0,60	0,61	0,12	1,42	1,36	-0,39●	0,82	0,75
REF2	11.07	FreshWell	0,00	0,00	0,10	0,00	0,33	0,84	0,0	0,33	0,74
REF1	17.08	FreshWell	0,15	0,05	0,52	0,0	0,83	0,35	-0,15●	0,78	-0,17●
REF2	22.08	FreshWell	0,20	0,10	0,50	0,0	0,63	0,40	-0,20●	0,53	-0,10●
REF1	30.09	Optilicer	0,00	0,45	0,30	0,47	0,51	0,34	0,47	0,06	0,04

● Differanseverdi som er negativ justeres til 0,0 da det ikke er reelt at lyteendring forbedres ved avlusning (0,0 er beste skår.) Avvik i skåringsprosessen.

3.6 Lakselus

I de nedsenkede merdene var det aldri mer vokse hunlus enn 0,1 per fisk, med intervaller fra 0,01-0,1 per fisk per merd (figur 3.16). I overflatemerdene økte antall hunlus per fisk til ~0,2 ved fire anledninger. Dette medførte at det måtte foretas fire avlusninger (tabell 2.1) for overflatemerdene, og tilsvarende ingen avlusninger på den nedsenkete fisken. Nivået av de bevegelige stadiene var høyere, og fulgte trenden til de kjønnsmodne og viser enda klarere effekten av manglende lus ved nedsenkning og trendene til nedgang i antall lus i overflatemerdene. Nivåene av skottelus viser lav forekomst hos samtlige merder, men kanskje noe høyere for de nedsenkede. Resultatene viser tydelige forskjeller, og statistisk test var dermed ikke nødvendig.



Figur 3.16: Antall lus per fisk på samtlige forsøksmerder fra nullpunkt til slakt. Referansemerd (REF1, REF2) med høyt innslag av bevegelig lakselus, totalt fire lusebehandlinger. Nedsenket fisk (ATL6, ATL12, NAU9, NAU10) med luseverdier under grenseverdier for avlusning.

4. Diskusjon

Langvarig nedsenkning reduserte påslaget av lakselus så betydelig at nivåene av fisken var $<0,1$ voksne hunlus per fisk. Dette ga ingen behov for avlusning, mens det i overflatemerdene måtte avluses fire ganger for REF2 og tre ganger for REF1, da antall voksne hunlus gjentatte ganger nærmet seg 0,5 per fisk. Mengde lus av bevegelige stadier samsvarte med antall hunlus, men med høyere antall. Dog, i to av de nedsenkede merdene oppsto det likevel produksjonsutfordringer med særlig høy og umiddelbar dødelighet etter transport, overføring, nedsenkning og påkjenning tilknyttet dette. Dette gjenspeiles i resultatene der forekomsten av skjelltap var høyest for F1, kroppssår (forholdsvis $\sim 3\%$, $\sim 6\%$, $\sim 10\%$ med skår ≥ 2 for F1, F2, F3) og deformitet høyest for F3 (forholdsvis $\sim 0,3\%$, $\sim 0,4\%$, $\sim 6\%$ med skår ≥ 2 for F1, F2, F3). Til tross for dette var den generelle finnetilstanden relativ lik på samtlige fiskegrupper. Dødeligheten var høy ved akuttfasen for nedsenket fisk, og for enkelte dager etter lusebehandling for overflatemerder, men relativt lik i resten av produksjonen. Selv om mange faktorer spiller inn på ytre velferd og akkumulert dødelighet, kan likevel resultatene trolig knyttes tett opp mot sykdomsutbrudd og behandling av fisken i forkant av flytting. Selv om videre produksjon bar preg av gjennomgått infeksjon, var den samlede vurderingen av velferden god i samtlige merder. Nedsenkede merder krever mer presisjon, og selv om Nautilus og Atlantis er kommersielt tilgjengelig, kan det fortsatt reises driftstekniske spørsmål rundt teknologien. Innhenting av tilstrekkelig informasjon om fiskehelse- og miljøstatus er derfor avgjørende for å få et godt helhetsbilde av fiskevelferd og merdmiljø.

4.1 Diskusjon av metode

Eksperimentell fisk og forsøksdesign

Referansemerd i overflate (F1) og nedsenket fisk (F2, F3) hadde ulikt merdvolum, og huset ulike mengde fisk med varierende størrelse (tabell 2.2). Nautilus og referanse hadde forholdsvis (23,9%) og (17,7%) mindre volum enn Atlantis, og Atlantismerder hadde derfor lavest tetthet (4,2 og 6,2 kg/m³). Selv om Nautilus hadde færrest fisk var fisketettheten relativt stor (6,6 og 9,7 kg/m³) grunnet høy gjennomsnittsvikt. Fisken i referansemerkene og Atlantis var av samme størrelse ved utsett (1,5-1,8 kg), men betydelig større i Nautilusmerkene (2,2-4,0 kg). Bestandtetthet i kommersielt havbruk er normalt fra 7-11 kg/m³ til høy 18-27 kg/m³ (Johansson mfl., 2006; Oppedal, Dempster og Stien, 2011), og bestandtettheten i forsøket kan betraktes som normalt lav. Det kan være utfordrende å unngå ulik mengde fisk med varierende størrelse i industrielle rammer. Det kan likevel argumenteres for at det ble valgt nabolokaliteter som i størst mulig grad kunne sammenlignes, og basert på tidligere erfaring med dypdrift, inkluderte dette bare nedsenkede enheter på lokalitet (AKVA group, 2021a). Fisken på nedsenket lokalitet (Otervika) og referanselokalitet (Heggvika) kommer fra samme avlsstamme (generasjon H20), og kan klassifiseres som nært beslektet. Selv om laksen hadde vært gjennom ulike behandlinger på tidligere lokaliteter, kan det likevel forsvares at datainnsamlingen på alle fiskegruppene er representativ for fisk i overflate og nedsenkede merder på ulike lokaliteter. Videre viser vekstgraf (figur 3.5A s.43) normal vektutvikling, til tross for at grafen ikke har tilstrekkelig grunnlag for å sammenligne spesifikk vektutvikling i denne studien. I tillegg har lusepresset vært forskjellig på de ulike lokalitetene, men data fra BarentsWatch (BarentsWatch, 2023) de senere år indikerer at både Heggvika og andre omkringliggende lokaliteter (Lekafjorden, Oksbåsen, Tosen) til Otervika har lusepress og mengde lus på samme nivå.

Foruten fiskehelsetilstand, har kompleksiteten rundt tekniske løsninger påvirket utsett i størst grad, der praktisk erfaring tilsier at Nautilus er mer brukervennlig med mindre produksjonsutfordringer enn Atlantis. Det var perioder med krevende driftsforhold for Atlantis, der dødfisksystem ikke fungerte optimalt. Følgen ble perioder med relativt mye død fisk i merden, som kan ha vært en faktor i økt forekomst av sykdom og patogener i merkene. Videre har Nautilusmerder nøter med dybde 6,3 meter, og i forbindelse med heving kan det som følge av dårlig vær, kraftige bølger og høy tetthet oppstå skader på fiskegruppen. Heving krever et vindu med stabilt, forutsigbart vær på om lag to dager for å redusere potensielle

krengningsskader. Alternativt kan optimalisering av not-design forbedre volum, og være en vesentlig faktor for å redusere mekanisk skade.

Fôringssystemene i forsøket kan være en faktor opp mot vekst (figur 3.5B), da nedsenket fisk ble fôret gjennom punkter via et rør, noe som kan gi dårligere horisontal spredning sammenlignet med referansemerder. Den vertikale spredningen var også mindre ettersom tilgjengelig dybde var noe mindre i Atlantismerdene og enda mer begrenset i Nautilusmerdene. Selv om resultatet for vektutvikling (figur 3.5B) indikerer normal vekst, er det tidligere påpekt om dette kan ha betydning for at fisken ble fôret mindre og hadde lavere tilvekst enn kontrollfisken (Warren-Myers mfl., 2022). Total mengde fôrforbruk (appendiks 8.9 figur 3) ble justert for hver lokalitet etter lusebehandling og appetitt, og var dermed ulikt mellom lokalitetene. Dessuten rapporterte fôringsentralen om mer krevende utfôring på dypdriftslokalitet, sammenlignet med standard overflatelokalitet (F1), hvor fôringsstrategien er en annen. Det bør rettes oppmerksomhet mot fôringsdistribusjon i nedsenkede merder som kan gi større spredning (Dempster mfl., 2009), for å se om tiltak kan gi bedre vekst og reduserte velferdsproblemer. Utover dette er videre teknologisk utvikling i form av oppgraderte fôringsenheter og sideveis vinsjesystem noe som kan være hensiktsmessig for større spredning og bedre kontroll.

Kontinuerlig belysning ble benyttet på nedsenket lokalitet Otervika gjennom hele forsøksperioden, mens referanselokalitet (F1) ikke hadde lyskilder. Plassering av kunstig lys har en sterk påvirkning på miljøet i merden (Juell og Fosseidengen, 2004). Selv om studier viser at fisk evner å finne luftkuppel uten bruk av lyskilder ved kuppelområdet (Fannemel, 2020), peker andre arbeider likevel på at implementering av lyskilder i nedsenkede merder med stor laks (~3,4kg) uten kuppel kan øke svømmehastighet og redusere, men ikke unngå, forekomst av skråstilt svømming (Sievers mfl., 2018). I mitt forsøk har imidlertid oppdretter erfaringer som tyder på at plassering av lyskilde mot kuppel, videre mot spissen og endelig et sterkt lys i midten gir skyggedannelser som kan skremme fisken. Selv om dette ikke er vitenskapelig bevist, og snarere mer en intern observasjon, kan det tenkes at økende biomasse kan skape skyggedannelse som potensielt vil påvirke og forsterke uheldig adferd hos laksen. Det vil uansett være hensiktsmessig å opprettholde kunstig belysning i nedsenkede merder frem til man får mer dokumentert innsikt om lyskilder og deres plassering.

Datainnsamling, metodefeil og dataprosessering

Planlegging og gjennomføring av masterprosjektet har jeg selv vært leder for, med hjelp av veiledere (UiB og HI) og ansatte hos SinkabergHansen. Hvorvidt utførelsen har vært tilstrekkelig for å få mest mulig ut av studien kan diskuteres, likevel har jeg i hele perioden vært bevisst min posisjon og ønsket læringsutbytte. Et ideelt forsøksoppsett gjennomføres under relativt faste rammer med en tydelig gjennomføringsplan. Tre replikatorer er ofte ansett som et minimum. Første utkast av forsøksoppsettet ble laget i januar 2022 (Appendiks 8.10 figur 4.), med et klart forsøksdesign og tydelig plan. I utgangspunktet var planen å bruke tre forsøksmerder fra Atlantis (F2), tre fra Nautilus (F3) og tre referansemerder i overflaten på nabolokaliteten (F1). Forsøk i tilknytning kommersiell virksomhet tvinges ofte til å justere etter driftsmessige forhold, og grunnet en brønnbåthendelse måtte fisken i den tredje Nautilusmerden slaktes ut. Forsøksdesignet kunne derfor ikke gjennomføres med planlagt antall replikate behandlinger. I tillegg fikk jeg kun tilgang på to kameraer på referanselokalitet (F1) som potensielt gav utfordringer med å hente tilfredsstillende sammenlignbare data fra den tredje merden. Dermed ble det vurdert som tilstrekkelig å bruke to replikater av hver merdteknologi og fiskegruppe i denne masteroppgaven (appendiks 8.11 figur 5). Kun referansemerder gjennomgikk manuelle inntellinger, i tillegg til skåring gjennom kamera (appendiks 8.4 tabell 2). Dermed er ikke sammenligning mellom manuell- og kameraskåring ikke vektlagt i studien. Likevel kommer velferdsutviklingen for en større populasjon tydeligere frem gjennom kamera, noe som kan rettferdiggjøre prioritert fokusområde. Videre ble bare svømmehastighet på nedsenket lokalitet målt. En ideell måling av svømmehastighet inkluderer måling fra så vel nedsenket- som referanselokalitet. Bakgrunnen for dette var at oppdretters praksis kun inkluderte måling av svømmehastighet på nedsenkede lokaliteter. Uansett, svømmehastighet var ikke et hovedfokus i denne studien, og det kan argumenteres for at måling av svømmeadferd i nedsenkede merder var tilstrekkelig. Tidsperioden (mai-november) er den mest intense for produksjon og tilvekst, og grunnet ulik vekt ved start, samt ønsket sluttvekt i forhold til kommersiell markedsverdi, var det stor spredning i slaktetidspunkt (tabell 2.2). Det ble kun skåret fisk gjennom aquabytekamera fra mai til august, selv om produksjonsresultat er inkludert i forsøket. Det betyr at det ikke er dokumentert velferd i sluttfasen av produksjonen. Grunnen var at produksjonen ble lengre enn opprinnelig planlagt, slik at dette ikke var med i beregningen da skåringstidspunkt ble satt. Det kan likevel argumenteres for at nytteverdien i form av dokumentasjon av velferd over et lengre tidsrom innen kommersielt havbruk var større enn forsøksoppsettets feilkilder.

Innhenting av miljøparameter

Miljødata fra lokalitet Ottervika (F1, F2) og referanselokalitet Heggvika (F1) ble innhentet av forskjellig utstyr. Selv om et ideelt forsøksoppsett samler inn miljødata omtrent samtidig og via lik utrustning, var det tekniske begrensninger som gjorde at det ble brukt drone på Heggvika og CTD-måler på Ottervika. Hovedgrunnen var at det er fysisk umulig å nytte drone i nedsenkede merder, da dronen ligger på bunnen av merden og flyter opp til overflaten. Not-taket i nedsenkede merder blir således en begrensning for måling i øvre vannlag på nedsenket lokalitet. Mens dronen fungerte jevnt uten vesentlige brudd i datainnsamlingen, oppsto teknisk svikt på CTD-måler halvveis i forsøket, noe som gav hull i målingene. Det ble derfor brudd på miljømålinger, og det ble gjort manuelle målinger i etterkant av denne hendelsen. Strengt tatt burde jeg tatt i bruk en ekstra CTD-måler for egen bruk, som forsikring for kontinuerlige data. På den annen side var min kunnskap at aktuell oppdretters tidligere måleprogrammer normalt fungerte tilfredsstillende, så jeg antok at dette også ville bli situasjonen gjennom mitt forsøk.

Dataprosessering

Datainnsamling i industriell skala er et sentralt mål med studien, og masteroppgaven preges av industrielle rammer i dataprosesseringen. Som en følge av dette er punkter fra veletablerte datasystemer valgt for å tilfredsstille forsøkets mål. Gjennom deskriptiv databehandling har det vært mulig å tilegne seg kunnskap basert på hyppige og tilstrekkelig antall datasett. Samtidig er jeg på det rene med at sentrale sekvenser i dataprosesseringen ikke er tilstrekkelig analysert innen ordinære forskningsrammer. Det kan likevel argumenteres for at stor mengde ofte kan gi tydelige trender, og gir dermed en brukbar grad av sikkerhet i konklusjoner. Det er videre tidkrevende å gjennomføre manuelle målinger med tilsvarende replikatorer som kamerateknologien fanget opp.

4.2 Diskusjon av resultat

Lusenivå

Kontrollfiskene i overflatemerder hadde betydelig høyere lusepåslag og ble avluset fire ganger sammenlignet med nedsenkede enheter (figur 3.17). Lusetallene i masteroppgaven støtter dermed forskning om redusert lusepåslag i nedsenkede merder (Sievers mfl., 2018). Dessuten gjenspeiler luseresultatene at nedsenkning virker bedre enn skjørt (Oldham mfl., 2023; Jónsdóttir mfl., 2023) og snorkel (Stien mfl., 2016; Oppedal mfl., 2017). Samtidig vet vi fortsatt ikke konsekvensene av adaptasjon av lakselus ved at flere kommersielle virksomheter ønsker å senke sin fisk ned i vannsøylen. Videre kan enkelte lakselus finnes i dypdriftsmerder, og forekomsten kan trolig kobles til turbulens og nedgående vannstrømmer («storskala turbulens») viser observasjoner av dypere lus gjort i forskning på snorkelmerder (Geitung mfl., 2019). Resultatene viser dessuten at en mulig økning av skottelus i nedsenkede merder sammenlignet med kontroll. Det kan tenkes at skotteluslarver ferdes dypere enn tilsvarende hos lakselus, selv om dette ikke er vitenskapelig bevist. Likevel kan voksne skottelus skifte vert fra villfisk til oppdrettsfisk og tilbake igjen (Bui mfl., 2022). Videre kan det stilles spørsmål ved om lus synker i mørket, og genetisk variasjon. Annen forskning peker på at utvikling av alternativ lusebehandling, altså ikke-kjemisk resistens, er en fremvoksende bekymring (Coates mfl., 2021). Historisk har lakselus vist seg tilpasningsdyktig, og i teorien kan vi få lakselus som går dypere og tilpasser seg nye omgivelser. I oppfølgingen av ny teknologi vil derfor ytterligere studier, for økt forståelse av parasittens mulige utvikling være avgjørende. Det inkluderer ytterligere studier på om skotteluslarver er dypere, samt blick på arvelige egenskaper hos lakselus, og hvorvidt teknologien tar høyde for denne parasittens adaptasjon til nytt miljø.

Velferd

Velferdsskåringen indikerer noe forskjell på fiskegrupper gjennom forsøksperioden. Selv om referansemerder hadde størst forekomst av skjelltap, hadde nedsenket merd Nautilus høyest innslag av kroppssår og deformitet. Videre var snteskader hyppigere hos nedsenket fisk, sammenlignet med referanselokalitet. Finnetilstanden var relativ lik hos alle fiskegrupper. Når det er sagt viser resultatene i velferdsskåringen (figur 3.7- 3.15) gjennomsnittlig prosentvis fordeling på fiskegruppenivå. Det vil si at råmaterialet (appendiks 8.3 tabell 1) inneholder variasjoner på merdnivå. Dette kan dermed klassifiseres som hovedfeilkilden i resultatene for velferdsskåringen. Utover dette er det viktig å belyse at kroppssår og snteskader var hyppigst

forekommende for merd NAU10 (F3), og skjelltap var hyppigst for REF1 (F1). Generell lav forekomst av deformitet på samtlige fiskegrupper, likevel utpekte NAU9 (F3) seg med 26,6 prosent av fisken med varierende grad av deformitet. Derimot hadde 99,4 prosent av fisken i NAU10 (F3) «intet å melde» på deformitet. Finneskader var generelt samsvarende for alle fiskegrupper, men skilte seg ut på merdnivå. Brystfineskader var hyppigst for REF2, ATL12 og NAU10, bukfinneskader var hyppigst for REF2, ATL12 og NAU10, gattfineskader var omtrent likt fordelt mellom merdene for F1 og F3, men var hyppigst for ATL12. Videre er halefineskader hyppigst for REF2, ATL12 og NAU9, og ryggfineskader omtrent likt mellom F1, F2 og F3.

Det var lav forekomst av deformitet til tross for økende forekomst i skåring 3 for F3 under forsøksperioden. Tidligere studie viser at nedsenkning av laks uten bruk av luftkuppel kan gi økt **deformitet** i virvelsøyler (Korsøen mfl., 2009). Andre studier ser på sammenhengen mellom deformitet og bruk av luftkuppel i nedsenkende merder, der funn ikke viser noen direkte negativ påvirkning for deformitet ved bruk av kuppel i nedsenket merd (Korsøen mfl., 2009; Korsøen, Fosseidengen, mfl., 2012; Sievers mfl., 2018). Samtidig er det gjort masteroppgaver med tilførsel av luftbobler, der det kan se ut til at større laks fikk vann i svømmeblære og utviklet deformasjoner over tid (Eide, 2022). En fersk rapport fra Havforskningsinstituttet (heretter kalt HI-rapporten), (Stien mfl., 2023) viser fiskevelferd på triploid og dens diploide referansegrupper fra ti kommersielle merder i Nord-Norge. I rapporten var overordnet ryggradsdeformitet før og etter flytt var forholdsvis ~3% og ~4% i skåringsgrad 2+3 for diploid laks (Stien mfl., 2023), og dette er betydelig høyere enn mine generelle resultater (<0,5%) i samme skåringsgrad. Samtidig var deformiteten for skåring 3 i Nautilus høyere (~10%) i skåringsgrad 2+3. Selv om mitt prosjekt indikerer økende forekomst av deformitet for en av fire nedsenkede merder, trenger ikke det å være tilfelle for andre dypdriftlokaliteter. Varierende størrelse på vannspeilet i luftkuppelen har stor betydning for hvorvidt fisken får tilstrekkelig luft (appendiks 8.16 figur 9). Ved for lite luft i lommen, eller dersom fisken av andre grunner ikke klarer å benytte seg av innretningen, vil fisken få økthastighet og tiltet svømming (Korsøen mfl., 2009; Sievers mfl., 2021). Hvorvidt dette kan relateres til deformitet i dette forsøket er likevel ikke tilstrekkelig bevist.

Videre ble det registrert høyere forekomst av **snuteskader** i nedsenkede merder sammenlignet med referansemerd i overflaten. Til tross for at F1 gjennomgikk mer håndtering, støtter likevel resultatene tidligere funn som viser økende grad av snutesår hos

laks som var nedsenket (Korsøen mfl., 2009; Eide, 2022), samt tidligere erfaring med Atlantis (kapittel 1.3.2 s.15). Fra HI-rapporten (Stien mfl., 2023), var overordnet snuteskader i skåringsgrad 2+3 før og etter flytt forholdsvis ~35% og ~6% for referansegrupper i overflaten. Spesifikke nivå på snuteskader for enkelte merder i juni og august-september viser forholdsvis ~4% og ~12% for samme skåringsgrad (Stien mfl., 2023). Til sammenligning hadde mine fiskegrupper F1 og F2 lav eller ingen snuteskader (<1%) i skåringsgrad 2+3. Nautilus hadde høyere andel i samme skåringsgrad (<6%), men likevel lavere enn verdiene til HI-rapporten (Stien mfl., 2023).

Videre ble bukfinne og gattfinne betydelig forverret for referansemerd (F1) ved skåring 3, sammenlignet med nedsenket fisk. Dette samsvarer med en studie som viser økende forekomst av **finneskader** på dag 50 for nedsenket fisk (Korsøen mfl., 2009). Finneskader før og etter flytt var forholdsvis ~33% og ~23% i skåringsgrad 2+3 for diploid laks i HI-rapporten (Stien mfl., 2023). Dette er betydelig høyere nivåer enn mine resultater på brystfinne (<13%), bukfinne (<6%), gattfinne (<6%), ryggfinne (<12%), med unntak av halefinne (<38%) i samme skåringsgrad. Derimot peker andre studier på bedre velferdsskår hos nedsenkede merder sammenlignet med kontrollmerkene i overflaten (Glaropoulos mfl., 2018). Selv om studien understreker at de ikke kjenner til mekanismene bak dette, er dette en indikasjon på at fisken takler dypdrift.

Kroppssår synes å ha sammenheng med håndtering som fisken gjennomgikk tidligere ved flytting og behandling. Enkelthendelser under driften kan ha utløst stress og panikk og stressreaksjoner; som har resultert med redusert rist- og slimlag som følge. Resultatene for referansegruppen i HI-rapporten (Stien mfl., 2023) viser overordnet nivå av kroppssår i skåringsgrad 2+3 i perioden vår-sommer og høst forholdsvis var 2,3% og ~10%, samt overordnet nivå av sår i skåringsgrad 2+3 etter antibiotikabehandling var ~15% for diploid laks. Spesifikke nivåer av sår i juni for fire merder var ~0,5% i skåringsgrad 2+3. Resultater fra sår i august-september viser derimot ~4% i skåringsgrad 2+3 (Stien mfl., 2023). Til sammenligning hadde mine fiskegrupper F1, F2 og F3 forholdsvis <4%, <5% og <15% i samme skåringsgrad inkludert helbredende sår. Det betyr at sårfordelingen i begge studiene var relativt like for kroppssår med enkelte unntak.

Referansemerden i mitt forsøk hadde betydelig høyere **skjelltap** ved skåringsgrad 2+3 (<14%) sammenlignet med nedsenkede grupper (<5%). Til sammenligning viser rapporten fra HI (Stien mfl., 2023) at skjelltap før og etter flytt var forholdsvis ~21% og ~7% for diploid laks i samme skåringsgrad. Merkelig nok viser HI-rapporten lavere forekomst av skjelltap etter flytting, der mine resultater øker forekomsten av skjelltap etter lusebehandlinger. Uansett, masterprosjektet viser relativt bedre velferd på skjelltap i skår 2+3 for samtlige merder sammenlignet med HI-rapporten, selv om resultater av skår 0 +1 er fraværende fra sistnevnte. Skjelltap i min studie kan trolig knyttes til avlusning. Studier underbygger at brudd på primært epitelvev gir økt risiko for infeksjon og dødelighet, (Vågsholm og Djupvik, 1998; Segner mfl., 2012; Jensen mfl., 2015). Høye temperaturer i forbindelse med avlusning, har en betydelig alvorlighetsgrad på skadeinnvirkning på skjell, snute, finner og øyne, samt gi redusert spesifikk veksthastighet (Moltumyr mfl., 2022). Referanselokalitet ble avluset ved bruk av lusemidlene Ectosan Vet., FreshWell og Optilice. Sistnevnte er en termisk avlusningsteknikkenhet som benytter oppvarmet sjøvann opp til 34°C, der mekanisk håndtering kan gi skader og forhøyet dødelighet (Roth, 2016; Barrett mfl., 2020; Stien mfl., 2023).

Historikk, dødelighet og slaktetall

I forbindelse med flytting ble fisken «nullstillt» gjennom behandling mot lakselus (Ectosan Vet.). Med bakgrunn i oppdretters tidligere historikk med *Yersinia*-bakterien på lokaliteten, ble fisken også behandlet med Custus[®]YRS under transport. Dette for å forebygge et mulig nytt stort utbrudd av Yersinose etter stress og belastningen flyttingen kan medføre. Slik belastning kan utløse *Yersinia*-utbrudd dersom fisken er latent infisert (Kumar mfl., 2015), som videre kan gi skader og forøkt dødelighet. Det er tidligere vist sammenheng mellom håndtering, stress og økt dødelighet (Jensen mfl., 2015), og noe som kan gi utbrudd av underliggende sykdommer i etterkant av operasjoner. I tillegg underbygger den ferske HI-rapporten at konsekvensene av å flytte fisk til nye lokaliteter kan føre til dødelighet (Stien mfl., 2023). Selv om resultatene indikerer tidvis relativt høy dødelighet på samtlige merder, hadde Atlantis innslag av høyest dødelighet, som trolig kan kobles til tekniske utfordringer. Likevel kan en ikke utelukke at selve nedsenkningsprosessen kan ha vært ekstra belastende på fisken, og medført et større skadeomfang, inkludert slitasje og stress, sammenlignet med referanselokalitet i samme periode. For referanse var det også hovedsakelig sårisk som preger dødelighetsbildet, hvor sårene virker å ha sammenheng med håndtering av fisken tidligere dette året i forbindelse med flytting fra lokalitet Tosen. Alternativt kan det stamme

fra enkelthendelser med reaksjoner og stress under driften som har påført panikk og annen belastning, og at fisken i merden har mistet rist og slimlag som følge av dette. I tillegg er dødfisk og skader nært tilknyttet mekanisk belastning; primært som følge av avlusningsoperasjoner (tabell 2.1). Det er derfor grunn til å tro at dødfisk-utfordringen var klart relatert til sykdomsutbrudd, og forøkt dødelighet gav redusert oppdrettsmiljø (referer til fiskehelsebiolog D. Lauritzen, SBH). Videre er det nærliggende å mene teknisk utforming på Atlantismerder i noe grad kan kobles til resultatene av **superiorandel** (tabell 3.1). Til sammenligning hadde de diploide kommersielle overflatemerdene fra HI-rapporten (Stien mfl., 2023) forholdsvis en superiorandel (angitt i prosent) på 86, 93-97, 88-98, 89-99, 52-83, 55-76 og 88-93, som viser at superiorandelen i mitt forsøk var lik og delvis bedre for samtlige merder (94-98%) med unntak på ATL12 (80%).

Svømmehastighet og adferd

Dødelighet ble i liten grad registrert ved kameraobservasjoner, og har trolig resultert i tap av kvalitet og lavere superiorandel hos enkelte individer i Atlantis (tabell 3.1). Derimot ble det observert normal stimadferd med god appetitt, stabil oppdrift og generelt normal tiltvinkel og fluktrespons. I tillegg registrerte føringscentralen relativ normal, men lav svømmehastighet ($\sim 0,2-0,5$ kroppslengder s^{-1}) gjennom forsøket (figur 3.11), noe som tyder på at fisken ikke svømte raskere for å opprettholde oppdrift før etterfylling av svømmeblære (Glaropoulos mfl., 2018). Svømmehastighet til atlantisk laks i merder varierer normalt fra 0,3 til 0,9 kroppslengder s^{-1} , men kan også være så høy som 2,8 kroppslengder s^{-1} under noen forhold (Juell, 1995; Dempster mfl., 2009; Oppedal mfl., 2019). Forsøket støtter imidlertid tidligere studier som viser normal svømmehastighet der fisk er nedsenket ved bruk av luftkuppel (Oppedal mfl., 2020; Warren-Myers mfl., 2022). Derimot viser figur (3.11) avvikende lave verdier på svømmehastighet, og kan høyst sannsynlig forklares med kalkulasjon- eller metodefeil. Fisk med tom svømmeblære kompenserer vanligvis for negativ oppdrift ved å øke framdriftshastigheten opp mot 1,3-1,6 x høyere enn kontrollen (Dempster og Sanchez-Jerez, 2008; Dempster mfl., 2009) og tilter til tider med en karakteristisk vinkel (Korsøen mfl., 2009). Selv om det ikke ble observert urovekkende skråstilt svømming på føringskamera, og at svømmehastigheten tilsynelatende var ekstremt lav, var egne observasjoner ved velferdsskåring noe mer usikker om, og i hvor stor grad, dette kan ha vært situasjonen i nedsenkede merder (appendiks 8.13 figur 7). Samtidig kan plassering av kamera bidra til misvisende informasjon rundt skråstilt posisjon.

Selv om studien viser at laks lærer å bruke luftkuppel, og underbygger studier som viser at det dette fungerer godt (Sievers mfl., 2021; Warren-Myers mfl., 2022), er det også påvist at oppdrettsfisk har kapasitet til adferdstilpasning (Bratland mfl., 2010; Imsland mfl., 2019). Forskning viser at individer som var eksponert for overflateluftkuppel i ferskvannsfasen brukte disse 2,5 ganger hyppigere, og fylte svømmeblæren tre ganger oftere enn de som ikke hadde hatt tilgang til overflatekuppel i tidlig livsfase (Macaulay, Bui, mfl., 2020). Dette kan bety at laks evner å ta læring for å endre adferd og dermed forbedre velferd ved bruk av luftkuppel i sjøvannsfasen. Derimot, en vesentlig forskjell fra studien var at deres forsøksfisk (~2kg) var betydelig mindre enn min forsøksfisk (~4 kg). Det kan dermed reflekteres rundt om laksestørrelsen påvirker læreevnen, og at større laks har vanskeligere med å ta i bruk luftkuppel de første dagene sammenlignet med mindre fiskestørrelse. Samtidig indikerer observasjoner fra tilvekstsenteret bruk av luftkuppel hos en stor andel av populasjonen av stor laks, selv som det er utfordrende å avdekke avvik. Det kan likevel være hensiktsmessig å plassere kamera ved luftkuppel som viser vannspeilet for ytterligere observasjoner, samt gjennomføre grundigere forsøk på ulike fiskestørrelser kombinert med dypdrift. Videre kan adferdslæring trolig benyttes i tidligere livsstadier (f.eks. i settefiskanlegg) for å forberede laksen ytterligere til dypdriftsmiljø.

Effekt av miljø og teknologi

Miljøresultatene viser gode forhold på begge lokalitetene, med temperaturer mellom 8 til 14°C. Tidligere fysiologiske undersøkelser viser at effektiv og god vekst hos laksefisk oppnås ved vanntemperatur på 13-17 °C (Lorentzen, 2008), der begge lokaliteter ligger innenfor, med unntak av målinger i juni og september på Otervika og Heggvika (<11°C). Hovedforskjellene på temperatur var forholdsvis ~3°C og ~4°C kaldere på 40 og 50 meters dyp på Otervika sammenlignet mellom overflatetemperaturer på Heggvika. Variasjonene svinger mellom sesong, og det var mest forskjell mellom temperatur på CTD-målinger på Otervika og drone på Heggvika. Derimot viser målingene gjort med Aquabytekamera noe mer like temperaturer, der primærvariasjonene ligger mellom 1-2°C, med enkelte unntak. Temperaturforskjellene kan ha påvirket resultatene i noe grad, og spesielt med hensyn til sårheling. Ved lave sjøtemperaturer kan fisken bli mer mottagelig for sår og hudskader, samt oppleve en langsommere tilheling (Anderson og Roberts, 1975; Jensen mfl., 2015). Relativt høye temperaturer kan derimot få enkelte celletyper til økt aktivitet ved sårheling. Samtidig var fisken såpass stor (dog ujevn) ved start, at det kan tenkes at små endringer i temperatur ikke har påvirket fisken i særlig grad. Likevel, viser studier at selv mindre endringer i miljø kan

påvirke foretrukken svømmedybde, svømmekapasitet (Hvas, Folkedal og Oppedal, 2021) og adferd til fisk (Beamish, 1981). Videre kan observasjonene av effekt og miljø trolig også relateres til kameraets plassering – konkret ved det bestemte utvalget av populasjonene som ble skåret. Videre, til tross for rengjøring av kamera på Heggvika, hadde til sammenligning Otervika betydelig bedre bildekvalitet med lavere innslag av groe (appendiks 8.12 figur 6, appendiks 8.13 figur 7). Vannets turbiditet kan trolig forklares ved at lysintensiteten raskt avtar med dybden i sjøvann grunnet absorpsjon og spredning, og at begroende algearter som krever fotosyntese er således mindre utbredt på konstruksjoner dypere i vannsøylen (Dempster og Sanchez-Jerez, 2008). En naturlig følge er at det kan bli lettere å etablere database med bedre bildekvalitet ved nedsenket drift, kontra overflatemerder. Mangelfull overvåkning av velferdsparametere kan medføre at sykdom og sykdomsutvikling fanges opp for sent, og gi negative følger for fiskevelferd og sykdomsutvikling i merden. Selv om kamerateknologi kontinuerlig forbedres, er det per i dag spesielt krevende å overvåke gjellestatus og andre sykdommer i nedsenkede enheter, uten å måtte heve merden til overflaten. Hovedgrunnen er ennå ikke godt nok utviklede systemer for å ta opp fersk dødfisk. Dette kan gi utfordringer med å fange opp utvikling av sykdom til å iverksette forebyggende tiltak tidsnok.

Kamera som overvåkingsmetode

Kamerateknologi er særlig viktig i nedsenkede merder da det per i dag ikke er fysisk mulig å heve fisk for velferdsskåring og prøvetaking. I praksis er det viktig å være kritisk til plassering av kamera i merd. Hvordan kan man vite at kameraobservasjonene gir et representativt utvalg av hele populasjonen? En videre følge blir om hvorvidt kamera kan gi falsk trygghet hvis det er plassert på et punkt i merden, og i hvor stor grad observasjonene er representative for store deler av populasjonen. Det kan derfor være hensiktsmessig å plassere flere kamera på ulike dybder, eller justere kameraets plassering over tid for å innhente informasjon i store deler av vannsøylen. Utover velferdskamera, hadde en mer ideell løsning vært å få installert en mindre ROV som jeg kunne kjørt rundt med og samlet inn adferdsobservasjoner utover oppdretters førkamera.

Usikkerhet og metodefeil gjennom kameraobservasjoner

Det er flere faktorer å ta hensyn til i forsøket. Blant de mest kritiske er antall individer som ble vurdert i velferdsskåring. Antall observasjoner per utvalgt indikator ble vurdert på bakgrunn av Aquabytes skåringsstrategi, noe som rettferdiggjorde beslutningen om å buke likt

antall for best sammenligningsgrunnlag. Siden antallet overgikk regelverket for manuell telling (>20 individer), ble 150 observasjoner per velferdsindikator ansett som en passende mengde. Videre er individuell vurdering av velferdsskåring viktig å diskutere. Selv om metoden ble grundig evaluert og gjennomført mest mulig identisk med Aquabytepersonell, finnes enkelte usikkerhetsmoment i sammenligningsgrunnlaget for datainnsamlingen. Ved gjennomgang av om lag 150 observasjoner per indikator ble de fleste bildene i en typisk «kø» identisk annotert av både Aquabyte og meg ved de ulike målepunktene. Likevel er det mulighet for at ulike bilder (av varierende årsak) ble tatt med som datagrunnlag for de ulike rapportene (feilkilde 1). Videre kan det være at bilder blir annotert i ulik rekkefølge fra Aquabyte og egne målinger, selv om datagrunnlaget kommer fra samme tidsrom (feilkilde 2) og skåres fra samme bildedatabase. Egne målinger ble bare utført av meg selv, mens målingene hos Aquabyte ble annotert av ulike ansatte (feilkilde 3). Personavhengig skåring tydeliggjøres i studien, og må dermed betraktes som en primær feilkilde. Likevel er det interessant å se i hvor stor grad resultatene avviker fra hverandre, og om dette kan ha betydning for det totale helseperspektivet. De største forskjellene på skår 0 og 1 var for snuteskader, skjelltap og gattfinner. Jeg skårer konsekvent «dårligere» der flere fisk får «skår 1» sammenlignet med Aquabyte. Hvis det kun er skår 0 og 1 som skiller meg og Aquabyte er det ikke så betydningsfullt. Derimot vil store forskjeller på skår 2 og 3 være mer alvorlig. For spesielt kroppssår viser resultatene betydelig forskjell på skåring, hvor Aquabyte skårer langt flere med aktiv sår 2 og 3 (0-3% N/ 3-10% A), samt helbredende sår 1 og 2 (1-7% N/ 2-12% A) enn meg. Videre ser man tydelige forskjeller på finneskåring, der Aquabyte skårer langt flere med aktiv skade 2 og 3 (0-7% N/ 1-20% A) enn meg. Selv om dette kan ha årsakssammenheng med feilkilder nevnt over, kan det også tyde på feilskåring av enten meg eller Aquabyte. Dessuten kan det være at enkelte parametere er vanskeligere å vurdere, og dermed krever mer erfaring for å skille skader med normal tilstand. Aquabyte-personell har ofte mer erfaring med slik velferdsvurdering, og dermed en bedre forståelse av ulikt skadeomfang. Samtidig er det mye like skåringer, der deformitet, enkelte finner og kroppssår er relativ lik prosentvis fordeling av merdutvalgene. Dette støtter derimot velferdstilstanden for de ulike fiskegruppene.

Fremtidig forskning på nedsenkning

I videre forskning på nedsenkning og dyp drift bør det blant annet undersøkes hvordan man kan sette i verk forsterkede velferdstiltak i nedsenkede merder. Det er mange flere behandlinger på Heggvika enn Otervika; er dette fordi man faktisk klarer å ta prøver av

fisken? Alternativet, når det ikke tas direkte prøver fra nedsenket enhet, kan utviklet bruk av kamerateknologi for å observere endringer være av betydning på et tidlig stadium. Videre bør det undersøkes ytterligere om fisken blir mer eller mindre robust i nedsenkede merder. Uansett, dyp drift gir en stabil produksjon der fisken får leve mer eller mindre uten driftsrelaterte forstyrrelser og uønsket stress. Dette er en situasjon som trolig gir gunstige velferdsfordeler, spesielt ved å unngå håndtering gjennom avlusning som er påvist å være skadelig (Overton mfl., 2019; Geitung mfl., 2019). Videre bør valg av lokalitet nøye vurderes for mulig bruk av nedsenkede merder. Enhver lokalitet er ikke nødvendigvis egnet til slik produksjon.

Kjennskap til lokalitetens miljøparameter for å kunne vurdere bruken av nedsenkede merder er vesentlig. Nylig ble det utviklet en app som vurderer egnethet av lokalitetens bruk av snorkel eller skjørt (<https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/mai/ny-app-gir-oppdretterne-lusehjelp>), og denne kan gjerne utvides med egnethet for dyp drift. Dessuten kan smart nedsenkning, hvor en senker enheter deler av året når smittetrykket er størst, være hensiktsmessig for å høste potensialet ved dypdriftsmerder. Dette på samme måte som dynamisk bruk av skjørt (Oldham mfl., 2023).

Bemerkninger fra oppdretter

SinkabergHansen understreker at deres egne helseundersøkelser er primærkilden til selskapets informasjon rundt fiskehelsestatus. Videre er kameraobservasjoner et godt supplement til grunnleggende ordinært innhentet informasjon rundt fiskehelsestatus.

5. Oppsummering

I studien ble ytre fiskevelferd i nedsenkede kommersielle oppdrettsmerder vurdert ved bruk av kamerateknologi. Hovedfunnene viser at atlantisk laks har gode forutsetninger for nedsenket drift, til tross for at nedsenket fisk fikk mer snutesår og deformitet enn kontrollfisk i overflaten. Derimot hadde referanseciklen, som gjennomgikk fire lusebehandlinger, mer skjelltap enn tilsvarende individ i nedsenkede merder. Den overordnede oppfatningen er at fiskevelferden for alle tre grupper var god, og ved likt miljø er det ikke negative konsekvenser av redusert overflatetilgang. Selv om velferdsresultatene viser noe forskjell på ytre fiskehelse mellom mine observasjoner og Aquabyte, er det å forvente at skåringssystemet, i tillegg til å være et semi-kvantitativt verktøy, kan brukes for å innhente informasjon om velferdsstatus i anleggene uavhengig av ulike oppdrettsvilkår. Videre har metodene som ble brukt vært nyttige for å studere ytre velferd i ulike merdemiljø over en lengre periode. En sentral konklusjon er at hvis nedsenkning skal være vellykket strategi for å begrense luseangrep, må nedsenkingsperioden være tilpasset aktuell lokalitet og tidspunkter når miljøforholdene i dypet ligger til rette for slik produksjon. I denne studien er det også belyst at kontroll på operasjonene ved heving og senkning av anleggene er vesentlig, for å sikre et så lavt potensielt skadeomfang av stress og ytre påvirkning som mulig.

(H_{A1}): Laks får redusert lakselusmitte ved nedsenkning **aksepteres**, og (H₀₁): Laks får ikke redusert lakselusmitte ved nedsenkning **avvises**. (H_{A2}): Laks opplever dårligere miljøforhold ved nedsenkning **avvises**, og (H₀₂): Laks opplever ikke dårligere miljøforhold ved nedsenkning **aksepteres**. (H_{A3}): Laks får dårligere fiskevelferd ved nedsenkning **avvises**, og (H₀₃): Laks får ikke dårligere fiskevelferd ved nedsenkning **aksepteres**.

6. Fremtidige perspektiver

For å vurdere det fulle potensial til atlantisk laks i nedsenkede merder er det nødvendig med ytterligere studier. For det første underbygger resultatet av denne studien behovet for en mer utviklet forståelse av hvorvidt nedsenkede merder er tilpasset den bestemte oppdrettslokalitet, og tidspunkt når forholdene på dypet er best mulig. Dette inkluderer ytterligere undersøkelser av vannmiljø og patogener i dypere vannmasser, samt evolvering av lakselus i dypet. Videre fastsetting av størrelse på fisk ved nedsenkning, lokalitetsvalg, samt ytterligere forbedringer av teknikk og konstruksjon. Distribusjon av fôr, plassering av lys- og kamera og optimalisering av pumpe- og vinsjesystem er aktuelle eksempler i så måte. Ved valg om nedsenket dyp drift, er det vesentlig å sikre fiskegrupper med i utgangspunktet kjent, og god helsestatus, for å unngå utfordringer med syk fisk og redusert velferd i et lukket miljø. Den fremste effekten ved å skille verten laks fra lakselus gjennom drift i dypet, kan i stor grad bli redusert om fiskegruppen i en periode med høyt smittepress må bringes til en posisjon i overflaten. Samtidig bør en vurdere lusehemmende tiltak for at laksen ikke skal få påslag før nedsenkning (skjørt, lusefôr), sikre lusefri fisk ved behandling før senkning (som Ectosan som benyttes her), eller senke fisk direkte fra settefiskanlegg. Dialog og godt samspill mellom driftsansvarlige og fiskehelsepersonell med forsterket helsetilsyn og risikovurderinger før, underveis og etter nedsenkning vil være naturlig for å ta det beste ut av alternativet dyp drift.

7. Referanseliste

- AKVA GROUP (2021a) Atlantis subsea sluttrapport 2021.
- AKVA GROUP (2023) *Nautilus - AKVA group*. Tilgjengelig på :
<https://www.akvagroup.no/sjobasert/dyp-drift/nautilus/> [Åpnet 21/02/23].
- AKVA GROUP (2020) *Nedsenkbare oppdrettsanlegg for laks*. Tilgjengelig på :
https://www.atlantisfarming.no/atlantis/rapporter/01_atlantis_subsea_farming_faktaark_1.pdf [Åpnet 10/03/22].
- AKVA GROUP (2021b) Produksjonsrapport Otervika 2021.
- ANDERSON, C.D. og ROBERTS, R.J. (1975) A comparison of the effects of temperature on wound healing in a tropical and a temperate teleost. *Journal of Fish Biology*, 7(2), s. 173–182.
- ANGELES ESTEBAN, M. mfl. (2012) An Overview of the Immunological Defenses in Fish Skin. *International Scholarly Research Network ISRN Immunology*, 2012, s. 29.
- ASHLEY, P.J. (2007) Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3–4), s. 199–235.
- AUNSMO, A. mfl. (2008) Methods for investigating patterns of mortality and quantifying cause-specific mortality in sea-farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 81(2), s. 99–107.
- BAEVERFJORD, G. mfl. (2021) Forebygging av korsstingsvirvler hos laks i oppdrett Faglig sluttrapport. [Online] Tilgjengelig på: www.nofima.no [Åpnet 25/05/2023].
- BARENTSWATCH (2023) *Otervika (40117) | Norwegian fish health - BarentsWatch*. Tilgjengelig på : <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/40117> [Åpnet 16/05/23].
- BARRETT, L.T. mfl. (2020) Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), s. 2527–2543.
- BARTON, B.A. og IWAMA, G.K. (1991) Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1(C), s. 3–26.
- BEAMISH, F.W.H. (1981) Swimming performance and metabolic rate of three tropical fishes in relation to temperature. *Hydrobiologia*, 83(2), s. 245–254.
- BENCHMARK® (2023) *Ectosan® Vet | Benchmark Animal Health*. Tilgjengelig på :
<https://www.bmkanimalhealth.com/products/ectosan-vet/> [Åpnet 13/05/23].

- BERG, A. mfl. (2006) Animal welfare and fish vaccination-effects and side-effects.
- BIOMARINE (2023) *Aqualux vekstlys – Biomarine*. Tilgjengelig på :
<https://www.biomarine.no/merdanlegg/smaragd-vekstlys/> [Åpnet 11/01/23].
- BRATLAND, S. mfl. (2010) From fright to anticipation: Using aversive light stimuli to investigate reward conditioning in large groups of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture International*, 18(6), s. 991–1001.
- BRICKNELL, I.R. mfl. (2006) Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. *Diseases of Aquatic Organisms*, 71(3), s. 201–212.
- BUI, S. mfl. (2022) Sea lice behavior. Behavior og lice in Sea lice biology and control. Chapter 5. 40(3), s. 1–10.
- BURKE, M. mfl. (2021) Oceanographic processes control dissolved oxygen variability at a commercial Atlantic salmon farm: Application of a real-time sensor network. *Aquaculture*, 533, [Online] Tilgjengelig på:
doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.736143.
- COATES, A. mfl. (2021) Evolution of salmon lice in response to management strategies: a review. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), s. 1397–1422.
- COSTELLOE, J., COSTELLOE, M. og ROCHE, N. (1995) Variation in sea lice infestation on Atlantic salmon smolts in Killary Harbour, West Coast of Ireland. *Aquaculture International*, 3, s. 379–393.
- CTD (2023) *SonTek CastAway® CTD | Xylem Analytics Norway*. Tilgjengelig på :
<https://www.xylem-analytics.no/sontek-castawayreg-ctd/> [Åpnet 27/02/23].
- DAWOOD, M.A.O., KOSHIO, S. og ESTEBAN, M.Á. (2018) Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), s. 950–974.
- DEMPSTER, T. mfl. (2008) Behaviour and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) subjected to short-term submergence in commercial scale sea-cages. *Aquaculture*, 276(1–4), s. 103–111.
- DEMPSTER, T. mfl. (2021) Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, s. 237–248.
- DEMPSTER, T. mfl. (2009) Submergence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial scale sea-cages: A potential short-term solution to poor surface conditions. *Aquaculture*, 288(3–4), s. 254–263.
- DEMPSTER, T. og SANCHEZ-JEREZ, P. (2008) Aquaculture and coastal space management in Europe: An ecological perspective. *Aquaculture in the Ecosystem*, s. 87–116.
- DYREVELFERDSLOVEN (2022) *Lov om dyrevelferd - Lovdata*. Tilgjengelig på :

- https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97#KAPITTEL_1 [Åpnet 29/11/22].
- EIDE, N. (2022) Deep submergence in large Atlantic Salmon (*Salmo salar* L .); does experience with submergence increase fish coping ability ? (June).
- FANNEMEL, B. (2020) in submerged sea cages with air-dome. (November), s. 1–41.
- FAO (2022) The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*, [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.4060/CC0461EN [Åpnet 30/11/2022].
- FAO (2020) WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE THE STATE OF SUSTAINABILITY IN ACTION. [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.4060/ca9229en [Åpnet 29/11/2022].
- FJELLDAL, P.G. og GROTMOL, S. (2005) VIRVELDEFORMASJONER HOS ATLANTERHAVSLAKS.
- FJØRTOFT, H.B. mfl. (2020) Aquaculture-driven evolution: distribution of pyrethroid resistance in the salmon louse throughout the North Atlantic in the years 2000–2017. *ICES Journal of Marine Science*, 77(5), s. 1806–1815.
- FOLKEDAL, O. mfl. (2016) On-farm evaluation of the Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): Theoretical and practical considerations. *Animal Welfare*, 25(1), s. 135–149.
- GEITUNG, L. mfl. (2019) Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *International Journal for Parasitology*, 49(11), s. 843–846.
- GISLINK (2022) *GisLink karttjeneste*. Tilgjengelig på : <https://kart.gislink.no/kart/?viewer=kart> [Åpnet 17/11/22].
- GLAROPOULOS, A. mfl. (2018) Welfare, behaviour and feasibility of farming Atlantic salmon in submerged cages with weekly surface access to refill their swim bladders. *Aquaculture*, 502, s. 332–337.
- GONZÁLEZ, M.P. mfl. (2016) Effects of the ectoparasite *Caligus rogercresseyi* on *Salmo salar* blood parameters under farm conditions. *Aquaculture*, 457, s. 29–34.
- HAMRE, L.A. mfl. (2013) The Salmon Louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) Life Cycle Has Only Two Chalimus Stages. *PLoS ONE*, 8(9), s. 1–9.
- HEEN, K., MONAHAN, R.L. og UTTER, F. (1993) Salmon aquaculture. s. 278.
- HEUCH, P.A. mfl. (2005) A review of the Norwegian ‘National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids’: The effect on wild salmonids. *Aquaculture*, 246(1–4), s. 79–92.
- HEVRØY, E.M. mfl. (2003) The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture.

- Aquaculture*, 220(1–4), s. 1–14.
- HVAS, M., FOLKEDAL, O. og OPPEDAL, F. (2021) Fish welfare in offshore salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(2), s. 836–852.
- IMSLAND, A.K.D. mfl. (2019) Improving sea lice grazing of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by feeding live feeds prior to transfer to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) net-pens. *Aquaculture*, 511, [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734224.
- JENSEN, I.R. mfl. (2022) *Effekt og fiskevelferd ved avlusing med «Freshwell»* | NVT. Tilgjengelig på : https://nvt.vetnett.no/journal/2022/5/m-573/Effekt_og_fiskevelferd_ved_avlusing_med_«Freshwell» [Åpnet 17/11/22].
- JENSEN, T. mfl. (2015) Effect of temperature and diet on wound healing in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.1007/s10695-015-0105-2.
- JEONG, J. mfl. (2021) Salmon lice should be managed before they attach to salmon: Exploring epidemiological factors affecting *Lepeophtheirus salmonis* abundance on salmon farms. *Aquaculture*, 541(December 2020), s. 736792.
- JOHANNESSEN, A. (1978) Early stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae). <http://dx.doi.org/10.1080/00364827.1978.10411336>, 63(3), s. 169–176.
- JOHANSSON, D. mfl. (2006) Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*, 254(1–4), s. 594–605.
- JOHANSSON, D. mfl. (2009) Swimming depth and thermal history of individual Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages under different ambient temperature conditions ☆. [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.022.
- JONES, M.W., SOMMERVILLE, C. og WOOTTEN, R. (1992) Reduced sensitivity of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, to the organophosphate dichlorvos. *Journal of Fish Diseases*, 15(2), s. 197–202.
- JÓNSDÓTTIR, K.E. mfl. (2021) Characteristic current flow through a stocked conical sea-cage with permeable lice shielding skirt. *Ocean Engineering*, 223(February), s. 1–9.
- JÓNSDÓTTIR, K.E. mfl. (2023) Lice shielding skirts through the decade: Efficiency, environmental interactions, and rearing challenges. *Aquaculture*, 562, [Online] Tilgjengelig på: doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738817.
- JUELL, J.-E. (1995) The behaviour of Atlantic salmon in relation to efficient cage-rearing. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 5, s. 320–335.
- JUELL, J.E. mfl. (2003) Submerged light increases swimming depth and reduces fish density

- of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in production cages. *Aquaculture Research*, 34(6), s. 469–478.
- JUELL, J.E. og FOSSEIDENGEN, J.E. (2004) Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Aquaculture*, 233(1–4), s. 269–282.
- KORSØEN, Ø.J., FOSSEIDENGEN, J.E., mfl. (2012) Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a submerged sea-cage adapt rapidly to re-fill their swim bladders in an underwater air filled dome. *Aquacultural Engineering*, 51, s. 1–6.
- KORSØEN, Ø.J., DEMPSTER, T., mfl. (2012) Individual variation in swimming depth and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) subjected to submergence in sea-cages. *Aquaculture*, 334–337, s. 142–151.
- KORSØEN, Ø.J. mfl. (2009) Long-term culture of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in submerged cages during winter affects behaviour, growth and condition. *Aquaculture*, 296(3–4), s. 373–381.
- KUMAR, G. mfl. (2015) *Yersinia ruckeri*, the causative agent of enteric redmouth disease in fish. *Veterinary Research*, 46(1), s. 1–10.
- LORENTZEN, T. (2008) Modeling climate change and the effect on the norwegian salmon farming industry. *Natural Resource Modeling*, 21(3), s. 416–435.
- LUSEFORSKRIFTEN (2022) *Forskrift om bekjempelse av lus i akvakulturanlegg (luseforskriften) - Lovdata*. Tilgjengelig på :
<https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2009-08-18-1095> [Åpnet 09/01/23].
- MACAULAY, G., BUI, S., mfl. (2020) Acclimating salmon as juveniles prepares them for a farmed life in sea-cages. *Aquaculture*, 523, [Online] Tilgjengelig på:
doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735227.
- MACAULAY, G., WRIGHT, D., mfl. (2020) Buoyancy matters: Establishing the maximum neutral buoyancy depth of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 519, [Online] Tilgjengelig på:
doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.734925.
- MCKAY, L.R. og GJERDE, B. (1986) Genetic variation for a spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 52(4), s. 263–272.
- MCKIBBEN, M.A. og HAY, D.W. (2004) Distributions of planktonic sea lice larvae *Lepeophtheirus salmonis* in the inter-tidal zone in Loch Torridon, Western Scotland in relation to salmon farm production cycles. *Aquaculture Research*, 35(8), s. 742–750.
- MOLTUMYR, L. mfl. (2022) Long-term welfare effects of repeated warm water treatments on Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 548, [Online] Tilgjengelig på:

doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.737670.

- NAYLOR, R. mfl. (2005) Fugitive Salmon: Assessing the Risks of Escaped Fish from Net-Pen Aquaculture. [Online] Tilgjengelig på: https://watermark.silverchair.com/55-5-427.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAwYwggMCBgkqhkiG9w0BBwagggLzMIIC7wIBADCCAUGGCSqGSIb3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMbSwBkN7BstG1hG4vAgEQgIICuaHX-9IPlqyoqQuYjjaV98hG5utWMw80vTqiHYDh4zh3Hy [Åpnet 05/12/2022].
- NILSSON, J. mfl. (2022) LAKSVEL Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg. s. 40.
- NOBLE, C. mfl. (2018) Velferdsindikatorer for oppdrettslaks : Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. [Online] Tilgjengelig på: www.nofima.no/fishwell [Åpnet 07/03/2022].
- NORSK VETERINÆR TIDSSKRIFT (2022) *Effekt og fiskevelferd ved avlusing med «Freshwell»* | *NVT*. Tilgjengelig på : https://nvt.vetnett.no/journal/2022/5/m-573/Effect_og_fiskevelferd_ved_avlusing_med_«Freshwell» [Åpnet 08/12/22].
- OLAFSEN, T. mfl. (2012) Verdiskaping basert på produktive hav i 2050.
- OLDHAM, T. mfl. (2023) Environmentally responsive parasite prevention halves salmon louse burden in commercial marine cages. *Aquaculture*, 563(P1), s. 738902.
- OPPEDAL, F. mfl. (2020) Atlantic salmon cope in submerged cages when given access to an air dome that enables fish to maintain neutral buoyancy. *Aquaculture*, 525(March), s. 735286.
- OPPEDAL, F. mfl. (2011) Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 315(3–4), s. 361–368.
- OPPEDAL, F. mfl. (2006) Photoperiod in seawater influence seasonal growth and chemical composition in autumn sea-transferred Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given two vaccines. *Aquaculture*, 254(1–4), s. 396–410.
- OPPEDAL, F. mfl. (2017) Sea lice infestation levels decrease with deeper ‘snorkel’ barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science*, 73(9), s. 1935–1943.
- OPPEDAL, F. mfl. (2019) Snorkel Technology to Reduce Sea Lice Infestations: Efficacy Depends on Salinity at the Farm Site, but Snorkels Have Minimal Effects on Salmon Production and Welfare. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, s. 445–457.
- OPPEDAL, F., DEMPSTER, T. og STIEN, L.H. (2011) Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1–4), s. 1–18.

- OPTIMAR (2023) *Optilice*. Tilgjengelig på : <https://optimar.no/optilice> [Åpnet 31/01/23].
- OVERTON, K. mfl. (2019) Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), s. 1398–1417.
- POPPE, T.T. mfl. (2018) Termisk behandling av laks. *Norsk veterinærtidsskrift*, 130(3), s. 148–155.
- PRODUKSJONSOMRÅDEFORSKRIFTEN (2023) *Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (produksjonsområdeforskriften) - Lovdata*. Tilgjengelig på : <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-01-16-61> [Åpnet 22/02/23].
- R. MCN, A. (1959) The Physical Properties of the Swimbladders of Fish Other Than Cypriniformes. *Journal of Experimental Biology*, 36(2), s. 347–355.
- ROTH, B. (2016) *Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd (Eng: Delousing of salmonids with Optilice: Effect on delousing and fish welfare)*.
- SAMBRAUS, F. mfl. (2018) Changes in water temperature and oxygen: the effect of triploidy on performance and metabolism in large farmed Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions*, 10(Benfey 2016), s. 157–172.
- SCALEAQ (2022) *Fôring - ScaleAQ*. Tilgjengelig på : <https://scaleaq.no/produktkategori/seabased/foring/> [Åpnet 21/11/22].
- SCHNEIDER, R. og NICHOLSON, B.L. (1980) Bacteria Associated with Fin Rot Disease in Hatchery-Reared Atlantic Salmon (*Salmo salar*) . *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(10), s. 1505–1513.
- SEASMART (2023) *SeaSmart AS*. Tilgjengelig på : <https://www.seasmart.no/> [Åpnet 28/02/23].
- SEGNER, H. mfl. (2012) Health of farmed fish: Its relation to fish welfare and its utility as welfare indicator. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(1), s. 85–105.
- SIEVERS, M. mfl. (2018) Growth and welfare of submerged Atlantic salmon under continuous lighting. *Aquaculture Environment Interactions*, 10, s. 501–510.
- SIEVERS, M. mfl. (2021) Submerged cage aquaculture of marine fish: A review of the biological challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), s. 106–119.
- SIGNIFY (2023) *Svaberget Smolt får optimale vekstvilkår | Signify's bedriftsnettsted*. Tilgjengelig på : <https://www.signify.com/no-no/our-company/news/press-releases/2023/20230209-signify-aquaculture-solution-helps-svaberget-smolt-provide-optimal-growth-conditions-for-salmon> [Åpnet 01/03/23].
- SOLSTORM, D. mfl. (2018) Dissolved oxygen variability in a commercial sea-cage exposes

- farmed Atlantic salmon to growth limiting conditions. *Aquaculture*, 486, s. 122–129.
- SOMMERSET, I. mfl. (2021) Fiskehelse rapporten 2021 Veterinærinstituttet 2. [Online]
Tilgjengelig på: www.vetinst.no.
- SOMMERSET, I. mfl. (2023) *Fiskehelse rapporten 2022, Veterinærinstituttets rapport nr. 5a/2023*. Tilgjengelig på : <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/infeksios-lakseanemi-ila> [Åpnet 17/11/22].
- STATISTISK SENTRALBYRÅ (2020) *Akvakultur (avsluttet i Statistisk sentralbyrå) - årlig, endelige tall - SSB*. Tilgjengelig på : <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar> [Åpnet 03/03/22].
- STIEN, L.H. mfl. (2023) *PRODUCTION, FASTING AND DELOUSING OF TRIPLOID AND DIPLOID SALMON IN NORTHERN NORWAY*.
- STIEN, L.H. mfl. (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), s. 33–57.
- STIEN, L.H. mfl. (2016) «Snorkel» sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, s. 29–37.
- SVÅSAND, T. mfl. (2016) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016 (Risk Assessment Norwegian Fish Farming 2016). *Fisken og havet*, særnummer, s. 173-184. [in Norwegian].
- TAKLE, H. mfl. (2015) Sårproblematikk og hudhelse i laks - og regnbueørrettoppdrett. s. 115.
- VÅGSHOLM, I. og DJUPVIK, H.O. (1998) Risk factors for spinal deformities in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 21(1), s. 47–53.
- WARREN-MYERS, F. mfl. (2022) Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture*, 548, s. 737570.
- Kryvi, H. & Poppe, T. (2016). *Fiskeanatomi*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Oppedal, F., Stien, L.H., Bui, S., Oldham, T., Barrett, L., (2022) *Chapter 22 - Physical prevention control of sea lice*. In: Treasurer, J., Bron, J., Bricknell, I. (Eds.), *Sea lice biology and control*. 5M publishing, 493-528.

8.2 Figur 2: Fishwell morfologiske operative velferdsindikatorer for atlantisk laks

FISHWELL Morfologiske operative velferdsindikatorer for atlantisk laks v1.1

Nivå 0: Normal og skadefri (ikke vist).
Nivå 1-3: Velferdsindikatoren blir gradvis verre.

VELFERDSRAPPORT SKJELLTAP

Dato	Merd	Intet å melde	Skår 1	Skår 2	Skår 3
10.-12.06	REF1	63,0	37,0	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	65,8	32,2	2,0	0,0
10.-12.06	REF2	39,4	52,8	7,7	0,0
10.-12.06	REF2	41,8	54,1	3,4	0,7
10.-12.06	ATL6	37,8	58,3	3,8	0,0
10.-12.06	ATL6	68,4	29,5	2,1	0,0
10.-12.06	ATL12	34,5	64,8	0,7	0,0
10.-12.06	ATL12	42,4	51,4	6,3	0,0
10.-12.06	NAU9	34,0	59,3	6,7	0,0
10.-12.06	NAU9	49,6	44,7	5,7	0,0
10.-12.06	NAU10	63,0	36,4	0,5	0,0
10.-12.06	NAU10	60,6	34,3	5,1	0,0
23.-28.06	REF1	43,8	49,0	7,2	0,0
26.-28.06	REF1	78,6	20,7	0,7	0,0

8.3 Tabell 1: Resultat fra skåring (%) med kameraobservasjoner (Velferdsrapporter). Grå farge indikering skåring av meg (N), mens hvit farge er skåret av Aquabytte (A).

23.-28.06	REF2	48,2	41,8	9,9	0,0
26.-28.06	REF2	66,5	30,3	3,2	0,0
23.-28.06	ATL6	55,5	39,0	5,5	0,0
23.-28.06	ATL6	84,9	13,8	1,3	0,0
23.-28.06	ATL12	31,4	63,5	5,1	0,0
23.-28.06	ATL12	73,2	25,5	1,3	0,0
23.-28.06	NAU9	45,9	46,6	7,5	0,0
25.-28.06	NAU9	52,5	43,9	3,6	0,0
23.-28.06	NAU10	45,3	52,7	1,3	0,7
23.-25.06	NAU10	84,8	15,2	0,0	0,0
15.-17.07	REF1	14,4	74,0	11,5	0,0
15.-17.07	REF1	39,0	59,9	0,6	0,6
18.-20.07	REF2	31,5	51,7	16,8	0,0
18.-20.07	REF2	25,0	64,3	9,8	0,8
15.-17.07	ATL6	56,5	43,5	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	98,2	1,8	0,0	0,0
15.-17.07	ATL12	51,4	48,6	0,0	0,0
15.-17.07	ATL12	64,2	33,8	1,3	0,7
13.-17.07	NAU9	57,4	39,7	2,9	0,0
13.-17.07	NAU9	84,9	15,1	0,0	0,0
14.-17.07	NAU10	65,9	32,6	1,6	0,0
14.-17.07	NAU10	100,0	0,0	0,0	0,0
14.-16.08	REF1	43,0	50,3	6,0	0,7
14.-16.08	REF1	62,7	36,3	1,0	0,0
15.-17.08	REF2	60,0	40,0	0,0	0,0
15.-18.08	REF2	66,9	30,2	2,4	0,6
10.-10.08	ATL6	85,3	14,7	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	95,3	4,7	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	74,0	25,3	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	87,5	11,9	0,6	0,0
16.-17.08	NAU9	74,7	24,7	0,7	0,0
16.-17.08	NAU9	82,1	17,9	0,0	0,0
07.-09.08	NAU10	86,0	11,9	1,4	0,7
07.-09.08	NAU10	96,9	3,1	0,0	0,0

VELFERDSRAPPORT SNUTESKADER

Dato	Merd	Intet å melde	Skår 1	Skår 2	Skår 3
10.-12.06	REF1	32,7	67,3	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	92,9	7,1	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	14,0	86,0	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	86,4	13,0	0,6	0,0
10.-12.06	ATL6	14,5	84,9	0,7	0,0

10.-12.06	ATL6	83,4	15,3	1,3	0,0
10.-12.06	ATL12	4,6	93,5	2,0	0,0
10.-12.06	ATL12	73,2	24,8	1,3	0,6
10.-12.06	NAU9	3,3	94,7	2,0	0,0
10.-12.06	NAU9	80,1	19,9	0,0	0,0
10.-12.06	NAU10	10,7	86,0	3,3	0,0
10.-12.06	NAU10	60,1	31,6	7,6	0,6
23.-28.06	REF1	1,3	98,7	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	94,3	5,7	0,0	0,0
23.-28.06	REF2	4,7	95,3	0,0	0,0
26.-28.06	REF2	90,9	9,1	0,0	0,0
23.-28.06	ATL6	10,6	88,1	1,3	0,0
23.-28.06	ATL6	79,6	19,1	1,3	0,0
23.-28.06	ATL12	6,0	94,0	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	75,5	23,8	0,7	0,0
23.-28.06	NAU9	3,3	96,0	0,7	0,0
25.-28.06	NAU9	71,5	27,9	0,6	0,0
23.-28.06	NAU10	2,6	92,8	4,6	0,0
23.-25.06	NAU10	43,1	44,3	12,6	0,0
15.-17.07	REF1	56,6	43,4	0,0	0,0
15.-17.07	REF1	86,5	12,9	0,6	0,0
18.-20.07	REF2	55,3	44,7	0,0	0,0
18.-20.07	REF2	85,8	14,2	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	65,1	34,9	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	78,0	22,0	0,0	0,0
15.-17.07	ATL12	58,6	40,1	1,3	0,0
15.-17.07	ATL12	79,3	19,3	1,3	0,0
13.-17.07	NAU9	40,1	59,9	0,0	0,0
13.-17.07	NAU9	92,8	6,5	0,7	0,0
14.-17.07	NAU10	27,8	67,5	2,6	2,0
14.-17.07	NAU10	61,3	32,0	3,3	3,3
14.-16.08	REF1	29,5	70,5	0,0	0,0
14.-16.08	REF1	98,0	2,0	0,0	0,0
15.-17.08	REF2	31,8	68,2	0,0	0,0
15.-18.08	REF2	85,4	14,6	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	70,3	29,0	0,6	0,0
10.-10.08	ATL6	74,7	25,3	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	48,4	51,6	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	89,6	9,8	0,6	0,0
16.-17.08	NAU9	17,9	80,1	2,0	0,0
16.-17.08	NAU9	98,7	1,3	0,0	0,0
07.-09.08	NAU10	16,0	79,3	4,7	0,0
07.-09.08	NAU10	51,4	40,9	7,2	0,5

VELFERDSRAPPORT FINNESKADER - Brystfinne

Dato	Merid	Intet å melde	aktiv skade 1	Aktiv skade 2	Aktiv skade 3
10.-12.06	REF1	31,8	68,2	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	30,5	68,8	0,6	0,0
10.-12.06	REF2	9,9	88,7	1,3	0,0
10.-12.06	REF2	21,7	73,7	3,9	0,7
10.-12.06	ATL6	11,9	86,8	1,3	0,0
10.-12.06	ATL6	18,8	78,8	2,1	0,4
10.-12.06	ATL12	7,4	91,3	1,3	0,0
10.-12.06	ATL12	10,5	77,8	11,7	0,0
10.-12.06	NAU9	19,9	78,8	1,3	0,0
10.-12.06	NAU9	36,0	58,4	5,0	0,6
10.-12.06	NAU10	18,0	81,3	0,7	0,0
10.-12.06	NAU10	23,9	64,5	9,7	1,9
23.-28.06	REF1	13,2	68,2	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	40,4	59,0	0,6	0,0
23.-28.06	REF2	6,6	91,4	2,0	0,0
26.-28.06	REF2	38,3	56,5	3,9	1,3
23.-28.06	ATL6	22,7	76,7	0,7	0,0
23.-28.06	ATL6	19,5	80,5	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	5,3	94,7	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	10,0	86,9	1,9	1,3
23.-28.06	NAU9	13,2	84,9	2,0	0,0
25.-28.06	NAU9	30,1	62,7	7,2	0,0
23.-28.06	NAU10	0,6	97,4	1,9	0,0
23.-25.06	NAU10	25,5	68,2	6,3	0,0
15.-17.07	REF1	0,0	98,0	2,0	0,0
15.-17.07	REF1	2,6	93,4	3,9	0,0
18.-20.07	REF2	1,3	98,0	0,7	0,0
18.-20.07	REF2	0,0	92,8	7,2	0,0
15.-17.07	ATL6	11,5	88,5	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	34,7	63,3	2,0	0,0
15.-17.07	ATL12	5,8	93,5	0,6	0,0
15.-17.07	ATL12	20,1	71,1	8,1	0,7
13.-17.07	NAU9	9,0	86,5	4,5	0,0
13.-17.07	NAU9	20,7	69,3	10,0	0,0
14.-17.07	NAU10	2,5	96,9	0,6	0,0
14.-17.07	NAU10	16,4	65,1	17,1	1,3
14.-16.08	REF1	3,3	94,7	2,0	0,0
14.-16.08	REF1	10,7	82,0	7,3	0,0
15.-17.08	REF2	5,9	94,1	0,0	0,0

15.-18.08	REF2	27,3	71,4	1,2	0,0
10.-10.08	ATL6	7,9	92,1	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	61,3	38,7	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	6,0	94,0	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	12,1	81,5	5,1	1,3
16.-17.08	NAU9	3,1	95,6	1,3	0,0
16.-17.08	NAU9	8,7	81,3	10,0	0,0
07.-09.08	NAU10	2,4	97,6	0,0	0,0
07.-09.08	NAU10	14,7	84,7	0,6	0,0

VELFERDSRAPPORT FINNESKADER - Bukfinne

Dato	Merd	Intet å melde	aktiv skade 1	Aktiv skade 2	Aktiv skade 3
10.-12.06	REF1	44,7	55,3	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	41,4	52,9	5,1	0,6
10.-12.06	REF2	23,5	76,5	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	31,4	62,9	5,0	0,6
10.-12.06	ATL6	44,4	55,6	0,0	0,0
10.-12.06	ATL6	45,2	50,2	4,2	0,4
10.-12.06	ATL12	30,7	69,3	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	51,2	44,7	4,1	0,0
10.-12.06	NAU9	31,1	68,9	0,0	0,0
10.-12.06	NAU9	67,5	28,4	3,6	0,6
10.-12.06	NAU10	45,8	53,6	0,0	0,7
10.-12.06	NAU10	52,4	39,0	7,9	0,6
23.-28.06	REF1	48,4	51,6	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	48,1	51,9	0,0	0,0
23.-28.06	REF2	21,8	77,6	0,6	0,0
26.-28.06	REF2	71,5	25,9	2,5	0,0
23.-28.06	ATL6	61,4	38,6	0,0	0,0
23.-28.06	ATL6	56,4	41,0	2,6	0,0
23.-28.06	ATL12	42,0	58,0	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	55,8	44,2	0,0	0,0
23.-28.06	NAU9	49,4	50,0	0,6	0,0
25.-28.06	NAU9	64,5	30,8	4,1	0,6
23.-28.06	NAU10	17,1	82,9	0,0	0,0
23.-25.06	NAU10	66,9	31,2	1,9	0,0
15.-17.07	REF1	11,3	87,4	1,3	0,0
15.-17.07	REF1	14,5	83,6	2,0	0,0
18.-20.07	REF2	8,4	90,3	1,3	0,0
18.-20.07	REF2	6,5	92,8	0,7	0,0
15.-17.07	ATL6	61,2	38,8	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	81,3	16,7	2,0	0,0

15.-17.07	ATL12	49,7	49,7	0,6	0,0
15.-17.07	ATL12	64,9	33,8	0,6	0,6
13.-17.07	NAU9	34,4	63,6	2,0	0,0
13.-17.07	NAU9	67,6	27,0	5,4	0,0
14.-17.07	NAU10	30,1	69,9	0,0	0,0
14.-17.07	NAU10	60,0	35,3	4,7	0,0
14.-16.08	REF1	17,0	83,0	0,0	0,0
14.-16.08	REF1	21,3	71,3	6,7	0,7
15.-17.08	REF2	24,3	75,7	0,0	0,0
15.-18.08	REF2	52,7	47,3	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	56,3	43,7	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	79,3	20,0	0,7	0,0
08.-10.08	ATL12	36,6	62,7	0,7	0,0
08.-10.08	ATL12	35,9	63,5	0,6	0,0
16.-17.08	NAU9	37,0	63,0	0,0	0,0
16.-17.08	NAU9	32,0	67,3	0,7	0,0
07.-09.08	NAU10	35,3	64,1	0,7	0,0
07.-09.08	NAU10	65,5	31,0	3,4	0,0

VELFERDSRAPPORT FINNESKADER - Gattfinne

Dato	Merd	Intet å melde	aktiv skade 1	Aktiv skade 2	Aktiv skade 3
10.-12.06	REF1	60,9	39,1	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	55,4	38,2	6,4	0,0
10.-12.06	REF2	24,5	72,2	3,3	0,0
10.-12.06	REF2	51,0	42,6	6,5	0,0
10.-12.06	ATL6	51,0	48,3	0,7	0,0
10.-12.06	ATL6	64,5	32,0	3,0	0,5
10.-12.06	ATL12	35,6	64,4	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	64,6	34,2	1,3	0,0
10.-12.06	NAU9	21,5	77,2	1,3	0,0
10.-12.06	NAU9	68,8	28,1	3,1	0,0
10.-12.06	NAU10	46,5	53,5	0,0	0,0
10.-12.06	NAU10	60,0	31,6	7,7	0,6
23.-28.06	REF1	51,0	49,0	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	51,6	44,4	3,9	0,0
23.-28.06	REF2	26,0	73,3	0,7	0,0
26.-28.06	REF2	81,0	17,2	1,7	0,0
23.-28.06	ATL6	48,7	50,6	0,6	0,0
23.-28.06	ATL6	53,2	42,2	4,5	0,0
23.-28.06	ATL12	22,7	76,0	1,3	0,0
23.-28.06	ATL12	38,3	60,5	1,2	0,0
23.-28.06	NAU9	37,1	62,3	0,7	0,0

25.-28.06	NAU9	63,4	30,4	6,2	0,0
23.-28.06	NAU10	8,6	91,4	0,0	0,0
23.-25.06	NAU10	72,2	25,9	1,9	0,0
15.-17.07	REF1	10,9	88,5	0,6	0,0
15.-17.07	REF1	37,5	60,5	2,0	0,0
18.-20.07	REF2	18,7	80,7	0,7	0,0
18.-20.07	REF2	19,0	77,1	3,9	0,0
15.-17.07	ATL6	47,7	51,7	0,7	0,0
15.-17.07	ATL6	83,3	16,0	0,7	0,0
15.-17.07	ATL12	24,4	74,4	1,3	0,0
15.-17.07	ATL12	69,5	26,0	4,5	0,0
13.-17.07	NAU9	22,4	77,0	0,7	0,0
13.-17.07	NAU9	67,8	28,9	3,4	0,0
14.-17.07	NAU10	25,5	72,5	2,0	0,0
14.-17.07	NAU10	61,3	30,7	8,0	0,0
14.-16.08	REF1	20,0	80,0	0,0	0,0
14.-16.08	REF1	49,7	47,2	3,1	0,0
15.-17.08	REF2	25,8	72,9	1,3	0,0
15.-18.08	REF2	60,4	37,6	2,0	0,0
10.-10.08	ATL6	38,5	60,9	0,6	0,0
10.-10.08	ATL6	86,0	12,7	1,3	0,0
08.-10.08	ATL12	30,0	69,3	0,7	0,0
08.-10.08	ATL12	27,2	71,5	1,3	0,0
16.-17.08	NAU9	28,0	71,3	0,7	0,0
16.-17.08	NAU9	22,7	74,7	2,7	0,0
07.-09.08	NAU10	27,3	72,7	0,0	0,0
07.-09.08	NAU10	71,0	27,7	1,3	0,0

VELFERDSRAPPORT FINNESKADER - Halefinne

Dato	Merd	Intet å melde	aktiv skade 1	Aktiv skade 2	Aktiv skade 3
10.-12.06	REF1	50,7	44,7	4,6	0,0
10.-12.06	REF1	26,1	58,0	15,3	0,6
10.-12.06	REF2	13,1	80,4	6,5	0,0
10.-12.06	REF2	12,0	63,2	24,1	0,0
10.-12.06	ATL6	26,8	68,0	5,2	0,0
10.-12.06	ATL6	29,2	55,2	14,6	0,5
10.-12.06	ATL12	21,3	75,3	3,3	0,0
10.-12.06	ATL12	9,6	69,2	20,5	0,6
10.-12.06	NAU9	16,0	73,7	10,3	0,0
10.-12.06	NAU9	24,0	46,1	27,9	1,9
10.-12.06	NAU10	22,0	73,3	4,7	0,0
10.-12.06	NAU10	21,1	57,2	20,4	1,3

23.-28.06	REF1	25,9	66,5	7,6	0,0
26.-28.06	REF1	21,8	63,5	14,7	0,0
23.-28.06	REF2	5,3	84,8	9,9	0,0
26.-28.06	REF2	17,5	67,5	14,9	0,0
23.-28.06	ATL6	14,0	76,7	9,3	0,0
23.-28.06	ATL6	10,5	71,2	17,6	0,7
23.-28.06	ATL12	5,3	84,2	10,5	0,0
23.-28.06	ATL12	9,2	70,4	19,7	0,7
23.-28.06	NAU9	7,8	85,1	7,1	0,0
25.-28.06	NAU9	16,4	58,5	23,3	1,9
23.-28.06	NAU10	4,7	87,3	8,0	0,0
23.-25.06	NAU10	33,3	49,7	17,0	0,0
15.-17.07	REF1	3,9	86,2	9,2	0,7
15.-17.07	REF1	4,5	67,5	27,9	0,0
18.-20.07	REF2	3,3	86,1	10,6	0,0
18.-20.07	REF2	0,0	50,3	49,7	0,0
15.-17.07	ATL6	9,7	80,5	9,7	0,0
15.-17.07	ATL6	7,3	52,0	40,7	0,0
15.-17.07	ATL12	10,6	85,4	4,0	0,0
15.-17.07	ATL12	11,9	72,9	15,3	0,0
13.-17.07	NAU9	7,9	86,2	5,9	0,0
13.-17.07	NAU9	3,0	60,4	36,6	0,0
14.-17.07	NAU10	13,7	80,4	5,9	0,0
14.-17.07	NAU10	8,7	67,1	24,2	0,0
14.-16.08	REF1	14,6	72,8	12,7	0,0
14.-16.08	REF1	5,3	66,9	27,8	0,0
15.-17.08	REF2	2,0	94,0	4,0	0,0
15.-18.08	REF2	9,3	73,3	17,3	0,0
10.-10.08	ATL6	17,9	78,1	4,0	0,0
10.-10.08	ATL6	63,4	28,3	8,3	0,0
08.-10.08	ATL12	9,9	84,1	6,0	0,0
08.-10.08	ATL12	5,9	74,5	19,6	0,0
16.-17.08	NAU9	5,2	87,0	7,8	0,0
16.-17.08	NAU9	1,3	78,0	20,7	0,0
07.-09.08	NAU10	6,7	90,0	3,3	0,0
07.-09.08	NAU10	12,2	63,5	24,4	0,0

VELFERDSRAPPORT FINNESKADER - Ryggfinne

Dato	Merd	Intet å melde	aktiv skade 1	Aktiv skade 2	Aktiv skade 3
10.-12.06	REF1	14,6	84,1	1,3	0,0
10.-12.06	REF1	16,9	75,6	6,9	0,6
10.-12.06	REF2	4,7	89,3	6,0	0,0

10.-12.06	REF2	9,8	76,7	13,5	0,0
10.-12.06	ATL6	2,6	93,5	3,9	0,0
10.-12.06	ATL6	18,6	73,1	7,0	1,2
10.-12.06	ATL12	6,8	86,5	6,8	0,0
10.-12.06	ATL12	15,2	68,4	11,4	5,1
10.-12.06	NAU9	8,2	88,6	3,2	0,0
10.-12.06	NAU9	25,5	60,8	12,4	1,3
10.-12.06	NAU10	11,3	86,7	2,0	0,0
10.-12.06	NAU10	18,3	67,7	13,4	0,6
23.-28.06	REF1	4,4	92,5	3,1	0,0
26.-28.06	REF1	27,7	71,1	1,3	0,0
23.-28.06	REF2	0,7	91,4	7,9	0,0
26.-28.06	REF2	27,0	65,8	7,1	0,0
23.-28.06	ATL6	11,5	86,6	1,9	0,0
23.-28.06	ATL6	12,2	82,7	4,5	0,6
23.-28.06	ATL12	3,2	89,0	7,7	0,0
23.-28.06	ATL12	17,9	73,1	8,3	0,6
23.-28.06	NAU9	2,6	89,7	7,7	0,0
25.-28.06	NAU9	22,6	64,6	9,1	3,7
23.-28.06	NAU10	2,0	96,1	2,0	0,0
23.-25.06	NAU10	21,1	72,8	6,1	0,0
15.-17.07	REF1	1,3	94,8	3,9	0,0
15.-17.07	REF1	2,5	86,9	10,0	0,0
18.-20.07	REF2	1,9	94,2	3,9	0,0
18.-20.07	REF2	7,0	85,4	7,6	0,0
15.-17.07	ATL6	7,2	92,8	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	15,3	75,3	9,3	0,0
15.-17.07	ATL12	8,6	85,3	6,1	0,0
15.-17.07	ATL12	28,3	60,4	10,1	1,3
13.-17.07	NAU9	3,9	91,0	5,2	0,0
13.-17.07	NAU9	24,0	62,0	12,7	1,3
14.-17.07	NAU10	5,2	92,9	1,9	0,0
14.-17.07	NAU10	9,3	78,7	11,3	0,7
14.-16.08	REF1	1,3	93,5	5,2	0,0
14.-16.08	REF1	7,2	78,3	14,5	0,0
15.-17.08	REF2	0,7	96,7	2,6	0,0
15.-18.08	REF2	13,9	82,8	3,3	0,0
10.-10.08	ATL6	9,2	88,2	2,6	0,0
10.-10.08	ATL6	34,7	64,7	0,7	0,0
08.-10.08	ATL12	1,3	93,7	5,0	0,0
08.-10.08	ATL12	3,5	83,7	9,9	2,9
16.-17.08	NAU9	0,0	98,1	1,9	0,0
16.-17.08	NAU9	4,1	84,5	11,5	0,0

07.-09.08	NAU10	1,1	98,3	0,6	0,0
07.-09.08	NAU10	6,1	92,8	1,1	0,0

VELFERDSRAPPORT DEFORMITET RYGGRAD

Dato	Merd	Intet å melde	Skår 1	Skår 2	Skår 3
10.-12.06	REF1	100,0	0,0	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	96,2	3,8	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	99,3	0,7	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	90,9	9,1	0,0	0,0
10.-12.06	ATL6	100,0	0,0	0,0	0,0
10.-12.06	ATL6	98,2	1,8	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	99,3	0,7	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	99,4	0,6	0,0	0,0
10.-12.06	NAU9	98,0	2,0	0,0	0,0
10.-12.06	NAU9	99,4	0,6	0,0	0,0
10.-12.06	NAU10	99,3	0,7	0,0	0,0
10.-12.06	NAU10	99,4	0,6	0,0	0,0
23.-28.06	REF1	99,3	0,7	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	96,6	3,4	0,0	0,0
23.-28.06	REF2	100,0	0,0	0,0	0,0
26.-28.06	REF2	98,3	1,7	0,0	0,0
23.-28.06	ATL6	97,8	2,2	0,0	0,0
23.-28.06	ATL6	98,7	1,3	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	99,3	0,7	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	96,8	3,2	0,0	0,0
23.-28.06	NAU9	94,3	3,2	2,5	0,0
25.-28.06	NAU9	95,8	1,8	1,2	1,2
23.-28.06	NAU10	98,1	1,9	0,0	0,0
23.-25.06	NAU10	96,4	3,0	0,6	0,0
15.-17.07	REF1	99,3	0,7	0,0	0,0
15.-17.07	REF1	99,4	0,6	0,0	0,0
18.-20.07	REF2	100,0	0,0	0,0	0,0
18.-20.07	REF2	100,0	0,0	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	98,0	2,0	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	99,3	0,7	0,0	0,0
15.-17.07	ATL12	98,7	0,7	0,7	0,0
15.-17.07	ATL12	100,0	0,0	0,0	0,0
13.-17.07	NAU9	76,2	4,0	6,6	13,2
13.-17.07	NAU9	73,4	10,4	9,1	7,1
14.-17.07	NAU10	94,7	4,7	0,7	0,0
14.-17.07	NAU10	99,4	0,6	0,0	0,0

14.-16.08	REF1	98,0	1,3	0,7	0,0
14.-16.08	REF1	98,1	1,9	0,0	0,0
15.-17.08	REF2	100,0	0,0	0,0	0,0
15.-18.08	REF2	96,7	3,3	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	99,3	0,7	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	97,3	2,7	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	99,3	0,7	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	96,1	3,9	0,0	0,0
16.-17.08	NAU9	94,7	3,3	2,0	0,0
16.-17.08	NAU9	96,7	1,3	1,3	0,7
07.-09.08	NAU10	100,0	0,0	0,0	0,0
07.-09.08	NAU10	98,8	1,2	0,0	0,0

VELFERDSRAPPORT KROPPSSÅR

Dato	Merd	Intet å melde	Aktiv sår 1	Aktiv sår 2	Aktiv sår 3	Helbredende sår 1	Helbredende sår 2	Helbredende sår 3
10.-12.06	REF1	97,3	0,7	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
10.-12.06	REF1	92,9	5,1	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	91,9	2,7	0,7	0,0	4,7	0,0	0,0
10.-12.06	REF2	82,0	5,3	2,0	0,0	6,7	3,3	0,7
10.-12.06	ATL6	97,4	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
10.-12.06	ATL6	92,1	6,1	0,5	0,5	0,9	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	86,6	12,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
10.-12.06	ATL12	83,3	5,6	2,5	0,6	4,9	3,1	0,0
10.-12.06	NAU9	79,2	14,6	3,5	0,0	2,8	0,0	0,0
10.-12.06	NAU9	76,2	9,8	4,3	1,8	6,1	1,8	0,0
10.-12.06	NAU10	74,8	12,6	2,1	0,0	10,5	0,0	0,0
10.-12.06	NAU10	68,3	15,9	7,6	2,1	4,1	1,4	0,7
23.-28.06	REF1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26.-28.06	REF1	98,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23.-28.06	REF2	91,0	2,6	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0
26.-28.06	REF2	85,3	1,2	0,6	0,0	6,7	5,5	0,6
23.-28.06	ATL6	96,0	2,6	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
23.-28.06	ATL6	82,7	3,3	2,0	0,0	8,7	3,3	0,0
23.-28.06	ATL12	87,7	11,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
23.-28.06	ATL12	79,5	6,6	6,0	1,3	6,6	0,0	0,0
23.-28.06	NAU9	79,9	11,4	1,3	0,0	6,0	1,3	0,0
25.-28.06	NAU9	73,9	8,5	9,1	1,8	3,6	3,0	0,0
23.-28.06	NAU10	79,6	15,6	2,0	0,0	2,0	0,7	0,0
23.-25.06	NAU10	72,8	11,4	9,5	1,9	3,2	1,3	0,0
15.-17.07	REF1	96,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.-17.07	REF1	94,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18.-20.07	REF2	92,4	0,7	0,7	0,0	4,2	2,1	0,0
18.-20.07	REF2	86,3	5,4	1,2	0,0	0,0	4,8	2,4

15.-17.07	ATL6	99,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
15.-17.07	ATL6	98,8	0,0	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0
15.-17.07	ATL12	89,1	7,5	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0
15.-17.07	ATL12	84,7	4,2	4,9	2,1	0,0	2,8	1,4
13.-17.07	NAU9	79,7	8,8	2,7	0,7	7,4	0,7	0,0
13.-17.07	NAU9	79,4	2,6	1,9	3,9	3,2	7,1	1,9
14.-17.07	NAU10	79,1	8,6	2,9	0,0	7,9	1,4	0,0
14.-17.07	NAU10	56,8	3,8	6,8	6,8	12,1	10,6	3,0
14.-16.08	REF1	99,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
14.-16.08	REF1	98,8	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
15.-17.08	REF2	96,0	1,3	0,0	0,0	2,0	0,7	0,0
15.-18.08	REF2	95,8	0,6	0,0	0,0	0,6	1,8	1,2
10.-10.08	ATL6	96,7	0,7	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0
10.-10.08	ATL6	99,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
08.-10.08	ATL12	90,9	1,9	0,6	0,0	5,2	1,3	0,0
08.-10.08	ATL12	92,3	1,2	1,8	0,0	3,0	1,8	0,0
16.-17.08	NAU9	91,9	1,3	0,0	0,0	4,0	2,7	0,0
16.-17.08	NAU9	83,7	1,8	0,6	0,6	4,2	9,0	0,0
07.-09.08	NAU10	89,6	0,6	1,3	0,0	7,8	0,6	0,0
07.-09.08	NAU10	72,3	0,6	0,6	1,2	4,2	19,9	1,2

8.4: Tabell 2: Manuelle inntellinger (lyteskåring) på referansemerder (F1) gjennom forsøksperioden

Før behandling REF1 30.05.22				Etter behandling REF1 30.05.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	1,0	0,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	2	1,0	1,0	1,0
3	1,0	1,0	1,0	3	1,0	1,0	3,0
4	1,0	1,0	1,0	4	2,0	1,0	2,0
5	0,0	0,0	1,0	5	1,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	0,0	6	1,0	0,0	1,0
7	0,0	0,0	1,0	7	2,0	1,0	2,0
8	0,0	0,0	0,0	8	1,0	0,0	3,0
9	0,0	0,0	0,0	9	2,0	0,0	2,0
10	0,0	0,0	0,0	10	2,0	0,0	2,0
11	0,0	0,0	1,0	11	2,0	1,0	2,0
12	0,0	0,0	1,0	12	1,0	1,0	3,0
13	0,0	0,0	0,0	13	2,0	0,0	3,0
14	1,0	1,0	1,0	14	2,0	1,0	3,0
15	0,0	0,0	0,0	15	2,0	0,0	2,0
16	0,0	0,0	0,0	16	2,0	2,0	2,0
17	0,0	0,0	1,0	17	1,0	1,0	2,0
18	0,0	0,0	0,0	18	2,0	0,0	2,0

19	0,0	1,0	1,0	19	1,0	1,0	3,0
20	0,0	0,0	0,0	20	1,0	0,0	1,0
Gj.snitt	0,20	0,25	0,50	Gj.snitt	1,50	0,60	2,05

Før behandling REF2 02.06.22				Etter behandling REF2 02.06.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	1,0	0,0	1,0
2	1,0	0,0	1,0	2	0,0	1,0	1,0
3	1,0	0,0	0,0	3	1,0	0,0	0,0
4	1,0	1,0	1,0	4	0,0	1,0	1,0
5	0,0	0,0	1,0	5	1,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	0,0	6	1,0	0,0	1,0
7	0,0	0,0	1,0	7	2,0	1,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	8	1,0	0,0	0,0
9	0,0	1,0	0,0	9	1,0	0,0	2,0
10	0,0	0,0	0,0	10	1,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	1,0	11	1,0	1,0	2,0
12	0,0	1,0	0,0	12	2,0	1,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	13	2,0	0,0	0,0
14	1,0	0,0	1,0	14	2,0	1,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	15	1,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	16	2,0	1,0	1,0
17	0,0	0,0	1,0	17	1,0	1,0	0,0
18	2,0	0,0	0,0	18	2,0	0,0	1,0
19	0,0	1,0	1,0	19	1,0	1,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	20	1,0	0,0	1,0
Gj.snitt	0,30	0,20	0,40	Gj.snitt	1,20	0,50	0,60

Før behandling REF1 07.07.22				Etter behandling REF1 07.07.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	1,0	2,0	1,0
2	1,0	2,0	1,0	2	0,0	1,0	1,0
3	1,0	0,0	2,0	3	0,0	3,0	3,0
4	1,0	1,0	1,0	4	0,0	1,0	1,0
5	0,0	1,0	1,0	5	0,0	1,0	2,0
6	0,0	0,0	0,0	6	0,1	2,0	1,0
7	0,0	2,0	1,0	7	0,8	1,0	2,0
8	2,0	1,0	0,0	8	0,0	2,0	3,0
9	0,0	1,0	0,0	9	0,0	2,0	2,0
10	2,0	0,0	2,0	10	0,0	0,4	3,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	1,0	2,0
12	0,0	1,0	0,0	12	0,0	1,0	0,0

13	0,0	2,0	0,2	13	0,0	1,0	0,0
14	1,0	0,0	1,0	14	0,0	1,0	2,0
15	0,0	0,0	0,0	15	0,0	2,0	0,0
16	0,2	0,0	0,0	16	0,0	1,0	1,0
17	0,0	0,0	1,0	17	0,0	1,0	1,0
18	2,0	0,0	0,0	18	0,0	2,0	1,0
19	0,0	1,0	1,0	19	0,4	1,0	0,2
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	2,0	1,0
Gj.snitt	0,51	0,60	0,61	Gj.snitt	0,12	1,42	1,36

Før behandling REF2 11.07.22				Etter behandling REF2 11.07.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	0,0	0,0	1,0
2	0,0	0,0	0,0	2	0,0	1,0	1,0
3	0,0	0,0	0,0	3	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	5	0,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	0,0	6	0,0	0,0	2,0
7	0,0	0,0	0,0	7	0,0	0,0	1,0
8	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	9	0,0	2,0	2,0
10	0,0	0,0	0,0	10	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	0,5	0,0
12	0,0	0,0	0,0	12	0,0	0,0	2,0
13	0,0	0,0	0,0	13	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	1,0	14	0,0	1,0	1,0
15	0,0	0,0	0,0	15	0,0	0,0	2,0
16	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	1,0
17	0,0	0,0	0,0	17	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	18	0,0	0,0	2,0
19	0,0	0,0	0,0	19	0,0	1,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,00	0,00	0,10	Gj.snitt	0,00	0,33	0,85

Før behandling REF1 17.08.22				Etter behandling REF1 17.08.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	0,0	1,0	1,0
2	1,0	0,0	1,0	2	0,0	1,0	1,0
3	0,0	0,0	0,0	3	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	1,0	0,0
5	2,0	0,0	1,0	5	0,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	1,0	6	0,0	1,0	0,0

7	0,0	0,0	0,0	7	0,0	0,0	1,0
8	0,0	0,0	0,0	8	0,0	2,0	0,0
9	0,0	0,0	2,0	9	0,0	2,0	0,0
10	0,0	1,0	0,0	10	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	1,0	0,0
12	0,0	0,0	0,4	12	0,0	1,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	13	0,0	0,5	0,0
14	0,0	0,0	1,0	14	0,0	1,0	0,0
15	0,0	0,0	1,0	15	0,0	1,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	1,0
17	0,0	0,0	1,0	17	0,0	1,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	18	0,0	1,0	1,0
19	0,0	0,0	1,0	19	0,0	1,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,15	0,05	0,52	Gj.snitt	0,00	0,83	0,35

Før behandling REF2 22.08.22				Etter behandling REF2 22.08.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	0,0	1,0	1,0
2	1,0	0,0	1,0	2	0,0	1,0	1,0
3	0,0	0,0	0,0	3	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	1,0	0,0
5	2,0	0,0	1,0	5	0,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	1,0	6	0,0	1,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	7	0,0	0,0	1,0
8	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	2,0	9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	1,0	0,0	10	0,0	0,0	1,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	1,0	0,0
12	0,0	1,0	0,0	12	0,0	1,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	13	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	1,0	14	0,0	1,0	0,0
15	1,0	0,0	1,0	15	0,0	0,5	0,0
16	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	1,0
17	0,0	0,0	1,0	17	0,0	1,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	18	0,0	1,0	1,0
19	0,0	0,0	1,0	19	0,0	2,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,20	0,10	0,50	Gj.snitt	0,00	0,63	0,40

Før behandling REF1 30.09.22				Etter behandling REF1 30.09.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap

1	0,0	0,0	0,0	1	0,0	1,0	1,0
2	0,0	0,0	1,0	2	1,0	1,0	1,0
3	0,0	1,0	0,0	3	1,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	0,0	0,0
5	0,0	1,0	1,0	5	0,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	1,0	6	1,0	1,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	7	1,0	0,0	0,7
8	0,0	1,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	9	0,4	0,0	0,0
10	0,0	1,0	0,0	10	0,0	0,0	1,0
11	0,0	0,0	1,0	11	2,0	1,0	0,0
12	0,0	1,0	0,0	12	1,0	0,0	0,0
13	0,0	1,0	0,0	13	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	1,0	14	0,0	1,0	0,0
15	0,0	1,0	0,0	15	0,0	0,2	0,0
16	0,0	1,0	0,0	16	1,0	0,0	1,0
17	0,0	0,0	1,0	17	0,0	1,0	0,0
18	0,0	1,0	0,0	18	0,0	1,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	19	1,0	2,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,00	0,45	0,30	Gj.snitt	0,47	0,51	0,34

8.5 Tabell 3: Manuelle nullpunksmålinger (lyteskåring) av referansemerder (F1) og nedsenkede merder (F2, F3) før flytt til Ottervika

Nullpunkt referansemerd (F1)							
Før behandling REF1 30.09.22				Før behandling REF2 02.06.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	0,0	1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	1,0	2	1,0	0,0	1,0
3	0,0	1,0	0,0	3	1,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	4	1,0	1,0	1,0
5	0,0	1,0	1,0	5	0,0	0,0	1,0
6	0,0	0,0	1,0	6	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	7	0,0	0,0	1,0
8	0,0	1,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	9	0,0	1,0	0,0
10	0,0	1,0	0,0	10	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	0,0	1,0
12	0,0	1,0	0,0	12	0,0	1,0	0,0
13	0,0	1,0	0,0	13	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	1,0	14	1,0	0,0	1,0

15	0,0	1,0	0,0	15	0,0	0,0	0,0
16	0,0	1,0	0,0	16	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	1,0	17	0,0	0,0	1,0
18	0,0	1,0	0,0	18	2,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	19	0,0	1,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,00	0,45	0,30	Gj.snitt	0,30	0,20	0,40

Nullpunkt nedsenket Atlantis (F2)							
Før behandling ATL6 14.05.22				Før behandling ATL12 11.05.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	0,0	1,0	1	0,0	0,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	2	1,0	0,0	1,0
3	0,0	0,0	1,0	3	0,0	0,0	2,0
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	0,0	1,0
5	0,0	2,0	1,0	5	0,0	0,0	1,0
6	0,0	0,0	0,0	6	0,0	0,0	1,0
7	0,0	1,0	0,0	7	0,0	0,0	1,0
8	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	1,0	0,0	9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	1,0	10	0,0	0,0	1,0
11	0,0	0,0	0,0	11	0,0	0,0	2,0
12	0,0	0,0	1,0	12	0,0	0,0	1,0
13	1,0	0,0	0,0	13	1,0	0,0	0,0
14	0,0	1,0	0,0	14	0,0	0,0	1,0
15	1,0	0,0	0,0	15	1,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	17	0,0	0,0	1,0
18	1,0	0,0	0,0	18	1,0	0,0	2,0
19	0,0	0,0	1,0	19	1,0	0,0	1,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	1,0
Gj.snitt	0,20	0,30	0,35	Gj.snitt	0,25	0,00	0,90

Nullpunkt nedsenket Nautilus (F3)							
Før behandling NAU9 09.05.22				Før behandling NAU10 08.05.22			
Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap	Fisk	slimlag	Rødbuk	Risttap
1	0,0	1,0	1,0	1	0,0	1,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	2	1,0	1,0	1,0
3	0,0	1,0	0,0	3	0,0	1,0	0,0
4	1,0	0,0	1,0	4	0,0	0,0	1,0
5	0,0	1,0	1,0	5	0,0	1,0	1,0

6	0,0	0,0	1,0	6	0,0	0,0	1,0
7	0,0	0,0	1,0	7	0,0	0,0	0,0
8	1,0	1,0	0,0	8	0,0	1,0	0,0
9	0,0	2,0	0,0	9	0,0	2,0	0,0
10	0,0	1,0	1,0	10	0,0	1,0	1,0
11	0,0	0,0	1,0	11	0,0	0,0	0,0
12	1,0	1,0	0,0	12	1,0	1,0	0,0
13	1,0	1,0	0,0	13	1,0	1,0	0,0
14	0,0	2,0	1,0	14	0,0	1,0	1,0
15	2,0	1,0	0,0	15	1,0	1,0	0,0
16	0,0	1,0	0,0	16	0,0	1,0	0,0
17	0,0	1,0	1,0	17	0,0	1,0	1,0
18	1,0	1,0	0,0	18	1,0	0,0	0,0
19	2,0	1,0	0,0	19	1,0	1,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	20	0,0	0,0	0,0
Gj.snitt	0,50	0,85	0,50	Gj.snitt	0,30	0,75	0,40

8.6 Tabell 4.1: Antall fisk, akkumulert antall døde og akkumulert dødelighet (%) for REF1, F2 og F3 gjennom forsøksperiode.

Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	Akk. Dødelighet (%)	Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	akk. Dødelighet (%)
29.05.2022	REF1	139 560	12 207	8,04	29.05.2022	REF2	161 343	28 304	14,92
05.06.2022	REF1	139 490	12 277	8,09	05.06.2022	REF2	161 255	28 392	14,97
12.06.2022	REF1	139 433	12 334	8,13	12.06.2022	REF2	161 210	28 437	14,99
19.06.2022	REF1	139 373	12 394	8,17	19.06.2022	REF2	161 171	28 466	15,01
26.06.2022	REF1	139 292	12 475	8,22	26.06.2022	REF2	161 150	28 487	15,02
03.07.2022	REF1	139 246	12 521	8,25	03.07.2022	REF2	161 117	28 520	15,04
10.07.2022	REF1	138 926	12 841	8,46	10.07.2022	REF2	161 084	28 553	15,05
17.07.2022	REF1	138 812	12 955	8,54	17.07.2022	REF2	160 995	28 642	15,10
24.07.2022	REF1	138 703	13 064	8,61	24.07.2022	REF2	160 742	28 895	15,23
31.07.2022	REF1	138 653	13 114	8,64	31.07.2022	REF2	160 225	29 412	15,51
07.08.2022	REF1	138 608	13 159	8,67	07.08.2022	REF2	160 068	29 569	15,59
14.08.2022	REF1	138 450	13 317	8,77	14.08.2022	REF2	159 999	29 638	15,63
21.08.2022	REF1	138 251	13 516	8,91	21.08.2022	REF2	159 703	29 934	15,78
28.08.2022	REF1	138 172	13 595	8,96	28.08.2022	REF2	159 389	30 248	15,95
04.09.2022	REF1	137 798	13 969	9,20	04.09.2022	REF2	158 637	31 000	16,34
11.09.2022	REF1	137 554	14 213	9,37	11.09.2022	REF2	158 161	31 476	16,59
18.09.2022	REF1	137 469	14 298	9,42	18.09.2022	REF2	158 017	31 610	16,67

Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	Akk. Dødelighet (%)	Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	akk. Dødelighet (%)
29.05.2022	ATL6	118 934	2 070	1,71	29.05.2022	ATL12	156 010	3 782	2,37
05.06.2022	ATL6	118 934	2 070	1,71	05.06.2022	ATL12	151 328	8 464	5,30
12.06.2022	ATL6	118 752	2 252	1,86	12.06.2022	ATL12	150 685	9 107	5,70
19.06.2022	ATL6	118 687	2317+D11	1,91	19.06.2022	ATL12	150 203	9 589	6,00
26.06.2022	ATL6	118 680	2 324	1,92	26.06.2022	ATL12	150 006	9 786	6,12
03.07.2022	ATL6	118 506	2 498	2,06	03.07.2022	ATL12	149 905	9 887	6,19
10.07.2022	ATL6	118 430	2 574	2,13	10.07.2022	ATL12	149 822	9 970	6,24
17.07.2022	ATL6	118 355	2 649	2,19	17.07.2022	ATL12	149 777	10 015	6,27
24.07.2022	ATL6	118 277	2 727	2,25	24.07.2022	ATL12	149 717	10 075	6,30
31.07.2022	ATL6	118 236	2 768	2,29	31.07.2022	ATL12	149 676	10 116	6,33
07.08.2022	ATL6	118 181	2 823	2,33	07.08.2022	ATL12	149 577	10 215	6,39
14.08.2022	ATL6	118 175	2 829	2,34	14.08.2022	ATL12	149 489	10 303	6,45
21.08.2022	ATL6	118 122	2 882	2,38	21.08.2022	ATL12	149 418	10 374	6,49
28.08.2022	ATL6	118 053	2 951	2,44	28.08.2022	ATL12	149 274	10 518	6,58
04.09.2022	ATL6	117 995	3 009	2,49	04.09.2022	ATL12	149 141	10 651	6,67
11.09.2022	ATL6	117 939	3 065	2,53	11.09.2022	ATL12	149 037	10 755	6,73
18.09.2022	ATL6	117 890	3 114	2,57	18.09.2022	ATL12	148 967	10 825	6,77
25.09.2022	ATL6	117 836	3 168	2,62	25.09.2022	ATL12	148 865	10 927	6,84

Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	Akk. Dødelighet (%)	Dato	Enhet	Antall fisk	Akk. antall døde	akk. Dødelighet (%)
29.05.2022	NAU9	107 702	32 509	23,18	29.05.2022	NAU10	70 766	23 635	25,03
05.06.2022	NAU9	107 020	33 191	23,67	05.06.2022	NAU10	69 849	24 552	26,00
12.06.2022	NAU9	106 489	33 722	24,05	12.06.2022	NAU10	68 501	25 900	27,43
19.06.2022	NAU9	106 088	34 123	24,33	19.06.2022	NAU10	66 598	27 803	29,44
26.06.2022	NAU9	105 823	34 388	24,52	26.06.2022	NAU10	66 541	27 860	29,50
03.07.2022	NAU9	105 641	34 570	24,65	03.07.2022	NAU10	66 198	28 203	29,87
10.07.2022	NAU9	105 514	34 697	24,74	10.07.2022	NAU10	66 086	28 315	29,98
17.07.2022	NAU9	105 477	34 734	24,77	17.07.2022	NAU10	65 981	28 420	30,10
24.07.2022	NAU9	105 365	34 846	24,85	24.07.2022	NAU10	65 927	28 474	30,15
31.07.2022	NAU9	105 327	34 884	24,88	31.07.2022	NAU10	65 895	28 506	30,19
07.08.2022	NAU9	105 268	34 943	24,92	07.08.2022	NAU10	65 845	28 556	30,24
14.08.2022	NAU9	105 232	34 979	24,94	14.08.2022	NAU10	65 792	28 609	30,30
21.08.2022	NAU9	105 164	35 047	24,99	21.08.2022	NAU10	65 755	28 646	30,34
28.08.2022	NAU9	105 122	35 089	25,02	28.08.2022	NAU10	65 700	28 701	30,39
04.09.2022	NAU9	105 057	35 154	25,07	04.09.2022	NAU10	60 753	28 719	30,41
11.09.2022	NAU9	105 014	35 197	25,10	11.09.2022	NAU10	0	28 719	30,41
18.09.2022	NAU9	104 947	35 264	25,15	18.09.2022	NAU10	0	28 719	30,41
25.09.2022	NAU9	104 853	35 358	25,21	25.09.2022	NAU10	0	28 719	30,41

8.7 Tabell 4.2: Utklipp av tabell 4.1. Akkumulert antall døde for F1, F2 og F3 fra nullpunkt til sluttunkt.

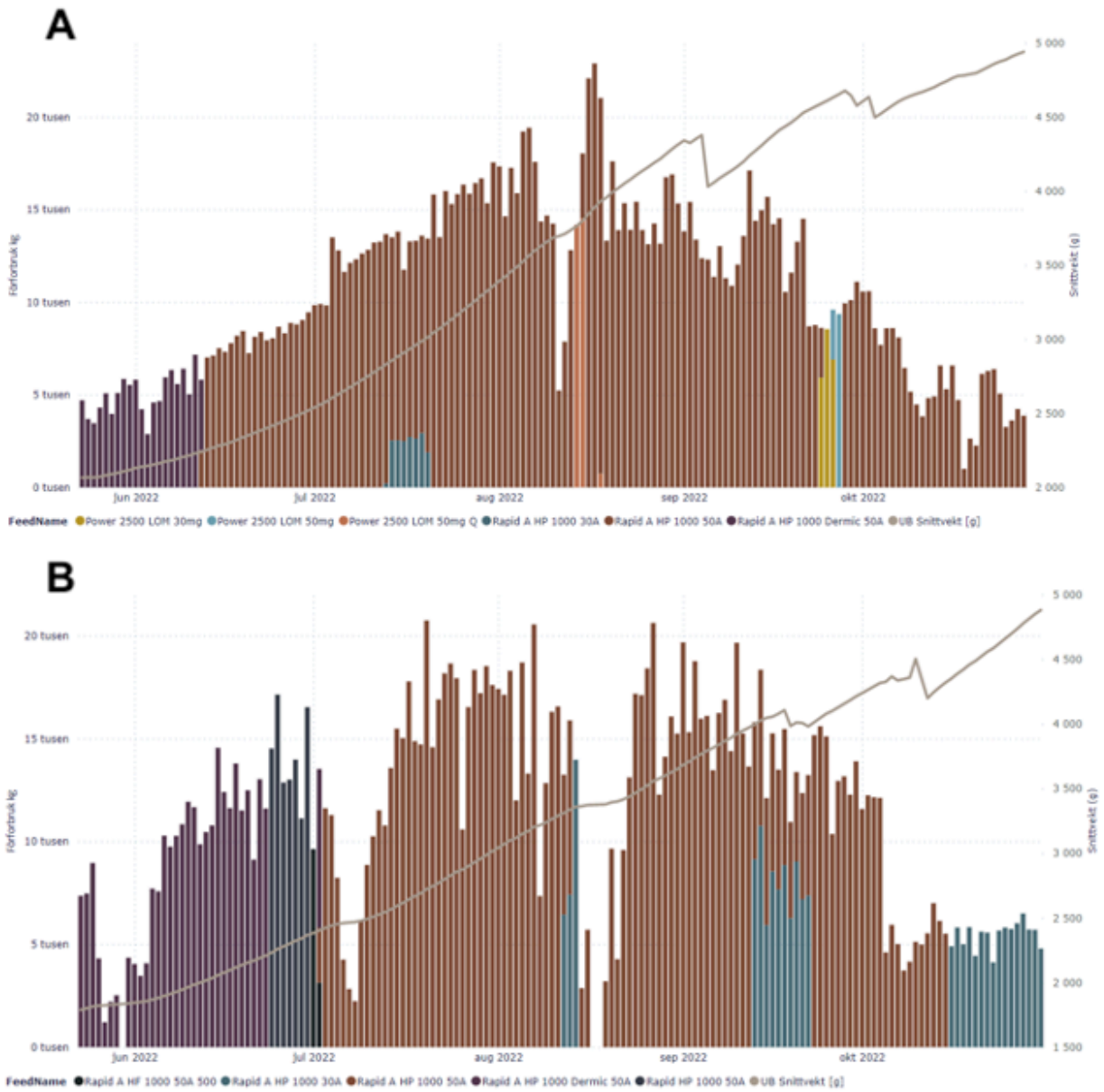
29.05.2022	REF1	12 207		29.05.2022	REF2	28 304
25.09.2022	REF1	14 350		25.09.2022	REF2	31 667
Differanse	antall (n)	2 143		Differanse	antall (n)	3 363
29.05.2022	ATL6	2 070		29.05.2022	ATL12	3 782
25.09.2022	ATL6	3 168		25.09.2022	ATL12	10 927
Differanse	antall (n)	1 098		Differanse	antall (n)	7 145
29.05.2022	NAU9	32 509		29.05.2022	NAU10	23 635
25.09.2022	NAU9	35 358		25.09.2022	NAU10	28 719
Differanse	antall (n)	2 849		Differanse	antall (n)	5 084

8.8 Tabell 5: Slakteresultater Ottervika (F2, F3) og Heggvika (F1)

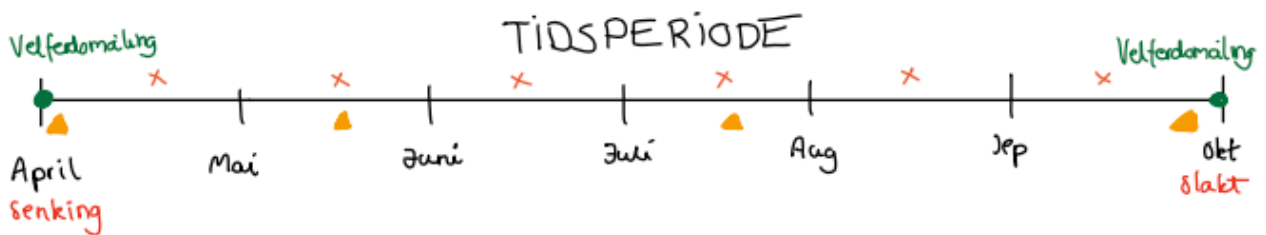
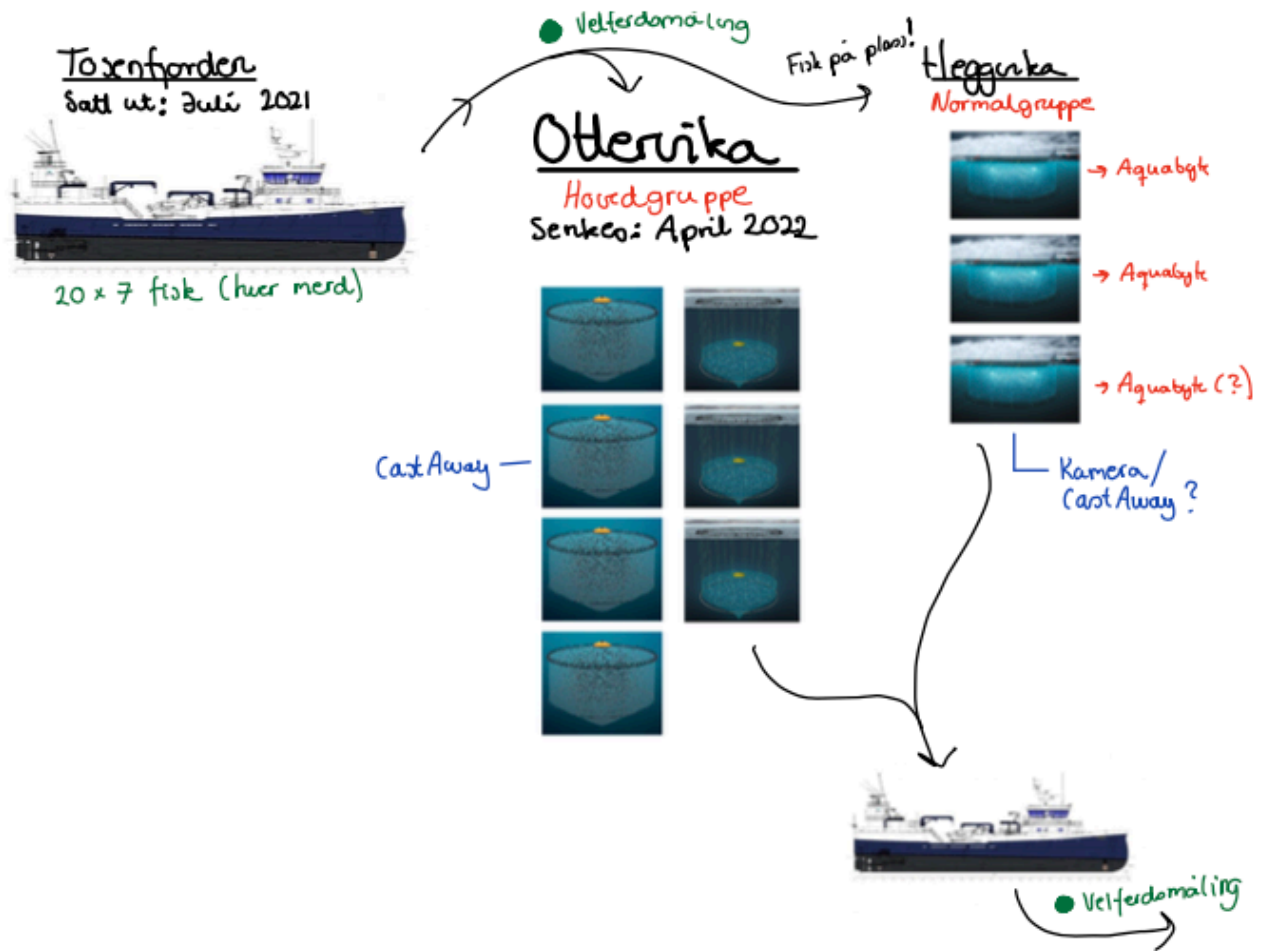
Slakteresultater								
ParentSite	Slaktet antall	Slaktet biomasse sløyd	Slaktet snittvekt sløyd	Utgående slakt CV [%]	Superior %	Avvik antall	Avvik kg	Slakteri
☐ Ottervika	383 843	1 707 028	4 447	15,80%	90,8%	0	14 210	Sinkaberg-Hansen AS
☐ OV06	112 223	478 536	4 264	13,52%	94,0%	0	7 598	Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.03	40 989	174 279	4 252	13,54%	94,2%	0	7 598	Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.04	71 234	304 257	4 271	13,52%	93,9%	0	7 598	Sinkaberg-Hansen AS
☐ OV09	96 264	445 714	4 630	16,97%	96,0%	0	6 612	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.29	27 562	128 432	4 660	16,07%	96,3%	0	6 612	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.30	29 584	136 481	4 613	16,98%	95,9%	0	6 612	Sinkaberg-Hansen AS
2022.10.03	39 118	180 802	4 622	16,97%	95,9%	0	6 612	Sinkaberg-Hansen AS
☐ OV10	61 288	336 487	5 490	18,13%	93,6%			Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.02	4 929	27 283	5 535	17,19%	92,5%			Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.05	56 359	309 205	5 486	18,13%	93,7%			Sinkaberg-Hansen AS
☐ OV12	114 068	446 291	3 913		80,0%			Sinkaberg-Hansen AS
2022.10.31	57 036	223 064	3 911		78,6%			Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.01	57 032	223 228	3 914		81,4%			Sinkaberg-Hansen AS
Totalt	383 843	1 707 028	4 447	15,80%	90,8%	0	14 210	Sinkaberg-Hansen AS

Slakteresultater								
ParentSite	Slaktet antall	Slaktet biomasse sløyd	Slaktet snittvekt sløyd	Utgående slakt CV [%]	Superior %	Avvik antall	Avvik kg	Slakteri
☐ Heggvika	403 704	1 711 904	4 240	13,90%	97,0%	0	139 669	Sinkaberg-Hansen AS
☐ HE 04	153 111	615 777	4 022	14,60%	98,5%	0	59 640	Sinkaberg-Hansen AS
2022.10.10	34 478	140 333	4 070	14,58%	97,8%	0	59 640	Sinkaberg-Hansen AS
2022.10.11	73 822	297 302	4 027	14,56%	98,5%	0	59 640	Sinkaberg-Hansen AS
2022.10.12	44 811	178 142	3 975	14,60%	99,0%	0	59 640	Sinkaberg-Hansen AS
☐ HE 12	250 593	1 096 127	4 374	13,48%	96,2%	0	80 029	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.16	30 097	128 973	4 285	13,29%	98,3%	0	25 377	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.19	59 010	252 679	4 282	13,49%	98,0%	0	25 377	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.21	11 085	47 677	4 301	13,43%	97,8%	0	25 377	Sinkaberg-Hansen AS
2022.09.22	15 401	66 140	4 295	13,33%	98,5%	0	25 377	Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.09	50 544	224 139	4 435	14,10%	94,4%	0	80 029	Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.10	50 279	224 221	4 460	13,76%	94,5%	0	80 029	Sinkaberg-Hansen AS
2022.11.11	34 177	152 297	4 456	13,61%	94,7%	0	80 029	Sinkaberg-Hansen AS
Totalt	403 704	1 711 904	4 240	13,90%	97,0%	0	139 669	Sinkaberg-Hansen AS

8.9 Figur 3: Fôrforbruk per fôrtype på Otervika (A) og Heggvika (B) i perioden juni til oktober 2022. Størst andel av Rapid A HP 1000 50A (EWOS).

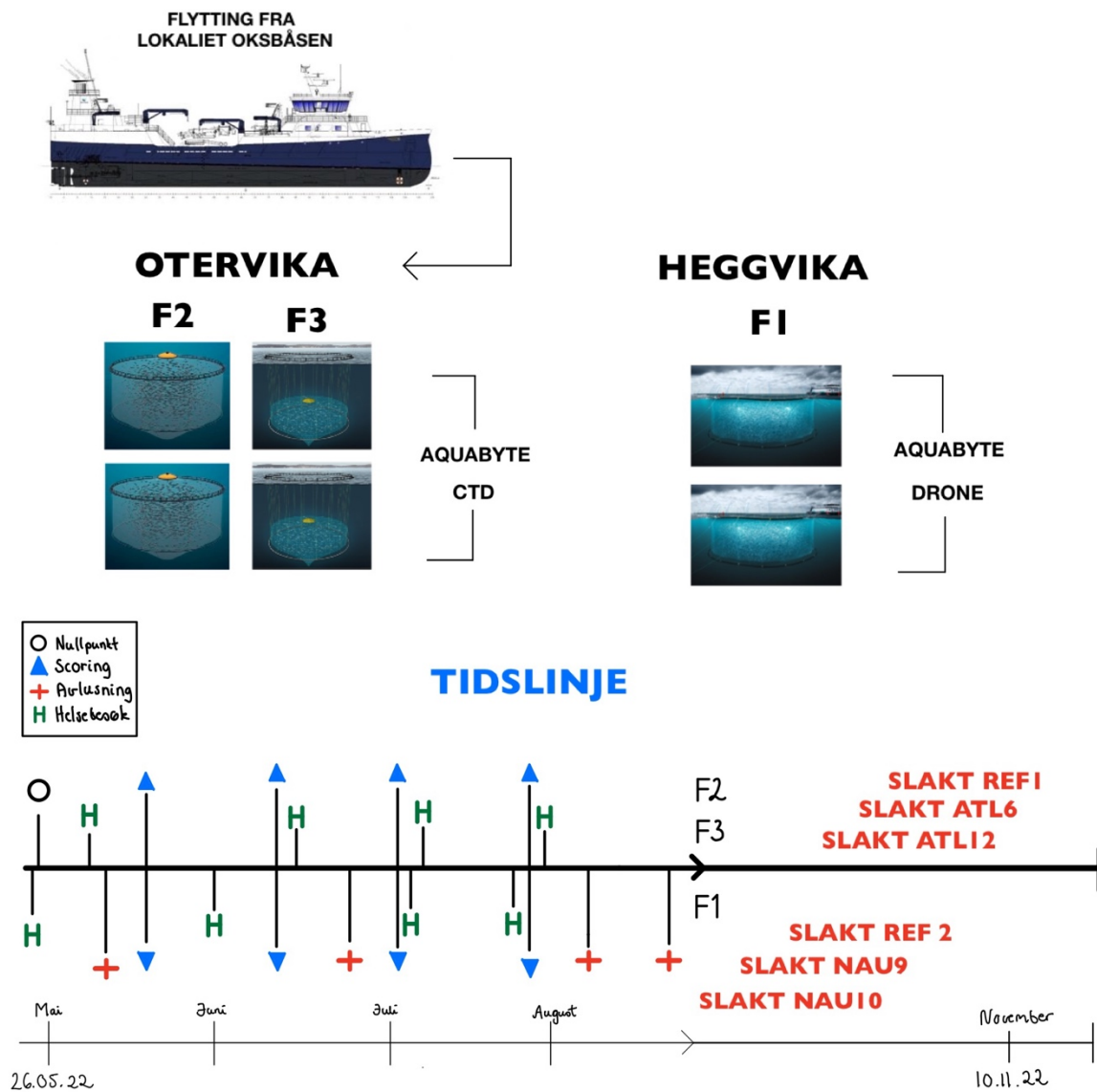


8.10 Figur 4: Skissert kladd av forsøksoppsett for forsøksstart

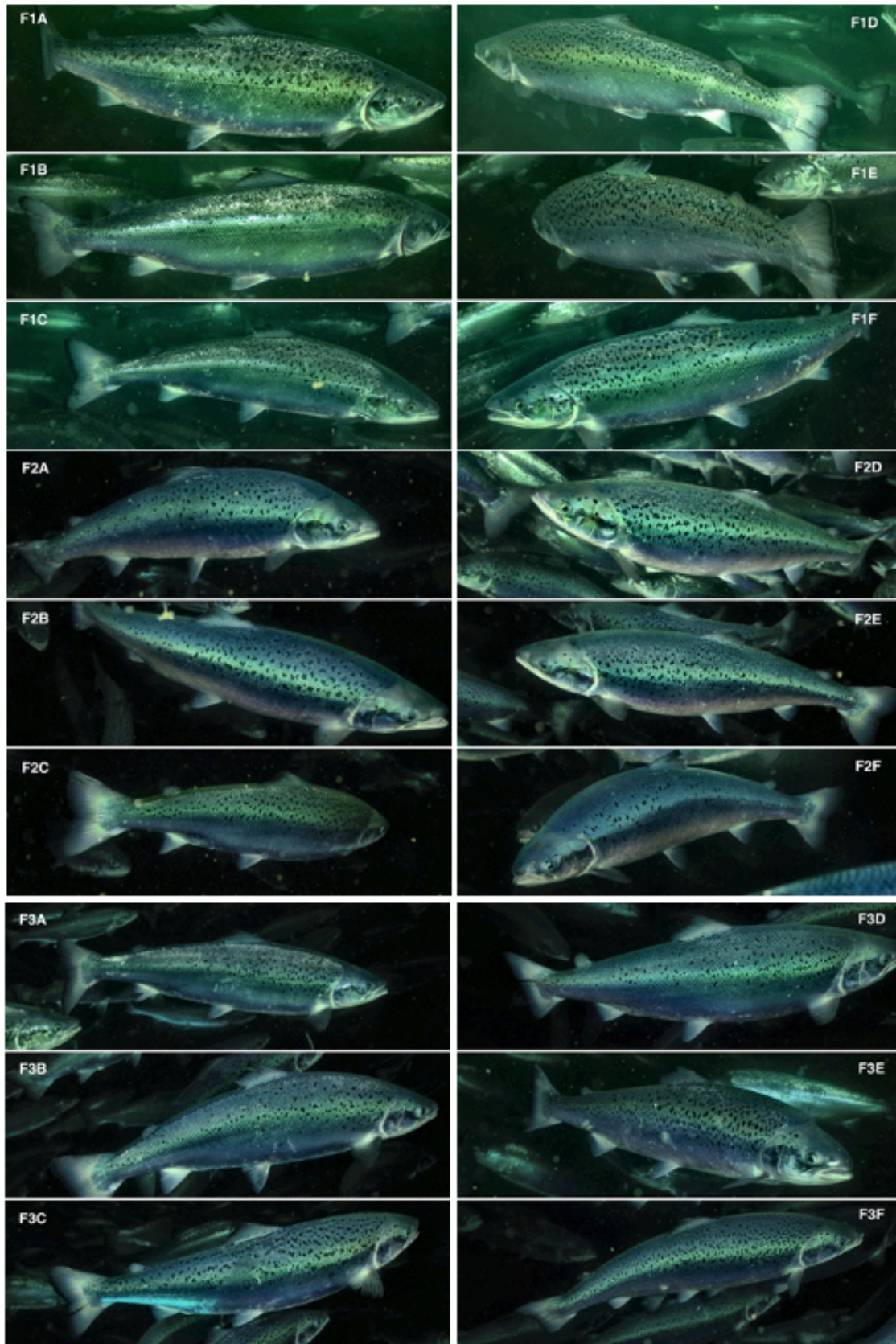


- Velferdmåling
- x AquaByte data (hver 6. uke → ettersom mye rundt avslusning)
- ▲ Fysisk tilstede

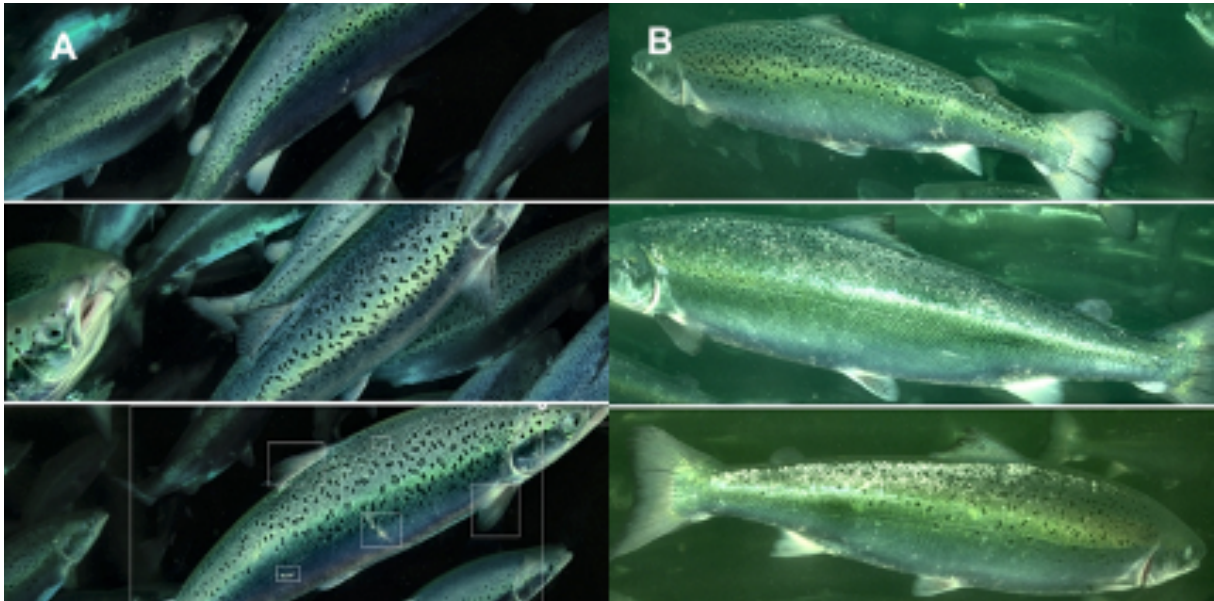
8.11 Figur 5: Faktisk skisse av forsøksdesign fra nullpunkt til slakt.



8.12 Figur 6: Tilfeldig utvalg av samtlige fiskegrupper, F1 (A-F), F2 (A-F) og F3 (A-F) fra egne velferdsskåringar med kamera.



8.13 Figur 7: Utvalgte bilder med mulig skråstilt posisjon (A) fra nedsenket merd og vanlig posisjon (B) fra referansemerd i overflate.



8.14 Figur 8: Bildeserie fra nedsenket lokalitet Otervika under lossing og nedsenking.



8.15 Tabell 6: snittvekt gjennom forsøksperioden på samtlige merder.

Dato	Snittvekt					
	REF1	REF2	ATL6	ATL12	NAU9	NAU10
29.05.2022	1 429,6	1 773,6	1 452,6	1 702,8	2 188,3	3 915,6
05.06.2022	1 486,5	1 798,9	1 523,1	1 750,7	2 265,9	3 988,0
12.06.2022	1 599,4	1 897,6	1 614,8	1 823,0	2 335,8	4 097,2
19.06.2022	1 721,5	2 015,9	1 709,7	1 904,2	2 449,1	4 258,0
26.06.2022	1 856,5	2 143,6	1 804,7	2 002,5	2 558,6	4 434,7
03.07.2022	1 969,7	2 286,6	1 917,8	2 111,9	2 702,1	4 618,1
10.07.2022	2 024,4	2 357,3	2 060,5	2 254,1	2 910,7	4 862,3
17.07.2022	2 165,8	2 472,8	2 211,7	2 408,2	3 133,3	5 103,9
24.07.2022	2 343,2	2 674,4	2 374,8	2 560,7	3 389,7	5 386,6
31.07.2022	2 520,2	2 857,4	2 555,9	2 747,4	3 662,5	5 706,3
07.08.2022	2 693,6	3 042,1	2 753,7	2 952,0	3 930,6	6 059,1
14.08.2022	2 812,5	3 200,6	2 908,4	3 069,6	4 122,4	6 308,9
21.08.2022	2 867,8	3 229,4	3 129,2	3 271,8	4 410,8	6 695,0
28.08.2022	3 043,9	3 401,8	3 340,5	3 457,1	4 656,0	6 813,2
04.09.2022	3 219,7	3 588,1	3 569,9	3 665,0	4 963,4	6 676,9
11.09.2022	3 403,1	3 760,3	3 767,0	3 840,3	5 192,8	
18.09.2022	3 600,9	4 005,6	3 984,1	4 072,2	5 460,1	
25.09.2022	3 777,6	4 205,5	4 195,6	4 267,8	5 557,8	

8.16 Figur 9: Luftkuppel d= 8m (rød strek) med tilhørende vannspeil (gul strek).

