

Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)



Rapport APN-62881

Dette er en blank side

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

APN Island-kontor (svaradresse)

Akralind 6

201 Kópavogur, Island

E-post: iceland@akvaplan.niva.nowww.akvaplan.niva.no

Rapporttittel Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)	
Forfatter(e): Albert K. D. Imsland, Lauris Boissonnot, Camilla Karlsen, Torolf Storsul, Stensby-Skjærvik, Marthe Austad, Erik Höglund, Sara Calabrese, Reidun Bjelland, Anne-Berit Skiftesvik, Håvard Kaland, Grete Hansen Aas, Stig Tuene, Thor Magne Jonassen, Patrick Reynolds	Akvaplan-niva rapport: APN- 62881
	Dato: 20.12.22
	Antall sider: 137 + 42
	Distribusjon: Offentlig
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)	Oppdragsgiver Referanse 901692

1 Sammendrag

Abstrakt

Dødelighet og tap – settefisk rognkjeks

I dag er bruken av rognkjeks som en biologisk avluser svært vanlig i norsk lakseoppdrett, og den blir i all hovedsak produsert i settefiskanlegg. Det er imidlertid svært lite systematisk dokumentasjon på velferd og overlevelse av rognkjeks i settefiskfasen, samt hvilke faktorer som har størst påvirkning på dødelighet. I denne studien har man samlet inn datamateriale fra 4 settefiskanlegg for å undersøke hvilke faktorer som gir størst utslag på dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen.

I denne studien var total registrert dødelighet i snitt 13,5 % og andel destruert fisk i snitt 18,2 % i løpet av en produksjon. Årsaken til destruering ble dessverre ikke registrert, noe som vanskeliggjorde tolkningen av innsamlede dødelighetstall. Identifisering av de viktigste dødsårsakene var svært utfordrende på grunn av mangel på systematisk registrering av biologiske parametere og miljøparametere. Finneråte var den hyppigst registrerte årsaken til dødelighet, men det var uklart hvilke faktorer som ga finneråte. Det ble påvist infeksjonssykdom hos 6 av 12 fiskegrupper. Ved infeksjon av patogenene *Tenacibaculum* sp. og *Lumpus coronavirus* ble det observert høy dødelighet.

Denne studien fremhever at det er et stort behov for å iverksette standardisert oppfølging av rognkjeks i settefiskfasen med registrering av miljøfaktorer og kategorisering av underliggende dødelighetsårsaker for å kunne identifisere riktige tiltak for bedre overlevelse og velferd.

Transport – settefisk rognkjeks og berggylt

Berggylt

Dødeligheten etter transport mellom yngelanlegg og påvekst anlegg på land var på samme nivå som tidligere rapportert ved transport og utsetting i sjø. Forholdet mellom fiskestørrelse ved transport og dødelighet 25 dager etter transport tyder på at transporter av fisk over 2.2 g gir en betydelig bedre overlevelse.

Det ble ikke dokumentert noen effekter av AQUI-S® behandling 25 dager etter behandling noe som indikerer at de forhøyede stressnivåene som oppstår ved bruk av dette sedasjonsmiddelet under transport hverken har negative eller positive konsekvenser for fisken. Dette reiser også spørsmål om effekten av AQUI-S® som et middel for å redusere transportstress.

Rognkjeks

Som hos berggylt, så resulterer transport i en generell økning i plasma kortisol. Sedasjon med AQUI-S® induserer forhøyede kortisol nivåer hos fisken. Kontrollerte forsøk der stress responsen til ulike transportforhold ble målt viste at rognkjeks tolererer moderat variasjon i fiskestørrelse (30-60 g), oksygen metning (100-150 %), temperatur (8-12°C) og transporttid (8-20 t), men at fisketettheter ved transport på 60 kg m⁻³ resulterte i høyre plasma kortisol nivåer en 30 kg m⁻³.

Dødelighet og tap – settefisk berggylt

Kommersiell produksjon av berggylt i Norge startet 2009 Det er nå 16 produsenter (2022) spredt langs kysten fra Agder til Møre. Årlig produksjon har vært varierende. I 2021 ble det produsert ca 2,6 millioner berggylt. Denne rapporten baseres på svarene fra en spørreundersøkelse fra 7 av produsentene. Fysiske forhold som karstørrelse, temperatur og lysregime beskrives for hvert av produksjonstrinnene (stamfisk, klekkeri, startforing, tørrförtilvenning og påvekst). Vi samlet opplysninger om larve-/yngeltetthet, fôringsregime, rutiner og renholdsprosedyrer gjennom hele produksjonen, samt informasjon om flytting og sortering. Rapporterte utfordringer var problemer med å få korrekte tall på egg og larver i starten, og dermed vanskelig å tallfeste dødeligheten, Dette vanskeliggjør videre produksjonsplanlegging. Senere i produksjonen gir finneslitasje, deformiteter og spredning i vekst størst utfordringer.

Dødelighet og tap hos rensefisk etter utsett i sjø

Dokumentasjon av dødelighet og dødelighetsårsaker hos rensefisk etter utsett i oppdrettsanlegg er forbundet med store usikkerheter knyttet til mangel på systematiske registreringer av beholdning, miljøbetingelser og produksjonshendelser. Uregistrert tap i kommersielle anlegg var svært høyt hos de få lokalitetene som registrerte den. Det var ikke mulig å

identifisere hvilke faktorer som forårsaket uregistrert tap på grunn av manglende oppfølging, men i det kontrollerte forsøket ble rømming av leppefisk en åpenbar bidragsyter til tap.

Den registrerte dødeligheten av renseskjeks var knyttet til en kombinasjon av flere faktorer, hvor det var håndtering (AGD-behandling og avlusing) som skilte seg ut som den viktigste faktoren. Utfordringen ble også bekreftet intervjuene av oppdrettselskapene indikerer at det er et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder som ivaretar Akvakulturdriftsforskriftens §28 krav om utsortering før operasjoner på anlegget som kan føre til belastning på renseskjeken. Sykdom var nevnt som hyppigst dødelighetsårsak, men selv om de kunne knyttes til enkelte dødelighetsepisoder i studien vår, var sykdom ikke den viktigste dødelighetsårsaken. I tillegg var det vanskelig å fastslå om sykdommene var de primære dødsårsakene, og vi mistenker at flere dødelighetsepisoder som påpekes som forårsaket av sykdommer i helsekontrollrapporter, faktisk først og fremst er forårsaket av håndtering ved mekanisk avlusing. Resultatene indikerte at selv om dødeligheten hos rognkjeks, berggyllt, bergnebb og grønnngylt var høy i flere anlegg, opprettholdt enkelte lokaliteter lav dødelighet gjennom hele produksjonen.

Fremtidige FoU behov

Selv om rognkjeks ofte er nevnt som en relativ enkel art å oppdrette, og enkelte settefiskanlegg klarer å opprettholde lav dødelighet og leverer mesteparten av rognkjeks de produserer, er det et stort potensial for forbedring. Det største problemområdet som denne studien har identifisert er mangelfull registrering av velferd, dødelighet og sykdommer, samt miljøbetingelser og hendelser i settefiskfasen. Ved å avdekke underliggende årsaker kan man arbeide mer målrettet mot å identifisere de riktige tiltakene for bedre overlevelse og velferd. Dette vil være avgjørende for å kunne produsere robust rognkjeks som kan prestere godt som lusespiser i merd. For oppdrettet berggyllt var rapporterte utfordringer problemer med å få korrekte tall på egg og larver i starten og dermed få tallfestet dødelighet i produksjonen. Senere i produksjonen gir finneslitasje, deformiteter og spredning i vekst størst utfordringer.

Selv om flere faktorer bidrar til dødelighet hos renseskjeks etter utsett i sjø, skiller håndtering seg ut som underliggende årsak til dødelighet. Renseskjeken kan ikke stå i merd når laksen behandles mot lakselus. Det er derfor et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder som ivaretar forskriftspålagte krav om utsortering før håndtering, og som ikke gir økt belastning for fisken i form av økt stress og redusert velferd. Så lenge det ikke finnes bedre metoder for gjenfangst og utsortering bør man utvikle bruk av renseskjeks på lokaliteter med forhøyede lusetall som tilsier at laksen må andre metoder for avlusning ved økende lusepåslag og behov for avlusing. Følgene av håndteringsoperasjoner framstår som en av de største utfordringene for helse, velferd og overlevelse for renseskjeks i sjø, og det er derfor svært viktig å jobbe videre med forbedringer på dette området.

Abstract

Mortality and loss – juvenile lumpfish

Today, the use of lumpfish as a biological lice remover is common in Norwegian salmon farming, and it is mainly produced in hatcheries. However, there is little systematic documentation on the welfare and survival of lumpfish in hatcheries, as well as which factors have the greatest influence on the mortality of lumpfish in hatcheries. In this study, data was collected from 4 hatcheries to investigate which factors have the greatest impact on mortality in lumpfish in hatchery

In this study, total recorded mortality was on average 13.5 % during a production, and the proportion of destroyed fish was on average 18.2 %. Unfortunately, the cause of destruction was not recorded, which made it difficult to interpret the mortality data that was collected. Identification of the most important causes of death was very challenging due to a lack of systematic recording of biological and environmental parameters. Fin rot was the most frequently recorded cause of mortality, but it was unclear which factors caused it. Infectious disease was detected in 6 of 12 fish groups. In case of infection by pathogenic *Tenacibaculum* sp. and *Lumpus coronavirus* the mortality was high.

This study highlights that there is a great need to implement standardized monitoring of lumpfish in hatchery, with registration of environmental factors and categorization of underlying causes of mortality in order to be able to identify favourable and unfavourable farming conditions and thus lead to the right measures that will ensure better survival and welfare.

Transport - juvenile lumpfish and Ballan wrasse

Ballan wrasse

Mortality after transport between juvenile facilities and growth facilities on land was at the same level as previously reported when transporting and launching into the sea. The relationship between fish size at transport and mortality 25 days after transport suggests that transports of fish over 2.2 g provide a significantly better survival rate.

No effects of AQUI-S® treatment 25 days after treatment indicate that the elevated stress levels arising from the use of this sedative during transport have neither negative nor positive consequences for the fish. This also raises questions about the use of AQUI-S® as a means of reducing transport stress.

Lumpfish

As for Ballan wrasse, transport results in an overall increase in plasma cortisol and sedation with AQUI-S® induces elevated cortisol levels in the fish. Controlled experiments where the stress response to different transport conditions is measured showed that lumpfish tolerate moderate variation in fish size (30-60 g), oxygen saturation (100-150 %), temperature (8-12 °C) and transport time (8-20 h), but that fish densities when transported at 60 kg m⁻³ resulted in higher plasma cortisol levels than 30 kg m⁻³.

Mortality and loss – juvenile Ballan wrasse

Commercial production of Ballan wrasse in Norway started in 2009, and there are now 16 producers (2022) along the coast from Agder to Møre. Yearly production has been uneven and is now approx. 2.6 million. (2021), This report is based on the answers from interviews of 7 producers. Physical conditions like size of tanks, temperature and light regime are described for each step in the production (broodstock, hatchery, startfeeding, weaning and on-growing). We collected information about density of larvae/juveniles, feeding regime, routines, and cleaning procedures throughout the production, as well as information about moving and sorting of fish. Reported challenges was related to problems getting correct numbers of eggs and larvae at start, which make it difficult to calculate mortality and plan production. Later in the production it is fin-erosion, deformities and uneven growth that cause most problems.

Mortality and loss of cleanerfish in sea

Documentation of mortality and causes of mortality in cleaner fish in commercial facilities is associated with major uncertainties linked to a lack of systematic registration of stocks, environmental conditions and production conditions. Unregistered loss in commercial salmon farms was high in the few localities that recorded it. It was not possible to identify which factors caused unregistered loss due to lack of follow-up, but in the controlled trial, wrasse escapes were an obvious contributor to losses.

The registered mortality of cleaner fish was linked to a combination of factors, and it was handling (AGD treatment and delousing) that stood out as the most important factor. This confirmed the impression from the industry, which the interviews highlighted, and indicated that there is a great need to develop recapture and sorting methods that meet statutory requirements for sorting before treating the salmon, and which do not increase the pressure on cleaner fish in the form of increased stress and reduced welfare. Diseases were mentioned by the industry as the most frequent cause of mortality, but although they could be linked to certain mortality episodes in our study, diseases were not the most important cause of mortality. In addition, it was difficult to determine whether the diseases were the primary causes of death, and we suspect that several mortality episodes pointed out as caused by diseases in fish health reports are actually primarily caused by handling such as mechanical delousing.

The results indicated that, although the mortality of lumpfish, ballan wrasse, goldsinny wrasse and corkwing wrasse is high in commercial cages, some sites maintain low mortality.

Future RTD needs

Although lumpfish is often mentioned as a relatively easy species to farm, and some hatcheries manage to maintain low mortality and supply most of the lumpfish they produce, there is great potential for improvement. The biggest problem area identified by this study is inadequate registration of welfare, mortality, and diseases, as well as environmental conditions and incidents in the hatchery phase. By uncovering underlying causes, one can further work more purposefully to identify the right measures for better survival and welfare. This in turn will be crucial to produce robust lumpfish that can perform well as lice eaters in cages. For farmed Ballan wrasse, reported challenges were problems in obtaining correct figures for eggs and larvae at outset, and thus difficult to quantify mortality and plan production. Later in production, fin erosion, deformities and growth variation present the greatest challenges.

Although several factors contribute to mortality in cleaner fish after release to sea, handling stands out as the underlying cause of mortality. The cleaner fish cannot be left in cages when the salmon is treated. There is therefore a great need to develop recapture and sorting methods that meet regulatory requirements for sorting before handling, and that do not result in increased strain on the fish in the form of increased stress and reduced welfare. As long as there are no better methods for recapture and sorting, the use of cleaner fish at the site should be discontinued in the event of increasing lice infestations and the need for delousing. The consequences of handling operations appear to be one of the greatest challenges for health, welfare and survival for cleaner fish in the sea, and it is therefore very important to continue working on improvements in this area.

Prosjektleder

Albert K. D. Imsland



Kvalitetskontroll

Anton A. Giæver



© 2022 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 SAMMENDRAG	4
2 INNLEDNING	8
3 PROBLEMSTILLING OG FORMÅL	11
3.1 Leveranser	11
4 PROSJEKTGJENNOMFØRING	12
5 OPPNÅDDE RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJON	15
5.1 AP1.1 Dokumentere dødelighetsårsaker hos rognkjeks i settefiskfasen	15
5.1.1 Materiale og metoder	15
5.1.2 Resultater	17
5.1.3 Diskusjon	26
5.1.4 Konklusjon	29
5.2 AP1.2 Effekter av transport og bruk av AQUI-S® på stressrespons og overlevelse hos berggylt og rognkjeks	32
5.2.1 Berggylt	32
5.2.2 Resultater	34
5.2.3 Diskusjon	38
5.2.4 Rognkjeks	40
5.2.5 Konklusjoner	42
5.3 AP2. Dokumentere dødelighetsårsaker hos berggylt i settefiskfasen.....	44
5.3.1 Gjennomføring	44
5.3.2 Bakgrunn	44
5.3.3 Berggylt i naturen	46
5.3.4 Stamfisk	48
5.3.5 Klekkeri – egg og plommesecklarver.....	52
5.3.6 Beskrivelse av egg, klekking og plommesecklarver	52
5.3.7 Startfôring (levendefôrfase).....	56
5.3.8 Tørrfôrtilvenning/Weaning.....	62
5.3.9 Påvekst.....	65
5.3.10 Oppsummering og forslag til nye rutiner	71
5.3.11 Vedlegg. Spørreundersøkelse	71
5.4 AP3-4. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet og villfanget rensefisk etter utsett i sjø.....	76
5.4.1 Storskalakartlegging	76
5.4.2 Resultater	82
5.4.3 Kontrollerte forsøk	103
5.4.4 Spørreundersøkelse.....	115
5.4.5 Diskusjon	117
5.4.6 Konklusjon	125
5.5 AP5. Utvikling av veileder for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø.....	130
5.5.1 Lenke til veiledere	130
5.6 AP6. Anbefalinger om beste praksis for å redusere dødelighet og tap av rensefisk, og prioritering av videre FoU-behov	131
5.6.1 Kunnskapsstatus og videre FoU behov	131
6 HOVEDFUNN	136
7 LEVERANSER	137

8 VEDLEGG	138
Vedlegg 1.....	138
Arbeidspakke 3.4. Kartlegging av svinn, og oppfølging av anlegg hos GIFAS 2013-20	138
8.1 Introduction	139
8.2 Methods	141
8.2.1 Lumpfish and sites.....	141
8.2.2 Data mining	141
8.2.3 Health assessment of lumpfish	142
8.2.4 Statistics.....	142
8.3 Results	143
8.3.1 Background information.....	143
8.3.2 Causes of mortality	144
8.3.3 Occurrences and cumulative mortality rates	148
8.3.4 Mortality patterns	151
8.3.5 Case Studies: Mortality & treatment effect in commercial cages	154
8.3.6 Regression analysis	162
8.4 Discussion.....	164
8.4.1 Size and time of transfer.....	164
8.4.2 Causes of mortality	164
8.4.3 Occurrences, cumulative mortality rates & patterns	169
8.5 Case studies discussion points	170
8.5.1 Case study 1: Mortality during transport.....	170
8.5.2 Case study 2: Mortality and mechanical delousing.....	171
8.5.3 Case study 3: Mortality and grading	173
8.5.4 Case study 4: Mortality and genetic effect	173
8.6 Research areas	174
8.7 Conclusions/summary/recommendations.....	174

2 Innledning

- *Faglig bakgrunn for at prosjektet ble igangsatt*

For å få kontroll over lakselus i et langsiktig perspektiv, er det viktig å se på alle virkemidlene i en total bekjempelsesstrategi, og biologisk avlusing er fremhevet som en viktig del av denne strategien. Det er nå ustrakt bruk av rensefisk som et kontinuerlig forebyggende tiltak mot lakselus, og årlig settes det ut rundt 50 millioner rensefisk i Norge (<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>). Rognkjeks har vist seg å være en effektiv lusespiser ved lave sjøtemperaturer (Imstrand et al., 2014a-c; 2018) noe som gjør arten spesielt egnet til avlusing i Nord-Norge. I FHF prosjektet KEKS (Kunnskaps- og erfaringskartlegging av skottelus, FHF 901539, Imstrand et al., 2019) ble det videre dokumentert at rognkjeks også beiter på skottelus. Leppefisk, hovedsakelig artene bergnebb, grønnngylt og berggylt har i varierende grad vært benyttet som rensefisk siden 80-tallet (Kvenseth, 2011). Den store andelen leppefisk som brukes er i stor grad villfanget, mens det i senere år er en økende andel oppdrettet berggylt. Flere studier viser god effekt av leppefisk som lusespiser (Skiftesvik et al. 2013; 2018, Leclercq et al. 2014). Ved god kvalitet på leppefisken erfarer oppdretterne lave lusetall og redusert legemiddelbruk (Kvenseth, 2011).

Høy dødelighet og tap av rensefisk i laksemerder er blant de største, om ikke det største, problemet oppdrettsnæringen i Norge nå står overfor. God fiskevelferd for all fisk, både rensefisk og laks, er avgjørende for næringas utvikling. Dersom oppdrettsnæringen ikke klarer å redusere dødelighet og tap av rensefisk gjennom livssyklusen på land og under bruk i laksemerder, som ved bruk i merd i 2018-19 ble anslått til 42 % (Stien et al., 2020), kan dagene være talt for et ellers skånsomt (for laksen) og viktig verktøy for kontroll av lakselus. Rapporten (Stien et al., 2020) peker på at risikoen for dårlig velferd hos rognkjeks i merd vurderes som høy, med høye temperaturer, sterk vannstrøm og særlig sykdom som viktige risikofaktorer. På samme måte som for rognkjeks (Imstrand et al., 2014a; 2018), peker studier på berggylt på god effekt mot lus (Skiftesvik et al., 2013), men også her er det store problemer med dødelighet i sjøfasen (Stien et al., 2020). For leppefisk er sykdom en viktig risikofaktor, men i tillegg har de ofte dårlige forutsetninger for å håndtere miljøforholdene i merdene. Gjennom RENSVEL prosjektet (FHF, 901136, Espmark et al. 2019) er det beskrevet en rekke operative velferdsparametere som kan bli videreutviklet som kvalitetsparametere for rensefisk som skal settes i merd. Nylig er det også publisert operative velferdsindikatorer for rognkjeks (Imstrand et al., 2020; Gutierrez Rabadan et al., 2021) som vil bli brukt i *DOKUMENTAR* som en del av arbeidet mot beste praksis veileder for bedre velferd og redusert dødelighet.

Oppdrettsnæringens utfordringer med håndtering og registrering av dødelighet og svinn av rensefisk, spesielt i merd, ble dokumentert gjennom Mattilsynets tilsynskampanje som ble avsluttet i 2019 (Størkersen and Amundsen 2019). Den påpekte stor usikkerhet forbundet med dødelighetstallene som registreres, og antok at det forekommer en stor andel uregistrert dødelighet i sjøfasen. Rapporten konkluderte med at en utfordrende helsesituasjon sammen med manglende kontroll på dødelighet utgjorde en betydelig velferdsutfordring for oppdrettsnæringen. I samarbeid med fiskehelsetjenestene jobber næringen kontinuerlig for å identifisere tapsårsaker og faktorer som kan bedre forholdene for både rognkjeks og leppefisk i norske oppdrettsmerder.

I *DOKUMENTAR* prosjektet ønsker vi å utnytte erfaring og innsamlet datamateriale fra næringsaktørene for å identifisere de faktiske årsakene til dødelighet og tap hos rensefisk i hele livssyklusen. Det vil bli innsamlet data fra anlegg som har gode resultater med bruk og overlevelse av rensefisk, og sammenligne driftsrutiner og andre forhold med anlegg som har problemer. I tillegg vil en validere et sett av kvalitetsparametere på rensefisk som kan brukes i utviklingen av kvalitetsanalyser og protokoller for beste praksis som har betydning for overlevelsessevnen etter utsett i merd, og som kan brukes som kvalitetsmål. I prosjektet vil vi også undersøke noen viktige faktorer som kan forklare tap som rømming, degradering og predasjon og foreslå konkrete tiltak for å redusere tap.

- *Prosjektets omfang*

I første del av prosjektet (AP1-4) vil en gjennom en kombinasjon av målrettede feltstudier og skrivebordsstudier sammenholde og analysere dødelighetstall med produksjonsdata, miljødata og operasjonelle data for å identifisere mulige årsaker til dødelighet og tap av rensefisk i hele livssyklusen. I AP5 vil en teste og validere kvalitetsparametere, og utvikle en veileder for vurdering av kvalitet på rensefisk for utsett i merd. I AP6 skal prosjektfunnene oppsummeres, og fremtidige FoU behov vil bli vurdert og prioritert, i samarbeid med referansegruppen i prosjektet.

Dødelighetsårsaker i settefiskfasen deles opp i to; en for rognkjeks (AP1) og en for berggylt (AP2) siden artene er veldig ulike, og har svært forskjellige utfordringer. På rognkjeks er det mange anlegg å hente data fra, mens det er mer begrenset når det gjelder berggylt.

Prosjektet startet i juni 2021 og ble avsluttet i oktober 2022.

- *Prosjektorganisering*

Prosjektgruppe

- **Prosjektansvarlig er Akvaplan-niva (APN).** Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva og prosjektleder i *DOKUMENTAR* er Albert K. D. Imsland. Imsland vil delta i kartlegging av dødelighetsårsaker for rognkjeks i AP1, fremtidige FoU behov i AP6 og formidling i AP7. Thor Magne Jonassen (senior forsker i APN) vil bidra i AP1 og AP5.
- **Aqua Kompetanse AS** er ansvarlige for systematisk innsamling, og behandling, av data relatert til velferd og helse hos rognkjeks, både i settefiskfasen og etter utsett i sjø (AP1 og AP3, Lauris Boissonnot, Torolf Storsul, Camilla Karlsen) og vil delta i kartlegging av fremtidig FoU behov (AP6, Lauris Boissonnot). De vil også ha ansvaret for utvikling av håndbøker for vurdering av kvalitet hos rensefisk før og etter utsett i sjø (AP5).
- **Gildeskål Forskningsstasjon AS (GIFAS) – Inndyr.** Patrick Reynolds vil delta i AP 3.4 Kartlegging av svinn, og oppfølging av anlegg i vest, midt og nord.
- **Havforskningsinstituttet** Reidun Bjelland og Anne-Berit Skiftesvik vil være ansvarlige for AP2 og AP4 og være ansvarlig for dokumentasjon av dødelighet og tap av villfanget leppefisk.
- **NTNU Institutt for biologiske fag Ålesund** Førsteamanuensis Grete Hansen Aas vil delta i AP3 og være ansvarlig for AP3.1 og AP3.4 i samarbeid med Universitetslektor Stig Tuene.
- **NIVA** Professor Erik Höglund vil bidra i AP 1 (stressmålinger under transport), AP 5 (små skala forsøk) og AP 6. Fra NIVA deltar også Dr. Sara Calabrese.

Referansegruppe

- Kine Edwardsen - NOVA SEA

- Espen Lie Dahl - Salmar
- Henriette Glosvik - MOWI
- Jakob Aasjord, Nordland Rensefisk
- Kjetil Heggen – Lerøy
- Halvard Hovland – Havlandet Marin Yngel
- Tonje Cecilie Urskog – Grieg Seafood

5.3.4.1 Kvalitetssikring

Prosjektbeskrivelse og plan er kvalitetssikret i henhold til interne rutiner hos Akvaplan-niva og gjennom FHF's rutiner for gjennomgang av faglig og næringsmessige relevans.

3 Problemstilling og formål

Hovedformålet med *DOKUMENTAR* er å kartlegge faktiske årsaker til dødelighet og tap av rensefisk både i settefiskfasen og i sjøfasen, samt utvikle håndbok med veiledning for vurdering av kvalitet på rensefisk ved utsett i merd.

Delmål:

1. Avdekke dødelighetsårsaker hos rensefisk i settefiskfasen.
2. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet rensefisk etter utsett i sjø.
3. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos villfanget leppefisk etter utsett i merd.
4. Utvikle veileder for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø.
5. Å avdekke, vurdere og prioritere videre FoU-behov for å redusere dødelighet og tap av rensefisk.

3.1 Leveranser

Lev. Nr.	Beskrivelse	AP Nr.	Type	Gradering	Leveranse-mnd.
1	Åpent oppstartsmøte med prosjektgruppe, referansegruppe og oppdrettere	7	Referat	Offentlig	1
2	Dokumentere dødelighetsårsaker hos rensefisk i settefiskfasen	1-2	Rapport	Offentlig	10
3	Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet rognkjeks etter utsett i sjø.	3	Rapport	Offentlig	12
4	Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet berggylt etter utsett i sjø.	3	Rapport	Offentlig	12
5	Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos villfanget leppefisk	4	Populærvitenskapelig rapport (f.eks. Norsk Fiskeoppdrett)	Offentlig	12
6	Håndbok med veiledning for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø	5	Håndbok	Offentlig	12
7	Fremtidige FoU behov	6	Rapport	FHF	12
8	Faglig og administrativ sluttrapport	7	Rapport	FHF	12

4 Prosjektgjennomføring

Arbeidet i prosjektet ble delt inn i følgende sju arbeidspakker:

AP1. Dokumentere dødelighetsårsaker hos rognkjeks i settefiskfasen

Det vil innhentes data direkte fra kommersielle produsenter. Parametre som vil bli undersøkt inkluderer karstørrelse, vannkvalitet, flow, fôr og fôrstrategier, lys, håndtering, sykdom og sortering. Videre vil det bli utarbeidet en standardisert datainnsamling på dødelighetsårsaker fra pågående produksjon i prosjektperioden som vil gi sammenlignbare data på tvers av anleggene. Dette vil bli gjennomført gjennom fiskehelsetjenestene som de ulike næringsaktørene benytter seg av. Målte parametere vil bli analysert med multivariat statistisk analyse (Prinsipal Komponent Analyse) for å studere ulikheter mellom anleggene og dermed kunne identifisere den største årsaken til tap/dødelighet i settefiskfasen.

Det er også notert en viss dødelighet i de systemer der fisken transporteres mellom klekking- og tilvekst-anlegg. For å undersøke om dødelighet hos rognkjeks er relatert til transportstress vil vannprøver tas fra transporttankene før og etter transport av rognkjeks (AP1) og berggyllt (AP2) og analyseres for kortisol (det dominerende stresshormon hos fisk). Arbeidspakken ledes av Albert Imsland Akvaplan-niva i samarbeid med Lauris Boissonnot, Aqua Kompetanse og Erik Höglund, NIVA og Thor Magne Jonassen, Akvaplan-niva.

AP2. Dokumentere dødelighetsårsaker hos berggyllt i settefiskfasen

Data blir innhentet direkte fra kommersielle produsenter av berggyllt og egne data fra forskningsstasjonen til Havforskningsinstituttet. Parametre som undersøkes vil være karstørrelse, vannkvalitet, flow, fôr og fôrstrategier, lys, håndtering, sykdom, og sortering. En vil beskrive faser med forhøyet dødelighet i produksjonen av berggyllt fra startfôring til utsett. AP2 ledes av Anne Berit Skiftesvik og Reidun Bjelland, Havforskningsinstituttet.

AP3. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet rensefisk etter utsett i sjø

AP 3.1: Kontrollere og fremskaffe dødelighetstall fra industri

Målet med AP3.1 er kartlegging av tap og uregistrert dødelighet. Systematisk innhenting av statistikk fra prosjektåret vil bli gjennomført hos næringsaktørene i *DOKUMENTAR* for å belyse hvor stor den faktiske dødeligheten er. Næringsaktører får en fast prosedyre for rapportering av reelle tall, og en vil se på hva som kommer av rensefisk til slaktelinja. En vil derfor gjennomføre spørreundersøkelse for å avdekke evt. geografiske forskjeller, og erfaringer med forskjellige arter rensefisk. AP3.1 vil bli ledet av Grete Hansen Aas og Stig Tuene NTNU Ålesund i samarbeid med prosjektets næringsaktører

AP 3.2: Dokumentere sykdomsagens hos rensefisk i sjø

Det vil bli samlet inn standardisert informasjon om sykdomsagens i prosjektåret gjennom fiskehelsetjenestene de ulike næringsaktørene benytter seg av. Dette datasettet vil bli analysert for å studere tilstedeværelse av patogener, sammenholdt med variasjoner i livsforhold, for å vurdere sammenhengen mellom dødelighet og påvisning av patogener. AP 3.2 ledes av Torolf Storsul, Aqua Kompetanse, i samarbeid med Kristine Vatnan, HaVet Fiskehelse.

AP 3.3: Håndtering, utfisking og avlusing av rensefisk – effekt på dødelighet og tap

Det velges ut noen anlegg som erfaringsmessig har god praksis på alle arter rensefisk, for å gjøre systematiske undersøkelser av rensefisk i hele sjøfasen. Systematiske registreringer av velferd vil videre sammenstilles med ulike driftsmessige forhold (som fôring, og hvordan skjul brukes) og driftsoperasjoner (avlusning, notvask, utfisking etc) i merd. Gjennom perioden vil en på disse lokalitetene ha et ekstra fokus på registrering av dødelighet med fokus på årsak, som sammen med fiskehelsestatus vil gi et overordnet bilde. Analysene av innsamlede velferdsdata vil bruke repeterte målinger av velferdsindikatorer (utviklet i RENSVEL og andre prosjekt, samt interne metoder brukt av industripartnerne i prosjektet) som responsvariabel og drifts- og miljørelaterte data som mulige forklaringsvariabler for velferdsutviklingen. I tillegg vil vi analysere dødelighet over tid som funksjon av drifts- og miljørelaterte variabler. Analysemetode- og fokus skal diskuteres på prosjektets åpne arbeidsmøter. AP 3.3 ledes av Lauris Boissonnot, Aqua Kompetanse.

AP 3.4 Kartlegging av svinn, og oppfølging av anlegg i vest, midt og nord

Målet er å identifisere på hvilket tidspunkt det er størst dødelighet, og korrelere dette til utsettstidspunkt, miljødata, håndtering/behandlinger, tekniske forutsetninger f.eks. maskestørrelse jfr. Herrmann et al. (2021), rapporter på predatorobservasjon og rømming. Dette gjøres gjennom innhenting av produksjonsdata og data fra slaktelinja fra næringsaktører/samarbeidspartnere, og beregning av reell overlevelse i merdfasen for rensefisken. I tillegg skal det gjennomføres en standardisert oppfølging av minst tre anlegg i vest, midt og nord gjennom en produksjonssyklus (med forutsetning at vi får følge fra utsett til slakt, og innebærer en utvidet tidsramme for prosjektet). AP3.4 ledes av Grete Hansen Aas og Stig Tuene, NTNU Ålesund. Aktiviteten vil bli koordinert med AP3.2 (samme lokaliteter), Patrick Reynolds (GIFAS) vil være ansvarlig for sammenfatning av dødelighetsdata fra alle tidligere forsøk knyttet til forsøkslokaliteter hos GIFAS.

AP4. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos villfanget leppefisk etter utsett i merd

Kvaliteten på villfanget leppefisk kan være påvirket av fiskerimetoder, oppbevaring, transport og håndtering før utsett i merd. HI har gjennom mange år jobbet med fiskere forskjellige steder i landet, der praksisen kan variere mye. Effekter av slike påvirkninger vil ofte ikke materialisere seg før etter utsett. For å undersøke hvilken effekt slike faktorer vil ha på velferd og overlevelse vil det gjennomføres et kontrollert forsøk, der villfanget leppefisk vil bli individmerket og utsatt for varierende håndteringsmetoder, med nøye oppfølging i merder over tid (operative velferdsindikatorer og overlevelse). AP4 ledes av HI (Anne-Berit Skiftesvik og Reidun Bjelland).

AP5. Utvikling av veileder for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø

Kunnskap som blir innhentet gjennom de øvrige arbeidspakkene vil brukes for å utarbeide en håndbok med veiledning for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø. Gjennom rensefisk koordineringsprosjektet (RFK2020) ledet av Aqua Kompetanse er denne jobben allerede startet for rognkjeks, og denne arbeidspakken skal videreutvikle og tilpasse dette materialet videre. Denne arbeidspakken ledes av Lauris Boissonnot hos Aqua Kompetanse i samarbeid med Thor Magne Jonassen, Albert Imsland, Akvaplan-niva og Erik Höglund, NIVA.

AP6. Anbefalinger om beste praksis for å redusere dødelighet og tap av rensefisk, og prioritering av videre FoU-behov

For å knytte de ulike arbeidspakkene best sammen og for å oppnå størst mulig nytteverdi vil arbeidet i AP6 rette seg mot å sammenfatte kunnskapen i de andre arbeidspakkene samt avdekke, vurdere og prioritere videre forsknings og utviklingsbehov. Denne arbeidspakken ledes av Akvaplan-niva (Albert Imsland) i samarbeid med alle FoU partnere i prosjektet.

AP 7. Rapportering, formidling og koordinering

Det vil bli levert separate populærvitenskapelig artikler (f.eks. i Norsk Fiskeoppdrett) med viktigste funn fra AP1-5. Når resultater foreligger, vil de presenteres i FHF sitt Nyhetsbrev om lus. Statusoppdateringer vil bli gitt på alle relevante FHF-konferanser. I den grad det er mulig vil en forsøke å publisere hovedfunn i fagfellevurderte tidsskrift. AP7 ledes av Prof. Albert K. D. Imsland som har jobbet med akvakultur formidling siden 1991.

5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

5.1 AP1.1 Dokumentere dødelighetsårsaker hos rognkjeks i settefiskfasen

5.1.1 Materiale og metoder

Datamateriale ble samlet inn fra 4 settefiskanlegg lokalisert i produksjonsområdene 3, 6 og 7. Det ble forsøkt å systematisere datainnsamlingen ved å utarbeide et standardisert skjema for innhenting, men på grunn av utfordringer i nedlastningen hos de enkelte anleggene ble dette forkastet, og anleggene sendte dataene på hver sin måte. I tillegg til data på dødelighet og beholdning ble det etterspurt data på karstørrelse, vannkvalitet, flow, fôringsstrategier, lys, håndtering, sykdom og produksjonshendelser (sortering og vaksinasjon), samt rapporter fra helsekontroller.

5.3.4.1 Beholdning og dødelighet

På grunn av et høyt antall flyttinger og sorteringer på karnivå ble dataene behandlet på fiskegruppenivå. Dette medførte at antallet replikater ble mindre, men siden det var vanskelig å følge fisken på karnivå ble dette ansett som den beste løsningen. Det ble totalt mottatt data fra 12 fullstendige fiskegrupper. Antall døde, inngående og destruerte rognkjeks for hver fiskegruppe ble dermed summert for hver dag, og snittvekt og gjennomsnittlig temperatur i karene ble regnet ut. I tilfeller hvor beholdningen på fiskegruppenivå hadde en positiv endring, ble økningen registrert som en justering av opprinnelig beholdning siden antall rognkjeks rett etter klekking kun er estimert.

Det ble utført en utforskende analyse av datasettet for å kontrollere at datasettet var klart til bruk. Under dette ble det blant annet oppdaget dobbeltregistreringer av kar i forbindelse med flytting og store ulikheter i startvekten til fiskegruppene (0,004 – 4 gram). Tiden fra klekking til første registrering av beholdning ble dermed estimert ved bruk av vekstkurvene for fiskegruppene med høyest snittvekt, slik at dager etter klekking kunne brukes som en variabel ved visualisering.

Akkumulert dødelighet ble beregnet som den kumulative andelen døde av det totale antallet rognkjeks som klekket. Antallet rognkjeks levert ble antatt å være det gjenværende antallet rognkjeks etter at rognkjeksene som var registrert død og destruert var trukket fra.

5.3.4.2 Velferdsstatus

Totalt ble 85 fiskehelse dokumenter gjennomgått, hvor 8 var prøvesvar, mens resterende 77 var rapporter fra helsekontroll. Fiskegruppene hadde blitt fulgt opp i varierende grad, og det ble mottatt 3 til 11 rapporter for hver gruppe. Det varierte hvilket fiskehelsepersonell som gjennomførte de ulike helsebesøkene, men hvert anlegg var konsekvent med hvilket firma de benyttet til å følge opp rognkjeksene. Det var derfor noe ulikt hva som ble lagt vekt på i rapportene og hvordan hver enkelt vurderte statusen til fisken. Basert på vurderingene i rapportene ble appetitt, velferd, miljø, dødelighet og graden av haleerosjon for hver enkelt fiskegruppe på besøksdag registrert i et felles dokument av Aqua Kompetanse sitt fiskehelsepersonell.

Alle rapportene inkluderte en vurdering av velferd og karmiljø, mens appetitt og haleerosjon ikke alltid var kommentert. Det ble derfor antatt at det var god appetitt og lite haleerosjon i de tilfellene appetitt og haleerosjon ikke var kommentert. I tilfeller hvor det ble rapportert om haleerosjon i enkelte kar ble haleerosjon registrert som varierende, mens hvis haleerosjon var et utbredt problem hos fiskegruppen ble haleerosjon registrert som utbredt. I tilfeller hvor det var rapportert om nedsatt appetitt, ble appetitten registrert som redusert. I tilfeller med ukentlig dødelighet $>1\%$ eller ved kommentarer om økt dødelighet blant fiskegruppen ble dødeligheten registrert som høy, og om ikke ble den vurdert som akseptabel.

Det ble ikke registrert scoringer av operative velferdsindikatorer på individnivå i helserapportene. Vurderingen av velferd og karmiljø i rapportene var ofte kategorisert som god, akseptabel, redusert eller alvorlig. I de tilfellene velferd og miljø ikke var vurdert slik ble dette gjort basert på den samlede vurdering av registreringene i rapporten. For både velferd og miljø ble god benyttet ved ingen avvik, akseptabel ved noen små avvik, redusert ved påvirket velferd eller betydelige avvik i miljøet i korte perioder og alvorlig ved betydelig påvirket velferd eller store avvik i miljøet i større perioder. Ved positive prøvesvar for infeksjonssykdom ble det registrert at infeksjonssykdom var påvist.

5.3.4.3 Karmiljø

I varierende grad ble data på temperatur, oksygen og salinitet mottatt. Data på salinitet ble kun sendt for 3 fiskegrupper og oksygen for 4 fiskegrupper. Det ble utført en utforskende analyse for å søke etter tydelige trender på dødelighet, men siden de fleste fiskegruppene ikke hadde data på dette tilgjengelig ble oksygen og salinitet ikke inkludert i den multivariate analysen (se kap. 2.5). Temperaturen i karet var registrert i de fleste tilfeller, og i tilfeller hvor det manglet enkeltmålinger av temperatur, oksygen eller salinitet ble R-funksjonen `na.approx` benyttet for å interpolere de manglende målingene (Zeileis og Grothendieck, 2005).

For å undersøke om tettheten i karene påvirket dødeligheten ble informasjon om karstørrelse etterspurt. Denne informasjonen ble oppgitt fra anlegg D, hvor tettheten i hvert kar ble beregnet og gjennomsnittlig tetthet på fiskegruppenivå ble vurdert. Det er betydelig usikkerhet knyttet til slike beregninger da det i settefiskfasen før vaksinerings kun foreligger et estimat på antall fisk i hvert kar.

5.3.4.4 Fôringsstrategier og produksjonshendelser

Det ble innhentet data på fôrproducent, pellet-størrelse, fôrtype og fôrmengde for hvert enkelt kar. Under sammenslåingen til fiskegruppenivå ble den mest utbredte fôringsstrategien blant karene i fiskegruppen registrert som fiskegruppens fôringsstrategi. I tilfeller hvor over halvparten av karene ikke hadde blitt fôret gjeldene dag, ble det også på fiskegruppenivå registrert fôringsfri dag.

Det ble oppgitt tidspunkt for utført vaksinasjon for 10 av 12 fiskegrupper, men ingen hadde data på utførte sorteringer. Sortering ble av settefiskproducentene oppgitt til å skje svært hyppig gjennom produksjonen

5.3.4.5 Statistiske analyser

All databehandling og statistiske analyser ble gjennomført i R (R Core Team, 2021). Siden den daglige dødeligheten var skjevt fordelt ble kvadratrotten av daglig dødelighet benyttet i de statistiske analysene for å komprimere de høyeste dødelighetene (Ahrens mfl., 1990). For å se på sammenhengen mellom daglig dødelighet og de enkelte forklaringsvariablene ble parvise kvadratiske regresjonsmodeller

tilpasset. Signifikansnivå ble satt til $p < 0,05$. Mann-Whitney U test ble benyttet for å undersøke signifikante forskjeller i daglig dødelighet mellom høye og lave tettheter.

For å studere ulikheter mellom anleggene og kunne identifisere årsaker til dødelighet i settefiskfasen ble en multivariat analyse i form av Principal Component Analysis (PCA) benyttet (Lê mfl., 2008; Ringnér, 2008). I analysen ble temperatur, biomasse, utføring (som % av biomassen), sykdom og vaksinasjon inkludert som forklaringsvariabler. Salinitet og oksygenmetning ble ikke inkludert i analysen, siden dette kun var tilgjengelig for enkelte fiskegrupper. Sykdom og vaksinasjon ble håndtert som indikatorvariabler som var 1 ved henholdsvis påvist sykdom og utført vaksinasjon og 0 ellers. Perioden 10 dager før og etter påvist infeksjonsstagens ble inkludert som sykdom i indikatorvariabelen, mens vaksinasjonsdag og de påfølgende tre dagene etter vaksinasjon ble inkludert i variabelen for vaksinasjon. De påviste infeksjonssykdommene som ble inkludert i analysen ble delt inn i to grupper: TenacibaculumLumpus (Tenacibaculum sp. og Lumpus coronavirus) og AnnenInfeksjon (AGD og Vibrio splendidus). I tillegg ble en felles variabel for alle infeksjonssykdommene (Sykdom) inkludert som en supplerende variabel. Kvadratrotten av daglig dødelighet ble også inkludert som en supplerende variabel, og påvirket derfor ikke selve analysen, men ble benyttet for å vurdere korrelasjon med forklaringsvariablene.

5.1.2 Resultater

5.3.4.6 Beholdning og dødelighet

De fleste settefiskanleggene i denne studien hadde lav dødelighet ($\leq 20\%$) gjennom hele produksjonen (Tabell 1). Fiskegruppen med høyest dødelighet var fiskegruppe 9 ved anlegg D, hvor 31,5 % av rognkjeksene døde. Allikevel ble det for fire av fiskegruppene levert under 50 % av klekket antall, da en betydelig andel ble destruert i løpet av produksjonen. Opprinnelig antall rognkjeks i en fiskegruppe varierte fra 197 207 til 4 341 660 rognkjeks, hvor det var anlegg B som hadde de største fiskegruppene.

Tabell 1: Oversikt over mengden rognkjeks produsert ved hvert anlegg, og andelen av disse som er registrert død eller forventet levert. Varigheten fra klekking til slutt er også presentert. Farger er benyttet for å synliggjøre utsettene med lavest dødelighet ($\leq 20\%$) samt andelen rognkjeks som har blitt levert ($>80\%$, $\leq 30\%$).

Anlegg	Fiske-gruppe	Antall klekket	Andel døde	Andel destruert	Andel levert	Varighet
Anlegg A	1	2037915	12,3 %	2,6 %	85,1 %	29 uker
Anlegg A	2	1973570	2,2 %	0,9 %	96,9 %	27 uker
Anlegg A	3	2545290	3,0 %	0,5 %	96,5 %	15 uker
Anlegg B	4	4341660	10,4 %	0,1 %	89,5 %	34 uker
Anlegg B	5	3377575	4,6 %	5,0 %	90,4 %	29 uker
Anlegg B	6	3715200	2,2 %	36,7 %	61,1 %	23 uker
Anlegg C	7	567155	23,3 %	63,0 %	13,8 %	14 uker
Anlegg C	8	1021008	13,0 %	7,7 %	79,2 %	20 uker
Anlegg D	9	1218151	31,5 %	16,3 %	52,2 %	39 uker
Anlegg D	10	666723	25,9 %	28,5 %	45,7 %	39 uker
Anlegg D	11	197207	19,1 %	2,1 %	78,8 %	49 uker
Anlegg D	12	844362	14,9 %	55,1 %	30,0 %	47 uker

5.3.4.7 Velferdsstatus

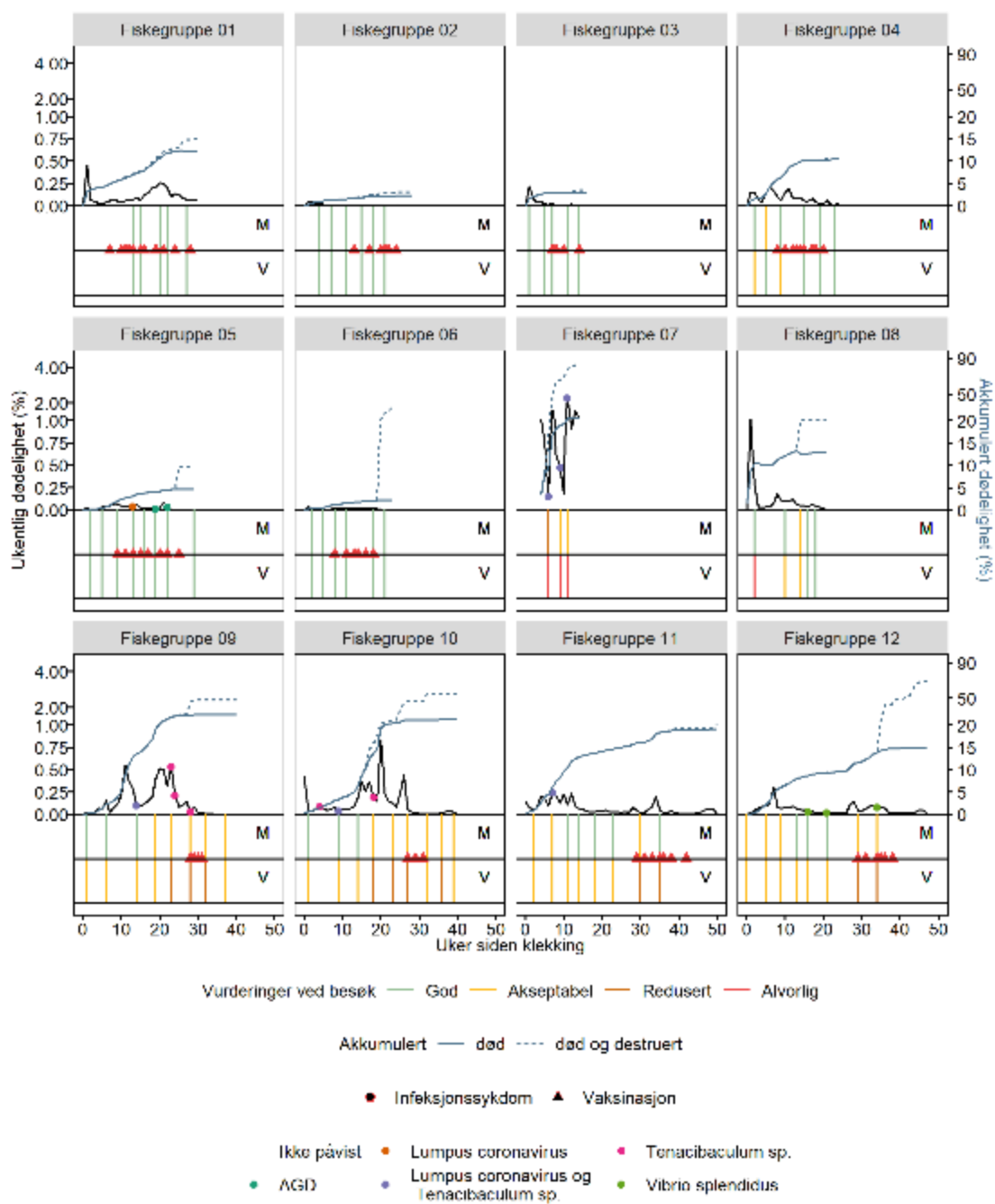
Basert på informasjon fra de 77 rapportene fra helsekontrollene var det som oftest akseptable forhold i karene (Figur 1). Appetitten ble vurdert som god i alle tilfeller, mens dødeligheten ble vurdert som høy ved 34 % av besøkene. Velferden til rognkjeksene ble vurdert å være god eller akseptabel ved 88 % av besøkene, og karmiljøet ble kun ved ett tilfelle vurdert som redusert. I 30 % av tilfellene ble karmiljøet vurdert til å være akseptabelt, mens det ved de resterende besøkene ble vurdert til å være godt. Haleerosjon ble vurdert til å være utbredt i 9 % av tilfellene og varierende i 22 % av tilfellene. Infeksjonssykdommer ble påvist i 21 % av fiskehelsevurderingene, hvor *Tenacibaculum sp.* ble påvist hyppigst (12 av 18 påvisninger). *Lumpus coronavirus* ble påvist totalt 7 ganger, hvor 6 av disse var samtidig som *Tenacibaculum sp.* også ble påvist. I tillegg ble AGD og *Vibrio splendidus* påvist henholdsvis 2 og 3 ganger.



Figur 1: Oversikt over vurderingene gjennomført ved helsebesøkene. Haleerosjon ble ansett som *varierende* hvis enkelte kar hadde utfordringer med haleerosjon, mens den ble ansett som *utbredt* hvis det var et større problem hos fiskegruppen. I tilfeller med ukjent dødelighet >1 % eller ved kommentarer om økt dødelighet blant fiskegruppen ble dødeligheten ansett som *høy*. For både velferd og miljø ble *god* benyttet ved ingen avvik, *akseptabel* ved noen små avvik, *redusert* ved påvirket velferd eller betydelige avvik i miljøet i korte perioder og *alvorlig* ved betydelig påvirket velferd eller store avvik i miljøet i større perioder. Ved positive prøvesvar for infeksjose agens ble det registrert at infeksjonssykdom ble *påvist*.

5.3.4.8 Dødelighetsårsaker

Fiskegruppe 7, 8, 9 og 10 hadde i løpet av produksjonen uker med høy dødelighet (ukentlig dødelighet $> 0,5$ %; Figur 2). Fiskegruppe 7 hadde en ukentlig dødelighet på over 0,5 % av inngående beholdning åtte ganger i løpet av produksjonen, og var fiskegruppen med høyest dødelighet totalt. Fiskegruppe 9 hadde en ukentlig dødelighet over 0,5 % tre ganger i løpet av produksjonen, mens fiskegruppe 8 og 10 hadde en uke med dødelighet over 0,5 %. De resterende fiskegruppene hadde gjennom hele produksjonen en dødelighet under 0,5 % per uke, men også for disse fiskegruppene var det enkelte perioder med forhøyet dødelighet. Fiskegruppe 2, 5 og 6 hadde under 2 % av produksjonstiden en daglig dødelighet over 0,1 % (Figur 8). Den daglige dødeligheten hos fiskegruppe 1, 3, 4, 11 og 12 oversteg derimot 0,1 % i 8 - 40 % av produksjonstiden.



Figur 2: Ukentlig dødelighet (% av inngående antall) på fiskegruppenivå fra klekking til levering. Under x-aksen er vurderingene av miljøet i karene (første linje; M) og rognkjeksens velferd (andre linje; V) ved fiskehelsebesøkene visualisert, i tillegg til utført vaksinasjon (røde trekanter). Påviste infeksjonssykdommer er visualisert med fargede sirkler på dødelighetsgrafene, og er farget etter påvist agens. Den heltrukke blå linjen er akkumulert dødelighet (%), mens den blå stiplede linjen er akkumulert andel død og destruert. Tidspunkt for vaksinasjon av fiskegruppe 7 og 8 ble ikke mottatt og er derfor ikke inkludert i figuren.

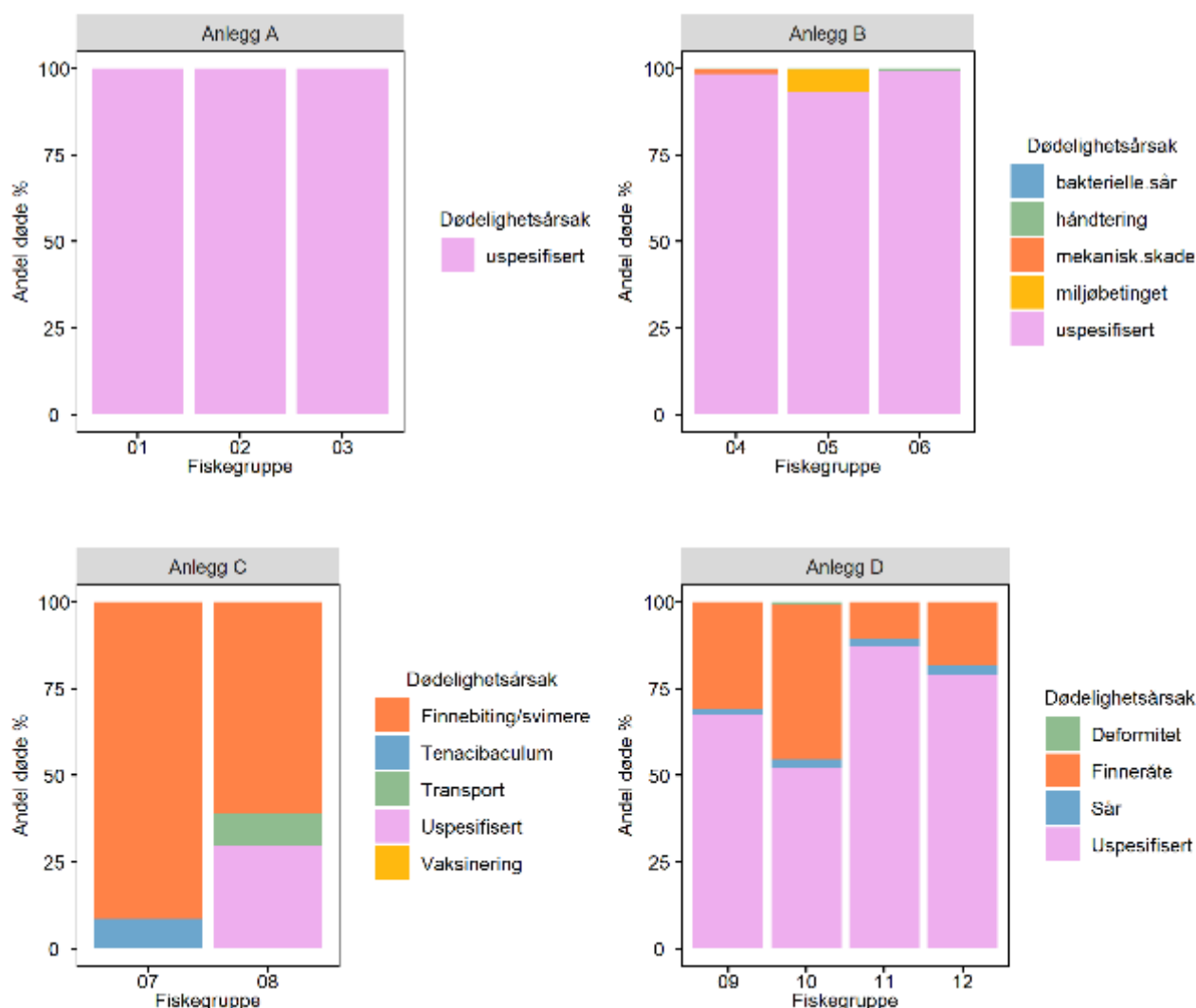
For flere av fiskegruppene (1, 3, 4, 7, 8, 10 og 11) var det økt dødelighet rett etter klekking. Velferden og karmiljøet hos fiskegruppe 1-6 ble stort sett vurdert som god ved fiskehelsebesøkene, mens velferden og miljøet for fiskegruppe 7-12 oftest ble vurdert som akseptabel. Det var også tilfeller hvor velferden og miljøet i karene ble vurdert som redusert og alvorlig hos fiskegruppe 7-12.

Det ble påvist infeksjonssykdommer hos fiskegruppe 5, 7, 9, 10, 11 og 12. *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus* ble påvist hos de fiskegruppene med høyest dødelighet totalt (7, 9, 10 og 11; Tabell 1). For fiskegruppe 7, 9 og 10 var disse påvisningene spredd utover en større del av produksjonen, mens det for fiskegruppe 11 bare ble påvist i begynnelsen av produksjonen. I ukene rundt påvisningen av *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus* var det høy dødelighet blant de aktuelle fiskegruppene. *Vibrio splendidus* ble påvist hos fiskegruppe 12 tre ganger i løpet av produksjonen, men det var ved påvisningstidspunktene lav dødelighet i fiskegruppen. *AGD* og *Lumpus coronavirus* ble påvist hos fiskegruppe 5, men også her var det lav dødelighet.

For fiskegruppe 7, 9 og 10 ble også en større andel rognkjeks destruert i ettertid av påvist *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus*. Over 50 % av fiskegruppe 12 ble destruert etter siste påvisningen av *Vibrio splendidus*. I tillegg til destruksjon underveis i produksjonen ble det ved slutten av produksjonen av fiskegruppe 6 og 8 destruert en betydelig andel, som ikke kan knyttes til sykdom. Vaksinasjon ble ofte utført over lengre perioder, og det var dermed vanskelig å vurdere om vaksinasjon hadde en direkte påvirkning på dødelighet.

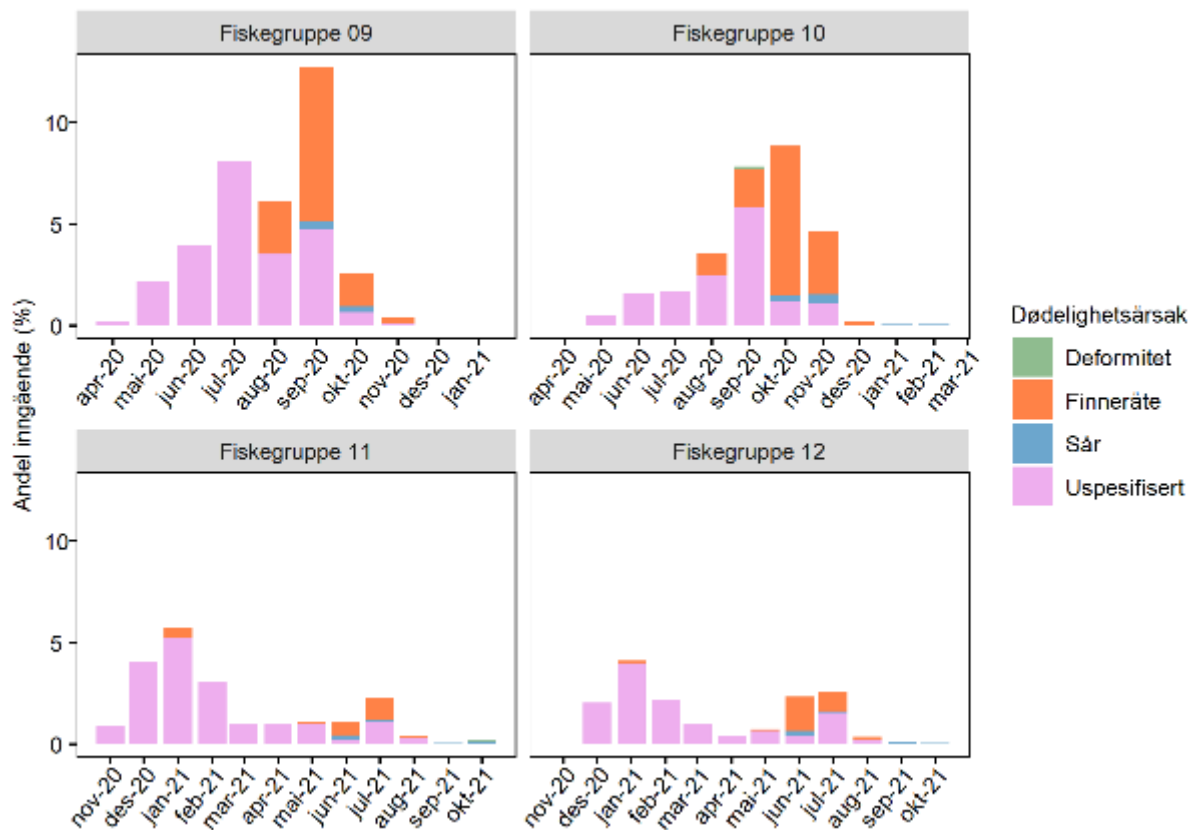
5.3.4.9 Registrerte årsaker

Det var ulikt hvordan de enkelte anleggene hadde spesifisert dødelighetsårsakene (Figur 3). Anlegg C og D var anleggene som hadde spesifisert størst andel av dødeligheten, og det var også disse anleggene som hadde fiskegruppene med høyest dødelighet. Av de registrerte dødelighetsårsakene, var finneråte/finneskade hyppigst angitt som årsak til dødelighet i settefiskfasen. I tillegg var det en betydelig andel som ble registrert som død av infeksjon med *Tenacibaculum sp.*



Figur 3: Fordelingen av registrerte dødelighetsårsaker hos de ulike anleggene og fiskegruppene. I tilfeller med få registreringer ble flere kategorier slått sammen eller inkludert i uspesifisert. For anlegg B ble kategoriene prøvetaking, mekanisk skade og annen håndtering slått sammen til håndtering. I tillegg var det ingen registreringer på kategoriene plommesekk, tapere og vaksinasjon. For anlegg D ble notskifte (antatt feilregistrert), ubefruktet rogn, deformitet og panikk inkludert i uspesifisert, da de til sammen for anlegget utgjorde 0,4 % av all dødfisk som ble registrert.

Det var en tydelig trend i utviklingen av dødelighetsregistreringene over tid for de fire fiskegruppene på anlegg D. I starten av produksjonen ble det meste av dødeligheten registrert som uspesifisert, mens det etter 4-6 måneder var en økende andel av dødelighet som ble registrert som forårsaket av finneråte og sårproblematikk. (Figur 4).

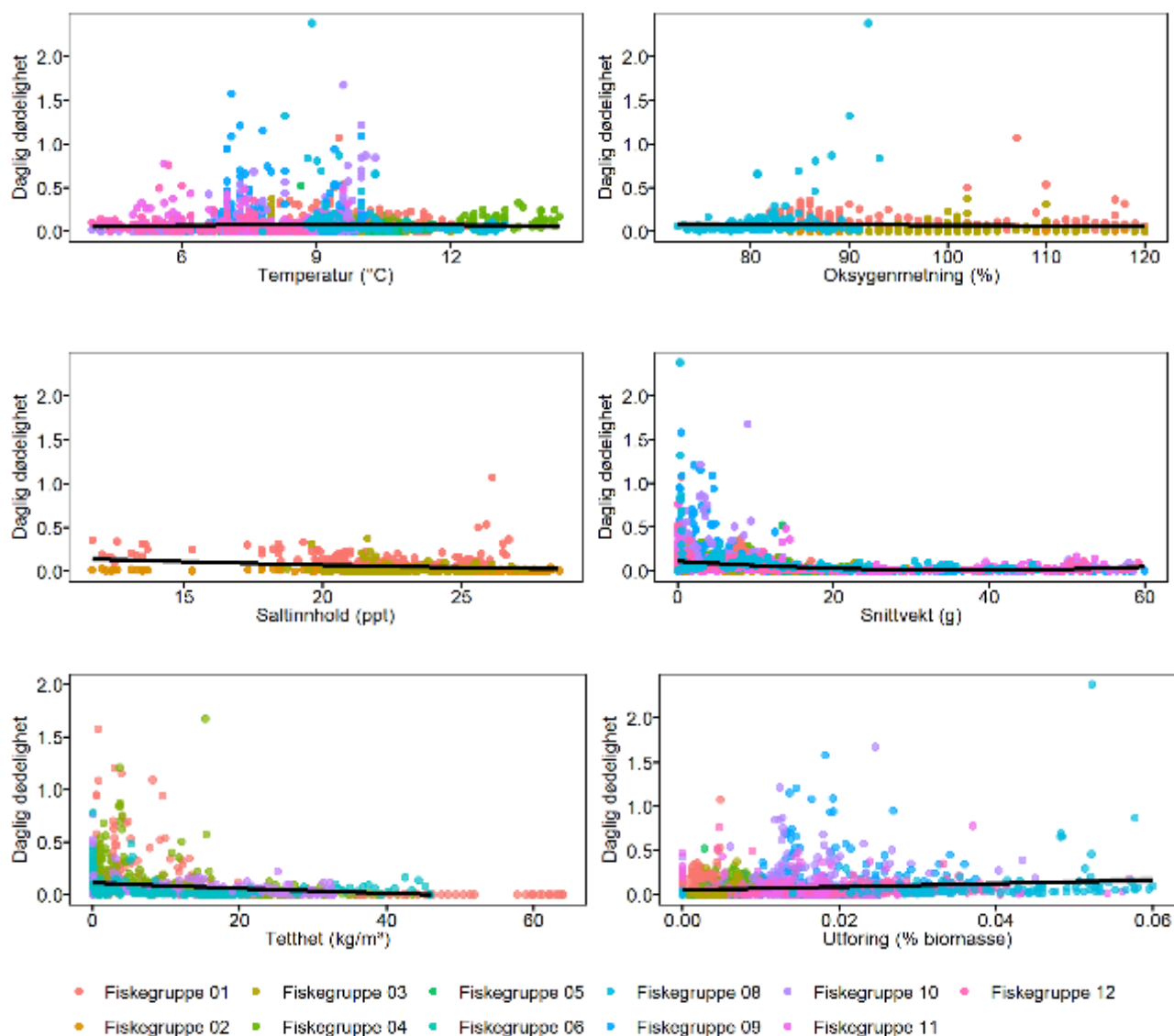


Figur 4: Prosentandelen av inngående rognkjeks hver måned som dør og kategoriseringen av dødsårsakene i anlegg D. Kategoriene notskifte (antatt feilregistrert), ubefruktet rogn, deformitet og panikk er inkludert i uspesifisert, da de til sammen for anlegget utgjorde 0,4 % av all dødfisk som ble registrert.

5.3.4.10 Karmiljø, snittvekt og utfôring

Det var en svak signifikant sammenheng mellom daglig dødelighet og temperatur, med en tendens til økende risiko for økt dødelighet ved økende temperatur i det observerte temperaturintervallet. Det ble ikke funnet noe sammenheng mellom oksygenmetningen i karene og dødelighet (Figur 5). Det var signifikant høyere dødelighet ved de laveste salinitetene, men data på salinitet ble kun mottatt fra anlegg A og datagrunnlaget er derfor for svakt til å trekke tydelige slutninger omkring effekten av salinitet på dødelighet. Både temperatur, oksygenmetning og saltinnhold var innenfor normale verdier gjennom hele studieperioden (Figur V 1-3).

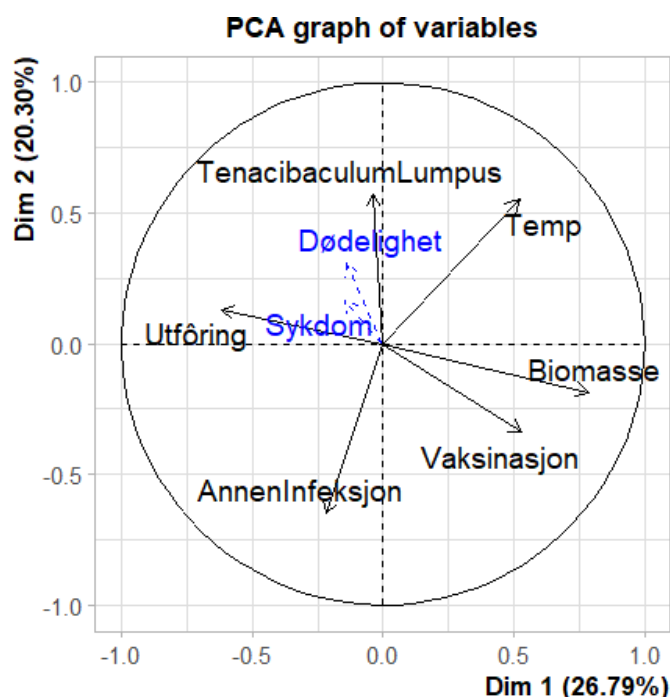
Daglig dødelighet var signifikant høyest ved de laveste snittvektene, men det var også episoder med høy dødelighet ved høyere snittvekter (Figur 5). Daglig dødelighet var signifikant lavere ved høy tetthet, noe som kan være påvirket av dødeligheten i første periode etter klekking, hvor fisken var liten og tettheten lav. Det var signifikant høyere dødelighet ved tettheter under 7 kg/m^3 sammenlignet med høyere tettheter (Wilcoxon, $p < 0,05$). Dette var tydelig både for hele produksjonen samlet, men også når de første 100 dagene etter klekking var ekskludert for å utelukke påvirkningen av dødeligheten som oppstår rett etter klekking. Resultatene indikerte også høyere dødelighet ved høy utfôringsprosent. Da det var få fiskegrupper som i perioder oversteg en utfôringsprosent på 0,04 % var datagrunnlaget noe svakt.



Figur 5: Daglig dødelighet (%) på fiskegruppenivå plottet mot temperatur, oksygenmetning, saltinnhold, snittvekt, gjennomsnittlig tetthet i kar og utføring som % av biomasse. Den sorte linjen er den tilpassede kvadratiske regresjonslinjen mellom dødelighet og de enkelte forklaringsvariablene. Datapunktene er farget etter fiskegruppe. Fiskegruppe 7 er ikke inkludert, siden denne fiskegruppen ble hardt rammet av sykdom. På grunn av få datapunkter er tilfeller med snittvekt over 60 g ekskludert (25 tilfeller; 60-92 g) og utføring over 0,06 % av biomassen ekskludert (20 tilfeller; 0,06-0,17 %).

5.3.4.11 Multivariate statistiske analyser

Basert på de mottatte dataene fra alle fiskegruppene på temperatur, utfôringsmengde, biomasse, påviste infeksjonssykdommer og utført vaksinasjon, var det tydelig at det av disse var sykdom som viste høyest korrelasjon med økt dødelighet (Figur 6). Det var derimot bare påvisning av *Tenacibaculum sp.* og/eller *Lumpus coronavirus* som korrelerte med høy dødelighet, mens de andre infeksjonene (AGD og *Vibrio splendidus*) ikke korrelerte positivt med dødeligheten. Biomasse korrelerte negativt med dødeligheten, og indikerte dermed høyere dødelighet i begynnelsen av produksjonen.



Figur 6: PCA analyse med temperatur, biomasse, utfôringsmengde, påviste infeksjonssykdommer og vaksinasjon som forklaringsvariabler og daglig dødelighet (%) som supplerende variabel. Infeksjonsvariablene og vaksinasjon er indikatorvariabler som er 1 ved henholdsvis påvist infeksiøstagens i løpet av +/- 10 dager og ved utført vaksinasjon de siste 3 dagene. De påviste infeksjonssykdommene er delt inn i to grupper: TenacibaculumLumpus (*Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus*) og AnnenInfeksjon (AGD og *Vibrio splendidus*). I tillegg er en felles variabel for alle infeksjonssykdommene (Sykdom) inkludert som en supplerende variabel. For å få en bedre fordeling av dødeligheten er daglig dødelighet transformert med kvadratroten.

5.1.3 Diskusjon

5.3.4.12 Datagrunnlagets kvalitet

Så vidt vi vet, er denne studien den første som sammenstiller datamateriale på beholdning, helsestatus og dødelighet hos rognkjeks, samt miljøbetingelser og produksjonshendelser over hele produksjonen i flere kommersielle settefiskanlegg. Innsamling av slikt datamateriale er svært utfordrende på grunn av mangel på systematisk registrering av biologiske- og miljøparametere. Mange av miljøvariablene og eventuelle hendelser loggføres som observasjoner for umiddelbar bruk, og er tidkrevende å innhente i etterkant. Dette resulterer i at det er utfordrende å knytte dødelighetsepisoder til spesifikke parametere.

Registrert dødelighet må tolkes forsiktig da det er store usikkerheter knyttet til antall fisk ved starten av produksjonen, når larvene er for små og i for stor mengde til å kunne telles nøyaktig. Dødelighet hos larver estimeres oftest kun basert på den grove oversikten av biomassen. Det er i tillegg veldig vanskelig å følge opp en fiskegruppe på karnivå da fisken er flyttet, splittet og gruppert på nytt mange ganger i løpet av en produksjon. I praksis vil det si at det ikke er mulig å følge opp påvirkning av eventuelle hendelser som oppstår i enkelte kar på velferd og dødelighet hos fiskene over tid (Figur 7). Som påpekt av (Tørud mfl., 2019) for lakseproduksjon er det å kunne følge fisken over tid helt essensielt for å kunne bruke dødelighetstall for å identifisere fiskens velferd og effekten av forskjellige driftsformer, miljøfaktorer og sykdommer.

Utfordringer med å hente historiske data fra datasystemene til oppdretterne førte til at kun få oppdrettere klarte å samle inn forespurt datamateriale. Datagrunnlaget i studien er derfor mye mindre enn planlagt, noe som har påvirket styrken til resultatene. Datagrunnlaget i studien er derfor mye mindre enn planlagt, noe som har påvirket styrken til resultatene. Med kun 12 fiskegrupper har hver enkelt fiskegruppe stor påvirkning på resultatene. Det er ikke kjent hvordan anleggene valgte ut hvilke fiskegrupper, men de ble spurt om å sende et utvalg av fiskegrupper med varierende dødelighet for å sikre variasjon i dataene. Andelen døde, destruert og forventet levert i denne studien kan derfor være påvirket av datautvalget, og dermed ikke nødvendigvis representativt for den generelle settefiskproduksjonen



Figur 7: Illustrasjon av flyttinger som skjer i settefiskfasen. De store rektanglene viser avdelingene (SF: startfôring, PV1: påvekst 1, PV2: påvekst 2) og de små kvadratene viser noen av karene. Fargene blå, rosa og gul representerer fisk i opprinnelig kar, mens fargegradientene illustrerer fisken i mottakskarene. Pilene viser flyttinger.

5.3.4.13 Registrert dødelighet og velferd

Total registrert dødelighet hos rognkjeks i løpet av settefiskproduksjonen var i snitt 13,5 % (2, 2 – 31, 5 %) i vår studie, tilsvarende 2,1 % i snitt per måned (0, 3 – 7.4 %). Så vidt vi vet finnes det ikke publisert tall på dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen, men det rapporteres en dødelighet fra 18 til 100 % i kommersielle merder (Bui mfl., 2018; Geitung mfl., 2020; Mattilsynet, 2020; Nilsen mfl., 2014), som er høyere enn i settefiskfasen. Men, en betydelig andel av rognkjeks produsert blir i enkelte tilfeller destruert, som fremhevet i resultatene våre (opp til 63 %). Destruering kan begrunnes med tydelig/alvorlig redusert velferd (for eksempel på grunn av sykdom) eller på grunn av logistiske utfordringer, som for eksempel uforutsigbar tilgang på mottakslokaliteter (Andreas Staven, Namdal Rensefisk, pers. comm.). Rognkjeks med alvorlig katarakt eller sugekoppdeformitet vil automatisk sorteres ut og destrueres ved rutinemessig oppfølginger (pers. obs.), da disse ikke vil håndtere livet i merd. Årsak til destruering registreres dessverre ikke, noe som gjør tolkning av de innsamlede dødelighetstallene utfordrende, og som igjen gjør sammenligning med dødelighet i sjøfasen uhensiktsmessig. Dødelighet hos laks i settefiskfasen registreres også uten å ta hensyn til destruering og gir derfor noe grunnlag for sammenligning. Det rapporteres en dødelighet på 1,4 % i snitt per måned (0, 7 – 2, 4%) (Tørud mfl., 2019), noe som er lavere enn hos rognkjeks. På grunn av det begrensede datagrunnlaget må resultatene tolkes forsiktig. Med bakgrunn i den rapporterte dødeligheten hos laks og variasjonene mellom fiskegruppene i studien vår kan det allikevel tenkes at det er et forbedringspotensial for overlevelse hos rognkjeks i settefiskfasen.

Dødelighet var høyest hos de yngste individene. Dette kan bety at larvekvalitet var varierende. Hos noen arter kan overlevelse og robusthet hos larver og yngel være påvirket av stress hos stamfisk (Campbell mfl., 1994; McCormick, 1998). Dette har ikke vært undersøkt hos rognkjeks selv om tidligere studier viser at fiskevelferd hos stamfisk kan være variabel (Jonassen mfl., 2017). Videre studier bør derfor undersøke ulike forhold som kan påvirke velferd og overlevelse hos yngel.

Rognkjeksens velferd ble vurdert som god eller akseptabel ved de fleste rutinemessige helsekontrollene. Kriteriene som ble brukt for å vurdere velferd hos rognkjeks er uklare, og var basert på en visuell oversikt på gruppenivå av svømme- og fôringsadferd, samt operative velferdsindikatorer, sykdommer (vurdert ved obduksjon og histologi, PCR- og bakteriologiske analyser) og overordnet dødelighet. Det var overraskende at enkelte parametere som katarakt ikke var nevnt i fiskehelserapportene, selv om det rapporteres at katarakt er svært utbredt hos rognkjeks i settefiskanleggene. Det er ukjent hvorvidt manglete registreringer av katarakt kommer av at det ikke ble observert eller at det ikke ble foretatt vurderinger. Alvorlig katarakt påvirker synet både gjennom utbredelse i linsen, og hvor tett forandringene er. Siden rognkjeks er en visuell næringssøker kan redusert syn ha dramatiske konsekvenser i sjø på lusebeite, generelt fôropptak og overlevelse (Jonassen mfl., 2017; Powell mfl.,

2018). Katarakt er også en svært god velferdsparameter som kan gjenspeile både miljøproblemer og ernæringsmessige problemer, dvs. har kjente forklaringsvariabler (Imsland mfl., 2018; Jonassen mfl., 2017). Det er derfor svært viktig å ha kontroll over utbredelsen av katarakt før rognkjeksens settes i merd. Det er i tillegg store forskjeller mellom ulike firma og forskjellig fiskehelsepersonell i hvilke parametere som undersøkes, samt hvordan vurderingen av disse parameterne foretas. Det er derfor svært utfordrende å kunne tolke velferdsvurderinger og det er behov for et enhetlig scoringssystem for vurdering av indre og ytre parameter på individnivå, samt standardisert velferdsvurdering på populasjonsnivå, som foreslått i Boissonnot mfl. (2022). En tettere oppfølging av velferd etter standardiserte vurderingskriterier vil bidra til å få bedre oversikt over rognkjeksens velferd i settefiskfasen og forenkle arbeidet med å finne tiltak for å bedre den.

5.3.4.14 Dødelighetsårsaker

Hvert enkelt anlegg har sitt eget system for registrering av årsak til dødelighet, med ulikt fokus på kategorisering. Anlegg C og D hadde spesifisert størst andel av dødeligheten, men det var også disse anleggene som hadde den høyeste dødeligheten. Mangelen på standardisert kategorisering av dødelighetsårsaker gjør det utfordrende å peke på de hyppigste årsakene til dødelighet. Per i dag ser det ut til at registrerte dødsårsaker er en variasjon av risikofaktorer, medvirkende dødsårsaker, mellomliggende dødsårsaker, umiddelbare dødsårsaker, døds mekanisme og underliggende dødsårsaker uten at det nødvendigvis er sortert. Helsekontroller fokuserer ofte på å stille en diagnose, og kausalitet eller årsakssammenhenger kan ofte være komplekse. Hvorvidt en infeksjonssykdom er noe en fisk dør av eller dør *med* blir ikke alltid differensiert og utredet. En standardisering av kategorisering av dødelighetsårsaker med fokus på underliggende årsak vil være avgjørende for å få kontroll over dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen, og kunne rette tiltak mot de riktige utfordringer, som Aunsmo mfl. (2021) har foreslått for laks.

For eksempel skilte finneråte seg ut som den hyppigst registrerte dødelighetsårsaken, noe som også ble nevnt av næringen i tidligere spørreundersøkelser (Amundsen og Størkersen, 2019; Mattilsynet, 2020; Sommerset mfl., 2021). Det er sannsynlig at finneråte er en medvirkende dødsårsak og ikke en underliggende dødsårsak. Flere faktorer kan gi slik finneslitasje, som f.eks. sykdommer. Aggresjon mellom fiskene i form av halefinnebiting kan også forårsake finneråte, og adferden er selv forårsaket av underliggende faktorer som for lav utfôring og følgende sulting eller mangel på hvileplass (Jonassen mfl., 2018). I denne studien, var de ikke mulig å undersøke betydningen av disse faktorene da de ikke ble systematisk registrert. Tiltak mot dødelighet knyttet til finneråte er åpenbart avhengig av å finne underliggende årsaker. For eksempel, hvis finneråte er grunnet aggresjoner forårsaket for lav fôring er ikke økning på hvileplass et tilpasset tiltak, og vice versa.

Det rapporteres om alvorlige sykdomsproblemer hos rognkjeks i settefiskfasen, og det er derfor et presserende behov for å kartlegge potensielle helseproblemer (Amundsen og Størkersen, 2019; Mortensen mfl., 2021). Kratersyke (mest sannsynlig grunnet *Tenacibaculum sp.*), vibriose (infeksjon

med *Vibrio spp.*) og atypisk furunkulose (infeksjon med atypisk *Aeromonas salmonicida*) ble oftest nevnt av oppdrettsnæringen som sykdommer knyttet til økt dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen (Mattilsynet, 2020; Sommerset mfl., 2021). I vår studie var det en klar sammenheng mellom høy dødelighet og infeksjoner av *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus*, mens det ikke var noe tydelig sammenheng med infeksjoner av AGD og *Vibrio splendidus*. Infeksjonssykdommer ble påvist hos seks av de tolv fiskegruppene, og totalt ved 21 % av alle helsekontrollene. Infeksjoner med patogenene *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus* rammet fiskegruppene som hadde høyest dødelighet av alle fiskegruppene. Her er det utfordrende å fastslå om disse patogenene er primærårsak til dødelighet (Aunsmo mfl., 2021; Sommerset mfl., 2021). Slike infeksjoner kan for eksempel utløses av risikofaktorer som suboptimale produksjonsbetingelser eller vannkvalitet i settefiskanlegg (Brooker mfl., 2018). Håndtering, ernæringsmessig ubalanse og stress har også vært nevnt som underliggende årsaker til infeksjoner (Brooker mfl., 2018), uten at vi kunne undersøke det i denne studien på grunn av manglende registreringer. Identifisering av underliggende faktorer og risikofaktorer vil være avgjørende for å lede oppmerksomheten mot forebygging og forbedring i stedet for å bruke ressurser på symptomene (Aunsmo mfl., 2021).

5.1.4 Konklusjon

Total registrert dødelighet i det undersøkte materialet var i snitt 13,5 % i løpet av en produksjon, og andel destruert fisk var i snitt 18,2 %. Det ble rapportert av fiskehelsepersonell at finneråte var hovedårsaken til dødelighet, men det var uklart hvilke faktorer som ga finneråte. Det ble påvist infeksjonssykdom hos 6 av de 12 fiskegruppene, og ved infeksjon av patogener *Tenacibaculum sp.* og *Lumpus coronavirus* ble dødeligheten svært høyt.

Selv om rognkjeks ofte er nevnt som en relativ enkel art å oppdrette, og enkelte settefiskanlegg klarer å opprettholde lav dødelighet og leverer mesteparten av rognkjeks de produserer, er det et stort potensial for forbedring. Det største problemområdet som denne studien har identifisert er mangelfull registrering av velferd, dødelighet og sykdommer, samt miljøbetingelser og hendelser i settefiskfasen. Derfor var identifisering av de viktigste dødsårsakene i denne undersøkelsen svært utfordrende på grunn av mangel på systematisk registrering av biologiske parametere og miljøparametere.

Per i dag er det svært utfordrende å kunne samle inn pålitelig informasjon om dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen, samt knytte den til eksterne faktorer på karnivå. Videre fokus må være å utarbeide standarder for bedre dokumentasjon av årsaker til dødelighet og destruering i settefiskfasen. Dette kan gjøres ved å utvikle en kategoriseringsprotokoll av dødelighetsårsaker tilpasset rognkjeks, der underliggende årsaker vil brukes som hovedvariabel ved registrering av dødelighet og tap. Ved å avdekke underliggende årsaker kan man videre arbeide mer målrettet mot å identifisere de riktige tiltakene for bedre overlevelse og velferd. Dette igjen vil være avgjørende for å kunne produsere robust rognkjeks som kan prestere godt som lusespiser i merd.

Referanser AP1.1

- Ahrens, W. H., Cox, D. J. & Budhwar, G. (1990). Use of the arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. *Weed Science*, 38 (4-5), 452–458.
- Amundsen, V. S. & Størkersen, K. V. (2019). Rensefiskoppdrett 2019. *Resultat av spørreundersøkelse til rensefiskoppdrettere [Cleaner-fish farming 2019. Results from a survey to cleaner-fish farmers]*. NTNU Samfunnsforskning. ISBN/ISSN, 978–82.
- Aunsmo, A., Persson, D., Romstad, S., Stormoen, M. & Midtlyng, P. (2021). Registrering av taps- og dødsårsaker i akvakultur. Forslag til enhetlig kodestruktur. *NMBU Veterinærhøgskolen, Ås*. ISBN 978-82-575-1840-0.
- Boissonnot, L., Austad, M., Karlsen, C., Reynolds, P., Stensby-Skjærvik, S. & Imsland, A. (2022). Oppfølging av rognkjeks i settefiskfasen-Håndbok. <https://aqua-kompetanse.no/rognkjeksoppfølging/>
- Brooker, A. J., Papadopoulou, A., Gutierrez, C., Rey, S., Davie, A. & Migaud, H. (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record*, 183 (12), 383–383. <https://doi.org/10.1136/vr.104966>
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J., Trengereid, H. & Oppedal, F. (2020). Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. *Aquaculture*, 520, 734934.
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J. & Oppedal, F. (2018). Assessment of long-term implementation of sea lice prevention technologies: efficiency in reducing infestations and impact on fish welfare.
- Campbell, P., Pottinger, T. & Sumpter, J. (1994). Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120 (1-2), 151–169.
- Fiskeridirektoratet. (2022). Akvakulturstatistikk: rensefisk. Hentet 21. januar 2022, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Talloganalyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Geitung, L., Wright, D. W., Oppedal, F., Stien, L. H., Vågseth, T. & Madaro, A. (2020). Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn-winter production. *Aquaculture*, 528, 735623.
- Grøntvedt, R. N., Kristoffersen, A. B. & Jansen, P. A. (2018). Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture*, 495, 865–872.
- Imsland, A. K. D., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Stefansson, S. O., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., Urskog, T. C., Nytrø, A. V. & Reynolds, P. (2018). The effect of continuous light and compressed photoperiods on growth and maturation in lumpfish *Cyclopterus lumpus*. *Aquaculture*, 485, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.053>
- Jonassen, T. M., Hamadi, M., Remø, S. C. & Waagbø, R. (2017). An epidemiological study of cataracts in wild and farmed lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) and the relation to nutrition. *Journal of Fish Diseases*, 40 (12), 1903–1914. <https://doi.org/10.1111/jfd.12664>
- Jonassen, T. M., Lein, I. & Nytrø, A. V. (2018). Hatchery management of lumpfish. I J. W. Treasurer (Red.), *Cleaner fish biology and aquaculture applications* (1. utg., s. 122–146). 5M Publications.
- Lê, S., Josse, J. & Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25 (1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Mattilsynet. (2020). Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 VELFERD HOS RENSEFISK.
- McCormick, M. I. (1998). Behaviorally induced maternal stress in a fish influences progeny quality by a hormonal mechanism. *Ecology*, 79 (6), 1873–1883.
- Mortensen, S., Halvorsen, K. T., Skiftesvik, A. B., Durif, C., Stien, L. H., Jansson, E., Quintela, M., Sandlund, N., Nedreaas, K., Jørgensen, T., Stockhausen, H. H., Korsnes, K., Fyllingen, I., Bysheim, H., Reynolds, P., Faust, E., Wennhage, H., André, C., Møller, P. R., ... Henly, L. (2021). *Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture - Challenges and opportunities*. Nordic Council of Ministers. 10.6027/temanord2021-545
- Nilsen, A., Viljugrein, H., Røsæg, M. V. & Colquhoun, D. (2014). Rensefiskhelse-kartlegging av dødelighet og dødelighetsårsaker. *Veterinærinstituttets rapportserie*, 12, 74.

- Nytrø, A. V., Vikingstad, E., Foss, A., Hangstad, T. A., Reynolds, P., Eliassen, G., Elvegård, T. A., Falk-Petersen, I.-B. & Imsland, A. K. (2014). The effect of temperature and fish size on growth of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) *Aquaculture*, 434, 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.07.028>
- Powell, A., Pooley, C., Scolamacchia, M. & Garcia de Leaniz, C. (2018). Review of lumpfish biology.
- R Core Team. (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-prosjekt.org/>
- Ringnér, M. (2008). What is principal component analysis? *Nature biotechnology*, 26(3), 303–304.
- Skiftesvik, A. B., Bjelland, R. M., Durif, C. M., Johansen, I. S. & Browman, H. I. (2013). Delousing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by cultured vs. wild ballan wrasse (*Labrus bergylta*). *Aquaculture*, 402, 113–118.
- Sommerset, I., Jensen, B. B., Bornø, B., Haukaas, A. & Brun, E. (2021). *Fiskehelse rapporten 2020* (tekn. rapp. 41a/2021). Veterinærinstituttet. www.vetinst.no
- Tørud, B., Jensen, B., Gåsnes, S., Grønbech, S. & Gismervik, K. (2019). Dyrevelferd i settefiskproduksjonen - SMÅFISKVEL. *Veterinærinstituttet, Rapport 14 - 2019*, 83.
- Zeileis, A. & Grothendieck, G. (2005). zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*, 14(6), 1–27. <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>

5.2 AP1.2 Effekter av transport og bruk av AQUI-S® på stressrespons og overlevelse hos berggylt og rognkjeks

I DOKUMENTAR er et av delmålene å finne årsakene til dødelighet hos rensefisk i settefiskfasen. Som del av dette ble det undersøkt hvordan ulike metoder og praksis ved transport med bil fra yngelanlegg til settefiskanlegg påvirker velferd og dødelighet av oppdrettet berggylt. En viktig del var også å undersøke betydningen av sedasjon med AQUI-S® i sammenheng med transport. I tillegg sammenfattes data fra tidligere nevnte FHF prosjekter på transport av både rognkjeks og berggylt. For å kunne sammenlikne med resultatene fra DOKUMENTAR, begrenser sammenstillingen seg til delen som har gått i lukket transport.

5.2.1 Berggylt

5.3.4.1 Material og metode

Prøvetakning og transportforhold

Transportforhold, velferd og overlevelse i settefiskfasen ble undersøkt gjennom oppfølging av 14 kommersielle berggylt transportert med bil fra to ulike yngelanlegg til et påvekstanlegg. Disse transportene ble sammenlignet med to transportert fra Jonassens m.fl (2019) sin studie som gikk fra påvekstanlegg til matfiskanlegg i sjø i lukkede transportert, først med bil og deretter med båt. De 14 kommersielle transportene i DOUMENTAR gikk mellom gjennomstrømningsanlegg. I studiet til Jonassens m.fl. ble fisken transportert fra et settefiskanlegg med RAS teknologi og et med gjennomstrømnings teknologi (inngående beskrevet i Jonassen m. fl. (2019). Transportbetingelsene er oppgitt i Tabell 2.

Transportene ble gjennomført med to biler som hadde 10 og 12 tanker hver. Ved ankomst til påvekstanlegget ble fisk fra hver transport holdt i separate tanker i 4 uker og dødelighet ble registrert daglig. For å undersøke betydningen av sedasjon med AQUI-S® i sammenheng med transport ble AQUI-S® brukt både under opplasting og transport i fire transportert, kun under transport to transportert. Åtte transportert gikk helt uten AQUI-S® behandling, Tabell 2. Blodprøver for kortisolanalyse ble tatt dagen før transport (basal nivåer) ved at sirka 30 fisk ble håvet opp fra hvert kar som skulle transporteres. Fisken ble avlivet med en letaldose av finquel løsning (0.5 g l⁻¹). Ved ankomst til påvekstanlegg ble det tatt blodprøver fra fem individer fra 6 av de 12 tankene i transport bilen med samme metode som før transport. Blodprøvene ble tatt ved at halefinnen kliptes av og blodet ble samlet opp med hjelp av kapillærkraften i mikro-hematokritrør. For å separere blodplasmaet ble rørene sentrifugert i 8 min (12 000 RPM). Plasmaet ble fryst på tørris og siden oppbevart ved -80 °C til analysene ble gjennomført. I tillegg ble det tatt vann prøver (1 L) fra fire av tankene på transportbilene. Vannprøvene ble frosset og lagret ved -20 °C frem til analyse av kortisol.

Tabell 2. Transportbetingelser før berggylt i DOKUMENTAR og Jonassen m. fl. (2019)

	Dokumentar														Jonassen m.fl. (2019)	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Transport																
Behandling	I	I	II	I	I	II	II	II	II	II	III	III	II	II	-	-
Transporttid (timer)	16,25	19,50	16,25	17,25	15,25	20,75	17,50	18,50	15,25	12,50	12,45	15,50	-	15,00	8,00	10,00
Fiskestrørrørelse (g)	2,6	1,7	1,8	2	2,2	1,5	2	1,7	2,2	2,3	2,5	2,5	3	3	50	52
tankvolum (m ³)	1	1	1	1	1	1	1	1	1,2	1	1,2	1	1,2	1	2	2
Tetthet (kg m ⁻³)	29,3	19,8	13,4	12,6	19,8	12,6	19,6	10,8	28,8	21,1	26,4	25	-	-	32	41
Temp (min-maks)	12,1-13,1	11,8-13,1	11,8-13,3	12,2-13,3	11,8-13,6	11,2-12,5	11,4-12,5	11,4-14	11,9-13,5	14-	12,6-13,9	14,5-14,7	-	12,4-14,5	10-11,6	12,2-14,5
pH (min-maks)	6,9-7,6	6,9-7,7	7,1-7,9	6,7-8,1	7,2-7,4	7,3-7,9	7,3-7,5	7,3-7,5	7,2-7,5	-	6,7-7,5	-	-	7,2-7,4	-	7,1-7,7
Oxygen (min-maks; %)	107-122	107-132	105-138	106-132	103-117	102-121	106-123	92-128	101-128	85-143	104-135	92-141	-	104-128	100-105	101-105

Behandlinger: I) AQUI-S® under lastning og transport, II) Ikke AQUI-S® og III) AQUI-S® under transport.

Analyse av plasma og kortisol i transport vann

Plasma kortisol analysertes i prøver tatt fra en transport der fisken behandledes med AQUI-S® under lastning og transport (transport T1 i Tabell 2) og en transport der fisken ikke ble behandlet med AQUI-S® (transport T3 i Tabell 2). For å få tilstrekkelig mengde plasma til kortisol analyser så ble flere individprøver fra hver prøvetakning slått sammen. Dette ble gjort gjennom at den prøvetatte populasjonen ble delt opp 3 størrelsesfraksjoner basert på vekt (liten, mellom og stor). 2 µl plasma fra hvert individ i størrelsesklassen ble samlet i et eppendorfrør. Konsentrasjon av kortisol i plasma ble målt ved hjelp av et kommersielt enzymbundet immunologisk analysekit (ELISA) (DetectX®, Arbor Assays™). Metoden ble utført i henhold til leverandørens protokoll. Deteksjonsgrense for kitet er 0,05 ng kortisol/mL.

Analysemetoden for kortisol i vannprøver var basert på metoden beskrevet av (McWhinney m. fl., 2010) Vannprøver ble tilsatt 10 ng intern standard (kortisol d4) for å korrigere for matriks effekter, ekstraksjonsvolum og eventuelle instrumentelle variasjoner. Vannprøvene ble oppkonsentrert på 200 mg HLB fastfase kolonner (Waters, Milford, USA). Omtrent 2-300 ml prøve ble satt på HLB kolonnene som deretter ble vasket med 3 ml vann etterfulgt av 3 ml 20 % metanol (i vann) før kortisol ble eluert av kolonnen med 5 ml etylacetat. Etylacetat ekstraktet ble dampet til tørrhet under nitrogen ved 50°C og gjenoppløst i 0,2 ml 40% metanol med 5 mmol/L ammonium format og 0.1% maursyre. Prøven ble analysert på en BEH C8 kolonne (Waters, Milford, USA) med en mobilfase gradient bestående av 5 mmol/L ammonium format and 0.1% maursyre i vann og metanol. Kortisol konsentrasjonen ble målt med et tandem massespektrometer (MSMS) (Waters TQ-S, Milford, USA) og masseovergangene (MRM); 407.1>331.05, 407.1>331.1 for kortisol og 411.1>335.05, 411.1>335.1 for kortisol d4 (IS) ble benyttet. Kvantifisering ble utført ved hjelp av responsfaktor ($C_{\text{cortisol}}/C_{\text{is}}$) beregnet fra en 6 punkts standardkurve fra 0,05 til 10 ng/ml. Prøvene ble analysert i grupper (15-20 stk) med en blank kontroll og en standard tilsetningsprøve. Deteksjon av tilsatt kortisol var typisk 95-100 % mens LOD er estimert til 0,1 ng/L basert på 3 ganger signal til støy i standard tilsetningsprøver.

5.3.4.2 Kortisol utskillingshastighet

Kortisol i ukunjugert form utskilles til vann gjennom gjellenene og er det tidligere vist at ubunden kortisol i vann er direkte relatert til kortisol konsentrasjon i blodet hos fisk (Scott & Ellis, 2007). På grunnlag av dette så har utskillingshastighet av kortisol fra fisken til vann blitt brukt som en stress indikator i kommersielle oppdrettsanlegg (Höglund et al. 2022). I transportene mellom yngelanlegg til påvekstanlegg ble utskillingshastighet av kortisol beregnet med formelen:

Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)

$([\text{Kortisol}_{\text{transport slutt}}] - [\text{Kortisol}_{\text{transport start}}]) / (\text{biomasse}_{\text{tank}} * \text{transport tid})$

$[\text{Kortisol}_{\text{transport start}}]$ er kortisol konsentrasjonen i transporttanken ved transport start og $[\text{Kortisol}_{\text{transport slutt}}]$ er kortisol konsentrasjonen i tanken ved transport slut. $\text{Biomasse}_{\text{tank}}$ er biomassen av fisken i transporttanken og transporttid er tid mellom lasting og lossing av fisken. $[\text{Kortisol}_{\text{transport start}}]$ var under deteksjonsgrensen før analyse metoden ($0.1 \mu\text{g L}^{-1}$) og sattes til 0. Kortisol konsentrasjonen etter transport varierte mellom $50\text{-}345 \mu\text{g L}^{-1}$.

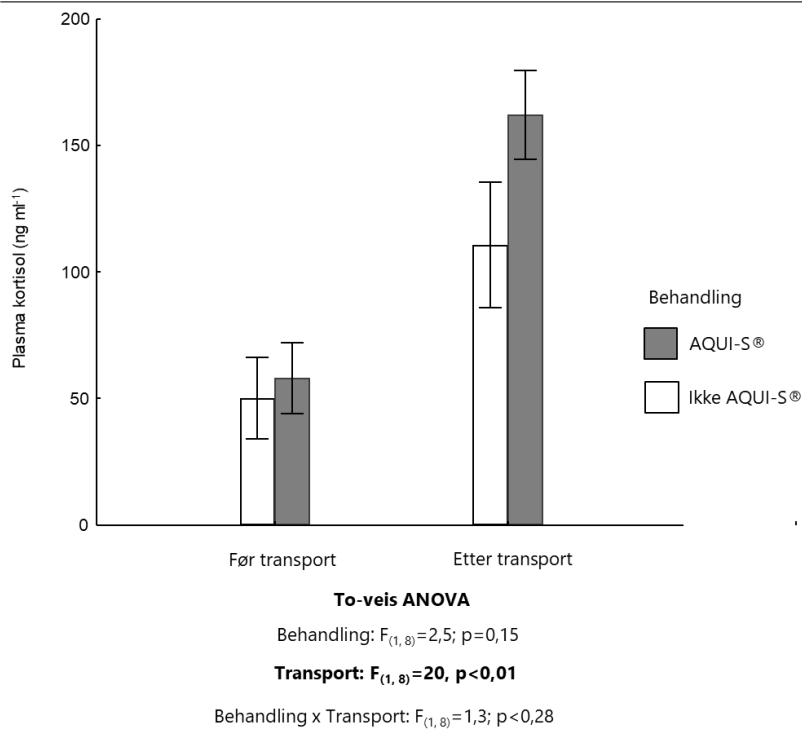
5.3.4.3 Statistiske metoder

Alle verdier er presentert som middelværdi \pm standard feil om ikke annet angis. Effekten av transportsedasjon på plasma kortisol ble analysert med en to-veis variansanalyse (to-vei ANOVA) med transportbehandling (AQUI-S® under lastning-transport og ikke Aqui S behandling) og transport som uavhengige faktorer. Dødelighet etter transport ble analysert med variansanalyse for repetert prøvetakning (repeated measure ANOVA). Effektene av fiskestørrelse og transportbehandling på kortisolutskillingshastighet og dødelighet 25 dager etter transport ble undersøkt med ANCOVA:er (variensanalyser) med transportbehandling (Aqui S under lastning-transport og ikke Aqui S behandling) som uavhengig faktorer og middelstørrelsen av den transporterte fisken som kontinuerlig avhengig faktor. De to transportene hvor det kun ble brukt Aqui S under transport ble ikke tatt med i analysene på grunn av lav statistisk sikkerhet ($n=2$). $P<0.05$ ble satt som grenseverdi for statistisk signifikans.

5.2.2 Resultater

5.3.4.4 Plasma kortisol

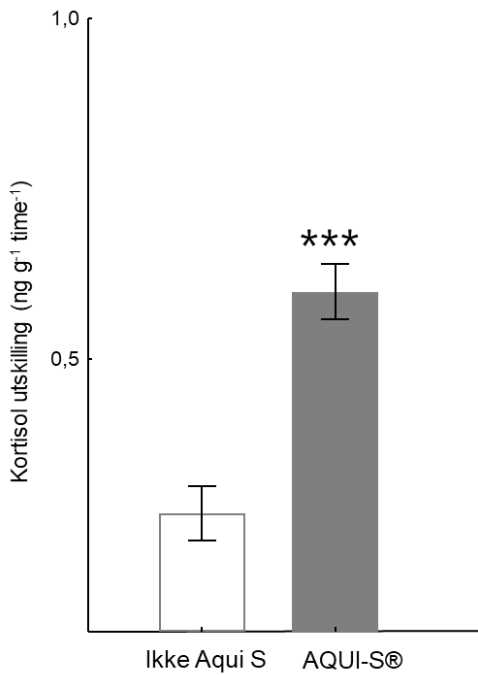
I DOKUMENTAR så var det en generell økning i plasma kortisol etter transport ($P<0,01$). Det var ikke noen signifikant forskjell i plasma kortisol før eller etter transport mellom fisk som ble sedert med AQUI-S® og fiske som ble transportert uten AQUI-S® behandling ($P<0,15$), Figur 8.



Figur 8. Plasma kortisol fra berggyllt før og etter transport mellom yngel- og påvekst-anlegg. Fisken ble behandlet med AQUI-S® under lastning og transport (transport T1 i tabell 2) eller ikke behandlet med AQUI-S® (transport T3 i tabell 2).

5.3.4.5 Kortisol utskillingshastighet

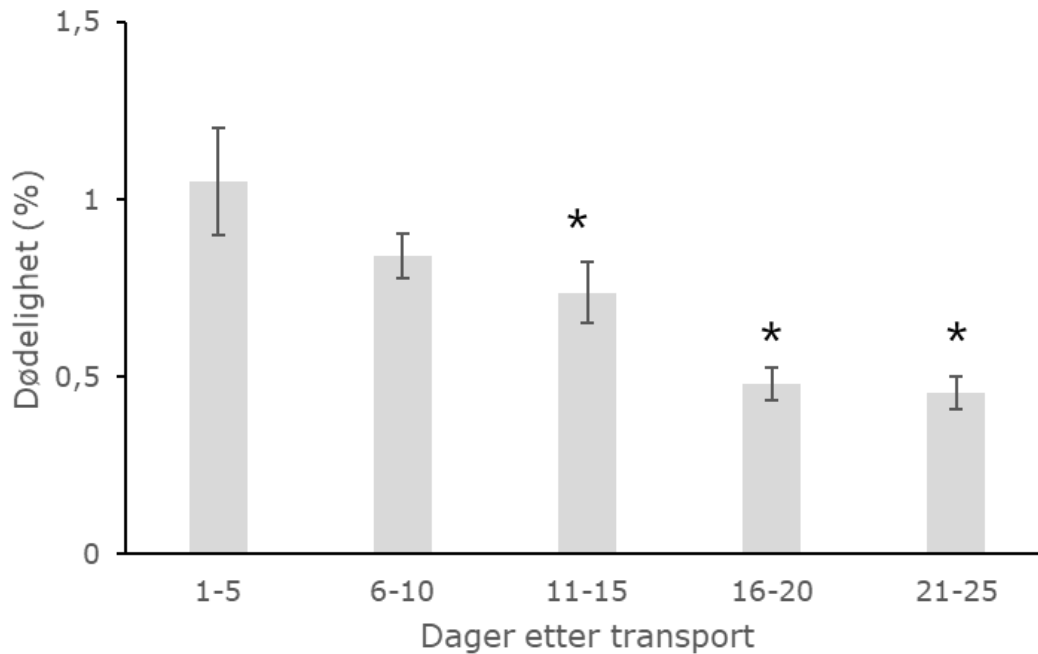
AQUI-S® behandling under lastning og transport resulterte i en signifikant høyere kortisol utskillingshastighet sammenliknet med de transporter der fisken ikke ble behandlet med AQUI-S® (ANCOVA; $F_{(1, 7)}=49$, $P=0,001$, Figur 9. Det var ikke noen signifikant effekt av fiskestørrelse ved transport på kortisol utskillingshastighet (ANCOVA, $p<0,06$).



Figur 9. Kortisol utskillingshastighet til vann hos berggylt som ble transportert mellom yngel- og påvekst- anlegg. En gruppe (n=4; T1,T2,T4 og T5 i tabell 2) ble behandlet med AQUI-S® under lastning og transport og en gruppe ble ikke behandlet ikke med AQUI-S® (n=8; T3, T6-T10, T13 og T14). For betingelser under transport se tabell 2. Tre asterisker markerer en signifikans nivå på $p < 0.001$.

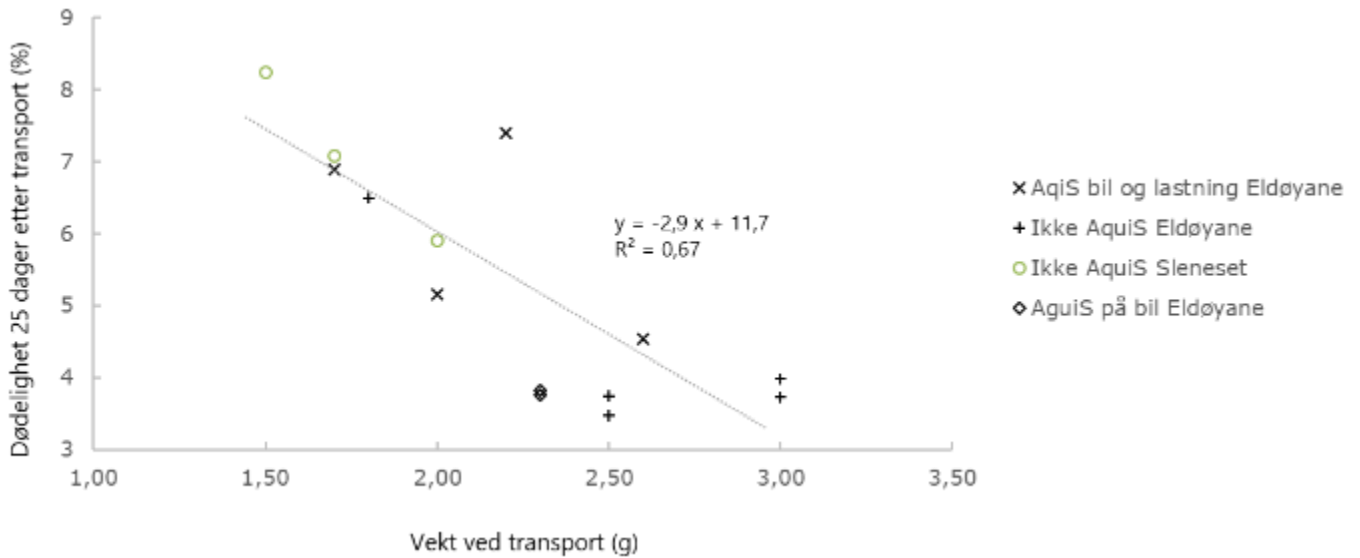
5.3.4.6 Dødelighet

Dødeligheten var generelt høyest de første 5 dagene etter transport, deretter minket den (Repeated measure ANOVA; $F_{(4, 52)}=15$, $p < 0,001$), og etter 15 dager var den signifikant mindre sammenlignet med tidligere verdier ($P < 0.05$), Figur 10.



Figur 10. Akkumulert dødelighet i femdagers perioder hos berggylt etter transport (T1-T14 i Tabell 2) mellom yngel- og påvekst-anlegg. Fisken fra var transport be holdt i separate tanker på påvekstanlegget i 4 uker. Dødelighet ble registret daglig. For betingelser under transport se tabell 1. En asterisk markerer en signifikant ($p < 0.05$) forskjell mot de første 5 dagers perioden etter transport.

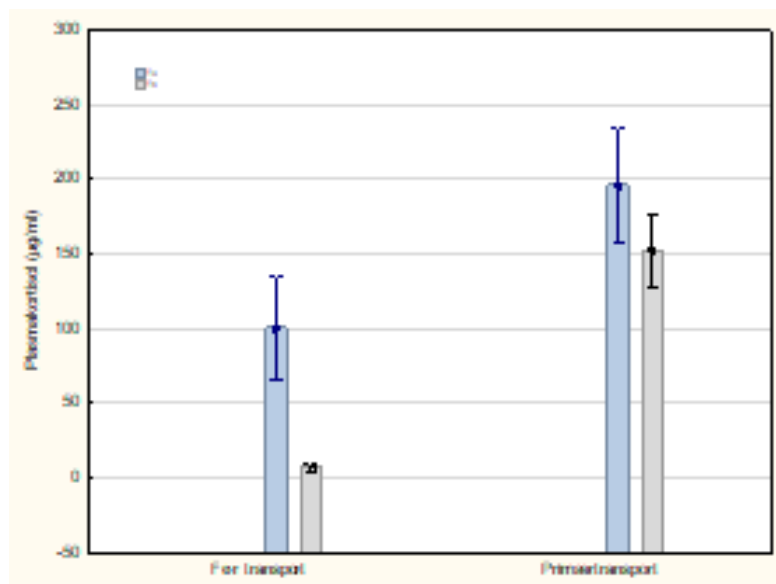
Det var ikke noe signifikant forskjell på overlevelse 25 dager etter transport mellom fisker som ble behandlet med Aquis under lasting og transport og ubehandlet fisk (ANCOVA; $F_{(1, 9)} = 0,13$, $p < 0,72$). Det var et signifikant negativt forhold mellom størrelse ved transport og dødelighet etter 25 dager etter transport hvormindre fisk hadde høyere dødelighet (ANCOVA; $F_{(1, 9)} = 25$, $p < 0,001$), Figur 11).



Figur 11. Relasjon mellom dødelighet 25 dager etter transport og størrelse ved transport mellom yngel og påvekst anlegg. Fisken fra hver transport ble holdt i separate tanker på påvekstanlegget der dødelighet ble registrert daglig.

5.2.3 Diskusjon

I likhet med resultatene i *DOKUMENTAR* så økte kortisolnivåene etter lukket transport med bil i Johanssen m. fl (2019) sin studie, Figur 12.



Figur 12. Plasma kortisol før og etter lukket transport på bil fra påvekstanlegg til båt for utsetting på sjø. For transport betingelser se tabell 2.

I nevnte studie så hadde de fiskene som ble transporterte fra RAS anlegg høyere plasma kortisol nivåer før transport enn de som kom fra et tradisjonelt anlegg (tabell 1), men man kunne ikke konkludere hvorvidt denne forskjellen i kortisolnivå før transport var relatert til sampling stress eller reelle forskjeller i oppdretts anleggene. Basalverdier i *DOKUMENTAR* før transport lå mellom basalverdiene

for de to transportene i Johanssen m. fl. (2019). Andre studier viser at berggylt i oppdrett kan ha lignende basale plasma kortisol verdier som I vår studie (rundt 40-60 ng ml⁻¹) (Espmark et al. 2019). Det noteres at prøvetakningsmetodikken påvirker plasmakortisol verdiene og at dette kan bidra til forskjeller mellom de to prøvetakingstilfellene i Jonassen m.fl. sin studie. I DOKUMENTAR ble fisken fanget inn med håv og fisken ble direkte overført til bedøvningsløsning i 0.5 g/l finquel løsning, en metodikk som tidligere har vist seg å ikke påvirke plasma kortisol nevneverdig (Cho and Heath 2000, Laursen m. fl., 2016).

I DOKUMENTAR viser vi at mortaliteten er høyest de første 5 dagene etter transport (rundt 1 %). Deretter minker mortaliteten og etter 25 dager er den akkumulerte mortaliteten rundt 4 %. Jonassen m.fl. (2019) viste liknede mortalitetsverdier etter utsett i sjø; den akkumulerte dødeligheten var mellom 1,1-1,3% syv dager etter utsett og mellom 4,4-5,8% 1 måned etter utsett fra de transportene som først har gått med bil og en sekundær transport med brønnbåt. Jonassen m.fl. (2019) poengterer også at for berggylt har forholdene på lokaliteten en større betydning for overlevelse enn transportstresset. I vår studie er sannsynligvis den forhøyede mortaliteten de fem første dagn relatert til transport.

Det var en sterk sammenheng mellom størrelse ved transport og akkumulert dødelighet 25 dager etter transport. Ved yngel vekter over 2,2 g var dødeligheten relativ lav og varierte mellom 3,5 og 4,6 %. ved transport av mindre fisk (1,4-2.2 g) var dødeligheten høyere og varierte mellom 5,5 og 8.3 %. Så vidt vi vet har ikke effekten av størrelse ved transport på stressrespons og dødelighet blitt studert tidligere for berggylt. Hos rognkjeks har det blitt rapportert en tendens til høyere plasmakortisol etter primærtransporten (Jonassen m.fl. 2017), men det gikk ikke an å konkludere med at transportstørrelse har en effekt på overlevelse etter utsett hos rognkjeks.

Jonassen m.fl. (2019) konkluderte at berggylt er følsom for stress påført i kar i forbindelse med klargjøring for transport, som kan være knyttet til nedtapping av kar og trenging. Det er også vist for laks at operasjoner i forkant av transporten, slik som trenging og pumping, er mer stressende enn selve transporten (Nomura et al. 2009). Det er mulig at disse stressorer har større innvirkning på små yngel og at det er dette som er årsaken bak den forhøyede dødeligheten hos små yngel i vår studie.

I vår studie så varierte kortisolutskillingshastigheten til vann mellom 0.15 til 0.6 ng g⁻¹ h⁻¹. Laboratoriestudier av regnbueørret og laks viser at den kan øke fra 0.01 til verdier opp til 0.6-7 ng g⁻¹ h⁻¹ ved stress (Ellis m. fl. 2007). I vår studie var det ikke en signifikant sammenheng mellom kortisolutskillingshastighet og fiskestørrelse ved transport. Dette støtter ikke at den observerte høyere dødeligheten hos fiske som transporterts ved en mindre størrelse skulle være relatert til en høyere stressfølsomhet.

Sedasjon med AQUI-S® gav høyere kortisolutskillingshastighet sammenlignet med de transporter som gikk uten sedasjonsmiddel. Det har tidligere vist seg at dyp bedøvelse med AQUI-S® og andre kløverolje baserte midler har en stressreducerende effekt (Iversen m. fl., 2003). På den andre siden er det studier som viser forhøyede plasma kortisol konsentrasjoner ved lett sedasjon (som ved transport) med disse midler (Jerez-Cepa m. fl., 2020). Forhøyede kortisol verdier ved sedasjon med AQUI-S® rapportertes også fra FHF prosjektet «Utvikling av transport- og mottaksprosedyrer for rognkjeks basert på kartlegging av miljø og stress», se nedenfor. I vår studie var det en ikke signifikant trend til at de AQUI-S® behandlede fiskene hadde høyere plasma kortisol verdier etter transport. Sammen med den økte kortisolutskillingshastigheten i de AQUI-S® behandlede fiskene styrker dette at AQUI-S® leder til en aktivering av de fysiologiske stress responsen. AQUI-S® påvirket ikke den akkumulerte dødeligheten 25 dager etter transport dette indikerer at denne typen av transportsedasjon ikke har noen negative konsekvenser for tilpasning og overlevelse i påvekstanlegg hos berggylt. At kortisol

utskillingshastighet viser samme mønster som tidligere studier på effekten av AQUI-S® under transport på primære stressresponser styrker at kortisol konsentrasjonen i vann kan brukes som en ikke-invasiv velferdsindikator med minimal forstyrrelse av fisken. Denne metode er spesielt nyttig for å dokumentere stress under lukkede transporter da kortisol akkumuleres i vannet.

5.2.4 Rognkjeks

Det finns mer dokumentasjon av transport forhold og effekter på velferd for rognkjeks sammenlignet med berggyllt. I FHF prosjektet «Utvikling av transport- og mottaksprosedyrer for rognkjeks basert på kartlegging av miljø og stress» ble totalt 15 kommersielle transporter av liten rognkjeks (18-64 g) for utsett i merd med laks fulgt opp i perioden oktober 2015 til september 2016 (Remen og Jonassen 2017). Ytterligere 4 rognkjeks transporter er dokumentert i Jonassen m.fl. (2019). Denne studien har også fulgt opp fisken etter utsett i sjø, med fisk fra samme yngelanlegg satt ut på to ulike matfisk lokaliteter. For å kunne sammenligne med *DOKUMENTAR* er kun resultatene fra de transportene som har gått lukket i bil (primærtransporten) sammenfattet og diskutert.

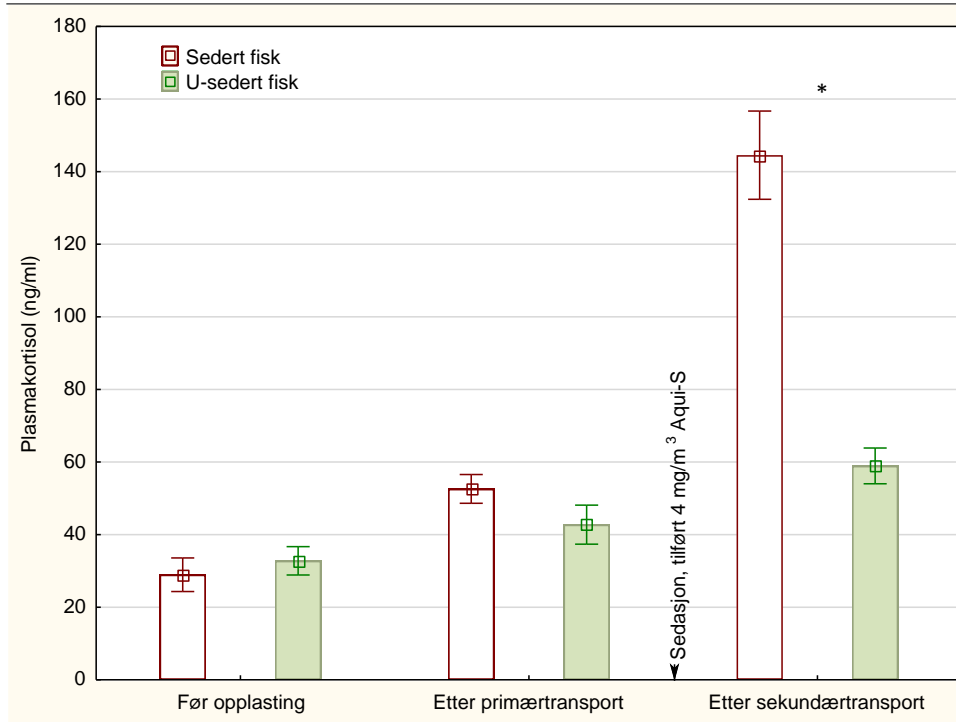
Transportforholdene fra begge prosjektene er sammenfattet i Tabell 3. Fiskestrørrelsen ved transport til merd variere mellom 18,6-53g og fisketettheten mellom 20-47 kg/m³. Det er også stor variasjon i transporttiden på bil hvor den korteste transporten er 8 timer og den lengste er på 28 timer.

Tabell 3. Sammenfatter detaljer fra ulike transporter på rognkjeks.

Behandling	Remen og Jonassen 2017										Jonassen m.fl. (2019)			
	I	II	I	-	-	II	I	II	I	-	I	-	-	-
Transporttid (timer)	15,00	14,00	13,50	22,00	28,00	21,00	18,00	18,00	8,00	13,00	14,00	15,00	14,00	10,00
Fiskestrørrelse (g)	40	30	40	24	27	48,5	31	50	43	18,6	39	53	30	31
tankvolum (m ³)	2	2	2	2,3	2,3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tetthet (kg m ⁻³)	32	36	35	29	29	46	20	35	23	35	44	47	34	27
Temp (start-slutt)	9,9-9,9	10,6-9,5	9,6-6,9	8,1-3,3	5,5-4,4	7,3-7,4	7,6-9,6	7,6-10,8	7,3-9,2	8-7,9	10,5-10,5	9-11,9	7-7,5	7-5,7
pH (start-slutt)	7,9-7,2	7,3-6,9	7,5-7,4	7,4-7,1	7,5-7,2	-7,7	-7,4	-7,3	-7,5	-7,5	-7,1	-6,7	-7,4	8,1-7,4
Oxygen (Start-slutt; %)	109-106	120-120	90-100	130-109	105-105	-117	100-105	85-104	-100	-	100-105	90-115	120-104	120-107

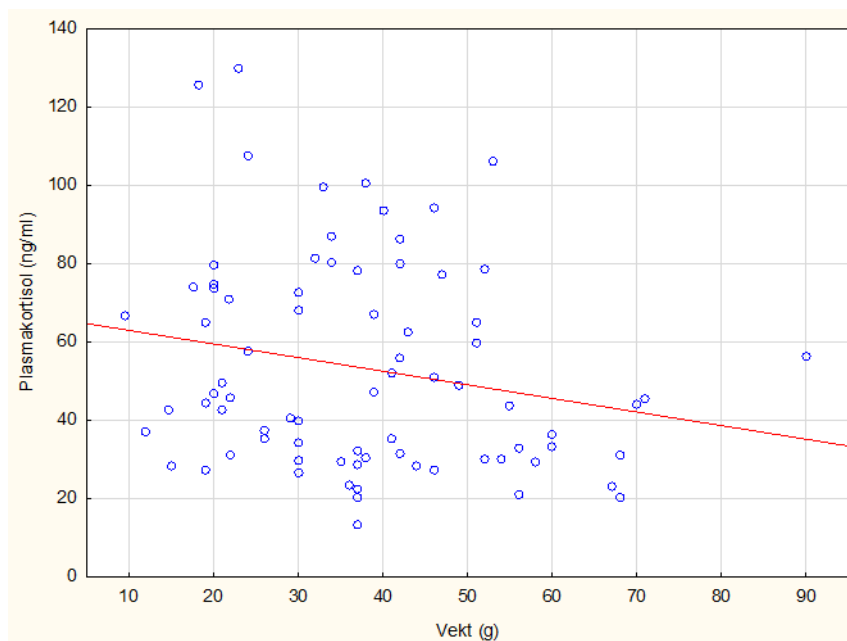
Behandlinger: I) AQUI-S® ved omlasting fra bil til båtlastning og transport, II) Ikke AQUI-S®

Generelt var det en økning i plasmakortisol utover i transportforløpet (Figur 13). Etter sekundærtransporten var det en tredobling av kortisolnivåene sammenlignet med før opplasting for de fleste transportene. Jonassen m.fl., 2019 sin studie viste at transport med et stort dropp i temperatur skiller seg ut med en høyere oppgang i kortisolnivåer. Studien viser også negativ sammenheng mellom tiden det tar å senke plasma kortisol nivåene etter transport og temperatur. Andre studier viser at lav temperatur i seg selv kan være en stressfaktor hos fisk (Sæther, 2005), men akklimeringshastigheten kan også være direkte respons på effekten temperatur har på regulering av hastigheten på fysiologiske prosesser (Jobling, 1979).



Figur 13. Utvikling i gjennomsnittlig stressnivå (plasmakortisol) på rognkjeks utsatt for AQUI-S® under overføring til sekundærtransport.

Remen og Jonassen (2017) viser også, med unntak av en transport, en tendens til en negativ sammenheng mellom fiskestørrelse og plasmakortisol etter biltransporten. De poengterte at det trengs mer data for å kunne konkludere med at fiskens størrelse har en effekt på stress.



Figur 14. Størrelsesrelatert stressrespons målt som plasmakortisol hos rognkjeks under primærtransport (n = 78, $r^2 = 0,0442$, $p < 0,065$).

Det er ikke dokumentert bruk av sedasjon under primær transportene med bil for rognkjeks. Derimot ble det brukt AQUI-S® (4 mg/L, aktiv substans isoeugenol) i forbindelse med omlastingen fra bil til båt for noen av transportene for å unngå at rognkjeksen festet seg på karvegger og i transportslangen under omlasting. Sammenligning av plasmakortisolkonsentrasjon etter sekundærtransporter med og uten AQUI-S® viste signifikant høyere verdier på sedert fisk sammenlignet med usedert fisk. Uttesting av AQUI-S® (5 mg/L) som sedasjonsmiddel på rognkjeks (Iversen 2016) har vist at AQUI-S® i seg selv gir en forhøyet plasmakortisol sammenlignet med en kontrollgruppe så lenge som 72 timer etter behandling. Om dette kan ha negative konsekvenser for tilpasning og overlevelse i merd bør undersøkes nærmere.

I tillegg til å følge opp transporter utførte Remen og Jonassen (2017) et kontrollert tankforsøk for å undersøke effekten av fisketetthet og temperatur ved transporter. Forsøkene viste at rognkjeksa var følsom for høy fisketetthet, men så ut til å tåle moderate variasjoner i transporttid (8-20t), temperatur (8-12°C), oksygenmetning (100-150% O₂) og størrelse (30- 60 g) uten nevneverdige endringer i fysiologisk stressrespons.

Remen og Jonassen (2017) rapporterte akkumulert dødelighet 30 dager etter utsetting for 9 av sjøanleggene. Dødeligheten varierte fra 1,6-21%, og forfatterne presiserer at det er vanskelig ut ifra materialet og se noe sammenheng mellom eventuelt kronisk stress og tilvenningsproblemer i sjø som fører til økt dødelighet, men fisk med høyst stressnivå etter en uke i merd hadde høyest akkumulert dødelighet etter 3 mnd. I de to transportene utført av Jonassen m.fl (2019) var det stor variasjon, og forfatteren beskriver svært ulike miljøpåvirkninger på de to lokalitetene (strøm, notvask etc.), som kan påvirke den akkumulerte dødeligheten.

5.2.5 Konklusjoner

5.3.4.7 Berggyllt

Dødeligheten etter transport mellom yngelanlegg og påvekst anlegg på land var på samme nivå som tidligere rapportert ved transport og utsetting i sjø. Forholdet mellom fiskestørrelse ved transport og dødelighet 25 dager etter transport tyder på at transporter av fisk over 2.2 g gir en betydelig bedre overlevelse.

At behandling under lastning og transport AQUI-S® gav høyere kortisol utskillingshastighet til vannet i transport tankene er i tråd med andre studier som viser en aktivering av stressresponsen ved sedasjon med AQUI-S®. Dette viser at kortisolkonsentrasjonen i vann kan brukes som en ikke-invasiv indikator av stress og velferd med minimal forstyrrelse av fisken. En metode som er spesielt nyttig for å dokumentere stress under lukkede transporter da kortisol akkumuleres i vannet.

At vi ikke kunne dokumenter noen effekter av AQUI-S® behandling 25 dager etter behandling indikerer at de forhøyede stressnivåene som oppstår ved bruk av dette sedasjonsmiddelet under transport hverken har negative eller positive konsekvenser for fisken. Dette reiser også spørsmål til bruken av AQUI-S® som et middel for å redusere transportstress.

5.3.4.8 Rognkjeks

Som hos berggylt så resulterer transport i en generell økning i plasma kortisol og sedasjon med AQUI-S® induserer forhøyede kortisol nivåer hos fisken.

Kontrollerte forsøk der stress responsen til ulike transportforhold målt viste at rognkjeks tolererer moderat variasjon i fiskestørrelse (30-60 g), oksygen metning (100-150 %), temperatur (8-12 C°) og transporttid (8-20 t), men at fisketettheter ved transport på 60 kg m⁻³ resulterte i høyre plasma kortisol nivåer en 30 kg m⁻³.

Større individer av rognkjeks hadde en tendens til lavere kortisol nivåer etter transport. Dette kan tyde på at de er mer tolerante for transport.

Det var ikke noen klart sammenheng mellom transport stress og dødelighet etter sjø-utsett. Muligens kan de store variasjonene i miljø (temperatur, strømforhold etc.) mellom anleggene være underliggende faktorer som kan forklare spredningen i dødelighet (1.6-21 %) 30 dager etter sjø-utsett.

Referanser AP1.2

- Cho, G.K. and Heath, D.D. (2000), Comparison of tricaine methanesulphonate (MS222) and clove oil anaesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 31: 537-546.
- Ellis, T., James, J. D., Sundh, H., Fridell, F., Sundell, K., & Scott, A. P. (2007). Non-invasive measurement of cortisol and melatonin in tanks stocked with seawater Atlantic salmon. *Aquaculture*, 272(1-4), 698-706.
- Espmark, Å. M. O., Noble, C., Kolarevic, J., Berge, G. M., Aas, G. H., Tuene, S. A., ... & Lein, I. (2019). Velferd hos rensefisk-operative velferdsindikatorer (OVI)-RENSVEL. *Nofima rapportserie*.
- Höglund, E., Fernandes, P., Rojas-Tirado, P., Rundberget, J. T., & Hess-Erga, O. K. (2022). Assessing Stress Resilience After Smolt Transportation by Waterborne Cortisol and Feeding Behavior in a Commercial Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Grow-Out Recirculating Aquaculture System. *Frontiers in Physiology*, 2419.
- Iversen, M., Finstad, B., McKinley, R. S., & Eliassen, R. A. (2003). The efficacy of metomidate, clove oil, AQUI-S™ and Benzoak® as anaesthetics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. *Aquaculture*, 221(1-4), 549-566.
- Jerez-Cepa, I., Fernández-Castro, M., Alameda-López, M., González-Manzano, G., Mancera, J. M., & Ruiz-Jarabo, I. (2021). Transport and recovery of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) sedated with AQUI-S® and etomidate: Effects on intermediary metabolism and osmoregulation. *Aquaculture*, 530, 735745.
- Jobling, M. & Spencer Davies, P. (1979). Gastric evacuation in plaice, *Pleuronectes platessa* L.: effects of temperature and meal size. *Journal of Fish Biology* 14 (6), 539-546.
- Jonassen, T. M. m. fl. (2019). Toleranse for transportstress og miljøovergang hos berggylt og rognkjeks. Akvaplan-niva rapport nr. 9081-1, 62 sider.
- Laursen, D. C., Silva, P. I., Larsen, B. K., & Höglund, E. (2013). High oxygen consumption rates and scale loss indicate elevated aggressive behaviour at low rearing density, while elevated brain serotonergic activity suggests chronic stress at high rearing densities in farmed rainbow trout. *Physiology & behavior*, 122, 147-154.
- McWhinney, B. C., Briscoe, S. E., Ungerer, J. P., & Pretorius, C. J. (2010). Measurement of cortisol, cortisone, prednisolone, dexamethasone and 11-deoxycortisol with ultra high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry: application for plasma, plasma ultrafiltrate, urine and saliva in a routine laboratory. *J. Chromatogr.*
- Nomura, M., Sloman, K. A., Von Keyserlingk, M. A. G., & Farrell, A. P. (2009). Physiology and behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during commercial land and sea transport. *Physiology & behavior*, 96(2), 233-243.
- Remen, M., Jonassen, T.M. (2017). Utvikling av transport- og mottaksprosedyrer for rognkjeks basert på kartlegging av miljø og stress. Akvaplan-niva rapport nr. 7707-1, 74 sider.
- Sæther, B.-S. (2005). Toleranse for temperaturfall hos torsk i settefiskfasen. Potensiell flaskehals i intensiv sesonguavhengig produksjon. NOFIMA, Rapport 14/2005, 24 sider.
- Velferd hos rensefisk – operative velferdsindikatorer (OVI) - RENSVEL

5.3 AP2. Dokumentere dødelighetsårsaker hos berggylt i settefiskfasen

5.3.1 Gjennomføring

Intervjuer med flere av oppdretterne, hovedsakelig de med lengst erfaring, men også nye. Spørsmål ble utarbeidet i samråd med erfarne oppdrettere og basert på egen erfaring.

Rapporten er basert på svarene vi fikk, og beskriver flaskehalsen og utfordringer på veien mot økt produksjon av berggylt. Flaskehalsen i løpet av produksjonen er uløste problemer som ofte medfører en økt dødelighet og/eller en reduksjon i fiskekvalitet.

Denne rapporten baseres på publiserte artikler og rapporter, svar fra spørreundersøkelsen i dette prosjektet og egen erfaring av forfatterne selv (Produksjon av berggylt på Forskningsstasjonen Austevoll, Havforskningsinstituttet).

5.3.2 Bakgrunn

Kommersiell oppdrett av berggylt startet i 2009, og det har tatt tid før flere produsenter kom på banen (**Error! Reference source not found.1**). Produksjon av oppdrettet berggylt har ikke hatt jevn stigning, og lå i 2021 på omtrent 2,6 mill, noe som utgjorde 6,4 % av all rensefisk (rognkjeks, vill leppefisk og oppdrettet berggylt) og 40 % av berggylt totalt (Figur 2).

Det blir også produsert berggylt ved flere anlegg i Skottland, men i denne rapporten vi holder oss til norsk produksjon.

Det er per 2022 gitt 86 tillatelser av Fiskeridirektoratet til å drive oppdrett av berggylt. En stor del av disse er ikke til kommersiell produksjon, men er til forskning, skoler, akvarier o.l. **Error! Reference source not found.1** viser nye tillatelser gitt til kommersielle produsenter fra 2009 til 2022 – totalt 38. Noen selskap har flere tillatelser som kan være til ulike stadier og ulike lokaliteter, og noen er ikke i drift. Flere er i startgropa til å starte opp, eller utvide produksjonen til å innbefatte hele livssyklusen, noe som fører til at følgende tall vil være usikre og i endring: Totalt 16 anlegg regnes som aktive i produksjon av berggylt på det nåværende tidspunkt, herav har 5 stamfisk, 10 startføring av larver (levendefôr) og tørrfôrtilvenning og 16 har påvekst av yngel.

Mye forskning og utvikling på oppdrett av berggylt skjer innad i bedriftene, men det har også vært en god del prosjekter støttet av FHF og NFR (tabell 1).

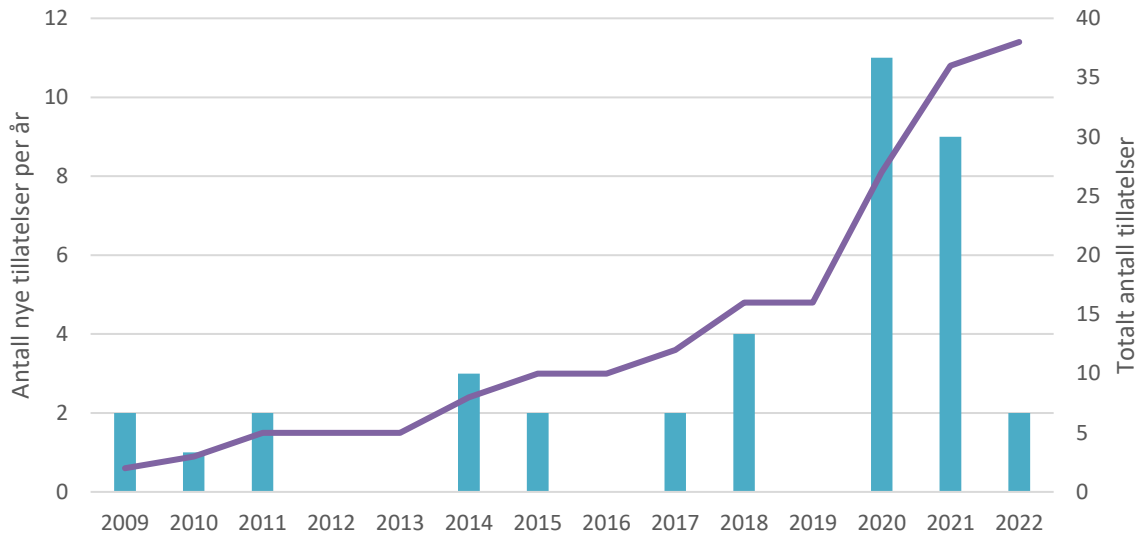
Tabell 1. Rensefiskprosjekt som helt eller delvis omhandler berggylt finansiert av FHF og NFR, ikke komplett liste.

Nr	Financed by	Project name	Periode	Link
1	FHF prosjekt 900482	Optimised production, nutrition and use of the cleanerfish Ballan wrasse (Labrus bergylta)	2010-2012	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900482/
2	NFR prosjekt 200523	Optimised production, nutrition and use of the cleanerfish Ballan wrasse (Labrus bergylta)	2010-2013	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/200523/
3	FHF prosjekt 900554	Produksjon av berggylt (LeppeProd)	2010-2014	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900554/
4	NFR prosjekt 214815	Identification of major health related loss factors in wrasse farmig through improved	2011-2015	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/214815/

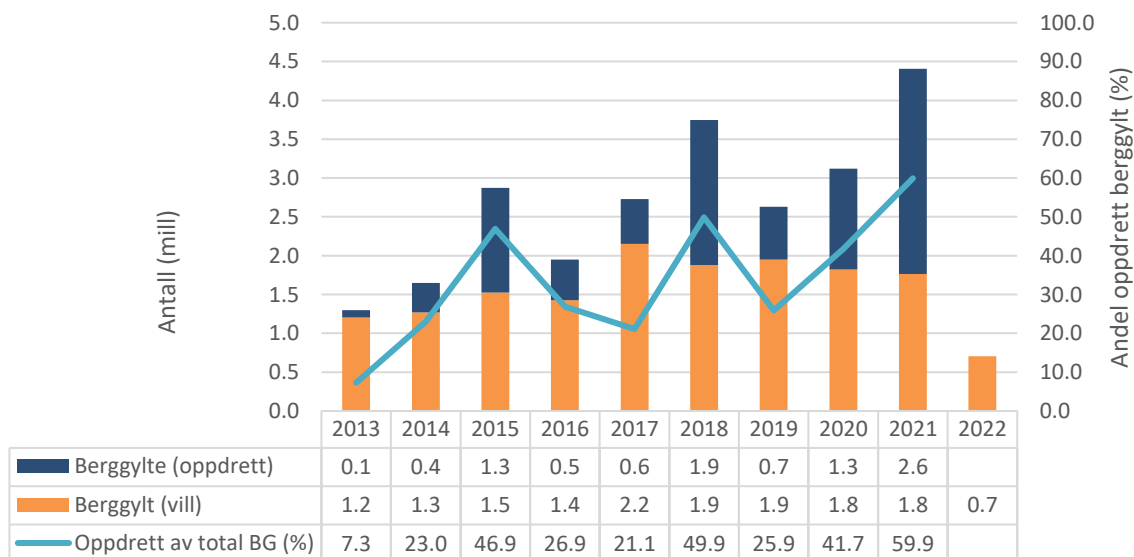
		surveillance schemes and diagnostic approaches		
5	FHF prosjekt 900997	Berggyllt stamfiskhold	2014-2015	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900997/
6	FHF prosjekt 901135	Kartlegging av berggylltens genom	2015-2016	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901135/
7	NFR prosjekt 244170	Intestinal function and health in Ballan wrasse	2015-2019	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/#/project/NFR/244170
8	NFR AVBRUK	Utvikling av oppdrett- og bruk av berggyllte i lakseoppdrett til kontinuerlig kontroll med lakselus	2007-2009	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/#/project/NFR/180028
9	NFR prosjekt 153261	Oppdrett av berggyllte (Labrus bergylta)	2003-2008	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/#/project/nfr/153261
10	FHF prosjekt 901561	Optimalisert startfôring av rensefisk (STARTRENS)	2019- 2021	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901561/
11	FHF prosjekt 901562	Kvalitetskriterier for rensefisk og effekten av stamfiskernæring (CleanLifeCycle)	2019-2021	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901562/
12	FHF prosjekt 901563	Miljø og fôring for optimal helse og overlevelse av rensefisk i merd (OptiRens)	2019-2022	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901563/
13	FHF prosjekt 901692	Årsak til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)	2021-2022	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901692/
14	FHF prosjekt 901136	Velferd hos rensefisk – operative indikatorer (RENSVEL)	2015-2019	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901136/
15	FHF prosjekt 901426	Toleranse for transportstress og miljøoverganger hos berggyllt og rognkjeks	2017-2019	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901426/
16	FHF prosjekt 901694	Optimal fôring av berggyllt i laksemerd (OPTIfôr)	2021-2023	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901694/
17	FHF prosjekt 900818	Tapsårsaker og forbyggende tiltak	2012-2014	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900818/
18	NFR Nærings-PHD	Identifisering og karakterisering av bakterielle sykdommer hos rensefisk (berggyllt og rognkjeks) til bruk i biologisk kontroll av lakselus	2012-2015	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/#/project/NFR/226695
19	FHF prosjekt 901331	Ernæringsbehov og fôring for optimal helse og overlevelse av rensefisk (CleanFeed)	2017-2021	https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901331/
20	NFR prosjekt 244396	Basic immunology studies and development of tools to monitor immune responses in cleaner fish	2015-2018	https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/244396/

5.3.3 Berggylt i naturen

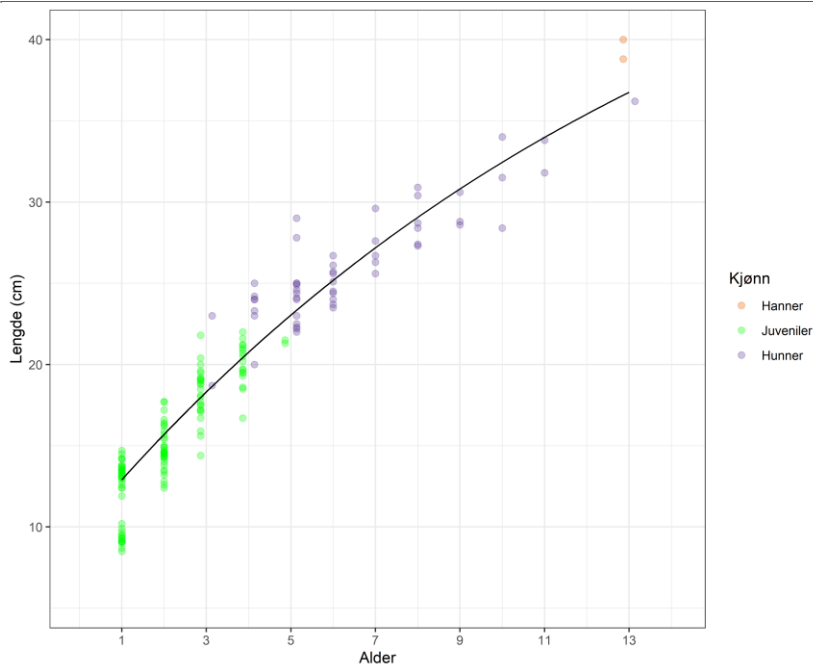
Berggylt (*Labrus berggyлта*) er den største arten i leppefiskfamilien (*Labridae*) i Norge. Den er utbredt langs hele kysten og funnet opp til Lofoten. Berggylt er varmekjær, og utbredelsen i Norge er i yttergrensen av artens leveområde. Den er protogyn hermafroditt, noe som innebærer at alle individer vil først kjønnsmodne som hunner og noen vil skifte til hann senere i livet. Alder og størrelse ved kjønnsmodning er 5-6 år og 22 cm, mens skifte til hann skjer i naturen fra ca. 10-13 år og 34-40 cm. I naturen vil hannene forsvare et revir, hvor han også vil ha et harem av hunner. Eggene gytes på bunnen, og voktes av hannen til de klekker. Larvene er pelagiske i starten. Det er stor variasjon i vekst i naturen og et år gamle berggylder kan være fra 8 til 15 cm (fig. 3).



Figur 1: Tillatelser til oppdrett av berggylt fra 2009 til 2022. Tall fra Fiskeridirektoratet.



Figur 2: Antall berggylt produsert og fisket fra 2013-2022. Tall fra Fiskeridirektoratet - rapportert som innmeldte salg fra oppdretter (oppdrett) og innmeldte fangster fra fisker (vill).



Figur 3: Berggyllt alder versus lengde. Data fra bestandsundersøkelser Havforskningsinstituttet.

5.3.4 Stamfisk



Berggylt stamfisk

5.3.4.1 Stamfiskmateriale

Det aller meste av stamfisk er villfanget, men det er noen produsenter som også har litt egenprodusert stamfisk. Berggylt blir fanget med bruk av monofilament-garn på grunt vann i gytetiden om våren/tidlig sommer. Kort stå-tid på garn og skånsom håndtering av fisken er avgjørende for god overlevelse i kar. Ved inntak av ny stamfisk utføres som oftest karantene, infeksjonsbehandling og parasittbehandling. En får gjerne en kort og intens gyteperiode fra nyfanget stamfisk, før denne går videre til supplering av eksisterende bestander, opprettelse av nye gytegrupper eller blir avlivet. Innfanget stamfisk lever i mange år, og spesielt hannene beholdes lenge. En produsent oppgir at de har gytegrupper som har vært i anlegget i 8 år.

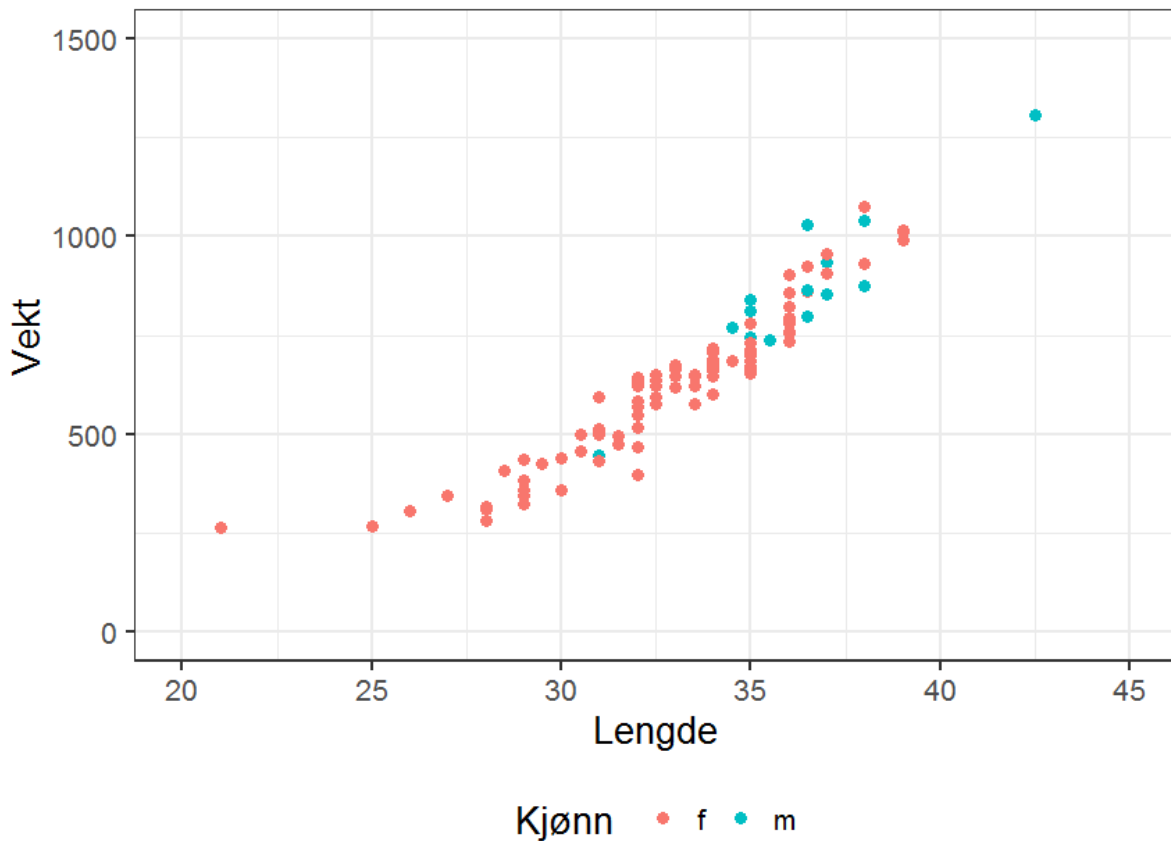
Berggylt har ikke, som de andre leppefiskartene noe ytre tegn på hvilket kjønn de er, og det er vanskelig å skille på kjønn utenfor gytetid. I gyteperioden vil hannene ha rennende melke, og hunnene vil være runde i buken (men sjelden rennende egg). Utenfor gytetid benyttes ultralyd og kateter i gatt for å fastslå kjønn, noe som krever mye håndtering. De aller største berggyltene vil være hanner, men det er likevel en stor overlapp i størrelse mellom kjønn (Figur 44). Bruk av PIT merker til individmerking bidrar til å holde oversikt over vekst og kjønnsbalanse på stamfisk. Forholdet mellom kjønn holdes på ca. 1:5 (hanner : hunner).

Skifte av kjønn fra hunn til hann er fra naturen sin side en fleksibel prosess, og vil i stor grad avhenge av sammensetningen av populasjonen i området, og som hovedregel vil de største hunnene skifte til hann. I en oppdrettssituasjon kan denne balansen trolig forstyrres av høy tetthet av fisk, god førtilgang, rask vekst og andre miljøfaktorer, inkludert sosiale forhold. Det er i flere tilfeller observert at rekrutter (egenprodusert stamfisk) har skiftet fra hunn til hann ved liten størrelse i stort antall. Dette er en problemstilling som skaper utfordringer ved videre utvikling av egen stamfisk og avl på arten, og mer innsats på området er viktig.

Tre av produsentene har med varierende erfaring produsert stamfisk fra rekrutter. Problemer med skifte fra hoer til hanner, aggresjon og dårlig gyting, oppgis som områder det er utfordringer.

Flere av produsentene svare at de driver med avl, men med det menes at de velger ut individer av vill stamfisk til å gå videre i lysstyrte grupper. Det bedrives ikke avl med utvelgelse av rekrutter basert på avlskriterier enda, men det er planen for flere fram i tid.

Gytetidspunkt for stamfiskgrupper forskyves ved hjelp av lysstyring, og ved å heve temperaturen i tiden før gyting. Produsentene har fra 1 til 6 lysstyrte grupper fordelt utover året, og oftest en gruppe som går på naturlig lysperiode.



Figur 4: Stamfisk berggylt: Forskningsstasjonen Austevoll, Havforskningsinstituttet. Grønn prikk viser hanner og rød prikk viser hunner.

5.3.4.2 Fysiske forhold

Noen produsenter holder stamfisken i store, dype kar (40-75 m³) med mye skjul og kaldt vann (8-10^o) gjennom året, og flytter dem til egne gytekar i forkant av gytesesongen. Gytekarene er mindre (20-35 m³), har lavere vannstand og høyere temperatur (12^oC) og fremdeles mye skjul. Andre vil holde stamfisken i samme karet hele året, og øke temperaturen i forkant av gyting.

5.3.4.3 Fôring

Fôring av stamfisk kan være en utfordring da berggylt er kjent som en kresen art som vil ha stor smakelighet på fôret. Det krever innsats å få villfanget fisk til å begynne å spise formulert fôr. Det har ikke vært tilgjengelig kommersielt fôr til bruk for stamfisk av berggylt, men det er nå flere fôr på markedet som prøves ut (Skretting, Biomar og Othohime). Produsentene har benyttet egenprodusert eller spesialutviklet fôr til sine bestander. Fisken spiser hele året, også ved kalde temperaturer, selv om appetitten er bedre ved høye temperaturer.

5.3.4.4 Gyting og gytesubstrat

Mange ulike materialer har vært brukt som gytesubstrat til berggylt. I starten ble det brukt steiner, rørbiter, plasttare, pleksiglass m.m, og fisken gyter på det meste som legges i karet. Nå benyttes det matter laget av tepper (ulike produsenter) der det er praktiske kriterier til grunn; Kort bust for god hygiene, tyngde for å synke til bunn, jevn farge for å se eggene, tåle rengjøring og stive nok i formen for å henge i en inkubator. Mellom hver runde i gytekaret blir mattene spylt rene, desinfisert og tørket. Dette er ressurskrevende, men helt nødvendig for å få god kvalitet på egg og klekking.

Eggene gytes på matter i gytekarene. Mattene sjekkes for egg daglig, og matter med egg fraktes til inkubatorer i klekkeri.

5.3.4.5 utfordringer, dødelighet, tiltak og ting som ikke fungerer

Av utfordringer nevnes fôrtilvenning av ny fisk og tilgang på riktig fôr (nærings sammensetning og smakelighet) som viktig. Manglende forutsigbarhet med tanke på eggproduksjon, samt lengde og start av gytesesong skaper logistikkproblemer. Aggresjon med påfølgende sårdannelse, spesielt i forbindelse med for mange hanner, er også et problem.

I forbindelse med produksjon av rekrutter er det eggkvalitet, melkekvalitet, kunstig befruktning og ukontrollert kjønnskifte som har skapt problemer.

Det er generelt lav dødelighet på stamfisk, og som årsak nevnes sår, atypisk furunkulose, bukinflammasjon, uspesifikke betennelser og avmagring.

Tiltak som har gitt gode resultater er å finne fôr som fungerer, økt fokus på hygiene, renhold i gytekarene og av gytmatter i egginnstillingsperioden.

Tabell 2 er en oversikt over svarene vi fikk fra oppdretterne angående stamfisk.

Tabell 2: Svar fra produsenter. Stamfisk. Fem av respondentene på spørreundersøkelsen har egen stamfisk.

	1	2	3	4	5
Villfanget	ja	5 grupper	ja		ja
Fra når?	2016	2016 / 2022	2022		2014 / 2018/ 2022
Nye hvert år?	ja	ja	ja		nei
Egenprodusert/rekrutter	nei	ja	nei		litt
Planer egenprodusert	usikker	usikker	ja	ja	ja
Avl	nei	Ja	ja	med tiden	nei
Lysstyrte grupper	3: feb, aug, nov	ja	ja	ja	6
Temperaturregime	10→12	8→12		8,3 →11,3	8,3 →11,3
Karstørrelse	5m / 35m ³	40m ³	6m	4-5m / 20-27m ³	8 m / 75m ³ →5m / 27 m ³
Fôr	Egen blanding	Egen blanding, Biomar	Nofima	Vil ha bedre	Vil ha bedre
Gytesubstrat	matter	matter	matter	matter	matter

Hvor ofte samle matter	daglig	daglig	2.hver dag	daglig	daglig
Rengjøring matter	Spyles, desifiseres	Spyles, desifiseres	Spyles, tørkes	Spyles, desifiseres	Spyles, desifiseres
Utfordringer	Førtilvennin g villfisk. Kort gyteperiode. Uforutsigbar mengde egg	Eggkvalitet. Melkekvalite t. Stamfiskfôr relatert til eggkvalitet og larvekvalitet. Rekrutter. Kunstig befruktning i stor skala. Aggresjon. Førtilvennin g.	Ernæring	Opprinnelse . Sykdomssta tus villfisk. Vil lage selv for bedre kontroll	
Årsak til dødelighet		Sår pga biting. Hopper ut. Bukinnflama sjon. Tynn. Uspesifikke betennelser rekrutter	sår	Atypisk furunkulose	
Bra endringer		Individmerki ng. Bedre hygiene i gytetanker – bedre klekking. Rekrutt+vill hann=dobbe l overlevelse	Nofimafôr. Plassering av skjul for bedre renhold	Nei	
Ting som ikke har funget		For mange hanner. Stryking av rekrutthunne r	Usikkert hvor mye egg fra lysstyrt gruppe	Dårlig vannbehand ling. Skitne kar. Ikke kontroll gytematter. Føre kun med reker	

5.3.5 Klekkeri – egg og plommeseckklarver



Berggylt – klekkeri, egg og plommeseckklarver

5.3.6 Beskrivelse av egg, klekking og plommeseckklarver

Eggene er ca. 0,9 mm i diameter og er omgitt av et «gele-lag» på ca. 0,2 mm tykkelse. Gelelaget fungerer som lim til å feste egget på substratet, og har trolig også en beskyttende funksjon. Også andre ting vil feste seg i gelelaget, og ved dårlige forhold i gytekarene vil det komme med mye biologisk materiale i form av faeces og fôrrester. Redusert fôring i gyteperioden for bedre kvalitet på eggene gir bedre klekking, men dette må vurderes opp mot aggresjon og sulting.

Vurderinga av antall egg på mattene blir ved noen anlegg utført for å ha en ide om hvor mange larver en kan forvente. Dette er i stor grad basert på erfaring. I prosjektet CleanLifeCycle ble det utvikle en metode for å anslå antall egg på hver matte. Metoden er relativt arbeidskrevende, men kan gi en mer forutsigbar produksjon av larver.

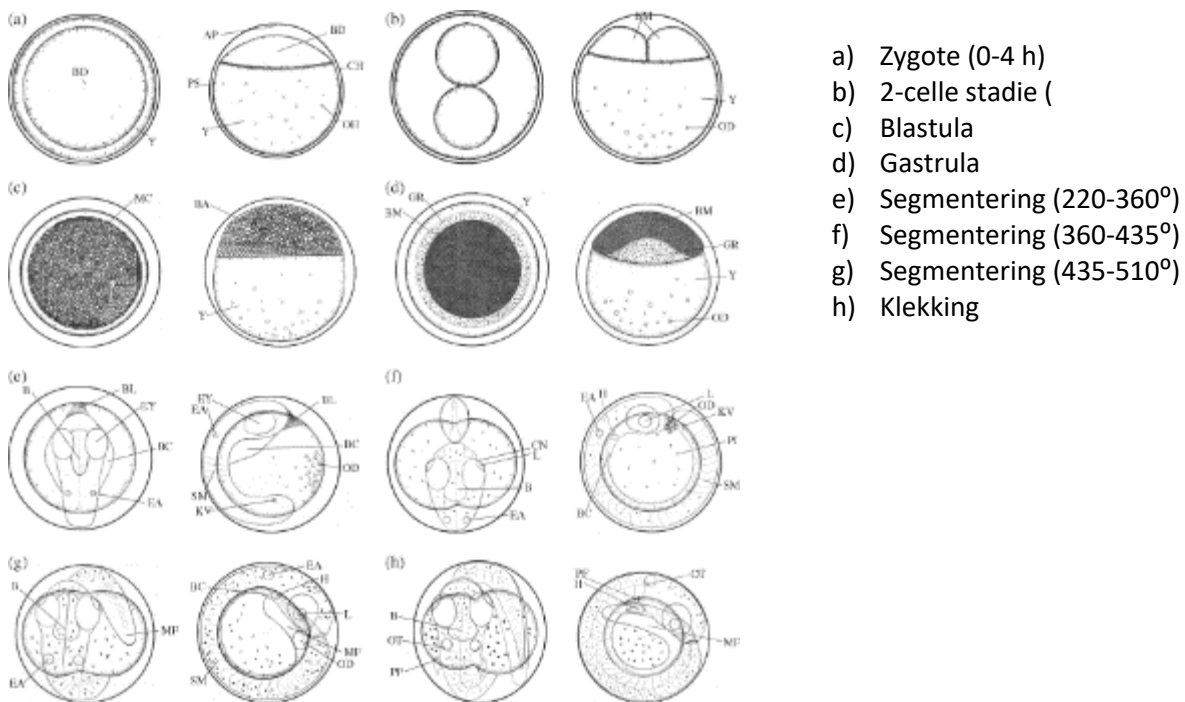
Figur 5 viser utvikling i egget fra befruktning til klekking (D'Arcy et al. 2012).

Mattene med egg blir desinfisert med formalin og/eller bronopol/Pyceze ved innlegging i klekkeri. Videre blir inkubatorene behandlet daglig med bronopol/Pyceze fram til klekking starter.

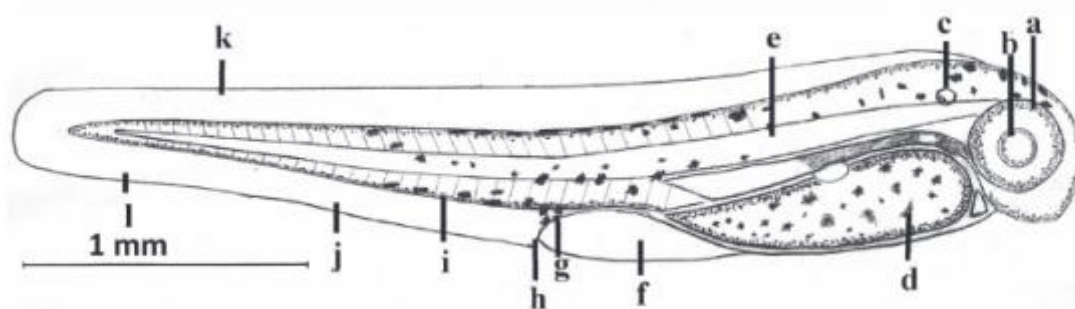
Det opplyses forskjellige tidspunkt for klekking, men det varierer mellom 7-10 dager etter befruktning. Dette kan ha flere årsaker, med temperatur i inkubator som hovedfaktor. Andre forhold som f.eks. lysregime og vannbevegelse kan ha innvirkning på klekkesidspunkt, uten at det nødvendigvis har betydning for kvalitet på larvene. I motsetning de fleste andre arter i oppdrett har en ikke god oversikt over klekkeprosent på berggyltegg, da en hverken har gode tall på antall egg på mattene, eller befruktningen av disse.

Nyklekte berggyltelarver (figur 6), er nesten gjennomsiktige, med spredt pigmentering på kroppen og lite farge på øynene. Tarmsystem og munn er lite utviklet. Nyklekte larver har en gjennomsnittlig lengde på 3,6 mm. Larvene har høy aktivitet alt fra klekkingstidspunktet Plommeseckklarvene er like etter klekking lette, og vil befinne seg øverst i inkubatoren. Ved overføring til startfôringskar brukes ofte lys for å samle larvene. Larvene lar en renne enten direkte over i startfôringskar eller samlekar, eller samles

fra toppen av inkubator med bøtter e.l. Larver i inkubatorene kan telles før overføring ved å tilføre mye bobler, for så å ta flere stikkprøver.



Figur 5: Eggutvikling berggylte ved 12 grader. Figuren er hentet fra artikkelen "Embryonic development in ballan wrasse *Labrus bergylta*" av D'Arcy 2012.



Figur 6: Plommesekklarve berggylt -0 dph. a-øye, b-linse, c-otisk kapsel, d-plommesekk, e-notochord, f-preanal finnefold, g-tarm, h-urinblære, i-muskel, j-postanal del av finnefold, k-dorsal del av finnefold, l-kaudal del av finnefold. Illustrasjon er hentet fra. «Development of *Labrus bergylta* larvae from hatching to metamorphosis» av Ottesen et al. 2012.

5.3.4.6 Fysiske forhold

Inkubatorer er utformet for å ha plass til å henge matter. Det er ulike varianter, men formålet er å få plass til flest mulig matter med god vannutskifting i hele inkubatoren. Temperaturen holdes på samme nivå som i stamfiskkarene, og oppgis til å være mellom 10 og 12 grader. Høy vannutskifting og bobling benyttes for best mulig vannkvalitet, men reduseres ofte før klekking. For å få god klekking er det viktig med døgnrytme, og alle klekkeriene bruker nå 12 timer dag og 12 timer natt.

5.3.4.7 Transport av larver (overføring innad i anlegget og transport til andre anlegg)

Transport av nyklekte larver skjer både som overføring fra klekkeri til startfôringskar, og som lengre transporter mellom produsenter som har stamfisk og klekkeri til produsenter som ikke har dette.

Internt i anlegget har de ulike produsentene løst overføring på forskjellig vis, enten ved å la larvene renne direkte i karet via slange fra inkubator, eller ved oppsamling fra inkubator til «kar på hjul», som så trilles til startfôringskar. Lengre transporter av larver mellom produsenter blir utført ved at nyklekte larver pakkes i høy tetthet i poser eller dunker som er toppet med oksygen. Spesielt i oppstartfasen av anlegg er det svært nyttig med slik praksis, da det gir muligheten til å komme i gang med produksjon av fisk før en har etablert egen stamfiskbestand (lysstyrt og naturlig). Med tanke på videre utvikling av næringen med avl som faktor, vil det også være behov for transport over lengre distanser.

5.3.4.8 Utfordringer, dødelighet, tiltak og ting som ikke fungerer

Drift av klekkeri regnes som rimelig problemfritt, spesielt blant dem som har holdt på noen år. De har utviklet gode rutiner på hygiene, desinfeksjon og kontroll på matter og larveoverføring. Problemer som kan oppstår i klekkerifasen relateres til hygiene, lysregime og kvalitet på egg.

Tabell 3 er en oversikt over svarene vi fikk fra oppdretterne angående klekkeri.

Tabell 3: Svar fra produsenter. Klekkeri. 5 produsenter har eget klekkeri, og en produsent har svart med sine erfaringer som mottaker av larver.

	1	2	3	4	5	6
Inkubator	1500 L	1000 L				
Temperatur	11,3	10,3	10-12	12	10,5-11,5	
Lysregime	12:12	12:12	12:12 (månelys)	12:12	12:12 (200lux)	
Luft	Ja. Mye i starten, reduseres ved klekking	ja	nei	Nei, kun til mixing av larver for telling	Ja. Mye i starten, reduseres ved klekking	
Vannutskifting/flow			Ca 5L/min	0,8-1,2 L/min		
Desinfeksjon	1.dag Formalin eller bronopol, Dag 2-7 bronopol	1.dag Formalin eller bronopol, Dag 2-7 bronopol	1.dag bronopol	Har forsøkt formalin, hydrogenperoksid, bronopol	1.dag Formalin Dag 2-7 bronopol	
Klekketidspunkt	Dag 8-10	Dag 8-9	Start 80 døgnggrader	Dag 7	Dag 7-9	
Overføring til startfôring-metode	Larver renner ut i mindre enhet på hjul	Larver renner ut i mindre enhet på hjul	Larver renner i slange til startfôringskar	Larver renner ut i mindre enhet på hjul		

Transport av larver	Ja	nei	nei	nei	Nei-eggmatter tidligere	Mottaker
Alder ved transport	0,1,2 dph			0-1 dph		0-2 dph
Transport metode	Poser med oksygen. 40 000 / 12 L			Poser 20 L. Litt oksygen. Lite luftrom.		Poser 10 L eller dunker 5 L med oksygen
Transporttid	22 timer			12-24 timer		3-7 timer
Utfordringer			Sopp (?) på klekkematte r. Klekkeprosent. Effektiv overføring. Antall larver.	Ubefruktede egg		
Årsak til dødelighet	ukjent		Egg med larve som ikke klekker. Temperatur kontroll.	Lysregime. Kvalitet på egg.		
Bra endringer			Kontinuerlig overføring av larver. Mørklegging av plommeseklarver	Lysregime		
Ting som ikke har fungert			Kontroll på antall egg og larver	24 h lys. Dårlig behandling gytematter		

5.3.7 Startfôring (levendefôrphase)



Berggylt – startfôring.

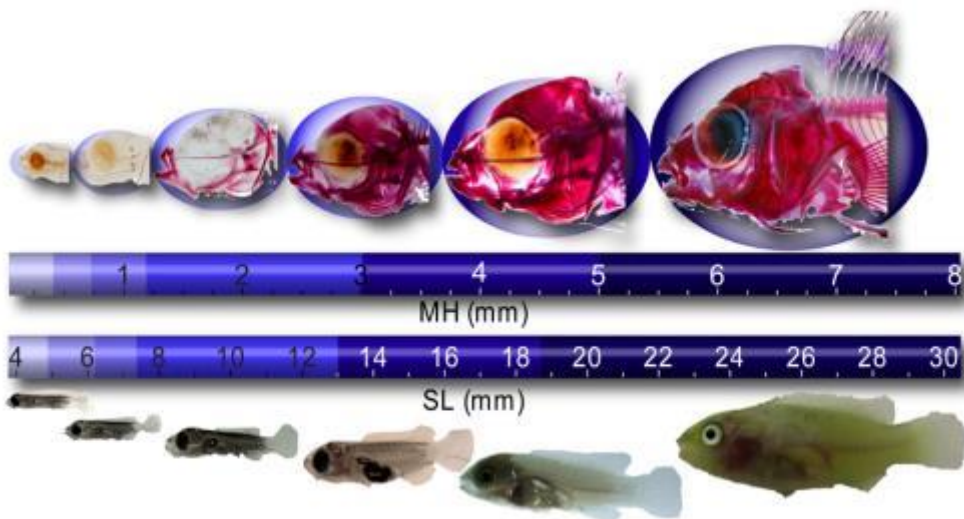
Startfôringsfasen regnes fra larvene begynner å ta til seg ekstern næring i form av levendefôr til de begynner med formulert fôr (tørrfôr). Lengden på fasen vil variere, da tidspunkt for tørrfortilvenning varierer mellom produsentene.

Ved startfôring er berggylta som de fleste andre marine fiskelarver, lite utviklet, og de må ha levendefôr ved oppstart. Det blir benyttet flere ulike varianter av små dyreplankton i denne fasen, der rotatorier (*Brachionus plicatilis*), hoppekreps-nauplier (*Acartia tonsa*- C-feed) og små rur-nauplier (skipsrur - *Balanus crenatus* - Planktonic) blir brukt. Senere går en over til større byttedyr i form av Artemia, hoppekreps-copepoder (*Acartia tonsa*- C-feed) og større rur-nauplier (fjærerur - *Semibalanus balanoides* - Planktonic).

De første dagene etter overføring fra klekkeri er larvene å finne i øvre del av vannsøylen, de vil etter hvert fordele seg mer i karet. Leire eller alger brukes for å øke turbiditeten av vannet, og fører til bedre spredning av larvene i karet. Adferden til larvene endrer seg gjennom startfôringsfasen, og i siste fase vil de ha en tydelig stimeadferd, og en kan også få «klumping» av larver.

I denne fasen gjennomgår larven stor utvikling av de indre organer, det foregår en forbeining og finnene utvikles (Figur 7: Stadier av berggylt fra 1-6. Stadiene er basert på grad av forbeining av kraniale bein ved bruk av «alizarin red» (øverst) og korresponderende muskelhøyde (MH), standard lengde (SL), og ytre morfologi (nederst). Figuren er hentet fra

Figur 7: Stadier av berggyllt fra 1-6. Stadiene er basert på grad av forbeining av kraniale bein ved bruk av «alizarin red» (øverst) og korresponderende muskelhøyde (MH), standard lengde (SL), og ytre morfologi (nederst). Figuren er hentet fra “Developmental stages of the ballan wrasse from first feeding through metamorphosis: Cranial ossification and the digestive system” av Norland et al., 2022.



5.3.4.9 Fysiske forhold

Størrelsen på kar til startfôring varierer mellom 3m³ til 27 m³, og med diameter mellom 1,5 m til 9 m. Karene har flat bunn og med forskjellige varianter av utforming på vanninntak og avløp.

Temperaturen i startfôringskarene ligger på det samme som i klekkeriet ved start og økes gradvis til endelig temperatur på mellom 14 og 16 grader. Noen har hatt utfordringer med å holde temperaturen oppe spesielt i kaldere deler av året. Godt isolerte haller er viktig for å kunne holde temperaturen jevn (spesielt når en bruker liten vannutskifting i starten).

Det har tidligere vært standard praksis å ha 24 timer lys i startfôringsfasen, men nå er det flere som forsøker å innføre litt døgnrytme ved å senke lysstyrken til «månelys» om natten. En produsent bruker 8 timer med helt mørkt, og er godt fornøyd med det.

En vil forsøke å holde vannutskifting så lav som mulig for at larvene skal oppleve konstante forhold, og for at fôrorganismene og leire/alger ikke skal vaskes ut. En av produsentene har ingen vannutskifting de første 3 dagene, mens de andre har flow tilsvarende 1-2 av hele karvolumet i døgnet fra start (prod. 3 har trolig oppgitt feil tall). Målet er å oppnå bra vannutskifting med liten strømhastighet. Vannutskifting økes basert på målinger av O₂, CO₂, pH og belastning i karet.

Luftbobling brukes med større forsiktighet enn det som er vanlig på andre marine larver. Luft brukes ikke for å fordele larvene i karet, men for å fordele fôrorganismer og unngå at silen går tett av disse. Holdes i starten så lav som mulig for å unngå strømdanning i karet.

Kun en av produsentene benytter RAS (resirkulering).

5.3.4.10 Larver

Antall larver ved oppstart er i stor grad et usikkert tall hos alle oppdretterne, og varierer mellom 67 til 167 larver per liter. Noen vil telle larver i inkubator før overføring, men det er usikre tall, og det som regnes som passe tetthet blir vurdert etter erfaring.

Larvene blir overført til startfôringskarene med ulike metoder mellom 0-4 dph. Noen har kontinuerlig overføring fra klekkeinkubatorer over flere dager, og/eller fyller et kar med larver fra flere inkubatorer og dermed med larver som er litt ulik i alder.

Første introduksjon av levendefôr skjer fra 3-5 dph.

5.3.4.11 Alger/leire/byttedyr

Alle produsentene benytter alger (pasta eller levende) eller leire for å gi farge på vannet. Dette tilsettes fra start før larvene settes i karet. Det er ulik praksis på hvor lenge det benyttes, men opptil 90 dph. Ulike metoder for tilsetting brukes, både kontinuerlig pumping og porsjoner i forbindelse med fôring. For jevne forhold i karene anbefales pumping gjennom hele døgnet der mengden justeres etter vannutskifting.

Alle oppgir litt ulike protokoller for levendefôr, og dette er også noe som stadig er under endring. Det er mye utprøving internt på anleggene, og ulike kar kan ha ulik protokoll. Eksempler på bruk av de ulike tilgjengelige fôrorganismene er:

Rotatorier – Rur – Artemia

Acartia – rotatorier – Rur

Rotatorier - Artemia

Hvor mye som blir fôret ut varierer mellom produsentene, og her vil vannutskifting og størrelse på kar spille inn. Ulike tall blir oppgitt: som total mengde i døgnet og/eller ønsket tetthet (ind/ml). Etter som larvene vokser vil mengden justeres etter antall larver, og ved skifte til større fôrorganisme vil også antallet gå ned. I tabellen oppgis det som brukes ved oppstart av kar (rotatorier eller Acartia).

Produksjon, tilgjengelighet og pris er faktorer som spiller inn ved valg av fôrorganisme. Det er ressurskrevende både i form av tidsbruk og evner å produsere og bruke levendefôr, og alle variantene har sine pluss og minus. Forutsigbar kvalitet og mengde, sammen med logistikk og planlegging, er faktorer som vil virke inn på resultatet.

En produsent oppgir å bruke probiotika (Mic F 35 g) fra 2 – 17 dph.

Telling av byttedyr i karet gjøres hos noen, men kan være vanskelig da de ikke nødvendigvis står jevnt i karet.

Alle oppgir at de vurderer magefylling daglig fra start, enten ved bruk av lupe på uttak av larver eller ved direkte observasjon i karet. Spesielt ved overgangen til ny fôrorganisme sjekkes det nøye at larvene er store nok til å ta fôret. Hva som blir notert varierer, men noen vil gi score som tom, kvart, halv og full. Magefylling oppgis som det beste målet for tilstanden i karet, da registrering av dødelighet er mangelfull i starten, og det jo er for sent å gjøre endringer etter larvene er døde.

Utvikling av svømmeblære registreres samtidig som magefylling, og er et annet tegn på om tilstanden er bra. Larver som ikke utvikler svømmeblære i løpet av de første 10 dagene vil ikke ha mulighet til å vokse seg store, og vil etter hvert dø.

Alle vil ha en form for vurdering av adferd på larvene i karet, men det er en oppgave som kan være vanskelig å kvantifisere. Det oppgis at det noteres plassering av larvene (høyt, lavt, på kantene) noe som kan justeres med mengde leire/alger. Orientering av larvene (vertikalt-horisonalt) kan ha sammenheng med svømmeblæreproblemer. Vitalitet er vanskelig å beskrive, og krever god erfaring. Grad av klumping vil registreres, men oppgis ikke som stort problem hvis det ikke er for mye larver i karene.

5.3.4.12 Renhold, drift, rutiner

Renhold i kar der selvrensing i form av vannutskifting er ikke-eksisterende krever personell som er observante og nøye. Høy temperatur og høy biologisk belastning krever årvåkenhet med tanke på raske endringer. Første røkting utføres enten dagen etter larvene kommer i karet, eller dagen etter første fôring. De fleste bruker automatisk røkteam/reansearm av varierende utforming, og siphon.

Telling av døde larver blir forsøkt gjort eller estimert – det noteres ned topper i dødelighet, uten tall. Første topp i dødelighet er ca. 10-11 dph, og en ny topp kan inntreffe mellom 15-35 dph. Det kan også være en topp i dødelighet like etter overføring fra klekkeri, og da spesielt hvis larvene har vært transportert. Etter hvert som larvene blir større, er det lettere å få mer sikre tall på dødelighet.

Skimmer brukes for å fjerne overflatehinnen i karet. Det er spesielt viktig helt i starten av startfôringsperioden, da dannelse av svømmeblære hos larvene er avhengig av ren overflatehinne. Skimmer kan også være utfordrende å bruke helt i starten når larvene står veldig høyt. Skimmer brukes hele levendefôrperioden. Det er en tydelig sammenheng mellom dårlig fungerende skimmer og mangelfull svømmeblæreutvikling.

5.3.4.13 Utfordringer, dødelighet, tiltak og ting som ikke fungerer

Dette er fasen med størst dødelighet, men den blir ikke registrert på en god måte. Ved 16 grader går larvene fort i oppløsning, og kommer ikke med under røkting. Det er vanskelig å planlegge driften når en ikke har kontroll på antall.

Første topp i dødelighet er ca. dag 10 etter klekking, og skyldes trolig manglende fôropptak, mens en ny topp i dødelighet rundt 20-25 dager etter klekking kan kanskje skyldes Birnavirus eller Vibrio.

Det er viktig med stort fokus på hygiene. Skitne kar og dårlig vannkvalitet fører til høy dødelighet.

Tabell 4 er en oversikt over svarene vi fikk fra oppdretterne angående startfôring.

Tabell 4: Svar fra produsenter. Startfôring. 6 produsenter.

	1	2	3	4	5	6
--	---	---	---	---	---	---

Karstørrelse	7 m ³	25 m ³	3 m ³	3 m ³	3 m ³	27 m ³
Karstørrelse (d)	-	9 m	-	1,5-4 m	2 m	-
Temperatur	14 °C	14,5 °C	14 °C	16 °C	16 °C	15 °C
Lysperiode	24 h	24 h m/dim	24 h m/dim	16:8 h	24 h	24 h
Flow (L/min)	0-100	40-120	30 ?	2,5	2,5	
Vannutskifting (døgn)	0-20	2-7	14 ?	1	1	2-3
Luftbobling	Litt	En i senter	Rundt silen	nei	Fra 4dph	ja
Resirkulering	nei	nei	ja	nei	nei	nei
Tetthet (larver/liter)	114	130	Usikker	Usikker – mål 167	67	Usikker - 50-100
Alder ved overføring (dph)	0	1	0-4	0-2	0-4 (helst 0-2)	0
Alder ved startfôring	3	4	4-5	3	4	3
Alger	ja	nei	ja	ja	ja	nei
Leire	nei	0 - 34 dph	nei	nei	nei	0 - 90 dph
Rotatorier	Ja	ja	Ja	nei	-	Ja
Acartia (C-feed)	nei	nei	Ja	Ja	-	Testet-bruker av og til
Rur (Planktonic)	ja	ja	ja	ja	-	Testet-bruker av og til
Artemia	ja	nei	nei	ja	-	ja
Tetthet byttedyr ved start (rotatorier, acartia)	9	6-8	10	10	-	5-10
Kontinuerlig fôring	nei	nei	nei	litt	-	nei
Antall måltid	3	4	2-3	3-4	-	2-4
Vurdering av rest i karet	ja	nei	ja	nei	-	nei
Vurdering magefylling	ja	ja	ja	ja	-	ja
Vurdere svømmeblære	ja	ja	ja	ja	-	ja
Vurdering av adferd	ja	Litt – ikke fast	ja	Ja-dagbok	nei	Ja-vitalitet
Første røkting	6 dph	2 dph	6 dph	2 dph	4 dph	4 dph
Røktearm	nei	ja	ja	ja	ja	Ja og nei
Telling døde larver	ja	Etter dag 35	-	nei	prøver	nei

Overflateskimmer	ja	ja	ja	ja	Nei- drypping	ja
Utfordringer	Stor dødelighet 10-25 dph. Mulig birnavirus eller vibrio (fra rotatorier)	Stor dødelighet rundt 20dph. Mangler fisk ved summering dødelighet – forsvinner raskt når de dør tidlig.	Ujevn belysning. Krevende levendefôr produksjon. Telling av døde larver – ikke kontroll med antall larver. Utforming og plassering av skimmer - svømmeblære problemer		Antall larver. Registrere dødelighet. Hvor mye en skal fôre. Deformiteter. Spredning i vekst.	
Årsak til dødelighet	Mulig birnavirus eller vibrio (fra rotatorier)	Dårlig larve kvalitet første dagene. Apetitt drop p 20 dph	Varyerer mellom ulike utsett uten at en vet årsak. Mulig forskjell i lys. Temperatur dropp.	Bakterier. Kvalitet på fôr. Kvalitet på larver. Dødelighet 10-14 dph.	Larvene er for små. Dødelighet opper 9-10 dph og 25 dph.	
Bra endringer	En periode med rur før artemia	Erstatte artemia med rur. Tidlig tørrfôr	Forprotokoll : acartia → rotatorier → rur → tørrfôr. Automatisk oksygenering.	Tetraselmis til grøntvann. Lysregime (16:8). Dempet lys.	God tilgang på larver. Fôringsregime som fungerer.	
Ting som ikke har fungert	Skjul – bakterievekst. Leire. Små rur – ingen forskjell fra rotatorier.	Uten leire. Lav pH.	Kontroll på antall larver i karert. Og hvor mange som dør.	Dårlig kvalitet levendefôr. Skitne kar. Dårlige larver inn. Manglende mikrobiologi kontroll.	Utfordrende med larvegrupper i forskjellige aldre. Logistikk levendefôr.	

5.3.8 Tørrfôrtilvenning/Weaning



Berggylt- tørrfôrtilvenning.

I oppdrett vil en gå over til formulert fôr så tidlig som mulig. Et tørrfôr må ha egenskaper som tilfredsstillende partikkelstørrelse, synkehastighet, smakelighet, fordøyelighet, næringsinnhold, og i tillegg må fôret kunne distribueres og lagres på en god måte. Berggylt har et spesielt fordøyelsessystem som gir ekstra utfordringer med tanke på fôrsammensetning og fôringsrutiner.

5.3.4.14 Fysiske forhold

Karene brukt til tørrfôrtilvenning er ofte de samme som brukes i levendefôrperioden, og er mellom 3 og 27 m³ (diameter: 1,5 – 9 m). En produsent oppgir å bruke skjul i karene.

Temperaturen varierer mellom 13 og 16 °C.

Ingen har oversikt over hvor mange larver som er i karene ved overgang til tørrfôr, og en produsent anslår ca. 35 stk per liter. Ellers antar en fra 1 til 4 kg per kubikk. Larvene blir ikke telt ved start, men ved avslutning av denne perioden.

Det brukes kontinuerlig lys i denne fasen, men flere har begynt med natt i form av dempet lys (månelys) og helt mørkt om natten når all fisken er over på tørrfôr.

Vannutskiftingen er «relativt høy» og justeres for å ha et godt vannmiljø uten å øke strømhastigheten. Det er ikke selvreinsing i karene, og retning på inntaksrør justeres for å unngå for mye strøm. Varierende grad av hva som blir målt av parameter, men logging av temperatur, automatisk justering av oksygen og vannprøver utføres jevnlig, eller ved behov.

5.3.4.15 Fôring

Det er stor variasjon ved hvilken alder de ulike produsentene starter med tørrfôrtilvenning: fra 26 til 55 dph, og det samme gjelder valg av tørrfôr. Det er prøvd mange forskjellige varianter gjennom årene, og

Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)

Akvaplan-niva AS Rapport 62881

per nå er det Skretting Gemma, Trofico og Othohime som brukes. Det oppgis perioder på 1-10 dager med kombifôring (levendefôr og tørrfôr), men dette kan også ta mye lengre tid.

Alle bruker fôrautomat, og legger vekt på viktigheten av håndfôring for å sjekke appetitt og få bedre fordeling av larver. De som har innført natt (månelys eller helt mørkt) fôrer ikke om natten. Fôring er kontinuerlig, men ofte med innlagte pauser på 10-15 min.

5.3.4.16 Renhold, drift, rutiner

Alle utenom en bruker rensarm opptil 3 ganger daglig for å holde karene reine. På dette tidspunktet er larvene blitt såpass store at det også er mulig å registrere dødelighet, selv om det fremdeles er usikkert om alt kommer med.

Alle vil vurdere adferd på larvene i karene, men det varierer hvor systematisk dette utføres. Notering av napping, klumping, spising, aggresjon, plassering i kar, magefylling og vitalitet. Sitat: *Når det ikke er klumping er det noe galt – ekstrem klumping er ikke bra - Stiming er bra.*

Mat i magen vurderes på forskjellig vis, ved å se på fisken i karet eller i et prøveuttak. Noen har også prøveuttak hver dag med scoring av magefylling (tom, kvart, halv og full).

5.3.4.17 utfordringer, dødelighet, tiltak og ting som ikke fungerer

Det er mindre utfordringer enn tidligere i forbindelse med overgang til tørrfôr, men fremdeles vil det være noen som ikke begynner å spise. Det har kommet fôr tilpasset berggylt på markedet, noe som øker overlevelsen. Veksten begynner å differensieres, og fører til stor spredning i vekst. Finneslitasje begynner å bli et problem, og knyttes gjerne til dårlig vannkvalitet.

Tabell 5: Svar fra produsenter. Tørrfôrtilvenning. 6 produsenter.

	1	2	3	4	5	6
Karstørrelse	7 m ³	9-25 m ³	3 m ³	3 m ³	3 m ³	27 m ³
Tetthet	Usikkert 35/L	ukjent	Usikker. 1 kg	Ukjent	Variierer. Maks 4 kg/m ³	ukjent
Lysregime	24 h	24 h – prøver med dempet lys natt	14:10. Natt er månelys i starten	16:8	24 h	24 h, 200 lux
Temperatur	14	14-14,5	13-16	16	16	15
Vannstrøm	90 L/h	Relativt høy	roterende	0,8-1,1 utskifting		
Alder ved tørrfôrtilvenning	49 dph	26-45 dph	40-50 dph	55-63 dph		45 dph
Fôr	Trofico - Othohime	Skretting	Trofico	Trofico, Skretting		Trofico - Othohime

Kombifôring			1-3 dager	7 dager		7-10 dager
Utfôringsregime		10-15 min pause mellom	Kontinuerlig dag. Ikke fôr natt	Kontinuerlig dag. Ikke natt	Kontinuerlig med pauser	Kontinuerlig
Røktearm	nei	ja	ja	Ja x 3	ja	Ja x 2
Registrering dødelighet	ja	Fra 35 dph	ja	ja	Ja, men usikre tall	Nei. Begynner ved 50 mg
Vurdering adferd	Ja – plassering i kar	Ingen fast rutine	Ja, men ikke systematisk	Dagbok. Napping, klumping	Dagbok. Klumping, pallsring, aggresjon mm.	Ja – Aggresivitet, magefylling, vitalitet, klumping, stiming
Vurdering mat i magen	2 x uke. Prøveuttak	Daglig uttak, med score	Daglig i kar. Ikke uttak	Daglig prøvveuttak	Ikke fast rutine	Daglig i kar. Ikke uttak
Vekstmåling	Lengde hver 10. dag	Snittvekt 60, 90 og 120 dph	Snittvekt 2x mnd fra 0,1 gram	Snittvekt hver uke fra dag 90	Snittvekt fra 120 dager (påvekst)	Snittvekt fra 1 gram (påvekst)
Registrering deformitet	Ikke rutine, men registreres dag 60 ved flytting	Vanskelig å se i starten. Registreres ikke før ved 1,8 gram.	Nei, ikke så tidlig. Starter ved alder 2,5 mnd	nei	nei	nei
Utsortering	nei	nei	Ikke systematisk	Ja, når synlig	nei	Kun småfisk
Flytting	64-70 dph	120 dph - telles				1 gram
Splitting	nei	Ved behov	Ved behov	Ved behov	ja	
Sortering	nei	Ved flytting til påvekst 1,5-5 gram	nei	Fra 0,5 gram. vogge	nei	Så lite som mulig, men ved behov
Utfordringer		Finneslitasje 60- 80 dph	Tidlig problem med overgang til tørrfôr. Nå bra ved bruk av Trofico og rur.		Deformiteter. Litt klumping. Spredning i vekst	
Årsak til dødelighet	Fôrskifte – liten topp i dødelighet	Finneslitasje 80-150 dph - Stor utgang pga vannkvalitet	Usikker. Ikke øket dødelighet	Dårlig utgangspunkt med svake larver fra startfôring	Begynner ikke å spise tørrfôr	

Bra endringer		Skretting. Start med tørrfôr 26 dph. Undervannsfôring. Slutta med artemia.	Trofico	Skretting – bedre for automater og mindre deformitet		
Ting som ikke har fungert		Større problem med tidligere regime	Kontroll på renhold i kar. Larvene må flyttes flere ganger for vask av kar	Fôrtype		

5.3.9 Påvekst

Påvekstfasen definerer vi her som tiden fra fiskelarven er ferdig tørrfôrtilvendt til den settes ut i sjø. Betegnelsen yngel benyttes ofte på dette stadiet. Produksjonsmessige tilpasninger på de forskjellige anleggene gjør at det finnes flere benevnelser på denne fasen. Som oftest innebærer et skifte av navn på fasen en flytting til en annen avdeling, og dette kan gjøres på ulike størrelser. Det er flere rene påvekstanlegg som mottar ferdige tørrfôrtilvendte fisk uten å ha egen produksjon av levendefôr. Størrelse ved flytting varierer, og en produsent opplyser at de deler fasen inn PV1 og PV2.



Berggylt – påvekst

5.3.4.18 Fysiske forhold

Karene brukt til påvekst er i størrelse opp til 156 m³ (diameter opp til 8 m), men noen produsenter bruker også i denne perioden relativt små kar ned til 3 m³. En produsent har god erfaring med å bruke skjul

Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR)

Akvaplan-niva AS Rapport 62881

(rørskjul) i karene, mens andre har dårlige erfaringer med dette (dårlig vannkvalitet). Temperaturen holdes på mellom 14 og 16 grader. Lysregime er for de fleste 24 timer lys, men flere har innført natt (16:8), der en har dempet eller helt mørkt om natten. En utfordring med natt kan være at yngelen ved totalt mørke vil «sove», noe som kan skape problemer ved avløp og oksygenering. Ved å ha litt lys vil slike problemer reduseres. Berggyllt er en art som ikke er tilpasset å «stå i strøm» slik som mange andre oppdrettsarter. Det er derfor viktig å observere adferd i forbindelse med strømsetting i karet, og gjøre justeringer slik at fisken trives. Vannutskiftingen ligger på 1-2 per time. Det optimale er å oppnå selvreising av karet uten at fisken mistrives.

All fisk blir telt ved avslutning av tørrfortilvenning og før overføring til påvekst, og en har derfor mye større kontroll på biomasse, dødelighet og vekst. Tetthet i karene øker med økende størrelse på fisk fra 8 til 60 kg/m³, men de fleste vil ikke anbefale høyere biomasse enn 35 kg/m³ på fisk i siste fase før utsett.

Ingen har oversikt over hvor mange larver som er i karene ved overgang til tørrfôr, og en produsent anslår ca. 35 stk per liter. Ellers antar en fra 1 til 4 kg per kubikk. Larvene blir ikke telt ved start, men ved avslutning av denne perioden.

Vannutskifting er «relativt høy» og justeres for å ha et godt vannmiljø uten å øke strømhastigheten. Det er ikke selvreising i karene, og retning på inntaksrør justeres for å unngå for mye strøm. Varierende grad av hva som blir målt av parameter, men logging av temperatur, automatisk justering av oksygen og vannprøver utføres jevnlig eller ved behov.

5.3.4.19 Fôring

Fisken fôres med automat og stor grad av håndfôring gjennom hele fasen. De som ikke har kontinuerlig lys, har også fôringsstopp på natten. Flere har god erfaring med å legge inn fôringspauser på dagtid. Berggyllt er kjent for å være en kresen fisk som ikke alltid liker endringer i matveien. Ved overgang til nytt fôr bruker en gjerne 3-5 dager med begge fôr. Ved overgang til større pellet vil en også bruke litt tid, spesielt hvis det er stor spredning i størrelse på fiskegruppen.

Noen produsenter opplyser at de også vil venne fisken til nytt fôr før de leveres til sjø.

5.3.4.20 Renhold, drift, rutiner

Bruken av rensearm til røkting av karene går ut når selvreising i form av økt vannstrøm er mulig. All død fisk blir registrert, og to produsenter vil også oppgi sannsynlig dødsårsak i kategoriene: taper, halefinneslitasje, rødt gatt, svimere (avlives) og uspesifisert.

Vurdering av adferd er en viktig oppgave i påvektsfasen, og de fleste vil ha et system for å registrere dette. Det noteres spesielt aggresjon, plassering i karet, spinnere, flytere og svimere, svømmeadferd og flak.

Vekstmålinger foretas fra hver uke til hver måned, og gjennomføres ved veiing av 100 – 200 fisk.

Alle har en form for registrering av deformiteter, men det er ulik praksis på hvor ofte og hvor systematisk dette utføres. Deformiteter som noteres er: finnestatus, hodenekrose, kjeve, hode, gjellelokk og rygg. Hvor mye som sorteres ut og når dette gjøres varierer mellom produsenter. Flere vil ha rutine på å sortere ut de 20 % minste, og dermed ta ut saktevoksende og en del med deformiteter. Reduserte finner (brystfinne, ryggfinne og halefinne) vil ofte ikke sorteres ut hvis det ikke er alvorlig.

Påvektsfasen varer bortimot et år, og krever at fisken flyttes, splittes og sorteres flere ganger i løpet av perioden. Produsentene opplyser at dette skjer «ved behov», men det kan være så ofte som hver 3dje

uke. Metodene som brukes er håndsortering, vogge eller sorteringsmaskin. Fisken tåler godt håndtering på dette stadiet, og det er ikke problemer med dødelighet eller dårlig trivsel i etterkant.

Transport av ferdig sjøklar fisk utføres med bil og båt og oppleves som uproblematisk.

5.3.4.21 utfordringer, dødelighet, tiltak og ting som ikke fungerer

Generelt er det lav dødelighet i påvekstfasen, og ingen oppgir sykdom som årsak. Det er stort fokus på fôringsrutiner og personell som «ser» endringer i adferd og annet, og kan handle deretter. Av nye produsenter er det få som har erfaring med oppdrett av berggylte, og det er viktig å erkjenne at driften må være tilpasset arten. Dette gjelder spesielt med tanke på strømforhold i kar, rett biomasse og fôring. En del av fisken blir sortert ut og avlivet i påvekstperioden, der årsaken er tapere (dårlig vekst) og deformiteter. Finneslitasje i form av korte brystfinner og halefinne oppleves som et stort problem, og det er også usikkerhet om hvor mye av dette som skal sorteres ut. Hvis skaden ikke er for stor vil finner regenerere, men det skjer kun hvis forholdene som fører til skaden endres til det bedre (eks lavere tetthet, sortering, bedre vannkvalitet m.m.).

På et oppdrettsanlegg vil det alltid foregå endringer og tilpasninger, og det er ikke alltid sikkert hva som fører til forbedringer hvis mye endres samtidig. Flere av produsentene har opplevd at endring i fôringsrutinene som redusert fôring og pauser i fôring førte til bedre vannkvalitet, bedre kvalitet på fisken og lavere dødelighet. Tilpasset strømforhold, bedre kar og bedre oksygenstyring oppgis også som bra endringer.

Alle har opplevd ting som ikke fungerer, og opplysning om dette kan være verdifullt for andre, men det vil være delte meninger om hva som egentlig er årsaken (siden det ofte er flere ting som endres). Det beste er å ha en åpen diskusjon også om ting som går galt.

Tabell 6 er en oversikt over svarene vi fikk fra oppdretterne angående påvekstfasen.

Tabell 6: Svar fra produsenter -påvekst

	1	2	3	4	5	6	7
Karstørrelse (volum – m ³)	16, 35, 90	25, 115		3	6-156	3, 150	27, 120
Karstørrelse (diam. – m)	5, 8	3	3	1,5-4			8
Tetthet (antall/Liter)	9-2 larver per liter						
Tetthet (kg/m ³)		12-60	<30		8-25	<30	<35
Lysregime	24 h	24 h (plan dempet lys natt)	16:8	16:8	24 h	24 h	24 h
Temperatur	14,5	14-15	16	16	16	15,5	15
Vannutskifting per time	1	1	1-2		1,3	1	1-2
Strømhastighet		Adferd vurderes	Unngå at fisk «jobber i strøm»	Mer strøm når fôret	Adferd vurderes	Adferd vurderes	Til selvreinsing

				synker raskt			
Fôring	24 h Apetittvurdering og magefylling	24 h – pause 3 timer i forbindelse med røkting	16:8 + fôringspauser dagtid	På dagtid		24 h	24 h
Fôrskifte/tilvenning	Cofeeding	Nytt fôr – 3 døgn. Ny størrelse - direkte	varierer	direkte		Coofeeding - 4-5 dager	Cofeeding
Tilvenning før sjøfase		Tilvennes sjø-fôr (3 dager)	Samkjøring temperatur	Tilvennes fôrblokker		Tilvennes sjø-fôr	Ikke tilvenning fôr
Røktearm	ja	Ja i PV1	ja	Nei – selvrensing fra 110 dph	På små kar	På små kar	nei
Registrering døde	Ja – med årsak	Ja – med årsak	ja	ja	ja	ja	ja
Registrering adferd	Ja	Spinnere, svimere, flak i overflate, svømmeadferd	ja	Ja - aggresjon	Ja. Tetthet, foring, spredning, aggresjon	Noteres ikke	Flytere, plassering
Vekstmåling	Snittvekt hver uke	Snittvekt hver mnd	Snittvekt hver mnd	Snittvekt hver uke	Snittvekt hver uke	Snittvekt hver mnd	
Registrering deformiteter	Ja	Ja	Ikke systematisk	Fra 1,8 gram		Ved lytekontroll før sjø	
Hvilke deformiteter	Finner, hodenekrose, kjeve og annet	Finner, Kjeve, gjellelokk, hodenekrose	Hode, munn. Lite ryggdeformiteter	Kjeve, snute	Hode, Finner, kjeve, hale	Finner, hodeerosjon, kjeve, gjellelokk	
Når reg def	Før levering til PV2. ca 2 g og 5-6 mnd	3 uker før utsett. Ved mistanke	Når synlig		Fra 10 gram	Ved mottak, forsøk og mistanke	
Kriterier utsortering		Minstesortering – 20 %	Ikke rutine	Avliver alt som er rart. Ikke finneslite sje fra 1,8 gram	Sorterer ut deformiteter hode og munn, men ikke	4. sortering liten fisk. Ellers ikke	

					finneskad er		
Flytting	Ved sortering	Hver 3.mnd	Ved behov	Kontinuer lig	ja	Ved behov	
Splitting	Ved sortering	Ved for høy tetthet			Ja – hvis størrelse er jevn	Ved behov	
Sortering	Fra 0,7 gram	Hver 3.mnd	Ved behov. Sortering smaskin	Hver 3. uke. For hånd	Ja. Vogge	Ja ved stor sprednin g	
Transport	Bil	Bil og båt	Båt. Ingen problem		Bil og båt. Ingen problem	Ja. Ingen problem	
Utfordringer		Fokus på adferd krever mye opplærin g, det er ikke likt andre arter. Suksess er avhengig av rett personell. Tekniske løsninger ikke tilpasset berggyllt	Planlegg e karkapasi tet. RAS- probleme r. Definisjo n på «taperfisk » - hva skal sorteres ut. Deformite ter. Fôring og fôringspa user tilpasset fisk og RAS.	Finneslita sje i tidlig fase. Bedre med lavere tetthet.	Deformite ter. Sprednin g i vekst.	Finnestat us. Fôrsamm ensetning . Lysstyrin g. Temperat urvariasjo ner. Strømsett ing – spesielt på små fisk. Fôringsre gime.	
Årsak til dødelighet	tapere, blå fisk, tidligere «rødt gatt» og kvite prikker	Kvalitet fra tidligere stadier. Finneslitas je. Karmiljø. Dårlig tilpasset fôr.	Tapere. Fôrspre dning. Underfôri ng. Overfôrin g – vannkvali tet. RAS- probleme r.	Lite dødeligh et		Fôrsamm ensetning . Lite kunnskap om arten. Temperat ursvingni nger. Stress. Håndterin g	
Bra endringer	Redusert fôring for å unngå «rødt gatt». Bedre at fisken er litt sulten.	Bedre fôr. Innløp som gjør at en kan ha stor vannutski fting uten høy	Praktiske kar med lav karkant og bedre tilgjengel ighet. Program merbar automat.	Bedre kvalitet på yngel	Ikke sortere ut finneslita sje – det blir bedre.	Sortering	

		strømhas tighet.	Automati sk oksygene ring. Fôringsp ause. Mørklegg ing på natt. Nytt RAS- anlegg.				
Ting som ikke har fungert		Skjul. Strålerør. Oksygen ering med steiner. Overfôr ing.	Ikke sortere ofte nok	Tidligere utføring er med fôr som ikke ville spises	RAS	Andre fôr enn Skretting og Othohom e. Mørke. Kaldt vann.	

5.3.10 Oppsummering og forslag til nye rutiner

Det er ikke de samme områdene som skaper problemer hvert år, og det varierer også fra anlegg til anlegg hva som ses som flaskehals. Metoder som gir gode resultater en produksjon, kan gi dårlige resultat en annen. Metoder som fungerer godt på et anlegg fungerer ikke på et annet anlegg. Dette tyder på at det er mange faktorer som spiller inn.

Selv om det har vært drevet oppdrett av berggyllt i 25 år, er det fremdeles å regne som en ny art i akvakultur, med stort potensiale for bedre resultat. Kravene til hva som regnes som godt resultat vil også endres med tiden.

For å gjøre et forsøk på å lage noen form for sammenligning mellom ulike produsenter må vi ha målepunkt som utføres likt på hvert anlegg. I samarbeid med de produsentene som har holdt på lengst har vi noen forslag til hva som kan gi en indikasjon på resultat.

Et av hovedutfordringene med å tallfeste resultat gjennom tidlig fase av produksjonen er problemene med å fastsette dødelighet. Her er det mange usikkerhetsmomenter som en ikke har i like stor grad på andre arter.

Eggmengde – eggene blir gytt på matter, så det finnes ikke per i dag en nøyaktig metode for å vite hvor mange egg som legges i inkubator

Startforingsklare larver – blir ikke alltid telt. Overføres direkte fra klekkeinkubator over flere dager.

Larvene vil ikke være jevnt fordelt i startforingskar etter overføring, så det er ikke mulig å gjøre en sample-basert telling på det tidspunktet

Registrering dødelighet: er veldig usikkert de første ukene. Tekniske utfordringer med å samle opp og få nøyaktige tall. Høy temperatur fører til at døde larver vil raskt gå i oppløsning og ikke fanges opp ved røkting. Det er først ved dag xx (varierer mellom produsenter) at oppdrettere selv antar at registrert dødelighet er reell.

Et bedre punkt vil være å jevnlig utføre magefyllings tester og svømmeblære. Dette gir en god indikasjon på hvordan det går med produksjonen, og er ikke avhengig av antall larver i karet. Selve metoden må standardiseres slik at en er sikker på å få med et representativt utvalg.

Observasjon av adferd brukes også for å vurdere tilstanden i karet. Kan dette standardiseres for å benyttes av flere?

Et endelig tall på antall fisk i karet får en ikke før ved telling ut av karet etter gjennomført tørrfortilvenning. En kan da regne seg tilbake for å se dødelighet etter dag xx.

Det oppleves ikke som et stort problem å få nok startforingsklare larver. Dødeligheten i starten blir ikke registrert, men vil i de fleste tilfeller være høy. Ved noen tilfeller vil det oppstå høy dødelighet like etter overføring fra klekkeinkubator (eller transport). Larver som ikke starter å spise vil dø etter ca. 10-12 dager etter klekking. Oppdrettere kan ta høyde for denne dødeligheten ved å legge inn ekstra mange larver, men en kan likevel tenke seg at også de overlevende larvene kan være affisert av de forholdene som førte til høy dødelighet.

5.3.11 Vedlegg. Spørreundersøkelse

Spørsmålene i undersøkelsen ble utformet i samarbeid med flere erfarne oppdrettere. Vi så i etterkant at noen av spørsmålene var noe upresise, og at det også var spørsmål vi burde tatt med.

Vi hadde xx navn på vår liste over aktive oppdrettere av berggylt, og alle disse ble kontaktet på telefon og e-post med forespørsel om å delta i undersøkelsen. Dessverre fikk vi ikke med alle, men vi har med alle som har lengst erfaring. Vi skulle gjerne hatt med flere av dem som nylig har startet opp, men det er ulike årsaker til at de ikke kunne/ville delta.

Undersøkelsen ble besvart enten via intervju eller ved at produsenten svarte på skjemaet.

Om produsenten: Navn, hvilke stadier (stamfisk, klekkeri, startfôring, tørrfortilvenning, påvekst), oppstartsår

- Stamfisk: Villfanget? Fra når? Nye hvert år?
Egenprodusert? Planer? Avl?
Lysstyrte grupper?
Temperaturregime?
Karstørrelse?
Fôr stamfisk?
Matter? Hvor ofte samle inn? Rengjøring matter?
- Klekkeri: Temperatur?
Lysregime?
Luft?
Desinfeksjon?
Klekketidspunkt?
Transport larver? Alder? Metode? Transporttid?
Store og små utfordringer
Årsak til dødelighet?
Endringer som var virkelig bra
Ting som ikke har fungert

Startfôring: Karstørrelse?
Temperaturregime?
Lysregime?
Vanngjennomstrømming/Flow?
Luftbobling?
Resirkulering?
Antall larver per liter start?
Alder ved overføring?
Alder ved startfôring?
Alger?
Leire?
Levendefôr: Fôringsregime
Hvor mange ind/ml?
Kontinuerlig?
Batch?
Rotatorier?
Acartia (C-feed)?
Rur (Planktonic)?
Artemia?
Annet?
Rengjøring: Når første røkting?
Røktearm?
Registrering av dødelighet?
Overflateskimmer?
Rutiner: Vurdering av rest byttedyr?
Vurderinga av adferd?
Mat i magen? Når og hvordan?
Store og små utfordringer
Årsak til dødelighet?
Endringer som var virkelig bra
Ting som ikke har fungert

Tørrfôrtilvenning: Karstørrelse?
Tetthet?
Lysregime?
Temperatur?
Vannstrøm? Strømhastighet?

Alder?

Produsent?

Kombifôring?

Foringsregime?

Rengjøring: Røkteam?

Registrering av dødelighet?

Rutiner: Vurdering/registrering av adferd?

Mat i magen? Når og hvordan?

Vekstmåling? Når og hvordan?

Registrering deformitet? Hvilke? Når? Utsortering?

Flytting?

Splitting?

Sortering?

Transport?

Store og små utfordringer

Årsak til dødelighet?

Endringer som var virkelig bra

Ting som ikke har fungert

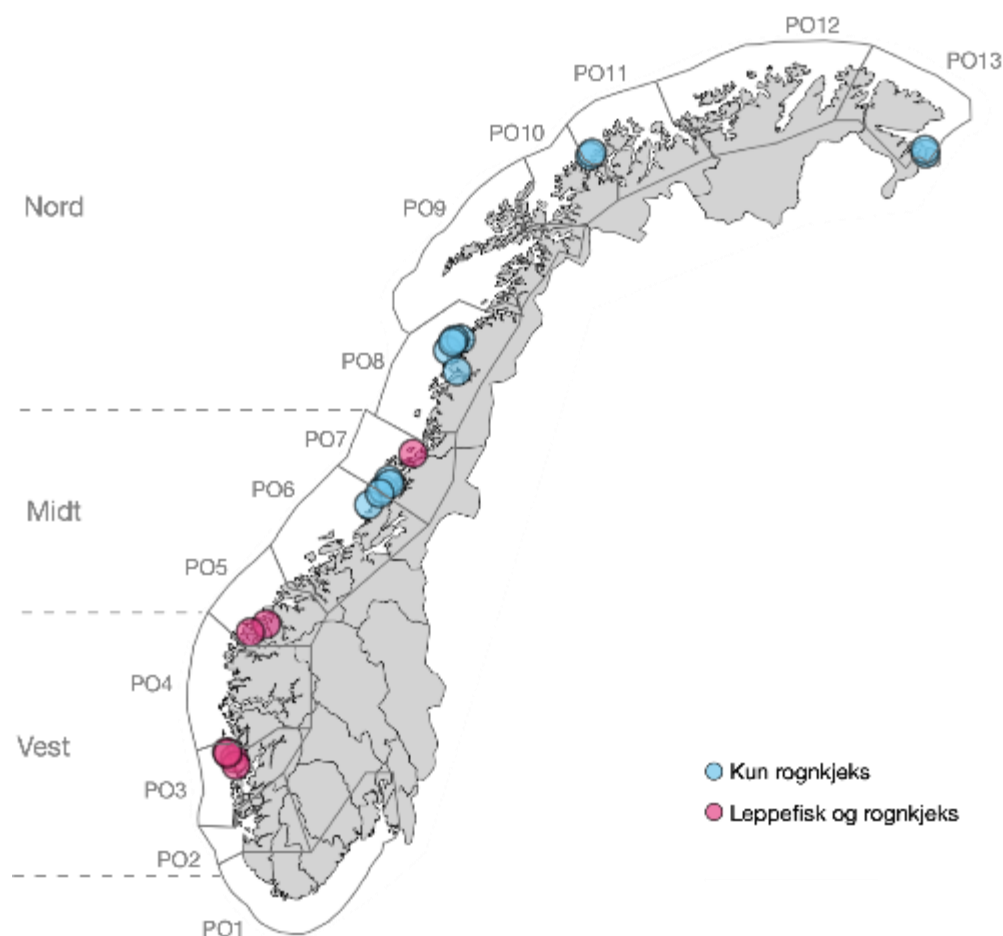
Påvekst: Karstørrelse?
Tetthet?
Lysregime?
Temperatur?
Vannutskifting? Strømhastighet?
Foring: Foringsregime?
Forskifte/tilvenning?
Tilvenning før sjøfase?
Rengjøring: Røktearm?
Registrering av dødelighet?
Rutiner: Vurdering/registrering av adferd?
Vekstmåling? Når og hvordan?
Registrering deformitet? Hvilke? Når? Utsortering / kriterier?
Flytting?
Splitting?
Sortering?
Transport?
Store og små utfordringer
Årsak til dødelighet?
Endringer som var virkelig bra
Ting som ikke har fungert

5.4 AP3-4. Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet og villfanget rensefisk etter utsett i sjø

5.4.1 Storskalakartlegging

5.3.4.22 Materiale og metoder

Datamateriale ble innsamlet fra 21 lokaliteter: 4 i region Vest, 8 i region Midt og 9 i region Nord (Figur 1). Av disse brukte alle rognkjeks, og 7 av disse benyttet også leppefisk. Alle lokalitetene som benyttet leppefisk hadde en blanding av vill og oppdrettet leppefisk. Leppefisk var kun brukt i regionene Vest og Midt, mens rognkjeks ble brukt i alle 3 regionene. Hos fire av lokalitetene ble også velferden hos rensefisken fulgt opp.



Figur 1: Oversikt over lokalitetene det ble samlet inn data fra. Blå sirkler viser lokaliteter med kun rognkjeks og rosa sirkler viser lokaliteter med en blanding av rognkjeks og leppefisk.

5.3.4.23 Miljøbetingelser

Daglige registreringer av temperatur, oksygen og salinitet ble innsamlet fra alle lokalitetene i studiet. Temperaturregistreringer ble mottatt fra alle 21 lokalitetene, mens oksygendata ble mottatt fra 14 lokaliteter og salinitet fra 8 lokaliteter. For flere av lokalitetene ble det mottatt data med bedre oppløsning enn dagnivå, og ekstremverdier ble forkastet før daglig gjennomsnitt ble beregnet. Daglig gjennomsnitt

ble deretter plottet mot tiden for å identifisere eventuelle sensorfeil og usannsynlige målinger. I tilfeller hvor det manglet målinger på enkeltdager ble R-funksjonen na.approx benyttet for å interpolere de manglende målingene (Zeileis og Grothendieck, 2005).

5.3.4.24 Produksjonshendelser

Det ble innhentet tidspunkt for notvask, notskifte, avlusing og AGD-behandling fra alle lokalitetene. Ifølge de mottatte dataene ble det på merdnivå gjennomført 277 mekaniske avlusinger, 75 medikamentelle avlusinger, 31 AGD-behandlinger, 1031 notvask og 77 notbytter i den registrerte perioden. På grunn av en feil i registreringene av notvedlikehold til flere av lokalitetene ble ikke alle notvaskingene inkludert i datasettet. I tillegg ble det for tre av lokalitetene ikke mottatt en komplett oversikt over alle produksjonshendelsene, og det er derfor flere utførte hendelser enn det som er inkludert i datasettet. For disse tre lokalitetene ble Barentswatch benyttet for å hente ut informasjon om utførte avlusinger (både mekanisk og medikamentell) på lokalitetsnivå. Det ble her antatt at hele lokaliteten ble avluset innenfor en to-ukers periode. Informasjon om utførte AGD-behandlinger og notvedlikehold var derimot ikke tilgjengelig for disse lokalitetene.

5.3.4.25 Beholdning og dødelighet

Daglig data på inngående antall rensefisk og antall døde ble mottatt på merdnivå fra alle lokalitetene. Det var ulikt hvordan firmaene registrerte beholdningen og dødeligheten hos rensefisk. Noen av firmaene justerte gårdsdagens dødelighet ved å multiplisere antall døde med en faktor (1-4) når de oppdaterte inngående antall rensefisk, mens andre registrerte antallet som var observert/estimert. For å kunne sammenligne lokalitetene på mest mulig likt grunnlag, ble inngående antall rensefisk før justering regnet ut for de lokalitetene som hadde rapportert inn justerte tall. Data på utsett/påfyll av rensefisk var for de fleste lokalitetene fraværende eller mangelfull, og antall nyutsatte rensefisk ble derfor antatt å være økningen i beholdning minus antall døde. Det var også mangelfull informasjon om rensefisk som var fisket ut. Her ble reduksjonen i beholdning, som ikke var registrert som dødelighet, antatt å være utfisket.

Det var flere tilfeller hvor antall rensefisk ikke var registrert på enkelte dager i produksjonen. I slike tilfeller ble beholdningen oppdatert ved å trekke fra antall døde fra inngående beholdning uken før. Etter operasjoner på lokalitetene oppsto det i flere tilfeller splittings i dataregistreringen for rensefisken. For å kunne følge rensefisken gjennom hele produksjonsperioden måtte det foretas et betydelig arbeid for å følge rensefisken på merdnivå. På to av lokalitetene var det f.eks. tydelig at hele beholdningen av rensefisk ble flyttet mellom merdene ved behandlinger på lokalitetene. For å kunne se på dødelighetsutviklingen fra utsett til utfisking ble disse knyttet sammen ved å manuelt flytte dataene slik at det ble en sammenheng i beholdningstallene gjennom hele utsett.

Det ble laget en egen variabel som grupperte dataene i rensefiskgenerasjon, da det for enkelte merder ble mottatt data for flere rensefiskgenerasjoner. Kriteriene for at det ble regnet som en ny generasjon var at inngående beholdning hadde vært tilnærmet 0 før nytt utsett eller at inngående beholdning hadde vært konstant den siste måneden og påfylt mengde var betydelig større enn antallet før påfyll.

For å redusere innvirkningen eventuelle tilfeldigheter har på dataanalysen ble alle dataene slått sammen til ukenivå istedenfor dagnivå. Antall rensefisk satt ut, død og destruert i hver merd ble summert for hver uke, og gjennomsnittlig temperatur, oksygen, salinitet og snittvekt for hver uke ble regnet ut. I tilfeller hvor det var registrert både utsett og destruering samme uke ble det foretatt en vurdering hvorvidt dette var midlertidige flyttinger eller nye utsett. Ved midlertidige flyttinger ble differansen mellom antall satt ut og antall destruert regnet ut og registrert på variabelen (utsett/destruksjon) med størst antall.

Rutinene ved dataregistreringene etter utfiskingen av rensefisk var ulike. Enkelte firma registrerte den gjenværende beholdningen i merden som død ved utfisking, mens andre kun registrerte antallet som ble fisket ut og dermed ikke nullstilte beholdningen i merd. For disse merdene ble beholdningen stående i en lengre periode uten at det ble registrert død fisk. For å redusere forskjellene i rapporteringen ble alle utsettene stoppet når det ikke lenger ble foretatt dødelighetsregistreringer.

Varigheten til hvert utsett ble beregnet som antall dager siden første utsett i merd til siste dato hvor dødelighet ble registrert. Totalt ble det innhentet data fra 297 utsett på merdnivå med varighet fra 2-70 uker. Utsett med varighet under 5 uker ble ikke inkludert i videre analyser på merdnivå (11 utsett).

Basert på antallet inngående rensefisk i merden og antallet døde hver uke ble ukentlig dødelighetsrate i prosent beregnet for hver av rensefiskartene. I tilfeller hvor gjenværende rensefisk i merden var under 5 % av total utsatt mengde, eller mindre enn 100 individer, ble ikke ukentlig dødelighetsrate beregnet. Dette var for å unngå høye ukentlige dødelighetsrater som skyldtes få individer og ikke høy dødelighet. I tillegg ble akkumulert dødelighet for hver art beregnet.

For å gi en samlet oversikt over dødeligheten hos oppdrettet og villfanget rensefisk etter utsett i sjø ble dataene på merdnivå slått sammen til lokalitetsnivå. Startdato ble registrert som første utsett på lokaliteten og antall uker siden utsett ble relativ til denne. For hver uke ble antall inngående, døde, utsatt og utfisket i hver merd på lokaliteten summert. I tilfeller hvor det hadde blitt utført produksjonshendelser på minst en av merdene ble det også på lokalitetsnivå registrert utført produksjonshendelse. Akkumulert dødelighet for hver av rensefiskartene for lokaliteten ble også beregnet. Ved to av lokalitetene ble det mottatt data fra to separate rensefiskutsett, generasjoner, mens resten av lokalitetene kun hadde ett sammenhengende utsett med flere påfyll.

For å få en oversikt over uregistrert tap var det nødvendig med informasjon om hvor mye rensefisk som ble fisket ut før slakt, ved opptak av not og sortert bort på slaktelinjen. For fem av lokalitetene ble det mottatt en oversikt over avviket i rognkjeksbeholdningen i hver merd etter slakt og opptak av not. Dette ble forespurt hos de andre lokalitetene også, men resterende slakteri hadde ikke et system for å telle rensefisk ved slakt. Ett av slakteriene som ble benyttet arbeidet med å implementere rensefisktellere, men hadde ikke dette klart til prosjektslutt.

5.3.4.26 Helsestatus

Av de 21 lokalitetene som deltok i studien ga 16 tilgang til helserapportene for anleggene. Totalt ble det mottatt 135 rapporter etter helsekontroll på disse lokalitetene, hvor antallet rapporter fra hver lokalitet varierte fra 3 til 17. Rensefiskene hadde blitt fulgt opp i varierende grad, og detaljnivået i rapportene var også ulikt. Det var variasjoner i hvilket personell som hadde gjennomført de ulike helsebesøkene, men hvert anlegg var konsekvent i hvilket firma de hadde benyttet til å følge opp rensefiskene.

Alle helserapportene ble gjennomgått og satt i system på individnivå. Observasjoner, obduksjonsfunn, histologisvar, PCR-svar, bakteriologisvar og andre kommentarer for de undersøkte individene ble lagt inn i et felles datasett. På grunn av manglende detaljer i flere av rapportene ble det nødvendig å slå sammen individvurderingene til merdnivå, da det ikke var mulig å knytte de ulike prøvesvarene til riktig fisk. De ble slått sammen ved å summere antallet påvisninger og antallet undersøkte individer for hver merd ved hvert prøvetidspunkt. Av prøvene som ble tatt, ble 79 % tatt fra rognkjeks, 20 % fra oppdrettet berggylt og de resterende 1 % fra vill berggylt. På grunn av svakt datagrunnlag på villfanget fisk, ble det i videre analyser fokusert på helsevurderingene på oppdrettet rensefisk.

Basert på dataene fra fiskehelsebesøkene ble det forsøkt å knytte eventuelle sykdommer til merdnivå. Diagnosene som ble vurdert i denne studien var: AGD, atypisk og typisk furunkulose, flavivirusinfeksjon, kratersyke, vintersår, pasteurellose, pseudomonasinfeksjon, sepsis, tenacibaculose og vibriose. Diagnosen sepsis ble satt ved funn av hudsår/finneråte/skader i dermis, sammenfallende med obduksjonsfunn som indikerer bakteriell systemisk sykdom, som ascites og stuvning i indre organer, eller dersom diagnosen sepsis ble stilt ved histologi. På grunn av at det ved flere sykdomspåvisninger manglet informasjon om merd ble det nødvendig å behandle diagnosene på lokalitetsnivå når de skulle sees i sammenheng med dødeligheten.

5.3.4.27 Velferdsstatus og mageinnhold

Operative velferdsindikatorer (OVI) ble registrert på 20 rensefisk fanget fra skjul eller fôrstasjon. Dette ble gjort en gang i måneden, så lenge det var mulig, i et helt år eller til destruering på fire lokaliteter. For å se på utviklingen over tid ble samme merd fulgt gjennom hele oppfølgingen. Totalt ble 450 oppdrettet berggylt og 299 rognkjeks undersøkt. Oppdrettet berggylt og rognkjeks ble på grunn av deres ulikheter scoret på litt ulike velferdsindikatorer (Tabell 1; [Boissonnot mfl., 2022a; b](#)).

Av de undersøkte rensefiskene ble totalt 173 av disse avlivet med en overdose av bedøvelsesmiddel for undersøkelse av mageinnhold og leverindeks. Innhold fra mage og tarm ble kategorisert i ni kategorier etter [Boissonnot mfl. \(2022a\)](#), hvor kategoriene rensefiskfôr, fôrblokk, laksepellet, dyreplankton, begroingsorganismer, lakselus, skottelus og annet ble scoret 1 ved observasjon og 0 dersom de ikke ble observert.

Tabell 1: Oversikt over OVI-ene som ble registrert og hvordan de ble scoret. Hentet fra [Boissonnot mfl., 2022a; b](#)

OVI	Scoring	Vurdering
Finne (rognkjeks: halefinne og andre, berggylt: halefinne og brystfinne)	0	Intakt finne/ingen erosjon
	1	Mild erosjon/slitasje
	2	Tydelig erosjon/slitasje, deler er borte
	3	Alvorlig skadet eller erodert bort
Deformiteter (rognkjeks: deformiteter, berggylt: munndeformiteter)	0	Ingen deformitet
	1	Mild deformitet
	2	Tydelig deformitet
	3	Alvorlig deformitet
Hud/sår	0	Ingen synlige sår/skader/slitasje/sykdom
	1	Antydning til sår/skader/slitasje/sykdom
	2	Betydelige sår/skader/slitasje/sykdom
	3	Omfattende sår/skader/slitasje/sykdom
Øye (rognkjeks)	0	Ingen skade/blødning
	1	Mild skade/blødning
	2	Moderat skade/blødning
	3	Alvorlig skade/blødning
Katarakt (rognkjeks)	0	Ingen katarakt
	1	< 10 % dekning
	2	10-50 % dekning
	3	≥ 50 % dekning
Skjelltap (berggylt)	0	Ingen synlige skjelltap
	1	Antydning til skjelltap
	2	Betydelig skjelltap
	3	Omfattende skjelltap
Hold - visuell vurdering (berggylt)	0	Godt hold
	1	Noe avmagret
	2	Tydelig avmagret
	3	Alvorlig avmagret

For å vurdere den samlede velferdsscoren til hvert individ, ble det basert på ([Boissonnot mfl., 2022a; b](#)) utført en felles vurdering av OVI-scorene. For hvert enkelt individ ble scoringene kvadrert og summert etter vektningen i Ligning 1. Individets vektete sum ble deretter delt på maks oppnåelig vektete sum (score 3 på alle OVI), og basert på denne relative summen ble den overordnede velferden scoret (Tabell 2).

$$\begin{aligned} \text{vektet sum berggylt} &= (0,5 \times \text{munndeformitet}^2) + \text{brystfinne}^2 + \text{halefinne}^2 \\ &+ \text{Sår}^2 + \text{Skjelltap}^2 + \text{Hold}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{vektet sum rognkjeks} &= (0,5 \times \text{deformiteter}^2) + \text{halefinne}^2 + \text{andre finner}^2 \\ &+ (2 \times \text{hud}^2) + (2 \times \text{øye}^2) + (2 \times \text{katarakt}^2) \end{aligned}$$

Tabell 2: Oversikt over vurdering av velferdsscoren hos rognkjeks og leppefisk. Velferdsscoren scores fra 0 (god velferd) til 3 (alvorlig redusert velferd), basert på den relative summen (0-100). Hentet fra [Boissonnot mfl., 2022a; b](#)

Relativ sum	Velferdsscore	Vurdering
0	0	God velferd
0 - 10*	1	Noe redusert velferd
10 - 30	2	Tydlig redusert velferd
≥ 30	3	Alvorlig redusert velferd

* Ved score 3 på én OVI vurderes velferdsscoren som score 2 (tydelig redusert).

5.3.4.28 Utfisking

Vi fikk dessverre ikke innhentet data om utfisking i denne studien. Oppdretter er i henhold til Akvakulturdriftsforordningen §28 pålagt å fiske ut rensefisk før operasjoner på anlegget som kan føre til belastning på rensefisken. Den vanligste metoden for utfisking er å bruke ei not rundt skjulet for å fiske ut rognkjeks, mens leppefisk også fiskes ut ved å bruke teiner med agn. Det er spesialiserte firma som tilbyr utfisking, gjerne leppefiskfiskere, men ofte er det eget personell på anlegget som gjennomfører dette, før en planlagt håndtering eller splitting.

5.3.4.29 Statistiske analyser

All databehandling og statistiske analyser ble gjennomført i R ([R Core Team, 2021](#)). Siden de ukentlige dødelighetsratene var skjevt fordelt ble kvadratrotten av dødelighetsraten benyttet i de statistiske analysene for å komprimere de høyeste dødelighetene ([Ahrens mfl., 1990](#)). For å se på sammenhengen mellom den ukentlige dødelighetsraten og de enkelte forklaringsvariablene ble parvise kvadratiske regresjonsmodeller tilpasset. Signifikansnivå ble satt til $p < 0,05$. Mann-Whitney U test ble benyttet for å undersøke signifikante forskjeller i daglig dødelighet mellom høye og lave tettheter.

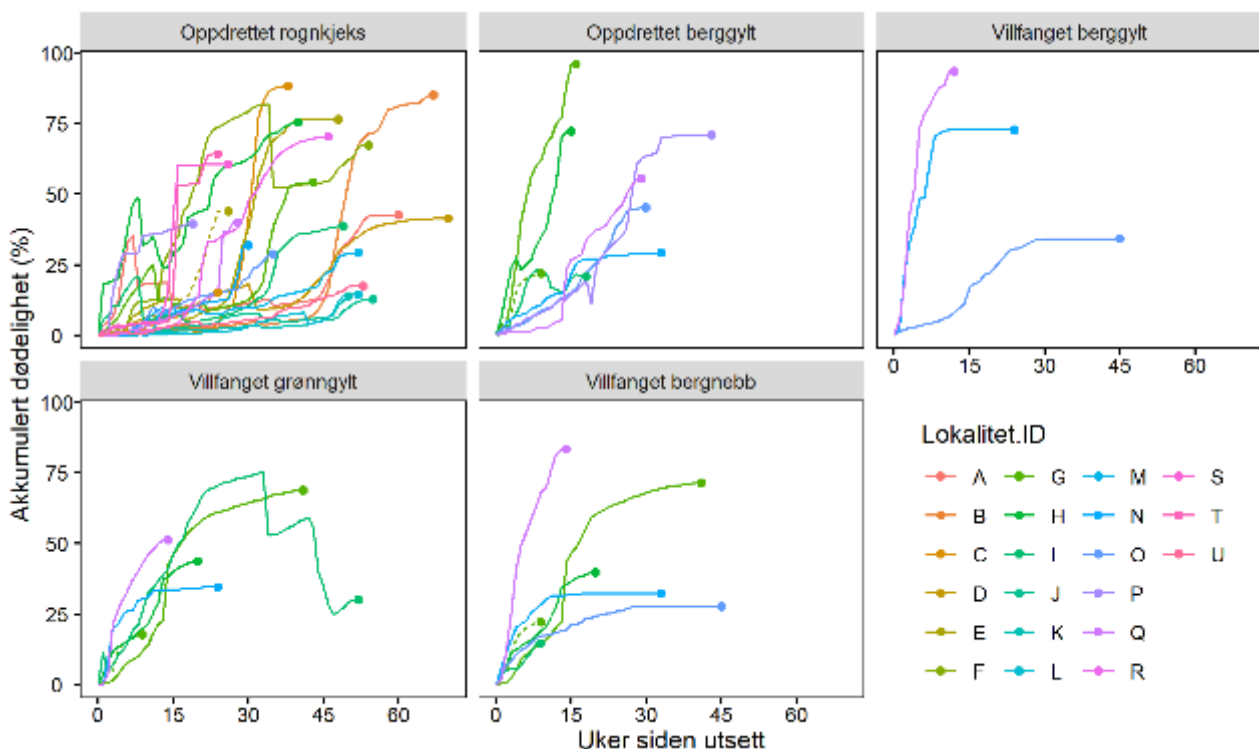
For å studere ulikheter mellom lokalitetene og kunne identifisere årsaker til dødelighet i merd ble en multivariate analyse i form av Principal Component Analysis (PCA) benyttet ([Lê mfl., 2008](#); [Ringnér, 2008](#)). Det ble gjennomført separate analyser for hver av rensefiskartene. I analysene ble temperatur, årstid, inngående antall rensefisk, sykdom, nylig håndtert og ikke håndtert inkludert som forklaringsvariabler. For sykdom og håndteringsvariablene ble det benyttet indikatorvariabler som var 1 ved henholdsvis påvist sykdom, nylig utført håndtert og ikke utført håndtering, og 0 ellers. Perioden 10 dager før og etter påvist infeksjon ble inkludert som sykdom i indikatorvariabelen, mens uker hvor det hadde blitt utført mekanisk avlusing eller AGD-behandling de siste 4 ukene ble registrert som nylig håndtert. Ukene frem til første behandling mot lus eller AGD, samt hvis merden ikke hadde blitt behandlet de siste ukene, ble registrert som ingen håndtering. Salinitet og oksygenmetning ble ikke inkludert i analysen, siden dette kun var tilgjengelig for enkelte lokaliteter. Kvadratrotten av ukentlig dødelighetsrate ble inkludert som en supplerende variabel, og påvirket derfor ikke selve analysen, men ble benyttet for å vurdere korrelasjon med forklaringsvariablene.

5.4.2 Resultater

5.3.4.30 Beholdning, velferd og dødelighet

Antall oppdrettet rognkjeks som ble satt ut var som regel mye høyere enn antall leppefisk som ble satt ut (Tabell 3, Tabell 4), med i snitt 19451 oppdrettet rognkjeks per merd, 6032 oppdrettet berggylt, 1189 villfanget berggylt, 4821 villfanget bergnebb og 12170 villfanget grønnngylt. Total dødelighet hos oppdrettet rognkjeks varierte fra 13 til 88 %, hvor kun 5 av de 23 utsettene hadde en dødelighet under 20 % og 5 hadde en dødelighet over 70 %. Total dødelighet hos oppdrettet berggylt varierte mellom 21 % og 96 %, og av de 8 utsettene hadde tre dødelighet over 70 %. Av de tre utsettene av villfanget berggylt, hadde ingen utsett dødelighet under 20 %, men to over 70 %. Total dødelighet hos villfanget grønnngylt var mellom 17 % og 69 %, og av de 6 utsettene var det kun ett utsett med dødelighet under 20 %. Total dødelighet hos villfanget bergnebb varierte fra 15 % til 83 %, og av de 7 utsettene hadde ett dødelighet under 20 % og to over 70 %.

De fleste utsettene av oppdrettet rognkjeks hadde varighet mellom 20 og 50 uker (Tabell 3, Figur 2). Til tross for store variasjoner mellom utsettene, var dødeligheten lav de første 30 ukene, og økte etter hvert. I tillegg hadde fem rognkjeksutsett med lang varighet (over 50 uker) lav dødelighet gjennom hele produksjonen (<20 % totalt). Leppefiskutsettene hadde i snitt mye kortere varighet enn rognkjeksutsettene, hvor oppdrettet berggylt hadde gjennomsnittlig kortest varighet (24 uker) og villfanget berggylt hadde lengst varighet (27 uker; Tabell 4). Det var høy dødelighet hos både oppdrettet og villfanget leppefisk fra utsett og helt til slutten av produksjonen. To utsett av oppdrettet berggylt, ett utsett av villfanget berggylt og ett utsett av bergnebb nådde en dødelighet på over 70 % i løpet av mindre enn 20 uker.



Figur 2: Akkumulert dødelighet på lokalitetsnivå gruppert etter art. Andre generasjon på samme lokalitet er visualisert med stiplet linje i lokalitetens farge.

Tabell 3: Oversikt over antallet rensefisk hver av lokalitetene satt ut, og andelen av disse som ble registrert død. Utsettsgenerasjon (G), antall merder med rensefisk (Merder) og antall uker fra første utsett til siste dato hvor dødeligheten ble registrert (Varighet) er også inkludert. Farger er benyttet for å synliggjøre utsettene med lavest (<20 %) og høyest dødelighet (>70 %).

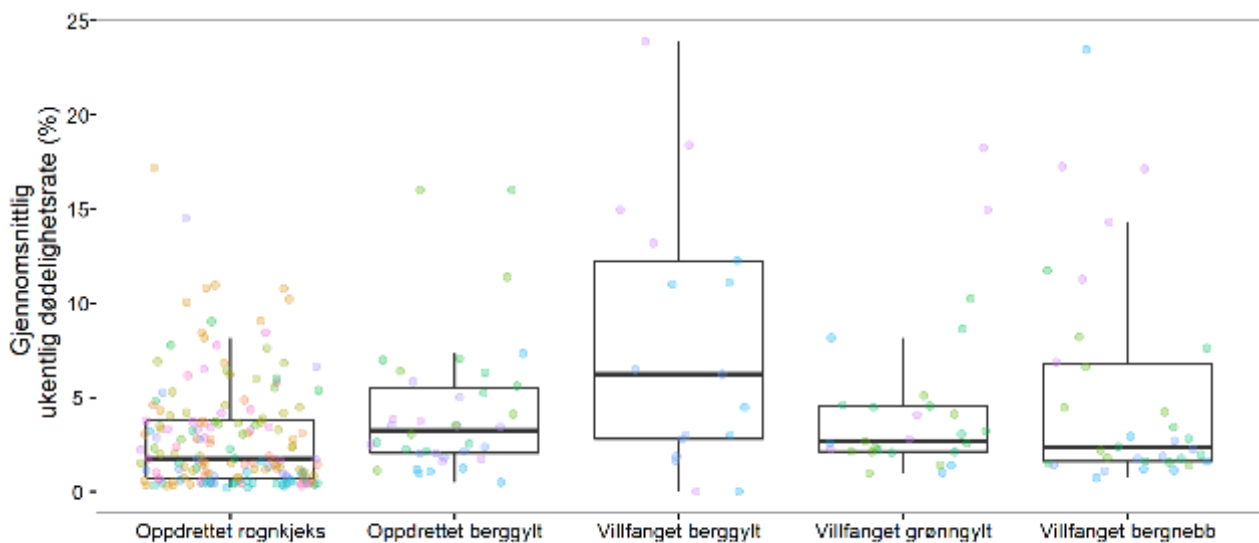
Lokalitet	Region	Art	G	Merder	Varighet	Utsatt	Registrert døde
A	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	9	60	139522	42,6 %
B	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	10	67	150933	85,0 %
C	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	13	38	157519	88,3 %
		Oppdrettet rognkjeks	1	11	24	118676	15,2 %
D	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	14	70	245933	41,4 %
E	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	9	48	92473	76,5 %
		Oppdrettet rognkjeks	1	3	26	45129	43,8 %
F	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	9	54	193125	67,2 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	7	43	366981	54,3 %
		Oppdrettet berggylt	0	2	16	2005	95,9 %
		Oppdrettet berggylt	1	8	9	16136	21,8 %
		Villfanget grønngylt	0	2	41	23706	68,8 %
		Villfanget grønngylt	1	8	9	135546	17,6 %
		Villfanget bergnebb	0	2	41	14239	71,5 %
G	Vest	Villfanget bergnebb	1	7	9	43566	22,1 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	4	40	185484	75,3 %
		Oppdrettet berggylt	0	4	15	11044	72,2 %
		Villfanget grønngylt	0	4	20	23386	43,6 %
		Villfanget bergnebb	0	4	20	26355	39,7 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	6	49	230973	38,7 %
		Oppdrettet berggylt	0	6	18	20072	20,9 %
I	Vest	Villfanget grønngylt	0	6	52	146844	29,9 %
		Villfanget bergnebb	0	6	9	29229	14,6 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	9	55	266445	12,7 %
J	Midt	Oppdrettet rognkjeks	0	6	50	71839	13,8 %
L	Midt	Oppdrettet rognkjeks	0	5	52	86965	14,5 %
M	Midt	Oppdrettet rognkjeks	0	7	52	164678	29,3 %
N	Vest	Oppdrettet rognkjeks	0	5	30	31891	31,9 %
		Oppdrettet berggylt	0	6	33	47244	29,1 %
		Villfanget berggylt	0	6	24	1961	72,8 %
		Villfanget grønngylt	0	4	24	5234	34,5 %
		Villfanget bergnebb	0	6	33	24936	32,2 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	9	40	167733	57,5 %
O	Midt	Oppdrettet berggylt	0	4	30	49264	45,2 %
		Villfanget berggylt	0	6	45	16983	34,1 %
		Villfanget bergnebb	0	6	45	31332	27,6 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	7	19	46337	39,5 %
P	Midt	Oppdrettet berggylt	0	6	43	76035	70,8 %
		Oppdrettet rognkjeks	0	5	28	50283	40,1 %
		Oppdrettet berggylt	0	5	29	25516	55,3 %
		Villfanget berggylt	0	5	12	1267	93,4 %
		Villfanget grønngylt	0	5	14	18264	51,2 %
		Villfanget bergnebb	0	5	14	3870	83,2 %
R	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	10	46	203856	70,3 %
S	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	6	26	113443	60,5 %
T	Nord	Oppdrettet rognkjeks	0	5	24	81111	64,1 %
U	Midt	Oppdrettet rognkjeks	0	4	53	112268	17,5 %

Av de 294 fulgte utsettene var 171 rognkjeksutsett, 41 oppdrettet berggyllt, 17 villfanget berggyllt, 29 villfanget grønngyllt og 36 villfanget bergnebb (Tabell 4). Det ble satt ut et betydelig større antall oppdrettet rognkjeks i hver merd sammenlignet med leppefiskartene. Den totale andelen døde oppdrettet rognkjeks og berggyllt var derimot lik (48-49 %), mens andelen døde av vill leppefisk var lavere (30-42 %).

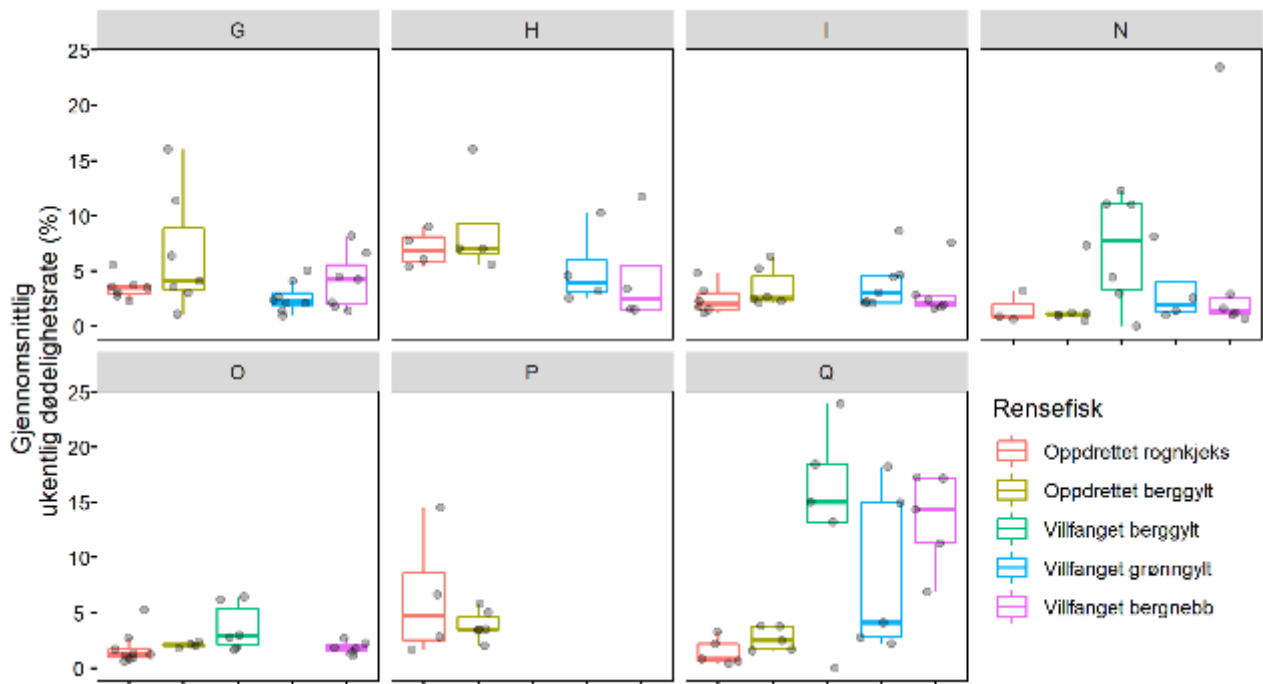
Tabell 4: Oversikt over det totale antallet rensefisk som ble satt ut av hver art, og andelen av disse som ble registrert død eller destruert. Det gjennomsnittlige antallet uker de ulike rensefiskartene sto i merd før de ble avsluttet er også angitt.

Art	Lokaliteter	Utsett	Varighet	Antall utsatt	Andel døde
Oppdrettet rognkjeks	21/21	171	43,0 uker	3326098	47,5 %
Oppdrettet berggyllt	7/21	41	24,1 uker	247316	49,1 %
Villfanget berggyllt	3/21	17	27,0 uker	20211	41,6 %
Villfanget grønngyllt	5/21	29	26,7 uker	352939	29,9 %
Villfanget bergnebb	6/21	36	24,4 uker	173556	31,4 %

Den gjennomsnittlige ukentlige dødelighetsraten for rognkjeksutsettene var $1,7 \pm 29\%$ (Figur 3). For utsettene med oppdrettet berggyllt, villfanget grønngyllt og villfanget bergnebb var medianen for den gjennomsnittlige ukentlige dødelighetsraten noe høyere (2, 3 – 3, 2). Villfanget berggyllt skilte seg ut med en gjennomsnittlig dødelighetsrate på $6,2 \pm 7,0\%$. Dette var også tydelig ved de tre lokalitetene som benyttet villfanget berggyllt sammen med andre rensefiskarter (Figur 4).



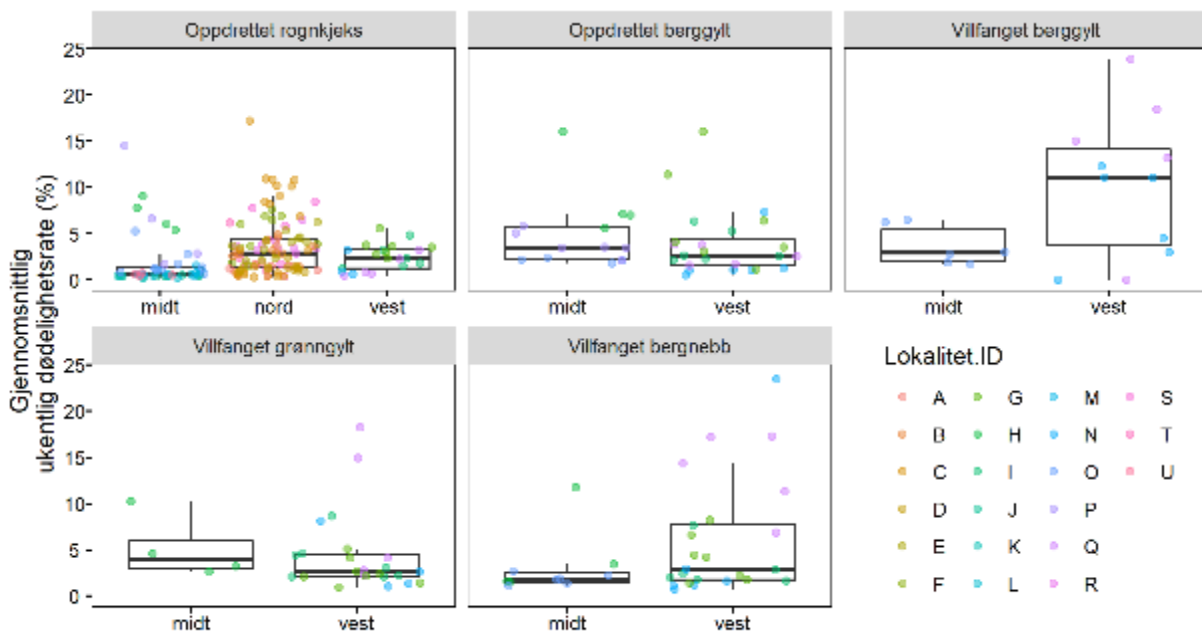
Figur 3: Gjennomsnittlig ukentlig dødelighetsrate på merdnivå. Datapunktene er farget etter lokalitet, og boksploottene viser fordelingen av dødelighetsraten til hver av artene (se Figur 2 for fargekoden til lokalitetene).



Figur 4: Gjennomsnittlig ukentlig dødelighetsrate på merdnivå for lokalitetene med flere arter sammen. Boksploottene viser fordelingen av dødelighetsraten til hver av artene på hver enkelt lokalitet.

Geografiske forskjeller

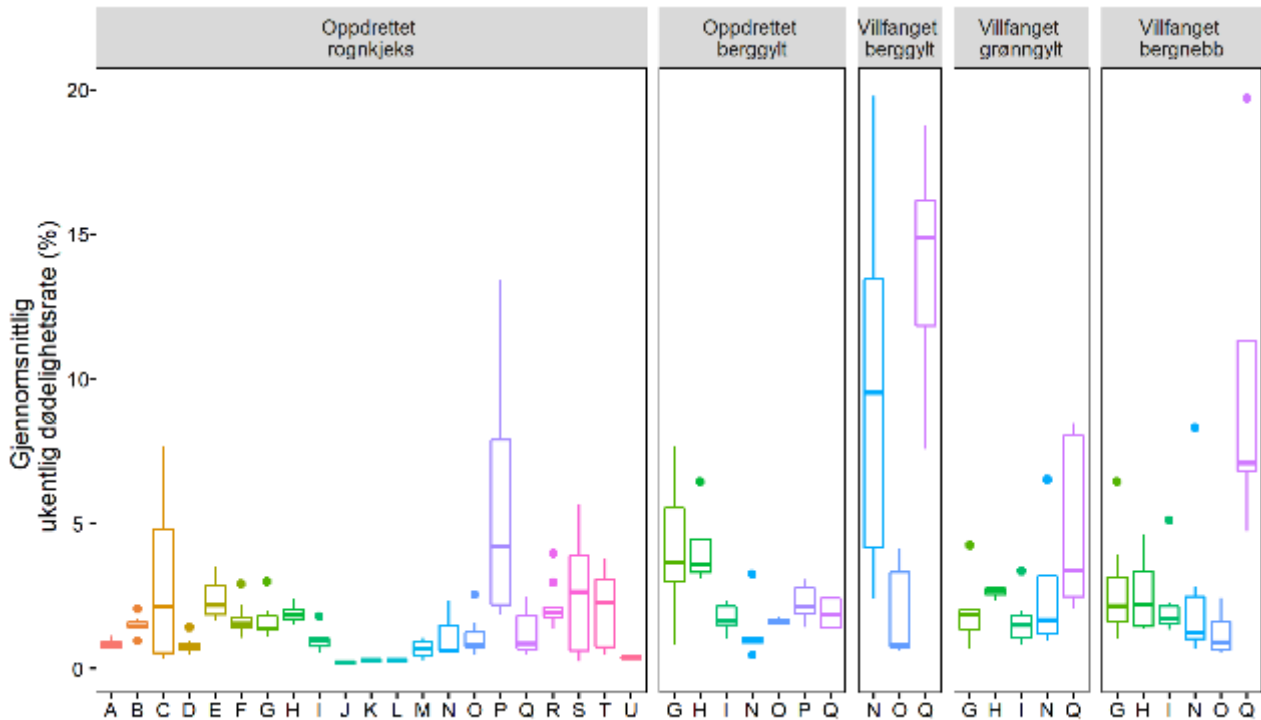
Det var ingen tydelig forskjell i dødelighet mellom regionene (Figur 5). Det ble registrert lavere dødelighet i region midt for villfanget berggyll, men datagrunnlaget var tynt med kun to lokaliteter i region vest og en i region midt. Basert på resultatene er det ikke mulig å konkludere med at geografiske plassering har påvirket dødeligheten.



Figur 5: Gjennomsnittlig ukentlig dødelighetsrate på merdnivå. Boksploottene viser fordelingen av dødelighetsraten i hver av regionene gruppert etter art.

Lokalitetsfaktorer

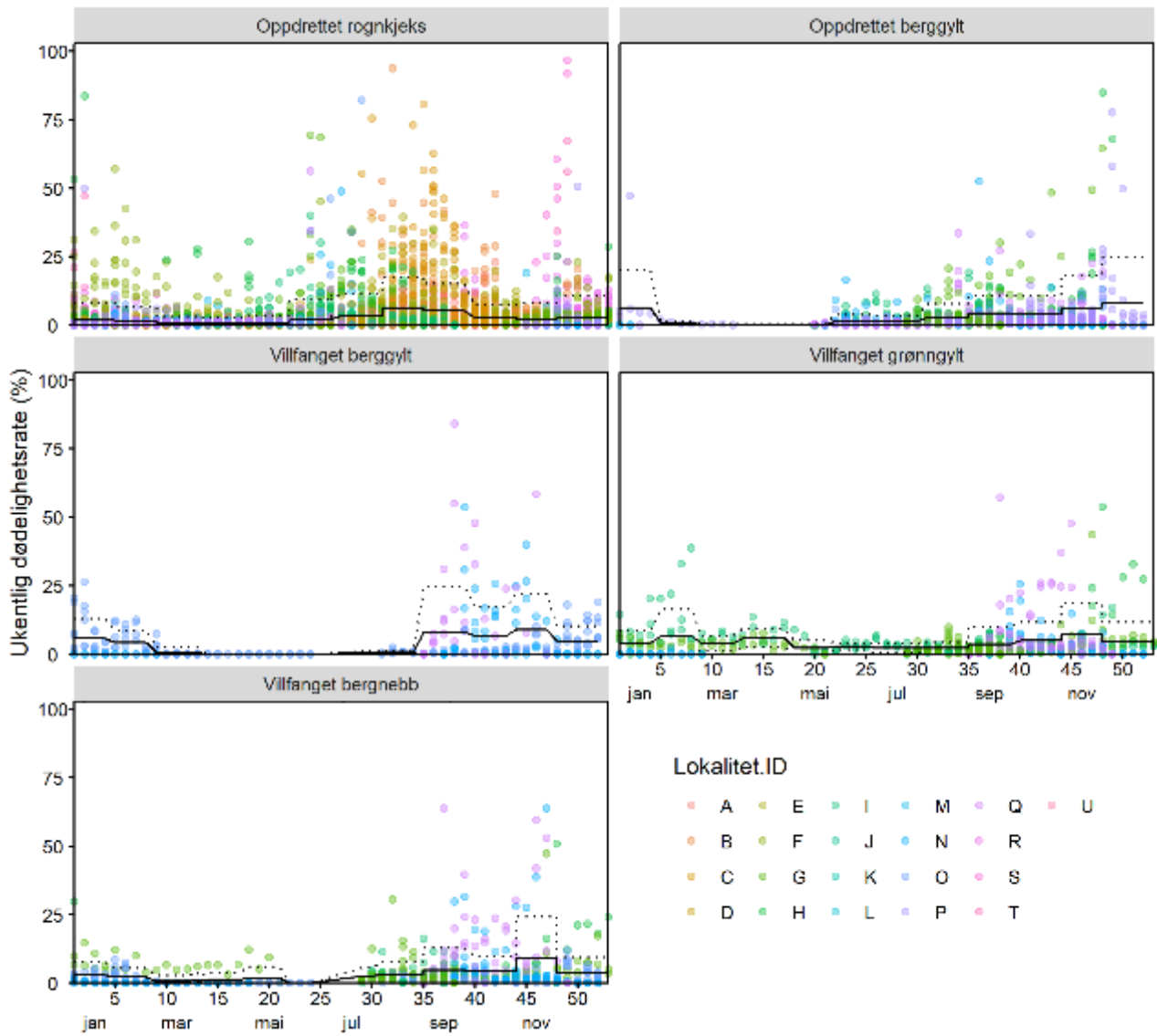
Det var store variasjoner i gjennomsnittlig ukentlig dødelighetsrate ved de ulike lokalitetene (Figur 6). Enkelte lokaliteter hadde store utfordringer med høy dødelighet fra start, uavhengig av rensefiskart, mens andre opprettholdt lav dødelighet gjennom hele produksjonen. Lokalitetene som hadde lavest dødelighetsrate hadde veldig små variasjoner mellom merdene, mens det var større variasjon i dødelighetsratene mellom merdene på de lokalitetene som hadde høyest dødelighetsrate .



Figur 6: Dødelighetsrate på merdnivå, beregnet som gjennomsnittlig andel døde per uke, for hver lokalitet gruppert etter art.

Sesongavhengig dødelighet

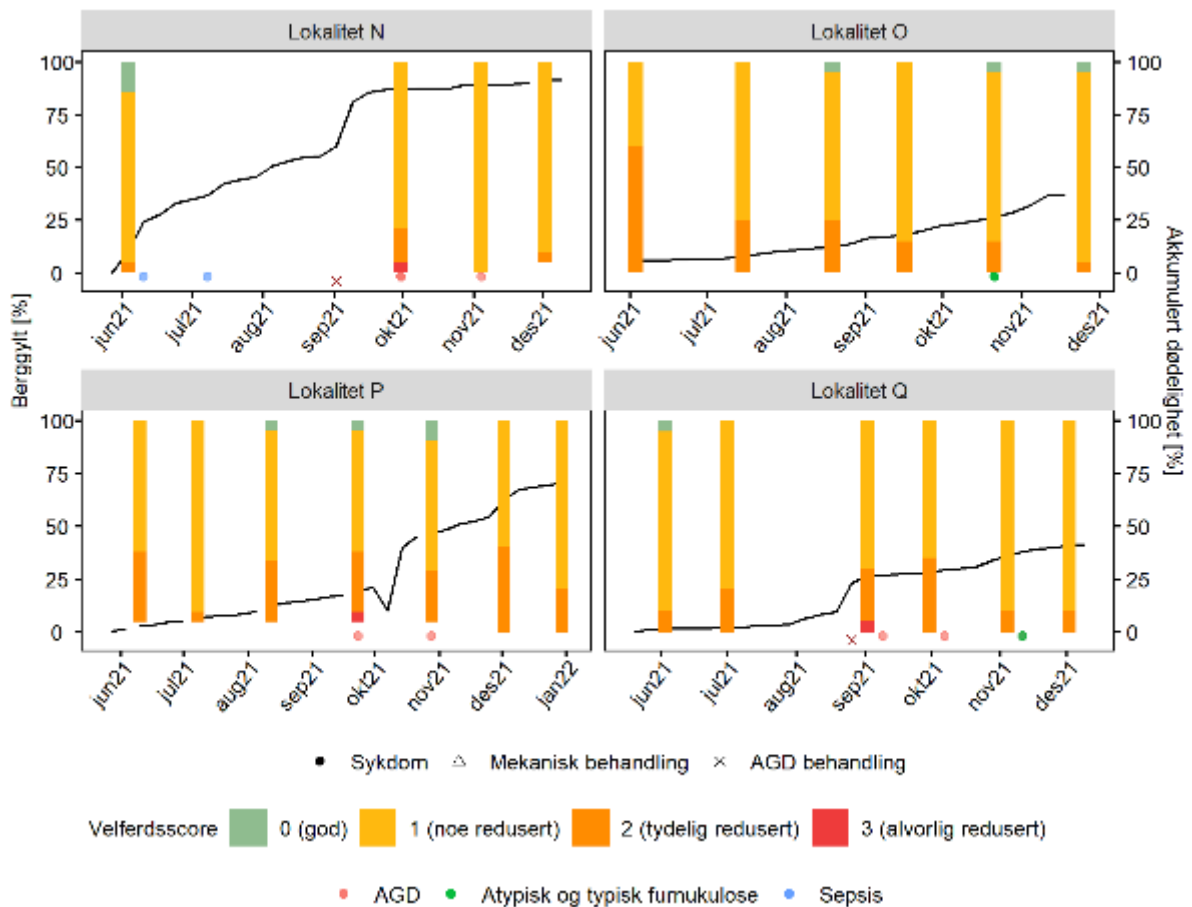
Ukentlig dødelighetsrate for de ulike rensefiskartene varierte gjennom året (Figur 7). Dødelighetsraten hos rognkjeks var signifikant høyest på sommeren og høsten, særlig i august (se Figur V 4 for statistiske tester). Dødelighetsraten hos de ulike leppefiskartene var signifikant høyest på høsten og/eller vinteren (Figur 7, Figur V 4). Kun villfanget grønngyllt skilte seg ut med høyere dødelighet på våren enn på sommeren og høsten.



Figur 7: Dødelighetsrate per uke (% av inngående antall) på merdnivå mot ukenummer. Den sorte linjen er gjennomsnittet for hver måned, og de stiplede linjene er tilhørende standardavvik.

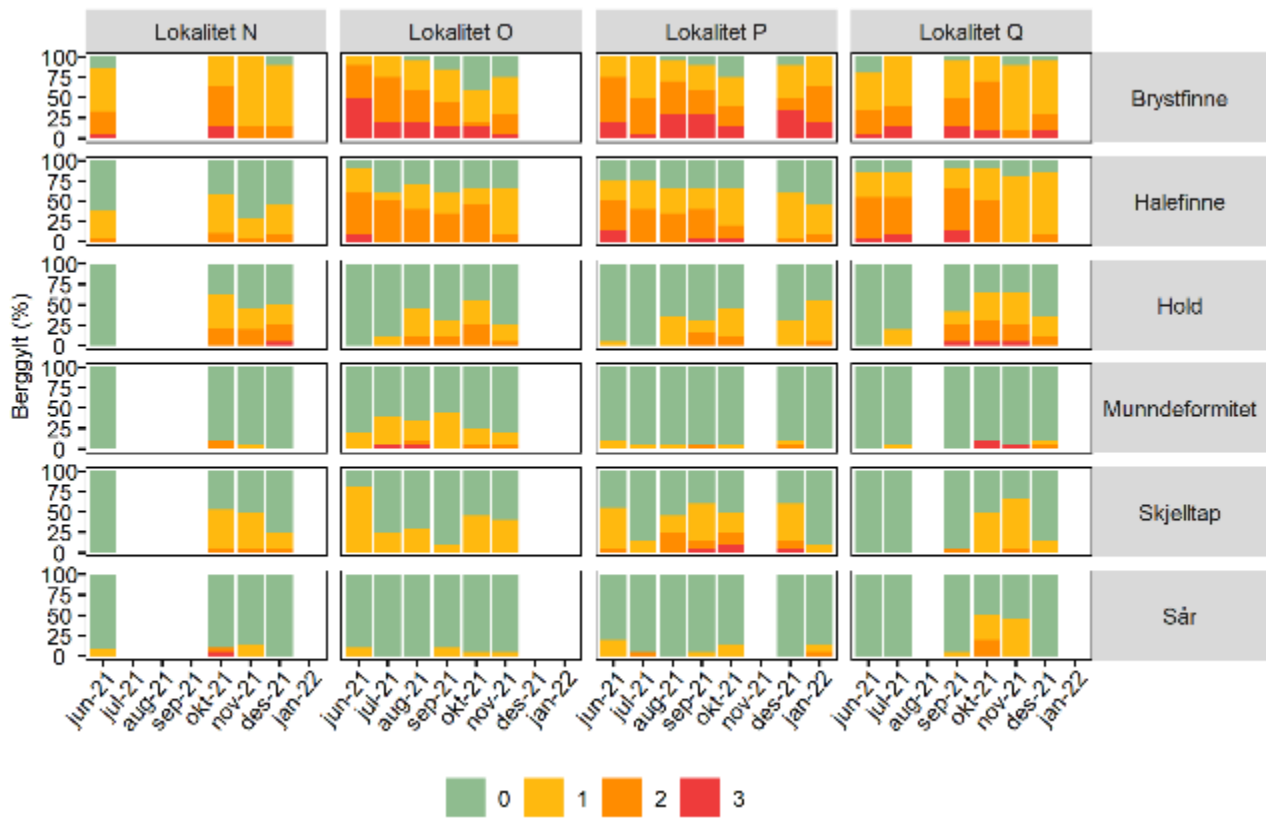
5.3.4.31 Velferdsstatus og mageinnhold

Gjennom hele oppfølgingsperioden ble 0,8 – 3,8 % av de undersøkte berggyltene ved hver lokalitet vurdert til å ha god velferd (velferdsscore 0), hvor lokalitet Q hadde lavest andel og lokalitet N hadde høyest andel. Mellom 70 og 89 % av de undersøkte berggyltene på hver av lokalitetene ble vurdert til å ha noe redusert velferd. Mellom 18 og 26 % av berggyltene på lokalitet O, P, Q hadde tydelig redusert velferd (velferdsscore 2), mens 6,3 % av berggyltene på lokalitet N hadde tydelig redusert velferd. Andelen med tydelig og alvorlig redusert velferd økte utover perioden ved lokalitet P, mens den minket ved lokalitet O. Ved lokalitet N og Q var det ingen tydelig trend i velferdsutviklingen (Figur 8). Ved lokalitet O, P og Q var det en jevn økning i akkumulert dødelighet de første månedene etter utsett, mens dødeligheten ved lokalitet N økte raskt rett etter utsett. Dødeligheten økte etter AGD-behandlingen på både lokalitet N og lokalitet Q.



Figur 8: Overordnet velferdsscore hos berggylt sammen med akkumulert dødelighet (%). Antall berggylt vurdert: 110 fra lokalitet O, 140 fra lokalitet P, 120 fra lokalitet Q og 80 fra lokalitet N.

Generelt for alle lokalitetene, men spesielt for lokalitetene O og P, hadde en betydelig andel av berggylten tydelige og alvorlige skader på bryst- og halefinne ved utsett (Figur 9). Under 10 % av alle berggyltene som ble undersøkt ved første oppfølging hadde intakt brystfinne, mens 31 % hadde intakt halefinne. Finnescoringene ble noe bedret over tid, og det var få tilfeller av munndeformiteter og sår gjennom hele oppfølgingen. Scoringen av den visuelle vurderingen på hold økte mot slutten av oppfølgingsperioden. Dette indikerte at rensefiskens hold ble dårligere med tiden i merd.

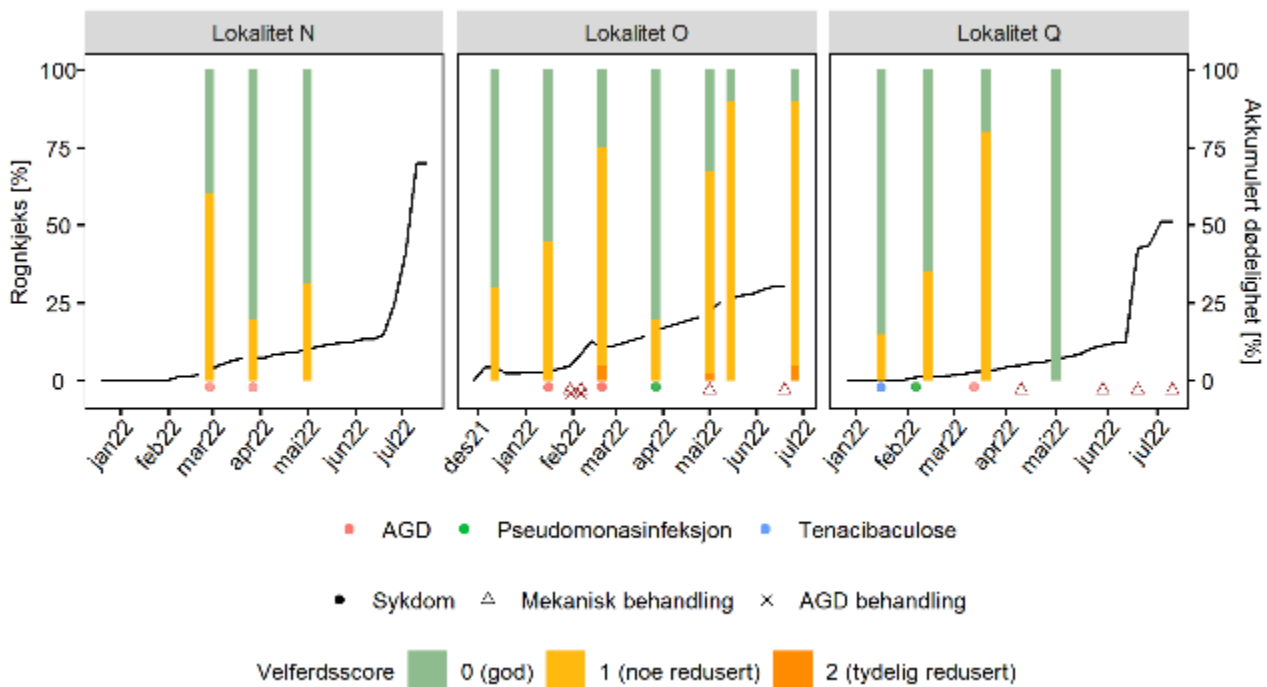


Figur 9: Velferdsscoringer hos berggytt. Antall berggytt vurdert: 110 fra lokalitet O, 140 fra lokalitet P, 120 fra lokalitet Q og 80 fra lokalitet N.

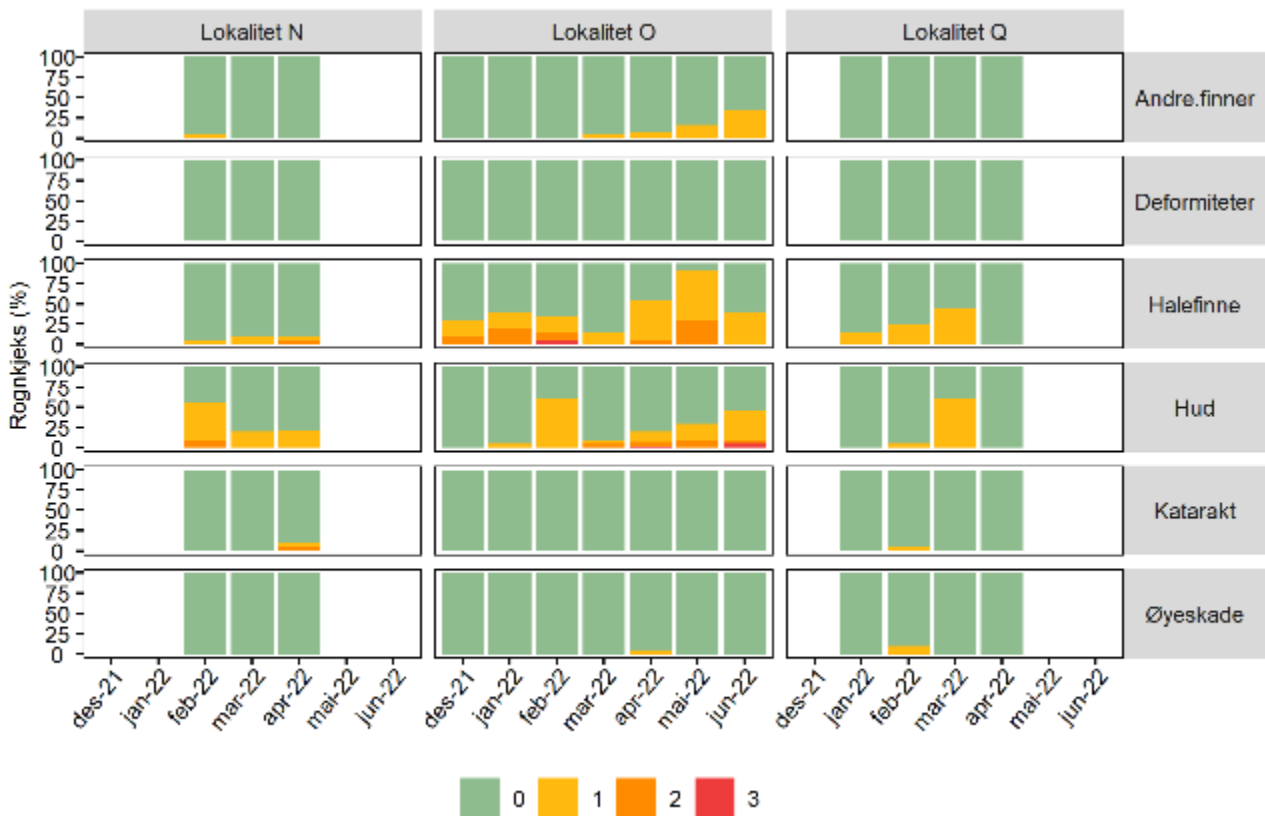
Av de undersøkte rognkjeksene på lokalitet O hadde henholdsvis 39 % og 59 % god og noe redusert velferd, mens 2 % hadde tydelig redusert velferd (Figur 10). Ved lokalitet N og Q hadde samtlige av de undersøkte rognkjeksene god eller noe redusert velferd (hhv. 63 % og 68 % med god velferd). Fordelingen av rognkjeksenes overordnede velferdsscore varierte gjennom oppfølgingsperioden, og det var ingen gjennomgående trend i velferdsutviklingen hos alle lokalitetene. Lokalitet O, som var lokaliteten som ble fulgt opp lengst, hadde en økende grad av rognkjeks med noe redusert velferd utover i oppfølgingsperioden.

Utviklingen av akkumulert dødelighet varierte mellom lokalitetene, hvor lokalitet N og Q hadde en stor økning i dødelighet i juni/juli, mens lokalitet O hadde noen mindre perioder med økte dødelighet tidligere i utsettet. I løpet av de første 6-7 månedene etter overføring ble det registrert lav dødelighet og god velferd ved alle lokalitetene (0,7 % i median dødelighetsrate per uke). Deretter økte dødeligheten (1,8 % i median dødelighetsrate per uke) samtidig som det ble observert en reduksjon av velferdstatus.

Slitasje på halefinne og hud ble observert flest ganger under oppfølgingen, og med økende grad utover i oppfølgingen (Figur 11). Det var få individer med øyeskader og deformiteter gjennom hele oppfølgingen.



Figur 10: Overordnet velferdsscore hos rognkjeks sammen med akkumulert dødelighet (%). Antall rognkjeks vurdert: 160 fra lokalitet O, 80 fra lokalitet Q og 59 fra lokalitet N.



Figur 11: Velferdsscoringer rognkjeks. Antall rognkjeks vurdert: 160 fra lokalitet 1, 80 fra lokalitet 3 og 59 fra lokalitet 4.

Ved uttak av rensfisk for OVI-undersøkelser, ble en liten andel avlivet og benyttet til undersøkelser av mageinnhold. Her ble det observert pellet i to av de 50 undersøkte berggyltene (Tabell 5). To individ hadde 1 skotte-lus, hvorav ett av de samme individene også hadde spist en bevegelig lakselus. Mer enn halvparten av rognkjeksene hadde spist rensfiskfôr i form av pellets eller fôrblokk (Tabell 5), og 14 (11 %) individer hadde spist dyreplankton. Seks rognkjeks hadde spist lakselus, hvorav ett individ hadde ni lus i magen.

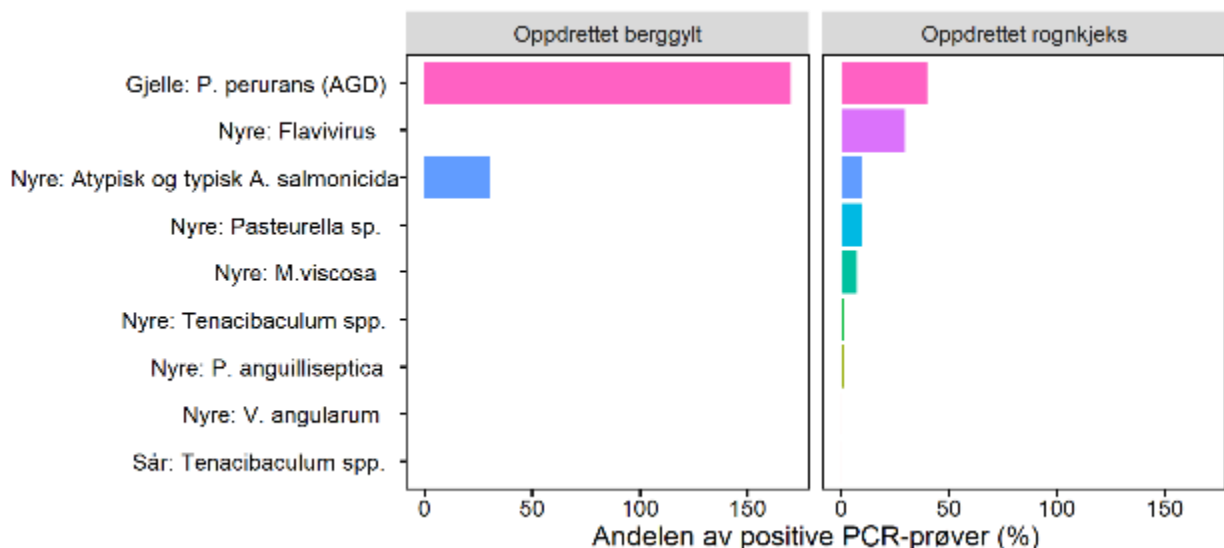
Tabell 5: Mageinnhold hos berggylt og rognkjeks som ble avlivet. Andel mager (%) med innhold fra de ulike kategoriene.

Art	Antall Tom	Pellets		Fôrblokk	Pellets
	individ	mage	rensfisk		laks
Oppdrettet berggylt	50	40 %	4 %	0 %	0 %
Oppdrettet rognkjeks	123	40 %	45 %	10 %	0 %

Art	Dyre-				
	plankton	Begroing	Annet	Lakselus	Skottelus
Oppdrettet berggylt	2 %	25 %	36 %	3 %	6 %
Oppdrettet rognkjeks	11 %	0 %	4 %	5 %	0 %

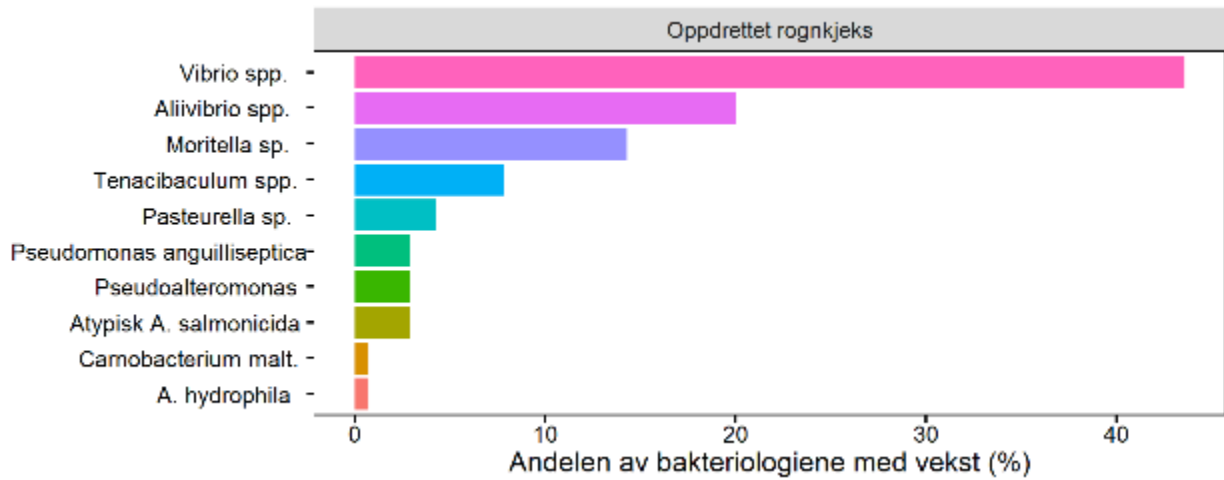
5.3.4.32 Helsestatus

Det ble totalt utført 2246 PCR-tester av rognkjeks og 688 av berggylt, hvor henholdsvis 355 og 109 var positive. Hos rognkjeks var *AGD*, *Tenacibaculum maritimum* og *Flavivirus* de mest hyppige positive prøvesvarene, mens hos berggylt var 90 % av de positive prøvene *AGD* (Figur 12). Totalt ble rognkjeksen testet for 17 ulike agens, mens berggylten kun ble testet for 5 agens (Figur V 6).



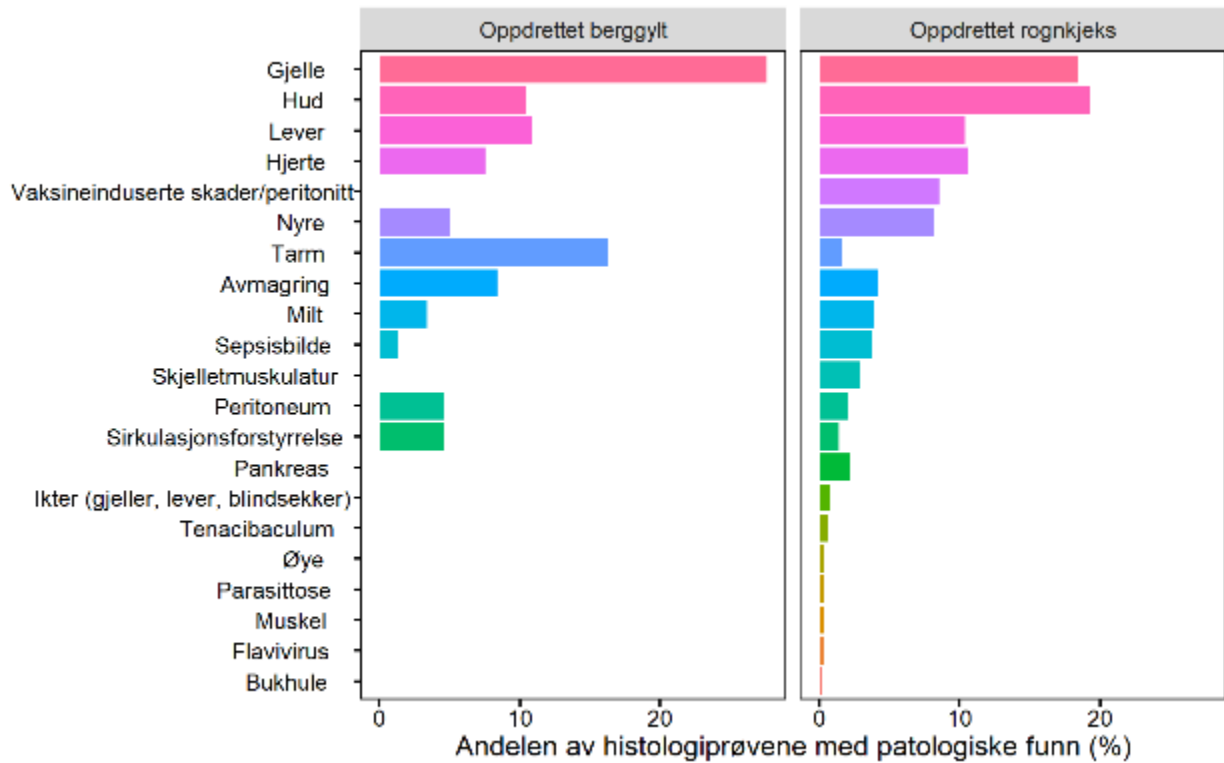
Figur 12: Fordelingen av de positive PCR-prøvene for oppdrettet berggylt og oppdrettet rognkjeks fordelt på agens. Totalt antall positive svar hos rognkjeks var 355 og hos berggylt 109. Rognkjeksen ble testet for samtlige presenterte agens, mens berggylten kun ble testet for atypisk og typisk *A. salmonicida* og AGD. Oversikt over alle agens som ble testet og fordelingen av Ct-verdiene er visualisert i Figur V 6.

Det ble totalt foretatt 140 bakteriologiske undersøkelser med vekst av potensielt patogenet agens, hvor alle prøvene var tatt fra oppdrettet rognkjeks. *Vibrio spp.* var det som oftest ble funnet (44 %), og sammen med *Aliivibrio spp.* og *Moritella sp.* sto de for 78 % av funnene (Figur 13).



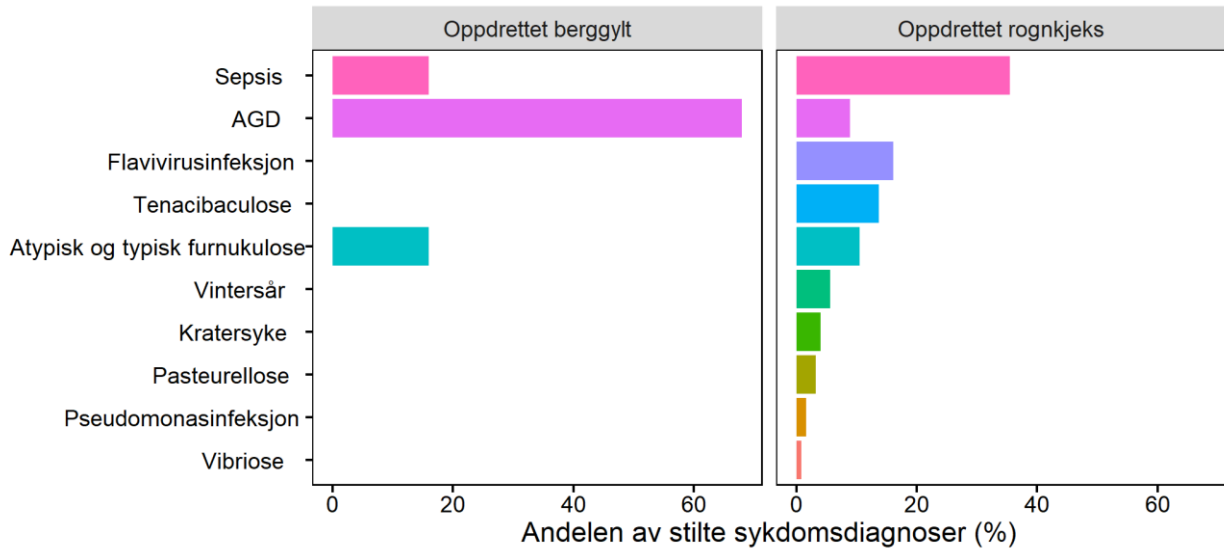
Figur 13: Fordelingen av agens for de 140 bakteriologiene med vekst tatt fra rognkjeks. Det var ingen registrerte bakteriologi prøver med vekst hos oppdrettet berggyllt. Den fullstendige oversikten av bakteriologiene med vekst tatt fra rognkjeks er illustrert i Figur V 7

Histologisk ble det gjort funn av patologiske forandringer 645 ganger hos oppdrettet rognkjeks og 239 ganger hos oppdrettet berggyllt. Av disse ble det for begge artene oftest registrert patologiske funn i gjelle, hud, lever og hjerte (Figur 14). I tillegg var 16 % av de patologiske funnene hos oppdrettet berggyllt lokalisert i tarm.



Figur 14: Fordelingen av de 884 histologiprøvene med patologiske funn (239 hos berggyllt og 645 hos rognkjeks). Svarene er gruppert etter agens påvist, systemisk diagnose eller hvilket organ de patologiske forandringene ble registrert. Diversiteten i histologisvarene er illustrert i Figur V 8.

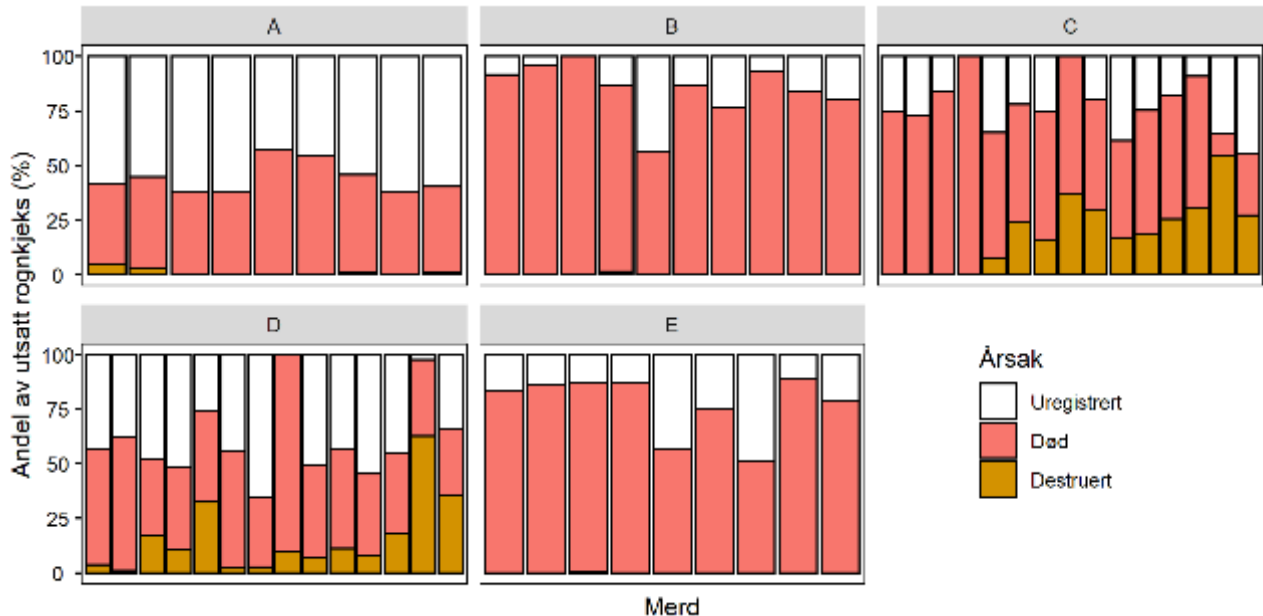
Basert på observasjonene og prøvene som ble registrert i helse rapportene ble det stilt 149 sykdomsdiagnoser (25 på oppdrettet berggyll og 124 på oppdrettet rognkjeks). For oppdrettet berggyll var 68 % av diagnosene AGD, mens resten av diagnosene var likt fordelt mellom sepsis og atypisk og typisk furunkulose (Figur 15). For oppdrettet rognkjeks ble det stilt flere ulike sykdomsdiagnoser. Sepsis, flavivirusinfeksjon og tenacibaculose var diagnosene som ble stilt flest ganger hos rognkjeks, hvor 35,5 % av diagnosene var sepsis.



Figur 15: Fordelingen av de 149 sykdomsdiagnosene (25 på berggyll og 124 på rognkjeks) som ble stilt på merdnivå basert på dataene fra helsebesøkene.

5.3.4.33 Uregistrert tap

Andel rognkjeks som ble destruert var i snitt $9,2 \pm 14,4$ % for merdene som ble fulgt helt til slakt (Figur 16). Det var store variasjoner mellom lokalitetene, og lokalitet C og D skilte seg ut med høyest andel destruerte rognkjeks (opp til 62,7 % i enkelte merder). Andel uregistrert tap av rognkjeks var i snitt $30,5 \pm 19,3$ %. Andelen varierte i større grad mellom anleggene enn mellom merdene på samme lokalitet, hvor uregistrert tap på lokalitet A i snitt var $55,8 \pm 7,2$ %, mens den på lokalitet B var $14,9 \pm 12,4$ % i snitt.

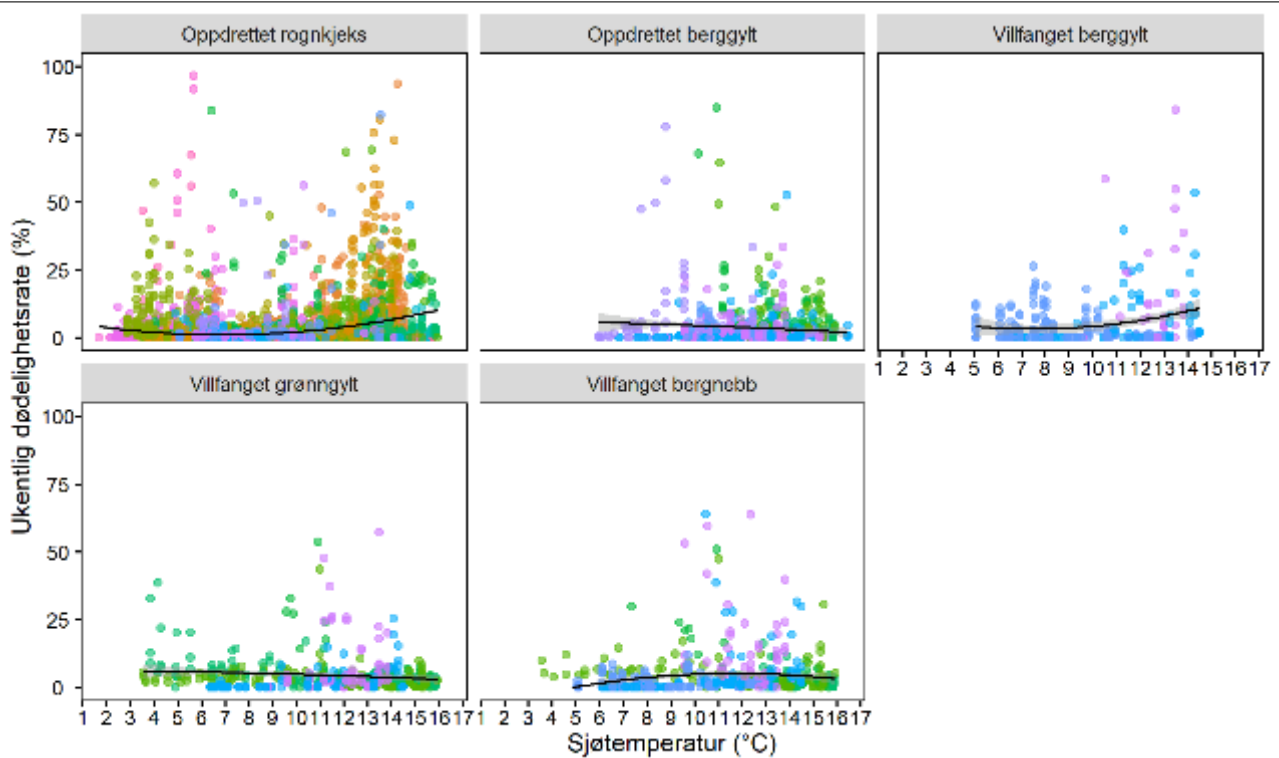


Figur 16: Andelen av rognkjeks som ble satt ut på lokalitet A-E som ble registrert død og destruert på merd nivå. Andelen som ble registrert død i løpet av produksjonen er farget rød, andelen som ble registrert destruert er farget oransje og den gjenværende andelen som ikke er registrert etter opptak av not er hvit.

5.3.4.34 Årsaker til dødelighet

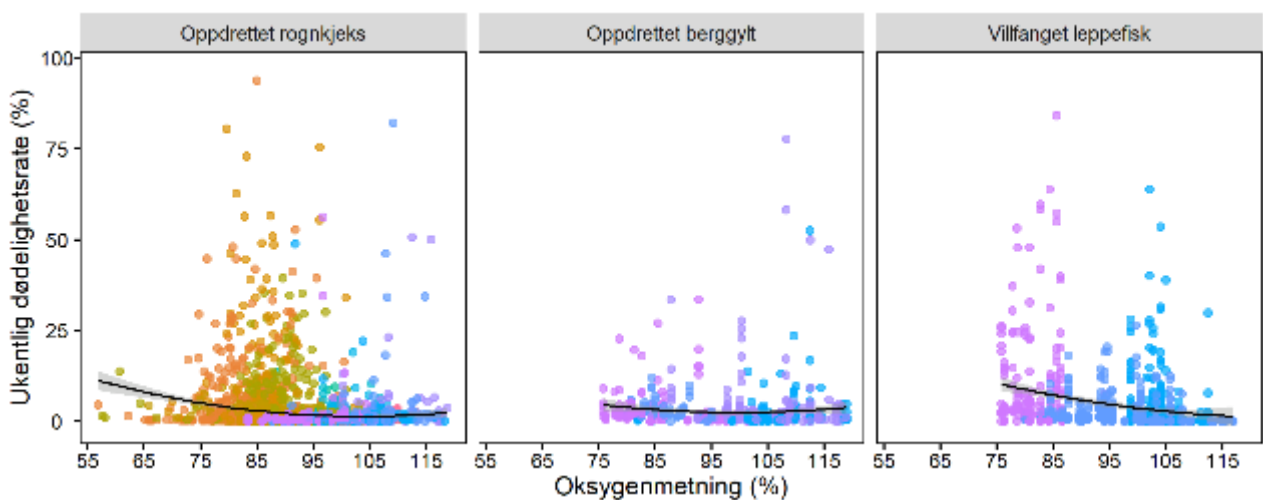
Miljøbetingelser

Temperaturen varierte mellom 2 og 16°C da rognkjeks sto i merden (Figur 17, Figur V 1). Dødelighetsrate per uke hos rognkjeks både ved temperaturer under 4°C og over 12°C var signifikant høyere enn dødeligheten ved temperaturer mellom 4 og 12°C (Figur 17, Wilcoxon, $p < 0,05$; Figur V 5). Det var ingen signifikant forskjell i dødeligheten mellom de laveste temperaturene (<4°C) og de høyeste temperaturene (>12°C). Temperaturen varierte mellom 3,5 og 16°C når leppefisk sto i merden, unntatt ved lokalitetene som benyttet villfanget berggyllt der temperaturen varierte mellom 5 og 15°C (Figur 17, Figur V 1). Det var en signifikant positiv sammenheng mellom temperatur og ukentlig dødelighet hos villfanget berggyllt og bergnebb, mens ukentlig dødelighet og temperatur var negativt korrelert for villfanget grønnngyllt.



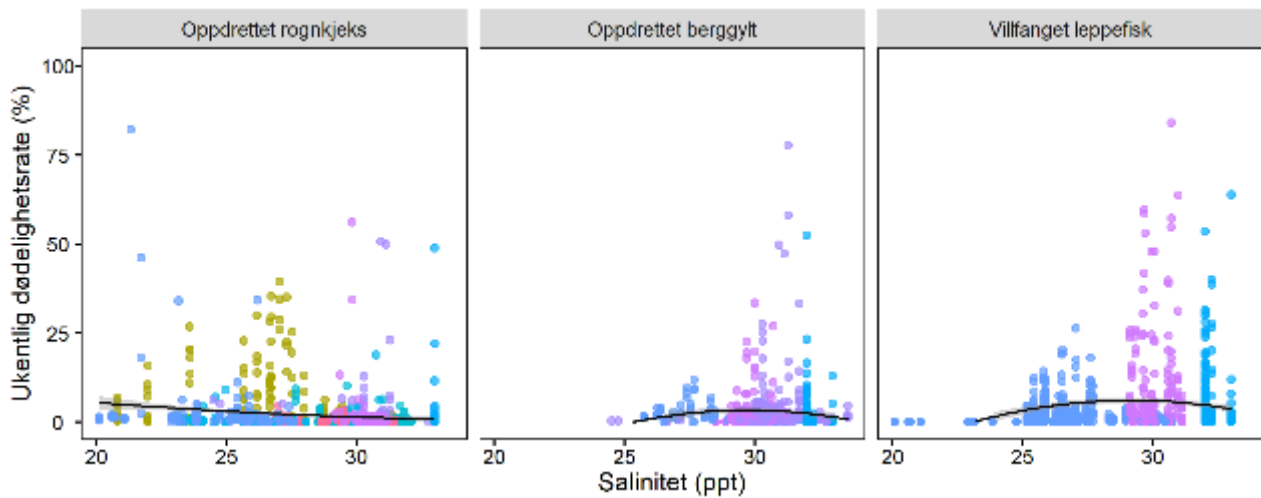
Figur 17: Dødelighetsrate per uke på merdnivå mot sjø temperatur for de ulike rensefiskartene. Datapunktene er farget etter lokalitet (se Figur 2 for lokalitetenes fargekode). En kvadratisk regresjonslinje ble tilpasset datasettet.

Oksygenmetningen var gjennom hele studieperioden mellom 75 og 115 % i perioden leppefisker sto i merden, mens det var noen få tilfeller med oksygenmetning ned mot 55 % da rognkjeksene sto i merden (Figur 18, Figur V 2). Det var en signifikant negativ sammenheng mellom dødelighetsrate per uke og oksygenmetningen for både oppdrettet rognkjeks, oppdrettet berggylt og villfanget leppefisk.



Figur 18: Dødelighetsrate per uke på merdnivå mot oksygenmetning (%) for oppdrettet rognkjeks, oppdrettet berggylt og villfanget leppefisk. Datapunktene er farget etter lokalitet (se Figur 2 for lokalitetenes fargekode). På grunn av få datapunkter for hver av de enkelte leppefiskartene er villfanget leppefisk (berggylt, grønnngytl og bergnebb) slått sammen. En kvadratisk regresjonslinje er tilpasset datasettet.

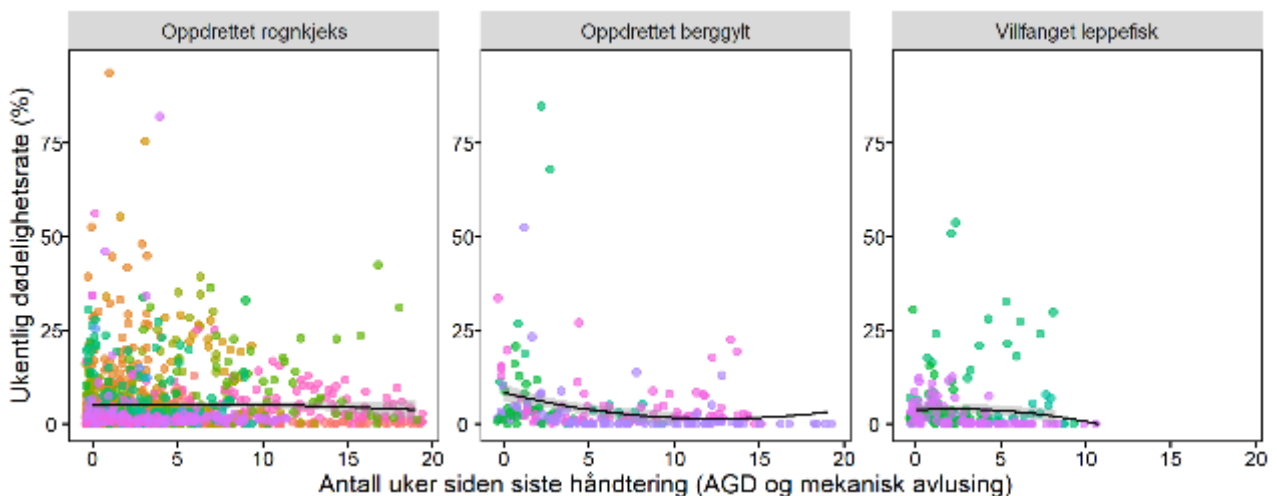
Det var en signifikant negativ sammenheng mellom salinitet i merdene og dødelighetsrate per uke hos rognkjeks (Figur 19). Det var lite variasjon i salinitet i merdene med leppefisk (25-33,5 ppt; Figur V 3), og det var derfor ingen hensikt å studere sammenhengen mellom dødeligheten hos leppefisk og salinitet i merden.



Figur 19: Dødelighetsrate per uke på merdnivå mot salinitet (ppt) for oppdrettet rognkjeks, oppdrettet berggyllt og villfanget leppefisk. På grunn av få datapunkter for hver av de enkelte leppefiskartene er villfanget leppefisk (berggyllt, grønnngyllt og bergnebb) slått sammen. Datapunktene er farget etter lokalitet (se Figur 2 for lokalitetenes fargekode). En kvadratisk regresjonslinje er tilpasset datasettet.

Produksjonshendelser

Det var ingen signifikant sammenheng mellom ukentlig dødelighetsrate hos oppdrettet rognkjeks og antall uker siden siste håndtering (AGD-behandling og mekanisk avlusing; Figur 20). De høyeste dødelighetsratene hos rognkjeks var likevel registrert de første fem ukene etter håndtering. Det var derimot en signifikant negativ sammenheng mellom ukentlig dødelighet og uker siden håndtering hos oppdrettet berggyllt og villfanget leppefisk. Det var ingen villfanget leppefisk som hadde stått i merd lengre enn 11 uker etter siste utførte mekanisk avlusing eller AGD-behandling.



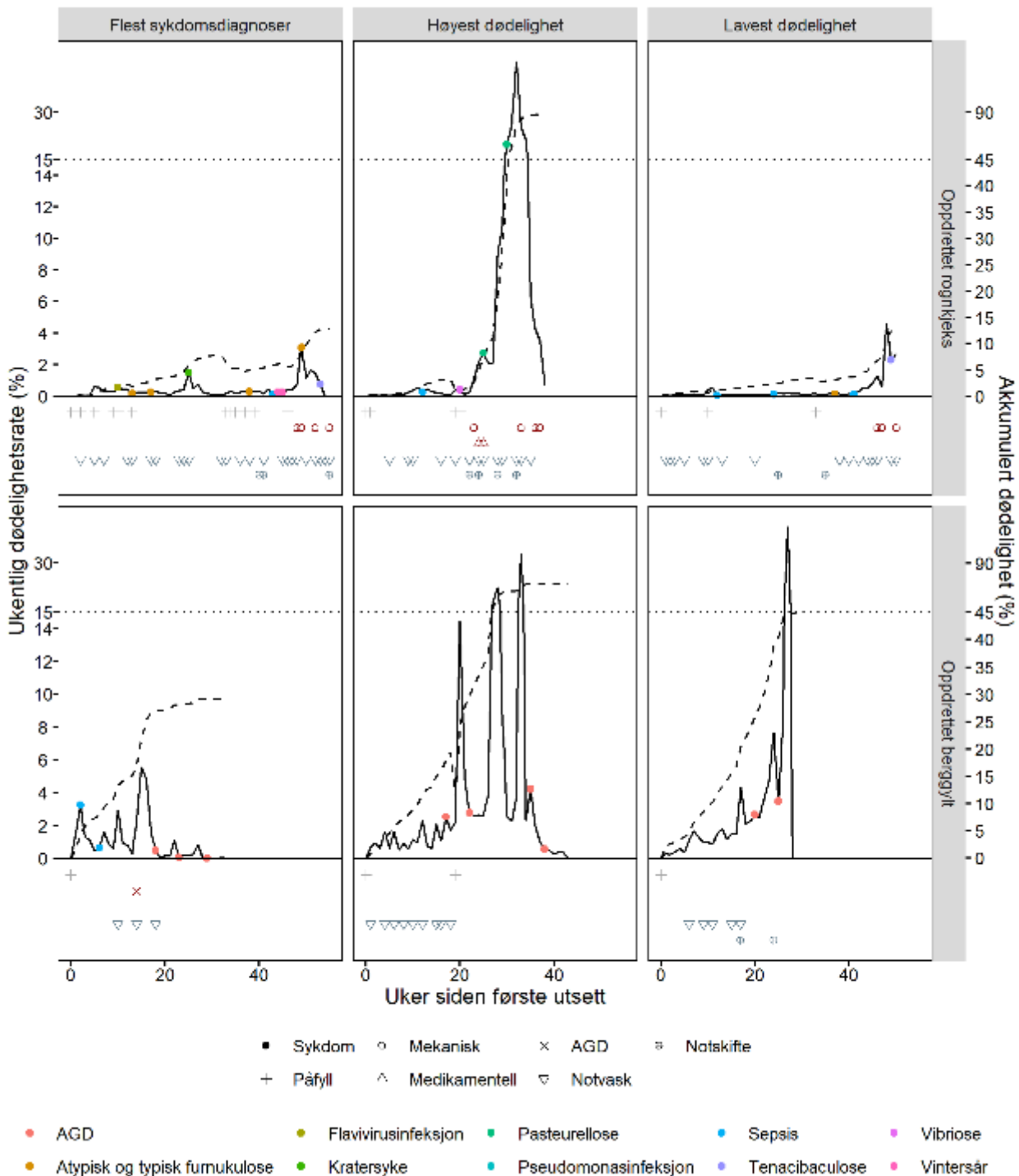
Figur 20: Dødelighetsrate per uke på merdnivå mot antall uker siden siste håndtering (mekanisk avlusing og AGD-behandling) for de ulike rensefiskartene. Dødeligheten hvor det ikke har vært utført mekanisk avlusing eller AGD-behandling

de siste 20 ukene er ekskludert. Datapunktene er farget etter lokalitet (se Figur 2 for lokalitetenes fargekode). En kvadratisk regresjonslinje er tilpasset datasettet.

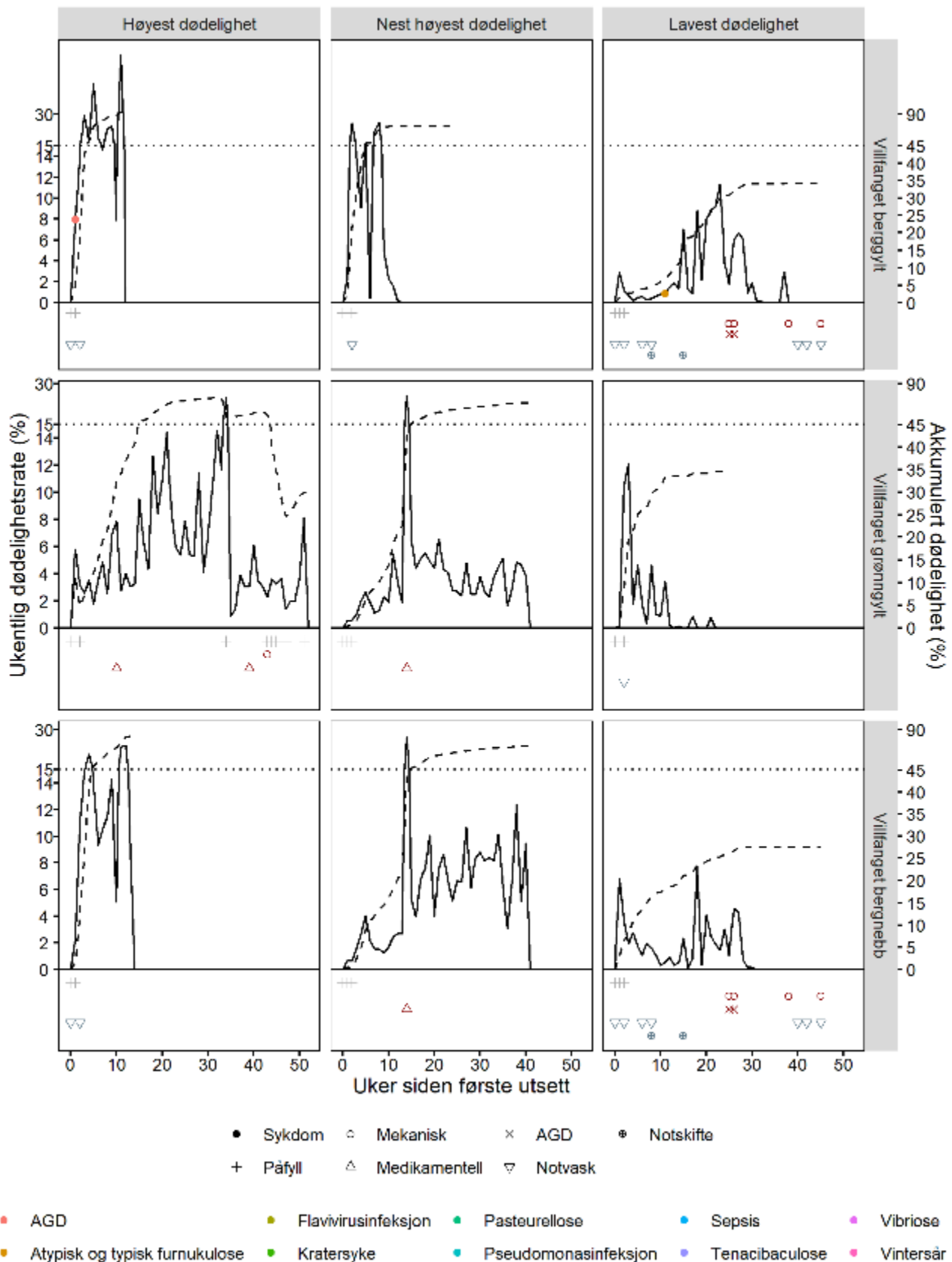
Dødelighet, produksjonshendelser og sykdom

For å kunne identifisere årsaker til dødelighet trengs det et samlet overblikk over hendelser og forhold på lokaliteten. Dette inkluderer blant annet miljø, produksjonshendelser og sykdomsdiagnoser. I Figur 21 visualiseres en produksjonssyklus for tre forskjellige lokaliteter med oppdrettet rognkjeks og tre lokaliteter med oppdrett berggylt. Lokalitetene med flest påviste sykdomsdiagnoser hos både oppdrettet rognkjeks og oppdrettet berggylt hadde lavest dødelighet av alle de oppfulgte lokalitetene. Rognkjekslokaliteten med flest sykdomsdiagnoser hadde flere påfyll av rognkjeks i løpet av produksjonsperioden enn lokalitetene med høyest og nest lavest dødelighet. Av figuren ser man en økning i ukentlig dødelighetsrate i forbindelse med mekanisk avlusing på samtlige av lokalitetene med oppdrettet rognkjeks. Lokaliteten med høyest dødelighet var lokaliteten som beholdt rognkjeksen lengst i merd etter oppstart av mekanisk behandling. På lokalitetene med oppdrettet berggylt var det ikke foretatt mekanisk avlusing i perioden berggylden sto i merd. Ved lokaliteten med flest påviste sykdomsdiagnoser på berggylden ble det utført AGD-behandling etter 18 uker. Ukentlig dødelighetsrate økte til 6 % uken etter behandling, og var den høyeste dødelighetsraten i løpet av berggyltutsettet.

For de villfangede leppefiskartene viser Figur 22 at det ble stilt få sykdomsdiagnoser på villfanget leppefisk. Også for utsettene med lavest dødelighet var den totale dødeligheten høy (>25 %). Ved flere av utsettene var det høy ukentlig dødelighetsrate allerede fra leppefisken ble satt i merd. For utsettet med høyest dødelighet hos villfanget grønngylt var 75 % av grønngylten som ble satt ut i begynnelsen død etter 33 uker. Etter dette ble det satt ut flere påfyll av villfanget grønngylt på lokaliteten, derav tydelig reduksjon i akkumulert dødelighet mot slutten av utsettet.



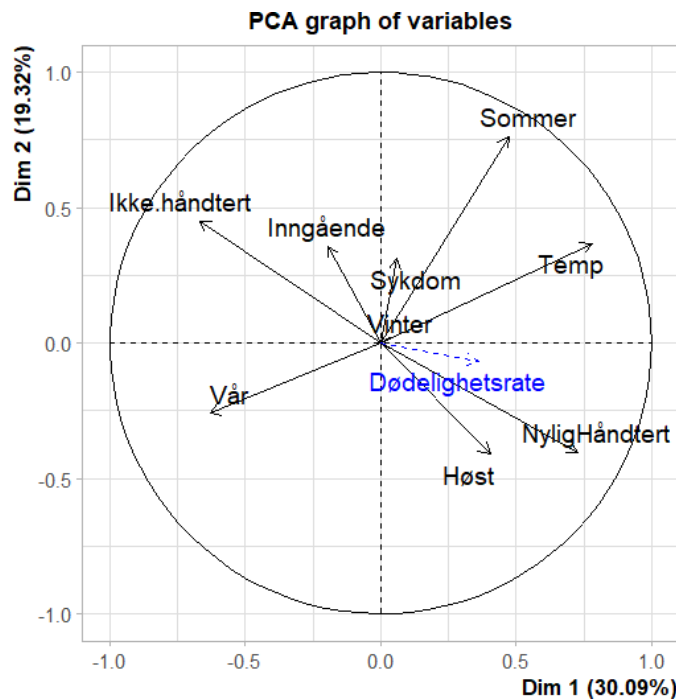
Figur 21: Eksempler på dødeligheten hos oppdrettet rognkjeks og berggyllt ved utvalgte utsett på lokalitetsnivå visualisert sammen med de produksjonshendelsene og sykdommene som er registrert. Av utsettene med en varighet over 10 uker er utsettene med høyest dødelighet, lavest dødelighet og flest sykdomsdiagnoser er valgt ut. For både oppdrettet rognkjeks og berggyllt var lokaliteten med flest sykdomsdiagnoser, også lokaliteten med lavest dødelighet. Lokaliteten med nest lavest dødelighet er derfor inkludert under lavest dødelighet. For ukentlig dødelighetsrate over 15 % (og akkumulert dødelighet over 45 %) er y-aksen trukket sammen.



Figur 22: Eksempler på dødeligheten hos villfangst leppefisk ved utvalgte utsett på lokalitetsnivå visualisert sammen med de produksjonshendelsene som er registrert. Av utsettene med en varighet over 10 uker er de to utsettene med høyest dødelighet, samt det med lavest dødelighet er inkludert. For ukentlig dødelighetsrate over 15 % (og akkumulert dødelighet over 45 %) er y-aksen trukket sammen.

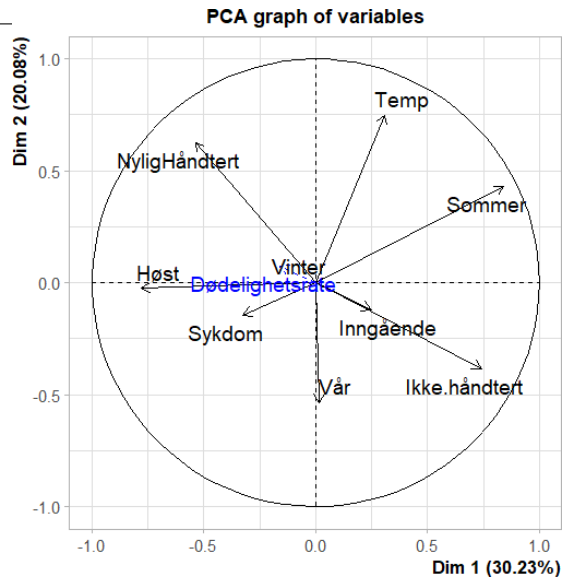
Multivariate statistiske analyser

Basert på de mottatte dataene med dødelighet, temperatur, årstid, antall rognkjeks, sykdom og utførte produksjonsendelser, er det håndteringen ved mekanisk avlusing og AGD-behandling som korrelerer mest med dødeligheten hos rognkjeks (Figur 23). Ikke håndtert skiller seg ut fra de andre faktorene, og korrelerer negativt med dødeligheten hos rognkjeks. Det var ingen uttalt korrelasjon mellom påviste sykdomsdiagnoser og ukentlig dødelighetsrate hos rognkjeks i denne studien.

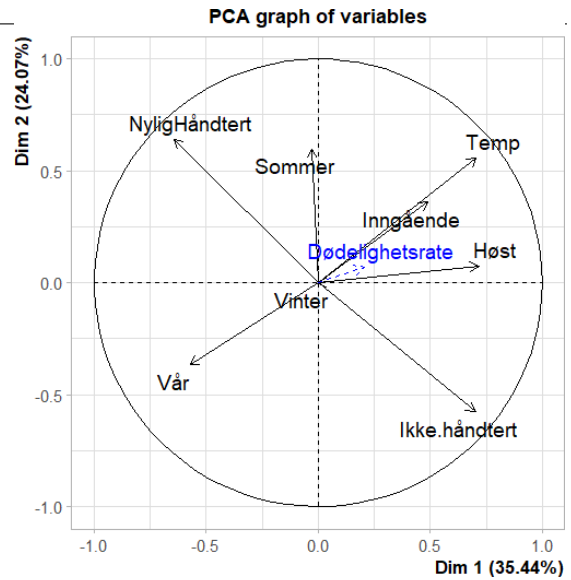


Figur 23: PCA analyse for oppdrettet rognkjeks. Eksterne faktorer i produksjonssyklusen er benyttet som forklaringsvariabler og dødelighetsrate på ukentliv (%) som supplerende variabel. For å få en bedre fordeling av dødeligheten ble ukentlig dødelighet transformert med kvadratroten. Forklaringsvariablene som er inkludert er temperatur, årstid (vår, sommer, høst og vinter), sykdom, inngående antall rognkjeks gjeldene uke, nylig håndtert og ikke håndtert, hvor håndtering inkluderer mekanisk avlusing og AGD-behandling. Sykdom ble satt som 1 hvis sykdom hadde blitt påvist innenfor ± 2 uker og 0 ellers. Nylig håndtert ble satt som 1 hvis det hadde blitt utført mekanisk avlusing eller AGD behandling i løpet av de siste 4 ukene og 0 ellers. Ikke håndtert var satt som 1 frem til første håndtering og når merden ikke hadde blitt behandlet mot lus eller AGD de siste 20 ukene. Analysen er basert på 6293 uker med rognkjeks i merd.

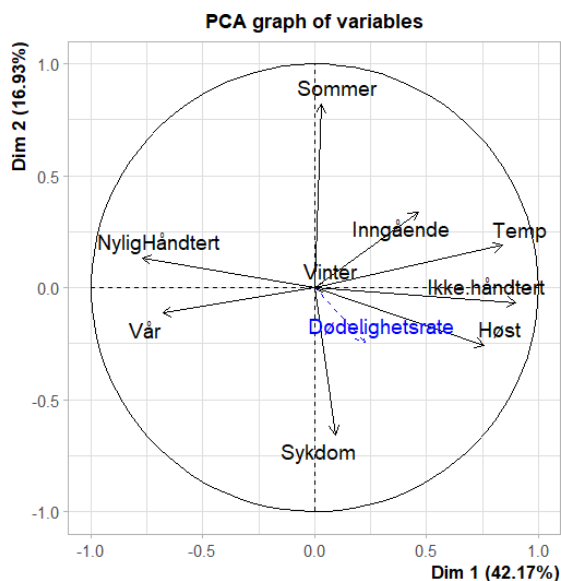
Det var ingen sterk korrelasjon mellom ukentlig dødelighetsrate hos leppefisk og de eksterne faktorene i denne studien (Figur 24). For villfanget berggyllt var det påviste sykdomsdiagnoser som korrelerte mest med dødeligheten. For villfanget grønnngyllt og villfanget bergnebb var det ikke foretatt uttak av prøver for diagnostisering av sykdom. For oppdrettet berggyllt var det nylig håndtering ved mekanisk avlusing og AGD-behandling som korrelerte mest med dødelighetsraten.



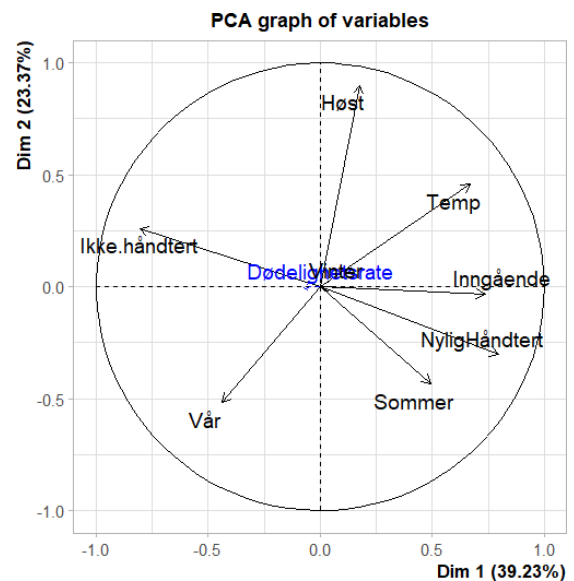
(a) Oppdrettet berggylt



(b) Villfanget bergnebb



(c) Villfanget berggylt



(d) Villfanget grønnngylt

Figur 24: PCA analyse for oppdrettet og villfanget leppefisk. Eksterne faktorer i produksjonssyklusene er benyttet som forklaringsvariabler og dødelighetsrate på ukenivå (%) som supplerende variabel. For å få en bedre fordeling av dødeligheten ble ukentlig dødelighet transformert med kvadratroten. Forklaringsvariablene som er inkludert er temperatur, årstid (vår, sommer, høst og vinter), sykdom, inngående antall rognkjeks gjeldene uke, nylig håndtert og ikke håndtert, hvor håndtering inkluderer mekanisk avlusning og AGD-behandling. Sykdom ble satt som 1 hvis sykdom hadde blitt påvist innenfor ± 2 uker og 0 ellers. Nylig håndtert ble satt som 1 hvis det hadde blitt utført mekanisk avlusning eller AGD behandling i løpet av de siste 4 ukene og 0 ellers. Ikke håndtert var satt som 1 frem til første håndtering og når merden ikke hadde blitt behandlet mot lus eller AGD de siste 20 ukene. Sykdom er ikke inkludert i analysen for villfanget grønnngylt og bergnebb, da det ikke ble foretatt uttak av prøver for diagnostisering av sykdom for disse artene. Antall uker analysen er basert på er 883 for oppdrettet berggylt, 311 for villfanget berggylt, 635 for villfanget bergnebb og 533 for villfanget grønnngylt.

5.4.3 Kontrollerte forsøk

5.3.4.35 Materiale og metoder

Forsøket ble gjennomført på Havforskningsinstituttets forskningsstasjon på Austevoll. Merdforsøket varte i 3 måneder med oppstart i uke 33, 2021. Det ble brukt en merd (12×12×12m), med et «common garden»-design (der all forsøksfisk etter behandling følges opp i ett miljø – forutsetter individmerking av fisk). I merden var det 6000 laks (250 gram ved oppstart), og lusestatus på disse ble forskriftsmessig monitorert hver uke. Som skjul for leppefisk ble det brukt 40 m plasttare (Ok Marine). Skjul ble tatt opp og tørket annenhver uke (byttet). Før overføring til merd med laks ble to ventemerdene på 2×2×2m med plasttareskjul benyttet.

Totalt 882 leppefisk (berggylt, bergnebb og grønnngylt) ble fanget med teiner (i løpet av 10 dager) i nærområdet til sjøanlegget, og transportert til land. Ved ankomst ble fisken bedøvd, veid, målt, individmerket (PIT-Passive Integrated Transformer) og OVI-scoret (Tabell 6). Fisk ble så enten satt rett i forsøksmerd direkte med laks eller i ventemerd. Fiskene i ventemerd ble holdt der i 1-3 dager (kort tid) eller 6-9 dager (lang tid). Se Tabell 7 for fordeling av arter og utsettsmetoder. De ble deretter OVI scoret igjen før utsett i forsøksmerden. Leppefisk ble fôret med spesiallagede blokker med fôr tilsatt ekstra reker. Fôr ble skiftet hver dag, og mengde tilpasset hvor mye som ble spist. Ved avslutning i november ble hele merden tømt for laks og leppefisk. All leppefisk ble på ny bedøvd, målt, veid og OVI-scoret.

Tabell 6: Oversikt over OVI-ene som ble registrert og hvordan de ble scoret. Hentet fra [Boissonnot mfl., 2022b](#). Det ble utført separate scoringer av brystfinne, halefinne og ryggfinne.

OVI	Scoring	Vurdering
Snute/munn	0	Ingen skade
	1	Mild skade
	2	Tydelig skade
	3	Store, dype skader/sår
Finne erosjon	0	Ingen erosjon
	1	Mild erosjon
	2	Tydelig erosjon, deler er borte
	3	Enkelte eller flere brystfinner er erodert bort
Finne splitting	0	Ingen splitting
	1	Mild splitting
	2	Tydelig splitting, deler er borte
	3	Enkelte eller flere finner har dyp splitting
Sår	0	Ingen synlige sår/skader/sykdom
	1	Antydning til sår/skader/sykdom
	2	Betydelige sår/skader/sykdom
	3	Omfattende sår/skader/sykdom
Skjelltap	0	Ingen synlige skjelltap/slitasje
	1	Antydning til skjelltap/slitasje
	2	Betydelige skjelltap/slitasje
	3	Omfattende skjelltap/slitasje

Tabell 7: Oversikt over villfanget leppefisk brukt i forsøket fordelt på art og utsettsmetode. Direkte: fisken ble satt ut direkte i forsøksmerden uten opphold i ventemerd. Kort: fisken ble satt ut etter et opphold på 1-3 dager i ventemerd. Lang: fisken ble satt ut i forsøksmerden etter et opphold på 6-9 dager i ventemerd.

Utsettsmetode	Berggylt	Bergnebb	Grønn-gylt
Direkte 1	0	26	44
Direkte 2	3	52	57
Direkte 3	1	19	0
Kort 1	5	37	0
Kort 2	8	46	73
Kort 3	3	16	31
Lang 1	3	72	46
Lang 2	0	34	34
Lang 3	3	25	56
Lang 4	4	44	66
Lang 5	0	0	74
Totalt	30	371	481

For å vurdere den samlede velferdsscoren til hvert individ, ble det basert på (Boissonnot mfl., 2022b) utført en felles vurdering av OVI-scorene. For hvert enkelt individ ble scoringene kvadrert og summert etter vektingen i Ligning 2. Individets vektete sum ble deretter delt på maks oppnåelig vektete sum (score 3 på alle OVI), og basert på denne relative summen ble den overordnede velferden scoret (Tabell 2).

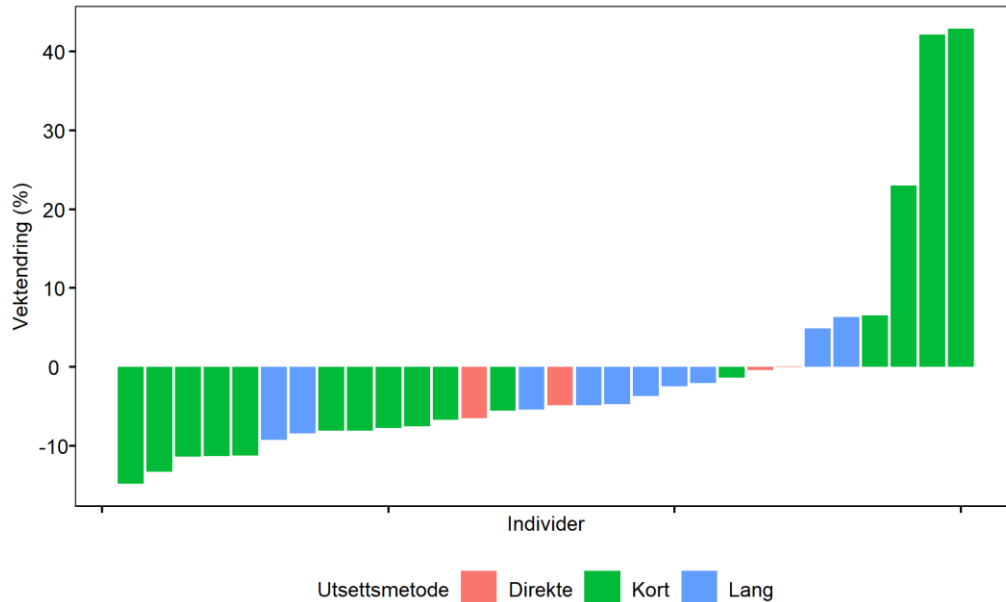
$$\text{vektete sum berggylt} = \text{brystfinne erosjon}^2 + (0,5 \times \text{brystfinne splitasje}^2) + \text{halefinne erosjon}^2 + (0,5 \times \text{halefinne splitasje}^2) + (1,5 \times \text{Sår}^2) + \text{Skjelltap}^2 \quad (2)$$

Temperatur i forsøksperioden ble registrert på 3 dyp. Dødfiskhåv ble tømt daglig, og all død leppefisk ble frosset ned og PIT registrert. Ved avslutning ble det oppdaget 3 små hull i merden (et med to maskebrudd, og to med ett maskebrudd).

5.3.4.36 Resultater

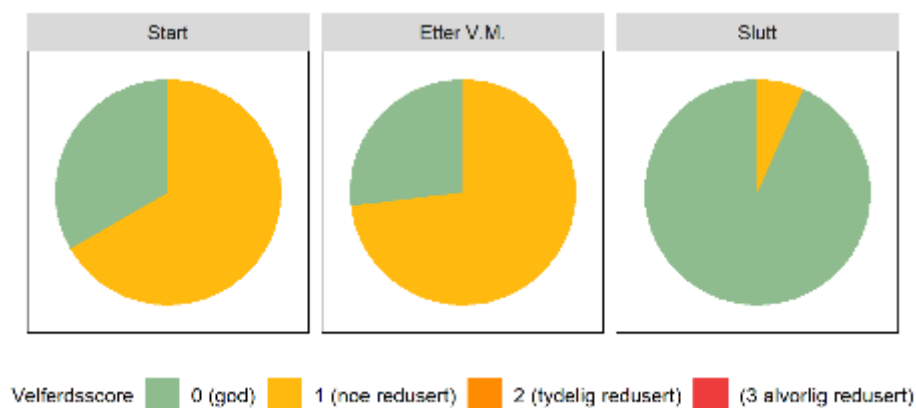
Villfanget berggylt

Det var 30 berggylder med i forsøket fra oppstart, og alle var fremdeles i merden ved forsøkets avslutning 3 måneder senere. Utsettsmetodene (direkte, kort og lang) hadde ingen innvirkning på endringen i vekt (Figur 25) eller k-faktor i forsøksperioden.



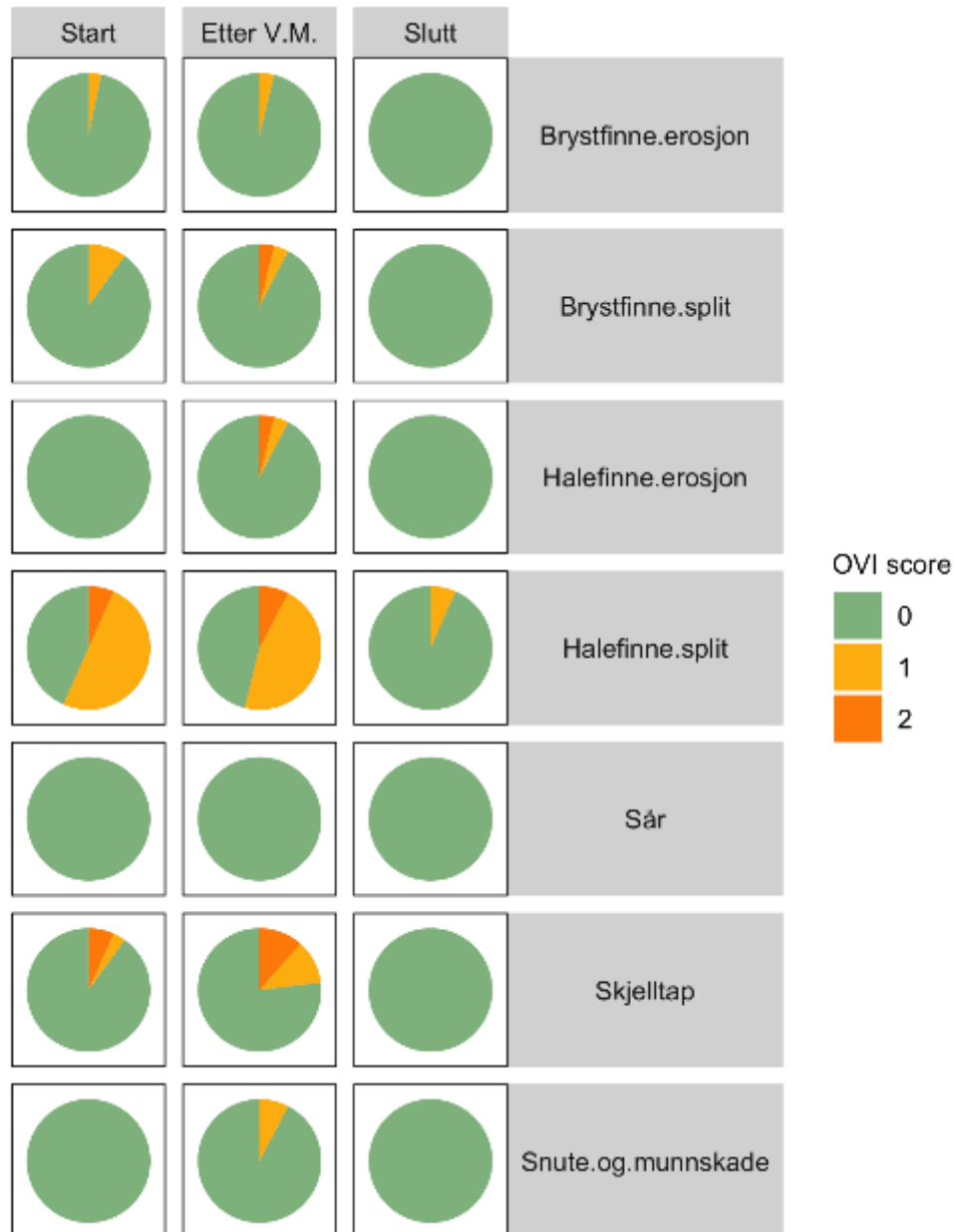
Figur 25: Vektendringen hos berggylt ved avslutningen av forsøket vist som % av startvekt. Hver stolpe viser et individ ved avslutning av forsøket. Utsettsmetodene er vist som direkte (direkte utsett), kort (1-3 dager i ventemerdd) og lang (6-9 dager i ventemerdd). Det ble totalt vurdert 30 berggylt.

Majoriteten av populasjonen av berggylt hadde noe redusert velferd ved oppstart av forsøket, mens velferden ved avslutning av forsøket var god for majoriteten av populasjonen. Figur 26. Generelt var det få registrerte avvik i vurderte OVIer på berggyltene (Figur 27). Kun splitt i halefinnen var relativt hyppig, der over 50 % av individene ble vurdert med noe eller tydelig splittning ved oppstart av forsøket.



Figur 26: Overordnet velferdsscore hos berggylt. Velferdsscore hos berggylt ble vurdert ved oppstart (start), etter opphold i ventemerdd (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (slutt). Det ble vurdert 30 berggylt ved oppstart, 26 etter opphold i ventemerdd og 30 ved avslutning av forsøket.

Ved avslutning av forsøket ble det sett færre tilfeller av halefinnesplitt, og ingen av individene hadde lenger score 2. Andelen berggylt med skjelltap økte noe etter opphold i ventemerdd, men det var ingen tilfeller med skjelltap ved avslutning av forsøket. Ved avslutningen av forsøket viste OVI-scoringen at de fleste skadene fiskene hadde ved oppstart og etter opphold ventemerdd var borte eller forbedret.



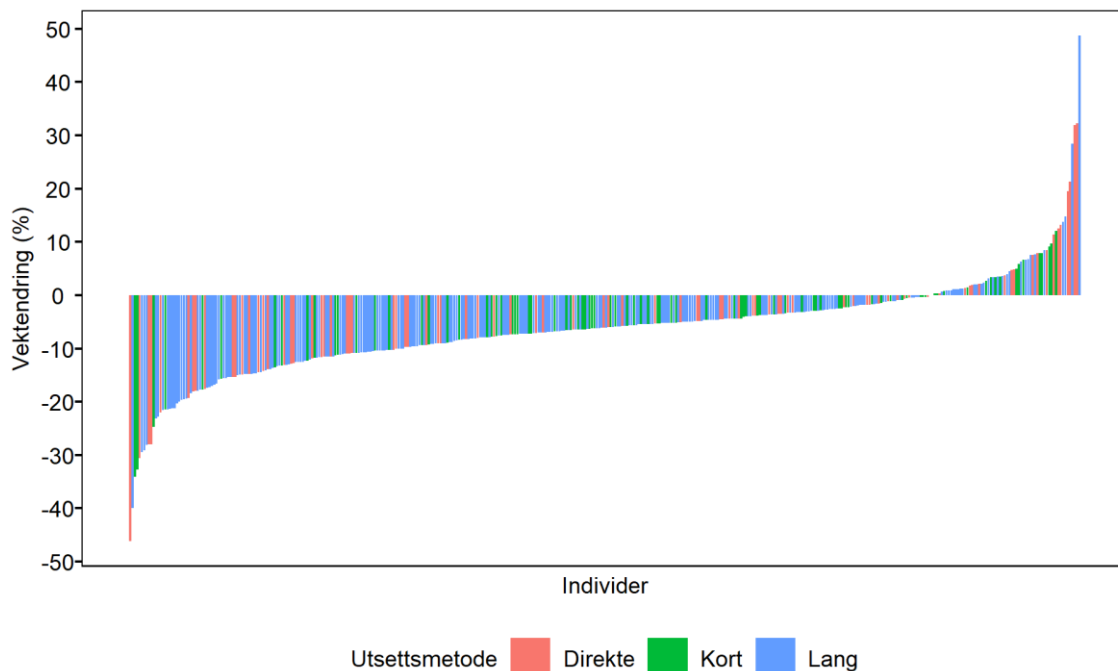
Figur 27: OVI-scoring hos berggylt. OVI-scoring ble vurdert ved oppstart (start), etter ventemerdd (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (slutt). Det ble vurdert 30 berggylt ved oppstart, 26 etter opphold i ventemerdd og 30 ved avslutning av forsøket

Villfanget grønngylt

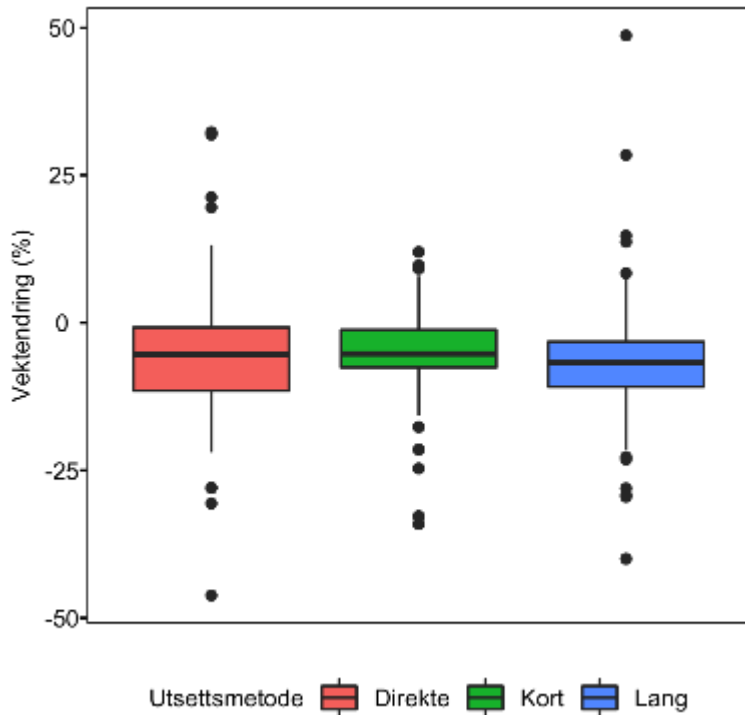
Det var 481 grønngylter med i forsøket. Tre måneder senere, ved forsøkets avslutning, var det 408 (85 %) grønngylt igjen i merden. Totalt ble 13 grønngylt (3 %) registrert som døde, mens 60 grønngylt (12 %) var borte (svinn). Det var ingen sammenheng mellom utsettsgruppene med tanke på overlevelse. Det var heller ingen tydelig sammenheng mellom overlevelse og størrelse ved oppstart (Tabell 8). Det var stor variasjon i vektendring fra -46 % til +49 % fra startvekt. Det var en tydelig overvekt av individer som gikk ned i vekt (84 %) i løpet av forsøket. (Figur 28). Utsettsmetodene (direkte, kort og lang) hadde liten innvirkning på endringen i vekt forsøksperioden (Figur 29), men langt opphold i ventemerdd gav en litt større vektnedgang enn kort opphold (t-test, $p < 0,05$).

Tabell 8: Overlevelse av grønngylt fra oppstart til avslutning av forsøket delt inn i lengdegrupper basert på lengdemål ved oppstart av forsøket. Overlevelse ble basert på antall ved oppstart og antallet som var igjen i merden ved avslutning av forsøket.

Størrelsesgruppe	n start	Overlevelse	
		n	%
11,9 - 12,9 cm	229	188	82
13,0 - 13,9 cm	106	94	89
14,0 - 14,9 cm	84	73	87
15,0-15,9 cm	34	31	91
16,0 - 16,9 cm	21	17	81
over 17 cm	7	5	71
Totalt	481	408	85

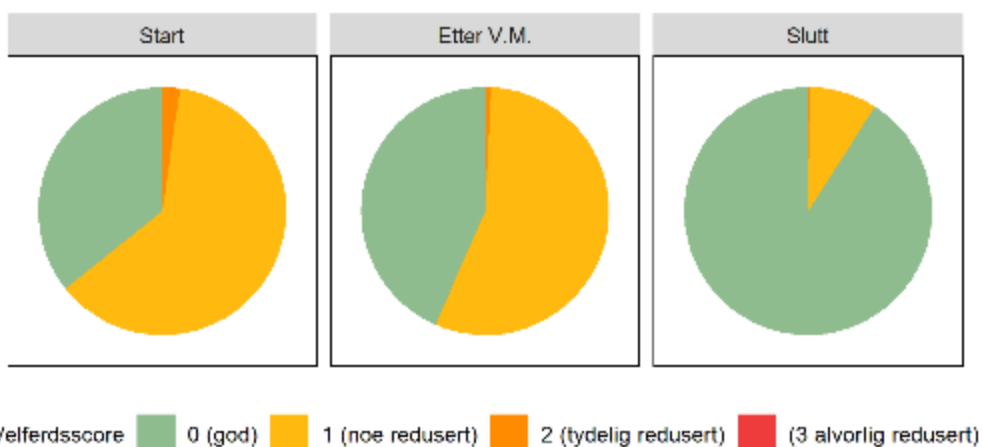


Figur 28: Vektendringen hos grønngylt ved avslutningen av forsøket vist i % av startvekt. Hver stolpe viser et individ ved avslutning av forsøket. Utsettsmetodene er vist som direkte (direkte utsett), kort (1-3 dager i ventemerdd) og lang (6-9 dager i ventemerdd). Antall grønngylt vurdert: 408.

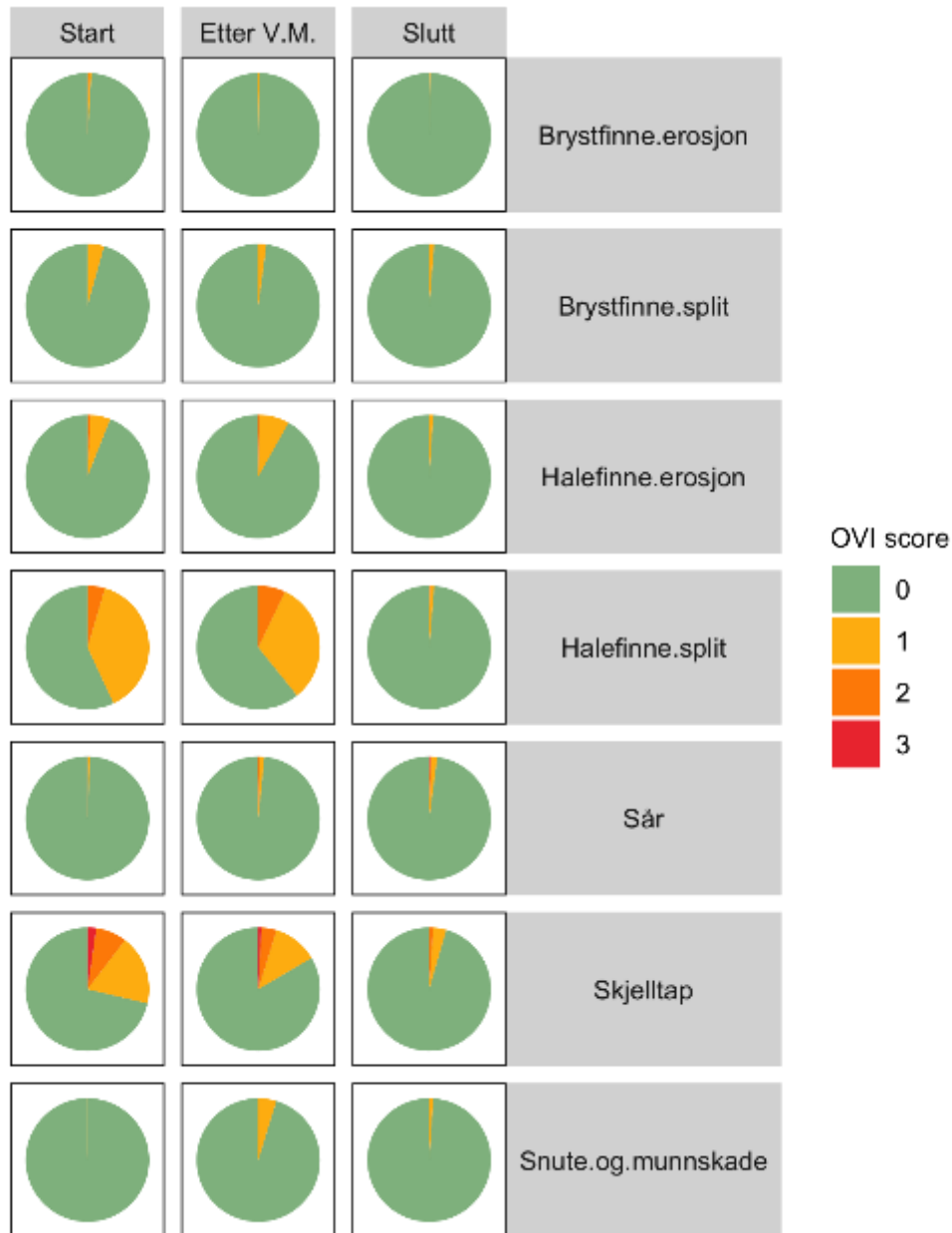


Figur 29: Endring av vekt hos grønngylt fra oppstart til avslutning vist som prosent endring fra vekt ved oppstart av forsøket og gruppert etter utsettsmetode. Utsettsmetodene er vist som direkte (direkte utsett), kort (1-3 dager i ventemerid) og lang (6-9 dager i ventemerid). Antall grønngylt vurdert: 408.

Den største andel (62 %) grønngylt hadde noe redusert velferd ved oppstart av forsøket, mens den største andel (91 %) hadde god velferd ved avslutning av forsøket (Figur 30). Generelt var det få registrerte avvik i vurderte OVler på grønngyltene ved oppstart av forsøket (Figur 31). Kun skjelltap og halefinnesplitt var relativt hyppig observert, med henholdsvis 29 og 43 % av individene med noe til tydelig skjelltap/halefinne splitt. Ved avslutning av forsøket hadde betydelig mindre andel av individene avvik på OVI-score.

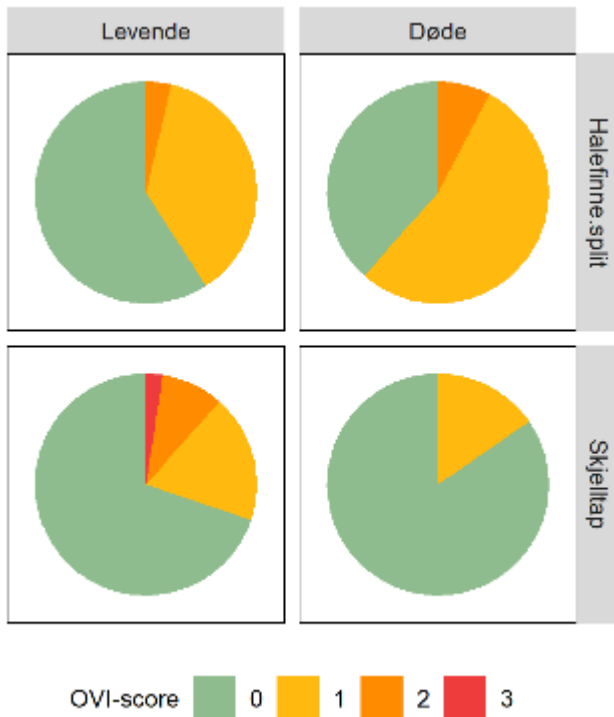


Figur 30: Overordnet velferdsscore hos grønngylt. Velferdsscore hos grønngylt ble vurdert ved oppstart (start), etter ventemerid (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (Slutt). Det ble vurdert 481 grønngylt ved oppstart, 380 etter opphold i ventemerid og 408 ved avslutning av forsøket.



Figur 31: OVI-scoring hos grønngylt. OVI ble scoret ved oppstart (start), etter ventemerd (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (slutt). Det ble vurdert 481 grønngylt ved oppstart, 380 etter opphold i ventemerd og 408 ved avslutning av forsøket.

Det var ikke økt dødelighet blant individene som ble observert med skjelltap, uavhengig alvorlighetsgraden, ved oppstart av forsøket. Imidlertid var det noe økt dødelighet blant grønngylt som fikk påvist halefinnesplitt ved oppstart av forsøket (Figur 32).



Figur 32: OVI-score av halefinnesplitt og skjelltap hos grønnngylt ved oppstart av forsøket. Fordelingen av OVI-scoringene av skjelltap og halefinnesplitt er gruppert mellom de som levde ved avslutning av forsøket («Levende») og de som ble registrert som død ved avslutningen av forsøket («Døde»).

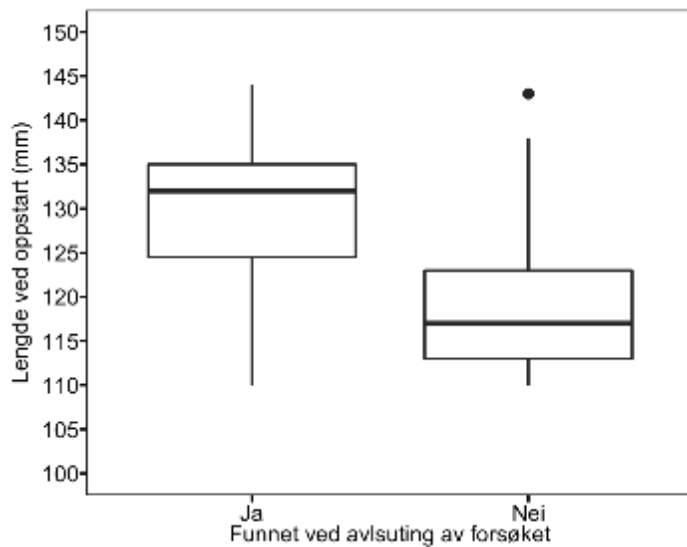
Villfanget bergnebb

Det var 371 bergnebb med i forsøket. Ved forsøkets avslutning 3 måneder senere var det kun 27 (7,3 %) igjen i merden, 2 fisk (0,5 %) var registrert døde, mens 342 fisk (92,7 %) var borte (svinn) (Tabell 9). Årsaken til det store tapet var høyst sannsynlig de 3 hullene som ble oppdaget i merden ved avslutning. Materialet var for lite til å gjøre beregninger på årsaker til dødelighet og utvikling av vekt og OVI.

Tabell 9: Antall og andel (%) bergnebb ved oppstart av forsøket og igjen i merden ved avslutning av forsøket, merket «Levende». Antall bergnebb som enten døde eller var borte ved avslutning av forsøket, merket «Død/svinn», delt inn i etter størrelse.

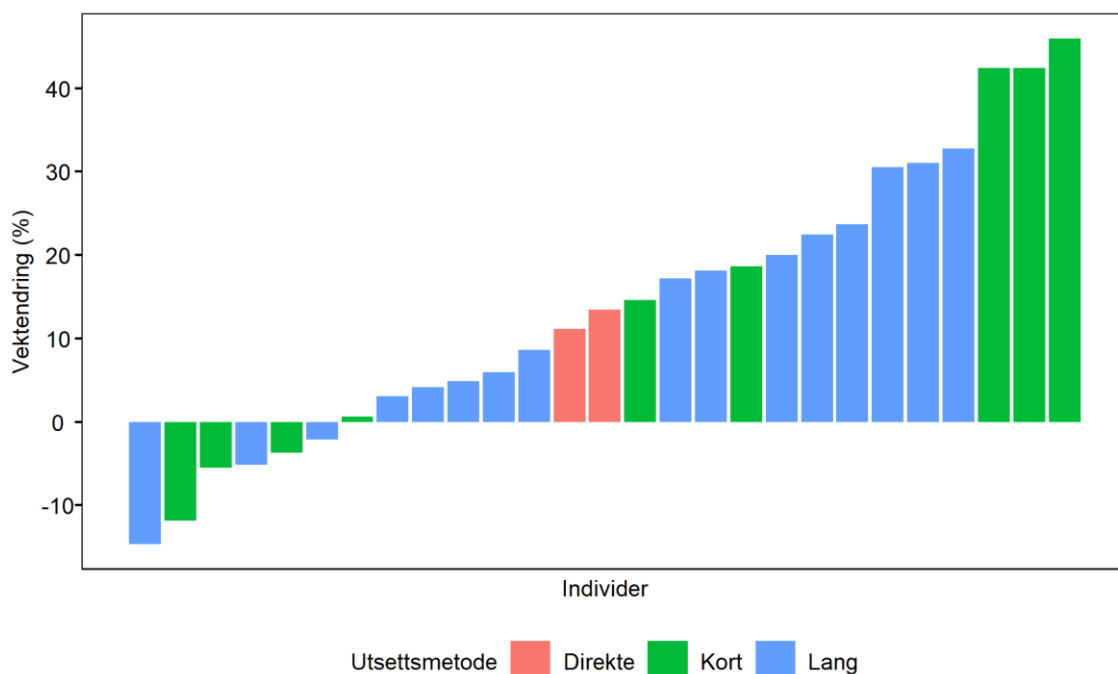
Totalt ved oppstart				Levende		Død/svinn	
Lengdegruppe	n	%	n	%	n	%	
11-11,9 cm	207	55,8	3	1,5	204	98,5	
12-12,9 cm	135	36,4	9	6,7	126	93,3	
13-13,9 cm	24	6,5	12	50	12	50	
14-14,9 cm	5	1,3	3	59,9	2	40,1	
Totalt	371	100	27	7,3	344	92,7	

Det var størst svinn blant de minste størrelsesgruppene (Tabell 9, Figur 33). Av 342 bergnebb under 13 cm var kun 12 fisk igjen ved avslutning, mens det var en større andel av de store bergnebbene som var igjen, der 15 av de 31 bergnebbene over 13 cm var der ved avslutningen av forsøket.



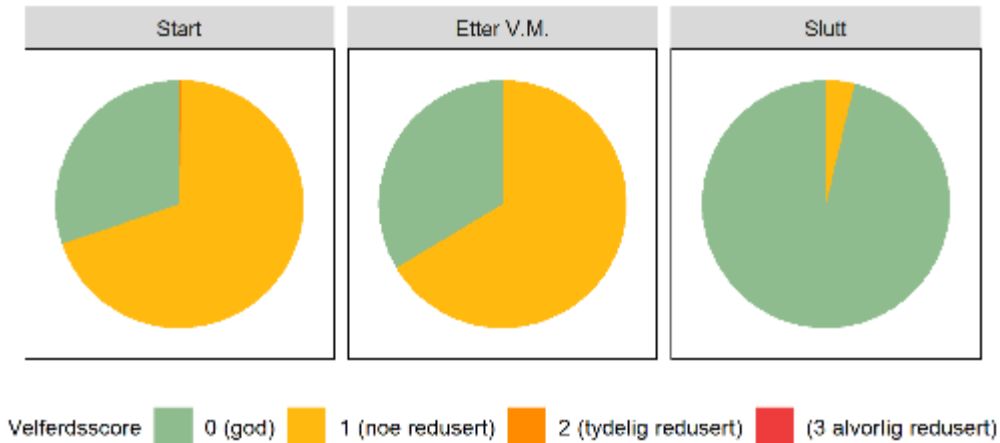
Figur 33: Lengde hos bergnebb ved oppstart av forsøket, gruppert etter om individene ble funnet igjen ved avslutning (Ja) eller hvis de var registrert som rømt (Nei). Antall bergnebb vurdert: 27 funnet igjen, 347 registrert som rømt.

De fleste bergnebbene som var igjen i merden ved avslutningen hadde gått opp i vekt siden oppstart av forsøket (Figur 34).



Figur 34: Vektendringen hos bergnebb ved avslutningen av forsøket vist i % av startvekt. Hver stolpe viser et individ ved avslutning av forsøket. Utsettsmetodene er vist som direkte (direkte utsett), kort (1-3 dager i ventemerd) og lang (6-9 dager i ventemerd). Antall bergnebb vurdert: 27.

Bergnebbens velferd ble vurdert til å være bedre for en større andel etter perioden i ventemerd, sammenlignet med vurderingene foretatt ved oppstart av forsøket (Figur 35). Det ble sett en bedring av OVI for både skjelltap og halefinesplitt etter en periode i ventemerd, men det oppsto flere tilfeller av snuteskader (Figur 36). Av de som var igjen til avslutningen av forsøket var det en som hadde et lite sår, og en som hadde litt erosjon på ryggfinnen, ellers var det ingen synlige avvik på OVI på fisken.

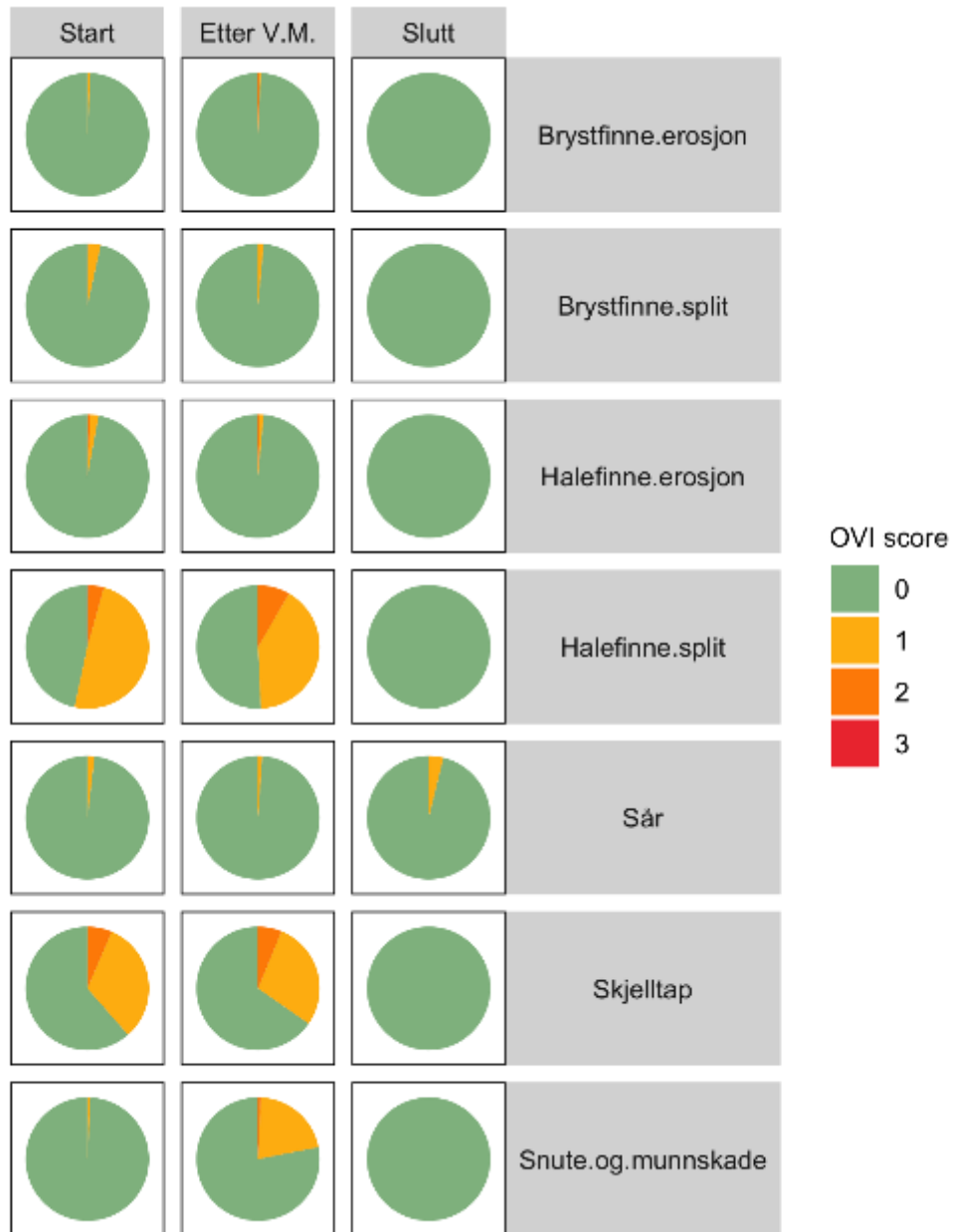


Figur 35: Overordnet velferdsscore hos bergnebb. Velferdsscore hos bergnebb ble vurdert ved oppstart (start), etter ventemerd (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (slutt). Antall bergnebb vurdert: 371 ved oppstart, 275 etter ventemerd og 27 ved avslutning.

Perioden i ventemerd førte til en økning i snuteskader hos bergnebb, og andelen snuteskader økte med lengre opphold i ventemerd (Tabell 10). Ved oppstart hadde kun 3 av de 370 fiskene snuteskade, mens 58 av 310 fisk hadde snuteskader i etterkant av kort og lang tid i ventemerden. Av de 119 fiskene som hadde langt opphold i ventemerd, hadde 54 fisk snuteskade etter oppholdet og kun 1 av disse fiskene hadde snuteskade ved starten av oppholdet i ventemerden. Ingen av de 27 som var igjen i merden ved avslutning av forsøket hadde snuteskader, men 6 av disse hadde snuteskader etter ventemerd.

Tabell 10: Antall bergnebb med snuteskade (score 0, 1 og 2) ved direkt utsett, samt etter kort og lang tid i ventemerd

	n	Oppst art		Etter ventemerd		
		0	1	0	1	2
Direkte	96	94	2	0	0	0
Kort	99	99	0	95	4	0
Lang	175	174	1	119	54	2
Tot	370	367	3	310	58	2



Figur 36: OVI-scoring hos bergnebb. OVI ble scoret ved oppstart (start), etter ventemerd (etter V.M) og ved avslutningen av forsøket (slutt). Antall bergnebb vurdert: 371 ved oppstart, 275 etter ventemerd og 27 ved avslutning.

5.4.4 Spørreundersøkelse

5.3.4.37 Materiale og metoder

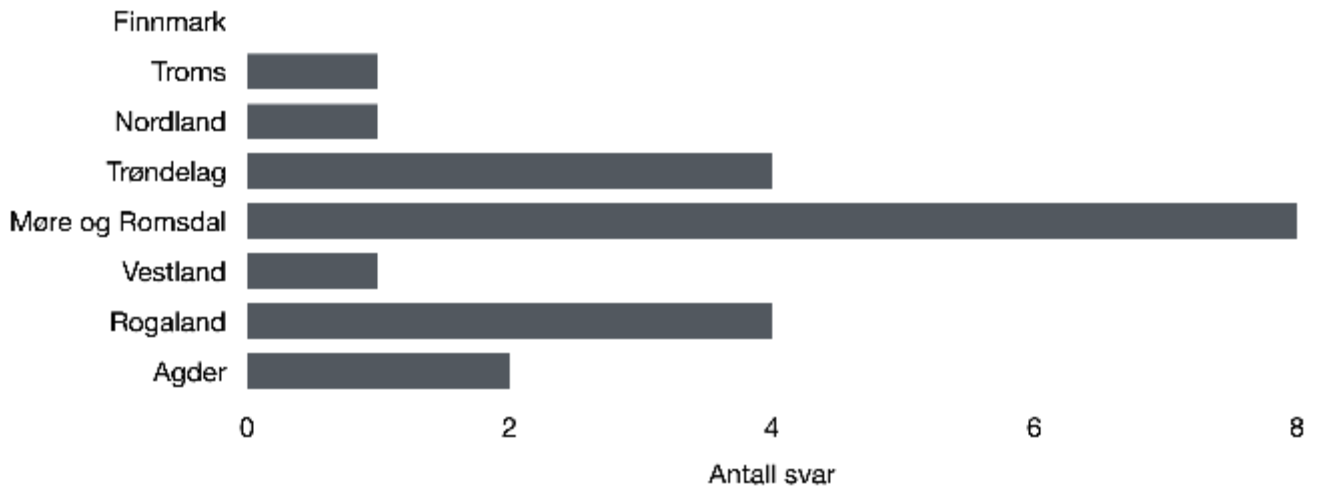
For å undersøke årsakene til tapene av rensefisk i merd, ble det i prosjektet tilknyttet en bacheloroppgave gjennomført av to studenter fra NTNU på studieprogrammet biomarin innovasjon våren 2022. Spørsmålene i undersøkelsene omfattet utsett og dødelighet i forrige produksjonssyklus, transport og mottak, rutiner og tilrettelegging i anlegget, utfisking, dødelighetsårsaker, sykdomsbekjempelse og regelverk/forvaltning. Ved formulering av spørsmålene, ble det utarbeidet en kombinasjon av spørsmål med mulighet for avkryssing og tekst. Det ble benyttet skjema laget i Google Forms, som ikke lagrer personopplysninger eller IP-adresser.

Det ble sendt ut 89 eposter til driftsledere og fiskehelsepersonell, der også enkelte ble oppfordret til å dele med andre aktuelle kandidater i samme organisasjon. Det ble mottatt 20 svar i perioden februar-april 2022. Dybdeintervju med fem respondenter ble gjennomført i perioden april-mai 2022. Det ble utformet en intervjuguide, og respondenter ble valgt ut fra erfaring med rensefisk. Det ble gjennomført opptak av intervjuene, som igjen ble transkribert før de ble analysert. De fem respondentene hadde stillinger som FoU-koordinator, ansvarlig for rensefisk, driftsleder matfisk, fiskehelsekonsulent og rensefiskansvarlig skiftleder.

5.3.4.38 Resultater

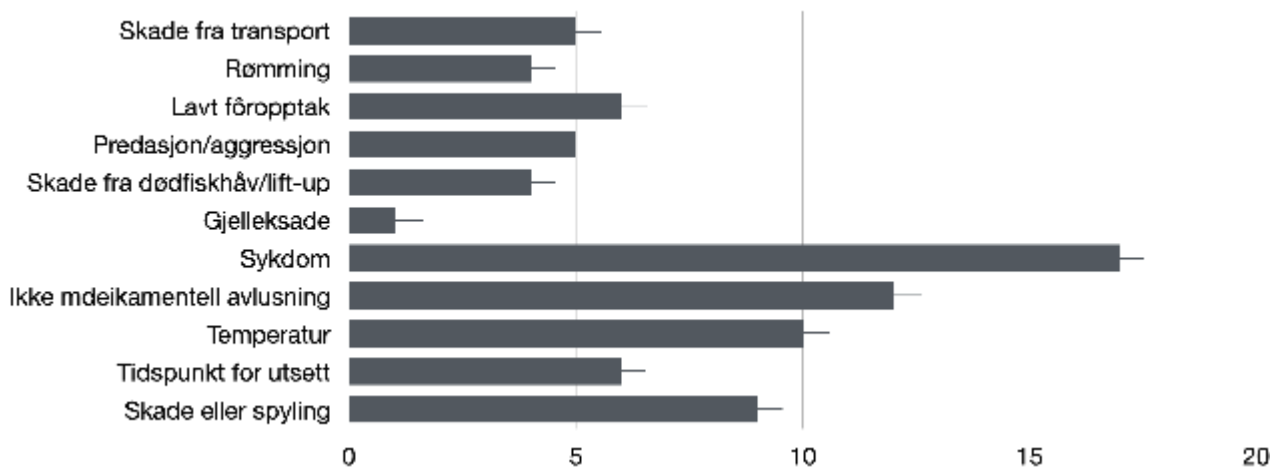
Ved den digitale spørreundersøkelsen svarte 16 av 20 at teine og ruse ble brukt til utfisking ([Jakobsen og Stigsrud, 2022](#)). Orkastnot ble benyttet av 6 anlegg. Det var nesten halvparten av respondentene som svarte at de fjernet skjul før utfisking, og også 8 som rapporterte at utsortering av rensefisk skjedde ved bruk av brønnbåt.

Fra den digitale undersøkelsen viste det seg at de 20 respondentene som besvarte undersøkelsen kom fra Vest- og Midt-Norge, og i mindre grad fra Sør- og Nord-Norge. Halvparten fra Møre og Romsdal (Figur 37) De fleste rapporterte om en innblandingsprosent mellom 7 og 15 %, og dødeligheten ble rapportert å være størst om sommeren og høsten.



Figur 37: Antall respondenter til den digitale undersøkelsen fordelt på regioner.

Fra undersøkelsen om årsaker til dødelighet ble sykdom vurdert som den viktigste årsaken, fulgt av IMM-behandling, temperatur og spyling (Figur 38). Dybdeintervjuene bekreftet at sykdom ble vurdert som den hyppigste dødsårsaken. Ved spørsmål om utslakting rapporterte 13 av de 20 som besvarte, at det var inntil 40 % levende rensefisk igjen på slaktetidspunkt.



Figur 38: Antall respondenter som vurderte enkelte faktorer som de viktigste årsakene til dødelighet.

5.4.5 Diskusjon

5.3.4.39 Datakvalitet

Denne studien sammenstiller et robust datamateriale, med storskalakartlegging av beholdning, helsestatus og dødelighet hos alle rensfiskarter benyttet, samt miljøbetingelser og produksjonshendelser over hele produksjonen på 21 kommersielle lokaliteter de siste 4 årene. Funnene fra storskalakartleggingen ble støttet av et kontrollert forsøk der villfanget leppefisk ble fulgt opp i småskala merder i tre måneder. I tillegg ble det innsamlet viktige innspill fra næringsaktører om de viktigste utfordringene de har med bruk av rensfisk.

Så vidt vi er kjent med, er denne kartleggingen den første som har inkludert og systematisert fiskehelsesdata i et slikt omfang. Prosjektet har i forbindelse med innhenting og sammenstilling av data avdekket en stor spredning i både innhold og mengde informasjon tilgjengelig fra de ulike lokalitetene. Denne variasjonen belyser en gjennomgående utfordring i oppdrettsnæringen som melder seg ved sammenstilling og innhenting av data for informasjon om helse- og velferdsstatus fra ulike lokaliteter og tidspunkt. Videre analyser og tolkning av disse dataene, og sammenligning mellom lokaliteter, blir da svært komplisert og forbundet med usikkerhet. Den første utfordringen melder seg allerede ved vurdering av fiskehelse på individnivå. Det er store forskjeller mellom ulike firma og forskjellig fiskehelsepersonell i hvilke parametere som undersøkes, samt hvordan scoring eller vurdering av disse parametere foretas. Vurdering foretas både i form av skala med ulike gradering, som tilstede/ikke tilstede eller i form av kommentarer i fritekst. En viktig faktor som kan bidra til å forenkle prosessen ved sammenstilling av helse- og velferdsdata vil være om det ble benyttet et en standardisert scoring av OVler, samt utvikle en standardisert semikvantitativ eller kvalitativ vurdering av indre parameter på individnivå, samt standardisert velferdsvurdering på populasjonsnivå, som foreslått i [Boissonnot mfl. \(2022a\)](#).

Per i dag er det få kommersielt tilgjengelige programvarer for journalføring på markedet. Dette bidrar til å øke diversiteten både i innhold og presentasjon av helserapporter. Til tross for at rensfisk er underlagt krav om helsekontroller fastsatt i Akvakulturdriftsforskriften, er erfaringen både fra felt, og fra denne studien, at oppfølgingen av rensfisken i mange tilfeller blir betydelig nedprioritert. Denne nedprioriteringen kan ses i sammenheng med betydelig tidspress i forbindelse med helsekontroll av laksen på lokaliteten, varierende kunnskap og erfaring om de ulike rensfiskartene, samt føringer omkring prioritering satt av de ulike oppdrettselskapene.

Ved sammenstilling av diagnostiske prøvesvar var det varierende hvor stort antall prøver som ble tatt av fiskehelsetjenesten på de ulike anleggene. I flere tilfeller var det også vanskelig å avgjøre hvorvidt histologi og PCR-prøver var tatt fra samme individ, eller fra ulike individer i samme merd. Negative prøvesvar ble heller ikke alltid beskrevet i rapportene. I tillegg var de store ulikhetene i både terminologi og vurderinger av histologiprøver både mellom ulike laboratorietjenester og histopatologer innad i samme firma. Bruk av standardisert terminologi ved beskrivelse av histopatologiske funn, samt en vurdering av funnenes kliniske relevans og klinisk betydning, er

nødvendig for å få mest mulig kunnskap ut av prøvene. Dette ville bidratt til å øke verdien på prøvesvarene ved helsevurderinger på lokalitetene betydelig. Vi ønsker derfor å oppfordre laboratorier og histopatologer til å etablere standardiserte vurderinger, samt øke fokus på de patologiske funnenes kliniske relevans for individet og populasjonen. En lignende problemstilling er hvorvidt konsentrasjon av agens påvist på PCR (Ct-verdier), kan korreleres til subklinisk eller klinisk sykdom.

På lokalitetsnivå er det fiskehelseansvarlig sitt ansvar å foreta en faglig vurdering ved sammenstilling av observasjoner i felt, obduksjonsfunn, prøvesvar og erfaringer til en vurdering av helse og velferd hos rensefisk. En kombinasjon av for lite konkrete svar fra diagnostikken, samt fortsatt mange ubesvarte spørsmål omkring optimalt hold av rensefisk, resulterer i rapporter med vage formulering og få konkrete råd. Dette er negativt både for velferden for rensefisk på lokalitetsnivå, og for mulighetene til å benytte kjent kunnskap til å optimalisere hold av rensefisk.

Registrert dødelighet i kommersielle anlegg må tolkes forsiktig da det er en viss unøyaktighet i det daglige antall døde rensefisk som hentes opp med dødfisk-håv eller lift-up. Når antallet dødfisk er lavt, telles sannsynligvis alle individer, men når mengden dødfisk øker blir det for tidkrevende å telle hvert enkelt individ og antallet blir derfor heller estimert. Feilmarginen er uforutsigbar, og kan føre til en over- eller underestimering av antall døde rensefisk (Austad, 2021). En annen utfordring med dødfiskregistreringen er at mange oppdrettere følger retningslinjene i Bransjeveiledningene for lakselus - Bruk og hold av rognkjeks og Bruk og hold av leppefisk, som sier at det ved registrering av dødfisk må tas hensyn til at ikke all fisk havner i hentenettet (Sigstadstø, 2017a; b). For å gjøre det multipliserer oppdrettere ofte antall talte eller estimerte døde rensefisk med en gitt faktor. Siden denne faktoren ikke er standardisert eller systematisk uttrykt, er det svært komplisert å ha oversikt over det faktiske tapet fra kommersielle lakseanlegg (Austad, 2021). Vi har vurdert i denne studien at selv om antallet registrerte døde rensefisk ikke skal tolkes som nøyaktig, gjør den store datamengden det mulig å oppdage generelle mønstre for dødeligheten. Man må likevel være forsiktig med tolkningen av resultatene angående dødeligheten hos de ulike artene leppefisk. Datagrunnlaget for vill berggylt er noe tynt, da kun 3 av de kommersielle lokaliteter hadde villfanget berggylt i merd. I tillegg, når flere leppefisk arter er i samme merd, er det ikke uvanlig at artskategoriseringen blir feil. Selv om hver art har unike fargemønstre og morfologiske trekk, kan de være vanskelige å skille (Sayer mfl., 1996a). Særlig grønnngylt kan minne mye om små berggylter, i tillegg kan det være vanskelig å skille vill og oppdrettet berggylt. Det kan derfor være noe usikkerheter knyttet til identifisering av de enkelte artene.

Det viser seg at det også var stor usikkerhet knyttet til registreringer av miljøbetingelser og produksjonshendelser i kommersielle anlegg. I det innsamlede datasettet ble det oppdaget flere perioder med åpenbare feil i registreringer av miljøbetingelser (f.eks. urealistiske oksygenkonsentrasjoner mest sannsynlig grunnet sensorfeil) og hendelser (delvis registrering av notvedlikehold, avlusing registrert på lokalitetsnivå, og ikke merdnivå). Dette ble korrigert i størst mulig grad, og det er trolig at øvrige feil ble kamouflert i den store mengden innsamlet data. Det var derfor mulig å undersøke miljø og produksjonshendelsers betydning som dødelighetsårsaker. Det

er imidlertid et stort potensial for forbedring for å oppnå registrering over påvirkning av eksterne faktorer på rensfiskens dødelighet.

5.3.4.40 Registrert dødelighet hos de ulike artene

Total registrert dødelighet hos rognkjeks i storskalakartleggingen var i snitt 48 % (11 – 88%). Varigheten på utsettene varierte fra 20 til 70 uker. Medianen for den gjennomsnittlige ukentlige dødelighetsraten var for rognkjeksutsettene 1,7 %. Total registrert dødelighet var i tråd med tidligere studier som rapporterte rognkjeksdødelighet i kommersielle merder fra 18 til 65 % ved avslutningen av en produksjonssyklus, der noen anlegg opplever opp mot 100 % dødelighet eller tap (Bui mfl., 2018; Geitung mfl., 2020a; Mattilsynet, 2020; Nilsen mfl., 2014; Stien mfl., 2020). Dødelighet hos rognkjeks hadde sammenfallende trend som velferden hos de undersøkte individene. Det ble registrert lav dødelighet og god velferd hos individene de første 6-7 månedene etter overføring til sjø (0,7 % i median dødelighetsrate per uke). Deretter økte dødeligheten (1,8 % i median dødelighetsrate per uke) samtidig som det ble observert en reduksjon av velferdsstatus. Sår på halefinne og hud ble ofte observert på de undersøkte rognkjeksene. Dette er typiske skader som er med på å redusere velferden hos rensfisk (Espmark mfl., 2019), og kan forårsake dødelighet. Av de 19 kommersielle anleggene som hadde rognkjeks, hadde 5 en akkumulert dødelighet under 20 % gjennom hele produksjonen. Det at så få rognkjeks overlevde gjennom hele produksjonen illustrerer utfordringen med å sikre lav dødelighet og behovet for tiltak som kan bidra til å redusere dødelighet hos rognkjeks i merd.

Total ble 42 % av villfanget berggyllt og 49 % av oppdrettet berggyllt registrert som død i storskalakartleggingen. Av villfanget grønngyllt og villfanget bergnebb ble henholdsvis 30 og 31 % registrert som døde. Villfanget berggyllt skilte seg fra de andre artene med en høyere gjennomsnittlig ukentlig dødelighetsrate (median: 6,2 %). Dette var i kontrast til resultatene fra det kontrollerte forsøket, der ingen villfanget berggyllt døde i løpet av 3 måneders oppfølging. Det var flere arter leppefisk sammen i de kommersielle merdene, og det er mulig at den høye andelen registrert død villfanget berggyllt ble forårsaket av en identifiseringsfeil. I storskalakartleggingen var medianen for den gjennomsnittlige ukentlige dødelighetsraten for de øvrige leppefiskartene 2,3-3,2 %. Den totale dødeligheten hos oppdrettet berggyllt var 49 %, mens den for villfanget grønngyllt og villfanget bergnebb var dødeligheten i snitt 30 %. I det kontrollerte forsøket døde ingen berggyllt, mens 3 % av grønngyllten døde. Det var dessverre ikke mulig å beregne dødeligheten for bergnebb på grunn av at de fleste individene rømte. Den totale dødeligheten som ble registrert i denne studien var i tråd med tidligere studier, som rapporterte leppefiskdødelighet i kommersielle merder fra 3 til 75 % etter 5-8 uker (Geitung mfl., 2020a; Mattilsynet, 2020; Skiftesvik mfl., 2014; Stien mfl., 2020). En annen studie viste at dødeligheten hos villfanget berggyllt var betydelig lavere enn hos andre villfangede leppefiskarter (18 % mot 32 %), (Nilsen mfl., 2014), noe som ble observert kun i det kontrollerte forsøket i vår studie. På lokalitetsnivå hadde 2 av 24 leppefiskutsett en dødelighet under 20 % gjennom hele produksjonssyklusen. Det at så få leppefisk overlevde gjennom hele produksjonen indikerer at utfordringen med å sikre lav dødelighet er like stor for leppefiskartene som for rognkjeks. Leppefisk kan leve flere år med de rette miljøbetingelsene, og i teorien gjenbrukes i flere produksjonssykluser. Hvis gjenbruk er målet for leppefiskoppdrett, må overlevelse hos leppefiskartene øke drastisk i de kommende årene.

5.3.4.41 Dødelighetsårsaker

Dødelighet er resultatet av en kjede av hendelser, og det kan være utfordrende å fastslå kausalitet og identifisere underliggende årsaker (Aunsmo mfl., 2021). Helsekontroller fokuserer ofte på å stille en diagnose, og kausalitet eller underliggende årsaker blir ikke nødvendigvis alltid utredet. I denne studien har vi fokusert på å samle inn data på så mange parametere som mulig for å undersøke hovedårsaker til dødelighet hos rensefisk i laksemerder, men det er fortsatt behov for å standardisere kategorisering av dødelighetsårsaker.

Resultatene fra storskalakartleggingen indikerte tydelig at dødelighet hos oppdrettet rognkjeks og berggyllt hovedsakelig var knyttet til håndtering. Dette bekrefter observasjoner fra tidligere studier (Boissonnot mfl., 2022c; Sommerset mfl., 2022). Dødeligheten hos villfanget leppefisk var høy fra utsett i merd, og det ble derfor vanskelig å knytte dødeligheten mot hendelser utført på lokalitetene. I det kontrollerte forsøket var dødeligheten hos den villfangede leppefisken veldig lav sammenlignet med dødeligheten i storskalakartleggingen. En medvirkende årsak til dette kan være at det ikke ble utført mekanisk avlusing eller AGD-behandling i småskalaforsøket. Det er foreslått at det er selve håndteringen som medfører økt dødelighet, og at det ikke er store forskjeller mellom behandlingstyper (Bui mfl., 2022). Bakgrunnen for dette er at håndtering kan føre til blant annet alvorlige øyeskader og hudskader (samt skjelltap hos leppefisken). Disse skadene kan være direkte dødelighetsårsaker, eller bidra til redusert helsestatus på sikt, da hud er en viktig barriere mot patogener (Ángeles Esteban, 2012) og god øyehelse er avgjørende for fôring, tatt i betraktning at rensefisk er visuelle næringsøkere (Jonassen mfl., 2017; Powell mfl., 2018a). I tillegg er pumping av fisk fra merdbunnen f.eks. ved bruk av lift-up, særlig skadelig for leppefisk som har en fysoclist svømmeblære (svømmeblære uten forbindelse med spiserøret). Rask dybdeendring fra merdbunn mot overflaten kan derfor medføre overdistensjon av svømmeblæren og påfølgende barotraume (Helfman mfl., 2009).

I henhold til akvakulturdriftsforskriften er det pålagt at det før operasjoner på anlegg som kan føre til en belastning på rensefisken skal foretas utsortering for vern mot skade og unødvendig påkjønning. Dette med mindre fiskehelsepersonell mener det tar bedre hensyn til fiskevelferden at rensefisken blir stående i produksjonsenheten (Lovdata). Håndtering er problematisk for velferd og overlevelse (Sommerset mfl., 2022). I praksis er det mange faktorer som vanskeliggjør utfisking. Veldig ofte er det kort tid fra beslutning om behandling av laksen til oppstart av operasjonen, noe som gjør at det er svært lite tid til å fiske ut rensefisken. I tillegg er dagens gjenfangst- og sorteringsmetoder ikke gode nok, og personalet klarer derfor sjelden å ta ut hele populasjonen kort tid før behandling av laksen. Gjenfangst kan i seg selv også føre til skader og økt stress (Foss mfl., 2020; E. Bendiksen, Bjørøya, pers. komm.). Det var dessverre ikke mulig å fastslå hvor stor andel av individene som hadde vært gjennom behandling eller ikke, da denne informasjonen ikke var registrert av oppdretterne. Men den reduserte velferden og overlevelsen som vi observerte etter mekanisk avlusing og AGD-behandling indikerte at det er et stort behov for å utvikle gjenfangstmetoder som gjør det mulig å fiske ut all rensefisk raskt og skånsomt fra en

merd, uten å forårsake ekstra stress eller skader. En studie gjennomført av [Foss mfl., 2021](#) undersøkte om det var mulig å effektivisere gjenfangst av rognkjeks og leppefisk ved å lære opp fisken ved hjelp av spesifikke lyd- og/eller lyssignal til å oppsøke spesifikke referansepunkter i merd. Forsøkene i småskala viste at dette var en lovende metode da en stor andel av fisken samlet seg ved det valgte referansepunktet. Det var dessverre ikke mulig å gjenskape en slik effekt i fullskala merder, og dette bør undersøkes nærmere for videre optimalisering av gjenfangst.

Infeksjoner oppgis ofte som hovedårsaken til redusert overlevelse hos rensefisk i merd ([Brooker mfl., 2018](#); [Mortensen mfl., 2021](#); [Sommerset mfl., 2021](#); [2022](#)). I denne studien fant vi ingen tydelig støtte for at registrerte sykdommer har vært viktig som underliggende dødsårsak, selv om næringspartnere som deltok i spørreundersøkelsen hadde inntrykk av at sykdom var den viktigste dødelighetsårsaken. Resultatene våre er i tråd med [Geitung mfl. \(2020a\)](#), som antydte at sykdommer ikke nødvendigvis er hovedårsak til rensefiskens reduserte overlevelse i merd. Ved rutinemessige helsekontroller gjøres det et risikobasert prøveuttak, og i en del tilfeller screenes det for aktuelle agens. Det er utfordrende å fastslå hvorvidt påviste patogener er direkte årsak til dødelighet. ([Sommerset mfl., 2021](#)). Årsak til dødelighet er vanligvis multifaktoriell, og kan være vanskelig å avdekke i felt. I mange tilfeller er påviste agens kun utløsende faktor til klinisk sykdom og død. ([Aunsmo mfl., 2021](#)). Håndteringer som avlusing og AGD-behandling kan for eksempel forårsake hudskader, som igjen svekker en viktig barriere og gjør individet mer mottakelig for sykdom. Vi oppfordrer videre studier til å utdype dette aspektet, da vi mistenker at flere dødelighetsepisoder forklart som forårsaket av sykdommer i helsekontrollrapporter, faktisk først og fremst er forårsaket av håndtering.

Det har tidligere blitt antydte at episoder med høy dødelighet hos rognkjeks, observert på sommeren, har vært relatert til høye sjøvannstemperaturer ([MOWI, 2019](#); [NOFIMA, 2022](#)). Rognkjeks er en kaldtvannsart ([Daborn og Gregory, 1983](#)) og om sommeren kan sjøvannstemperaturen stige over rognkjeksens temperaturpreferanser ([Mortensen mfl., 2020](#)). Temperaturen kan være dødelig dersom den overstiger 18°C ([Hvas mfl., 2018](#)). Det er også indikasjoner på at rognkjeks er mer sårbar for sykdommer ved temperaturer over 10°C ([Brooker mfl., 2018](#); [Nordstrand mfl., 2017](#); [Rønneseth mfl., 2017](#)). I storskalakartleggingen oversteg maksimale temperaturer ved alle oppdrettsanlegg som benyttet rognkjeks 10°C i 0-28 uker gjennom produksjonen. Den høyeste temperaturen som ble målt i studieperioden var 16,4°C. Vi kunne ikke relatere forhøyede sjøvannstemperaturer til sykdommer eller dødelighet hos rognkjeks. Selv om vi ikke kan utelukke at dødeligheten hos rognkjeks i noen tilfeller kan være forårsaket av høye sjøvannstemperaturer, stiller dette resultatet spørsmål ved om økt dødelighet hos rognkjeks observert på sommeren, hovedsakelig skyldes forhøyede sjøvannstemperaturer eller hyppigere mekaniske avlusingsoperasjoner.

Det knyttet bekymring til temperaturoverførsen til leppefisk som benyttes i lakseoppdrett, da all leppefisk i Norge befinner seg helt i nordlige del av utbredelsesområdet. ([Maroni og Andersen, 1996](#); [Skiftesvik mfl., 2015](#)). I vinterperioder, når sjøvannstemperaturen faller under 6–8°C går de inn i en hypometabolsk tilstand ([Costello mfl., 1997](#); [Morel mfl., 2013](#)). Bergnebb viser den

høyeste toleransen og laveste dødeligheten ved lave sjøtemperaturer (under 4°C), (Costello mfl., 1997), mens grønnngylt virker særlig sårbare ved kalde temperaturer, og viser økt dødelighet under 4°C (Bjelland mfl., 1996; Sayer mfl., 1996b). I storskalakartleggingen og i det kontrollerte forsøket falt ikke sjøtemperaturene under 4°C. Vi kunne derfor ikke relatere lave sjøvannstemperaturer til økt dødelighet hos leppefisk, og derfor heller ikke verifisere hvorvidt økt dødelighet hos leppefisk kan være knyttet til lave sjøvannstemperaturer.

Notvask har tidligere blitt dokumentert som en årsak til dødelighet, men ble ikke vurdert som en av hovedårsakene (Stien mfl., 2020). I en undersøkelse gjennomført av (Bouwman, 2020), kommenterte nesten halvparten av oppdretterne at det var økt dødelighet både under og etter notvask. Det ble observert at renseskisk fikk alvorlige skader dersom de fysisk kom borti notvasker (Bouwman, 2020). Det ble i spørreundersøkelsen kommentert av oppdrettere at dødeligheten av renseskisk økte dersom notvaskoperasjonen ble kjørt for raskt og dersom nota var kraftig begrodd. Kraftig begroing medfører at en større andel renseskisk oppholder seg på nota og beiter. I storskalakartleggingen var det ikke mulig å knytte dødelighet til notvask av to grunner: notvask ble gjennomført med veldig høy hyppighet ved de fleste lokalitetene, og notvasking var ikke loggført med tilstrekkelig stor nøyaktighet. Likevel ble skade etter spyling nevnt av flere av aktørene som deltok i spørreundersøkelsen som en årsak til dødelighet. Det er behov for mer kunnskap om hvordan notvask påvirker renseskisks velferd og dødelighet. Mer kunnskap vil kunne bidra til utviklingen av mer velferdsvennlige notvaskere, noe som er nødvendig dersom dagens notvaskingsstrategier skal fortsette med samtidig hold av renseskisk.

Dødeligheten hos leppefisken i det kontrollerte forsøket var veldig lav sammenlignet med dødeligheten i storskalakartleggingen. Vi observerte også i storskalakartleggingen at enkelte kommersielle anlegg hadde bedre overlevelse hos renseskisk enn andre, uten at man klart kunne påvise forskjeller i ytre faktorer. Dette mener vi kan være knyttet til kompetansen, engasjementet og kapasiteten til å gjennomføre rutinemessig oppfølging fra personell på lokaliteten. Den overordnede strategien fra ledelsen i oppdrettsselskaper er også svært viktig, da hold av renseskisk i tillegg til laks krever tilstrekkelige ressurser. Det har vært foreslått i flere studier at den humane faktoren er avgjørende for å sikre god velferd og lav dødelighet hos renseskiskartene (Garcia de Leaniz mfl., 2021; Treasurer mfl., 2018).

5.3.4.42 Uforklart dødelighet

I storskalakartleggingen ble det observert dødelighet som sannsynligvis ikke kan knyttes til de undersøkte parameterne. Andre faktorer som ikke ble registrert kan ha vært årsaken til denne uforklarte dødeligheten.

Det er store utfordringer med å evaluere i hvilken grad dødelighet kan knyttes til dårlig ernæringsstatus. De fleste lokalitetene, inkludert de som ble fulgt opp i denne studien, fører rognkjeks med rognkjekspellet, enten med fôringsautomater eller manuell fôring (Geitung mfl., 2020a; Imsland mfl., 2018a). Leppefisk fôres med fôrblokk/fôrpølser (f.eks. Geitung mfl. (2020a)). Lokalitetene følger retningslinjene fra fôrprodusenter med tanke på fôrmengde per dag relatert til biomasse og temperatur. Det er likevel mange endringer som kan oppstå i løpet av en produksjon

(størrelse på pellets, produsent, leveringsmetode, hyppighet på fôring, plassering av fôring osv.), og det er fortsatt veldig lite fokus på registreringen av dette. Dette gjør det svært utfordrende å kunne knytte fôring til ernæringsstatus og følgelig dødelighet. Det finnes ikke konsensus om hva som er tilstrekkelig fôring av rognkjeks i merd. I noen småskalastudier ble det observert at rognkjeks hadde godt hold ved fôring med pellets (Geitung mfl., 2020a; Imsland mfl., 2020). Andre studier hevder at rognkjeks er underernært i merder, og at fôring er en av hovedutfordringene når det gjelder hold av rognkjeks i merd. (Garcia de Leaniz mfl., 2021; Treasurer mfl., 2018; E. Bendiksen, Bjørøya, pers. komm.). I storskalakartleggingen ble ikke vekten målt. Det var derfor ikke mulig å beregne hold, som også er vanskelig å vurdere visuelt (Boissonnot mfl., 2022a). Omtrent 40 % av de vurderte rognkjeksene hadde tom mage. Om denne andelen tilsier at ernæringsbehovet til rognkjeks ikke blir fullt dekket er usikkert, men kan ikke utelukkes.

For leppefisk viser flere studier redusert hold i merd grunnet dårlig tilpasset fôr med tanke på nærings sammensetning og smakelighet (Geitung mfl., 2020b; Lein mfl., 2021; Skiftesvik mfl., 2017; Skiftesvik mfl., 2013). I tillegg observert Geitung mfl. (2020a) at både hold og vekst hadde negativ utvikling over tid i deres oppfølging gjennom en vinter. Dette ble forklart med at leppefiskarter går inn i overvintring og slutter å spise i kjøligere vinterperioder (Yuen mfl., 2019). I storskalakartleggingen var det ikke tydelig sammenheng mellom hold og sesonger, men andelen oppdrettet berggyllt med dårlig hold økte etter utsett i sjø. Undersøkelser av mageinnhold viste i tillegg at 40 % av oppdrettet berggyllt ikke hadde spist. Resultatene fra det kontrollerte forsøket viste også at vekt hos villfanget grønnngylt og berggyllt ble redusert over tid. En stor andel av grønnngylten var såpass avmagret ved avslutning at individene måtte avlives, da de ikke ble ansett som sterke nok til å tåle en vinter med lave temperaturer. Dette indikerer klart at fôringsstrategiene og fôrtypene benyttet i merd ikke er godt nok tilpasset behovet hos leppefiskartene. Det pågår/har pågått flere prosjekter som undersøker hvorvidt fôrsammensetning (FHF-prosjekter 901561 STARTRENS og 901563 OptiRens) samt fôringsmetoder og strategier påvirker rensefiskens ernæringsstatus og overlevelse (FHF-prosjekter 901693 STRATEGI og 901694 OptiFÔR). En betydelig økning av kunnskap om disse temaene forventes i nær fremtid.

En annen mulig årsak til den uforklarte dødeligheten, kan være faktorer som oppstår før rensefiskens settes ut i sjø. Dette er spesielt aktuelt for dødelighet som ble registrert de første ukene etter utsett i kommersielle merder hos villfanget og oppdrettet leppefisk. For de fire undersøkte kommersielle lokalitetene ved storskalakartleggingen, ble velferden hos de undersøkte oppdrettede berggylltene vurdert som noe redusert til alvorlig redusert allerede fra utsett. De fleste oppdrettede berggylltene som ble undersøkt like etter utsett i sjø hadde tydelige eller alvorlige finneskader. Dette ble også observert i det kontrollerte forsøket, der villfanget leppefisk hadde finneskader og skjelltap ved utsett. Disse ble redusert over tid, noe som kan indikere at slike skader kan heles. Skader tilstede ved utsett og påfølgende dødelighet kan skyldes transport og pumping, samt fangst for villfanget leppefisk eller hendelser i settefiskfasen for oppdrettet berggyllt Geitung mfl., 2020a. I tillegg til skader kan økt stress ved tilvenning til nytt miljø føre til økt dødelighet Geitung mfl., 2020a. Tilvenning av oppdrettet berggyllt til merdforhold før utsett har

blitt foreslått for å redusere stress, noe som er fordelaktig for velferd, men også for lusebeiteeffektivitet (Brooker mfl., 2020).

5.3.4.43 Uregistrert tap

I en undersøkelse utført i 2019 konkluderte Mattilsynet med at antallet rensefisk som dør i norsk lakseoppdrett trolig er enda høyere enn det som er rapportert, fordi rapporterte tall ikke inkluderer uregistrerte tap, det vil si rensefisk som forsvinner fra merden uten å bli registrert som død (Mattilsynet, 2020). For å bedre forstå omfanget av uregistrert tap, er det avgjørende at lakseoppdrettere registrerer nøyaktig antall dødfisk (se underseksjon 5.1) og teller all død rensefisk som fiskes ut under produksjonen, samt de som er igjen ved avslutning og de som ender opp på slaktelinje. I storskalakartleggingen var det kun 5 av de 21 lokalitetene som telte rensefisk på slaktelinje. Disse benyttet kun rognkjeks, og gjennomsnittlig andel uregistrert tap av rognkjeks var for disse merdene $30,5 \pm 19,3\%$. Dette, til tross for store variasjoner mellom lokalitetene, er svært høyt og indikerer at det er behov for en rask utvikling av dødelighetsregisteringer for å få kontroll på beholdning av rensefisk i merd.

Det er flere utfordringer knyttet til dokumentasjon av svinn i kommersielle merder. For det første antas det at død rensefisk brytes ned svært raskt og kan forsvinne før den hentes opp ved daglige dødfiskoptak, særlig om sommeren (Espmark mfl., 2019; Geitung mfl., 2020a; Nilsen mfl., 2014). Predasjon har også blitt foreslått som en potensiell årsak til udokumenterte tap (Geitung mfl., 2020b; Mo og Poppe, 2018; Nilsen mfl., 2014), og ble også nevnt av næringspartnere som deltok i vår spørreundersøkelse. Ved flere anledninger har det vært observert at oppdrettslaks spiser rensefisk som er satt ut i merdene (Espmark mfl., 2019; Hjertås mfl., 2019; Mo og Poppe, 2018), og det er indikasjoner på at leppefisk er mer utsatt enn rognkjeks for predasjon fra laks (Aas mfl., 2022). Det har tidligere blitt foreslått at byttedyrstørrelse i forhold til størrelse på laks har betydning for predasjon, og at dersom leppefisken er liten nok i forhold til laksen så vil den potensielt kunne være utsatt for predasjon. Det er tidligere vist at lakseparr kan spise pellets med en maksimal diameter på 0,07 ganger laksens lengde (Wańkowski, 1979) og mageundersøkelser hos baltisk laks viste at de maksimalt kunne konsumere byttedyr som var 1/3 av laksens egen lengde (Jacobson mfl., 2018). I tillegg oppholder leppefisk seg ofte ved notveggen (Leclercq mfl., 2018), så predasjon av hvilende eller døde individer fra rovfisk utenfor merda kan også skje (Stien mfl., 2020; Uglem mfl., 2014). I storskalakartleggingen fikk vi tilgang til et 70 timers langt videomateriale filmet langs notveggen på en av lokalitetene. I dette materialet ble det ikke observert predasjon på rensefisk. Dette kan bety at predasjon er relativt sjelden langs notveggen, eller at det er situasjonsbetinget. Flere undersøkelser er nødvendig for å kunne si noe om omfanget av predasjon i oppdrettsmerder.

Det er vanskelig å få sikre tall på hvorvidt uregistrert tap av rensefisk er relatert til rømming (Nilsen mfl., 2014). I norsk lakseoppdrett er maskestørrelsene som brukes i merder og forholdet til minimumsstørrelsen på fisk regulert i Akvakulturdriftsforordningen. Oppdretter buker gjerne egenutviklede retningslinjer basert på maskepenetrasjonstester, som ikke tar i betraktning potensielle variasjoner i fiskens kompressibilitet eller forskjellige masketilstander. Dette kan føre

til en undervurdering av krav til maskestørrelse som er nødvendig for å unngå rømming av de minste rensefisk. (Herrmann mfl., 2021). Omfanget av rømming av rognkjeks er ikke rapportert i litteraturen, og vi kunne dessverre ikke undersøke dette i denne studien. Det erkjennes at dette er et problem for næringen som må undersøkes (Powell mfl., 2018b). I motsetning til hos rognkjeks er det godt dokumentert at rømming av leppefisk er en stor utfordring i laksemerder (Faust mfl., 2018; Geitung mfl., 2020a), og dette var også et problem som oppsto i vårt kontrollerte forsøk. Veldig små hull i nøter kan være nok for at en stor andel av populasjonen rømmer (Geitung mfl., 2020a), og det er sannsynlig at små individer klarer å rømme også gjennom intakte nøter (Treasurer mfl., 2018).

5.4.6 Konklusjon

- Selv om dødeligheten hos rognkjeks og leppefiskartene fortsatt er for høy i kommersielle merder, er det enkelte lokaliteter med god velferdsstatus og lav dødelighet hos rensefisk.
- Det er et stort behov for bedre dokumentasjon av uregistrert tap av rensefisk, og slike registreringer kan ikke gjennomføres i etterkant av en produksjonssyklus, ved bruk av historiske data. Bedre kontroll av dødelighet kan oppnås ved å (1) ha fokus på registrering av reelle dødelighetstall, (2) videoovervåke predasjon, rømming og forråtnelse av dødfisk, (3) registrere rensefisk på slaktelinja, for på den måten å få et best mulig estimat på den totale utgangen av rensefisk i produksjonssyklusen.
- Videre fokus må være på utarbeidelse av standarder for bedre dokumentasjon av årsaker til dødelighet hos rensefisk i laksemerder. Dette kan gjøres ved å utvikle en kategoriseringsprotokoll av dødelighetsårsaker tilpasset artene, med mål om at man i større grad identifiserer underliggende årsaker.
- Selv om flere faktorer bidrar til dødelighet hos rensefisk, skiller håndtering seg ut som underliggende årsak til dødelighet. Rensefisken kan ikke stå i merd når laksen behandles. Det er derfor et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder som ivaretar forskriftspålagte krav om utsortering før håndtering, og som ikke gir økt belastning for fisken i form av økt stress og redusert velferd. Så lenge det ikke finnes bedre metoder for gjenfangst og utsortering bør man utvikle bruk av rensefisk på lokaliteten ved økende lusepåslag og behov for avlusing. Følgene av håndteringsoperasjoner framstår som en av de største utfordringene for helse, velferd og overlevelse for rensefisk i sjø, og det er derfor svært viktig å jobbe videre med forbedringer på dette området.

Referanser AP3 og 4

- Ahrens, W. H., Cox, D. J. & Budhwar, G. (1990). Use of the arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. *Weed Science*, 38 (4-5), 452–458.
- Ángeles Esteban, M. (2012). An overview of the immunological defenses in fish skin. *International scholarly research notices*, 2012.
- Aunsmo, A., Persson, D., Romstad, S., Stormoen, M. & Midtlyng, P. (2021). Registrering av taps- og dødsårsaker i akvakultur. Forslag til enhetlig kodedestruktu. *NMBU Veterinærhøgskolen, Ås. ISBN 978-82-575-1840-0*.
- Austad, M. (2021). Tapsårsaker rensefisk: Er det mulig å oppnå høyere overlevelse? <https://www.fhf.no/arrangementer/arrangementer/lusekonferansen-2021-digital/>
- Bjelland, R., Løkke, J., Simensen, L. & Kvenseth, P. (1996). Successful survival of wrasse through winter in submersible netcages in a fjord in western Norway. *Wrasse: biology and use in aquaculture*, 265–271.
- Boissonnot, L., Austad, M., Karlsen, C., Reynolds, P., Stensby-Skjærvik, S. & A., I. (2022a). Oppfølging av rognkjeks i sjø - Håndbok. Versjon 2. *Aqua Kompetanse*, 34pp. <https://aqua-kompetanse.no/rognkjeksoppfølging/>
- Boissonnot, L., Bjelland, R., Skiftesvik, A., Karlsen, C., Reynolds, P., Durif, C. & Imsland, A. (2022b). Oppfølging av berggyllt i settefiskfasen - Håndbok. Versjon 1. *Aqua Kompetanse*, 34pp.
- Boissonnot, L., Karlsen, C., Hjort, K., Remen, M. & Austad, M. (2022c). EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Fiskevelferd hos rognkjeks (API). FHF- 901652.
- Bouwman, M.-L. K. (2020). *An investigation of biofouling and its management in Norwegian salmon aquaculture, and the potential effects on cleaner fish behaviour* (Masteroppgave). NTNU.
- Brooker, A. J., Davie, A., Leclercq, E., Zerafa, B. & Migaud, H. (2020). Pre-deployment acclimatisation of farmed ballan wrasse (*Labrus bergylta*) to sea-cage conditions promotes behaviour analogous to wild conspecifics when used as cleaner fish in Atlantic salmon (*Salmo salar*) farms. *Aquaculture*, 520, 734771.
- Brooker, A. J., Papadopoulou, A., Gutierrez, C., Rey, S., Davie, A. & Migaud, H. (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record*, 183 (12), 383–383. <https://doi.org/10.1136/vr.104966>
- Bui, S., Madaro, A., Nilsson, J., Oppedal, F. & Stien, L. H. I: red. av Lusekonferansen 2022, N., Trondheim. 2022.
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J., Trengereid, H. & Oppedal, F. (2020). Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. *Aquaculture*, 520, 734934.
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J. & Oppedal, F. (2018). Assessment of long-term implementation of sea lice prevention technologies: efficiency in reducing infestations and impact on fish welfare.
- Costello, M. J., Darwall, W. R. & Lysaght, S. (1997). Activity patterns of North European wrasse (Pisces, Labridae) species and precision of diver survey techniques. *Oceanographic Literature Review*, 2 (44), 120.
- Daborn, G. R. & Gregory, R. S. (1983). Occurrence, distribution, and feeding habits of juvenile lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L. in the Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology*, 61 (4), 797–801. <https://doi.org/10.1139/z83-105>
- Davenport, J. & Kjørsvik, E. (1986). Buoyancy in the Lump sucker *Cyclopterus Lumpus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66 (1), 159–174. <https://doi.org/10.1017/S0025315400039722>
- Dipper, F., Bridges, C. & Menz, A. (1977). Age, growth and feeding in the ballan wrasse *Labrus bergylta* Ascanius 1767. *Journal of Fish Biology*, 11 (2), 105–120.
- Ern, R., Norin, T., Gamperl, A. K. & Esbaugh, A. J. (2016). Oxygen-dependence of upper thermal limits in fishes. *Journal of Experimental Biology*, jeb.143495. <https://doi.org/10.1242/jeb.143495>
- Espmark, Å. M., Noble, C., Kolarevic, J., Berge, G. M., Aas, G. H., Tuene, S., Iversen, M. H., Wergeland, H., Johansen, L.-H., Burgerhout, E., Gjerne, B. & Lein, I. (2019). RENSEVEL Velferd hos rensefisk - operative velferdsindikatorer (OVI).
- Faust, E., Halvorsen, K. T., Andersen, P., Knutsen, H. & André, C. (2018). Cleaner fish escape salmon farms and hybridize with local wrasse populations. *Royal Society Open Science*, 5 (3), 171752.
- Figueiredo, M., Morato, T., Barreiros, J. P., Afonso, P. & Santos, R. S. (2005). Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. *Fisheries Research*, 75 (1-3), 107–119.
- Fiskeridirektoratet. (2022). Akvakulturstatistikk: rensefisk. Hentet 21. januar 2022, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Foss, A., Bjelland, R. M., Skiftesvik, A. B., Voldnes, G., Ageeva, T. N., Heide, M., Hermansen, Ø., Hogrenning, E., Kvalvik, I., Nikitina, E. mfl. (2021). Gjenfangst, bedøvelse, avlving og etterbruk av rensefisk (CleanCatch). Sluttrapport FHF-prosjekt 901560. *Akvaplanniva rapport*.
- Foss, A., Imsland, A. K., Roth, B. & Nytrø, A. V. (2020). Catch me if you can: How to recapture lumpfish using light as an attractant. *Aquacultural Engineering*, 90, 102074.
- Garcia de Leaniz, C., Gutierrez Rabadan, C., Barrento, S. I., Stringwell, R., Howes, P. N., Whittaker, B. A., Minett, J. F., Smith, R. G., Pooley, C. L., Overland, B. J., Biddiscombe, L., Lloyd, R., Consuegra, S.,

- Maddocks, J. K., Deacon, P. T. J., Jennings, B. T., Rey Planellas, S., Deakin, A., Moore, A. I., . . . Pavlidis, M. (2021). Addressing the welfare needs of farmed lumpfish: Knowledge gaps, challenges and solutions. *Reviews in Aquaculture*, raq.12589. <https://doi.org/10.1111/raq.12589>
- Geitung, L., Wright, D. W., Oppedal, F., Stien, L. H., Vågseth, T. & Madaro, A. (2020a). Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn- winter production. *Aquaculture*, 528, 735623.
- Geitung, L., Wright, D. W., Oppedal, F., Stien, L. H., Vågseth, T. & Madaro, A. (2020b). Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn- winter production. *Aquaculture*, 528, 735623. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735623>
- Grøntvedt, R. N., Kristoffersen, A. B. & Jansen, P. A. (2018). Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture*, 495, 865–872.
- Halvorsen, K., Skiftesvik, A. B., Durif, C., Faust, E., Wennhage, H., André, C., Linnemann Rønfeldt, J., Rask Møller, P., Carl, H., Jørgensen, T. mfl. (2021). *Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture: Challenges and oportunities*. Nordic Council of Ministers.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E. & Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.
- Herrmann, B., Sistiaga, M. & Jørgensen, T. (2021). Size-dependent escape risk of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) from salmonid farm nets. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111904. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111904>
- Hjertås, P. H., Hanssen, S. & Antonsen, P. R. (2019). *Laksens predatoratferd i merd* (B.S. thesis). NTNU.
- Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A. & Oppedal, F. (2018). Metabolic rates, swimming capabilities, thermal niche and stress response of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. *Biology Open*, bio.036079. <https://doi.org/10.1242/bio.036079>
- Imsland, A. K. D., Hanssen, A., Nytrø, A. V., Reynolds, P., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C. & Mikalsen, B. (2018a). It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infestation in large-scale salmon farming. *Biology Open*, 7 (9), bio036301. <https://doi.org/10.1242/bio.036301>
- Imsland, A. K. D., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Stefansson, S. O., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., Urskog, T. C., Nytrø, A. V. & Reynolds, P. (2018b). The effect of continuous light and compressed photoperiods on growth and maturation in lumpfish *Cyclopterus lumpus*. *Aquaculture*, 485, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.053>
- Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Lorentzen, M., Eilertsen, R. A., Micallef, G. & Tvenning, R. (2020). Improving survival and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by the use of feed blocks and operational welfare indicators (OWIs) in commercial Atlantic salmon cages. *Aquaculture*, 527, 735476. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735476>
- Ingólfsson, A. & Kristjánsson, B. K. (2002). Diet of Juvenile Lumpsucker *Cyclopterus lumpus* (Cyclopteridae) in Floating Seaweed: Effects of Ontogeny and Prey Availability (S. A. Schaefer, Red.). *Copeia*, 2002 (2), 472–476. [https://doi.org/10.1643/00458511\(2002\)002\[0472:DOJLCL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/00458511(2002)002[0472:DOJLCL]2.0.CO;2)
- Jacobson, P., Gårdmark, A., Östergren, J., Casini, M. & Huss, M. (2018). Size-dependent prey availability affects diet and performance of predatory fish at sea: a case study of Atlantic salmon. *Ecosphere*, 9 (1), e02081. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecs2.2081>
- Jakobsen, H. F. & Stigsrud, J. (2022). *Årsak til dødelighet og tap av rensefisk* (bacheloroppgave). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. <https://hdl.handle.net/11250/3000885>
- Jonassen, T. M., Hamadi, M., Remø, S. C. & Waagbø, R. (2017). An epidemiological study of cataracts in wild and farmed lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) and the relation to nutrition. *Journal of Fish Diseases*, 40 (12), 1903–1914. <https://doi.org/10.1111/jfd.12664>
- Jørgensen, E. H., Haatuft, A., Puvanendran, V. & Mortensen, A. (2017). Effects of reduced water exchange rate and oxygen saturation on growth and stress indicators of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in aquaculture. *Aquaculture*, 474, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.019>
- Lê, S., Josse, J. & Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Leclercq, E., Zerafa, B., Brooker, A. J., Davie, A. & Migaud, H. (2018). Application of passive- acoustic telemetry to explore the behaviour of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) and lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) in commercial Scottish salmon sea-pens. *Aquaculture*, 495, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.024>
- Lein, I., Berge, G. M., Bøgevik, A. S., Bæverfjord, G. & Hamre, K. (2021). Ernæringsbehov og føring for optimal helse og overlevelse av rensefisk-Del 1 berggyllt. *Nofima rapportserie*. Maroni, K. & Andersen, P. (1996). Distribution and abundance of wrasse in an area of northern Norway. *MDJ Sayer, MJ Costello, & J. W. Treasurer (Eds.), Wrasse: Biology and use in aquaculture*, 70–73.
- Mattilsynet. (2020). Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 VELFERD HOS RENSEFISK.
- Mo, T. & Poppe, T. (2018). Risiko ved bruk av rensefisk i fiskeoppdrett. *Norsk Veterinærtidsskrift*, 130 (2), 90–92.

- Morel, G., Shriver, J., Bossy, S. & Meyer, C. (2013). Residency and behavioural rhythmicity of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) and rays (*Raja* spp.) captured in Portelet Bay, Jersey: implications for Marine Protected Area design. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93 (5), 1407–1414.
- Mortensen, A., Johansen, R. B., Hansen, Ø. J. & Puvanendran, V. (2020). Temperature preference of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) originating from the southern and northern parts of Norway. *Journal of Thermal Biology*, 89, 102562.
- Mortensen, S., Halvorsen, K. T., Skiftesvik, A. B., Durif, C., Stien, L. H., Jansson, E., Quintela, M., Sandlund, N., Nedreaas, K., Jørgensen, T., Stockhausen, H. H., Korsnes, K., Fyllingen, I., Bysheim, H., Reynolds, P., Faust, E., Wennhage, H., André, C., Møller, P. R., ... Henly, L. (2021). *Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture - Challenges and opportunities*. Nordic Council of Ministers. 10.6027/temanord2021-545
- MOWI. (2019). Warm Temperatures Challenge Fish Health. <https://mowi.com/uk/blog/2019/10/30/warm-temperatures-challenge-fish-health/>
- Nilsen, A., Viljugrein, H., Røsæg, M. V. & Colquhoun, D. (2014). Rensefiskhelse–kartlegging av dødelighet og dødelighetsårsaker. *Veterinærinstituttets rapportserie*, 12, 74.
- NOFIMA. (2022). Verdt å vite om rensefisk. <https://nofima.no/fakta/verdt-a-vite-om-rensfisk/>
- Nordstrand, H., Sæbjørnsen, H., Vaagnes, Ø., Glosvik, H. & Colquhoun, D. (2017). Utfordrende å vaksinere rognkjeks mot *Aeromonas salmonicida*. *Norsk Fiskeoppdrett*, 11, 4.
- Nytrø, A. V., Vikingstad, E., Foss, A., Hangstad, T. A., Reynolds, P., Eliassen, G., Elvegård, T. A., Falk-Petersen, I.-B. & Imsland, A. K. (2014). The effect of temperature and fish size on growth of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) *Aquaculture*, 434, 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.07.028>
- Powell, A., Pooley, C., Scolamacchia, M. & Garcia de Leaniz, C. (2018a). Review of lumpfish biology.
- Powell, A., Treasurer, J. W., Pooley, C. L., Keay, A. J., Lloyd, R., Imsland, A. K. & Garcia de Leaniz, C. (2018b). Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture*, 10 (3), 683–702. <https://doi.org/10.1111/raq.12194>
- R Core Team. (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-prosjekt.org/>
- Ringnér, M. (2008). What is principal component analysis? *Nature biotechnology*, 26 (3), 303–304.
- Rønneseth, A., Haugland, G. T., Colquhoun, D. J., Brudal, E. & Wergeland, H. I. (2017). Protection and antibody reactivity following vaccination of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) against atypical *Aeromonas salmonicida*. *Fish & Shellfish Immunology*, 64, 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.040>
- Sayer, M. mfl. (1996a). North European wrasse: identification, distribution and habitat. *Wrasse: biology and use in aquaculture* (s. 3–12).
- Sayer, M., Reader, J. & Davenport, J. (1996b). Survival, osmoregulation and oxygen consumption of wrasse at low salinity and/or low temperature. *Wrasse: biology and use in aquaculture* (s. 119–135).
- Sigstadstø, E. (2017a). Lusedata. Branseveileder lakselus - Bruk og hold av leppefisk. *Norwegian Seafood Research Fund*. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901258/?fileurl=https://fhfno.sharepoint.com/sites/pdb/Publisertedokumenter/256339Veileder%5C%20for%5C%20bruk%5C%20og%5C%20hold%5C%20av%5C%20rognkjeks%5C%20oppdatert%5C%20v%5C%20C3%5C%A5r%5C%202017.docx.PDF&filename=Bransjeveileder%5C%20lakselus:%5C%20Rensefisk:%5C%20Bruk%5C%20og%5C%20hold%5C%20av%5C%20rognkjeks>
- Sigstadstø, E. (2017b). Lusedata. Branseveileder lakselus - Bruk og hold av rognkjeks. *Norwegian Seafood Research Fund*. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901258/>
- Skiftesvik, A., Bjelland, R., Durif, C., Halvorsen, K., Shema, S., Fields, D. & Browman, H. (2017). Sluttrapport: Program rensefisk: Kunstig lys og rensefisk.
- Skiftesvik, A. B., Bjelland, R. M., Durif, C. M., Johansen, I. S. & Browman, H. I. (2013). Delousing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by cultured vs. wild ballan wrasse (*Labrus bergylta*). *Aquaculture*, 402, 113–118.
- Skiftesvik, A. B., Blom, G., Agnalt, A.-L., Durif, C. M., Browman, H. I., Bjelland, R. M., Harkestad, L. S., Farestveit, E., Paulsen, O. I., Fauske, M. mfl. (2014). Wrasse (*Labridae*) as cleaner fish in salmonid aquaculture–The Hardangerfjord as a case study. *Marine Biology Research*, 10 (3), 289–300.
- Skiftesvik, A. B., Durif, C. M., Bjelland, R. M. & Browman, H. I. (2015). Distribution and habitat preferences of five species of wrasse (Family *Labridae*) in a Norwegian fjord. *ICES Journal of Marine Science*, 72 (3), 890–899.
- Sommerset, I., Jensen, B. B., Bornø, B., Haukaas, A. & Brun, E. (2021). *Fiskehelse rapporten 2020* (tekn. rapp. 41a/2021). Veterinærinstituttet. www.vetinst.no
- Sommerset, I., Walde, C., Bang Jensen, B., Wiik-Nielsen, J., Bornø, B., Oliveira, V., Haukaas, A. & Brun, E. (2022). *Fiskehelse rapporten 2021* (tekn. rapp. 2a/2022). Veterinærinstituttet. www.vetinst.no
- Stien, L. H., Størkersen, K. V. & Gåsnes, S. K. (2020). Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk. *Rapport fra havforskningen*.
- Treasurer, J. W. & Feledi, T. (2014). The Physical Condition and Welfare of Five Species of Wild-caught Wrasse Stocked under Aquaculture Conditions and when Stocked in Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Production

- Cages: Physical condition of cleaner fish stocked in cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45 (2), 213–219. <https://doi.org/10.1111/jwas.12099>
- Treasurer, J. W., Noble, C., Puvanendran, V., Planellas, S. R. & Iversen, M. H. (2018). Cleaner fish welfare. I J. W. Treasurer (Red.), *Cleaner fish biology and aquaculture applications* (1. utg., s. 221–257). 5M Publications.
- Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. & Sæther, B. (2014). Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 6 (1), 91–103.
- Villegas-Rios, D., Alós, J., March, D., Palmer, M., Mucientes, G. & Saborido-Rey, F. (2013). Home range and diel behavior of the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, determined by acoustic telemetry. *Journal of Sea Research*, 80, 61–71.
- Wańkowski, J. W. J. (1979). Morphological limitations, prey size selectivity, and growth response of juvenile atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology*, 14 (1), 89–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1979.tb03498.x>
- Yuen, J. W., Dempster, T., Oppedal, F. & Hvas, M. (2019). Physiological performance of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) at different temperatures and its implication for cleaner fish usage in salmon aquaculture. *Biological Control*, 135, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.007>
- Zeileis, A. & Grothendieck, G. (2005). zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*, 14(6), 1–27. <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>
- Aas, G. H., Kaland, H. & Tuene, S. A. (2022). Salmon predatory behaviour towards cleaner fish in commercial sea cages [Submitted manuscript].

5.5 AP5. Utvikling av veileder for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø

Kunnskap som blir innhentet gjennom de øvrige arbeidspakkene vil brukes for å utarbeide en håndbok med veiledning for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø. Gjennom rensefisk koordinerings prosjektet (RFK2020) ledet av Aqua Kompetanse er denne jobben allerede startet for rognkjeks, og denne arbeidspakken skal videreutvikle og tilpasse dette materialet videre.

5.5.1 Lenke til veiledere

Det er utviklet to håndbøker for oppfølging av rognkjeks. En for oppfølging i settefiskfasen og en for oppfølging etter utsett i sjø. Lenke til dokumenter og prosjekt finnes her:

<https://aqua-kompetanse.no/rognkjeksoppfolging/>

Målet med disse håndbøkene er gjøre dokumentasjon av velferdsstatus hos rognkjeks i settefiskfasen og i merd lett tilgjengelig og standardisert for hele oppdrettsnæringa. Man kan selv velge hvor omfattende man vil gjøre vurderingen, og tilhørende regneark med feltskjema og automatisk rapportering av resultater minimerer etterarbeid. Håndbøkene og også et godt supplement til, eller kan være en del av de lovpålagte risikobaserte helsekontrollene i henhold til *Forskrift om Helsekontroll med Akvakulturdyr*.

Håndbøkene gir en innføring i hvordan man kan gjennomføre en systematisk vurdering av velferdstilstand, med standardiserte scoringer. I tillegg finner man infobokser med årsaker til ulike funn og hvilken innvirkning de kan ha på fiskevelferden, samt bokser med forslag til tiltak man kan gjøre for å unngå negativ utvikling av velferden. Det er utarbeidet et scoringssystem for velferd, som baserer seg på scoringer av operasjonelle velferdsindikatorer (OVI). Dette kvantifiserer funnene, og kan gjøre det lettere å følge opp overordnet velferdstilstand til rognkjeks.

5.6 AP6. Anbefalinger om beste praksis for å redusere dødelighet og tap av rensefisk, og prioritering av videre FoU-behov

For å knytte de ulike arbeidspakkene best sammen og for å oppnå størst mulig nytteverdi vil arbeidet i AP6 rette seg mot å sammenfatte kunnskapen i de andre arbeidspakkene samt avdekke, vurdere og prioritere videre forsknings og utviklingsbehov. Denne arbeidspakken ledes av Akvaplan-niva (Albert Imsland) i samarbeid med de andre forsknings- og næringsaktørene i prosjektet.

Hele rapporten er vedlagt prosjektet som Leveranse 7.

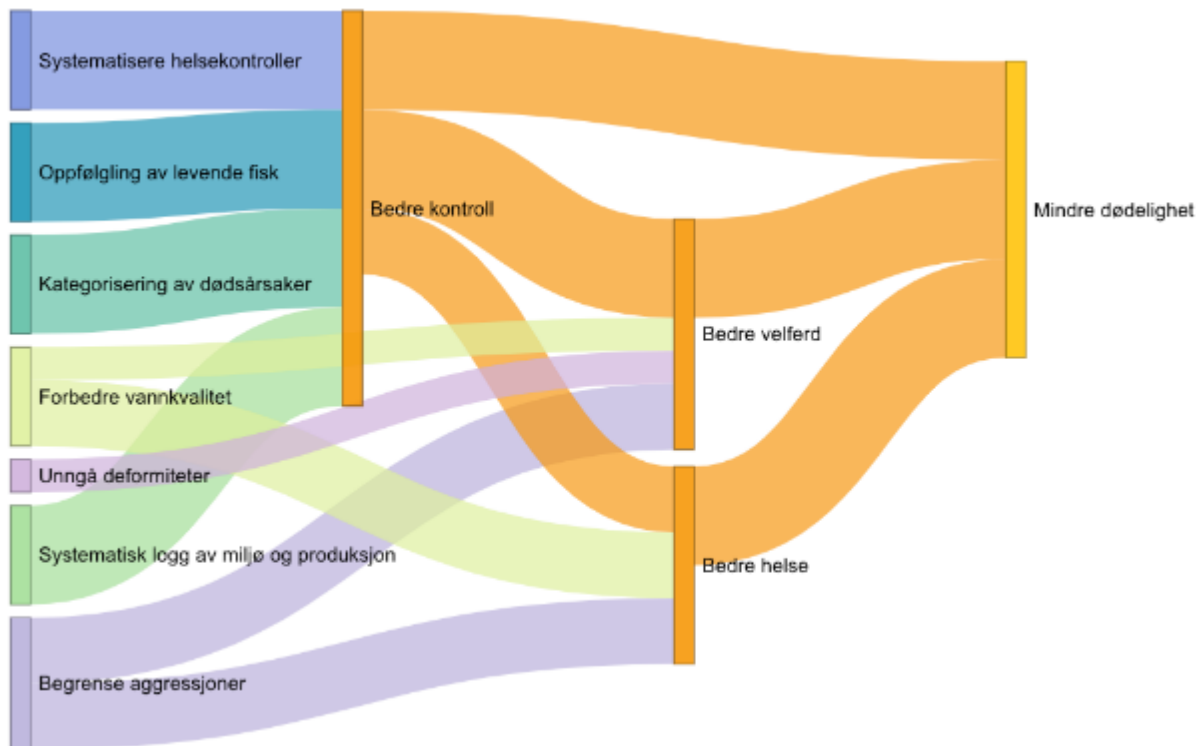
5.6.1 Kunnskapsstatus og videre FoU behov

5.3.4.1 Rognkjeks – settefisk

Total registrert dødelighet i det undersøkte materialet var i snitt 13,5 % i løpet av en produksjon, og andel destruert fisk var i snitt 18,2 %. Det ble rapportert av fiskehelsepersonell at finneråte var hovedårsaken til dødelighet, men det var uklart hvilke faktorer som ga finneråte. Det ble påvist infeksjonssykdom hos 6 av de 12 fiskegruppene, og ved infeksjon av patogene *Tenacibaculum* sp. og *Lumpus coronavirus* ble dødeligheten svært høyt.

Selv om rognkjeks ofte er nevnt som en relativ enkel art å oppdrette, og enkelte settefiskanlegg klarer å opprettholde lav dødelighet og leverer mesteparten av rognkjeks de produserer, er det et stort potensial for forbedring. Det største problemområdet som denne studien har identifisert er mangelfull registrering av velferd, dødelighet og sykdommer, samt miljøbetingelser og hendelser i settefiskfasen. Derfor var identifisering av de viktigste dødsårsakene i denne undersøkelsen svært utfordrende på grunn av mangel på systematisk registrering av biologiske parametere og miljøparametere.

Per i dag er det svært utfordrende å kunne samle inn pålitelig informasjon om dødelighet hos rognkjeks i settefiskfasen, samt knytte den til eksterne faktorer på karnivå. Videre fokus må være å utarbeide standarder for bedre dokumentasjon av årsaker til dødelighet og destruering i settefiskfasen. Dette kan gjøres ved å utvikle en kategoriseringsprotokoll av dødelighetsårsaker tilpasset rognkjeks, der underliggende årsaker vil brukes som hovedvariabel ved registrering av dødelighet og tap. Ved å avdekke underliggende årsaker kan man videre arbeide mer målrettet mot å identifisere de riktige tiltakene for bedre overlevelse og velferd. Dette igjen vil være avgjørende for å kunne produsere robust rognkjeks som kan prestere godt som lusespiser i merd.



Figur 1. Fremtidig FoU behov for å redusere tap og dødelig hos settefisk rognkjeks.

5.3.4.2 Berggylt – settefisk

Stamfisk: For å komme videre med bruk av egne rekrutter og avlsprogram trengs det mer kunnskap om mekanismene rundt kjønnsskifte fra ho til hann. Praktisk talt all produksjon per nå er fra villfanget stamfisk, og forsøk på å lage rekrutter fra egen produksjon har ikke vært tilfredsstillende. Planlagt avl krever kontroll med foreldre, noe som er utfordrende på en art som berggylt der gyting skjer naturlig i kar med flere hoer og hanner. For å danne sikre familiegrupper med kjente foreldre trenger vi en metodeutvikling på hormonindusert gyting og stryking av stamfisk.

Klekkeri: Drift av klekkeri regnes som rimelig problemfritt, spesielt blant dem som har holdt på noen år. De har utviklet gode rutiner på hygiene, desinfeksjon og kontroll på matter og larveoverføring. Problemer som kan oppstår i klekkerifasen relateres til hygiene, lysregime og kvalitet på egg.

Startfôring: Dette er fasen med størst dødelighet, men den blir ikke registrert på en god måte. Ved 16 grader går larvene fort i oppløsning, og kommer ikke med under røkting. Det er vanskelig å planlegge driften når en ikke har kontroll på antall. Første topp i dødelighet er ca. dag 10 etter klekking, og skyldes trolig manglende fôropptak, mens en ny topp i dødelighet rundt 20-25 dager etter klekking kan kanskje skyldes Birnavirus eller Vibrio. Det er viktig med stort fokus på hygiene. Skitne kar og dårlig vannkvalitet fører til høy dødelighet.

Tørrfôrtilvenning: Det er mindre utfordringer enn tidligere i forbindelse med overgang til tørrfôr, men fremdeles vil det være noen som ikke begynner å spise. Det har kommet fôr tilpasset berggylt på markedet, noe som øker overlevelsen. Veksten begynner å differensieres,

og fører til stor spredning i vekst. Finneslitasje begynner å bli et problem, og knyttes gjerne til dårlig vannkvalitet.

Påvekst: Generelt er det lav dødelighet i påvekstfasen, og ingen oppgir sykdom som årsak. Det er stort fokus på fôringsrutiner og personell som «ser» endringer i adferd og annet, og kan handle deretter. Av nye produsenter er det få som har erfaring med oppdrett av berggylt, og det er viktig å erkjenne at driften må være tilpasset arten. Dette gjelder spesielt med tanke på strømforhold i kar, rett biomasse og fôring. En del av fisken blir sortert ut og avlivet i påvekstperioden, der årsaken er tapere (dårlig vekst) og deformiteter. Finneslitasje i form av korte brystfinner og halefinne oppleves som et stort problem, og det er også usikkerhet om hvor mye av dette som skal sorteres ut. Hvis skaden ikke er for stor vil finner regenerere, men det skjer kun hvis forholdene som fører til skaden endres til det bedre (eks lavere tetthet, sortering, bedre vannkvalitet m.m.). På et oppdrettsanlegg vil det alltid foregå endringer og tilpasninger, og det er ikke alltid sikkert hva som fører til forbedringer hvis mye endres samtidig. Flere av produsentene har opplevd at endring i fôringsrutinene som redusert fôring og pauser i fôring førte til bedre vannkvalitet, bedre kvalitet på fisken og lavere dødelighet. Tilpasset strømforhold, bedre kar og bedre oksygenstyring oppgis også som bra endringer. Alle har opplevd ting som ikke fungerer, og opplysning om dette kan være verdifullt for andre, men det vil være delte meninger om hva som egentlig er årsaken (siden det ofte er flere ting som endres). Det beste er å ha en åpen diskusjon også om ting som går galt.

5.3.4.3 Transport – settefisk

Berggylt

Dødeligheten etter transport mellom yngelanlegg og påvekst anlegg på land var på samme nivå som tidligere rapportert ved transport og utsetting i sjø. Forholdet mellom fiskestørrelse ved transport og dødelighet 25 dager etter transport tyder på at transporter av fisk over 2.2 g gir en betydelig bedre overlevelse.

At behandling under lastning og transport AQUI-S® gav høyre kortisol utskillingshastighet til vannet i transport tankene er i tråd med andre studier som viser en aktivering av stressresponsen ved sedasjon med AQUI-S®. Dette viser at kortisolkonsentrasjonen i vann kan brukes som en ikke-invasiv indikator av stress og velferd med minimal forstyrrelse av fisken. En metode som er spesielt nyttig for å dokumentere stress under lukkede transporter da kortisol akkumuleres i vannet.

At vi ikke kunne dokumentere noen effekter av AQUI-S® behandling 25 dager etter behandling indikerer at de forhøyede stressnivåene som oppstår ved bruk av dette sedasjonsmiddelet under transport hverken har negative eller positive konsekvenser for fisken. Dette reiser også spørsmål til bruken av AQUI-S® som et middel for å redusere transportstress.

Rognkjeks

Som hos berggylt så resulterer transport i en generell økning i plasma kortisol og sedasjon med AQUI-S® induserer forhøyede kortisol nivåer hos fisken. Kontrollerte forsøk der stress responsen til ulike transportforhold målt viste at rognkjeks tolererer moderat variasjon i

fiskestørrelse (30-60 g), oksygen metning (100-150 %), temperatur (8-12 Co) og transporttid (8-20 t), men at fisketettheter ved transport på 60 kg m⁻³ resulterte i høyre plasma kortisol nivåer en 30 kg m⁻³. Større individer av rognkjeks hadde en tendens til lavere kortisol nivåer etter transport. Dette kan tyde på at de er mer tolerante for transport.

Det var ikke noen klart sammenheng mellom transport stress og dødelighet etter sjø-utsett. Muligens kan de store variasjonene i miljø (temperatur, strømforhold etc.) mellom anleggene være underliggende faktorer som kan forklare spredningen i dødelighet (1.6-21 %) 30 dager etter sjø-utsett.

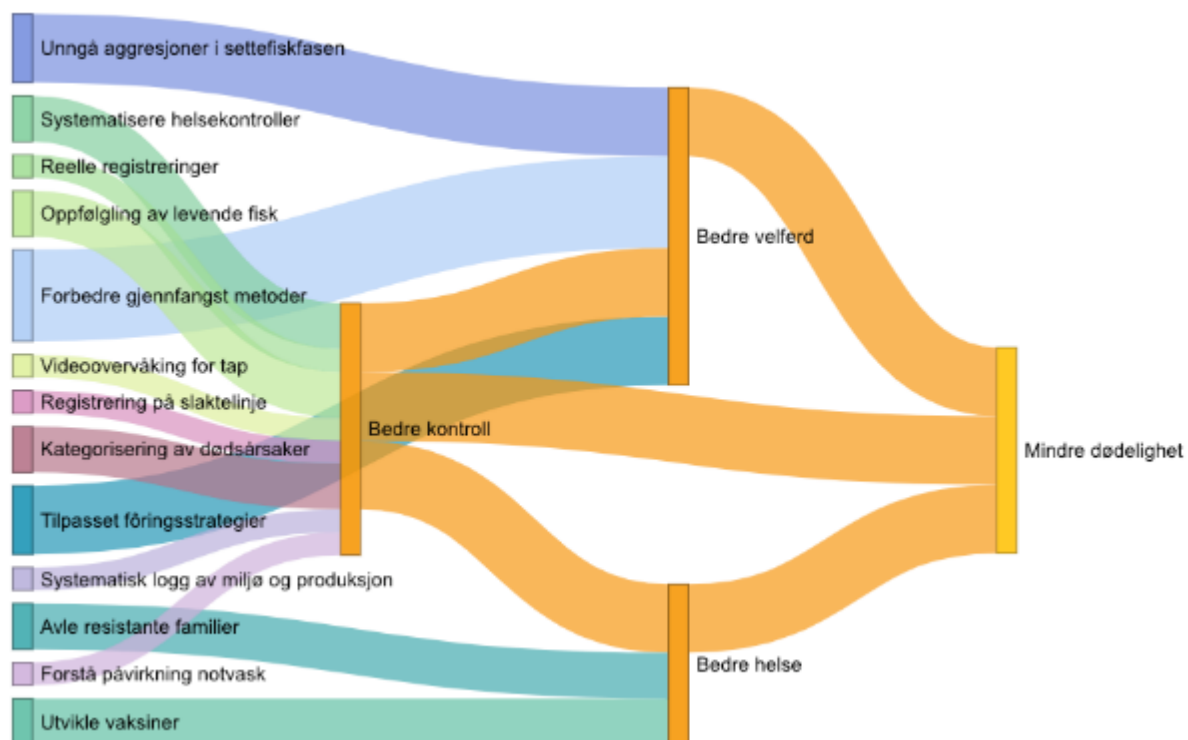
5.3.4.4 Rensefisk – etter utsett i sjø

Selv om dødeligheten hos rognkjeks og leppefiskartene fortsatt er for høy i kommersielle merder, er det enkelte lokaliteter med god velferdsstatus og lav dødelighet hos rensefisk.

Det er et stort behov for bedre dokumentasjon av uregistrert tap av rensefisk, og slike registreringer kan ikke gjennomføres i etterkant av en produksjonssyklus, ved bruk av historiske data. Bedre kontroll av dødelighet kan oppnås ved å (1) ha fokus på registrering av reelle dødelighetstall, (2) videoovervåke predasjon, rømming og forråtnelse av dødfisk, (3) registrere rensefisk på slaktelinja, for på den måten å få et best mulig estimat på den totale utgangen av rensefisk i produksjonssyklusen.

Videre fokus må være på utarbeidelse av standarder for bedre dokumentasjon av årsaker til dødelighet hos rensefisk i laksemerder. Dette kan gjøres ved å utvikle en kategoriseringsprotokoll av dødelighetsårsaker tilpasset artene, med mål om at man i større grad identifiserer underliggende årsaker.

Selv om flere faktorer bidrar til dødelighet hos rensefisk, skiller håndtering seg ut som underliggende årsak til dødelighet. Rensefisken kan ikke stå i merd når laksen behandles. Det er derfor et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder som ivaretar forskriftspålagte krav om utsortering før håndtering, og som ikke gir økt belastning for fisken i form av økt stress og redusert velferd. Så lenge det ikke finnes bedre metoder for gjenfangst og utsortering bør man utvikle bruk av rensefisk på lokaliteten ved økende lusepåslag og behov for avlusing. Følgene av håndteringsoperasjoner framstår som en av de største utfordringene for helse, velferd og overlevelse for rensefisk i sjø, og det er derfor svært viktig å jobbe videre med forbedringer på dette området.



Figur 2. Fremtidig FoU behov for å redusere dødelig og tap hos rensefisk i sjø.

6 Hovedfunn

- Generelt er det stort behov for bedre dokumentasjon av uregistrert tap av rensefisk under alle faser i produksjon og bruk av rensefisk.
- Forholdet mellom fiskestørrelse ved transport av berggylt settefisk og dødelighet 25 dager etter transport tyder på at transport av fisk over 2 g gir en betydelig bedre overlevelse.
- Større individer av rognkjeks hadde en tendens til lavere kortisol nivåer etter transport. Dette kan tyde på at de er mer tolerante for transport.
- For å komme videre med bruk av egne rekrutter og avlsprogram for berggylt trengs det mer kunnskap om mekanismene rundt kjønnsskifte fra ho til hann. Under startfôring av berggylt er det viktig med stort fokus på hygiene. Skitne kar og dårlig vannkvalitet fører til høy dødelighet.
- Den registrerte dødeligheten av rensefisk i sjø var knyttet til en kombinasjon av flere faktorer, hvor det var håndtering (AGD-behandling og avlusing) som skilte seg ut som den viktigste faktoren. Funnene indikerer at det er et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder for rensefisk i merd.

7 Leveranser

All forskning som utføres i prosjektet skal kunne publiseres, og iht. FHF sin norm for bl.a. sluttrapportering. Følgende konkrete leveranser følger av prosjektet og er blitt levert i prosjektiden.

- 1 Åpent oppstartsmøte med prosjektgruppe, referansegruppe og oppdrettere.
- 2 Dokumentere dødelighetsårsaker hos rensefisk i settefiskfasen.
- 3 Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet rognkjeks etter utsett i sjø.
- 4 Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos oppdrettet berggylt etter utsett i sjø.
- 5 Dokumentere tap og dødelighetsårsaker hos villfanget leppefisk
- 6 Håndbok med veiledning for vurdering av kvalitet på rensefisk før utsett i sjø
- 7 Fremtidige FoU behov
- 8 Faglig og administrativ sluttrapport.

8 Vedlegg

Vedlegg 1.

Arbeidspakke 3.4. Kartlegging av svinn, og oppfølging av anlegg hos GIFAS 2013-20

Abstract/Summary:

Data from research and commercial use of lumpfish (between 2013 and 2020) was collected from all Gifas facilities where this species was utilised.

The data was sourced from 12 main lumpfish groups sub-divided into 66 sub-groups (N = 160,729) which have been delivered to Gifas between 2013 and 2020. The number of lumpfish transferred to each facility was n = 400 for MH (4 sub-groups): n = 1768 for LH (39 sub-groups) and n = 158,564 for SS (23 sub-groups).

The data was standardised and organised into three main headings. Firstly, background information which included transfer time, point of origin, mean start weight and population size on arrival. Other information included at which site the lumpfish were transferred to, volume of cage/tank, whether in the presence of salmon or not, stocking density, days at each site and water quality parameters. Causes of mortality was recorded, when possible, for each group along with calculated mortality rates, patterns, and analytical information if available along with imaging where available.

Results from this study show that causes of mortality varied within and between sites. Commercial farm sites had unique causes compared to small-scale research cages and vice versa. The results indicate that more research is required to clarify best practices when lumpfish can be deployed in commercial salmon cages and further understanding on lumpfish biological requirements and stress physiology is necessary to develop better methods that safeguard lumpfish wellbeing and meet their needs. Continuous health and welfare monitoring are essential to help identify when and what procedures and operations are detrimental, and thus, allow to adapt and improve practices.

8.1 Introduction

To gain control of salmon lice in a long-term perspective, it is important to assess all methods available in a total control strategy. Biological control has been highlighted as an important part of this strategy, and there is now extensive use of cleaner fish as a continuous preventive measure against salmon lice, and annually around 50 million cleaner fish are released in sea cages in Norway (<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>).

Lumpfish have proven to be an effective lice eater at low sea temperatures (Imstrand et al., 2014a-c; 2018), which makes the species particularly suitable for lice in northern Norway. However, high mortality and loss of cleaner fish in salmon cages is one of the most serious problems the aquaculture industry in Norway faces at present.

A study conducted by the Norwegian Food Safety Authorities (Mattilsynet, 2020) revealed over 40% mortality of lumpfish deployed in Atlantic salmon net-pens in Norway. Results from the survey showed that farmers associate lumpfish mortalities to the occurrence of disease, but also handling and mechanical procedures such as the mechanical delousing. found that lumpfish vaccination without anaesthesia is common practice, despite the lack of scientific studies showing any benefit of avoiding the use of anaesthesia during vaccination. This methodology can potentially contribute to events of extreme acute-stress responses that can often trigger other

secondary issues (Martos-Sitcha., 2020). Despite the common use of vaccination, the consensus among farmers was that these vaccines were not effective and required further development. Findings based on additional assessments from the lumpfish and other cleaner-fish species use in Norwegian aquaculture go in accordance with the findings in Mattilsynet's study. Reports from the Havforskningsinstituttet (Grefsrud *et al.*, 2019) and the NTNU Samfunnsforskning (Størkersen & Amundsen, 2019) depict a grim scenario on lumpfish aquaculture, from hatcheries to Atlantic salmon farmers, where lumpfish welfare is questioned. The reports found lack of standardized practices, inadequate feeding, lack of dedicated personnel to follow up and constantly monitor health, and even lack of fundamental knowledge regarding species-specific needs (Stien *et al.*, 2020).

Worsening of lumpfish's welfare status has also been reported after transportation and deployment on sea-pens, which can pose a significant stress. Conditions such as rapid cataract occurrence have also been demonstrated on deployed lumpfish, which is often associated to sub-optimal feeds (Imstrand *et al.*, 2018). Further understanding on lumpfish biological requirements and stress physiology is necessary to develop better methods that safeguard lumpfish wellbeing and meet their needs.

Although the surveys performed on lumpfish aquaculture stakeholders highlighted the current grim situation, it was also pointed out that a significant part of the data was not included on the studies, as the reported data lacked coherency and method. This emphasizes the urgent need of standardization of methodology such as in health monitoring, and the great upside potential for improving lumpfish welfare by adopting strategies that safeguard lumpfish well-being. Continuous health and welfare monitoring are essential to help identify when and what procedures and operations are detrimental, and thus, allow to adapt and improve practices (Noble *et al.*, 2019; Rimstad *et al.*, 2017). To encourage the adoption of health status monitorization at a standardized, more comparable way, practical and user-friendly approaches are necessary.

Recently, operational welfare indicators for lumpfish (Imstrand *et al.*, 2020; Gutierrez Rabadan *et al.*, 2021) have been published which can be used to define best practice guides for better welfare and reduced mortality. For several years Gifas in collaboration with Akvaplan-niva have conducted several large-scale and small-scale studies (Imstrand *et al.*, 2014a-c, 2018, 2019, 2020). In these experiments, the focus has been on grazing effect, but there is also information on mortality and loss which will be utilised for this study.

Objective

The main purpose of *DOKUMENTAR* is to map the actual causes of mortality and loss of cleaner fish both in the hatchery phase and in the sea phase, as well as to develop a handbook with guidance for assessing the quality of cleaner fish when released into sea cages.

Aims:

1. Document losses and causes of mortality in farmed cleaner fish after release into the sea.
2. Develop a guide for assessing the quality of cleaner fish before release into the sea.
3. To identify, assess and prioritize further R&D needs to reduce mortality and loss of cleaner fish.

8.2 Methods

8.2.1 Lumpfish and sites

Data from research and commercial use of lumpfish (between 2013 and 2020) was collected from all Gifas facilities where this species was utilised (figure 1). The facilities were identified as: A) Land -based facility (MH); B) Small-scale facility Langholmen (LH) and SS) commercial farm sites (Røssøy; Leirvika Nord and Halstenhamn (SS) (Image 1).



Image 1 A) Land -based facility; B) Small-scale facilities and C) typical Gifas commercial farm site

8.2.2 Data mining

Data was sourced from 12 main lumpfish groups sub-divided into 66 sub-groups (N = 160,729) which have been delivered to Gifas between 2013 and 2020. The number of lumpfish transferred to each facility was n = 400 for MH (4 sub-groups): n = 1768 for LH (39 sub-groups) and n = 158,564 for SS (23 sub-groups).

The data was standardised and organised into three main headings. Firstly, background information (figure 1) which included transfer time, point of origin, mean start weight and population size on arrival. Other information included at which site the lumpfish were transferred to, volume of cage/tank, whether in the presence of salmon or not, stocking density, days at each site and water quality parameters. Causes of mortality was recorded, when possible, for each group (figure 2) along with calculated mortality rates, patterns, and analytical information if available along with imaging where available (figure 3).

CODE	Origin	Transfer		Start weight (g)	Diet			Population (N)	Site	Volume m3	With salmon	Salmon weight	SD	Days at site	water quality	
		month	year		hatchery	Pre Transfer	post-transfer								Temp	DO

Figure 1 (a) Background information on each lumpfish group received at Gifas;

Causes of mortality															
Bacterial	Agent ID	Viral	Agent ID	Parasitic	< welfare	Cataract	lice skirts	mechanical	delousing	handling/grading	transfer	Pred.	Temp	Other	unknown/dead in cage

Figure 2 Established causes of mortality

Cummulative mortality		Mortality	Mortality Onset	Highest mortality	Analytics	ANALYTIC REPORT	welfare	Images
No.	%	pattern	post transfer	day %			score	

Figure 3 Calculated mortality rates, patterns, and analytical information if available along with imaging.

8.2.3 Health assessment of lumpfish

Assessment of the health status of 37 of the lumpfish sub-groups was undertaken during routine sampling points using the Gifas Lumpfish Health Scoring System (LHSS).

The health scoring systems focused on morphological health indicators for lumpfish. It is divided in several categories, where each was evaluated and scored accordingly by the user (Appendix I). The assessment of health status was non-destructive, and lumpfish were returned to their specific cage after assessment.

Each category has a specific “weight” in the final consideration of the overall health score. The specific attribution of an added “weight” for each category was decided and adjusted after appropriate testing with historical health data sets. The weighting criteria also considers some deteriorating conditions more severe than others and accordingly more weighting is applied in these instances. The input of score values in each category was calculated giving a weighted health score for each fish.

The average group “health score” was calculated and an action is highlighted based on the group health score average (Appendix). If scores were between 0 and 3, health status was deemed satisfactory, and no action required. A score of between 3 and 5 indicated health status has deteriorated and action was required. A score of over 5 indicated extensive health deterioration and immediate action required to alleviate suffering

In addition to the external condition status of the lumpfish, evidence of any continual individual loss of growth and/or mortality rates was assessed.

Condition was assessed using regression analysis for estimation of length weight parameters. The relationship between weight (W) and length (L) in fishes which has the form:

$$W = aL^b$$

The shape parameter b was calculated using historical weight, length, width, and height data from lumpfish: $N = 3657$). The results were used as part of the welfare scoring system utilised in this study.

8.2.4 Statistics

All statistical analyses were conducted using Statistica™ 12.0 software. A Kolmogorov-Smirnov test (Zar, 1984) was used to assess for normality of distributions. The homogeneity of variances was tested using the Levene’s F test (Zar, 1984).

Possible differences in mortality data were tested for each group with one-way analysis of variance (ANOVA). Significant differences revealed in ANOVA were followed by a Tukey’s multiple range tests to determine differences among experimental groups. A significance level (α) of 0.05 was used if not stated otherwise.

The cumulative percent mortality data sets were subjected to linear regression analysis ($\alpha = 0.05$). In all regressions, cumulative mortality data was the independent variable (X -axis) and

respective response criteria was the dependent (Y) variable. The linear regression was also tested for a significant deviation of the slope from zero (P -value, <0.05).

8.3 Results

8.3.1 Background information

Of the 66 sub-groups analysed in the study, 46 were derived from wild broodstock whilst 20 were derived from farmed and wild broodstock which were part of an ongoing breeding programme. All background information recorded for each group is summarised in appendix II. Lumpfish groups were transferred from four main suppliers between 2013 and 2020. All groups transferred to land-based and small-scale facilities were transferred by road whilst all lumpfish transferred to Gifas commercial farm sites were transferred by well-boat. All groups were stocked with Atlantic salmon except for the groups transferred to land-based facilities. All four groups of lumpfish were transferred to MH (land-based) during January and February whilst for lumpfish groups transferred to LH (small-scale), 3 were transferred in January whilst 14 and 10 groups were transferred during May and July respectively. Of the remaining groups, 2 were transferred during September and 10 during October (figure 4). The majority of lumpfish transferred to SS (commercial cage sites) occurred during the month of September (13) whilst 4 and 6 groups were transferred during February and August respectively (figure 4).

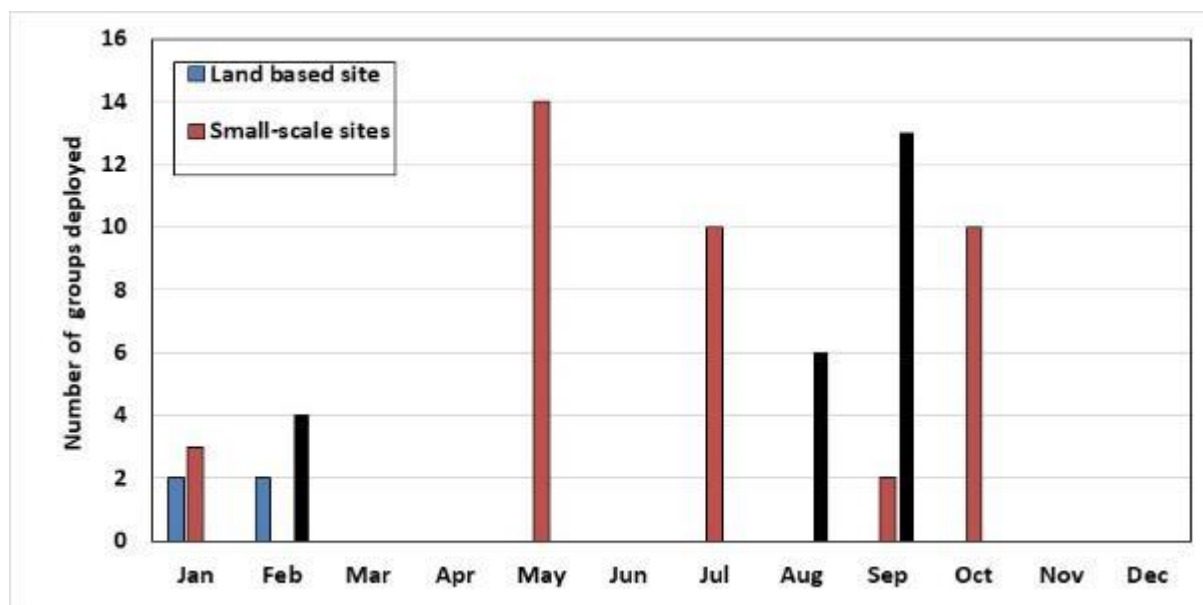


Figure 4 Number of lumpfish deployed to each of the three facilities during each month.

The mean weight of each lumpfish sub-groups upon arrival at Gifas can be seen in figure 5. Of the four sub-groups transferred to MH, mean weights ranged between 32.3g and 153.8g. Lumpfish sub-groups transferred to LH ranged between 35.5g and 223.3g whilst sub-groups transferred to SS ranged between 49.5g and 73.4g.

The two main lumpfish groups transferred to MH remained on site for 68 and 61 days respectively (figure 6) whilst the seven main groups transferred to LH remained on site between

62 and 159 days. The three main groups transferred to SS were maintained on site between 63 and 272 days (figure 6).

8.3.2 Causes of mortality

There were nine known primary causes of mortality identified for all groups from the three locations and mortalities with no proven cause were classified as unknown (figure 7). The most frequent causes were handling/grading 21.2%, mechanical delousing 19.7%, bacterial 16.7% and 19.7% of groups with mortality with no known cause. Mortality during transfer accounted for 6.1% whilst, 4.5% were linked parasitic agents. Viral and severe cataracts accounted for 3% of groups and 1.5% was linked to dietary effects.

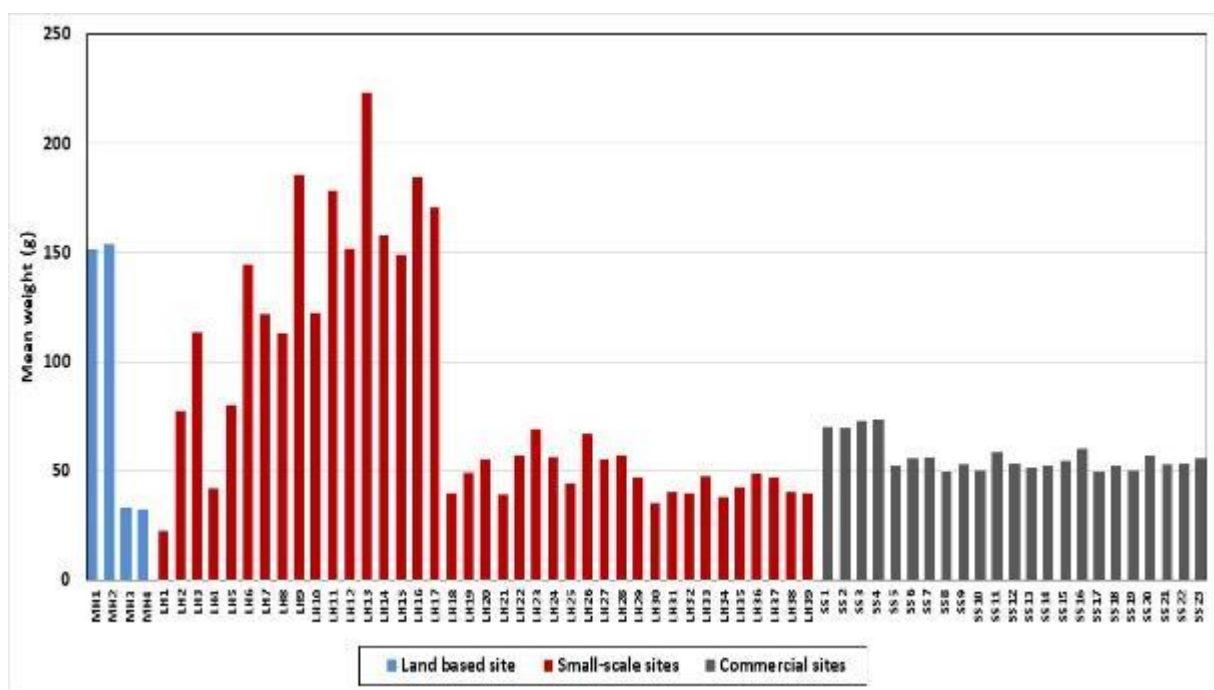


Figure 5 Mean start weight of each group of lumpfish on arrival at land-based sites (MH), Small-scale facilities (LH) and commercial facilities (SS).

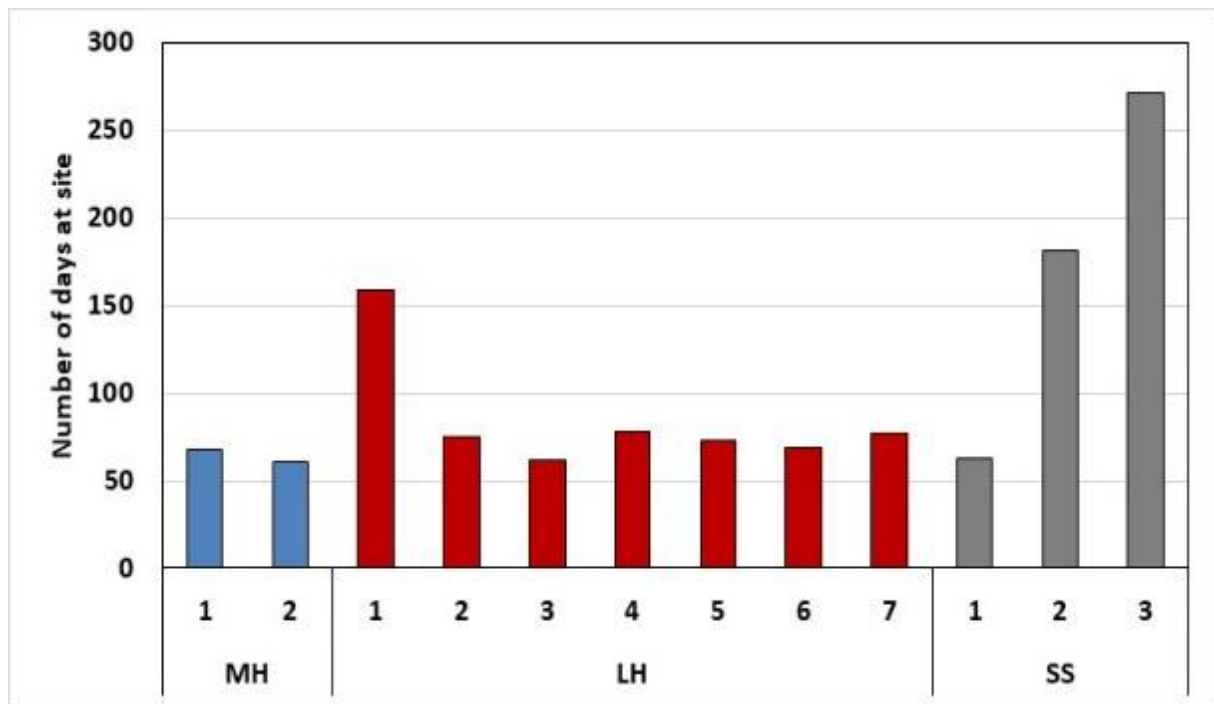


Figure 6 Total number of days main lumpfish groups stocked in each of the three facilities remained on site.

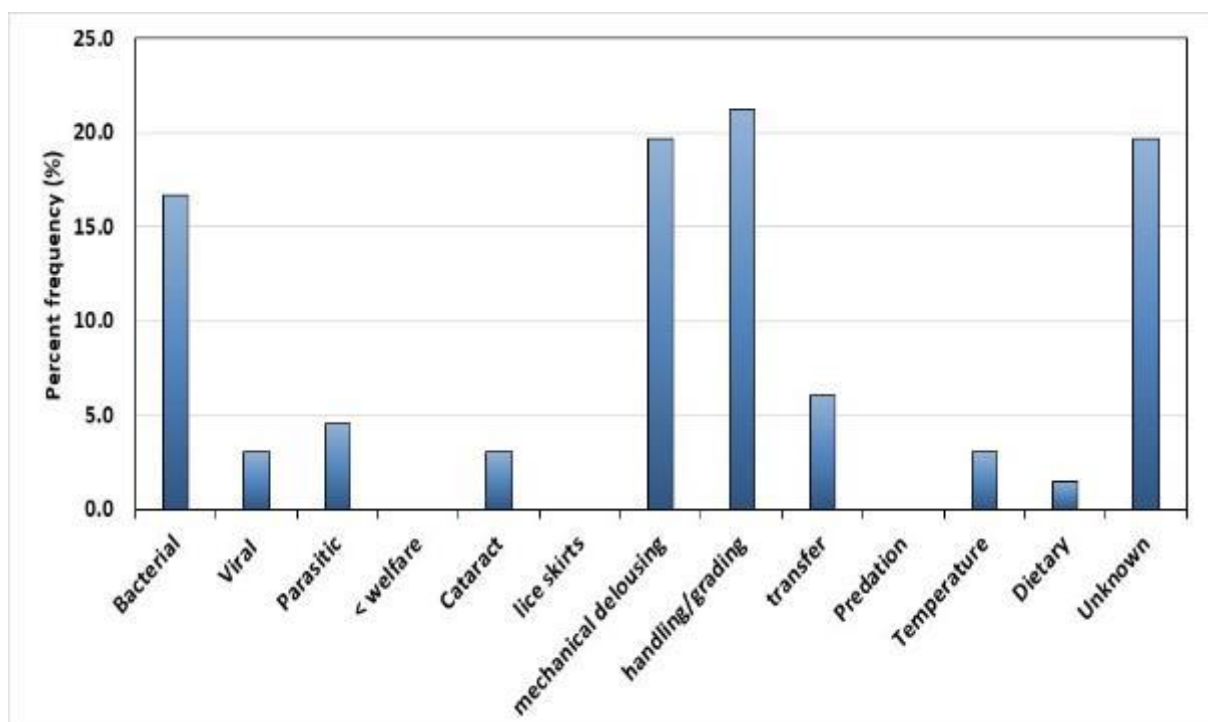


Figure 7 Percentage of primary causes of mortality identified for all lumpfish groups

For each facility (table 1 & figure 8), of the four groups transferred to MH, two (50%) had occurrences of mortality associated with bacterial infection whilst one group (25%) had mortalities linked to dietary effects.

Of the 39 groups exhibiting mortality transferred to LH, bacterial agents were identified as the primary cause for 9 of the groups (23.1%) whilst viral agents were responsible for mortalities

in 2 of the groups (5.1%). Gill parasites were the primary cause of mortality in 3 groups (7.7%) whilst severe incidence of cataracts was accountable in two of the groups. Handling was identified as the primary cause of mortality for 8 of the groups whilst temperature gradients were identified as the main causal agent for 2 groups. Thirteen groups (33.3%) had mortalities where no primary agent could be identified. (Table 1 & figure 8).

Of the 23 groups of lumpfish transferred to SS, 13 (56.5%) had mortalities where mechanical delousing was identified as the most likely primary cause whilst grading and splitting of Atlantic salmon was the primary cause of mortality in 6 (26.1) groups. Transporting lumpfish from the hatchery to sea cages accounted for mortality in four groups (Table 1 & figure 8).

There were eleven known primary and secondary causes of mortality identified for all groups from the three locations and mortality with no proven cause were classified as unknown (table 2 & figure 9). There were no secondary causes of mortality associated with all four groups transferred to MH (Table 2; figure 9) whilst secondary causes of mortality of lumpfish transferred to LH were associated with handling, transporting and unknown factors (table 2; figure 9). Secondary causes of mortalities of lumpfish transferred to SS were identified as being associated with bacterial infections, reduced welfare, grading, predation by birds and unknown factors (table 2; figure 9).

Table 1 The number and percentage of primary causes of mortality recorded at each location

Causes	Land-base (MH)		Small-scale (LH)		Commercial (SS)	
	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage
Bacterial.	2	50.0	9	23.1	–	–
Viral	–	–	2	5.1	–	–
Parasite	–	–	3	7.7	–	–
< welfare	–	–	–	–	–	–
Cataract	–	–	2	5.1	–	–
Mechanical delousing	–	–	–	–	13	56.5
Grading/handling	–	–	8	20.5	6	26.1
Transporting	–	–	–	–	4	17.4
Predation	–	–	–	–	–	–
Temperature	–	–	2	5.1	–	–
Dietary	1	25.0	–	–	–	–
Unknown	–	–	13	33.3	–	–

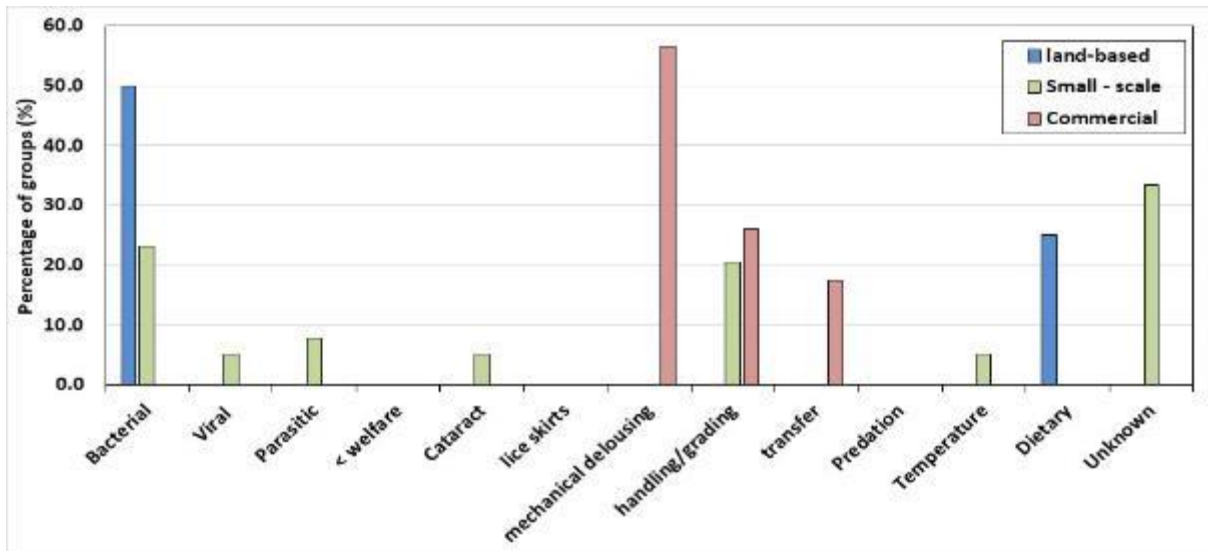


Figure 8 Percentage of primary causes of mortality identified for all lumpfish groups at A) Land -based facility, B) Small-scale facility and C) commercial farm sites.

Table 2 The number and percentage of primary and secondary causes of mortality recorded at each location. Number and percentage of secondary causes are in red with parenthesis.

Causes	Land-base (MH)		Small-scale (LH)		Commercial (SS)	
	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage
Bacterial.	2	50.0	9	23.1	0 (4)	0 (17.4)
Viral	–	–	2	5.1	–	–
Parasite	–	–	3	7.7	–	–
< welfare	–	–	–	–	0 (19)	0 (82.6)
Cataract	–	–	2	5.1	–	–
Mechanical delousing	–	–	–	–	13	56.5
Grading/handling	–	–	8 (1)	20.5 (2.6)	6 (6)	26.1 (26.1)
Transporting	–	–	0 (2)	0 (5.1)	4	17.4
Predation	–	–	–	–	0 (19)	0 (82.6)
Temperature	–	–	2	5.1	–	–
Dietary	1	25.0	–	–	–	–
Unknown	–	–	13 (1)	33.3 (2.6)	0 (16)	0 (69.6)

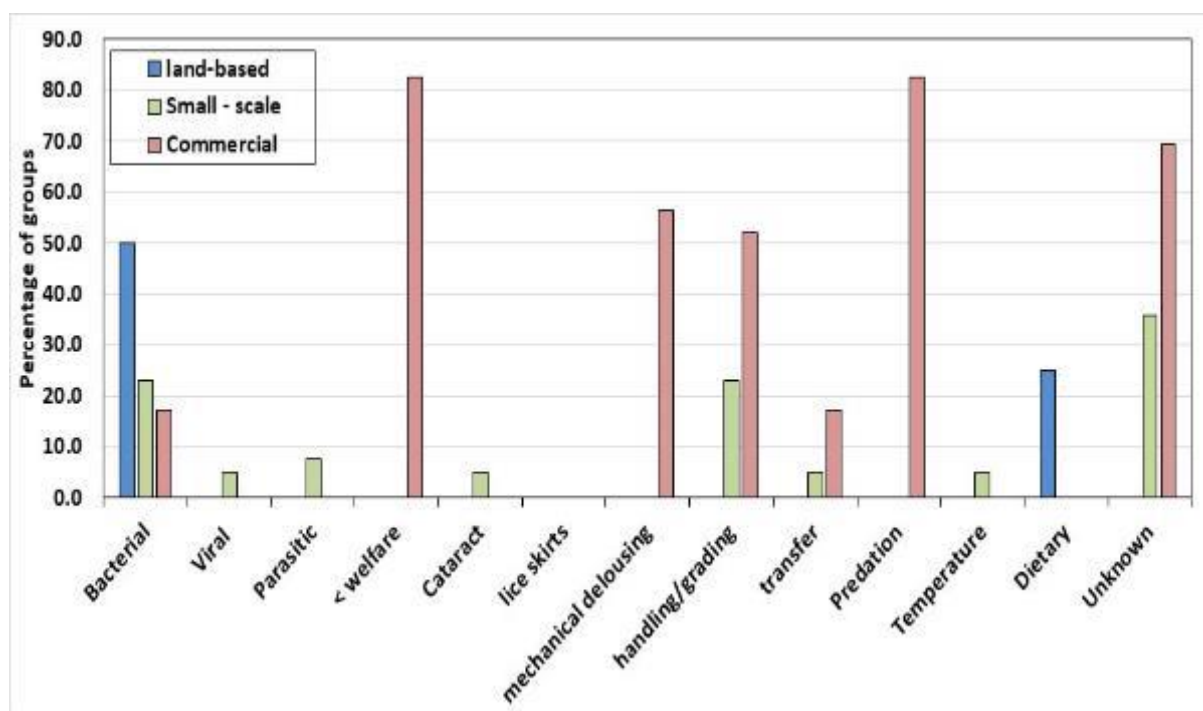


Figure 9 Percentage of primary and secondary causes of mortality identified for all lumpfish groups at A) Land-based facility, B) Small-scale facility and C) commercial farm sites.

8.3.3 Occurrences and cumulative mortality rates

The first recorded mortality for each group can be seen in figure 10. For the three lumpfish groups with recorded mortality deployed at MH, the first recorded mortality occurred at d6, d8 and d13 for groups MH1, MH2 and MH3 respectively.

Lumpfish groups deployed at LH varied in the number of days the first mortality was recorded with groups LH1 and LH2 3 having the earliest recorded mortality at days 2 and 3 respectively whilst group LH6 having the longest time before the first recorded mortality (d73).

The first recorded mortality for fifteen of the lumpfish groups transferred to SS occurred within the first 5 days post transfer with group SS14 having the longest time interval before the first recorded mortality (d30; figure 10).

Cumulative mortality rates for lumpfish transferred to MH (marine hall) can be seen in figure 11A. Only three of the four groups had recorded mortality during residence with MH1 having the highest cumulative mortality of all three (80%). MH2 and MH4 had cumulative mortality rates of 27.8% and 4.5% respectively.

Lumpfish groups maintained at small-scale (LH) all had recorded mortalities during their residence (figure 11B). Cumulative mortality rates ranged between 41.7% for group LH4 and 2.1% for groups LH22; LH23; LH27; LH33; LH38 AND LH39.

Groups deployed at commercial sites had similar rates compared to small-scale with values ranging between 3.7% for sub-group SS17 and 44.4% for sub-group SS4 (figure 11C).

Cumulative mortality plotted against the primary causal agent of mortality for lumpfish groups deployed at small-scale (LH) can be seen in figure 12A. The fourteen groups with the primary cause of mortality identified as pathogenic generally had the highest percent cumulative mortality compared to the other groups deployed at LH. Groups with the primary case being

handling had similar mortality trends ranging between 6.2% and 14.9%. Groups with primary causes identified as being caused by cataract prevalence and temperature had similar mortality rates. There was large variation where the primary cause could not be established with values ranging between 2.1% and 27.1%.

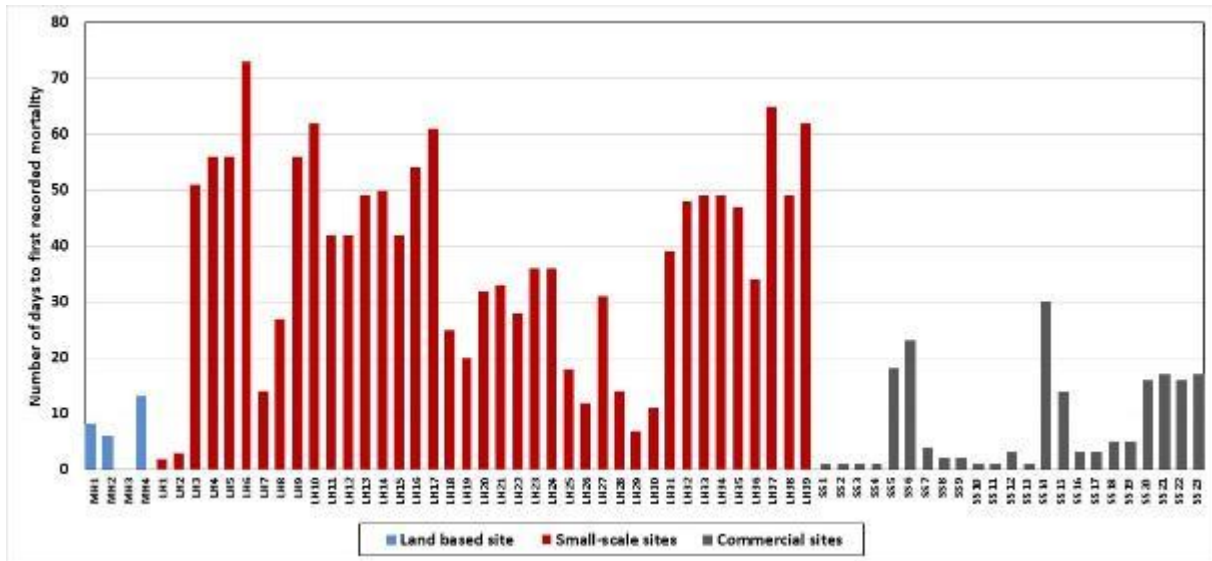


Figure 10 Number of days until first mortality was recorded for each of the three locations where lumpfish were deployed.

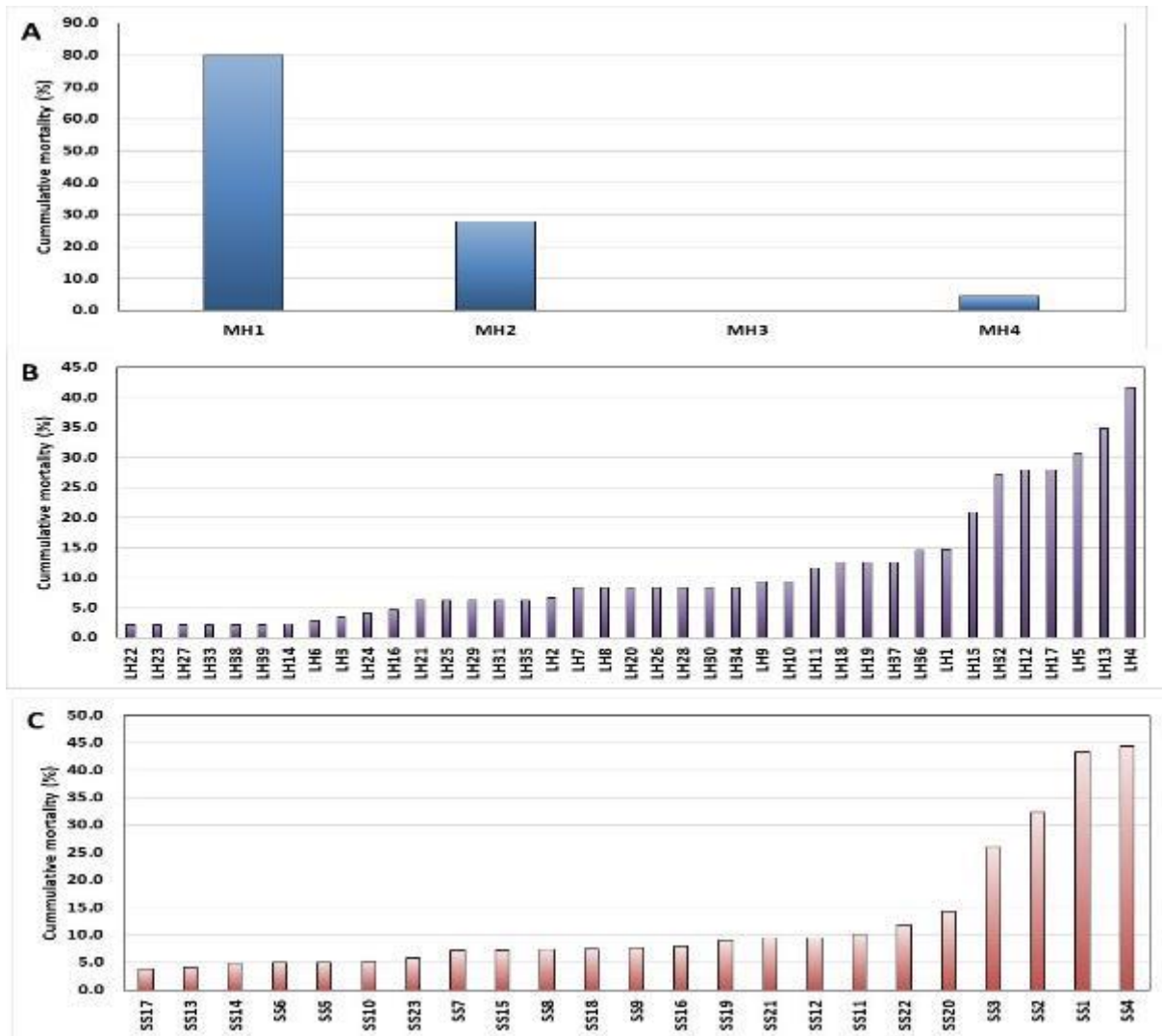


Figure 11 Percentage cumulative mortality for lumpfish groups maintained at A) marine hall; B) small-scale and C) commercial sites.

Cumulative mortality plotted against the primary causal agent of mortality for lumpfish groups deployed at commercial sites (SS) can be seen in figure 12B. The four groups with the primary cause of mortality identified as transporting had the highest percent cumulative mortality compared to the other groups deployed at SS whilst groups where the primary cause of mortality was identified as being either grading and/or mechanical delousing had similar cumulative mortality rates ranging between 14.3% and 3.7%.

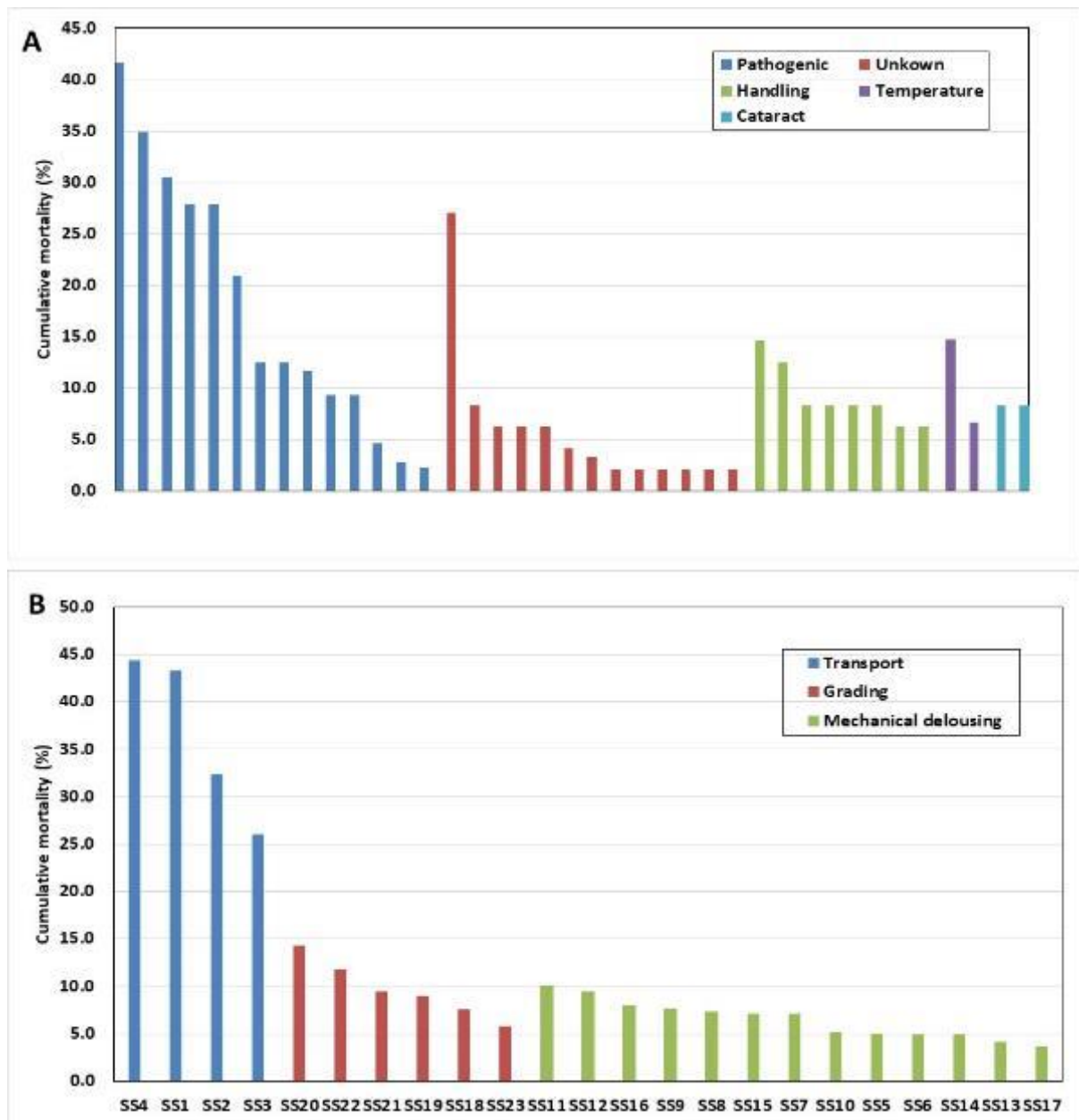


Figure 12 Percentage cumulative mortality for lumpfish groups plotted against primary cause of mortality for lumpfish deployed at A) small-scale and B) commercial sites.

8.3.4 Mortality patterns

Commercial sites

The mean percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Røssøy can be seen in figure 13. The mean percentage mortality (\pm SD) at week 1 for all four polar circle cages stocked with lumpfish was calculated at $19.8\% \pm 4.3\%$. Mean weekly mortality decreased sharply to $1.8\% \pm 0.6\%$ at week two onwards until week nine when mean weekly mortality increased to $4.8\% \pm 1.7\%$. Mean weekly temperature slightly increased from $4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week one to $5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week nine.

The mean percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Leirvika can be seen in figure 12. The mean percentage mortality (\pm SD) remained under 1% for all

groups during the 23-week deployment (figure 14). Mean weekly mortality gradually increased through time with the highest mean mortality of $0.8\% \pm 0.1\%$ recorded during weeks 21 and 23. Temperature decreased from a mean of $13.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week one to $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week 23.

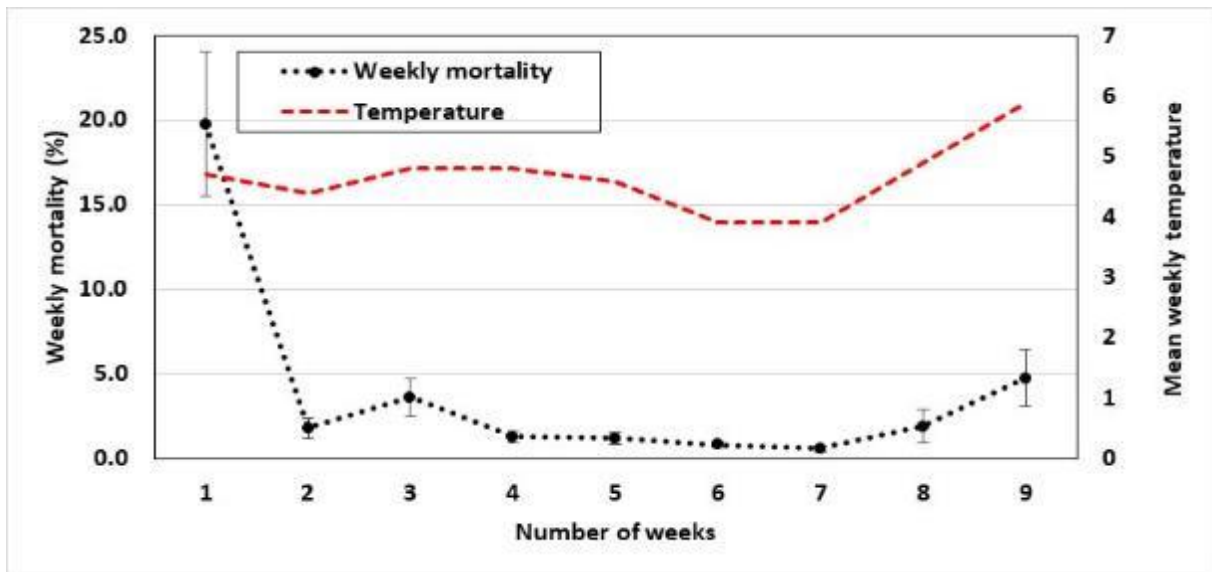


Figure 13 Percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Røssøy. Red line indicated mean weekly temperature at the site.

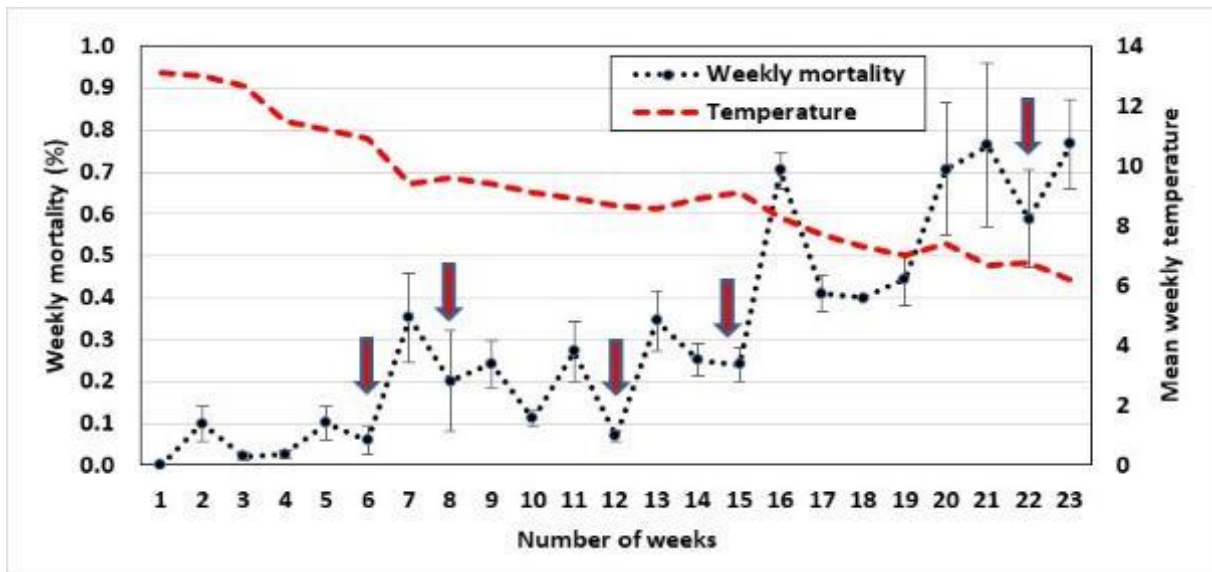


Figure 14 Percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Leirvika. Red line indicated mean weekly temperature at the site. Arrows indicate when mechanical delousing was used in all cages.

The mean percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Hallsteinhamn can be seen in figure 15. The mean percentage mortality (\pm SD) remained low throughout for all sub-groups with weekly mean mortality rates ranging between 0-0.3% at week 1 and 1.2% recorded at week number 15. Mean weekly temperature decreased from $8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week one to $4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ at week 37.

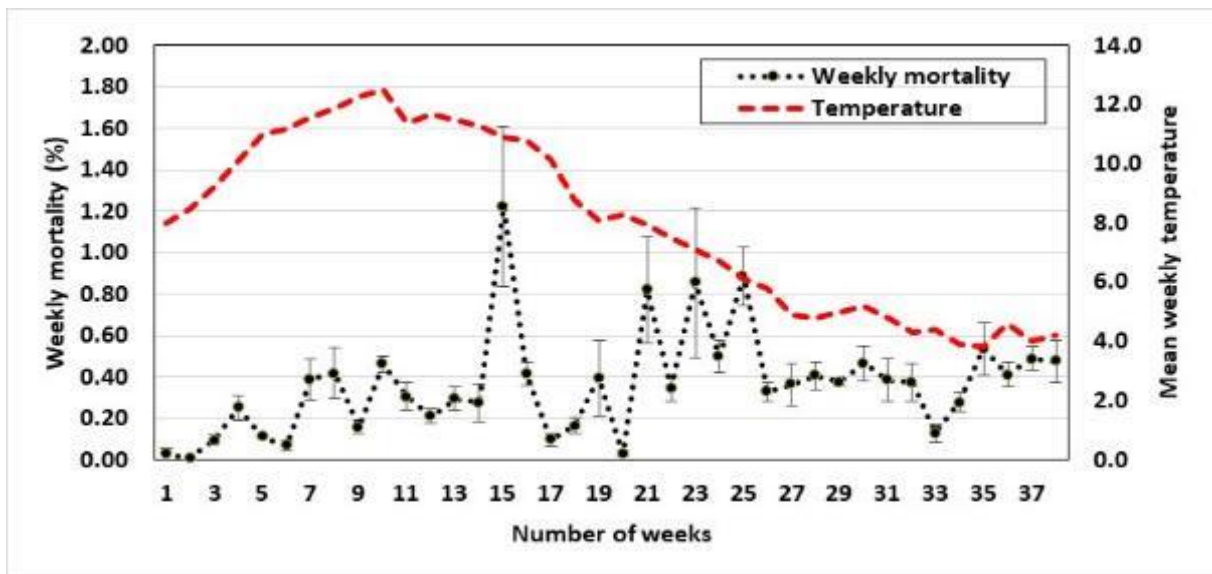


Figure 15 Percentage weekly mortality of lumpfish deployed at Gifas commercial site Hallsteinhamn. Red line indicated mean weekly temperature at the site.

Land-based and small-scale facilities

The mean percentage daily mortality of two lumpfish sub-groups deployed at land base facility (MH) can be seen in figure 16. The mean percentage mortality (\pm SD) for sub-group K6 remained low throughout until d41 when a daily percentage mortality of 4.3% was recorded. For sub-group K5, mortality rates remained low until d 34 when daily percentage mortality of 18.6% was recorded. This increased to 35.7% at d 38. Mortality rates fluctuated after this time point but remained higher compared to sub-group K6. Mean daily temperature fluctuated between 7.0 °C at d 1 and 7.4 at d 48.

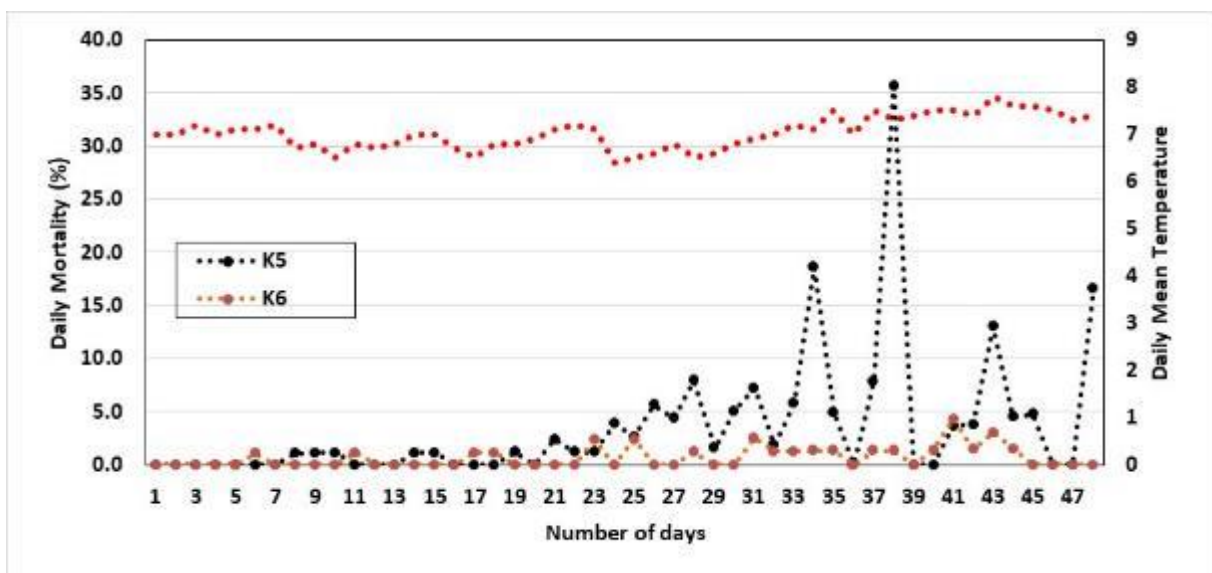


Figure 16 Percentage weekly mortality of lumpfish deployed at land base facility (MH)

The mean percentage daily mortality of three lumpfish sub-groups deployed at small-scale facility (LH) can be seen in figure 17. The mean daily percentage mortality (\pm SD) of the large

lumpfish (444.6g mean start weight) remained low throughout with the highest rate of 2.9% occurring at d 73 whilst daily percent mortality of the medium lumpfish (80.1g) peaked at d 62 when 10% mortality was recorded. Daily mortality decreased to low levels after this peak however, remained at levels of between 3.4% and 4.0% recorded on several occasions. Daily mortality rates of the small lumpfish (42.1g) remained at nil until d 56, when 2.8% was recorded (figure 17). Daily mortality spiked on subsequent days reaching a high of 12.5% at d 75. Daily mean temperature increased from 4.5 °C at d 1 to 12.0 at d 73.

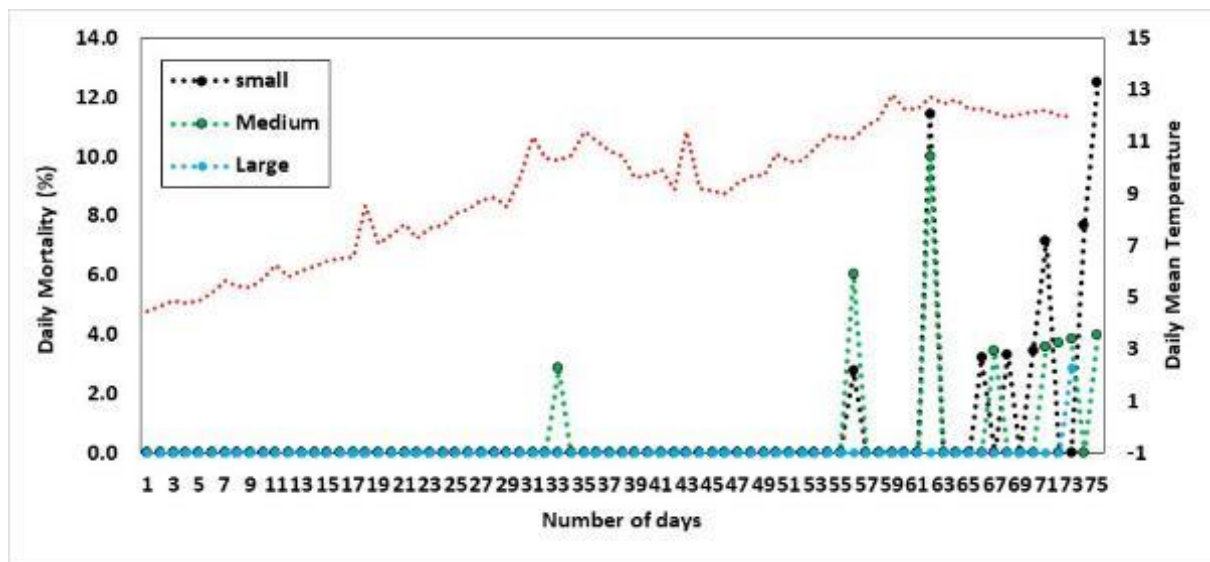


Figure 17 Percentage weekly mortality of three sub-groups of lumpfish deployed at small-scale facility (LH). Sub-group small (42.1g), sub-group medium (80.1g and sub-group large (444.6g)

8.3.5 Case Studies: Mortality & treatment effect in commercial cages

Case study 1: Mortality during transport

Two duplicate groups of lumpfish were established from the original population. The fish were distributed evenly into four cages thus establishing duplicate treatments (figure 2). Two of the cages containing lumpfish were fed with pelleted feed (lumpfish grower 2mm; Skretting AS) and two were fed with feed blocks (World Feeds UK).

There were many dead lumpfish pumped from the well boat to the cages during arrival and deployment. The percentage of dead lumpfish recorded on the day of transfer can be seen in figure 18. The number of dead lumpfish per cage directly associated during transfer were 3902 for cage 302; 1540 for cage 304; 1934 for cage 311 and 3143 for cage 313. Mortality rates decreased after day 1 ranging from 0.2% for cage 311 to 6.1% for cage 313.

At week 12, the total number of dead fish in all four cages was calculated at 14147 (table 3) and the total cumulative percentage mortality was 26.3%. Of the total mortality, cages 302 and 313 had the highest proportion (36.62% and 30.32%). Cages 304 and 311 accounted for 15.06% and 17.99% of total mortality (table 3).

The calculated percentage stocking density was estimated to be 10% on arrival. After initial mortalities on day 1, the start stocking density for each cage was 6.8% for cage 302, 9.4% for cage 304, 7.9% for

cage 311 and 6.5% for cage 313 (figure 19). Stocking densities continued to decrease as mortality persisted in all four cages and at day 41, stocking densities were 6.0% for cage 302, 9.0% for cage 304, 7.6% for cage 311 and 5.7% for cage 313 (figure 19).

Health status was undertaken routinely on all cages stocked with lumpfish. Mean health scores for each dietary treatment can be seen in figure 20. Health status on the remaining fish after transfer was 3.9 and 3.1 for fish fed with feed blocks and fish fed with pelleted feed respectively. Health deteriorated during the period and at day 38 fish fed with feed blocks had a mean health score of 9.4 compared to 8.3 for fish fed with pelleted feed. There were no significant differences between the groups during this period ($P > 0.05$).

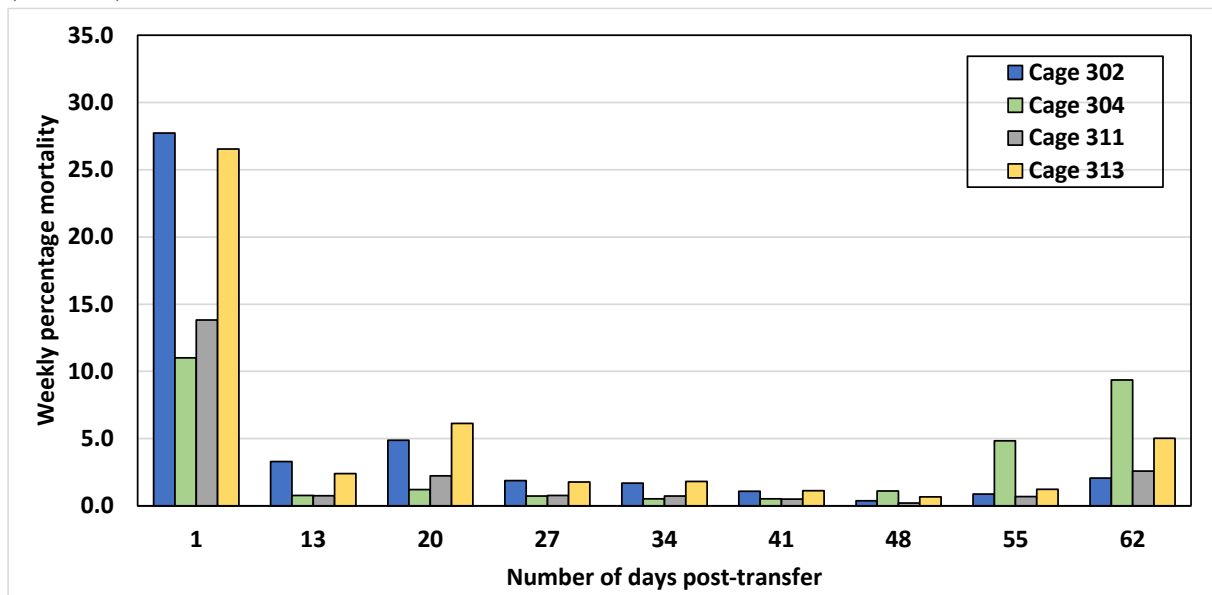


Figure 18 Mean weekly percentage mortality of lumpfish stocked in each of the four polar circle cages.

Table 3 Total mortality per cage and percentage distribution of mortality per cage.

Week 12	Cage 302	Cage 304	Cage 311	Cage 313	Overall
Total dead fish	5181	2131	2545	4290	14147
% Cumulative mortality	36.62	15.06	17.99	30.32	26.3

Both treatment groups had a high incidence of cataracts at day 1 with 75% of fish fed with feed blocks and 70% of fish fed with pelleted feed recorded with cataracts (figure 21). Prevalence increased through time and at day 38 had increased to 95% for the feed block group and 90% for the pelleted feed group. All cataracts were bilateral.

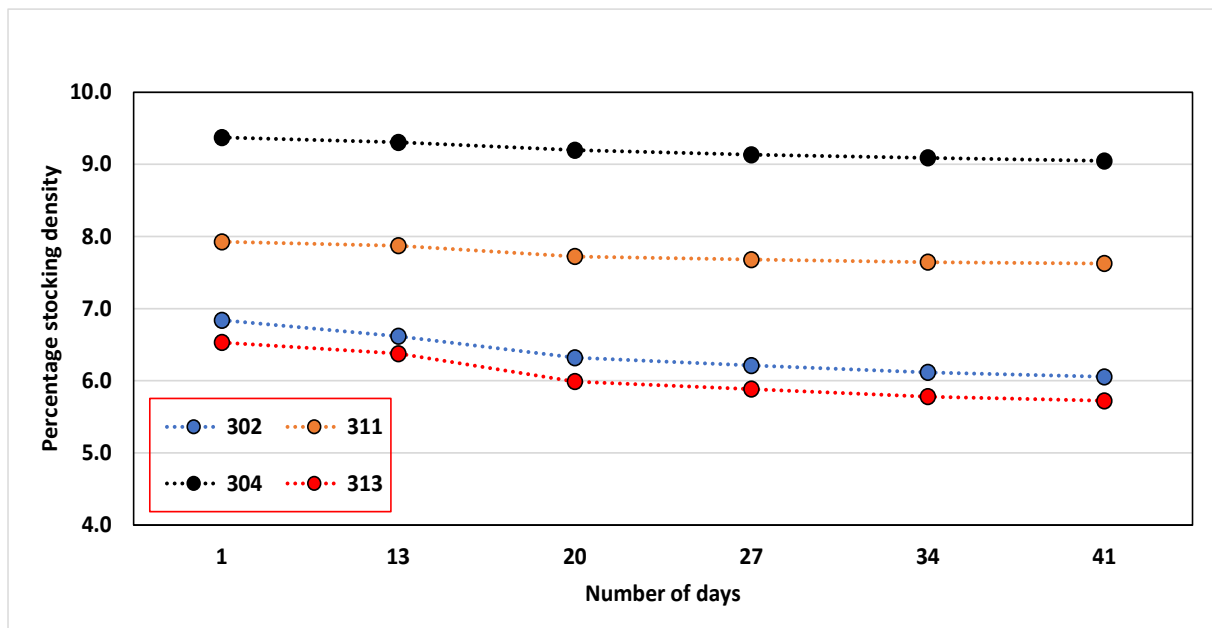


Figure 19 Calculated stocking density of lumpfish in each cage through time.

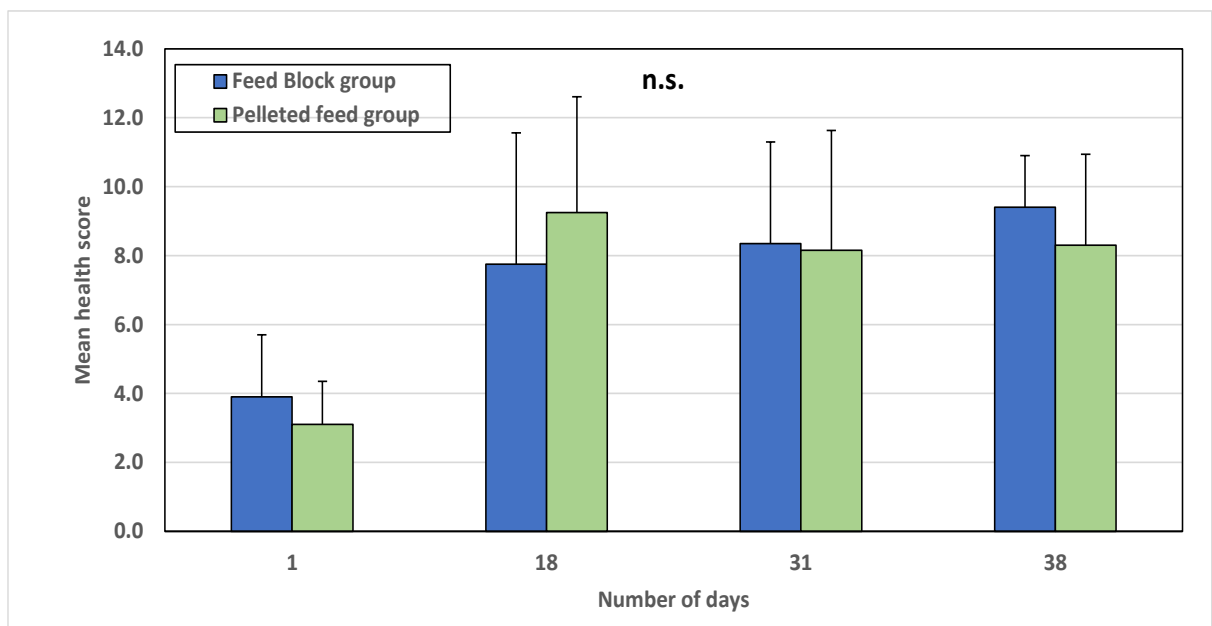


Figure 20 Mean calculated health scores of sampled fish from both dietary treatments. Values represent means \pm SD. Different letters indicate significant differences (SNK test, $P < 0.05$); n.s., not significant.

Due to a higher observed mortality in all four cages at day 62 (figure 18, weekly health screening was undertaken, and samples drawn from each cage for histology and PCR analysis. Results from histology showed high densities of filamentous bacteria, possibly *Tenacibaculum* species. Several individual lumpfish also exhibited symptoms of systemic infection (bacterial sepsis).

PCR analysis supported the histology findings and additionally, *Moritella viscosa* was detected in several individual and some sampled fish exhibited symptoms of emaciation.

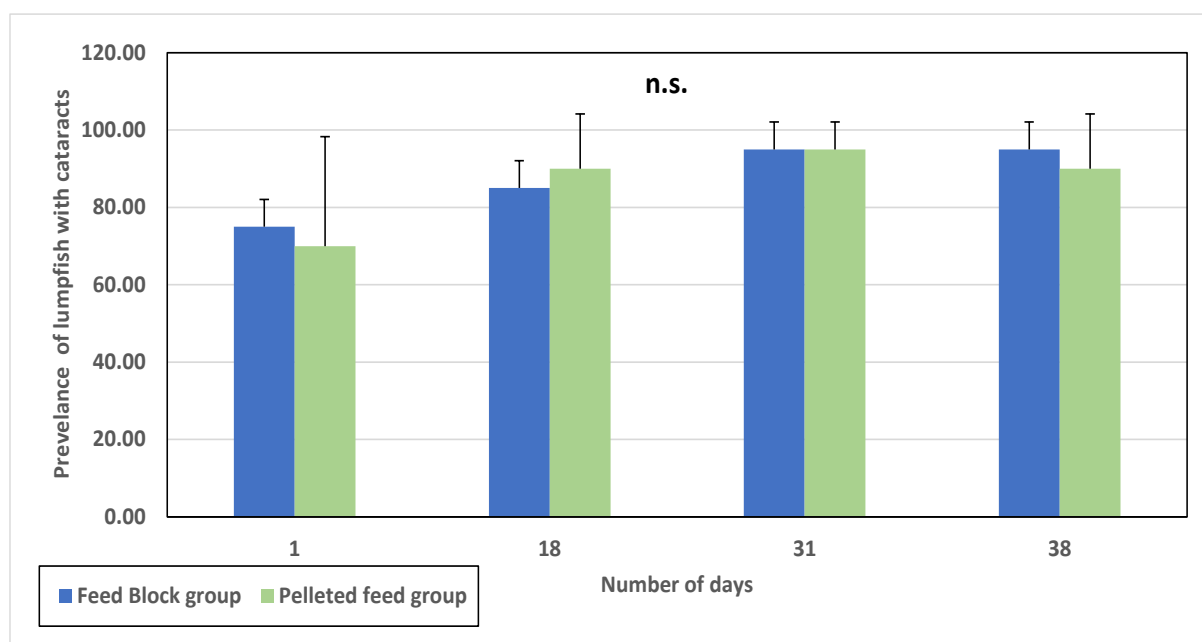


Figure 21 Occurrence of lumpfish with cataracts (% prevalence) calculated for each group. Values represent means \pm SD. Different letters indicate significant differences (SNK test, $P < 0.05$); n.s., not significant.

Case study 2: Mortality and mechanical delousing

To investigate possible differences in lice grazing efficacy and health of lumpfish fed either feed blocks or commercially available pelleted feed in commercial cages, eight 90m polar circle cages containing approximately 50, 000 Atlantic salmon with a mean weight of 2kg were stocked with 3800 lumpfish with a mean weight of 52g in each cage. Four of the cages were fed with a standard commercial pelleted feed and four with feed blocks.

There were five occasions when mechanical delousing occurred during the study period. Mortality rates of lumpfish prior to, during and after each mechanical delousing can be seen in figure 22 and table 4. The first delousing was with hydrolicer during week 41. The week prior to delousing total mortality for fish fed with feed blocks and pelleted feed was 10 and 17 fish respectively. During delousing, two mortalities were recorded for the feed block group and 18 for the pelleted feed group. One week after delousing (week 42), there was an increase in mortality with 34 recorded for the feed block group and 89 for the pelleted feed group. Hydrolicer was again used during week 43 and the feed block group registered 34 mortalities before, 16 during and 24 after delousing whilst the pelleted feed group registered 89 before, 65 during and 59 after delousing. Thermolicer was used for the third delousing during week 47 with an increase in the pattern of mortality recorded for both groups with 48 fish recorded for the feed block group and 51 for the pelleted feed group. There was a marked increase in mortality one week after the fourth delousing using thermolicer during week 50 with 110 recorded mortalities recorded for the feed block group and 102 for the pelleted feed group. The last delousing using thermolicer (week 5) resulted in 48 mortalities recorded during and 124 after delousing for the feed block group whilst 113 mortalities were recorded during and 128 after delousing for the pelleted feed group. The highest percentage mortality recorded during or after delousing for the feed block group was at week 5 where 0.85% of the total number of

fish was recorded. For the pelleted feed group, the highest percentage mortality occurred during the same period with 0.88% (table 4).

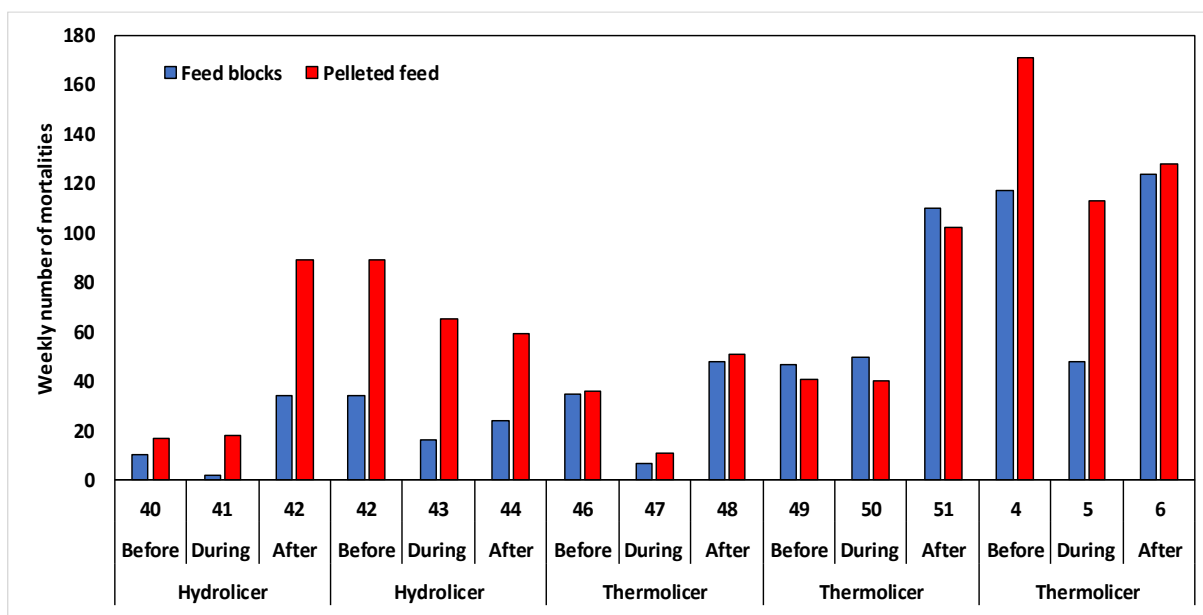


Figure 22 Total weekly mortality of lumpfish before, during and after mechanical delousing fed with feed blocks or pelleted feed

Table 4 Weekly mortality of lumpfish before, during and after mechanical delousing with hydrolicer and thermolicer. Table shows actual numbers of dead fish per treatment group and the number expressed as a percentage of the group population.

Week number	40	41	42	42	43	44	46	47	48	49	50	51	4	5	6
Treatment	Hydrolicer			Hydrolicer			Thermolicer			Thermolicer			Thermolicer		
Feed blocks	10	2	34	34	16	24	35	7	48	47	50	110	117	48	124
Pelleted feed	17	18	89	89	65	59	36	11	51	41	40	102	171	113	128
Feed blocks: % mortality	0.07	0.01	0.22	0.22	0.11	0.16	0.23	0.05	0.32	0.31	0.34	0.74	0.79	0.33	0.85
Pellets: % mortality	0.11	0.12	0.59	0.59	0.44	0.40	0.24	0.07	0.34	0.28	0.27	0.70	1.17	0.78	0.88

Mortality for fish fed with feed blocks was constantly lower from week 39 onwards compared to fish fed with pelleted feed with cumulative percentage mortality being 6.1% and 8.1% respectively at the end of the study (figure 23). Mortality rates included fish removed with obvious wound and/or poor condition. Weekly mortality rates varied throughout the study (figure 24) with rates remaining low for the first 6 weeks followed by a slight increase. This trend continued throughout the study with weekly mortality rates increasing for both groups but generally higher for fish fed with pelleted feed. There was no trend for mortality to increase with decreasing water temperature (figure 23)

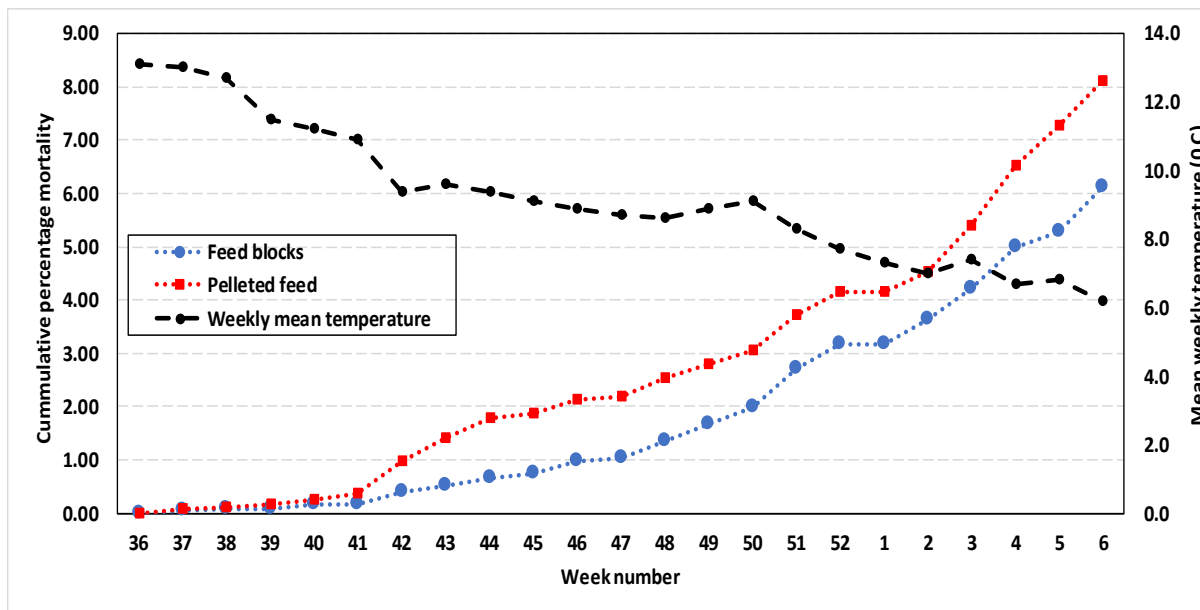


Figure 23 Mean cumulative percentage mortality of lumpfish fed with feed blocks and pelleted feed and mean weekly temperature during the study period.

Mean health scores were lower in the feed block fish in week 40 and 45 (SNK post hoc test, $P < .05$, Figure 25). Fish fed with feed blocks had generally less fin erosion or damage and less body wounds throughout the study period. Fin erosion/damage ranged from mild to severe in both groups whilst wounds and/or sores to the body observed ranged from mild to moderate. The mean health scores in both groups were always categorized as satisfactory (Figure 25) throughout the study period. There was little or no deformities observed of the suction disc for both groups.

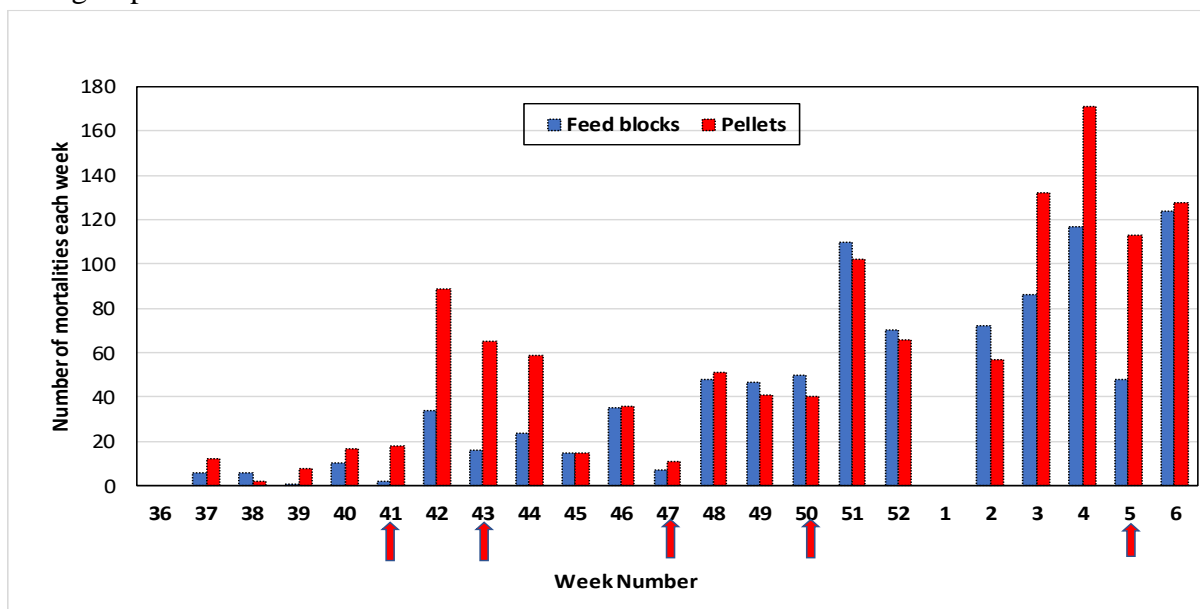


Figure 24 Weekly mortality of lumpfish fed with feed blocks and pelleted feed during the study period. Red arrows indicate when mechanical delousing occurred.

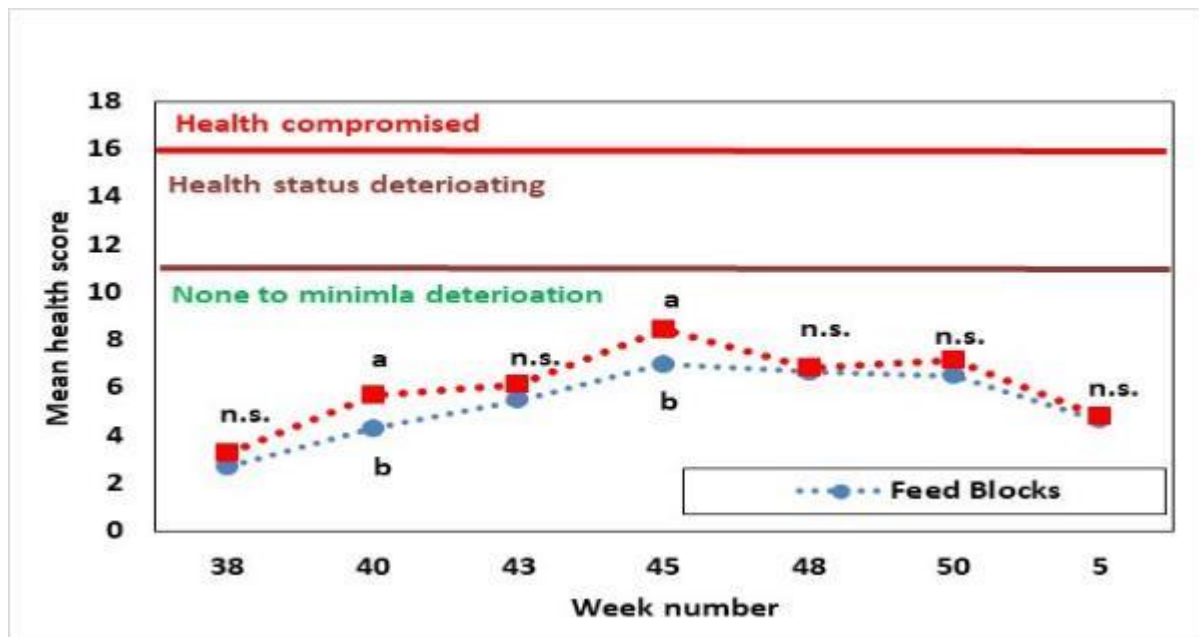


Fig. 25 Mean calculated health scores of sampled fish from both dietary treatments. Values represent means \pm SE. Different letters indicate significant differences between the dietary treatments (SNK test, $P < .05$); n.s., not significant

Case study 3: Mortality and grading

To compare sea lice infestation levels in commercial polar circle cages equipped with the Gifas Closed Fish Cage System (CFC) and stocked with lumpfish to cages with only lumpfish, six 120m polar circle cages containing approximately 116,000 Atlantic salmon with a mean weight of 780g were used in the study. Three of the cages were equipped with CFC systems and all six cages were stocked with an average of 9215 juvenile lumpfish with a mean weight of 55.0g

Mean cumulative mortality of lumpfish before and after grading of Atlantic salmon can be seen in figure 26. Mortality was low for both treatment groups before grading and there were no significant differences between them ($P > 0.05$). At week 49, cumulative mortality was 5% and 4.7% for the CFC group and lumpfish group respectively. After grading (week 49 and 50), there was a significant increase in cumulative mortality for both groups. The CFC and lumpfish group had a higher rate of mortality and at week 18, cumulative mortality was calculated to be 12% whereas for the lumpfish group, cumulative mortality had increased to 7%. There were no significant differences between the two groups during this time ($P > 0.05$).

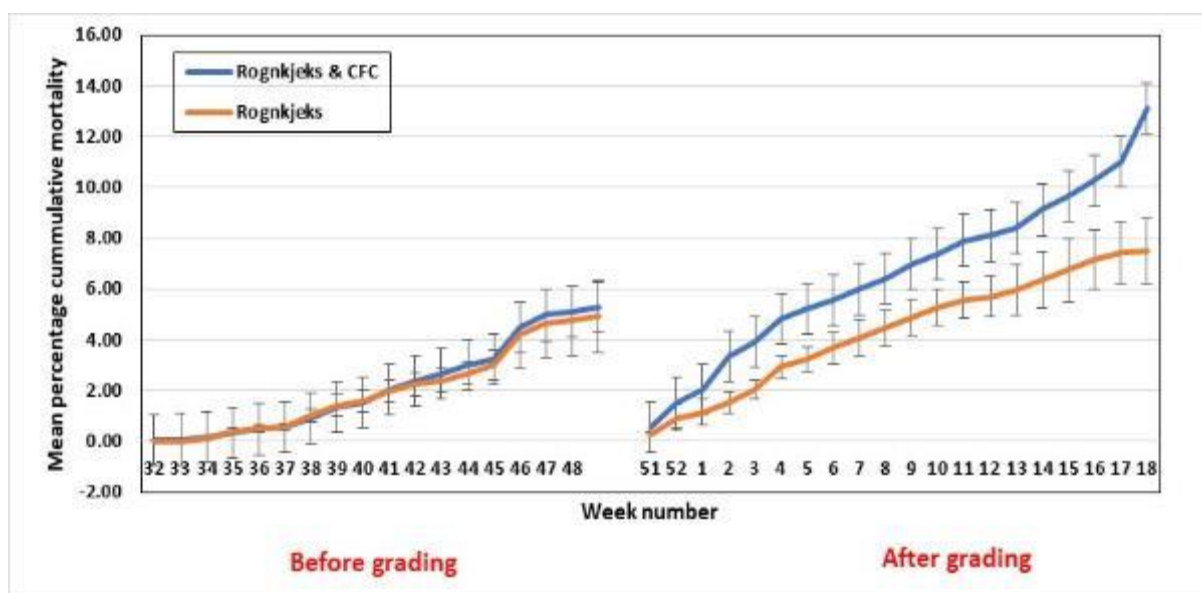


Figure 26 Mean cumulative mortality of lumpfish stocked in cages with and without CFC systems before and after grading of Atlantic salmon. Values represent means \pm S.E.

Case study 4: Mortality and genetic effect

To investigate the possible family influence on sea lice grazing of lumpfish on Atlantic salmon, nine families of lumpfish ($n = 40$; $N = 360$) with a mean (\pm SD) weight of 42.0 ± 7.4 g were distributed among nine sea cages ($5 \times 5 \times 5$ m) each stocked with 400 Atlantic salmon with a mean (\pm SD) weight of 123.4 ± 16.0 g. For each family, 24 lumpfish were stocked into one of the ten sea cages and 24 into another cage thus establishing duplicate treatments for each genetic family.

The percentage mortality of each of the nine lumpfish families recorded throughout the study period can be seen in figure 27. The first recorded mortality for lumpfish was at d 42 and continued thereafter. Mortality rates remained low throughout from day 42 onwards with no increase in daily mortality rates recorded. However, at day 78, the trial was terminated due to mortality rates persisting and tissue samples drawn from the fish returned positive for *pasteurellosis*. At the end of the study period all fish were removed from the cages and counted to calculate overall mortality rates for each of the family groups. Fish from family 6 had the lowest incidence of mortality overall with 2.5%. Fish from families 8 and 1 had slightly higher mortality rates of 4.3 and 6.8% respectively. Mortality rates for fish from the other six families ranged between 10.0% for fish from family 2 to 34.6% for fish from family 5.

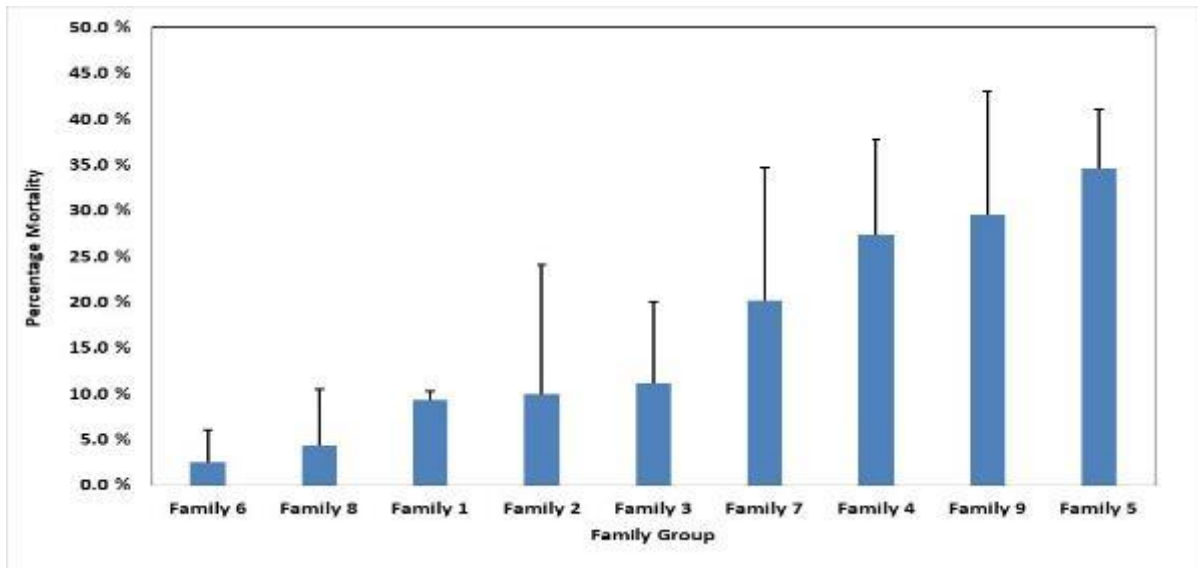


Figure 27 Percentage mortality of each of the nine lumpfish families recorded throughout the study period. Values represent means \pm S.D.

8.3.6 Regression analysis

Results of the linear regression analysis of lumpfish mean start weight on cumulative mortality is given in figure 28. For lumpfish groups deployed at small-scale (LH), the analysis gives the equation $y = 1.3156x + 69.92$ with an R^2 value of 0.0573 (figure 28A) whilst for groups deployed at commercial sites (SS), the analysis gives the equation $y = 0.5629x + 49.594$ with an R^2 value of 0.8098 (figure 28B).

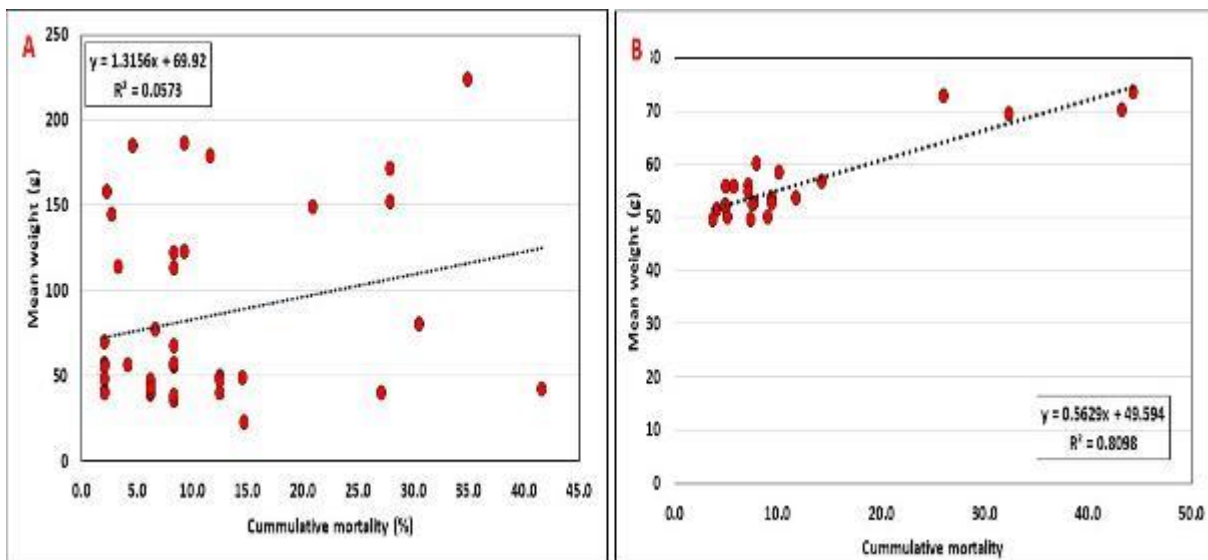


Figure 28 Linear regression analysis of lumpfish mean start weight on cumulative mortality. A) small-scale facility (LH) and B) commercial facility (SS).

Results of the linear regression analysis of mean water temperature on cumulative mortality is given in figure 29. For lumpfish groups deployed at small-scale (LH), the analysis gives the equation $y = 0.0086x + 9.474$ with an R^2 value of 0.016 (figure 27A) whilst for groups deployed

at commercial sites (SS), the analysis gives the equation $y = 0.1183x + 9.4109$ with an R^2 value of 0.7854 (figure 299B).

Results of the linear regression analysis of mean water temperature on cumulative mortality is given in figure 30. For lumpfish groups deployed at small-scale (LH), the analysis gives the equation $y = 0.0086x + 9.474$ with an R^2 value of 0.016 (figure 30A) whilst for groups deployed at commercial sites (SS), the analysis gives the equation $y = 0.1183x + 9.4109$ with an R^2 value of 0.7854 (figure 30B).

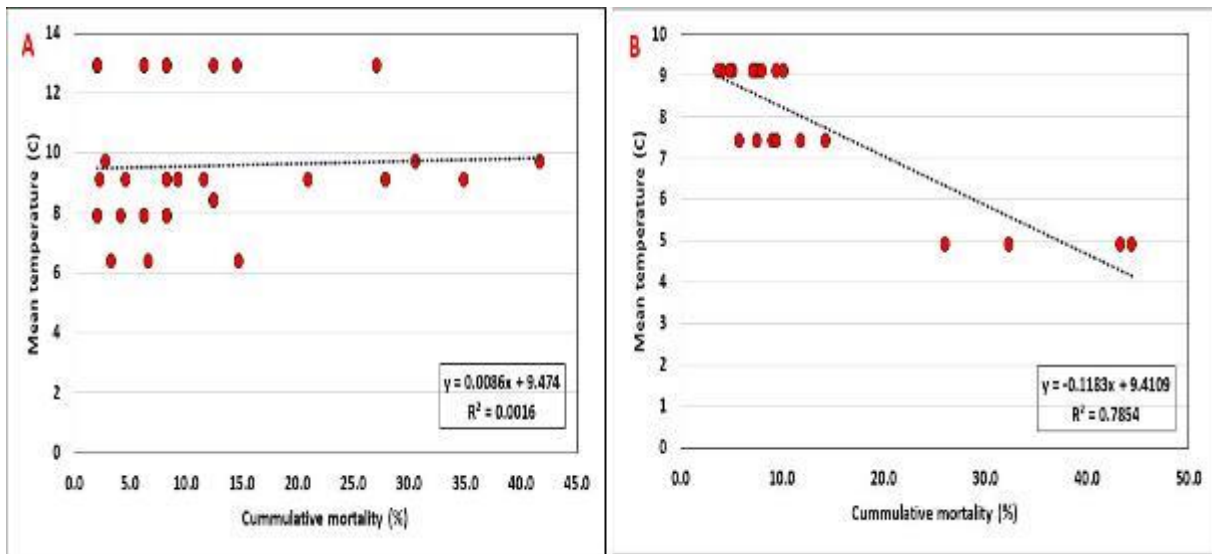


Figure 29 Linear regression analysis of mean water temperature on cumulative mortality of lumpfish. A) small-scale facility (LH) and B) commercial facility (SS).

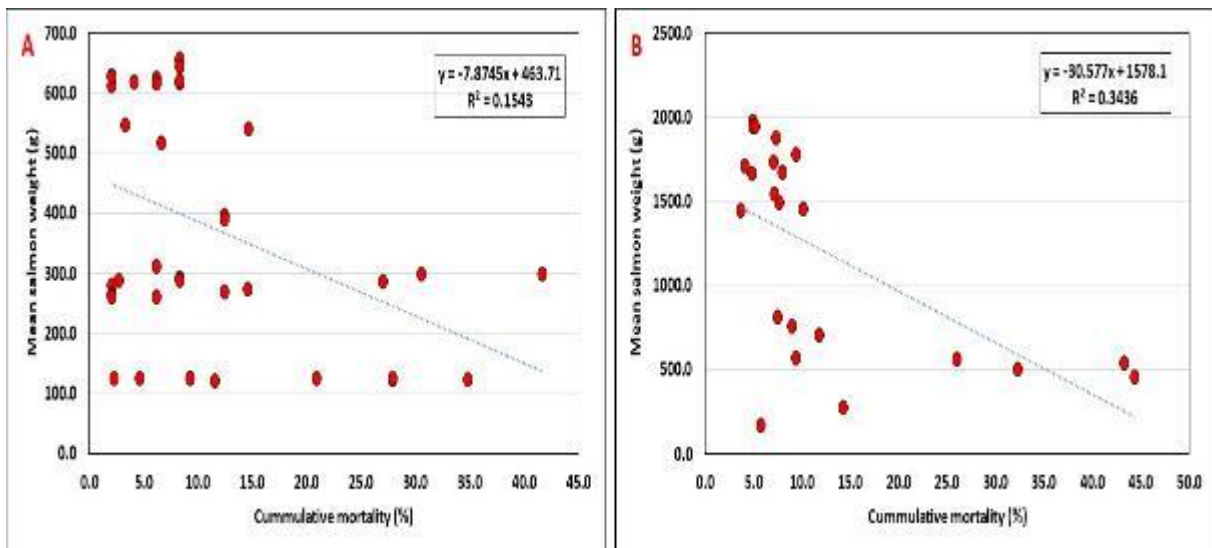


Figure 30 Linear regression analysis of mean Atlantic salmon weight on cumulative mortality of lumpfish. A) small-scale facility (LH) and B) commercial facility (SS).

8.4 Discussion

8.4.1 Size and time of transfer

The size of lumpfish at which they are transferred to sea cages varies between commercial farmers. Some transfer fish as small as 20 g whilst others transfer at a minimum of 50 g. Lumpfish transferred to commercial cages had a mean weight of 56g compared to a greater variation in mean weights in lumpfish transferred to small-scale cages which was due to size specific requirements for some studies (figure 5). Some farmers still deploy lumpfish during winter months but more and more avoid winter deployment whereas other prefer avoiding stocking lumpfish during summer months and prefer autumn deployment. For lumpfish deployed at Gifas, all four groups of lumpfish were transferred to MH (land-based) during January and February whilst for lumpfish groups transferred to LH (small-scale), 3 were transferred in January whilst 14 and 10 groups were transferred during May and July respectively. Of the remaining groups, 2 were transferred during September and 10 during October (figure 4). The majority of lumpfish transferred to SS (commercial cage sites) occurred during the month of September (13) whilst 4 and 6 groups were transferred during February and August respectively (figure 4).

A previous study by Imsland *et al.* (2016a), showed that small lumpfish (mean weight 20 g) deployed in winter had lower growth rates compared to larger fish for a period, after which growth rates increased. This reduced growth potential may be explained by low water temperatures and the fish required a period of acclimation after transfer to adapt to the different environmental conditions. The challenge in using lumpfish as biological de-lousing agents is to optimize their grazing potential. Small lumpfish do graze on attached sea lice from Atlantic salmon (Imsland *et al.* 2014a). However, if lumpfish are subjected to disturbance that results in increased stress, then there is a higher probability that they will become prone to disease, particularly bacterial agents. More research is required to clarify best practices when lumpfish can be deployed in commercial salmon cages.

8.4.2 Causes of mortality

Lumpfish aquaculture is faced with knowledge-gaps that result in poor health and welfare of the fish (Imsland *et al.*, 2019a-b; Powell *et al.*, 2018). In a survey in five Atlantic salmon net pen sites with 79,000 lumpfish, conducted in 2013 in Norway an average of 48% mortality was reported, varying from 39% to 100%. Of the 13,864 dead lumpfish categorized regarding cause of death in the same survey from 2013 in Norway, 75% were categorized as bacterial infections (Nilsen *et al.*, 2014).

In a more recent study by the Norwegian Veterinærinstituttet (Bering., 2015), a systematic survey of causes of mortality in cleaner fish was performed. From the project's final report: "In a period of 6 months, 934,935 cleaner fish were released, and 310,043 (33%) dead fish were registered. Registered mortality was lowest in Ballan wrasse (18%). For the other species registered mortality was from 32 to 48% and was highest in lumpfish. The most important causes of mortality were wounds and fin rot (19%), bacterial infections (14%), mechanical damage (6%) and sexual maturation (3%). Fish without a specific diagnosis accounted for 56%. Some of the first batches of wrasse had elements of sexual maturation, among which increased

mortality was observed immediately after release. The most serious episodes of mortality after this were due to acute outbreaks of bacterial infection of cleaner fish after release into cages (*Pasteurella spp.*, *Atypical Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum*) or operational problems in the facility related to weather, frequent uptake of dead salmon, net cleaning, or chemical treatment of salmon against salmon lice infestations”.

In contrast, results from this study identified ten primary causes of mortality in all the lumpfish groups deployed (figure 7). Of these, handling/grading and mechanical delousing accounted for 21% and 20% respectively whilst bacterial infections accounted for 17% of all primary causes. Other primary causes of mortality included viral (3%), parasitic (5%), severe cataract prevalence (3%), mortality during transfer to sea cages (6%), temperature gradients (3%) and dietary (2%). Lumpfish without a specific diagnosis accounted for 20%.

Whilst it would be reasonable to expect causes of mortality in lumpfish populations to vary both from hatchery to hatchery but also geographically, there are evidently many reasons for mortality. Interestingly, mortality without a specific diagnosis accounted for 20% for the groups deployed at Gifas and for 56% of the groups researched at *Veterinærinstituttet* (Bering., 2015). Given that all causes of mortality were investigated for the primary causal agent, then perhaps the analytical diagnostic tools employed to determine causal factors need to be more extensively researched. Further understanding on lumpfish biological requirements and stress physiology is necessary to develop better methods that safeguard lumpfish wellbeing and meet their needs. Continuous health and welfare monitoring are essential to help identify when and what procedures and operations are detrimental, and thus, allow to adapt and improve practices (Noble *et al.*, 2019; Rimstad *et al.*, 2017). To encourage the adoption of health status monitorization at a standardized, more comparable way, practical and user-friendly approaches are necessary.

The stress and handling during transfer and stocking, together with the inevitable disease challenges in the pen environment, make the first few weeks at sea a critical time and acute mortalities often occur (Bornø *et al.*, 2016). Stress and damage through events such as capture, handling, transport or grading increase disease susceptibility and high mortality can follow these events. Lumpfish, despite their robust appearance, are very susceptible to skin damage and incidence is increased by their habit of adhering to substrates from which they are at times forcefully removed. A wide range of factors influence the welfare of cleaner fish, and it is often the sites that put most effort into welfare that have the least disease problems (authors’ observation).

Health management of cleaner fish in salmon pens can be challenging (Bornø *et al.*, 2016). Often primary causes of mortality can lead to secondary causes thus further exacerbating an already worsening situation (as observed in case study 1). In addition, often, more than one pathogen is isolated from diseased fish, making it difficult to verify the primary cause of disease and death. In addition, the cause of death may be multifactorial and influenced by poor nutritional input and/or inadequate feeding strategies. Extreme environmental conditions may also be a factor, and studies have shown that both low temperatures (< 4 °C, Imsland. *et al.*, 2018) and high temperatures (18 °C, Hvas, *et al.*, 2018) can increase mortalities. High mortality can also occur after transfer to commercial cages due to poor handling and has been linked to chemical and mechanical delousing practices (e.g., Kousoulaki *et al.* 2018, Stien *et al.* 2020). Further, mortalities have been attributed to net cleaning, bath treatments or other operations.

A real-time example of this is when lumpfish were transported from hatchery to commercial sea cages at Gifas (Image 2). During transport, oxygen concentrations decreased sharply due to mechanical failure and human error. The result was 20% of the fish were dead upon arrival at the cages. Secondary causes were evident at d 3 post-deployment when a high incidence of cataracts and moderate to severe fin damage was evident from sampled fish. Mortality started to increase a short time later. PCR analysis confirmed high infection levels of several bacterial species including *Tenacibaculum*, *Pasteurella* (image 2) and *Moritella viscosa*. The cumulative stress during this period resulted in reduced welfare status leading to a high probability of bacterial infection (secondary) due to compromised health and immune status.

All fish groups transferred to Gifas had evidence of cataracts which were detected either prior to or immediately after transfer. For fish groups screened for eye health and transferred to either small-scale, cataract prevalence varied between 0 and 29,2% prevalence upon transfer and for commercial cages, prevalence varied between 12.1% and 79.6%. There was a tendency for prevalence to increase in all groups with some groups approaching 90% prevalence and the severity of cataracts increasing with time (example of severe cataracts: Image 4). For the group LH3 (lumpfish deployed at small-scale), the high prevalence of severe cataracts was determined to be the primary factor for both groups to lose significant weight to a point where mortality started to increase. It is known that cataracts can affect how efficiently fish catch natural feed, such as in arctic char where fish with no cataracts caught zooplankton more effectively than fish with cataracts (Voutilainen *et al.* 2008). However, a previous study by Imsland *et al.* (2016b) showed that lumpfish with a low degree of cataracts does not affect their ability to detect and consume sea lice nor affect their overall feed intake and growth negatively. Regardless of some fish being able to find food items and maintain growth, the high proportion of fish in this study observed to be losing weight indicates that fish with moderate to severe cataracts cannot maintain their growth potential and ultimately health may be impaired. Mortality is affected by cataract to the extent it affects feed intake, growth and weakened immunity and robustness of the fish (reduced stress tolerance). For example, in a study on post-smolts it was observed that increased degree of cataracts resulted in increased mortality due to increased sensitivity to handling stress (Breck & Sveier 2001).

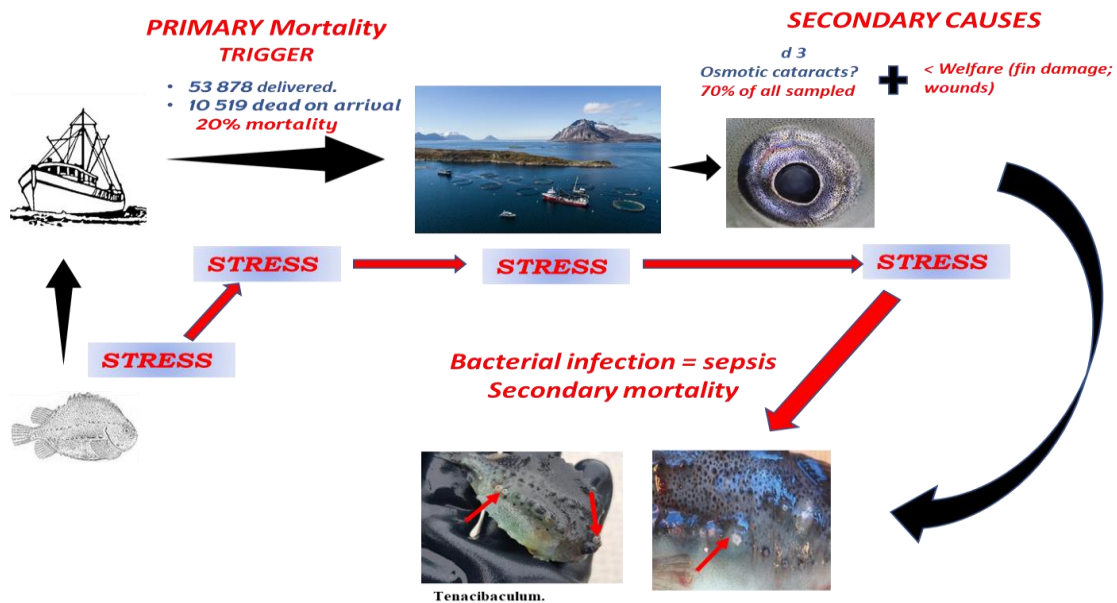


Image 2 Real-time example of primary and secondary causes of mortality and cumulative stress in lumpfish deployed in commercial farmed salmon cages

The average cataract index was generally low for most groups at the start of the deployment period but generally increased with time. Previous studies have recorded a low cataract index (Jonassen *et al* 2016). The results indicate that the development of cataracts from mild to severe occurred over a relatively short period in both groups and that the dietary treatment given to the LF group did not contribute to the development of cataracts observed. It is known that high SGR values can increase the risk of cataracts (Ersdal *et al.* 2001; Breck *et al.* 2003). A previous study undertaken at Gifas and reported by Jonassen *et al.* (2016) showed that there was no systematic relationship between growth and cataract index that could indicate that cataracts had an impact on the growth rate, or high SGR increased risk of developing cataracts (as has been observed in salmon).

It was generally noted that most cataracts detected were bilateral. This may indicate that the development of cataracts may be systemic. Bilateral cataracts have been shown to have generally systemic causes such as nutrition, in Atlantic salmon (Breck *et al.* 2003.) whilst unilateral cataracts are generally associated with external mechanical stresses on fish, such as different types of handling that can create friction or damage to the eyes (Jonassen *et al.* 2016). In farmed salmon, it has been shown that even moderate degrees of cataract can result in reduced growth (Breck & Sveier 2001). Development of cataract means that less light passes to the retina and vision becomes impaired or disappear (Shariff *et al.* 1980; Bjerås & Sveier 2004). Especially the more severe degrees of cataract may then reduce feed intake (Savino *et al.* 1993) and competition for food (Barber *et al.* 2000), thus reducing growth. In post-smolt Atlantic salmon an average cataract index of 5.4 is considered enough to interfere with vision (Bjerås *et al.* 2003). Unpublished data from growth trials in tanks, where fish with and without cataract were analyzed separately (GIFAS, unpublished data) showed that even with severe cataracts in juvenile lumpfish it may be difficult to detect effects on growth. Lumpfish with an average cataract index of 6.6 (n = 25) achieved an SGR 1.6 % d⁻¹, while lumpfish without cataracts (n = 72) had an SGR 1.7% d⁻¹. Conditions in land-based tanks are very different than

in cages with salmon and therefore not directly comparable, feeding is generally easier in tanks where the feed can accumulate on the bottom. And there was direct competition with salmon in this study. It shows that lumpfish with severe cataracts can locate feed and grow well if foraging is good and that the severity of cataracts does not reduce vision to the point where the fish cannot see.

In a report undertaken by Akva-plan Niva, cataracts in lumpfish do not seem to be related to insufficient histidine in the feed as previously reported in Atlantic salmon. However, the report highlighted that development of cataracts may be related to disturbed metabolism / malnutrition, visualized as very high values of selected amino acids in different tissues (Waagbø *et al* 2016). This can cause osmotic imbalance in fish tissues and cataract development or is a consequence of osmotic imbalance. In a previous study (unpublished data) undertaken at Gifas, there was a higher degree of cataracts with lumpfish fed a commercial salmon feed compared to fish fed a traditional marine feed. The differences in prevalence of cataracts may be attributed to the different formulations in the feed which may have resulted in osmotic imbalance as seen previously. There is a concern that if lumpfish are eating salmon pellets as has been observed in several previous studies (Imstrand *et al* 2014a, b, c) which may result in disturbed metabolism then it is critical that strategies are developed to reduce this risk. This highlights that there are major challenges in maintaining the welfare of lumpfish stocked in commercial salmon cages and that nutrition studies are vitally important.

In addition, in the context of animal welfare, future potential breeding programs should consider routine selection against cataracts in lumpfish produced for stocking in commercial cages and especially in broodstock groups, as a practical measure to reduce the problem. Lastly, cataracts score is a useful tool as a welfare indicator in lumpfish and should be included in routine investigations.



Image 3 Evidence of severe cataracts on lumpfish

A study conducted at Gifas, lumpfish kept in cohabitation with salmon were screened sequentially through a period for known pathogens. In this study, piscine reovirus (PRV) was detected in lumpfish only after transfer to cages with salmon, and with increasing load of virus throughout the experimental period. PRV was also detected in salmon at all sampling points, suggesting both fish species were infected by the virus (Reynolds, unpublished data). This finding suggests a transfer of PRV had occurred at the marine growth site.

There are no reports of viruses causing mass mortality in cultivated lumpfish. However, several viruses which are known to cause challenges in marine fish species have been detected, pointing at a potential hazard. Rhabdovirus causing the notifiable disease viral haemorrhagic septicaemia (VHS) has been detected in lumpfish in Iceland (Guðmundsdóttir *et al.*, 2019). There has been a report on detection of Nodavirus in cultivated lumpfish (unpublished), which is a common marine virus found in several fish species.

Experimental challenge with infectious pancreatic virus (IPNV) has been demonstrated, but never detected in wild or cultivated lumpfish. Lumpfish flavivirus or Cyclopterus lumpus virus (LFV/CLuV) has been associated with inflammation and necrosis in liver (Skoge *et al* 2017), and gill pathology and anaemia has been reported in lumpfish with flavivirus (Johansen *et al* 2018). There are also some new virus types recently described, as Cyclopterus lumpus Coronavirus (CLuCV) and Cyclopterus lumpus Totivirus (CLuTV), although the significance of these viruses is unknown (Sommerset *et al* 2020). Ranavirus has been detected in lumpfish at the Faroe Islands and Iceland. These pathogens should therefore be monitored

8.4.3 Occurrences, cumulative mortality rates & patterns

Mortality is probably the most commonly used welfare indicator in Atlantic salmon aquaculture (Noble *et al.*, 2018) and until recently, was commonly used to assess health status of lumpfish stucked in many commercial salmon farms with farmers reporting low numbers remaining in cages and the majority of the deployed fish “missing presumed dead” Fish that died can be assumed to have suffered, but the absence of mortality cannot be used as an indicator of good welfare (Ellis *et al.*, 2012). One of the challenges of using mortality as a solo indicator for reduced welfare is that there are other indicators, such as water quality or behaviour, which would have revealed welfare problems earlier in the process (Gåsnes *et al.*, 2021).

From the analysed data undertaken during this study, the number of days post-deployment until the first recorded mortality varied between the three sites (figure 10). There was a general trend for the first mortality to be recorded earlier in the commercial cages compared to the small-scale cages. This may be due in part to commercial salmon cages being much more challenging for juvenile lumpfish compared to small 125m³ cages with lower stocking densities of salmon. Deployment in commercial cages is likely to result in both acute and chronic stress events if no mitigation measures are employed before, during and after transfer. For example, it is critical that the fish are healthy prior to transfer and pre-health screening is vital to establish the status of the population being considered for deployment. Pre-screening must include welfare scoring and pathogen screening using real-time PCR analysis for the known pathogens linked to this species. Screening should be undertaken at least two weeks before transfer and well defined cut off values for each set of results must be adhered to. For example, for cataract prevalence Gifas employs a cut off value of 10% of the population after which the fish will not be transferred. Any pathogens detected are also more easily treated in land-based tanks compared to open sea cages where treatment options are very limited.

Previous studies have also shown that low water temperatures may be a causal factor in reduced health and lower grazing performance (Gifas, unpublished data). Small lumpfish may be directly challenged when transferred to an open net-pen environment in wintertime when most

commercial salmon farms are routinely setting out juvenile lumpfish at an average weight of 30g in commercial cages. Juvenile lumpfish spend their early stages in the physically challenging intertidal zone where they are reported to grow rapidly before migrating to colder feeding grounds (Hedeholm *et al.*, 2014) where they may better exploit the differences in temperature. Larger specimens are assumed to leave the temporal zone before smaller fish (Myrseth, 1971). Studies of both wild and cultured larval and juvenile lumpfish growth patterns show a rapid increase in growth rate from mid-July to August, before decreasing in August–September (Benfey and Methven, 1986; Ingolfsson and Kristjansson, 2002; Moring, 2001). Cumulative mortality rates were similar for groups deployed at LH and SS (figure 11) whereas, only four groups deployed at the land-based facility were used in the data analysis and thus represented a much smaller sample size compared to the other two facilities. The similarities in cumulative mortality between both sea-based facilities indicate that different stressors were identified as prime causes at each site. For lumpfish deployed at LH, the primary cause of mortality identified as pathogenic generally had the highest percent cumulative mortality compared to the other groups deployed (figure 12A) whilst lumpfish deployed at SS transporting had the highest percent cumulative mortality compared to the other groups deployed (figure 12B). Thus, different stressors were evident dependant on site conditions with lumpfish deployed in commercial cages are more likely to be exposed to more mechanical treatments such as transferring, grading, splitting of cages and mechanical delousing whilst for LH, repeated handling due to intensive sampling regimes may be the trigger for bacterial outbreaks and a high percentage of mortality with no identifiable cause.

8.5 Case studies discussion points

8.5.1 Case study 1: Mortality during transport

The high level of mortality observed upon arrival at the sea cages was as a result of acute stress during transport initially caused by a malfunctioning oxygenation system on the well-boat (figure 18). There were further complications as the incidence went unobserved for some time. Further, when lumpfish were being pumped out into the cages, the transfer hose became detached from the pump and as a result large numbers of lumpfish were being ejected onto the deck of the well-boat. The levels of mortality did decrease during the first week post-transfer however, the lumpfish continued to show signs of stress by swimming erratically around the cage and many showing disinterest in offered feed. There was a proportion of the populations in each cage that appear to have adapted and recovered as observed by the differences in sea lice counts in these cages compared to cages with no lumpfish. Due to the concern that welfare had been compromised and given the initially high levels of mortality, sampling regimes were initiated (histology and PCR), the results indicated that as mortality rates started to increase at day 62, results showed high densities of filamentous bacteria, possibly *Tenacibaculum* species and the presence of *Moritella viscosa* with several individual lumpfish also exhibited symptoms of systemic infection (bacterial sepsis). During this time point, mean health scores were increasing and there were clearly drastic reductions in health in all populations. At this point, it was decided to initiate the removal and euthanise all remaining lumpfish from the cages to prevent further suffering.

The cause of the initial mortality which was caused by human and mechanical error indicated that prolonged acute and chronic stress of lumpfish can result in a higher risk of secondary mortality caused by opportunistic bacteria as observed during this study. The high levels of mortality observed in commercial cages is often associated as bacteria being the primary causal agent and this may not be the case as stress events can lead to deterioration in health and compromised immune status which in turn may lead to secondary mortality due to infectious agents.

8.5.2 Case study 2: Mortality and mechanical delousing

Mortality rates for both treatment groups remained low throughout the study period (figure 22). Weekly percentage mortality rarely exceeded 1% of the total population of each group. There were, however, differences in the number of mortalities recorded between the two treatments with fish fed with pelleted feed having constantly higher cumulative percentage mortality from week 41 onwards. The results suggest that feeding lumpfish with feed blocks may alleviate health issues due to enhanced nutritional intake and better controlled growth compared to fish fed with pelleted feed.

The welfare of cleaner fish in cages is a prime concern and the focus of some of the fish welfare schemes (RSPCA, 2015). Lumpfish can lose condition within six weeks of transfer to sea cages. This can be alleviated by the supply of robust fish and by providing supplementary feed. Cleaner fish should be regularly checked for weight and condition and applying operational welfare indicators (OWIs) on the farm. Treasurer and Feledi, (2014) developed a categorisation scale of fin erosion (FEI) and fin splitting (FSI) for five wrasse species stocked on salmon farms and gave a good working representation of condition of the fins. This was allied to other external indicators such as examination for incidence of cataracts, jaw erosion, external lesions, and scale loss. A similar scale of OWIs was assessed with lumpfish juveniles in the hatchery and for broodstock (Treasurer, 2018).

OWIs developed at Gifas to assess health and condition for lumpfish showed that there was a slight deterioration in condition manifested by increasing health scores for both treatment groups with fish fed with feed blocks having consistently lower average scores indicating better health condition. (figure 23). The deterioration in condition observed in both groups assessed as non-critical and no action was required. The scoring system used in this study was shown to be robust and reliable and gave an accurate indication of the health status of the fish in this study. It is proposed that this assessment criteria be used in all instances when lumpfish are deployed at Gifas.

Chemical treatments have become less common and methods for mechanical delousing are becoming increasingly common in the aquaculture industry. There has been growing concern over the fate of lumpfish exposed to such methods and calls for lumpfish to be isolated prior to such treatments have commenced. It has been proposed that all lumpfish in each cage treated must be removed or isolated prior to treatment. This presents a logistical challenge for users of lumpfish and presently no effective methods for the quick removal of lumpfish has been developed. Some farmers are netting or trapping lumpfish prior to treatment. However, there can be guarantee that all fish are removed/isolated and further, lumpfish may be exposed to

potential repeated handling which can result in accumulated stress which may lead to incidences of mortality due to reduced health status. There were five instances of mechanical delousing during the study period with the first two using the hydrolicer method and the remaining three using the thermolicer method. Prior to delousing occurring, all visible lumpfish were removed from the area where the salmon were gathered prior to pumping. It was not possible to remove all lumpfish due to not all lumpfish being visible and time constraints. It was estimated that between 50 and 65% of lumpfish per cage were isolated prior to treatment thus reducing the number exposed to each delousing. Mortality of lumpfish prior to, during and after delousing was recorded for each cage (Figure 22). The first delousing using hydrolicer resulted in a small increase in recorded mortality one week after treatment for both groups whilst mortality rates were similar after the second treatment. Weekly mortality generally increased after subsequent mechanical delousing's. However, mortality rates although slightly elevated after exposure did not exceed 1% of each cage population. There may have been a slight cumulative effect observed during all delousing with some individuals being subjected to repeated treatment exposure. The results suggest that there are negative effects of lumpfish being exposed to such delousing methods, but the effects may be less than expected. If no suitable methods of removal/isolation of lumpfish are developed, then there should be a threshold percentage of the population that can be isolated prior to treatment set which is achievable under present conditions. The results from this study have shown that if up to 65% of the lumpfish are isolated from the treatment, then negative effects of such treatments are greatly negated. Further, the number of treatments used in this study was unusual and most locations using lumpfish would not have the same frequency of treatments as seen here.

The incidence of cataracts was high for both groups during the study period. Prevalence increased from 30% at the start of the study to 72.5% at the end of the study for fish fed with feed blocks whilst fish fed with pelleted feed increased in prevalence from 42.5% to 85.0% (data not shown). The high incidence of cataracts observed in the feed block group is in direct contrast to a previous study (Imslund & Reynolds. *et al*, 2019) which showed that the development of cataracts was significantly different with fish fed pelleted feed having a cataract prevalence of 87% at the end of the study period whilst fish fed with feed blocks had 10% prevalence. These differences may be attributed to dietary effects as both groups shared the same husbandry and environmental conditions throughout the project period. The fish in this study were feed with the same feed blocks but had a higher cataract prevalence. This study was undertaken in land-based tanks and the fish were not exposed to any additional feed sources (wild or artificial) whilst the fish in this study had access to additional feed sources such as salmon feed. Commercial salmon feed generally has less protein and higher fat content compared to feed blocks which are 100% marine profile with higher and lower inclusion levels of protein and fat respectively compared to salmon feed. In addition, salmon feed contains high inclusion levels of terrestrial ingredients. These factors may explain the differences observed. The results also indicate that the development of cataracts from mild to severe can occur over a relatively short period of time. This is similar to previous studies which have shown both an increase in prevalence and severity of cataracts (Reynolds, 2017; Imslund *et al* 2016).

There was a higher progressive incidence of lumpfish with bilateral cataracts compared to fish with unilateral cataracts which were not evident after day 34 in all groups throughout the study. This may indicate that the development of cataracts may be systemic. Bilateral cataracts have

been shown to have generally systemic causes such as nutrition, in Atlantic salmon (Breck *et al.* 2003.) whilst unilateral cataracts are generally associated with external mechanical stresses on fish, such as different types of handling that can create friction or damage to the eyes (Jonassen *et al.* 2017).

8.5.3 Case study 3: Mortality and grading

Mortality rates for both treatment groups followed similar patterns during the first 16 weeks of the study period (figure 26). There was a spike in mortality at week 46 in both treatment groups. The cause of this is unclear as there were no obvious deviations withing the cages or water quality (data not shown). There were persistent low levels of mortality throughout the study period and there were no weeks without mortality being recorded. There were no obvious signs of pathogen presence as seen in previous studies and no obvious wounds. The cause of mortality may be attributed to the cage environment however, there are no clear persistent differences between cages equipped with CFC systems and cages without even though weekly mortality was higher on four occasions during the study.

All the cages were subject to grading of the salmon at weeks 49 and 50. Grading was undertaken in the usual manner with the use of a well-boat and an attempt was made to count the lumpfish as well as the salmon being transferred to the new cages. After grading (figure 7), percentage cumulative mortality was higher for both groups with the highest rates observed in the lumpfish and CFC group compared to the lumpfish only group. This increased mortality may be attributed to the mechanical effects of grading although no research focus was undertaken during this study to fully elucidate these findings. The opposite was observed for mortality rates in Atlantic salmon with lower cumulative mortality observed after grading (figure 9). The mortality rates for salmon remained low in both groups throughout suggesting that cages equipped with CFC systems did not adversely affect the health of the salmon. In addition, there were no clear negative effects on lumpfish mortality when stocked in cages fitted with CFC systems.

8.5.4 Case study 4: Mortality and genetic effect

Mortality rates observed in lumpfish (Group LH4: small-scale cages) were attributed to *Pasteurella* spp. outbreak confirmed by histopathological examination of formalin fixed tissues and by bacteriological investigation of kidney tissues. There were significant differences in mortality rates between families with three of the families showing higher survival rates compared to the other six. The results may potentially indicate a degree of genetic resistance to this bacterium and further research is required to fully elucidate this potential. Selection for disease resistance is commonly used for aquaculture species (Midtlyng *et al.*, 2002), but lumpfish is a new species for aquaculture so no selection work towards disease resistance has yet been performed, whereas present data are promising in relation to possible selection on a family and/or individual basis. The mortality rate observed in Atlantic salmon throughout the study period was <1% of the total population. There were no indications of increased mortality in Atlantic salmon as a direct result of the bacterial infection observed in the lumpfish populations

8.6 Research areas

The welfare of cleaner fish in cages is a prime concern and the focus of some of the fish welfare schemes. Lumpfish can lose condition shortly after transfer to commercial sea cages. This can be alleviated by the supply of robust fish, and by providing a suitable supplementary feed source more suited to the species being fed. In a recent study using operational welfare indicators (OWIs) developed for this species, a recent study showed that lumpfish fed with feed blocks compared to fish fed with pelleted feed had consistently lower average scores indicating better health condition due to enhanced nutritional intake and better controlled growth (Imsland et al 2020). Further, our knowledge about possible suppressive effects of chronic stress in the lumpfish immune system and overall health is very limited. It is therefore, essential to understand how stress relates to several health impairments, such as high cataract incidence and/or disease outbreaks reported in this species (Alarcón et al., 2016; Jonassen et al., 2017). As such, it's necessary to understand how the stress response develops in this species.

A series of doctoral studies undertaken through Gifas aims to characterize the stress response by performing an acute stress challenge, following several stress biomarkers, and identifying a robust, precise, and practical approach that accurately assesses lumpfish stress status. In addition, linking health impairments to chronic stress and nutritional imbalances will allow the formulation of amino acid supplements optimized to alleviate the stress burden and promote better health. Lastly, this project will assist selective breeding programs such as Cycloselect, which are highly important for the success of this industry, by studying additional traits (e. g., response to stress and innate immune functions) in lumpfish families.

To avoid transmission of disease, it is as a general principle not possible to mix wild and farmed animals, within a farming unit, or even keep wild caught and farmed fish in proximity. Cleaner fish and salmonids may share pathogens (Jonassen et al. 2017) Bacterial infections are the main cause of disease and primary and/or secondary mortality in cleaner fish and the number of recorded bacterial pathogens are expected to increase if the use of cleaner fish continues to grow. Thus, breeding programmes such as Cycloslect are necessary to ensure the risk of pathogen transfer is kept to a minimum.

8.7 Conclusions/summary/recommendations

Results from this study show that causes of mortality varied within and between sites. Commercial farm sites had unique causes compared to small-scale research cages and vice versa. The results indicate that more research is required to clarify best practices when lumpfish can be deployed in commercial salmon cages and further understanding on lumpfish biological requirements and stress physiology is necessary to develop better methods that safeguard lumpfish wellbeing and meet their needs. Continuous health and welfare monitoring are essential to help identify when and what procedures and operations are detrimental, and thus, allow to adapt and improve practices

Preventing diseases is preferable to treatment and fish welfare is not only an ethical priority but decreases disease occurrence. The stress and handling during transfer and stocking, together

with the inevitable disease challenges in the pen environment, make the first few weeks at sea a critical time and acute mortalities often occur.

A wide range of factors influence the welfare of cleaner fish, and production of strong and healthy lumpfish pre-transfer & good husbandry on site generally results in low mortality rates. It is often the sites that put most effort into welfare that have the least disease problems (authors' observation).

In a Nordic Council of Ministers report (Stein *et al* 2021), to fulfil the requirements signaled by the authorities, the following recommendations were listed:

- Show that it is possible to give the different cleaner fish species a good life in the net cages.
- Improve best practice manuals and guidelines for cleaner fish.
- Identify the causal mechanisms for disease and mortality in cleaner fish.
- Develop methodology for improved health and welfare in hatcheries, and strategies to improve their robustness when transferred to sea cages.
- Develop methodologies and system that increase the welfare of cleaner fish in sea cages.
- Develop vaccines for the most prevalent and detrimental diseases
- Obtain documentation of how efficient the different species are, and if the use of cleaner fish contributes significantly to reduce the number of salmon lice.

Some specific improvements to best practice and guidelines include:

- Optimise size of lumpfish at the time of transfer
- Determine optimal time for transfer to the net pens
- Optimise design of shelters and resting areas
- Develop technical solutions to separate salmonids and cleaner fish
- Optimized feed and feeding strategies

To know whether farmers in the future can improve the welfare of the cleaner fish it is essential for the authorities, and the farmers, to have reliable numbers of mortality and survival of cleaner fish in the farms. It is thus urgent to develop systems for more accurate registration of mortality and monitoring welfare of cleaner fish in salmon sea cages. In addition, there is also a need to develop new systems for real time surveillance of mortality, for example based on machine vision and artificial intelligence, can contribute to better documentation of fish health and welfare.

References Appendix I

- Alarcón, M., Gulla, S., Røsæg, M.V., Rønneseth, A., Wergeland, H., Poppe, T.T., Nilsen, H., Colquhoun, D.J. (2016) Pasteurellosis in lumpsucker *Cyclopterus lumpus*, farmed in Norway. *Journal of Fish Diseases*. 39. 489-495 <https://doi.org/10.1111/jfd.12366>
- Beiring, E. (2015). Sluttrapport for FHF-prosjektet Rensefi sk Tapsårsaker og forbyggende tiltak (900818).
- Benfey, T.J., Methven, D.A., 1986. Pilot-scale rearing of larval and juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.), with some notes on early development. *Aquaculture* 56, 301–306.
- Bornø, G., Alarcón, M., Linaker, M., Colquhoun, D., Nilsen, H., Gu, J., Gjerset, B., Haakon, H., Thoen, E., Gulla, S. and Jensen, B (2016) Akutt dødelighet hos rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) I 2015. Veterinærinstituttets rapportserie. Veterinærinstituttet (The Norwegian Veterinary Institute), Oslo. www.vetinst.no
- Ellis, T., Berrill, I., Lines, J., Turnbull, J. F., & Knowles, T. G. (2012). Mortality and fish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(1), 189–199. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9547-3>
- Grefsrud, E. S., Svåsand, T., Glover, K., Husa, V., Hansen, P. K., Samuelsen, O., ... Stien, L. H. (2019). Risikorapport Norsk Fiskeoppdrett 2019 - Miljøeffekter av lakseoppdrett. In *Fisken og havet* (Vol. 5).

- Gutierrez Rabadan, C., C. Spreadbury, S. Consuegra, and C. Garcia de Leaniz. 2021. Development, validation, and testing of an operational welfare score index for farmed lumpfish *Cyclopterus lumpus* L. *Aquaculture* 531, 735777. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735777>
- Guðmundsdóttir S, Vendramin N, Cuenca A, Sigurðardóttir H, Kristmundsson A, Moesgaard Iburg T, Jørgen Olesen N (2019). Outbreak of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) in Iceland caused by VHS virus genotype IV. *Journal of Fish Diseases* 42: 47–62. <https://doi.org/10.1111/jfd.12910>
- Gåsnes. S.K., Oliveira. V.H.S., Gismervik. K., Ahimbisibwe. A., Tørud. B., Jensen. B.B. (2021). Mortality patterns during the freshwater production phase of salmonids in Norway *Journal of Fish Diseases*. 44 (12), 2083-2096.
- Hedeholm, R., Blicher, M.E., Grønkjær, P., 2014. First estimates of age and production of lumpsucker *Cyclopterus lumpus* in Greenland. *Fish. Res.* 149, 1–4.
- Hvas M, Folkedal O, Imsland A, Oppedal F (2018). Metabolic rates, swimming capabilities, thermal niche and stress response of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. *Biology open*, 7(9), bio036079. <https://doi.org/10.1242/bio.036079>
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A. 2014a. The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 425-426, 18-23.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A. 2014b. Notes on behaviour of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon. *Journal of Ethology* 32, 117-122.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A. 2014c. Assessment of growth and sea lice infection levels in Atlantic salmon stocked in small-scale cages with lumpfish. *Aquaculture* 433, 137-142.
- Imsland AK, Reynolds P, Nytrø AA, Eliassen G, Hangstad TA, Jónsdóttir ÓDB, Emaus P-A, Elvegård TA, Lemmens SCA, Rydland R, Jonassen TM (2016a). Effects of lumpfish size on foraging behaviour and co-existence with sea lice infected Atlantic salmon in sea cages. *Aquaculture* 465: 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.015>
- Imsland, A.K., Hanssen, A., Reynolds, P., Nytrø, A.V., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Elvegård, T.A., Urskog, T.C., Mikalsen, B. 2018. It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infections in large scale salmon farming *Biology Open* 7, 7, bio036301. doi:10.1242/bio.036301
- Imsland AKD, Reynolds P, Jonassen TM, Hangstad TA, Noble T, Wilson W, Mackie JA, Elvegård TA, Urskog TC, Mikalsen B (2019a). Comparison of feeding behaviour, growth and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed either feed blocks or pellets commercial feed. *Aquaculture Research* 50: 1952–1963. <https://doi.org/10.1111/are.14083>
- Imsland AKD, Reynolds P, Jonassen TM, Hangstad TA, Elvegård TA, Urskog TC, Hanssen A, Mikalsen B (2019b). Effects of different feeding frequencies on growth, cataract development and histopathology of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture* 501: 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.026>
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Lorentzen, M., Eilertsen, R.A., Micallef, G., Tvenning, R. 2020. Improving survival and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by the use of feed blocks and operational welfare indicators (OWIs) in commercial Atlantic salmon cages. *Aquaculture* 527, 735476. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735476>
- Ingolfsson, A., Kristjansson, B.K., 2002. Diet of juvenile lumpsucker *Cyclopterus lumpus* (*Cyclopteridae*) in floating seaweed: Effects of ontogeny and prey availability. *Copeia* 2002, 472–476.
- Jonassen, T., Hamadi, M., Remø, S.C., Waagbø, R. (2017). An epidemiological study of cataracts in wild and farmed lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) and the relation to nutrition. *Journal of fish diseases*. 1-12.
- Johansen R, Tønnessen Ø, Nylund S (2019) Hvordan få kontroll på helseutfordringer på rensefisk. Foredrag Rensefiskkonferansen 2019.
- Kousoulaki K, Migaud H, Davie A (2018). Cleaner fish species nutrition and feeding practices. In: Treasurer JW (ed.). *Cleaner fish biology and aquaculture applications*. 5M Publications. Sheffield. pp. 179–196
- Martos-Sitcha, J. A., Mancera, J. M., Prunet, P., & Magnoni, L. J. (2020). Editorial: Welfare and Stressors in Fish: Challenges Facing Aquaculture. *Frontiers in Physiology*, Vol. 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00162>
- Mattilsynet. (2020). *Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 Velferd Hos Rensefisk*.
- Midtlyng, P.J., Storset, A., Michel, C., Slierendrecht, W.J., Okamoto, N., 2002. Breeding for disease resistance in fish. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* 22, 166–172
- Moring, J.R., 2001. Intertidal growth of larval and juvenile lumpfish in Maine: a 20-year assessment. *Northeast. Nat.* 8, 347–354.
- Myrseth, B., 1971. Fekunditet, vekst, levevis og ernæring hos *Cyclopterus lumpus* L. University of Bergen, Norway, p. 113 bl.

- Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H., & Turnbull, J. F. (2018). Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: Tools for assessing fish welfare. Retrieved from www.nofima.no/fishwell/English
- Nilsen A, Viljugrein H, Rosag MV, Colquhoun D (2014). Rensefiskhelse - kartlegging av dødelighetsårsaker. Veterinærinstituttets rapportserie 12. In Norwegian
- Noble, C., Iversen, M. H., Lein, I., Kolarevic, J., Johansen, L.-H., Marit Berge, G., Espmark, Å. M. (2019). RENSVEL OWI FACT SHEET SERIES: An introduction to Operational and Laboratory-based Welfare Indicators for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.).
- Rimstad, E., Basic, D., Gulla, S., Hjeltnes, B., & Mortensen, S. (2017). Report from the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM) 2017:32 Risk assessment of fish health associated with the use of cleaner fish in aquaculture Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. Retrieved from www.vkm.n
- Skoge RH, Brattespe J, Økland AL, Plarre H, Nylund A, (2017). New virus of the family Flaviviridae detected in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*). Archives of Virology 163: 679–685. <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3643-3>.
- Sommerset I, Walde C S, Bang Jensen B, Bornø B, Haukaas A og Brun E (red). (2020) Fiskehelse rapporten 2019, Oslo, Veterinærinstituttet
- Stien LH, Størkesen KV, Gåsnes SK (2020). «Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk». Rapport fra Havforskningen, 2020–6. The Institute of Marine Research, Norway
- Størkersen, K., & Amundsen, V. (2019). *Resultat av spørreundersøkelse til matfisklokaliteter med rensefisk Rensefiskens ve og vel i merdene Rapport*. Retrieved from www.samforsk.no
- Stien, L. H., Størkersen, K. V., & Gåsnes, S. K. (2020). *Analyse Av Dødelighetsdata Fra Spørreundersøkelse Om Velferd Hos Rensefisk*. Retrieved from [https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/rensefisk/analyse_av_dodelighetsdata_fra_sporre_undersokelse_om_velferd_hos_rensfisk.37771/binary/Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/rensefisk/analyse_av_dodelighetsdata_fra_sporre_undersokelse_om_velferd_hos_rensfisk.37771/binary/Analyse%20av%20dodelighetsdata%20fra%20sporreundersokelse%20om%20velferd%20hos%20rensefisk)
- Powell, A., J. W. Treasurer, C. L. Pooley, A. J. Keay, R. Lloyd, A. K. Imsland and C. G. de Leaniz (2018b). Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture* 10(3): 683-702. <https://doi.org/10.1111/>
- Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture. (2021) Edited by Mortensen. S. Nordic Council of Ministers, 2021.
- Lenke: <http://dx.doi.org/10.6027/temanord2021-545>
- VKM (2017). Risk assessment of fish health associated with the use of cleaner fish in aquaculture. Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. Oslo, Norway.
(<https://vkm.no/risikovurderinger/allevurderinger/rensefiskogrisikoforoverforingavsmittetiloppdrettslaks.4.d44969415d027c43cf6562a.html>)

Appendix I. Lumpfish Health Scoring System (LHSS):

Individual Scoring Guide

Fin Condition	<i>Erosion / Splitting</i>	No visible damage	Less than 25% of the fin eroded - minor splitting	Between 25 and 50% of erosion	More than 50% erosion	
	<i>Body lesions / Wounds / Inflammation</i>	Intact	Minor injury / light inflammation	Increased localized damage	Open wounds / haemorrhaging	
Skin	<i>Suction disc</i>	Normal	Functional - light deformity	Functional - Obvious malformation	Non functional - Severe deformity	
	<i>Spine</i>					
Malformation	<i>Size</i>	No cataract	0 - 10% of the eye	10 - 40% of the eye	40 - 70% of the eye	Over 70% of the eye
	<i>Opacity</i>		Translucent	Opaque - Whitish crystalline	Totally opaque, loss of translucency	
Cataracts						
Eye damage	<i>Lesions/ Ulcers/ Swelling</i>	No visible damage	0 - 25% of the eye	25 - 50% of the eye	50 - 75% of the eye	Over 75% of the eye
	<i>Nutritional fitness</i>	Optimal predicted weight	15% to 25% below or 25% to 35% above optimal predicted weight	25% to 50% below or 35% above optimal predicted weight	More than 50% below optimal predicted weight	
Fitness						
		0	1	2	3	4

Group Evaluation and Action Guide

Health score	Evaluation	Action
0 - 3	No to minimal health deterioration	No action required
3 - 5	Signs of health deterioration	Measurements to improve health. Potential sampling to determine causes of health deterioration.
+5	Compromised welfare	Consider removal of fish. Approved veterinary should be contacted. Potential additional samples to determine causes of health deterioration.

Appendix II. Background information on lumpfish transferred to Gifas facilities

CODE	No code	Origin	Transfer		Transfer method	Start weight (g)	number of cages	hatchery	Diet		Population (N)	Site	Volume m3	With salmon	Salmon weight	SD	Days at site	water quality			
			month	year					Pre Transfer	post-transfer								Temp	DO		
MH1	MH1	W	AC Lofoten	May	2018	road	151.4	3	?	Biomar	Amber Nep	90	MH	2.5	N	-	68	7.3	92.5		
	MH2	W	AC Lofoten	May	2018	road	153.8	3		Biomar	Amber Nep	90	MH	2.5	N		68	7.3	92.5		
MH2	MH3	W	ASG	Jan	2020	road	32.8	2	Otohome	Skretting	Skretting	110	MH	2.5	N		61	6.5	90.0		
	MH4	W	ASG	Jan	2020	road	32.3	2		Skretting	Biomar	110	MH	2.5	N		61	6.5	90.0		
LH1	LH1	W	AC Lofoten	Jan	2015	road	22.6	2	?	?	Amber Nep.	34	LH	125	Y	538.2	10.0	159	6.4	91.2	
	LH2	W	AC Lofoten	Jan	2015	road	77.4	2	?	?	Amber Nep.	30	LH	125	Y	516.3	10.0	159	6.4	91.2	
	LH3	W	AC Lofoten	Jan	2015	road	113.5	2	?	?	Amber Nep.	30	LH	125	Y	546.0	10.0	159	6.4	91.2	
LH2	LH4	W	Trond	May	2013	road	42.1	2	?	?	Amber Nep.	36	LH	125	Y	298.4	12.5	75	9.7	88.7	
	LH5	W	Trond	May	2013	road	80.1	2	?	?	Amber Nep.	36	LH	125	Y	297.8	12.5	75	9.7	88.7	
	LH6	W	Trond	May	2013	road	144.5	2	?	?	Amber Nep.	36	LH	125	Y	287.6	12.5	75	9.7	88.7	
LH3	LH7	W	Tromso	May	2016	road	122.1	2	?	Amber Nep.	Amber Nep.	60	LH	125	Y	653.7	10.0	62	9.1	93.5	
	LH8	W	Tromso	May	2016	road	113.2	2	?	Amber Nep.	Amber Nep.	60	LH	125	Y	656.0	10.0	62	9.1	93.5	
LH4	LH9	W	Tromso	May	2015	road	186.0	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	123.1	10.0	78	9.1	94.2	
	LH10	W	Tromso	May	2015	road	122.6	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	123.8	10.0	78	9.1	94.2	
	LH11	W	Tromso	May	2015	road	178.7	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	120.1	10.0	78	9.1	94.2	
	LH12	W	Tromso	May	2015	road	152.0	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	121.6	10.0	78	9.1	94.2	
	LH13	W	Tromso	May	2015	road	223.3	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	122.8	10.0	78	9.1	94.2	
	LH14	W	Tromso	May	2015	road	157.8	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	123.4	10.0	78	9.1	94.2	
	LH15	W	Tromso	May	2015	road	149.2	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	123.7	10.0	78	9.1	94.2	
	LH16	W	Tromso	May	2015	road	184.7	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	123.0	10.0	78	9.1	94.2	
LH5	LH17	W	Tromso	May	2015	road	171.0	2	Artemia/Gemma	Gemma	Amber Nep.	43	LH	125	Y	124.5	10.0	78	9.1	94.2	
	LH18	W	Tromso	Sept	2018	road	39.8	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	394.2	10.0	73	8.4	84.9	
LH6	LH19	W	Tromso	Sept	2018	road	49.3	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	387.7	10.0	73	8.4	84.9	
	LH20	W/F	Tromso	Oct	2019	road	55.3	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	642.4	10.0	69	7.9	89.4	
	LH21	W/F	Tromso	Oct	2019	road	39.2	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	624.6	10.0	69	7.9	89.4	
	LH22	W/F	Tromso	Oct	2019	road	56.9	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	627.7	10.0	69	7.9	89.4	
	LH23	W/F	Tromso	Oct	2019	road	69.3	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	611.3	10.0	69	7.9	89.4	
	LH24	W/F	Tromso	Oct	2019	road	56.4	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	618.2	10.0	69	7.9	89.4	
	LH25	W/F	Tromso	Oct	2019	road	44.4	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	614.6	10.0	69	7.9	89.4	
	LH26	W/F	Tromso	Oct	2019	road	67.1	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	615.9	10.0	69	7.9	89.4	
	LH27	W/F	Tromso	Oct	2019	road	55.4	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	626.3	10.0	69	7.9	89.4	
	LH28	W/F	Tromso	Oct	2019	road	56.8	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	618.6	10.0	69	7.9	89.4	
	LH29	W/F	Tromso	Oct	2019	road	46.9	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	614.3	10.0	69	7.9	89.4	
	LH7	LH30	W/F	Tromso	Jul	2020	road	35.4	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	291.3	10.0	77	12.9	89.5
		LH31	W/F	Tromso	Jul	2020	road	40.5	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	309.4	10.0	77	12.9	89.5
LH32		W/F	Tromso	Jul	2020	road	39.7	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	284.4	10.0	77	12.9	89.5	
LH33		W/F	Tromso	Jul	2020	road	47.7	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	278.4	10.0	77	12.9	89.5	
LH34		W/F	Tromso	Jul	2020	road	38.0	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	286.1	10.0	77	12.9	89.5	
LH35		W/F	Tromso	Jul	2020	road	42.8	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	259.6	10.0	77	12.9	89.5	
LH36		W/F	Tromso	Jul	2020	road	48.9	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	271.6	10.0	77	12.9	89.5	
LH37		W/F	Tromso	Jul	2020	road	47.3	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	267.6	10.0	77	12.9	89.5	
LH38		W/F	Tromso	Jul	2020	road	40.3	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	263.6	10.0	77	12.9	89.5	
LH39	W/F	Tromso	Jul	2020	road	39.6	2	Gemma	Gemma	feed blocks	48	LH	125	Y	259.6	10.0	77	12.9	89.5		
SS8	SS1	W	ASG	Feb	2019	WB	70.1	1	?	Skretting	feed blocks	14074	RØSS	140M PC	Y	533.4	8.0	10	4.9	93.2	
	SS2	W	ASG	Feb	2019	WB	69.5	1	?	Skretting	Skretting	13977	RØSS	140M PC	Y	499.5	8.0	10	4.9	93.2	
	SS3	W	ASG	Feb	2019	WB	72.8	1	?	Skretting	feed blocks	13985	RØSS	140M PC	Y	556.2	8.0	10	4.9	93.2	
	SS4	W	ASG	Feb	2019	WB	73.4	1	?	Skretting	Skretting	11842	RØSS	140M PC	Y	453.8	8.0	10	4.9	93.2	
	SS5	W	ASG	Sep	2018	WB	52.2	1	Gemma	Skretting	feed blocks	3800	LEIRV	90M PC	Y	1966.7	8.0	181	9.1	93.7	
SS9	SS6	W	ASG	Sep	2018	WB	55.8	1	Gemma	Skretting	feed blocks	3800	LEIRV	90M PC	Y	1941.2	8.0	181	9.1	93.7	
	SS7	W	ASG	Sep	2018	WB	56.1	1	Gemma	Skretting	feed blocks	3800	LEIRV	90M PC	Y	1726.5	8.0	181	9.1	93.7	
	SS8	W	ASG	Sep	2018	WB	49.5	1	Gemma	Skretting	feed blocks	3800	LEIRV	90M PC	Y	1873.5	8.0	181	9.1	93.7	
	SS9	W	ASG	Sep	2018	WB	52.6	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1487.5	8.0	181	9.1	93.7	
	SS10	W	ASG	Sep	2018	WB	49.9	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1938.4	8.0	181	9.1	93.7	
	SS11	W	ASG	Sep	2018	WB	58.5	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1445.9	8.0	181	9.1	93.7	
	SS12	W	ASG	Sep	2018	WB	53.5	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1771.0	8.0	181	9.1	93.7	
	SS13	W	ASG	Sep	2018	WB	51.4	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1706.4	8.0	181	9.1	93.7	
	SS14	W	ASG	Sep	2018	WB	52.2	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1660.7	8.0	181	9.1	93.7	
	SS15	W	ASG	Sep	2018	WB	54.7	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1542.4	8.0	181	9.1	93.7	
	SS16	W	ASG	Sep	2018	WB	60.1	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1665.5	8.0	181	9.1	93.7	
	SS17	W	ASG	Sep	2018	WB	49.5	1	Gemma	Skretting	Skretting	3800	LEIRV	90M PC	Y	1437.3	8.0	181	9.1	93.7	
SS10	SS18	W	ASG	Aug	2019	WB	52.5	1	Gemma	Skretting	feed blocks	7965	HALST	140M PC	Y	808.3	8.0	272	7.4	92.8	
	SS19	W	ASG	Aug	2019	WB	50.1	1	Gemma	Skretting	feed blocks	10775	HALST	140M PC	Y	755.5	8.0	272	7.4	92.8	
	SS20	W	ASG	Aug	2019	WB	56.8	1	Gemma	Skretting	feed blocks	7876	HALST	140M PC	Y	268.7	8.0	272	7.4	92.8	
	SS21	W	ASG	Aug	2019	WB	52.7	1	Gemma	Skretting	Skretting	7766	HALST	140M PC	Y	564.9	8.0	272	7.4	92.8	
	SS22	W	ASG	Aug	2019	WB	53.6	1	Gemma	Skretting	Skretting	7823	HALST	140M PC	Y	696.9	8.0	272	7.4	92.8	
	SS23	W	ASG	Aug	2019	WB	55.7	1	Gemma	Skretting	Skretting	13081	HALST	140M PC	Y	168.1	8.0	272	7.4	92.8	

recorded at each facility

Causes of mortality															
Bacterial	Agent ID	Viral	Agent ID	Parasitic	< welfare	Cataract	lice skirts	mechanical delousing	handling/grading	transfer	Pred.	Temp	Other	Dietary	unknown/dead in cage
72	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	4	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	Pasteurella	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	6	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	6	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	12	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
294	Past/Tena/Mor.	—	—	—	254	—	—	—	—	5147	155	—	245	—	—
1760	Past/Tena/Mor.	—	—	—	321	—	—	—	—	1999	98	—	345	—	—
397	Past/Tena/Mor.	—	—	—	298	—	—	—	—	2521	26	—	401	—	—
517	Past/Tena/Mor.	—	—	—	298	—	—	—	—	4240	54	—	150	—	—
—	—	—	—	—	12	—	—	151	—	—	15	—	—	—	11
—	—	—	—	—	13	—	—	164	—	—	10	—	—	—	1
—	—	—	—	—	32	—	—	184	18	—	28	—	—	—	9
—	—	—	—	—	25	—	—	207	18	—	8	—	—	—	22
—	—	—	—	—	16	—	—	223	10	—	9	—	—	—	35
—	—	—	—	—	—	—	—	153	—	—	14	—	—	—	29
—	—	—	—	—	4	—	—	284	24	—	25	—	—	—	48
—	—	—	—	—	—	—	—	356	—	—	3	—	—	—	—
—	—	—	—	—	15	—	—	100	4	—	4	—	—	—	34
—	—	—	—	—	—	—	—	148	3	—	5	—	—	—	29
—	—	—	—	—	25	—	—	176	—	—	16	—	—	—	55
—	—	—	—	—	—	—	—	252	—	—	35	—	—	—	16
—	—	—	—	—	15	—	—	111	—	—	2	—	—	—	13
—	—	—	—	—	115	—	—	—	486	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	365	—	—	—	564	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	450	—	—	—	639	—	37	—	—	—	—
—	—	—	—	—	265	—	—	—	468	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	222	—	—	—	701	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	285	—	—	—	470	—	—	—	—	—	—