EFFEKTIV

Effekt og velferd ved bruk av rensefisk

Sluttrapport: Anbefalinger om beste praksis for bruk av rensefisk og skjørt som forbyggende tiltak mot lus, og prioritering av videre FoU-behov (AP5)

Lauris Boissonnot[1], Camilla Karlsen[1], Reidun Bjelland[2], Sondre Veberg Larsen[3], Bård Harald Worum[3], Ola Kvaal Brandshaug[3], Anne Berit Skiftesvik[2]

[1] *Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger*
[2] *Havforskningsinstituttet, 5005 Bergen*
[3] *Akvaplan-niva AS, 9296 Tromsø*

Forslag til sitering: Boissonnot L., Karlsen C., Bjelland R., Larsen S. V., Worum B. H., Brandshaug O. K., Skiftesvik A. B. (2022) EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Anbefalinger om beste praksis for bruk av rensefisk og skjørt som forbyggende tiltak mot lus, og prioritering av videre FoU-behov (AP5). FHF-901652, 29 pp.

Aqua Kompetanse AS
Org. nr. 982 226 163
Havbruksparken
Storlavika 7 - 7770 Flatanger
www.aqua-kompetanse.no

Tittel
EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Anbefalinger om beste praksis for bruk av rensefisk og skjørt som forbyggende tiltak mot lus, og prioritering av videre FoU-behov (AP5). FHF-901652

Forfattere
Lauris Boissonnot[1], Camilla Karlsen[1], Reidun Bjelland[2], Sondre Veberg Larsen[3], Bård Harald Worum[3], Ola Kvaal Brandshaug[3], Anne Berit Skiftesvik[2]

[1] *Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger*
[2] *Havforskningsinstituttet, 5005 Bergen*
[3] *Akvaplan-niva AS, 9296 Tromsø*

Prosjektleder
Albert K.D. Imsland (Akvaplan-niva AS)

Kontaktperson Aqua Kompetanse AS
Lauris Boissonnot, lauris@aqua-kompetanse.no

Dato
29.03.2022

Rapportnummer Aqua Kompetanse AS
P651.D5.032022

Innhold

1 Introduksjon **4**

2 Materiale og metoder **5**

3 Kunnskapsstatus og videre FoU behov **6**
3.1 Rognkjeks 6
3.1.1 Kunnskapsstatus 6
3.1.2 Videre FoU-behov 9
3.2 Leppefisk 11
3.2.1 Kunnskapsstatus 11
3.2.2 Videre FoU-behov 15
3.3 Luseskjørt 17
3.3.1 Kunnskapsstatus 17
3.3.2 Videre FoU-behov 20
3.4 Kombinasjon av luseskjørt og rensefisk 21
3.4.1 Kunnskapsstatus 21
3.4.2 Videre FoU-behov 22

4 Konkluderende kommentarer **23**

1 Introduksjon

Ikke-medikamentelle og forebyggende metoder, som bruk av rensefisk og luseskjørt benyttes i dag som strategier mot lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) og mer nylig skottelus (*Caligus elongatus*) i oppdrett av atlantisk laks i Norge (Bui mfl., 2020; Grøntvedt mfl., 2018; Imsland mfl., 2018b; Skiftesvik mfl., 2013). Det finnes ingen systematisk protokoll for bruk av rensefisk og luseskjørt, noe som gjør at det er store variasjoner i strategi, teknologi, drift og oppfølging. I tillegg påvirker miljøbetingelser på de enkelte lokaliteter praktisk bruk og effekt av metodene. Effekten av disse metodene på lusesmitte og fiskevelferd er derfor vanskelig å evaluere, og det er behov for flere studier for å kunne øke kunnskapen om bruk av disse metodene.

Bekjempelse av lakselus ved bruk av rensefisk som rognkjeks og leppefisk (berggylt, bergnebb, grønngylt og gressgylt) er svært vanlig i norske lakseoppdrett. I 2020 ble det satt ut 50 millioner rensefisk i Norge: 34 millioner rognkjeks, 3 millioner berggylt, 7 millioner bergnebb, 6 millioner grønngylt og 170 000 gressgylt (Fiskeridirektoratet, 2021). Effekten av rensefisk mot lus er ikke tilstrekkelig evaluert. Enkelte studier viser stor effekt av rensefisk mot lus (Imsland mfl., 2018a; Skiftesvik mfl., 2016; Skiftesvik mfl., 2013), mens andre viser lite og varierende effekt av rognkjeks og leppefisk (Aldrin og Huseby, 2019; Barrett mfl., 2020). Det har vært en økende bekymring og kritikk rundt velferd og overlevelse hos rensefisk de siste årene (Brooker mfl., 2018; Treasurer og Feledi, 2014). En utfordrende helsesituasjon sammen med manglende kontroll på dødelighet utgjør en betydelig velferdsutfordring. Hvilke faktorer som påvirker rensefiskens velferd mest negativt er fortsatt uklart, men sykdommer (Brooker mfl., 2018; Sommerset mfl., 2021), suboptimale miljøbetingelser (Hvas mfl., 2018; Jørgensen mfl., 2017) og produksjonsbetingelser (håndteringsoperasjoner, fôring osv.) er mest sannsynlig noen av av disse.

Luseskjørt er en metode som ofte er brukt mot lakselus. Luseskjørtenes effekt, med hensyn til fiskevelferd, beskrives ofte som kompletterende sammen med andre tiltak (Bui mfl., 2020). Men, det er utfordrende å konkludere om bruken av luseskjørt er effektiv, da det finnes store forskjeller i opplevd effekt, fiskevelferd, samt strategi for bruk og konstruksjon (Grøntvedt mfl., 2018; Jevne mfl., 2021; Jevne og Reitan, 2019; Stien mfl., 2018).

Flere oppdrettere bruker en kombinasjon av luseskjørt og rensefisk til å redusere luseinfestasjoner (Bui mfl., 2020; Imsland mfl., 2018a; 2014). Det er imidlertid uklart om bruk av disse forebyggende metoder kombinert er fordelaktig eller om de motvirker hverandre i bekjempelsen mot lus. I tillegg er det ikke kjent om velferden til rensefisken blir påvirket av bruk av luseskjørt.

Denne rapporter presenterer en sammenstilling av resultater fra både vitenskapelig litteratur, analyser i EFFEKTIV prosjektet og erfaringskartlegging med hensyn til effekt, fiskevelferd samt potensielle suksesskriterier og mulige forbedringstiltak. Målet med rapporten var å identifisere:

- «State-of-the-art» kunnskap om optimalisert bruk av rensefisk og luseskjørt
- Kunnskapshull og gjenværende usikkerhet

Kunnskapen ble oppsummert i form av anbefalinger om beste praksis for bruk av rensefisk og luseskjørt og prioriteter til videre forskning og utvikling (FoU).

2 Materiale og metoder

Datagrunnlaget inkluderte hovedkonklusjoner om luseskjørt og rensefisk sin effekt på lus og fiskevelferd fra vitenskapelig litteratur og andre arbeidspakker i EFFEKTIV prosjektet. I tillegg ble innspill angående behov for videre forskning og utvikling samlet inn fra næringsaktører ved flere møter.
Informasjonen ble delt i 4 kategorier:

1. Bruk av rognkjeks
2. Bruk av leppefisk
3. Bruk av luseskjørt
4. Kombinert bruk av rensefisk og luseskjørt

Ulike visualiseringer ble benyttet for en enkel oppsummering av kunnskapsstatusen, og er ment som et bidrag for å komme et steg videre med tanke på effektiv bruk av rensefisk og luseskjørt i norske oppdrettsmerder. For å illustrere effekten av beste praksis og videre FoU-behov ble Sankey-diagram benyttet. NetworkD3-pakken ble benyttet til å bygge Sankey-diagrammene (Allaire mfl., 2017), i R (R Core Team, 2021). Entiteter (noder) ble representert med rektangler og tekst, og buer ble brukt til å vise interaksjonen mellom nodene. Antall studier/næringsaktører som nevnte interaksjonen ble brukt for å sette buebredden. De viktigste momentene ved bruk av rensefisk og luseskjørt, basert på forfatternes vurderinger, ble illustrert ved hjelp av årshjul.

3 Kunnskapsstatus og videre FoU behov

3.1 Rognkjeks

3.1.1 Kunnskapsstatus

→ Det er godt dokumentert at rognkjeks kan være effektiv til forebygging mot lakselus i merd (Eliasen mfl., 2018; Imsland mfl., 2019a; 2018a; Imsland og Reynolds, 2022; Imsland mfl., 2016b).

→ Det finnes veldig store forskjeller i lusebeite-effektivitet ved ulike lokaliteter og tidspunkter (Boissonnot mfl., 2022b; Eliasen mfl., 2018), og dette tilsier at det er potensiale for forbedring.

→ Velferden hos rognkjeks reduseres jo lengre den står i sjø, og en betydelig andel rognkjeks har tydelig eller alvorlig redusert velferdsstatus etter 6-7 måneder i sjø (Boissonnot mfl., 2022a).

→ Den negative velferdsutviklingen er mest sannsynlig grunnet en kombinasjon av ulike faktorer, og mekanisk avlusing ser ut å være en betydelig negativ faktor (Austad, 2021; Boissonnot mfl., 2022a; Sommerset mfl., 2021).

Beste praksis og tilhørende interaksjoner mot målene om bedre velferd og økt lusebeite-effekt er oppsummert i Fig. 1 og beskrevet mer detaljert under.

→ Det anbefales å sette ut rognkjeks i merd på høsten (Boissonnot mfl., 2022a; Grøntvedt og Brandshaug, 2021) og å kombinere dette med en redusert periode i sjø (t.o.m 6-7 måneder), (Boissonnot mfl., 2022a). Denne kombinasjonen vil medføre at rognkjeksen ikke er i merd under avlusingssesongen og i de perioden sjøtemperaturen er høyest. Både avlusing (Austad, 2021; Boissonnot mfl., 2022a; Sommerset mfl., 2021) og høye temperaturer (T $>$ 16 °C, Hvas mfl., 2018) har en svært negativ effekt på rognkjeksens velferdsstatus, og disse tiltakene vil dermed forbedre statusen i merd.

→ Å redusere periode i sjø bør kombineres med utsett av små individer ($<$ 40 g). Dette vil bidra til å ha en stor andel av små individer i populasjonen ($<$ 300 g). Siden små rognkjeks har høyest luseappetitt vil dette mest sannsynlig øke lusebeite-effektiviteten (Boissonnot mfl., 2022a; b; Eliasen mfl., 2018; Imsland mfl., 2021; 2016b).

→ Rognkjeks bør i settefiskfasen tilvennes laksemodeller (Staven mfl., 2021a; 2019) og levende fôrtyper (Imsland mfl., 2019a) for å øke effektiviteten i den første fasen etter utsett i sjø. I tillegg reduserer tilvenning til laks stress ved utsett, noe som bidrar til å bedre rognkjeksens velferd (Staven mfl., 2021b).

→ Eksponerte lokaliteter kan ha strømregimer som er for sterke for rognkjeksen som har begrenset svømmeevne (Hvas mfl., 2018; Jónsdóttir mfl., 2019). Det er derfor svært sannsynlig at bruk av rognkjeks bør begrenses til mindre eksponerte lokaliteter. Flere oppdrettere med særlig eksponerte lokaliteter har etter flere utsett med dårlig velferd og lite effekt av tiltak besluttet å ikke bruke rognkjeks (Boissonnot mfl., 2022a).

→ Det bør implementeres gode rutineoppfølginger av rognkjeksens velferd. Disse bør gjennomføres av opplært personell for å kunne identifisere redusert velferd og mulige sykdomsutbrudd tidlig, og dermed iverksette forebyggende tiltak Boissonnot mfl., 2022a; Garcia

de Leaniz mfl., 2021; Grøntvedt og Brandshaug, 2021; Gutierrez Rabadan mfl., 2021; Imsland mfl., 2021. Slik kan man også identifisere hvilke prosedyrer og operasjoner som påvirker rognkjeksens helse og velferd for å videre kunne tilpasse og optimalisere disse. Evner til rutineoppfølging vil oppnås ved å sette riktige og tilstrekkelige ressurser til bruk av rognkjeks (Boissonnot mfl., 2022a; Garcia de Leaniz mfl., 2021).

Figur 1: Oppsummering av beste praksis ved bruk av rognkjeks i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antallet studier/næringspartnere som har nevnt temaet.

Den foreløpige beste praksisen for bruk av rognkjeks er presentert i et årshjul som viser sesongmessige utfordringer i en typisk produksjon og hvilke valg som oppdretteren kan ta (Fig. 2).

Figur 2: Eksempel på et årshjul som forholder seg til foreløpig beste praksis for bruk av rognkjeks i merd. Den kritiske perioden er markert i mørkerosa, lusenivå er illustrert innerst i sirkelen og den grønne halvmånen visualiserer rognkjeksens forventede vektøkning. Merdvisualiseringene skal illustrere perioder med og uten rognkjeks, samt typiske sjøtemperaturer i merden, der blå farge viser til lave temperaturer og rød til høye temperaturer.

3.1.2 Videre FoU-behov

Videre forskning- og utviklingsbehov og tilhørende interaksjoner mot målene for bedre velferd og økt lusebeite-effekt er oppsummert i Fig. 3 og beskrevet mer detaljert under.

→ Det er behov for å forstå hvilke lokaliteter som er aktuelle for utsett av rognkjeks med tanke på strømeksponering. Det vil være viktig å estimere hvilke strømhastigheter som gjør en lokalitet uegnet og for eksponert for utsett av rognkjeks. Det er i tillegg ukjent hvilken effekt bølger har på rognkjeksens velferd. Siden rognkjeks ofte befinner seg i de første meterene under havoverflaten kan denne være betydelig, og bør undersøkes nærmere.

→ Selv om det er godt etablert at rognkjeksen må fôres, er det uklart hvorvidt fôringsstrategiene i merd er tilstrekkelige for å sikre god velferdsstatus (Boissonnot mfl., 2022a; Imsland mfl., 2019b). De fleste næringsaktørene nevner at det må prioriteres å skaffe mer kunnskap om fôring. Flere forskningsprosjekter ser på påvirkning av ulike fôringsstrategier, blant annet FHF-prosjektene STRATEGI (901693) og OPTIfôr (901694). Disse ser blant annet på hvordan ulike fôringsstrategier påvirker ernæringsstatusen hos rognkjeks. Det blir også undersøkt om fôrblokker kan være et bedre alternativ enn tradisjonell fôring med pellets ved å bremse vekst samt sikre bedre helse (Imsland mfl., 2021; 2020).

→ Det er fortsatt uklart om oppblomstringen av dyreplankton på våren er problematisk med hensyn til rognkjeksens lusebeite-effekt siden ulike studier finner motsatte effekter. Eliasen mfl. (2018) fant at dyreplankton hadde negativ effekt på luseappetitt, mens (Boissonnot mfl., 2022a) fant at luseappetitten til rognkjeksen ikke var redusert når den spiste dyreplankton. Det er også behov for å undersøke i hvilken grad dyreplankton har en effekt på ernæringsstatusen.

→ Det er behov for tiltak i settefiskfasen som kan bidra til at mer robust rognkjeks blir satt ut i merd (Boissonnot mfl., 2022a; Gutierrez Rabadan mfl., 2021).

  ↪ For å kunne sette ut individer uten finneerosjoner er det viktig å finne tiltak som begrenser aggresjon i settefiskfasen (Boissonnot mfl., 2022a; Gutierrez Rabadan mfl., 2021). Det er også behov for å sortere ut rognkjeks med deformert sugekopp før utsett i merd (Fjelldal mfl., 2021; Gutierrez Rabadan mfl., 2021).

  ↪ Selv om det finnes vaksiner til de vanligste agensene er det fortsatt behov for nye og forbedrede vaksiner og vaksineregimer (Sommerset mfl., 2021).

  ↪ Avlsarbeidet som foregår hos bl.a. Namdal Rensefisk i samarbeid med AquaGen søker også etter å produsere en mer robust og sykdomsbestandig rognkjeks (AquaGen, 2019). Dette arbeidet er svært viktig og må videreutvikles.

→ Næringsaktører fra settefisk- og sjøfasen må samarbeide videre for å sikre en mer skånsom overgang fra settefisk til sjø (jevne temperaturer, bedre transportbetingelser osv.).

→ De fleste næringsaktørene nevner at en av de største utfordringer når det gjelder bruk av rognkjeks er at det ikke finnes gode metoder for å fiske ut rognkjeks ved håndtering eller destruering (Boissonnot mfl., 2022a). Flere gjenfangst metoder er i bruk (Grøntvedt og Brandshaug, 2021) men de er både tidskrevende, ikke velferdsmessige for rognkjeksen og tillater ikke å fiske alle individer. Utvikling av bedre metoder må prioriteres, både for etiske og effektivitetsmessige grunner.

→ Per i dag brukes det en høy dose metakain og benzokain til avliving. Doseringsregimer som opprettholder avliving varierer både mellom midler og fiskearter, samt at det påvirkes av biologiske faktorer som kroppsvekt, alder og kjønn. Det er derfor viktig å utvikle egne protokoller for rognkjeks i tillegg til laks.

→ Innblandingen av rognkjeks varierer fra 4 % til 12-15 %, men det er forstatt uklar hvorvidt innblandingsprosenten påvirker lusebeite-effektivitet (Imsland mfl., 2018a, M. Aldrin, pers. komm.). Dette må undersøkes videre for at man kan sette ut riktig antall rognkjeks i merdene.

→ Rognkjeks settes ut med både smolt (1. år) og stor laks (2. år), og det finnes fordeler og ulemper med begge strategiene. Små laks er ofte behandlet med Slice, noe som har en ukjent effekt på rognkjeksens velferd (Grøntvedt og Brandshaug, 2021). I tillegg er smolt fôret med små laksepellets, som på grunn av størrelsen også er lett tilgjengelige for nyutsatt rognkjeks. Dette er en utfordring siden rognkjeks som spiser laksepellet ofte viser dårlig luseappetitt (Austad mfl., 2021; Eliasen mfl., 2018; Grøntvedt og Brandshaug, 2021). I motsetning er det også ukjent hvordan en nylig utsatt rognkjeks på 40 g opplever å være satt sammen med en stor laks på 5 kg. Videre studier bør derfor teste ut disse to strategiene i parallelle merder.

→ Flere studier viser at det kan være en vertikal mismatch mellom laks og rognkjeks, da laksen svømmer mest på 10-15 m mens rognkjeks oftest befinner seg rett under overflaten (Geitung mfl., 2020, Ulvund unpubl.). Ved å utvikle metoder for å synkronisere dybden til begge arter kan antallet interaksjoner økes og dermed også lusebeite-effektiviteten.

→ Det er dokumentert at ulike rognkjeksfamilier har ulik lusebeite-effektivitet (Imsland mfl., 2016a; 2021). Det er derfor behov for å fortsette identifiseringen av de mest effektive familiene for å inkludere de i avlsprogrammene.

Figur 3: Oppsummering av videre forskning- og utviklingsbehov ved bruk av rognkjeks i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antall studier/næringspartnere som har nevnt interaksjonen.

3.2 Leppefisk

3.2.1 Kunnskapsstatus

Generelt har det vært mindre forskning på leppefisk, vill og oppdrettet, sammenlignet med rognkjeks. Mye av leppefiskforskningen har vært støttet av FHF og finnes i form av rapporter (f.eks. Jansen mfl., 2022).

→ Oppdrettet berggylt er like effektive lusespisere som villfanget berggylt (Skiftesvik mfl., 2013).

→ Alle leppefiskartene spiser lus (Skiftesvik mfl., 2016; 2018). Selv om parasitter ikke nødvendigvis er så viktig føde for leppefisk i naturen, er det gjort observasjoner av leppefisk som spiser parasitter av annen fisk (f.eks. Morado mfl., 2019).

→ Leppefiskene har kortere aktivitetsperiode enn dagslysperioden (Skiftesvik mfl., 2018).

→ Det er noe forskjeller i fargesynet til de ulike leppefiskartene, men ingen av de ser rødt (Loew mfl., 2016). Berggyltens fargesyn endrer seg gjennom livstadiene (Loew mfl., 2012).

→ Leppefiskene endrer atferd gitt ulike lyskvaliteter (farger), (Skiftesvik mfl., 2017).

→ De ulike leppefiskartene har forskjellig kondisjonsutvikling og overlevelse ved synkende temperaturer (Skiftesvik mfl., 2017).

→ Leppefiskene tolererer H_2O_2 behandling og også opphold i tilnærmet ferskvann i 2 timer dersom saltinnholdet i vannet blir gradvis redusert (Skiftesvik mfl., 2018).

Beste praksis og tilhørende interaksjoner mot målene om bedre velferd og økt lusebeite-effekt er oppsummert i Fig. 4 og beskrevet mer detaljert under.

→ Grundig planlegging er helt avgjørende for å lykkes med leppefisk som lusespiser. Blant annet bør hvilke arter som skal brukes, not type (maskestørrelser), skjul, fôr og fôringsstrategier vurderes. I tillegg bør det settes av nok tid og ressurser til leppefiskoppfølging og det bør lages en plan for leppefisken ved eventuell håndtering av laksen.

→ Leppefisk bør settes ut når temperaturen ikke er for lav, og utsett rett før vinteren bør unngås. Leppefisken trenger ro om vinteren og bør ikke forstyrres i denne tiden. For å unngå predasjon på leppefisken burde den ikke settes ut før laksen er fôret. Leppefisken trenger litt tid til å venne seg til nye omgivelser, og utsett i skjulet eller andre innretninger beregnet på dette er bra (Woll mfl., 2013).

→ Risikoen for høyt smittepress av lakselus bør vurderes før utsett. Det er ikke anbefalt å sette ut leppefisk der man forventer høyt smittepress av lakselus og stor risiko for gjentagende avlusinger. Årsaken til dette er risikoen for nedsatt velferd hos rensefisk gjennom lusebehandling (Grøntvedt og Brandshaug, 2021).

→ Leppefisk bør ikke settes ut på lokaliteter som ikke har kompetanse om de ulike leppefiskartene. Kompetent personell vil tidligere oppdage problemer og varsle ifra til fiskehelsepersonell. Dette vil føre til at riktige tiltak kan iverksettes raskere (Grøntvedt og Brandshaug, 2021).

→ Utilstrekkelig fôring (manglende fôr eller utilpasset fôr) reduserer leppefiskens kondisjon raskt, da lus og groe ikke er tilstrekkelig føde for fisken (Geitung mfl., 2020; Gentry mfl., 2021; Skiftesvik mfl., 2017; Skiftesvik mfl., 2013). Det er derfor anbefalt å fôre tilstrekkelig.

→ Et viktig tiltak for bedre velferd og lavere dødelighet hos leppefisk er å unngå avlusing med tilhørende håndtering av laks og rensefisk (Grøntvedt og Brandshaug, 2021).

→ Det er viktig at skjul plasseres der leppefisken foretrekker, og dette kan variere ut fra sesong og hvilke arter som brukes. Det er også viktig å ha nok skjul (Grøntvedt og Brandshaug, 2021). For at leppefisk skal være effektiv er det viktig med gode rutiner for renhold av not og skjul. Ved overvintring senkes skjulene lengre ned i merden.

→ De ulike leppefiskartene har forskjellig dybdefordeling i merdene (Skiftesvik mfl., 2018), noe de også har i naturen (Halvorsen mfl., 2020). Bergnebb endrer dybdefordeling i merden og går litt dypere når de går i kombinasjon med grønngylt (Skiftesvik mfl., 2018). Utfôring og plasseringen av skjul bør tilpasses for å endre dybdepreferansene slik at overlappen mellom laks og leppefisk blir best mulig.

→ Oppdrettet berggylt kan i slutten av settefiskfasen tilvennes fôret de skal få i merd og vanlige døgnrytmer, dersom de har gått på kontinuerlig lys (Helland mfl., 2014), for at overgangen til sjø skal bli litt lettere.

→ Art og størrelse på leppefisken som skal settes ut bør bestemmes ut fra hvor den skal brukes og størrelsen på laksen den skal gå sammen med. Liten leppefisk brukes på liten laks, og her kan alle artene brukes. På større laks bør bare store leppefisk brukes, og da oftest større berggylt og grønngylt.

→ Det er svært viktig å ikke ha for stor maskestørrelse når det står leppefisk i merden, og spesielt ikke når leppefisken er liten. For de to mest vanlige maskestørrelsene som brukes av oppdrettsnæringen i Norge, dvs. 30 og 50 mm, vil minimumstørrelse for leppefisk være ca. 13 cm (30 g) og ca. 21 cm (ca. 120 g) for å unngå rømming (Sistiaga mfl., 2021). Det anbefales å ha gode rutiner for å oppdage maskebrudd i nota. Et maskebrudd fører til at små leppefisk rømmer, og den som rømmer lettest er bergnebb (Woll mfl., 2013).

Figur 4: Oppsummering av beste praksis ved bruk av leppefisk i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antallet studier/næringspartnere som har nevnt temaet.

Den foreløpige beste praksisen for bruk av leppefisk er presentert i et årshjul som viser sesongmessige utfordringer i en typisk produksjon og hvilke valg som oppdretteren kan ta (Fig. 5).

Figur 5: Eksempel på et årshjul som forholder seg til foreløpig beste praksis for bruk av leppefisk i merd. Den kritiske perioden er markert i mørkerosa og lusenivå er illustrert innerst i sirkelen. Merdvisualiseringene skal illustrere perioder med leppefisk i lakse-/overvintringmerder, samt typiske sjøtemperaturer i merden, der blå farge viser til lave temperaturer og rød til høye temperaturer.

3.2.2 Videre FoU-behov

Det finnes et generelt behov for mer forskning på leppefisk, vill og oppdrettet. Det forskes en del på oppdrett av berggylt, og denne forskningen må prioriteres. Oppdrettet berggylt kan være tilgjengelig tidligere på sommeren enn villfanget leppefisk og det kan være avgjørende for å unngå en avlusing om sommeren. Økt bruk av oppdrettet berggylt vil også være fordelaktig da det vil redusere behovet for vill fisk. Videre forskning- og utviklingsbehov og tilhørende interaksjoner mot målene for bedre velferd og økt lusebeite-effekt er oppsummert i Fig. 6 og beskrevet mer detaljert under.

→ Det bør utvikles gode metoder for vinterlagring/oppbevaring av leppefisk mellom sesongene.

→ Det bør kartlegges når på høsten/tidlig vinteren (ved hvilken temperatur) leppefisken bør få gå over i en hvileperiode.

→ Det er behov for å kartlegge om gjenbrukt leppefisk fungerer bedre, har lavere dødelighet og bedre velferd enn nyinnsatt leppefisk.

→ Leppefisk som har klart seg gjennom en produksjon er absolutt verdt å ta vare på. Dette er fisk som håndterer et liv i laksemerden, og som etter endt produksjon kan gjøre nytte for seg i nye laksemerden. Det bør derfor testes ut hvordan dette kan gjøres på en best mulig måte, med en sikker karantene før utsett i ny merd. Dette vil også være fordelaktig da det vil redusere behovet for ny fisk.

→ Det er fremdeles et stykke igjen før en har en optimal fôringsstrategi for de ulike leppefiskartene. Det bør derfor forskes mer på fôr og fôringsstrategier. Dette innebærer undersøkelse av fôrkvalitet ut fra leppefiskenes behov, optimal fôringsfrekvens og dybde, også med hensyn til årstid og tid på dagen.

→ I naturen finner man ofte de største leppefiskene på mer værutsatte steder en mindre fisk, og dette gjelder spesielt for berggylt og bergnebb (Halvorsen mfl., 2020). Imidlertid finnes det ingen estimat på hvilke strømhastighetsgrenser som gjør en lokalitet uegnet og for eksponert for utsett av leppefisk. Det er viktig å undersøke hva som er akseptable strømhastigheter for de ulike artene, også med hensyn på størrelsen til leppefisken.

→ Man bør få mer kunnskap om hvordan skjul skal plasseres med hensyn på lokalitet og leppefiskarter. Bedre skjulplassering kan potensielt forbedre leppefiskens velferd med at rett plassert skjul forbedrer miljøet for leppefisken.

→ For oppdrettet berggylt kan avl trolig være veien å gå for å forbedre tilpasningen til et merdmiljø, og muligens også å effektivisere lusespising. Avlsarbeidet er ikke utviklet ennå, og det er behov for å legge grunnlaget for fremtidig genetisk seleksjon for berggylt.

→ Gjenfangst av leppefisk i forbindelse med håndtering av laks er fremdeles et problem, og man bør også teste ut alternativer til gjenfangst for å se om det kan gi bedre resultat for leppefiskens velferd og overlevelse. Leppefisken tåler lite håndtering ved lave temperaturer og bør ikke forstyres i vintermånedene. Spesielt for denne perioden bør alternativ til utfisking utvikles.

→ Det bør utvikles/videreutvikles vaksiner for å sikre bedre helsesstatus hos oppdrettet berggylt etter utsett i merd (Ramirez-Paredes mfl., 2020).

→ Innblandingsprosenten vil variere med lokalitet, temperatur, størrelse på laks og lusepress. Det bør forskes mer på hvilken påvirkning innblandingsprosenten har på lusebeite-effektiviteten og hva som er anbefalt mengde leppefisk i merd.

→ Ved å øke interaksjonen mellom laks og leppefisk er det forventet at lusebeite-effektiviteten øker. Det bør derfor kartlegges hvor mye dybdepreferansen til leppefisken kan endres ved å justere på blant annet skjulplassering og utfôringssted.

Figur 6: Oppsummering av videre forskning- og utviklingsbehov ved bruk av leppefisk i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antall studier/næringspartnere som har nevnt interaksjonen.

3.3 Luseskjørt

3.3.1 Kunnskapsstatus

Det er et begrenset antall vitenskapelige studier som har vurdert effekten av skjørt på lusepåslag (Cerbule og Godfroid, 2020), de fleste punkter under er derfor hentet fra kunnskapskartleggingen gjennomført av (Worum mfl., 2022).

→ Luseskjørt har vært brukt som en ikke-medikamentell, forebyggende metode mot lakselus og skottelus siden 2010 (Worum mfl., 2022).

→ Luseskjørt kan mest sannsynlig brukes som en kompletterende metode sammen med forebyggende metoder, uten signifikant risiko for negative påvirkning på fiskehelse og fiskevelferd (Bui mfl., 2020; Stien mfl., 2018; Trengereid mfl., 2020).

→ Det er store variasjoner i både bruk og effekt av luseskjørt i norske laksemerder (Grøntvedt mfl., 2018; Jevne mfl., 2021; Jevne og Reitan, 2019; Stien mfl., 2018).

Beste praksis og tilhørende interaksjoner mot målene om bedre velferd og økt lusebeite-effekt er oppsummert i Fig. 7 og beskrevet mer detaljert under.

→ I innkjøpsprosessen bør både driftspersonell, fiskehelsepersonell, økonomiansvarlige og ledelse involveres. Alternative design og dimensjoner bør utprøves basert på undersøkelse av lokalitetens miljøparameter (Worum mfl., 2022).

→ Kvaliteten på produktdokumentasjonen (brukerhåndboken) bør omfatte momenter som beskriver korrekt montering og trygg håndtering (Worum mfl., 2022).

→ Betydning av hydrografi og kjennskap til den enkelte lokalitet sin egnethet for bruk av skjørt er spesielt viktig for effektiv bruk av luseskjørt (Bui mfl., 2020; Grøntvedt mfl., 2018; Jónsdóttir mfl., 2020; Stien mfl., 2018).

→ Korrekt utført vedlikehold øker luseskjørtets levetid. Man bør se på kasserte materialer som en ressurs og ha fokus på mulighet for resirkulering av materialer (Worum mfl., 2022).

→ Man bør ha egne formelle, opplæringsplaner og driftsrutiner for bruk av luseskjørt, tilpasset alle teknologiske varianter som selskapet har (Worum mfl., 2022).

→ Med mindre eksponering for bølger, strøm og vind forhindrer det, skal luseskjørt være påmontert før fisken settes i sjøen. Luseskjørtene bør være påmontert så lenge som mulig. Beslutningen om å ta av luseskjørtene bør være velbegrunnet og basert på påviste negative forhold (Worum mfl., 2022).

→ Det bør benyttes tiltak som kan forlenge brukstiden, ved bruk av oksygenforbedrende metoder, herunder kortvarig løft av skjørt for å skifte ut vann eller bruk av pumpeløsninger (Frank og Lien, 2015; Jónsdóttir mfl., 2021; Reynolds, 2022; Worum mfl., 2022).

→ Ved avlusingsoperasjoner eller annen fortrenging av fisk skal skjørt løftes suksessivt og slippes ned med en gang behandling av merden er fullført (Worum mfl., 2022).

→ På bølgeeksponerte lokaliteter skal bruk av luseskjørt tilpasses årstiden. På vindeksponerte lokaliteter hvor oppblåsing av skjørt inntreffer, bør bruken av skjørt risikovurderes og tilpasses årstiden (Worum mfl., 2022).

→ Oksygenforholdene innenfor skjørtet vurderes som en av de største utfordringene ved bruk av skjørt (Holan mfl., 2017; Jónsdóttir mfl., 2020; 2021; Volent mfl., 2020). Oksygenforholdene inne i nota bør overvåkes kontinuerlig, spesielt når tetthet og biomasse er tiltagende og i perioder med høy temperatur og sjiktning av vann. Overvåkningen bør gjøres i hele anlegget og på ulike dyp (Worum mfl., 2022).

→ God overvåkning av gjellehelse er en forutsetning for å fatte riktige tiltak under bruk av luseskjørt (Worum mfl., 2022).

Figur 7: Oppsummering av beste praksis ved bruk av luseskjørt i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antallet studier/næringspartnere som har nevnt temaet.

Den foreløpige beste praksisen for bruk av luseskjørt er presentert i et årshjul som viser sesongmessige utfordringer i en typisk produksjon og hvilke valg som oppdretteren kan ta (Fig. 8).

Figur 8: Eksempel på et årshjul som forholder seg til foreløpig beste praksis for bruk av luseskjørt. Den kritiske sommerperioden er markert i mørkerosa mens den kritiske vinterperioden er markert i oransje. Lusenivå er illustrert innerst i sirkelen. Merdvisualiseringene skal illustrere typiske sjøtemperaturer i merden, der blå farge viser til lave temperaturer og rød til høye temperaturer.

3.3.2 Videre FoU-behov

Videre forskning- og utviklingsbehov og tilhørende interaksjoner mot målene for bedre velferd og økt effekt er oppsummert i Fig. 9 og beskrevet mer detaljert under.

→ Det er behov for videre utvikling av luseskjørtets design, spesielt med hensyn til lukking og omslutning av nota (Worum mfl., 2022).

→ Selv om skjørtdybde forventes å ha betydning for skjermingseffekten mot lus (Grøntvedt og Kristensen, 2018; Johansen, 2014; Næs mfl., 2014), er det fortsatt behov for å undersøke den ideele dybden for optimal skjermingseffekt. Dette bør tilpasses den enkelte lokalitet (Grøntvedt og Brandshaug, 2021).

→ Studier viser til at en mer dynamisk strategi med mulighet for å variere skjørtedypet ifm. lusa og fisken sin vertikale plassering kan være gunstig (Bui mfl., 2020; Crosbie mfl., 2019). For eksempel kan det være ønskelig å senke luseskjørt dypere dersom det er et brakkvannslag i overflaten og fisken står dypt, eller fjerne luseskjørtene helt dersom laksen står grunt i de øvre vannlagene med brakkvann (Bui mfl., 2020). Bedre forståelse av samspillet mellom endringer i miljøet på lokaliteten og fisken og lusa sin vertikale plassering vil trolig øke effekten ved bruk av luseskjørt.

→ Det er behov for en bedre klassifisering av lokaliteter ifm. hydrografiegenskaper og eksponering til strøm og bølger slik at man bedre kan tilpasse luseskjørt til den enkelte lokalitet. Dette innebærer å definere riktige måleparametere, samt forstå hvordan disse endrer seg gjennom året og påvirker produksjonen.

→ Det er behov for å utvikle og ta i bruk måleteknologi som kan gi bedre forståelse av sjiktning ved den enkelte lokalitet (med f.eks. fullstendig vertikalprofil) utover de målingene som gjøres i dag. Dette vil også kunne bidra til en mer dynamisk og effektiv bruk av luseskjørt (Frank og Lien, 2015; Worum mfl., 2022).

→ En adferdsendring som kan skje ved bruk av luseskjørt er at laksen trekker dypere ned i merden. En slik endring kan påvirke hvordan de som fôrer fisken tolker stoppsignalet, men kan også være fordelaktig ifm. større avstand til lusa (parasitt-vert mismatch). Det bør undersøkes videre om ulike teknologier for dybdebasert avgrensning (f. eks. undervannsfôring og bruk av undervannslys) kan ha nytteverdi for å tilrettelegge for at laksen befinner seg på et annet dyp enn lusa (parsitt -vert mismatch) sammen med bruk av skjørt (Bui mfl., 2019; Geitung mfl., 2019; Wright mfl., 2019).

Figur 9: Oppsummering av videre forskning- og utviklingsbehov ved bruk av luseskjørt i merd med tilhørende konsekvenser. Interaksjonene er representert ved buer, der bredden er proporsjonal med antall studier/næringspartnere som har nevnt interaksjonen.

3.4 Kombinasjon av luseskjørt og rensefisk

3.4.1 Kunnskapsstatus

Et begrenset antall vitenskapelige studier viser til bruk av leppefisk eller rognkjeks i kombinasjon med luseskjørt (Bui mfl., 2020; Grøntvedt og Kristoffersen, 2015; Jevne og Reitan, 2019; Reynolds, 2022). Det foreligger imidlertid rapporter (Stien mfl., 2020; Størkersen og Amundsen, 2019) som oppsummerer intervjuer med oppdrettere, og som beskriver deres erfaringer og oppfatningantall er om bruk av luseskjørt i kombinasjon med rensefisk.

→ Rensefisken kan bidra med å fjerne lus dersom den først kommer på innsiden av skjørtet (leppefisk: Holan mfl., 2017).

→ Bruk av rensefisk i kombinasjon med skjørt kan resultere i forskjellige svømmedyp og færre interaksjoner mellom laks og rensefisk, og derav redusert/fraværende estimert beiteeffektivitet (grønngylt: Gentry mfl., 2020).

→ Erfaringer fra næringsaktørene tilsier at det kan være litt høyere dødelighet på leppefisk ved bruk av luseskjørt, men luseskjørt kan også ha en positiv effekt på rensefisk ved eksponerte lokaliteter (Stien mfl., 2020; Størkersen og Amundsen, 2019). Spesielt rognkjeksen ser ut til å dra nytte av luseskjørtet ettersom den ikke er en særskilt god svømmer (Hvas mfl., 2018). Luseskjørtet bremser havstrømmen og gjør at rognkjeksen ikke trenger å bruke like mye energi på å svømme mot strømmen. Oppbremsing av havstrømmen vil også være gunstig for rensefiskskjulene som vil holde seg mer i ro (Worum mfl., 2022).

Den foreløpige beste praksisen for bruk av luseskjørt kombinert med rognkjeks og leppefisk er presentert i et årshjul for en typisk produksjon som viser tidsoverlappen av bruk av de ulike forbyggende metodene (Fig. 10).

Figur 10: Eksempel på et årshjul som forholder seg til foreløpig beste praksis for kombinert bruk av luseskjørt, rognkjeks og leppefisk i merd. Sjøtemperatur og lusenivå er illustrert innerst i sirkelen. Perioden når luseskjørt er montert er visualisert i gul. Perioden med leppefisk i merd er visualisert i grønn (lysere grønn ved overvintring, med anbefaling om å overføre fisken til ventemerd). Anbefalt periode med rognkjeks i merd er visualisert i blå. Viktige momenter er illustrerte med piler, med tilhørende fargekode til de enkelte metoder.

3.4.2 Videre FoU-behov

Det er et generelt behov for kontrollerte forsøk med skjørt og rensefisk, både i liten og stor skala, da det fortsatt er veldig lite kunnskap om kombinert bruk av luseskjørt og rensefisk.

→ Hvorvidt rensefisk trekker ned på samme måte som laks ved lav oksygenverdier er ukjent. Dersom rensefisk ikke trekker ned, men blir igjen i de øvre vannmassene i større grad enn det laksen gjør, kan det tenkes at rensefisken er mer utsatt for oksygensvikt (Worum mfl., 2022). Dette bør undersøkes videre for å sikre god velferd hos rensefisk ved bruk av luseskjørt.

→ Bruk av luseskjørt kan forverre den manglende overlappen mellom rensefiskens og laksens prefererte svømmedyp (Geitung mfl., 2020; Gentry mfl., 2020) knyttet til deres fysiologiske begrensninger i forhold til miljø (Hvas mfl., 2018; Hvas og Oppedal, 2019; Yuen

mfl., 2019). For å øke antall interaksjoner og dermed forbedre lusebeite-effektiviteten er det behov for å teste ut ulike tiltak for å synkronisere dybden til laks og rensefisk.

→ Det bør utføres forsøk som belyser hvordan leppefisk og skjørt fungerer i relasjon til årstid. Er det for eksempel noen årstider hvor leppefisk og skjørt ikke bør kombineres.

→ Det er en oppfatning at bruk av luseskjørt på eksponerte lokaliteter kan være en fordel for rensefisk (Størkersen og Amundsen, 2019). Dette fordi luseskjørt kan bremse strømmen noe og dermed gi rensefisken bedre forhold. Imidlertid mangler det forskning som kan bekrefte eller avkrefte dette. Det bør derfor gjøres forsøk med og uten skjørt på lokaliteter med ulike strømbilder for å kartlegge hvilke type lokaliteter som er gunstige for kombinert bruk av luseskjørt og rensefisk.

4 Konkluderende kommentarer

Det er et generelt behov for flere case-studier, særlig fra lokaliteter som har god erfaring med rensefisk og/eller luseskjørt som forebyggende metoder. Det er også behov for flere langsiktige studier i storskala, da det er et stort antall parametere som påvirker bruken av rensefisk og luseskjørt. Det kan være komplisert å estimere effekten av forbyggende metoder hvis man ikke kan sammenligne merder med og uten bruk av disse metoder. En mer omfattende rapportering fra oppdretterne med systematisk registrering av bruk av rensefisk og luseskjørt kunne vært en interessant mulighet for å kunne sammenligne lusenivåene ved alle lokalitetene som bruker forbyggende metoder i ulike grad.

Referanser

Aldrin, M. & Huseby, R. (2019). Re-estimering av populasjonsmodell for lakselus 2019. Delrapport for prosjekt FHF:901414 Enhetlig proaktiv lusestrategi Rogaland".

Allaire, J., Gandrud, C., Russell, K. & Yetman, C. (2017). *networkD3: D3 JavaScript Network Graphs from R* [R package version 0.4]. https://CRAN.R-project.org/package=networkD3

AquaGen. (2019). Nytt avlssenter sikrer bærekraftig utvikling av rognkjeksoppdrett. Hentet 31. januar 2022, fra https://aquagen.no/wp-content/uploads/2019/01/01-2019-nytt-avlssenter-sikrer-brekraftig-utvikling-av-rognkjeksoppdrett.pdf

Austad, M. (2021). Tapsårsaker rensefisk: Er det mulig å oppnå høyere overlevelse? https://www.fhf.no/arrangementer/arrangementer/lusekonferansen-2021-digital/

Austad, M., Boissonnot, L., Stensby-Skjærvik, S. & Sakariassen, T. E. (2021). Hvem er de beste lusespiserne? *Norsk Fiskeoppdrett*, (4), 32–37.

Barrett, L. T., Overton, K., Stien, L. H., Oppedal, F. & Dempster, T. (2020). Effect of cleaner fish on sea lice in Norwegian salmon aquaculture: a national scale data analysis. *International Journal for Parasitology*, *50*(10-11), 787–796.

Boissonnot, L., Karlsen, C., Hjort, K., Remen, M. & Austad, M. (2022a). EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Fiskevelferd hos rognkjeks (AP1). FHF-901652.

Boissonnot, L., Kharlova, I., Iversen, N. S., Staven, F. R. & Austad, M. (2022b). Characteristics of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) with high cleaning efficacy in commercial Atlantic salmon (*Salmo salar*) production [upublisert manuskript] [Status: til review].

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., Oppedal, F., Nilsson, J., Oldham, T. M. W. & Stien, L. H. (2019). Summary and status of deep lights and deep feed use in commercial settings: welfare, behaviour and infestation at three case study sites—End report from the FHF projects 901154 "Dypelysogfôring".

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.

Cerbule, K. & Godfroid, J. (2020). Salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)) control methods and efficacy in Atlantic salmon (*Salmo salar* (Linnaeus)) aquaculture: a literature review. *Fishes*, *5*(2), 11.

Crosbie, T., Wright, D. W., Oppedal, F., Johnsen, I. A., Samsing, F. & Dempster, T. (2019). Effects of step salinity gradients on salmon lice larvae behaviour and dispersal. *Aquaculture Environment Interactions*, *11*, 181–190.

Eliasen, K., Danielsen, E., Johannesen, Á., Joensen, L. L. & Patursson, E. J. (2018). The cleaning efficacy of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in Faroese salmon (*Salmo salar* L.) farming pens in relation to lumpfish size and seasonality. *Aquaculture*, *488*, 61–65. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.026

Fiskeridirektoratet. (2021). Akvakulturstatistikk: rensefisk. Hentet 21. januar 2022, fra https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk

Fjelldal, P. G., Madaro, A., Hvas, M., Stien, L. H., Oppedal, F. & Fraser, T. W. (2021). Skeletal deformities in wild and farmed cleaner fish species used in Atlantic salmon *Salmo salar* aquaculture. *Journal of fish biology*, *98*(4), 1049–1058.

Frank, K. & Lien, A. M. (2015). Permaskjørt og merdmiljø - Permaskjørt A4, 23. SINTEF Fiskeri og Havbruk. https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2448611

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., Oppedal, F., Stien, L. H., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V. & Wright, D. W. (2019). Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *International Journal for Parasitology*, *49*(11), 843–846.

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. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735623

Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F., Bjelland, R., Nola, V. & Dempster, T. (2021). Acclimatisation with lice-infested salmon improves cleaner fish lice consumption. *Aquaculture Environment Interactions*, *13*, 41–49.

Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F. & Dempster, T. (2020). Sea lice prevention strategies affect cleaner fish delousing efficacy in commercial Atlantic salmon sea cages. *Aquaculture Environment Interactions*, *12*, 67–80.

Grøntvedt, R. & Brandshaug, O. K. (2021). Veileder 3: Beste praksis rensefisk: Strategi, mottak og hold av rensefisk.

Grøntvedt, R. N. & Kristensen, T. (2018). Dokumentasjon av fiskevelferd ved bruk av FLS avluser.

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.

Grøntvedt, R. & Kristoffersen, A. (2015). Permaskjørt kan redusere påslag av lakselus-analyse av feltdata. Delrapport Permaskjørt-prosjektet A5.

Gutierrez Rabadan, C., Spreadbury, C., Consuegra, S. & Garcia de Leaniz, C. (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

Halvorsen, K. T., Sørdalen, T. K., Larsen, T., Browman, H. I., Rafoss, T., Albretsen, J. & Skiftesvik, A. B. (2020). Mind the depth: The vertical dimension of a small-scale coastal fishery shapes selection on species, size, and sex in wrasses. *Marine and Coastal Fisheries*, *12*(6), 404–422.

Helland, S., Grøtan, E. & Noble, C. (2014). Effects of transfer from continuous light to different light regimes on growth, survival, and fin and skin health. I S. Helland, S. Dahle, C. Hough & J. Borthen (Red.), *Production of ballan wrasse - Science and practice* (s. 94–95).

Holan, A., B., R., Breiland, M., Kolarevic, J., Hansen, Ø., Iversen, A., Hermansen, Ø., Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K. & Espmark, Å. M. (2017). Sluttrapport FHF prosjekt nr.901296. Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI). https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901296/

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

Hvas, M. & Oppedal, F. (2019). Physiological responses of farmed Atlantic salmon and two cohabitant species of cleaner fish to progressive hypoxia. *Aquaculture*, *512*, 734353. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734353

Imsland, A. K. D., Frogg, N., Stefansson, S. O. & Reynolds, P. (2019a). Improving sea lice grazing of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by feeding live feeds prior to transfer to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) net-pens. *Aquaculture*, *511*, 734224. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734224

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. & Reynholds, 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. (2022). EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Dokumentasjon av effekt og fiskehelse ved bruk av rognkjeks (AP1). FHF-901652.

Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Foss, A., Vikingstad, E. & Elvegård, T. A. (2014). The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Aquaculture*, *424-425*, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.033

Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø. J., Puvanendran, V., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Emaus, P.-A., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., Rydland, R., Nytrø, A. V. & Jonassen, T. M. (2016a). Is cleaning behaviour in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) parentally controlled? *Aquaculture*, *459*, 156–165. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.047

Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Hangstad, T. A., Kapari, L., Maduna, S. N., Hagen, S. B., Jónsdóttir, Ó. D. B., Spetland, F. & Lindberg, K. S. (2021). Quantification of grazing efficacy, growth and health score of different lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) families: Possible size and gender effects. *Aquaculture*, *530*, 735925. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735925

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

Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Nytrø, A. V., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Emaus, P.-A., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., Rydland, R. & Jonassen, T. M. (2016b). 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. D., Reynolds, P., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Adron, J., Elvegård, T. A., Urskog, T. C., Hanssen, A. & Mikalsen, B. (2019b). Comparison of diet composition, feeding, growth and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed either feed blocks or pelleted commercial feed. *Aquaculture Research*, *50*(7), 1952–1963.

Jansen, P., Husseby, R., Engebretsen, S. & Aldrin, M. (2022). EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Dokumentasjon av effekt og fiskehelse ved bruk av leppefisk (AP2). FHF-901652.

Jevne, L. S., Guttu, M., Båtnes, A. S., Olsen, Y. & Reitan, K. I. (2021). Planktonic and Parasitic Sea Lice Abundance on Three Commercial Salmon Farms in Norway Throughout a Production Cycle. *Frontiers in Marine Science*, 2.

Jevne, L. S. & Reitan, K. I. (2019). How are the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013–2018. *Journal of fish diseases*, *42*(11), 1573–1586.

Johansen, B. (2014). Sluttrapport FHF prosjekt 900834. Luseskjørt dokumentasjon av praktisk bruk og nytte. https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/

Jónsdóttir, K. E., Hvas, M., Alfredsen, J. A., Føre, M., Alver, M. O., Bjelland, H. V. & Oppedal, F. (2019). Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. *Aquaculture Environment Interactions*, *11*, 249–261.

Jónsdóttir, K. E., Volent, Z. & Alfredsen, J. A. (2020). Dynamics of dissolved oxygen inside salmon seacages with lice shielding skirts at two hydrographically different sites. *Aquaculture Environment Interactions*, *12*, 559–570.

Jónsdóttir, K. E., Volent, Z. & Alfredsen, J. A. (2021). Current flow and dissolved oxygen in a full-scale stocked fish-cage with and without lice shielding skirts. *Applied Ocean Research*, *108*, 102509.

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

Loew, E., Browman, H., Bjelland, R. & Skiftesvik, A. (2012). Kartlegging av hvilke lyskvaliteter berggylt er i stand til å se i fiskens ulike livsstadier.

Loew, E., Skiftesvik, A., Bjelland, R., Browman, H. & Durif, C. (2016). Spectral sensitivity and contrast potentials for four species of cleaner fish. *Institute of Marine Research*, 39–2016.

Morado, N., Mota, P. G. & Soares, M. C. (2019). The rock cook wrasse *Centrolabrus exoletus* aims to clean. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *7*, 182.

Næs, M., Grøntvedt, R., Kristoffersen, A. & Johansen, B. (2014). Faglig rapport 4. mars til FHF prosjekt 900834. Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrettsmerder for å redusere påslag av lakselus (*Lepeoptheirus salmonis*). https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/

R Core Team. (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. https://www.R-prosjekt.org/

Ramirez-Paredes, J. G., Verner-Jeffreys, D., Papadopoulou, A., Monaghan, S. J., Smith, L., Haydon, D., Wallis, T. S., Davie, A., Adams, A. & Migaud, H. (2020). A commercial autogenous injection vaccine protects ballan wrasse (*Labrus bergylta*, Ascanius) against *Aeromonas salmonicida* vapA type V. *Fish & Shellfish Immunology*, *107*, 43–53.

Reynolds, P. (2022). Comparison of sea lice grazing potential and health of Lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) maintained in 120m polar circle cages with and without CFC systems (closed fish cages. FHF-901652 EFFEKTIV.

Sistiaga, M., Herrmann, B. & Jørgensen, T. (2021). Prediction of goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) minimum size required to avoid escape through salmon (*Salmo salar*) farm nets. *Aquaculture*, *543*, 737024.

Skiftesvik, A., Bjelland, R., Durif, C., Halvorsen, K., Shema, S., Fields, D. & Browman, H. (2017). Sluttrapport: Program rensefisk: Kunstig lys og rensefisk.

Skiftesvik, A., Bjelland, R., Durif, C. & Hjellum, R. (2016). Delrapport til FHF-prosjekt 900978: Atferd og artssamspill i laksemerder.

Skiftesvik, A., Bjelland, R., Durif, C., Moltumyr, L., Hjellum, R. & Halvorsen, K. (2018). Program rensefisk: Adferd og artssamspill i laksemerder.

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). *Fiskehelserapporten 2020* (tekn. rapp. 41a/2021). Veterinærinstituttet. www.vetinst.no

Staven, F. R., Nordeide, J. T., Gesto, M., Andersen, P., Patel, D. M. & Kristensen, T. (2021a). Behavioural and physiological responses of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) exposed to Atlantic salmon (*Salmo salar*) sensory cues. *Aquaculture*, *544*, 737066. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737066

Staven, F. R., Nordeide, J. T., Gesto, M., Andersen, P., Patel, D. M. & Kristensen, T. (2021b). Behavioural and physiological responses of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) exposed to Atlantic salmon (*Salmo salar*) sensory cues. *Aquaculture*, *544*, 737066.

Staven, F. R., Nordeide, J. T., Imsland, A. K., Andersen, P., Iversen, N. S. & Kristensen, T. (2019). Is Habituation Measurable in Lumpfish Cyclopterus lumpus When Used as Cleaner Fish in Atlantic Salmon Salmo salar Aquaculture? *Frontiers in Veterinary Science*, *6*, 227. https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00227

Stien, L. H., Lind, M. B., Oppedal, F., Wright, D. W. & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, *490*, 281–287.

Stien, L., Størkersen, K. & Gåsnes, S. (2020). Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk.

Størkersen, K. & Amundsen, V. (2019). Rensefiskens ve og vel i merdene. Resultat av spørreundersøkelse til matfisklokaliteter med rensefisk.

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

Trengereid, H., Bui, K., S.and Gentry & Pittman, K. (2020). Faglig sluttrapport fra Centre for Aquacultur Competence FHF 901243. Test av ulike kombinasjoner tiltak til beskyttelse mot lakselus. https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901243/

Volent, Z., Jónsdóttir, K., Misund, A., Steinhovden, K., Chauton, M. & Sunde, L. (2020). Sluttrapport FHF prosjekt nr 901396: Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus -Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK). https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901396/

Woll, A., Solevåg, S., Aas, G., Bakke, S., Skiftesvik, A. & Bjelland, R. (2013). Velferd Leppefisk i Merd.

Worum, B. H., Brandshaug, O. K. & Larsen, S. V. (2022). EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensefisk. Sluttrapport: Evaluering av effekt og fiskehelse ved bruk av luseskjørt (AP3). FHF-901652.

Wright, D. W., Stien, L. H., Oppedal, F., Sievers, M., Ditria, E. & Trengereid, H. (2019). The Well–Mixing skirt and freshwater lens concepts with smart-lighting and-feeding to enhance lice prevention and safeguard fish welfare. *Rapport fra havforskningen.*

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