



SINTEF

Sluttrapport

Objektiv dokumentasjon og beste praksis for å forbedre termisk avlusing (TermVel)

Forfatter(e):

Birger Venås, Martin Haugmo Iversen, Lars Helge Stien, Malin Johansen, Morten Lund, Merete Bjørgan Schrøder

Rapportnummer:

2024:00135 - Åpen

Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)



SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 937357370 MVA

Sluttrapport

Objektiv dokumentasjon og beste praksis for å forbedre termisk avlusing (TermVel)

EMNEORD
Termisk avlusing
Laks

VERSJON
01

DATO
2024-02-01

FORFATTER(E)

Birger Venås, Martin Haugmo Iversen, Lars Helge Stien, Malin Johansen, Morten Lund, Merete Bjørgan Schrøder

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

901649 TERMVEL

PROSJEKTNUMMER

901649 (FHF)

ANTALL SIDER

10

SAMMENDRAG

Utvikling av ikke-medikamentelle behandlingstiltak har ofte vært preget av at løsninger har blitt tatt hurtig i bruk uten tilstrekkelig dokumentasjon. I dette prosjektet har vi derfor valgt å sette søkelys på objektiv dokumentasjon av storskala bruk av termiske metoder. Dette gir verdifull innsikt i metoden og kunnskap om forbedringspunkter, noe som blant annet Mattilsynet har etterspurt i forbindelse med termisk avlusing.

Prosjektet har også hatt fokus på kritiske faktorer som behandlingstemperatur og betydningen av gjentatte termiske behandlinger på fiskens velferd, og har gjennomført flere større laboratorieforsøk der resultatene er publisert i fagfellevurdert publikasjon.

Det har vært et mål i prosjektet å etablere et objektivt verktøy for å kunne måle støt mellom fisk og rør/karvegg ved rørtransport. Vi har av ulike grunner ikke kommet i mål med dette arbeidet, men har dannet grunnlag for videre arbeid.

UTARBEIDET AV

Birger Venås

SIGNATUR

31/01/2024 *Birger Venås*

KONTROLLERT AV

Merete Bjørgan Schrøder

SIGNATUR

31/01/2024 *Merete B. Schrøder*

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

RAPPORT NR.
2024:00135

ISBN
978-82-14-07223-5

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	1. februar 2024	Endelig versjon

Innhold

1	Innledning	4
2	Problemstilling og formål	6
3	Prosjektgjennomføring	6
3.1.1	Standardisering av datainnsamling, avklaring av dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med termiske metoder (AP1)	6
3.1.2	Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling (AP4)	7
3.1.3	Effekt av ulike temperaturer og gjentatte termiske behandlinger på fiskevelferd (AP2)	8
3.1.4	Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt (AP3)	9
4	Hovedfunn	10
5	Leveranser	10
6	Vedlegg	11

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1. Protokoll for registrering av data under termisk avlusing

Vedlegg 2. Rapport: Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling

Vedlegg 3. Rapport: Effekt på dyrevelferd av gjentatte termiske behandlinger med ulik Δt , ulik utgangstemperatur og ulik behandlingstemperatur

Vedlegg 4. Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt

Forsidebilde: Remi Mathisen, Nordlaks

1 Innledning

TermVel-prosjektet ble etablert som en respons på FHF's utlysning "Dokumentasjon og anbefalinger om beste praksis for effektiv forebygging og kontroll av lakselus og skottelus, inkludert bruk av rensefisk", med frist 08.05.2020, der totalt fem prosjekter fikk tilsagn (<https://www.fhf.no/utlysninger/utlysninger/dokumentasjon-og-anbefalinger-om-beste-praksis-for-effektiv-forebygging-og-kontroll-av-lakselus-og-skottelus-inkludert-bruk-av-rensfisk/>).

Bakgrunnen for prosjektideen var at Mattilsynet i 2019 varslet at termisk avlusning kunne bli forbudt i løpet av en 2-årsfase, dersom ikke "ny kunnskap dokumenterer at den kan brukes på en velferdsmessig forsvarlig måte" (Mattilsynet). Samtidig uttalte Mattilsynet at de ønsket ny kunnskap rundt denne avlusningsmetoden.

Tiltak mot lakselus i Norge var ifølge Fiskehelse rapporten i 2019 hovedsakelig medikamentfrie behandlinger, og blant disse var termisk avlusning den mest benyttede (Fiskehelse rapporten 2019).

Fiskehelsepersonell rapporterte gjennom spørreundersøkelsen i Fiskehelse rapporten (2019) at særlig termiske og mekaniske behandlinger ofte ga økt dødelighet i perioden etter behandling, og dermed antakeligvis betydde mye for den totale dødeligheten av laks og regnbueørret i sjø. I tillegg ble skader etter avlusning oppgitt som viktigste årsak til redusert velferd hos både laks og regnbueørret.

Ved utarbeidelse av prosjektet avdekket vi at det ikke var noen systematisk og helhetlig tilnærming til hvordan feltdata ble registrert ved avlusningsoperasjoner. Dette resulterte i en manglende objektiv dokumentasjon av ulike avlusningsmetoder. Prosjektets første delmål ble derfor utarbeidelse av en protokoll for standardisering av datainnsamling, med beskrivelse av hvordan standardisert datainnhenting i felt kan gjøres.

Den etablerte protokollen ble videre benyttet til å samle inn data fra termiske merdbehandlinger. Hensikten var å avdekke faktorer som påvirker utfallet av termisk avlusning. Å skaffe tilveie objektiv kunnskap om termisk avlusning i stor skala i felt vil bidra til å sikre forsvarlig fiskevelferd ved termisk og andre behandlinger mot lakselus.

Temperatur er en av de viktigste miljøfaktorene i laksefisk sine liv. Laksefisk er vekselvarm, noe som betyr at kroppstemperaturen er bestemt av vanntemperaturen til omgivelsene. Vekselvarme dyr kan kun regulere kroppstemperaturen gjennom atferd. Med andre ord kan en laksefisk bare svare på en ubehagelig vanntemperatur ved å forflytte seg fra ett sted til et annet for å opprettholde termisk komfort. Slik atferdsmessig temperaturregulering hjelper laksefisk til å oppnå optimal kondisjon og overlevelse. Laksefisk reagerer på akutte temperatursvingninger med kortsiktige fysiologiske responser, inkludert forhøyet oksygenforbruk, og økt aktivitetsnivå. Endring i temperatur igangsetter også fysiologiske og atferdsmessige akklimatiseringsprosesser hos laksen, som kan vare fra dager til uker avhengig av graden av temperaturendring. Tidligere utførte studier gjennomført av Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet var gjennomført med lengre eksponeringstider enn de som næringen oppga å bruke. Man ønsket i prosjektet derfor å dokumentere mulighetsrommet for fremtidig bruk av termiske avlusninger, spesielt knyttet til kritiske faktorer som eksponeringstid og behandlingstemperatur i kommersielle avlusningsanlegg.

I dette prosjektet valgte vi å undersøke effekt på laksens velferd ved gjentatt termisk behandling gitt ulik utgangstemperatur, ulik behandlingstemperatur og ulik Δt (differanse mellom behandlingstemperatur og utgangstemperatur). Dette inkluderte å studere atferdsrespons under behandling, skader etter behandling, fysiologiske reaksjoner og eventuelle langtidseffekter av behandling. Målsetningen med studiene var å få mer kunnskap om termisk avlusning, og avdekke om det er fysiske forhold der termisk avlusning kan anbefales/bør frarådes.

Det er kjent at en kan høre at fisken treffer rørene i avlusingsystemer med ulik kraft, men det er ikke utført systematiske registreringer for å undersøke om disse forholdene endres med for eksempel fysisk utforming av avluser, pumpehastighet, fisketetthet, temperatur, fiskestørrelse eller andre faktorer. Støt fisken opplever gjennom rørtransport kan skyldes passive støt (fisk som passivt følger vannstrømmen treffer rør, ventiler, pumper etc.) eller aktive støt (støt som skyldes fiskens aktive svømming, som for eksempel utløst av panikk). Prosjektet ønsket å se om det er mulig å utvikle nye verktøy for å kunne kvantifisere panikkadferd/støt som igjen vil kunne bidra objektivt til å vurdere tilstanden under behandling, og dermed kunne hjelpe utstyrsleverandører i arbeidet med å forbedre utstyret ved å redusere den mekaniske belastningen gjennom å justere prosessen, eller redusere akselerasjonen i støtene gjennom redesign (polstring, oppbremsing).

Deltakere i prosjektet:

Morten Lund, tidligere PatoGen AS, nå Pure Salmon Technology (Leder for AP1)

Martin H. Iversen, Nord Universitet (Leder for AP2)

Monica F. Brinchmann, Nord Universitet (Deltaker AP2)

Roald Jakobsen, Nord Universitet (Deltaker AP2)

Steinar Johnsen, Nord Universitet (Deltaker AP2)

Jens A. Kristensen, Nord Universitet (Deltaker AP2)

Deepti M. Patel, Nord Universitet (Deltaker AP2)

Lars Helge Stien, Havforskningsinstituttet (Deltaker AP2)

Birger Venås, SINTEF Ocean (Leder for AP3)

Morten Bondø (Deltaker AP3)

Mats Mulelid (Deltaker AP3)

Malin Johansen, NCE Aquaculture (Deltaker AP4)

Merete Bjørgan Schrøder, SINTEF Ocean (prosjektleder)

Prosjektgruppen har hatt digitale møter ca. to ganger i måneden i den mest aktive perioden av prosjektet.

Referansegruppe:

Tor Hugo Hestnes, LetSea AS

Remi Mathisen, Nordlaks oppdrett AS

Kristin Ottesen, HaVet AS

Tiril Slettjord, Cermaq Norway AS

Fra FHF: Kjell Maroni

Det har vært avholdt fem møter mellom prosjektgruppen og referansegruppen.

2 Problemstilling og formål

Utvikling av ikke-medikamentelle behandlingsløsninger har ofte vært preget av at løsninger har blitt tatt hurtig i bruk uten tilstrekkelig dokumentasjon. I dette prosjektet har vi derfor valgt å sette søkelys på objektiv dokumentasjon av storskala bruk av termiske metoder. Dette gir verdifull innsikt i metoden og kunnskap om forbedringspunkter, noe som blant annet Mattilsynet har etterspurt i forbindelse med termisk avlusing.

Prosjektet har også hatt fokus på kritiske faktorer som behandlingstemperatur og betydningen av gjentatte termiske behandlinger på fiskens velferd, og har gjennomført flere større laboratorieforsøk der resultatene er publisert i fagfelleverdert publikasjon.

Det har vært et mål i prosjektet å etablere et objektivt verktøy for å kunne måle støt mellom fisk og rør/karvegg ved rørtransport. Vi har av ulike grunner ikke kommet i mål med dette arbeidet, men har dannet grunnlag for videre arbeid.

Målsetning

Prosjektets hovedmål har vært å **skaffe til veie objektiv dokumentasjon av kritiske faktorer for laks ved termisk avlusing.**

Prosjektet er inndelt i fire arbeidspakker med underliggende delarbeidspakker:

AP1: Standardisering av datainnsamling, avklaring av dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med termiske metoder.

AP2: Effekt av ulike temperaturer og gjentatte termiske behandlinger på fiskevelferd

AP3: Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt

AP4: Formidling og kommunikasjon til sluttbrukere og administrasjon av prosjektet

3 Prosjektgjennomføring

Denne sluttrapporten fra prosjektet TermVel er organisert med korte oppsummeringer av delaktivitetene i de påfølgende underkapitlene, med henvisning til separate rapporter. For mer detaljert informasjon, se rapportene som er vedlagt som vedlegg 1-4.

3.1.1 Standardisering av datainnsamling, avklaring av dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med termiske metoder (AP1)

Grunnlaget for objektiv dokumentasjon av metoder, prosedyrer og datainnhenting i epidemiologiske studier i havbruksnæringen legges i måten felldataene blir registrert på. En systematisk og enhetlig tilnærming av hvordan felldata registreres på er svært viktig for at en skal kunne svare på problemstillingen som er definert i ethvert feltstudium.

Erfaring tilsier at hoveddelen av tidsbruken ved epidemiologiske studier går med til klargjøring av rådata og oppløring av usikkerheter forbundet med registreringene. Derfor er det svært viktig å oppnå en standardisert måte å registrere data på slik at de epidemiologiske studiene blir mer presise og effektive. Standardisert datainnsamling vil også bidra til at resultater kan sammenlignes på tvers av produsenter.

I den vedlagte protokollen (vedlegg 1) er det gitt en beskrivelse av hvordan standardisert datainnhenting i feltstudier kan gjøres med tips om viktige elementer som vil gjøre forberedelse av rådata før datanalyse til en tidseffektiv prosess som også reduserer risikoen for at feil introduseres i datasettet.

Leveranse: Protokoll for registrering av data ved termisk avlusing (vedlegg 1)

3.1.2 Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling (AP4)

I denne studien ble det utført en risikofaktoranalyse for å identifisere faktorer ved termisk avlusing som kunne forklare dødeligheten i tiden etter behandlingen.

Prosjektet mottok registreringer fra 322 termiske merdbehandlinger hvorav 255 merdbehandlinger var utført med Optilicer og 67 merdbehandlinger med Thermolicer. Behandlingene ble utført i tidsrommet 2018 til 2021. Random forest regresjon ble valgt som modelleringsmetode av akutt dødeligheten i dette datasettet. Bakgrunnen for dette er at Random forest er en datalæringsalgoritme som passer godt til datasett med mange variabler som også inkluderer kategoriske variabler i tillegg til kontinuerlige variabler.

Resultatene viser at merdødeligheten og delta velferdsscore etter termisk avlusing har blitt bedre over tid, noe som indikerer at prosedyrene og utstyret som brukes ved termisk avlusing har blitt bedre. I tillegg har helsestatusen til fisken i økende grad blitt vurdert og hensyntatt i forkant av behandling og behandlingsmetode.

Studiet avdekket en mulig trend mot lavere dødelighet etter 1 døgn og bedre fiskevelferdsscore med økt total behandlingstid per merdbehandling. Videre studier bør fokusere på å forstå effekten av de enkelte håndteringsstegene fra opplining til pumping inn i avlusningsenheten på akutt dødeligheten. Dette vil bedre forståelsen av hvilke risikopunkt som påvirker utfallet av en håndtering av fisk som har god helsestatus. Feltefaringer tilsier at bl.a. trengetid og kontroll på avkast er svært viktig for et godt utfall etter en termisk avlusning. Effekten av sedasjon kommer frem i dette studiet i form av lavere akutt dødelighet og bedre fiskevelferdsscore 24 timer etter behandling. Selv om forskjellene er klare i dette studiet, er det viktig at betydningen av sedasjon ved håndtering ytterligere klargjøres.

Effekten av og behovet for sedasjon kan variere med fiskegrupper, temperatur og ulike typer håndteringsoperasjoner. Ett aspekt med sedasjon som er sentralt i et fiskevelferdshensyn er at sedasjon betyr fysisk immobilisering og ikke nødvendigvis smertelindring. Bruk av sedasjon fordrer at fisken går gjennom en brønn/må bades i sedasjonsmidlet og dette betyr at sedasjon ikke er mulig å bruke ved alle håndteringsoperasjoner av fisk. Når en skal sedere fisk i store vannvolumer/tanker, er det i tillegg ikke alltid lett å dosere ut riktig og en kan risikere ulik effekt av sedasjon. Resultatene fra denne studien viser at stress trolig er det viktigste bidraget til redusert fiskevelferd og økt risiko for akutt behandlingsdødelighet i forbindelse med termisk avlusing. Stressbelastningen under termisk avlusning kan i enkelte tilfeller være hovedsakelig knyttet til håndteringsforhold uavhengig av maskinen og sannsynligvis i andre tilfeller være tilknyttet selve maskinen. De observerte effektene av sedasjon gir oss et grunnlag for å forstå bakgrunnen for stressresponser hos laks i forbindelse med håndtering. På den måten kan det iverksettes tiltak for å minimere stressbelastningen under behandlingen. Bruk av sedasjon under håndteringsoperasjoner krever som regel erfaring og bruk av skjønn og det er viktig å jobbe videre med å kartlegge hvordan sedasjon best kan benyttes til det beste for bedre velferd. Samtidig er det viktig å finne de rette stressreducerende tiltakene da sedasjon kun vil bøte på konsekvensene av det underliggende problemet.

Erfaringene fra denne studien viser at det er store variasjoner i utfallet av termisk avlusinger og at det er mange faktorer som påvirker dette utfallet. Derfor er det viktig å videreføre liknende prosjekter med flere produsenter for å få en bedre forståelse for suksessfaktorene ved alle ikke-medikamentelle avlusingsmetoder.

Leveranse: Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling (vedlegg 2)

3.1.3 Effekt av ulike temperaturer og gjentatte termiske behandlinger på fiskevelferd (AP2)

Formålet med forsøkene i denne delen av TermVel-prosjektet (arbeidspakke 2) var å avdekke effekt på dyrevelferd av gjentatt termisk behandling av laks gitt ulik utgangstemperatur, ulik behandlingstemperatur og ulik Δt (differanse mellom behandlingstemperatur og utgangstemperatur). Dette inkluderte å studere atferds-respons under behandling, skader etter behandling, fysiologiske reaksjoner og eventuelle langtidseffekter av behandling.

Arbeidspakken bestod av to parallelle studier, der det ene studiet ble utført på Havforskningsinstituttet sin forskningsstasjon i Matre og det andre på Nord universitet sin forskningsstasjon i Mørkvedbukta. Begge studiene benyttet relativt stor laks (1-2 kg) som først ble individmerket og deretter plassert i forsøkskarene i et såkalt «common-garden»-oppsett. Vanntemperaturen i forsøkskarene var 14 °C i forsøket i Matre, mens vanntemperaturen var 8 °C i forsøket ved Mørkvedbukta forskningsstasjon. To til tre uker etter merking og overføring til forsøkskarene ble fiskene sortert ut basert på individmerkene og behandlet på enten samme temperatur som i karene, eller eksponert til vann på enten 27, 30 eller 33 °C i 30 sekunder. Denne eksponeringen ble så gjentatt etter 1 måned.

Forsøkene viste

- (1) at en av laksegruppene hadde økt dødelighet som funksjon av behandlingstemperatur,
- (2) at laksen reagerte på å bli eksponert for 27 °C også ved høy utgangstemperatur (lav Δt),
- (3) at graden av panikkatferd økte med økende behandlingstemperatur,
- (4) at i tillegg til panikkatferd kan laks også reagere på varmt vann ved å legge seg over på siden, og tilsynelatende «gi opp»,
- (5) at laksen responderte med «gi opp»-atferd i større grad ved 30 °C enn ved 33 °C,
- (6) at eksponering til varmt vann gir risiko for øyeskader,
- (7) at det ble ikke funnet noe som tyder på at eksponering til 27-33 °C i 30 sekunder gir laks langvarige vevsskader i hjertet.

I studiet i Matre var det dødelighet etter den første behandlingen, med økende dødelighet i forhold til behandlingstemperatur. Denne fiskegruppen hadde hatt relativ kort tid (to uker) til å restituere seg etter at den hadde blitt merket med utvendige og innvendige ID-merker og overført til forsøkskarene. Ved den andre eksponeringen, da fiskegruppen hadde fått restituert seg i fire uker etter første behandling, og i forsøket i Bodø, der fiskegruppen fikk lenger tid (tre uker) til å restituere seg etter merkingen, var det ikke dødelighet knyttet til behandlingene. Dette tyder på at frisk, restituert fisk, overlever eksponering til varmt vann i 30 sekunder, men at fisk som ikke er restituert, eller har andre iboende svakheter, har økt risiko for dødelighet ved økt temperatur på termisk behandling. Det er ikke avklart om skadene som ble observert på øynene til laksen etter behandling ble direkte forårsaket av det varme vannet, indirekte via panikkresponsen, eller en kombinasjon der det varme vannet svekker øynene, mens panikkresponsen førte til selve skaden.

Basert på disse resultatene anbefaler vi at det utføres oppfølgingsprosjekter og studier for å avdekke: (1) «helsemarkører» som kan brukes av oppdrettere og fiskehelsepersonell, for å avgjøre om en fiskegruppe er egnet for termisk behandling eller ikke. (2) hva som avgjør om laks, reagerer med «gi opp»-atferd til termisk behandling og om denne atferden fører til mindre skader. (3) Hvorfor laksens øyne synes å være utsatt for skade ved termisk behandling, hvordan disse skadene påvirker fisken, og hva som eventuelt kan gjøres for å forhindre skade på øynene.

Leveranse: Effekt på dyrevelferd av gjentatte termiske behandlinger med ulik Δt , ulik utgangstemperatur og ulik behandlingstemperatur (vedlegg 3)

3.1.4 Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt (AP3)

Basert på tilbakemelding fra operatører og veterinærer er det en kjent sak at man både kan høre og "føle" støt mellom fisk og rør/karvegg ved rørtransport, og spesielt i det fisken slippes ned i det tempererte vannet. Det er derfor rimelig å anta at dette kan måles objektivt gjennom en instrumentert løsning. Formålet med denne arbeidspakken var å utvikle og teste ut ny teknologi for å kunne måle støt mellom fisk og rør/karvegg under termisk avlusing. Om dette var mulig, var det ønskelig se videre på hvilke operasjonelle faktorer, eksempelvis strømningshastighet, fisketetthet, temperatur, fiskestørrelse eller sedering, som påvirker den totale mekaniske belastningen fiskegruppen blir utsatt for under termisk avlusing. Et slikt verktøy ville kunne bli brukt for å øke forståelsen av prosessen samt optimalisere operasjonen for å redusere mekanisk belastning.

Det var også planlagt forsøk med levende fisk utstyrt med gastriske (sensorer plassert i magesekk) aktivitetsmålere for å måle eventuell endring i fiskens egenaktivitet gjennom en termisk behandling med ulike temperaturer. Planlagte forsøk krevde tilgang til avlusingsenhet (båt), mannskap, ventemerd og frisk fisk og dette viste seg å bli en stor utfordring i prosjektperioden med både covid, dårlig fiskehelse (ikke egnet for forsøk) og høy avlusingsaktivitet (fartøy opptatt). Arbeidspakke 3 ble derfor bare delvis gjennomført.

Resultatene fra forsøkene viser at man kan måle kollisjoner mellom fisk og rørvegg innenfor et begrenset område ved å benytte beskrevet metode. Rekkevidden for utstyret benyttet i dette forsøket er usikker, men basert på målinger med håndslag er det mindre enn én meter fra slagpunkt til sensor. Dette bekreftes av målinger av sensorer plassert 30-40 cm unna hverandre med få overlappende registreringer. Basert på dette er det rimelig å anta at vibrasjoner dempes raskt som en funksjon av avstand, og støt langt unna vil registreres som svakere enn støt som oppstår nært.

Generelt kan det se ut til at det måles flere støt (forsøket viser nesten dobbelt så mange) ved innløpet til Thermoliceren enn utløpet. Én forklaring på forskjellen i målingene kan være at fisken har kraftigere panikkadferd i det den entrer det tempererte behandlingsvannet enn etter at den har vært i vannet i 25-30 sekunder. En annen forklaring kan være relatert til metode, ettersom det ved innløpet var delvis vannfylte rør (vannspeilet ved overgang rist til temperert vann) mens sensorplassering ved utløpet var helt vannfylte rør. Grad av vannfylling kan påvirke vibrasjonsdemping i røret og kan kanskje påvirke målingene.

Basert på lovende resultater anbefales det videreutvikling og validering av metode for å robustgjøre denne samt undersøke om støtvariasjoner henger sammen med operasjonelle faktorer. Målesoppsettet er basert på relativt rimelige sensorer og i en fremtidsapplikasjon kan dette enkelt integreres i behandlingsutstyret for å gi operatører ytterligere informasjon om prosessen.

Leveranse: Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt (vedlegg 4)

4 Hovedfunn

- Feltregistreringer: Sykdom hos fisken kunne ikke forklare dødeligheten etter termisk behandling og derfor er det nærliggende å tro at forhold ved selve avlusingsprosedyren forklarer hvorfor fisken dør etter behandling
- Feltregistreringer: Dødeligheten og fiskevelferden har blitt hhv lavere og bedre over tid, noe som peker på forbedret utføring og utstyr ved termisk avlusing.
- Feltregistreringer: Det var signifikant lavere dødelighet og bedre fiskevelferdsscore i fiskegruppene som ble bedøvet ifm termisk behandling sammenlignet med de som ikke ble bedøvet. Dette må undersøkes nærmere for å forstå de bakenforliggende forklaringene til dette, spesielt om det er utvelgelsen av fisken som bedøves har en betydning for utfallet.
- Laboratorieforsøk: Graden av panikkatferd økte med økende behandlingstemperatur og i tillegg til panikkatferd kan laks også reagere på varmt vann ved å legge seg over på siden, og tilsynelatende «gi opp». Denne tendensen var mer tydelig i gruppen eksponert for 30 °C enn ved 33 °C.
- Laboratorieforsøk: Eksponering til varmt vann gir økt risiko for øyeskader, men det ble ikke funnet noe som tyder på at eksponering til 27-33 °C i 30 sekunder gir laks langvarige vevsskader i hjertet.
- Metodeutvikling: Det er mulig å måle støt mellom fisk og rørvegg ved å montere akselerometre på utsiden av rørvegg. Variasjon i målinger mellom sensorer plassert i nærheten av hverandre (30-40 cm) tyder på at oppsettet er sensitivt i forhold til plassering.
- Metodeutvikling: Det ble registrert flere støt ved innløp enn utløp av Thermolicer. Grunnen til dette er uklart, men kan skyldes variasjon i adferd eller være av måleteknisk art.

5 Leveranser

Prosjektets nettside hos FHF: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901649/>

Prosjektets nettside hos SINTEF: <https://www.sintef.no/termvel/>

Leveranser AP1

- Protokoll for registrering av data under termisk avlusing: se prosjektets hjemmeside og vedlegg 1
- Populærvitenskapelig artikkel: Norsk fiskeoppdrett (2022), 4, s. 68-76.

Leveranser AP2

- Rapport om effekten av behandlingstemperatur og gjentatte behandlinger: [Effekt på dyrevelferd av gjentatte termiske behandlinger med ulik \$\Delta t\$, ulik utgangstemperatur og ulik behandlingstemperatur | Havforskningsinstituttet \(hi.no\)](#) og vedlegg 3
- Vitenskapelig publikasjon: Bui mfl. 2022. Warm water treatment increased mortality risk in salmon. Veterinary and Animal Science, 2022, 100265. [Warm water treatment increased mortality risk in salmon - ScienceDirect](#)
- Presentasjon: Stien mfl. 2022. Effekt på dyrevelferd av gjentatt termisk behandling med ulik dt. Lusekonferansen 2022.
- Presentasjon: Stien mfl. 2022. Effekt på dyrevelferd av gjentatt termisk behandling med ulik dt. TermVel webinar
- Presentasjon: Iversen mfl. 2023. Effekt på dyrevelferd av gjentatt termisk behandling med ulik dt. Lusekonferansen, 8-9.02.23.

Leveranser AP3

- Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt: se prosjektets hjemmeside og vedlegg 4
- Populærvitenskapelig artikkel, "Lytter på termisk behandling", Norsk Fiskeoppdrett No 9, 2023.
- Presentasjon: Venås mfl. 2024. Lusekonferansen

Leveranser AP4

- Rapport fra risikofaktoranalysen med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling: se prosjektets hjemmeside og vedlegg 2
- Webinar med leverandører av termisk utstyr, 6. mai 2022; program, deltakerliste og presentasjoner: se prosjektets hjemmeside hos FHF
- Populærvitenskapelig publikasjon med resultater fra hele prosjektet: under utarbeidelse

6 Vedlegg

Vedlegg 1. Protokoll for registrering av data under termisk avlusing

Vedlegg 2. Rapport: Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling

Vedlegg 3. Rapport: Effekt på dyrevelferd av gjentatte termiske behandlinger med ulik Δt , ulik utgangstemperatur og ulik behandlingstemperatur

Vedlegg 4. Rapport: Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt