Vitenskapet

Avklaring av dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med termiske metoder

Termisk avlusing er det dominerende prinsipp for det som omtales som ikke-medikamentelle metoder (IMM). I TermVel (FHF#901649) har vi derfor fokusert på denne avlusingsformen for å bidra til å skaffe til veie objektiv dokumentasjon om tålegrenser. Prosjektet har først og fremst til hensikt å få fram mer kunnskap om fiskevelferdsmessige aspekter ved termiske metoder og undersøke hvilket mulighetsrom som finnes for fremtidig bruk av termiske avlusinger, spesielt relatert til kritiske faktorer som eksponeringstid og behandlingstemperatur i kommersielle avlusingsanlegg.

Morten Lund[1], Jostein Grip[2], Jostein Pettersen[3]
[1)] PatoGen AS, [2)] Tidligere PatoGen AS, nå Oxy Solutions, [3)] Tidligere PatoGen AS, nå Pharmaq

morten@patogen.no

Standardisering av data fra termisk behandling

Grunnlaget for objektiv dokumentasjon av metoder, prosedyrer og datainnhenting i epidemiologiske studier i havbruksnæringen legges i måten feltdataene blir registrert på. En systematisk og enhetlig tilnærming til hvordan feltdata registreres på er svært viktig for at en skal kunne svare på problemstillingen som er definert i prosjektet. Data som ikke samles inn på en måte som gjør de tilgjengelige for dataanalyse vil ikke kunne brukes til noe formål.

Basert på erfaringer fra en tidligere retrospektiv studie (upublisert, utført av NCE Aquaculture) fra over 700 merdbehandlinger med hovedsakelig termisk avlusing, ble det generert en første versjon av en protokoll for registrering av data i forbindelse med termisk avlusing. Denne versjonen ble klar til bruk for prosjektgruppen høsten 2020 og gjort tilgjengelig for andre produsenter på FHF sin nettside (https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901649/). Dataene som ble hentet inn i denne studien brukte denne protokollen.

En revidert versjon av protokollen ble ferdigstilt i februar 2022. I den reviderte versjonen beholdt vi kun variabler som ble ansett som relevante basert på erfaringene fra prosjektet. Protokollen er ment å kunne brukes på alle typer av IMM (https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901649/).

TermVel

FHF-prosjekt: Nr 901649
Prosjektgrupper: SINTEF Ocean har vært prosjektleder og andre prosjektpartnere har vært er Havforskningsinstituttet, Nord Universitet, NCE Aquaculture og og PatoGen
Hovedmål: Å skaffe til veie objektiv dokumentasjon av kritiske faktorer for laks ved termisk avlusing.

Delmål:
- Å foreta standardiserte dataregistreringer, avklare dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med bruk av termiske metoder i lakseoppdrett.
- Å avdekke effekt av ulike temperaturer og gjentatte termiske behandlinger på fiskevelferd.
- Å utvikle og validere verktøy for å forstå og tilpasse termisk baserte avlusingsoperasjoner for bedre fiskevelferd og redusert dødelighet.

Denne artikkelen er basert på resultater fra arbeidspakke 1 og 4

Avklare dødelighetsårsak og effekt av fiskehelsestatus ved termisk behandling

I denne delen av arbeidet ønsket vi å undersøke årsaken til dødeligheten etter termisk behandling ved hjelp uttak av PCR- og histologiprøver fra 25 merdbehandlinger. Hvilke merdbehandlinger som ble inkludert i studien ble besluttet fortløpende ettersom behandlingene ble planlagt hos produsentene. Videre ble merdbehandlingene prøvetatt basert på en totalvurdering av værforhold, forløpet av behandlingen og kapasiteten hos tilgjengelig fiskehelsepersonell. Fra hver merdbehandling ble det tatt ut prøver 1-7 dager før behandling, 24 timer etter behandling og 5-7 dager etter behandling (se **Tabell 1**). Det ble også registrert velferdsparametre etter mal fra FishWell før og rett etter behandling i tillegg til parametre iht protokollen etablert i dette prosjektet.

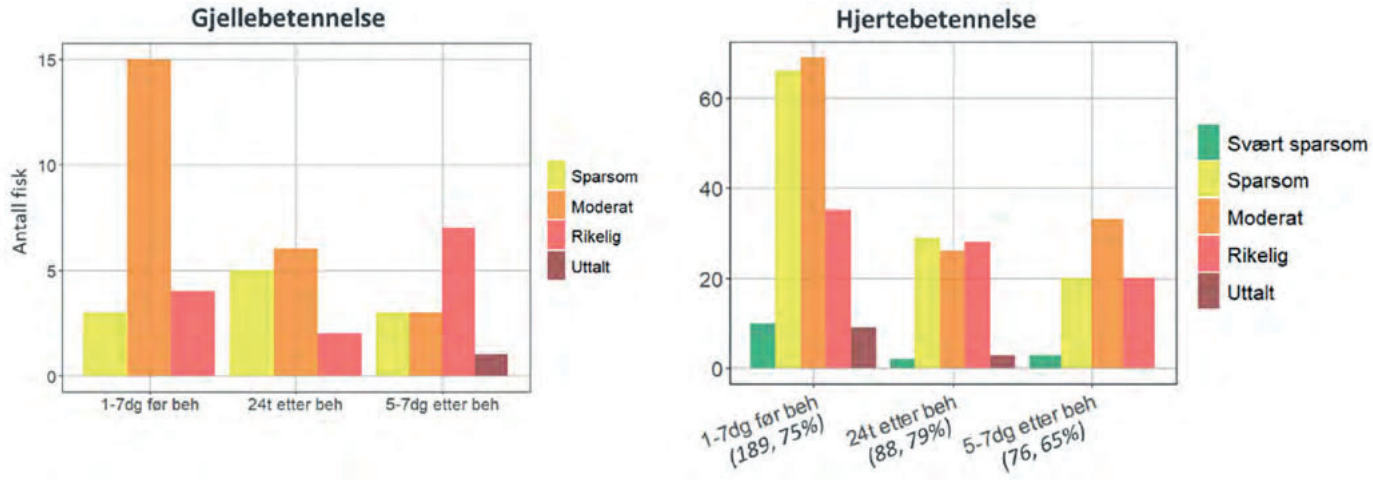
Det ble utført RT-qPCR-analyser for relevante patogener (*Candidatus* Branchiomonas cysticola, *Paramoeba perurans*, PRV, PMCV og *Yersinia ruckeri*). Den histopatologiske undersøkelsen ble utført på gjelle, hjerte, hjerne, lever, tarm, bukspyttkjertelen, milt, hud og skjelettmuskulatur. Den histopatologiske undersøkelsen ble utført av PatoGen sitt histologiteam og ved hjelp av den digitale registreringsløsningen til PatoGen. Denne sikrer en enhetlig registrering av funn og effektiviserer databehandlingen av datasettet.

Behandlingsdødeligheten ved hver merdbehandling ble beregnet fra snitt daglig dødelighet i % etter 1, 7, 14 og 21 døgn etter behandling minus snitt daglig dødelighet i % de siste 7 dagene før behandling. Den resulterende deltadødeligheten reflekterer en dødelighet som kan relateres til selve behandlingen. Median deltadødelighet etter 1 og 7 døgn var hhv 0,11% og 0,02% i de 25 studie-merdbehandlingene sammenlignet med hhv 0,02% og 0,03 % i merdbehandlingene som ikke var inkludert i AP1.2. Selv om variasjonen var høyere i hovedandelen av merdbehandlinger i datasettet, viser dette at merdbehandlingene som ble studert mer inngående hadde en høyere eller tilsvarende dødelighet med resten av merdbehandlingene som ble hentet inn i prosjektet.

Resultatene fra RT-qPCR-analysene viste moderat til lavt smittenivå av PRV og Branchiomonas og neglisjerbart smittenivå av de andre patogenene som ble testet i prøvene. Dette reflekterer et lavt smittepress før og etter avlusning og dette vil ikke kunne forklare dødeligheten etter avlusning.

Tabell 1. Oversikt over antall fisk som det ble tatt prøver av

	1-7 dager før behandling	24 timer etter behandling	5-7 dager etter behandling
Histologi	5 klinisk frisk fisk og 10 dødfisk/svimere	5 dødfisk/svimere	5 dødfisk/svimere
RT-qPCR	20 klinisk frisk fisk og 10 dødfisk/svimere	10 dødfisk/svimere	10 dødfisk/svimere



Figur 1. Histologiske funn på gjelle og hjerte før og etter termisk behandling. Tallene i parentes er antallet fisk med histopatologiske funn med tilhørende %-andel.

Resultatene fra den histopatologiske undersøkelsen er presentert i Figur 1 og Figur 2. Undersøkelsen viste liten grad av gjellebetennelse før og etter behandling (Figur 1). Dette tyder på at gjellesykdom ikke kan forklare akuttdødeligheten ved merdbehandlingene som ble studert. Det var en høy tilstedeværelse (75 %) av lavgradig til moderat hjertebetennelse før behandling. Selv om tilstedeværelsen av hjertebetennelse var høy (hhv 79 % og 65 %) etter 1 og 5-7 døgn etter behandling kan vi kun relatere en moderat andel av akutt-dødeligheten til hjertesykdom. Tilstedeværelsen av lavgradig gjelle- og hjertebetennelse på klinisk frisk fisk samsvarer med lignende observasjoner fra diagnostikken.

Det ble også registrert tegn på sirkulasjonsforstyrrelse i forbindelse med behandlingene, men kun sparsomme funn ble gjort før og etter behandling (Figur 2). Dette underbygger at gjelle- og hjertehelsen var tilsynelatende god basert på den histopatologiske analysen. Registrering av hudskader før og etter behandling viser en at en høy andel av fisken hadde sparsomme hudskader (Figur 2). Registreringene ved 5-7 dagers uttaket viser ingen videreutvikling av sår basert på undersøkelsene av fiskene i dette studiet.

Oppsummering dødelighetsårsaker

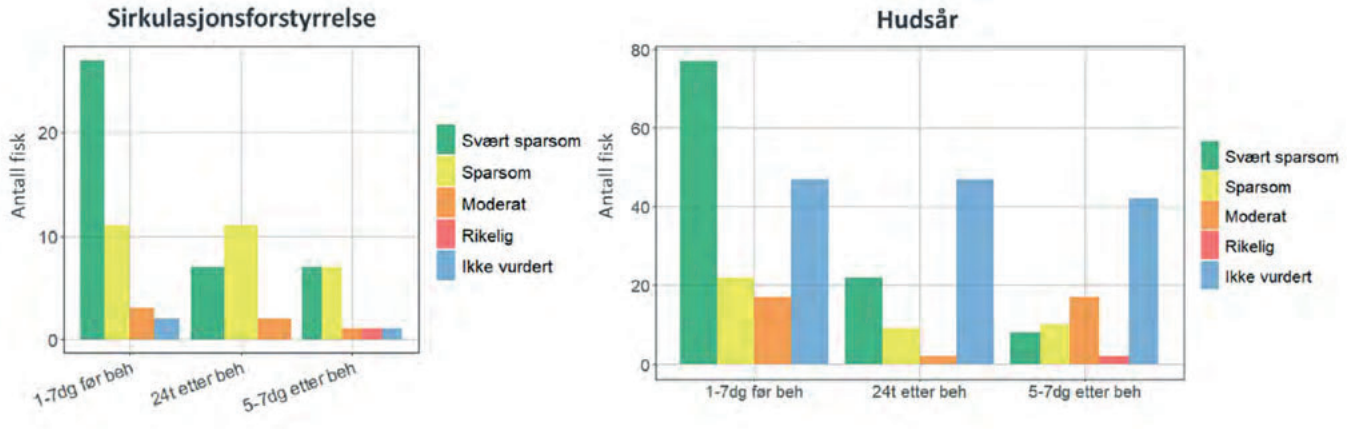
I sum kan vi konkludere med at fisken i disse merdbehandlingene hadde liten grad av sykdom i forkant av behandling og at dødeligheten etter behandling ikke primært kunne forklares med sykdom. Dette kan peke på at forhold ved selve avlusningsprosedyren som mulig forklaring på behandlingsdødeligheten i de undersøkte termiske merdbehandlingene.

Risikofaktoranalyse ved termisk avlusing

I denne studien ble det utført en risikofaktoranalyse for å identifisere faktorer ved behandlingen som kunne forklare dødeligheten rett etter avlusing. Hver enkelt variabel ble vurdert hver for seg før de ble inkludert i en regresjonsanalyse. Datasettet baserte seg på data fra termiske merdbehandlinger fra fire produsenter som holder til i Nordland og nordover hvor to av produsentene bidro med majoriteten av behandlingene. 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 akuttdødeligheten 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.

Behandlingsdødelighet ble beregnet ved å ta differansen mellom % daglig



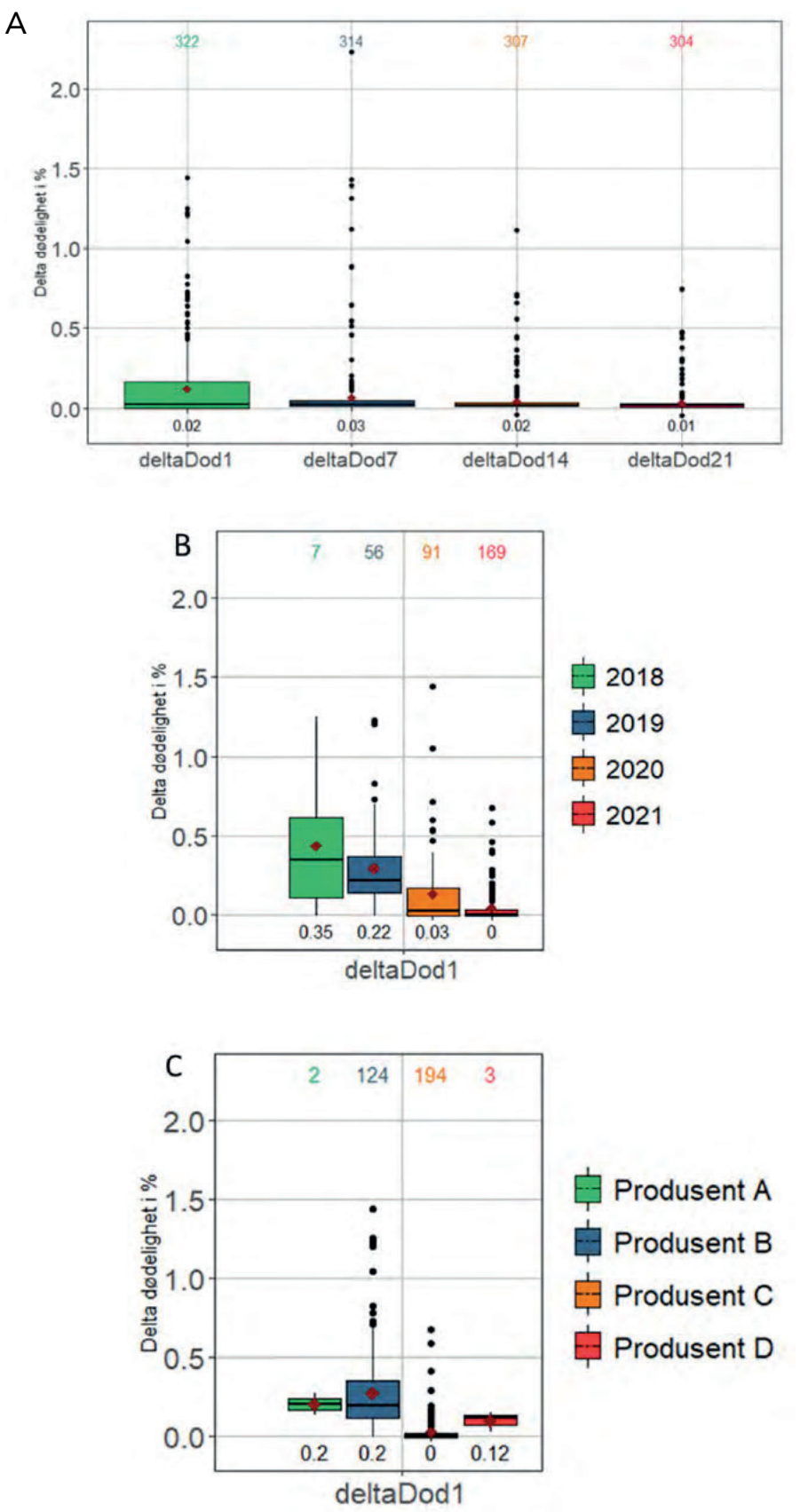
Figur 2. Histologiske funn på sirkulasjonssvikt og hudforandringer før og etter termisk behandling

dødelighet etter behandling og gjennomsnittlig % daglig dødelighet de siste 7 dagene før behandling. **Figur 3A** viser at behandlingsdødeligheten varierer mest 24 timer etter behandling og at dødeligheten raskt går ned på det samme nivået som før behandling. Dette tilsvarer funn som andre studier har vist etter ikke-medikamentell avlusning av atlantisk laks. Behandlingsdødeligheten 24 timer etter behandling benevnes som «Akuttdødelighet» i resten av denne artikkelen. Resultatene viser også at akuttdødeligheten har gått ned over tid (**Figur 3B**) noe som indikerer en forbedring av metoden med tanke på utstyret som brukes og prosedyrene ved termisk avlusning. Dette indikerer også at fisken som går inn i termisk avlusning håndterer behandlingen bedre som følge av grundige forhåndsvurderinger av helsestatus til fisken. Det ble også avdekket en forskjell i akuttdødelighet mellom produsent B og C (**Figur 3C**) til tross for at disse to produsentene hadde likt dødelighetsnivå i forkant av behandling. Denne forskjellen ble mindre når resultatene ble fordelt på behandlingsår som følge av en redusert akuttdødelighet de siste årene hos produsent B.

Resultatene fra analysene av enkeltvariablene viste ingen effekt av maks behandlingstemperatur på merdødeligheten 24 timer etter behandling (**Figur 4**). Effekten av deltatemperatur på akuttdødeligheten viser en trend mot en høyere sannsynlighet for økt akuttdødelighet rundt 22°C. Denne effekten var også synlig i Random forest modelleringen.

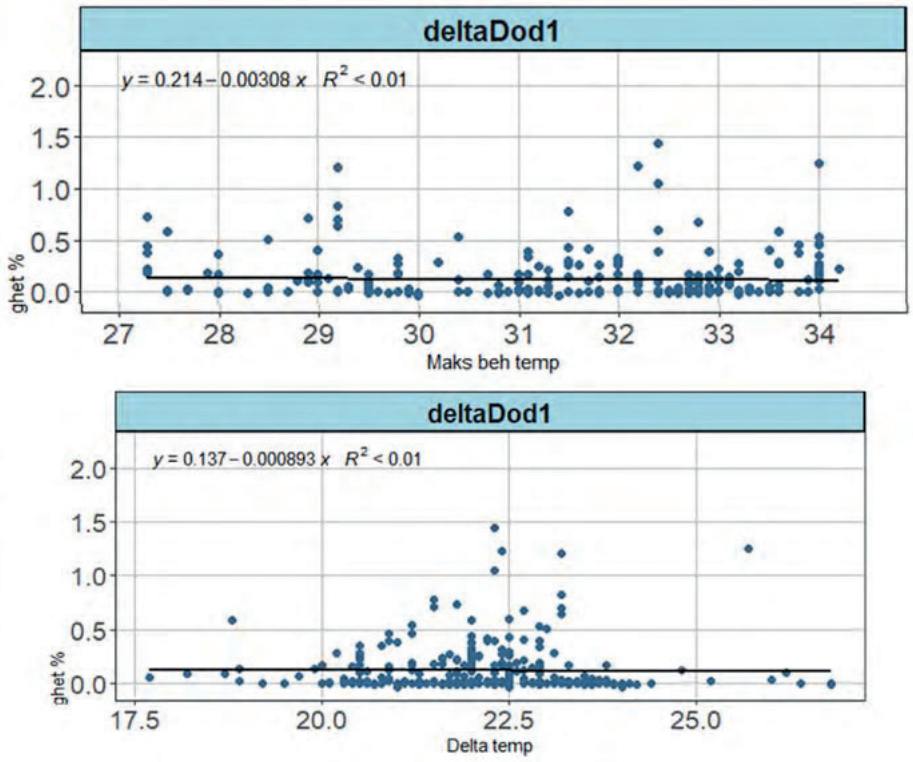
Det ble heller ikke funnet noen sammenheng mellom maks behandlingstemperatur og dødelighet 48 timer etter behandling i et retrospektivt studium utført i forkant av TermVel (**Figur 5**). Dette studiet var utført på et datasett bestående av 587 termiske merdbehandlinger fra 2016 – 2020. I det samme studiet ble det ikke funnet noen sammenheng mellom deltatemperatur og dødelighet 48 timer etter behandling.

Undersøkelsene av enkeltvariablene viste en trend mot redusert akuttdødelighet ved økt total varighet av behandlingen i minutter (**Figur 6**), en effekt som også kom frem i Random forest modelleringen.

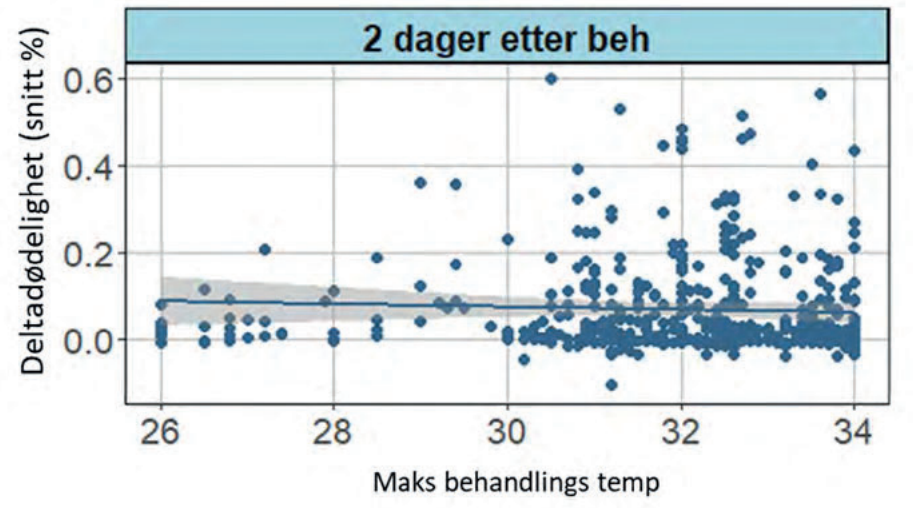


Figur 3. A: Deltadødelighet etter termisk behandling. Deltadod1, 7, 14 og 21 indikerer behandlingsdødeligheten etter hhv 1, 7, 14, og 21 dager etter behandling. B: Redusert akuttdødelighet over en tidsperiode fra 2018-2021. C: Forskjell i akuttdødelighet mellom produsent B og C. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor 1,5 * (Q3-Q1), svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.

Det ble også funnet en signifikant lavere akuttdødelighet etter behandlingene hvor sedasjon har blitt brukt sammenlignet med behandlingene hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Denne effekten og bruken av sedasjon blir diskutert under delen om fiskevelferd senere i artikkelen.



Figur 4. Scatterplot over maks behandlingstemperatur og deltatemperatur opp mot dødelighet i % 24 timer etter termisk behandling.



Figur 5. Scatterplot over maks behandlingstemperatur og dødelighet i % 48 timer etter termisk behandling. Dette er resultater fra et retrospektivt studium av termiske behandlinger (N= 587) utført i 2016 – 2020.

Resultatet fra Random forest regressjonen ga en modell som hadde en for lav forklaringsgrad til at den var konklusiv. Dette betyr at dataene som ble hentet inn i dette prosjektet ikke klarte å forklare akuttdødeligheten i stor grad. Dette kan være forårsaket av vi hadde et lite antall merdbehandlinger (N=155) med komplette registreringer, i tillegg til at det var for lite registreringer av trengningsvariablene som antas å bidra med å kunne forklare akuttdødeligheten. Prosjektet fikk ikke tilgang til data fra hele livsløpet til fisken fra utsett i sjø og dette bidrar nok også til at modellen ikke får høyere forklaringsgrad.

Dette resultatet samsvarer også med en lineær regresjonsmodellering utført i et retrospektivt studium som ble utført i forkant av TermVel. I sum peker disse resultatene på at det er flere variabler som forklarer akuttdødeligheten etter termisk avlusning. Derfor er det viktig at ved feltstudier av komplekse problemstillinger er det nødvendig med datasett med et tilstrekkelig stort antall observasjoner som er fullstendig registrert på relevante parametere. Dette fordrer samarbeid mellom produsenter og en enhetlig registrering av data.

Effekt på fiskevelferd under termisk avlusing i felt

I forbindelse med datainnhentingen fra termiske avlusinger ble flere velferdsparametere registrert etter mal fra FishWell. Malen etablert av FishWell ble brukt for å sikre objektiv og lik registrering av disse parameterne. Velferdsparametere ble også registrert fra de 25 merdbehandlingene som vi tok prøver fra. I alle merdbehandlingene som vi samlet inn i prosjektet ble velferdsparametere registret rett før og etter behandling. Fra disse merdbehandlingene valgte vi også å inkludere hjernevev i histologiuttaket på bakgrunn av prosjektgruppens og andres observasjoner av makroskopiske hjerneblødninger i forbindelse med håndteringsoperasjoner av atlantisk laks.

Endringen i score av de ulike velferdsparameterne ble beregnet ved å trekke scoren etter behandling fra scoren før behandling. Dette gir en delta velferdscore som innebærer at en delta-verdi over 0 indikerer dårligere velferdscore etter behandling.

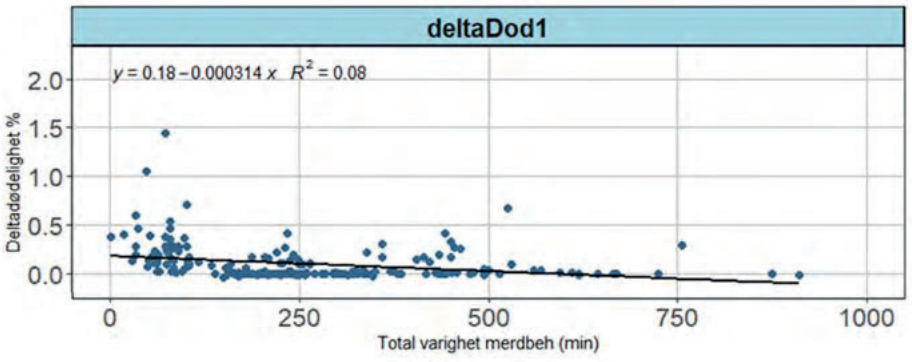
Forbedret delta velferdsscore over tid

Resultatene fra velferdsscoringen fra merdbehandlingene som ble hentet inn i prosjektet viser at delta velferdsscore går ned fra G18 til G21 (Figur 7). Dette kan forklares med bl.a. et økende fokus på scoring av fiskevelferd ved IMM-behandlinger, i tillegg til bedring i behandlingsmetodene ved utførelse og en optimalisering av utstyr over tid. Den samme positive trenden ser vi også i akuttdødeligheten. Til tross for et lavt antall observasjoner for G18 og G21 understøttes denne trenden av et tidligere utført retrospektivt studie av termiske behandlinger.

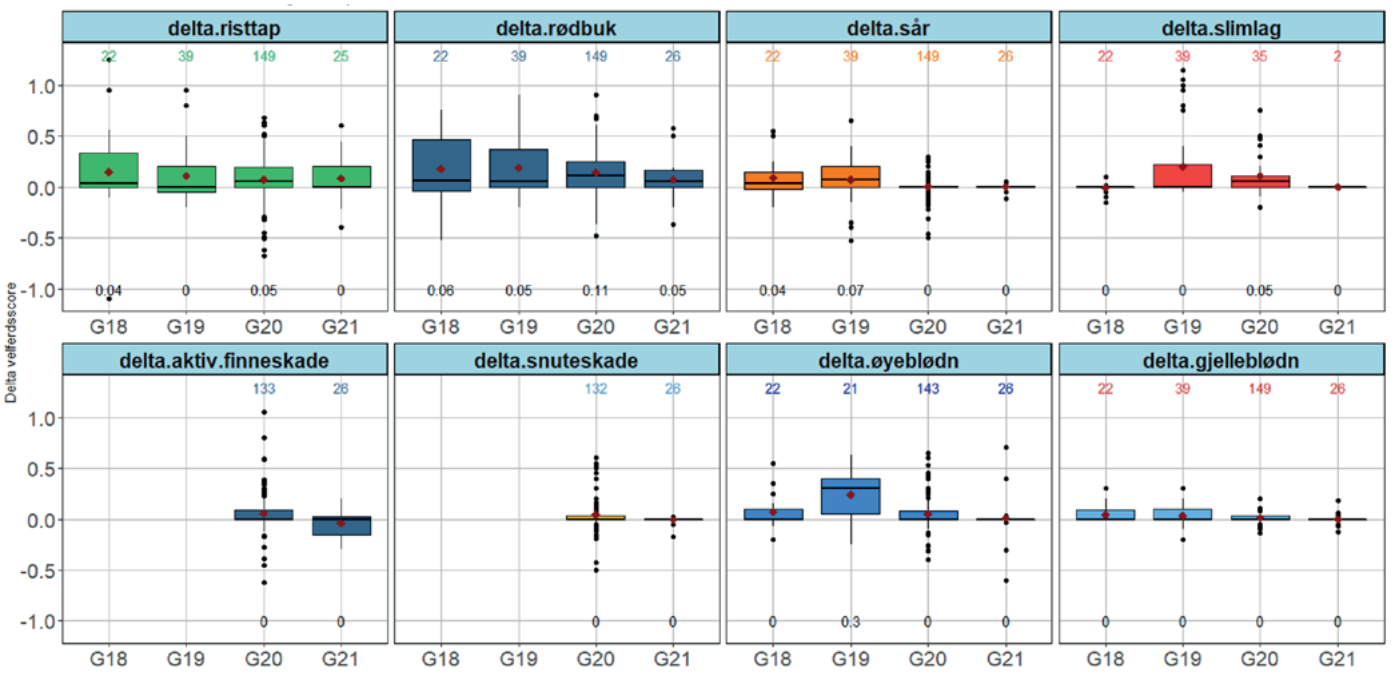
Effekt av total behandlingstid (fra oppliningen starter til all fisken er tilbake i mottakermerden) per merd på velferdsscore

Datasettet som ble samlet inn avdekket en trend mot forbedret delta score av velferdsparametre etter behandling med økt behandlingstid for hver merdbehandling. Dette tyder på at behandlinger som av ulike årsaker fører til at fisken går raskt gjennom avlusningsoperasjonen har en økt sannsynlighet for å gi dårligere fiskevelferd basert på scoring av velferdsparametre. Vi har ikke undersøkt om det er spesifikke perioder i løpet av den totale behandlingstiden som er kritiske for fiskens velferd. Dette må ikke forveksles med at lange trengetider og fisk som blir stående lenge i operasjoner er positivt for utfallet av en termisk avlusning.

I det samme datasettet kunne vi ikke se en effekt av maksimal behandlingstemperatur eller deltatemperatur på velferdsscore. Dette understøtter resultater fra et tidligere utført retrospektivt studium.



Figur 6. Scatterplot over total varighet per merdbehandling (min) og akuttdødelighet etter termisk behandling.



Figur 7. Delta velferdsscore fordelt på generasjon i datasettet hentet inn i arbeidspakke 1. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor 1,5 * (Q3-Q1), svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.

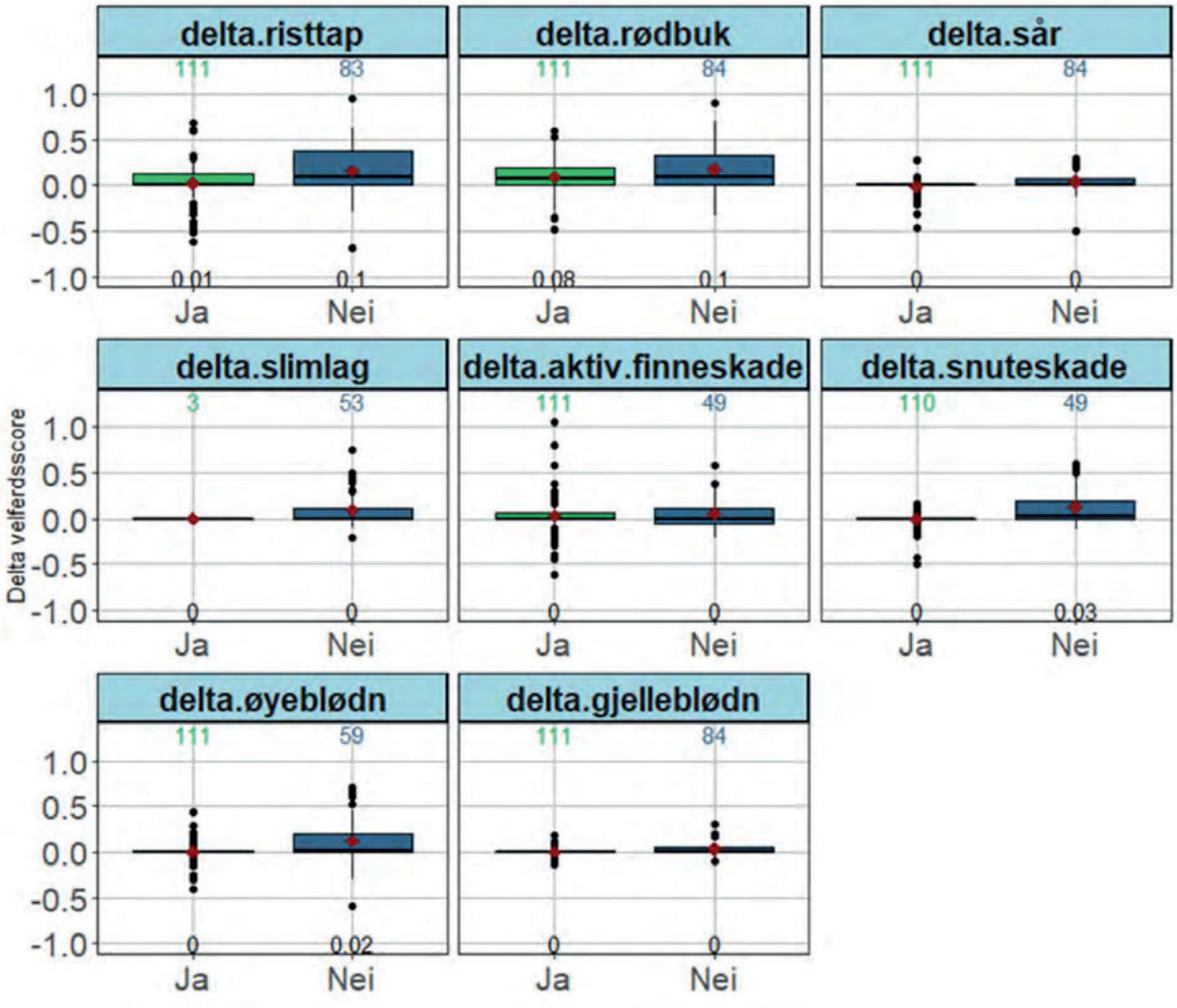
Vitenskapet

Forskjell i delta velferdsscore og akutt dødelighet ved bruk av sedasjon

Dataanalysen av velferdsparametrene avdekket også en forskjell i delta velferdsscore (**Figur 8**) og akuttdødelighet etter behandling (**Figur 9**) mellom behandlingene som hadde brukt sedasjon og de som ikke hadde brukt sedasjon. I datasettet var sedasjon kun blitt brukt ved behandlinger i 2020 og 2021 og derfor er kun merdbehandlinger fra disse årene inkludert i figurene 8 og 9.

Økt andel og alvorlighetsgrad av blødning i hjerne og hjernehinne etter termisk behandling

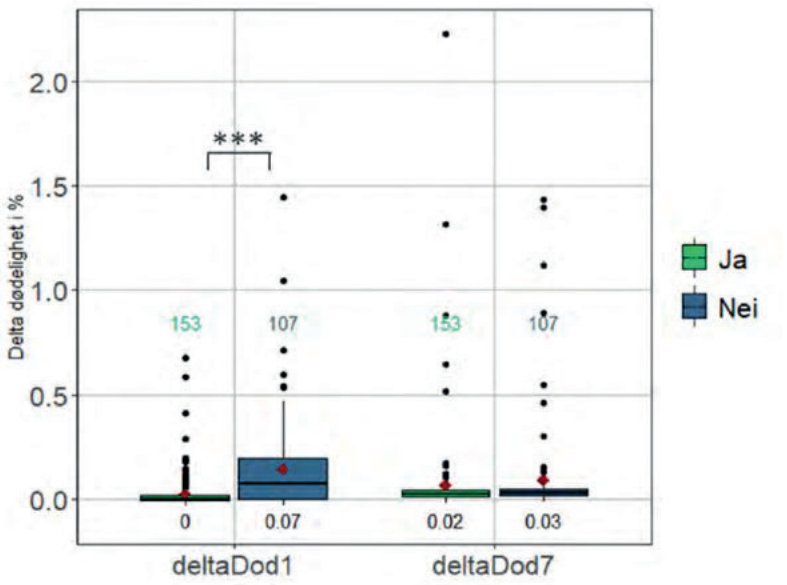
Hjerneblødning hos atlantisk laks er lite studert, men det antas å skyldes slag mot hode som følge av enten flyten gjennom transportrør osv. eller en stressreaksjon under håndtering. Likevel er makroskopisk hjerneblødning også observert på atlantisk laks som ikke har blitt utsatt for traume eller selvskading, men som har blitt eksponert for en stressor (Personlig obs., M. Lund, 2017). I dette studiet ble blødning i hjerne og hjernehinne registrert histopatologisk og resultatene er presentert i **Figur 10**. I



Figur 8. Boksplot over delta velferdscore og bruk av sedasjon under termisk behandlinger utført i 2020 og 2021. Gruppen Ja indikerer behandlinger hvor sedasjon har blitt brukt og gruppen Nei indikerer behandlinger hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor 1,5 * (Q3-Q1), svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.

dette datamaterialet ble det registrert en lav andel (6 %) av fisken med lavgradig hjerneblødning før behandling. Årsaken til dette kan være tidligere traumer, selve prøveuttaket eller håndteringen i forbindelse med prøveuttaket. I tidspunktene etter behandling ble det observert en markant økning i andelen av fisk med blødninger og i tillegg økt utbredelsesgrad hos individene med blødninger.

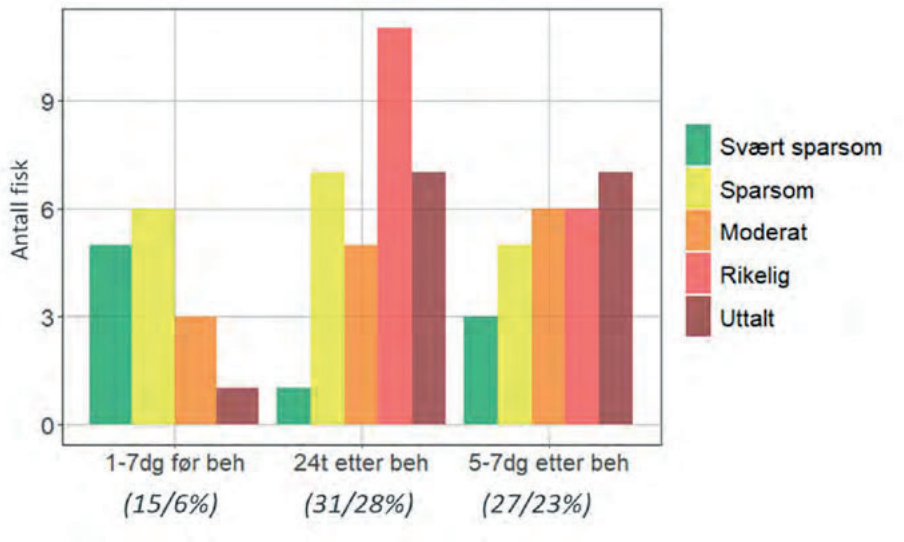
Figur 11 viser de samme fiskene med hjerneblødning fordelt på om de ble sedert eller ikke ved termisk behandling. Denne figuren viser at fisk som ble sedert ved termisk behandling har vesentlig lavere tilstedeværelse av hjerneblødning sammenlignet med fisken som ikke ble sedert. Deltatemperatur (differansen mellom sjøtemperaturen og maksimal behandlingstemperatur) og maksimal behandlingstemperatur hadde ingen tilsynelatende effekt på risiko for å få hjerneblødning. Dette må undersøkes nøyere i et oppsett med et høyere antall fisk.



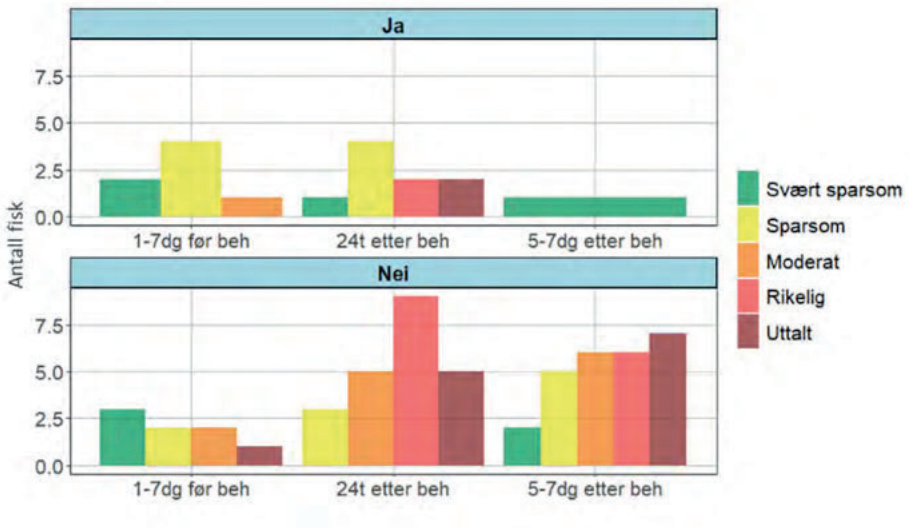
Figur 9. Boksplot over merdødeligheten 1 og 7 døgn etter behandling i grupper som har/ikke har brukt sedasjon under termisk behandlinger utført i 2020 og 2021. Gruppen Ja indikerer behandlinger hvor sedasjon har blitt brukt og gruppen Nei indikerer behandlinger hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor 1,5 * (Q3-Q1), svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks. *** indikerer en p < 0.001 etter en Welch Two Sample t-test.

Diskusjon

Resultatene som er presentert her viser at merdødeligheten og delta velferdsscore etter termisk avlusing har blitt bedre over tid som vist per år og generasjon. Dette indikerer at prosedyrene og utstyret som brukes ved termisk avlusing har blitt bedre i tillegg til at helsestatusen til fisken i økende grad har blitt vurdert i forkant av behandling og behandlingsmetode.



Figur 10. Antall fisk med enten hjerneblødning eller hjernehinneblødning fordelt på uttakstidspunkt. Tallene i parentes under hvert uttakstidspunkt er (antall fisk totalt med hjerneblødning per tidspunkt/% andel fisk av det totale antallet fisk undersøkt per tidspunkt). Utbredelse i snittet av forandringen er indikert med graderinger og fargekoder.



Figur 11. Registrering av blødning i hjerne eller hjernehinne i grupper som er sedert eller ikke sedert under termisk behandling. Gruppen Ja indikerer behandlinger hvor sedasjon har blitt brukt og gruppen Nei indikerer behandlinger hvor sedasjon ikke har blitt brukt.

I de 25 merdbehandlingene vi fulgte nøye kunne vi ikke påvise en sykdomsrelatert årsak til at fisken døde etter behandling. Det kan derfor tyde på at i disse merdbehandlingene kan det være faktorer ved selve behandlingsprosedyren eller behandlingsutstyret som primært forklarer dødeligheten etter behandling.

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 akuttdødeligheten. Dette vil bedre forståelsen av hvilke risikopunkt som påvirker utfallet av en håndtering av fisk som har god helsestatus. Felterfaringer 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 akuttdødelighet 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 noe som begrenser bruken av sedasjon 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.

Blødningene i hjerne/hjernehinne som er dokumentert i dette studiet viser en effekt av den termiske behandlingen som ikke er beskrevet tidligere etter det forfatterne er kjent med. Makroskopisk er blødning i kraniehulen observert i felt, men ikke på en systematisk og mikroskopisk tilnærming. Resultatene fra dette studiet viser at hjerneblødning utløses etter termisk behandling, men at det trolig er som følge av en stressrespons

ved håndteringen og ikke nødvendigvis eksponeringen for temperert vann. Det må avklares om funnene hovedsakelig kan forklares med slag mot hodet eller om det utløses av en stressrespons uten påfølgende slag mot hodet. Siden hjerneblødning er lite studert hos laks, er det et behov for å standardisere prøveuttakene for å minimere effekten av prøveuttak på preparatet og å standardisere den histologiske scoringen av blødningene. Videre må en forstå utløsende faktorer for hjerneblødning og betydning av disse forandringene for fisken. Det vil også være viktig å forstå hvilket nivå av stress stimuli som er nødvendig for å utløse blødning i hjernen. Tilstedeværelsen av hjerneblødning etter håndteringsoperasjoner bør også sees i sammenheng med hudblødninger og blødninger i øyekammer og om dette kan ha samme utløsende årsak.

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. Bruk av sedasjon ser ut til å kunne redusere forekomsten akuttdødeligheten og av blødning i hjerne eller hjernehinne. Til tross for dette mener vi at sedasjon ikke nødvendigvis er den langsiktige løsningen for å redusere risikoen for hjerneblødning etter termisk avlusning, men at dette heller løses ved metodiske forbedringer som reduserer stressbelastningen på fisken gjennom avlusning. 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. Prosjektet kunne ikke identifisere avgjørende punkter i håndteringsprosessen som utløste hjerneblødningene. 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 for å oppnå bedre fiskevelferd. Samtidig er det viktig å finne de rette stressreduserende 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.

Takk

Prosjektpartnerne i TermVel er Havforskningsinstituttet, Nord Universitet, NCE Aquaculture og SINTEF Ocean (prosjektleder), og har sammen med referansegruppen bidratt med konstruktive og nyttige diskusjoner gjennom hele prosjektet. Oppdaterte felterfaringer har vært helt essensielt for å lykkes med denne delen av TermVel. Vi ønsker å rette en stor takk til produsentene som bidro med data til prosjektet, uten disse dataene ville ikke den nye kunnskapen ha blitt generert. Til slutt ønsker jeg å takke histologiteamet til PatoGen for en strålende og dedikert innsats og Muhammad Qasim hos Axbit for nyttige statistikk-diskusjoner.