

Slakting direkte fra oppdrettsmerd

Tauranga – fase 3

Kjell Ø. Midling, Stephen Harris, Odd-Børre Humborstad, Leif Akse, Chris Noble, Tor Evensen, Ronny Jakobsen og Torbjørn Tobiassen





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 470 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

 /ISBN: 978-82-7251-927-7 (trykt)
 /ISBN: 978-82-7251-928-4 (pdf)

 Rapportnr:
 44/2011

 Tilgjengelighet:
Åpen

<i>Tittel:</i> Slaktning direkte fra oppdrettsmerd Tauranga – fase 3	<i>Dato:</i> 23.12.2011
<i>Forfatter(e):</i> Kjell Ø. Midling ¹ , Stephen Harris ² , Odd-Børre Humborstad ³ , Leif Akse ¹ , Chris Noble ¹ , Tor Evensen ¹ , Ronny Jakobsen ¹ og Torbjørn Tobiassen ¹	<i>Antall sider og bilag:</i> 36+2 <i>Prosjektnr.:</i> 20876
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF # 900306
<i>Tre stikkord:</i> Kvalitet, logistikk, RSW, Rigor mortis	
<i>Sammendrag:</i> I prosjektet er det gjennomført en lang rekke forsøk og tester, fra merd og helt frem til ferdig filet, ved både lave og høye slaktetemperaturer, internt hos Marine Harvest og ved personell fra Nofima og Havforskningsinstituttet. Myk filet, spalting og hvordan forløpet av rigor mortis påvirkes av pumping og behandling av fisken har vært sentralt i prosjektet. Ulike muskelgrupper hos laks blir dødsstive til ulike tidspunkt. Det er vist at kvalitetsproblemer kan oppstå hvis fisken blir behandlet (pumpet og sløyd) i rigor mortis. Det er en sammenheng mellom rigor mortis og kvalitetsproblemer som spalting og myk filet. Transport, håndteringsmetoder og prosesseringsteknikker kan forbedres. Det er bedre å pumpe fisk til buffer på land så tidlig som mulig og kvaliteten blir minst like god som når fisken holdes ombord i båten. Marine Harvest har etablert klare og presise rutiner for oppdretterne som skal levere fisk, særlig i forhold til trenging under pumping.	
<i>English summary:</i> A large number of tests and experiments have been conducted in this project, from cage to processed filet and during high and low sea temperatures, by Marine Harvest themselves as well as in collaboration with Nofima and Institute of Marine Research. Soft filet, gaping and how rigor mortis is affected by pumping and handling has been central elements. It has been demonstrated that quality problems can occur if fish are handled in rigor mortis. Fish that are processed in rigor mortis and become soft will continue the rigor mortis process after handling. There is a correlation between rigor mortis grade and quality problems. The transport, handling methods and processing techniques of dead haul fish can be improved. There are advantages to pumping fish to a buffer as early as possible. Results show that quality of fish pumped early to a buffer are at least as good as the quality of fish held onboard the boat. Marine Harvest have established procedures for crowding harvesting, transport, unloading and hygiene.	

¹ Nofima AS - Tromsø

² Marine Harvest – region sør

³ Havforskningsinstituttet i Bergen

Innhold

1	Bakgrunn.....	1
1.1	Skalering 2009	2
1.2	Strategivalg	2
2	Material og metode.....	5
2.1	Hva og hvordan vi måler	5
2.1.1	Glukose	5
2.1.2	Laktat og pH	5
3	Målsetting ved prosjektet	6
4	Resultater og diskusjon.....	7
4.1	Fysiologi sammenfattet	7
4.2	Pumpeprofil	8
4.3	Ringja februar 2010 - lav temperatur	8
4.4	Utvikling post mortem.....	13
4.5	Ringja september 2010 - høy temperatur	15
4.6	Rigor mortis og pumping	16
4.7	Fisk inn og ut av R.m.	17
4.8	Forsøksoppsett "Inn-ut-og inn i rigor"	19
4.9	Manipulering.....	20
5	Slakting direkte fra merd vs. levende i brønnbåt – Pro et contra	27
5.1	Økonomi, Effektivitet, Velferd, Kvalitet, Holdbarhet, Sykdom/Smitte, Leveringsevne/Vær, Dokumentasjon, Matvaretrygghet	28
6	Konklusjoner	31
6.1	Tauranga og MHs konklusjoner	31
6.1.1	Trenging, pumping, slakting og transport	31
6.1.2	Kvalitet, rigor og spalting	31
7	Referanser til området "respons på håndtering"	32
	Vedlegg.....	

1 Bakgrunn

Marine Harvest AS (MH) har siden 2006 prøvd ut og evaluert en lang rekke slaktemetoder for oppdrettslaks. Bedriften har stått i spissen for utprøvingen som kom som følge av nye slakteriforskrifter og implementeringen av forbudet mot bruk av CO₂ som bedøvelse. Ulike forsøk i bedriften har vært gjennomført av Nofima med støtte av FHF. Både elektrisk bedøving (Seaside AS) og slag (Seafood Innovations Ltd./Stranda Prolog AS) ble vurdert i disse forsøkene. I tillegg har MH fortsatt arbeidet med å perfektionere levende kjøling og sedering ved CO₂ (Ryfisk, Hjelmeland) og har også implementert andre slagsystemer som Richard Bass-RB6. Bedriften har ulike utfordringer i forhold til hvor i landet slakteriene ligger og har fortsatt ulike slaktekonsept i bruk.

I 2007-2008 gjennomførte MH region sør en rekke forsøk på slakting av oppdrettslaks direkte fra produksjonsmerd. Dette var vanlig tidligere i Norge (1980-årene) og er også normal prosedyre i for eksempel British Columbia, Tasmania og Skottland. Skalaen i Norge er imidlertid større. Hoveddelen av forsøkene fant sted i sør. Ryfisk på Hjelmeland (Rogaland), men også i nord Marine Harvest sitt anlegg på Hærøy (Nordland). Resultatene fra disse forsøkene er blant annet publisert i rapporten "Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd" (Midling et al. 2008).

Hovedmålet med prosjektene var å teste avliving og bløgging på båt i nær industriell skala og å danne det nødvendige kunnskapsgrunnlaget for omlegging av all slakting ved Marine Harvest, region sør. Fase 1 av prosjektet ble gjennomført på brønnbåten "B/B Tauranga" hvor følgende momenter ble evaluert og dokumentert:

- mammut-pumpe (air-lift) versus vakuumpumpe
- elektrisk bedøving versus slagbedøving
- avliving ved merd versus levende i brønnbåt

Resultatene var svært positive og MH ønsket å slakte mest mulig av laksen i regionen på denne måten. Fase 2 av prosjektet ble gjennomført på ringnotfartøyet "M/K Sørfold", dels i sør og dels i anlegget på Hærøy. I alt ble om lag 2000 tonn testet i de to systemene som gav følgende konklusjoner:

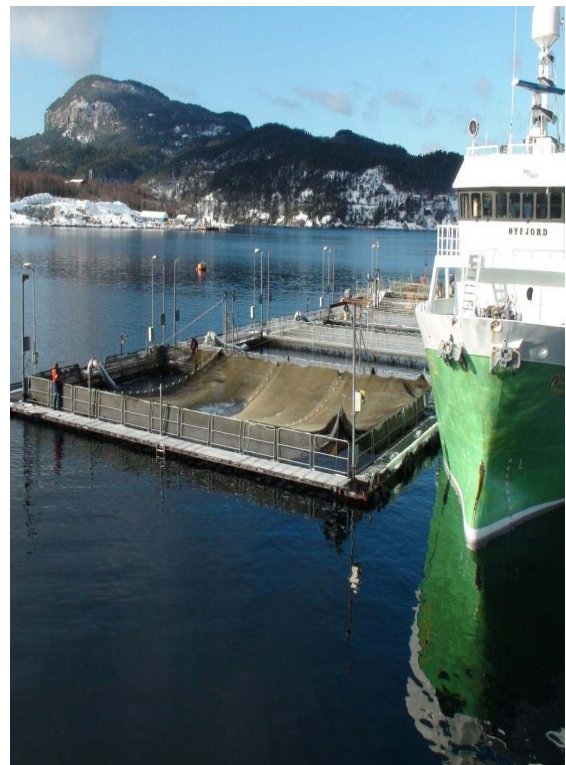
1. Skånsom trenging og pumping gir god bedøvelse, bløgging og kjøling og svært lang pre-rigor tid.
2. Laksen får forbedret kvalitet i forhold til levende kjøling og minst like lang holdbarhet (QIM, kimtall).
3. Elektrisk bedøving reduserer pre-rigor tiden og kan ikke brukes når transporttiden er lang.
4. Adferdsbasert slakting er effektivt og sikrer god velferd og kvalitet, men krever kyndig personell og skånsomhet ved trenging og pumping.

1.1 Skalering 2009

B/B Tauranga ble bygd om for slaktning direkte fra oppdrettsmerd og ble det første prosessfartøyet i Norge. De viktigste endringene på fartøyet er:

- Fartøyet laster nå 280 tonn laks mot 60 tonn før ombyggingen.
- Pumping av fisk ombord ble effektivisert gjennom montering av ny vakuumpumpe med to tanker, hver på 4,5 m³ volum.
- Kort pumpedistanse fra ventemerde.
- Hydraulisk justerbart sorteringssystem (senere sveiset fast på grunn av problemer med å få hydraulikken til å fungere).
- Tre fulle SI-5 rigger, noe som gir 12 kanaler med slag- og bløggesystemer og en beregnet kapasitet på 50 tonn/time.
- Seks RSW-tanker totalt på 400 m³ og med fordeling RSW/fisk på 60/40.
- Kjølekapasitet på 1,2 mill. kcal, eller 70 tonn fisk fra 20 grader til null grader per time.
- Cleaning In Place (CIP) på alle tanker og rør for å sikre god hygiene.

1.2 Strategivalg



Bilde 1 Sentralt tema i forsøkene; gir laks slaktet direkte fra merd (B/B Tauranga t.v.) bedre økonomi og kvalitet enn laks slaktet via ventemerde (B/B Øyfjord t.h.) eller er kombinasjon rette vei å gå?

Lakseproduksjonen lengst sør i Norge (sør for Bergen) har spesielle utfordringer knyttet til stor temperaturvariasjon (høy sommertemperatur, lav vintertemperatur). I tillegg har området hatt store utfordringer innen sykdom (PD og CMS) og lus. Dette fører til svekket fisk i perioder og tidvis stor og lite forutsigbar dødelighet. Disse problemene fører til at Marine Harvest, region sør, ikke kan benytte ventemerder i lange perioder (for eksempel juni til oktober 2010). Dette var den viktigste enkeltfaktor til at slaktning direkte fra oppdrettsmerd ble satt i gang.

Det er knyttet usikkerhet til hvilke bidrag åpne brønnbåter har i forhold til å spre smitte og lus, men fortsatt er det denne type fartøy som foretrekkes. Betingelsene for brønnbåtnæringen kan imidlertid endres raskt og økt behov for sikkerhet kan føre til mange prosessfartøy a la B/B Tauranga. Kapittel 5 oppsummerer fordeler og ulemper med denne teknologien i forhold til dagens brønnbåter.



Bilde 2 Prosjektdeltakere i full sving med å måle rigor mortis og forskjellige kvalitetsparametre på laks slaktet direkte fra oppdrettsmerd og via ventemerd og levendekjøling.

2 Målsetting ved prosjektet

Prosessfartøyet B/B Tauranga ble satt i drift umiddelbart etter ombygging og ga gode resultater. Imidlertid er det knyttet noe usikkerhet til denne driftsformen og mulige sammenhenger mellom mykhet i fileten etter pumping etter filetering på Ryfisk, Hjelmeland.

Følgende målsettinger ble formulert:

1. Å finne sammenhengen mellom behandling av den levende fisken og mykhet i filet under bearbeiding og filetering.
2. Å finne sammenhengen mellom rigorforløp, behandling av fisken i rigor, gjeninntredelse i rigor og mykhet/spalting av fileten.
3. Å finne hvor i prosessen produksjonsfeilene oppstår.

I tillegg ble følgende delmål formulert:

- Etablere protokoll av prosess og målinger av fisk fra trenging, atferdsstyrt slakting til pumping inn til slakteri og finne mulige årsaker til myk filet.
- Beskrive forløpet av rigor mortis i tankene på B/B Tauranga og om RSW-sirkulasjon påvirker fiskens kvalitet og sammenligne denne med tilsvarende fra kar på dekk.
- Finne sammenheng mellom betingelser under avkast og forløpet av slaktingen.
- Stressnivå (utmattelse) og laksens evne til å blø ut.
- Vurdere velferd, hygiene, redusert smittepress inkludert avliving av utsortert fisk med strøm.

3 Material og metode

3.1 Hva og hvordan vi måler

Måling av respons på behandlinger av laks som trenging og pumping i kommersiell skala er vanskelig. For det første er det ofte svært mange fisk som behandles samtidig (et avkast kan ha 100.000 individer), for det andre utsettes fisken for behandlingen i ulik tid og det vi måler varierer følgelig også gjennom uttaket av laksen. I et avkast tas 0-gruppen (ustresset laks) for måling av fysiologisk stress ut med håv når den blir tilgjengelig for det, og så tidlig som mulig. Vi håper da at det er den minst påvirkede fisken som da tas ut. Ofte finner vi, dessverre, at flere av disse individene (blant 20) er relativt utmattet. Det er sannsynlig at disse individene har vært i kontakt med avkastnotens notlin og har svømt (kjempet) mot å bli fanget. Og at det er nettopp dette som gjør at de svømmer helt i overflaten. Dataene vi samler inn på denne måten varierer derfor mye og medfører tilsvarende usikkerhet til konklusjonene. Vi har konsentrert oss om så enkle metoder som mulig for å registrere utmattelse/stress og kommet frem til pH i blod og muskel, laktat (melkesyre) i blod og glukose i blod. Alle fire parametre tas med enkle prober, enten stikkelektroder eller "sticks". I tillegg til laksens fysiologiske respons kartlegger vi også hvordan fisken opptrer under lagring på is. For slakteriene er det særlig utvikling og styrken i dødsstivheten (Rigor mortis) som er viktig. Tradisjonelt oppstår sløyeskader når laksens "Tail-drop"- (vinkel mellom fisk og loddrett linje og som brukes som et mål for hvor stiv fisken er) blir mer enn 60 grader. Jo mer stresset og utmattet, desto raskere går fisken inn i dødsstivheten og desto raskere oppstår det sløyeskader. Det er dette som er hovedgrunnen til at elektrisitet ikke kan brukes på slaktning direkte fra oppdrettsmerd; fisken blir dødsstiv etter 5-6 timer i motsetning til avliving ved slag hvor den blir dødsstiv etter 20-30 timer.

3.1.1 Glukose

Glukose vil på samme måte som kortisol kunne relateres til stressnivå, men her er responstiden lengre. Glukosenivåene i blod svinger med fødeinntak, så man må ta hensyn til fiskens ernæringsmessige status. Laksefisk viser kun en moderat økning i glukose ved stress; en økning på 25 % fra basalnivå kan forventes etter stress, ustresset laksefisk har blodglukosenivåer rundt 100 mg/dL, noe som tilsvarer ca. 5.5 mmol/L (Barton & Iwama, 1991). Ved betydelig stress vil nivået kun øke til 10-12 mmol/L.

3.1.2 Laktat og pH

Musklenes forbrenning av energi (glukose) med oksygen til stede (aerob forbrenning) fører til økt produksjon av karbondioksid (CO_2). pH reduseres (H øker) med økende CO_2 som følge av likevekten mellom vann (H_2O), CO_2 og hydrogen protoner (H). Hvit muskulatur, som utgjør hovedandelen av fileten, har dårlig blodtilførsel og dermed liten oksygentilgang. Høy muskelaktivitet medfører derfor økt forbrenning uten oksygen (anaerob forbrenning). Slik forbrenning fører til økt produksjon av melkesyre (laktat) i muskelen, som igjen fører til redusert pH. Fisk som stresses over tid vil derfor ha redusert pH i blod og muskel både som følge av økt oksygenforbruk (økt CO_2 produksjon) og forhøyet laktat nivå (anaerob forbrenning).

Tabell 1 Oversikt over aktiviteter og forsøk gjennomført hos Marine Harvest - region sør, ved de tre periodene Nofima deltok i slaktning direkte fra oppdrettsmerd.

Tid og sted	Aktiviteter og forsøksvariable
Februar 2010 Ringja 1,5 °C og Ryfisk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fysiologi fra avkast oppdrettsmerd (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 2. Effekt av pumping til B/B Tauranga og størrelsessortering inkludert avliving med SI-5 (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 3. Fysiologi fra avkast ventemerid (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 4. Effekt av pumping inn til Ryfisk inkludert levendekjøling (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 5. Sammenlikne logistikk og resultat mellom "dead-haul, B/B Tauranga" og "levende i brønnbåt B/B Øyfjord"). 6. Utvikling av pH i muskel post mortem i alle fire grupper. 7. Utvikling av Rigor mortis post mortem i alle fire grupper. 8. Quality Index Method (QIM) og filetvurdering.
September 2010 Ringja temp 15,5°C	<ol style="list-style-type: none"> 9. Fysiologi fra avkast oppdrettsmerd (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 10. Effekt av pumping til B/B Tauranga og størrelsessortering inkludert avliving med SI-5 (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 11. Utvikling av pH i muskel post mortem i begge grupper. 12. Utvikling av Rigor mortis post mortem i begge grupper. 13. Forsøk bufferlagring i RSW og lagring for vurdering av filet med industritest.
April 2011 Flekkefjord temp 5,4°C	<ol style="list-style-type: none"> 14. Fysiologi fra avkast oppdrettsmerd (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 15. Effekt av pumping til B/B Tauranga og størrelsessortering inkludert avliving med SI-5 (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 16. Fysiologi fra avkast ventemerid (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 17. Effekt av pumping inn til Ryfisk inkludert levendekjøling (pH-muskel og blod, laktat helblod, glukose helblod). 18. Utvikling av pH i muskel post mortem i alle fire grupper. 19. Utvikling av Rigor mortis post mortem i alle fire grupper. 20. Bufferlagring i RSW (Stranda Prolog skrue). 21. Manipulering av laks ut og inn av Rigor mortis, effekt på spalting og bløthet.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Fysiologi sammenfattet

Tabell 2 viser fysiologiske data i de tre forsøksperiodene. Ved forsøkene i september 2010 var det ikke laks i ventemerdene ved Ryfisk og derfor ikke mulig å gjennomføre komparative forsøk. Grunnlagsdataene viser at trenging og pumping fra ventemerd, gjennom sortering og bedøving, bløgging og avliving (SI-5) ombord på B/B Tauranga foregikk skånsomt og gav liten effekt på laksen ved lav temperatur(1,5⁰C) (februar 2010) og ved uttaket i april (5,4⁰C). Det er en tendens til at effekten blir større ved høyere temperatur(15,5⁰C) (september 2010), men variasjonen i uttakene er svært høy. Tabellen under angir gjennomsnittsverdier og +- verdier er standardavviket for gruppene.

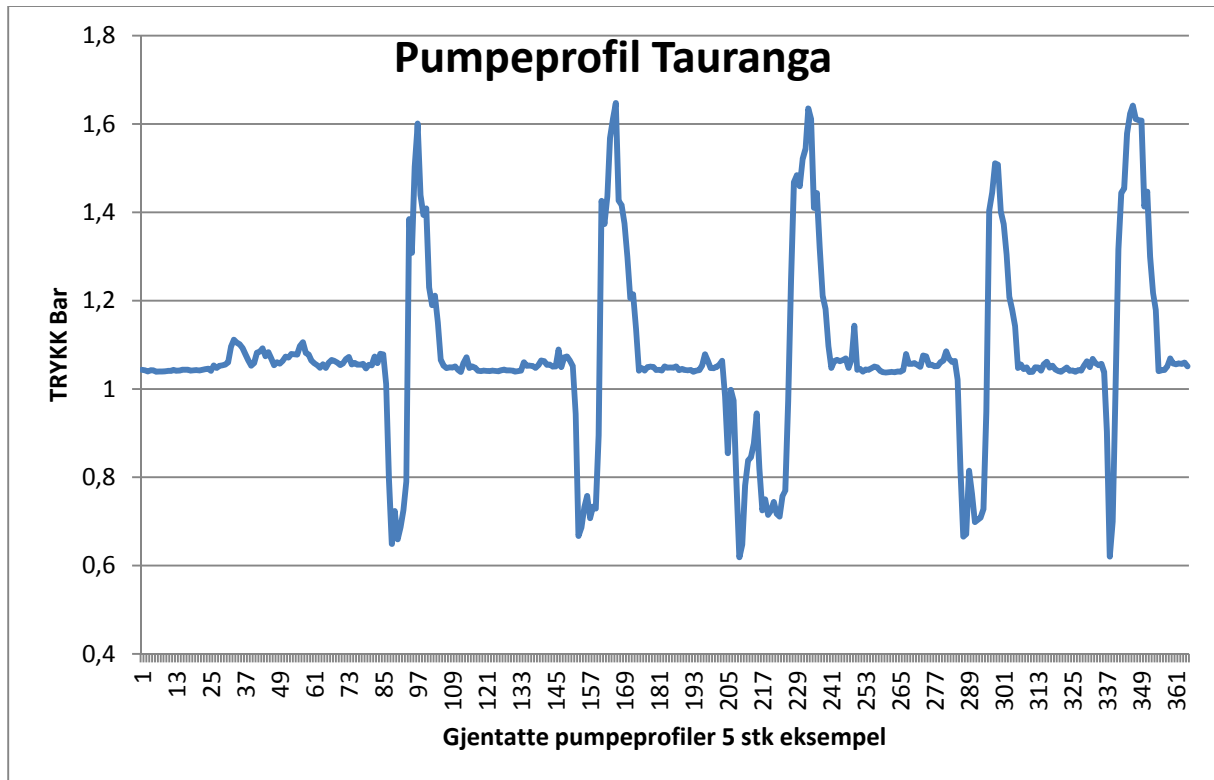
Tabell 2 Oppsummerte fysiologieresultater fra alle forsøk, direkte fra merd (Tauranga) og via ventemerd og levende kjøling (Ryfisk).

Sted	Feb 2010		Sep 2011		Apr 2011	
Tauranga	Fra Merd	Etter SI-5	Fra Merd	Etter SI-5	Fra Merd	Etter SI-5
Laktat (mmol/L)	0,8 ±0	0,84±0,08	3,03±2,1	4,49±1,5	3,37±1,14	3,35±1,21
Glukose (mmol/L)	5,22±0,93	5,29±0,86	3,39±0,88	3,28±0,59	2,75±0,85	2,76±0,64
pH muskel	7,65±0,12	7,56±0,12	6,94±0,29	6,84±0,25	7,35±0,21	7,35±0,21
pH blod	7,77±0,10	7,79±0,11	7,43±0,14	7,28±0,18	7,61±0,08	7,58±0,09
Ryfisk	Ventemerd	Lev. kjølt			Ventemerd	Lev. kjølt
Laktat (mmol/L)	5,75±1,06	6,67±0,99			1,74±0,65	5,9±1,83
Glukose (mmol/L)	3,07±1,35	4,02±0,75			3,22±0,79	4,1±0,82
pH muskel	7,55±0,22	6,96±0,07			7,57±0,15	6,9±0,03
pH blod	7,61±0,14	7,19±0,13			7,72±0,09	7,1±0,18

Logistikken fra ventemerd ved Ryfisk viser et litt annet bilde enn for laks slaktet direkte fra oppdrettsmerd (Tauranga). Selv om laksen tilsynelatende har restituert godt reagerer den nå kraftig på pumping når dette kombineres med levende kjøling og CO₂-sedering.

4.2 Pumpeprofil

Testingen av den nye pumpen på B/B Tauranga viser at trykket varierer mellom 0,6 Bar ved innsugingen til tanken og om lag 1,6 Bar når laksen blir trykket videre opp mot sortering og adferdskammeret.



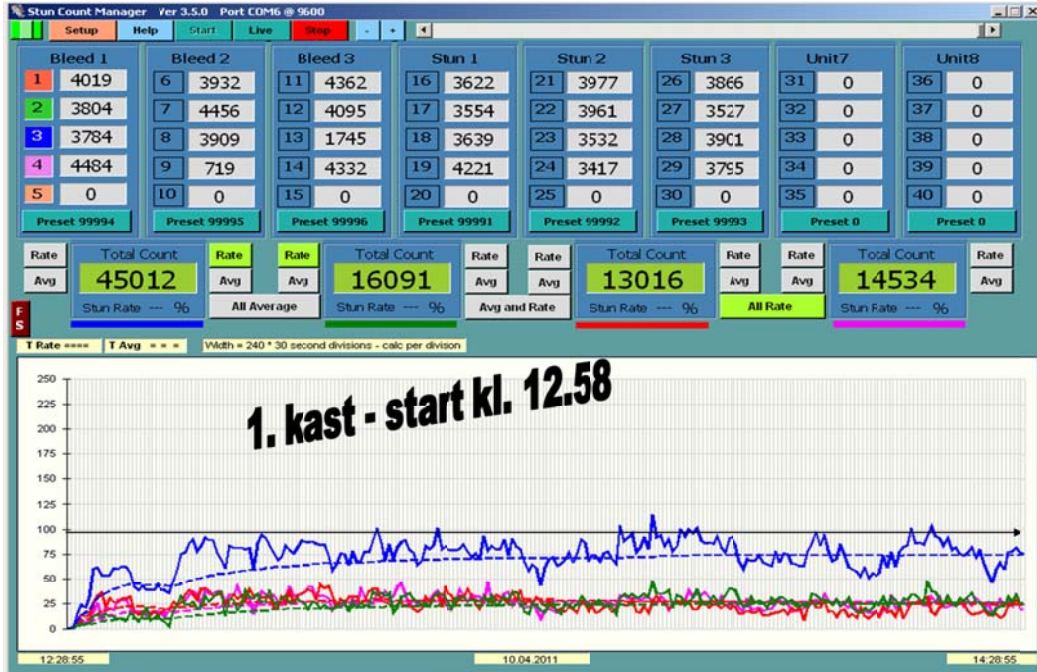
Figur 1 Pumpeprofil for B/B Taurangas nye vakuumpumpe.

Pumpeprofilen er jevn, noe som indikerer at pumpen er skånsom og at ikke fisken utsettes for store trykkvariasjoner (som i impellerpumper – Midling et al. 2008). Trykkendringene er også innefor det som vi forventer at laks skal tåle. Som for andre vakuumpumper er det oppholdet i selve tanken (der trykket endres fra vakuumpumpe til overtrykk) og hvor laksen "vaskes" som inducerer fluktnespons hos laksen. "Arbeidet" som utføres inne i tanken er direkte årsak til at laksen stresses, at pre-rigor tiden reduseres og at faren for feil under prosessering øker. Dette vil kunne reduseres ved å anvende for eksempel air-lift pumper (mammut).

4.3 Ringja februar 2010 - lav temperatur

Forsøkene 23.-25. februar foregikk under svært lave temperaturer (1,5 °C). Avkastet ble foretatt tidlig om morgenen og både fisk til ventemerdene på Ryfisk og slaktingen til B/B Tauranga ble tatt fra samme avkast. Fisken oppførte seg svært rolig ved denne temperaturen.

Støyland Marine Harvest Reg. Sør 10.04.2011 Merd 4
45012 stk. 3 kast. Bra kvalitet.

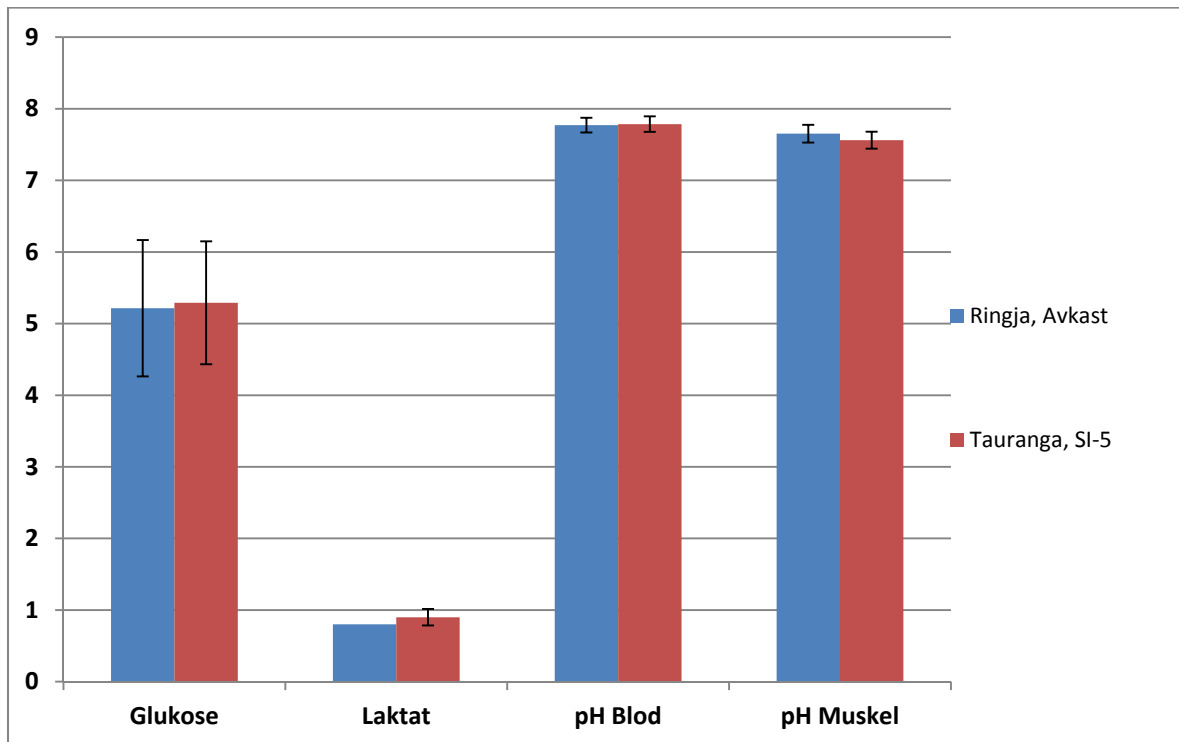




Bilde 3 Grafene viser registrering og dokumentasjon av slaktingen slik det fremkommer i Seafood Innovations Ltd. software-program.



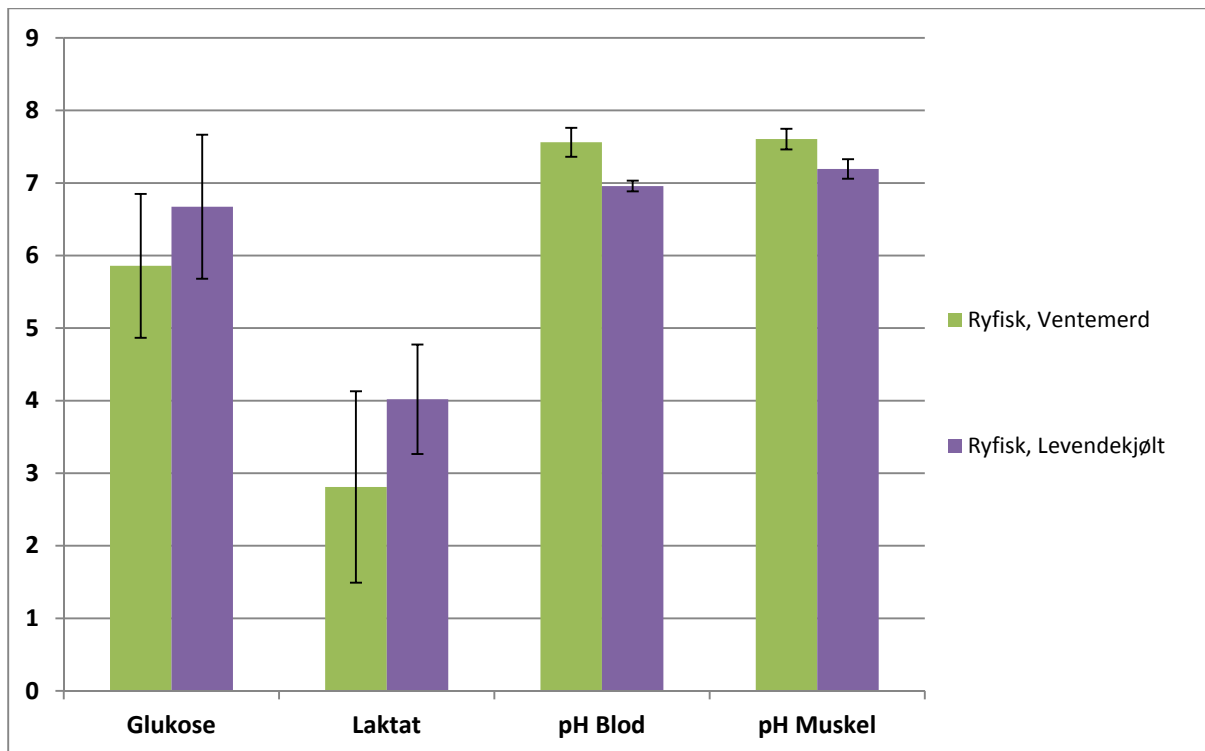
Bilde 4 Ved 1,5 °C i avkastet svømmer laksen svært rolig.



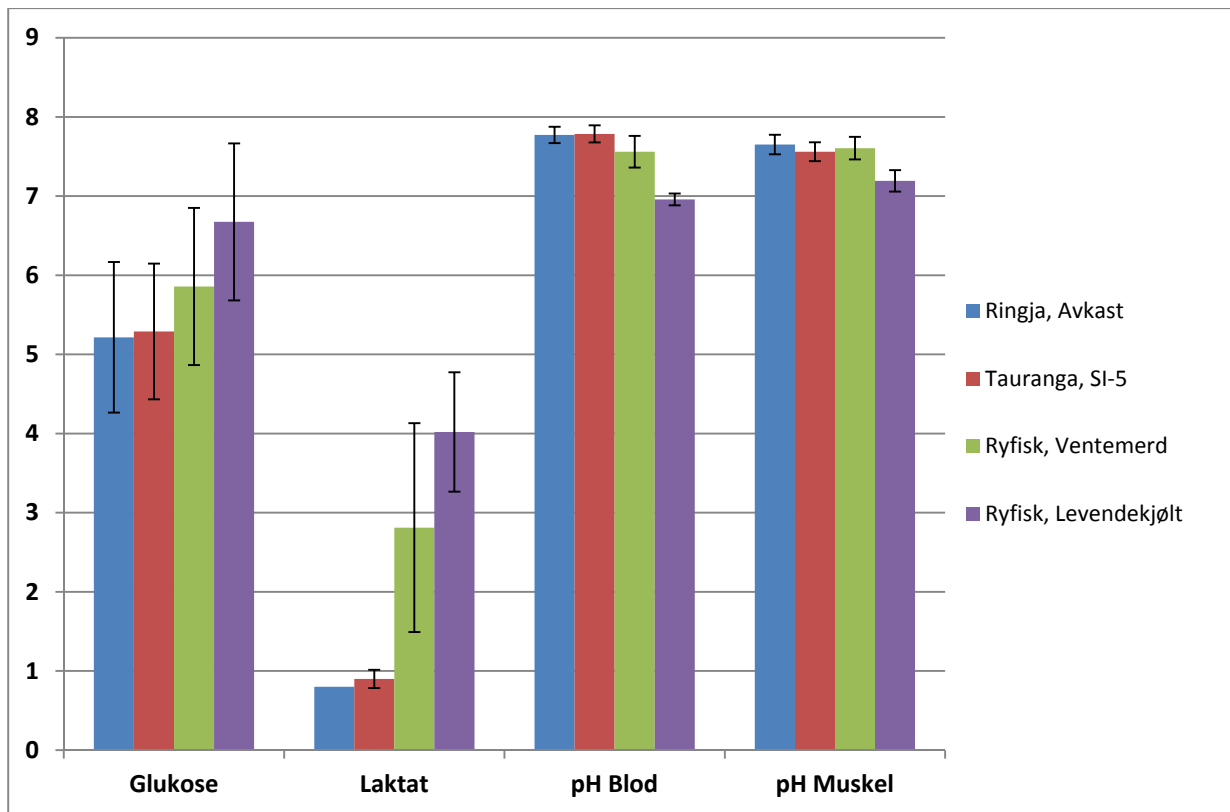
Figur 2 Ved 1,5 °C i avkastet målte vi ingen fysiologiske forskjeller før og etter pumping.

Dette viser at laksen ikke har reagert med økt svømmeaktivitet i slanger eller trykkammer. Det er sannsynlig at laksen ikke var i stand til å reagere på behandlingen. Den relativt høye glukoseverdien indikerer at laksen har hatt problemer med lav temperatur en periode før trengingen startet siden endring i glukoseverdi er en svært langsom prosess.

Laks som transporteres levende i brønnbåt til Ryfisk sine ventemerder viser svak økning i glukose og laktat og senking i pH-blod og muskel. Den største forskjellen finner imidlertid sted når laksen pumpes inn til levendekjøling (Stranda-skrue).



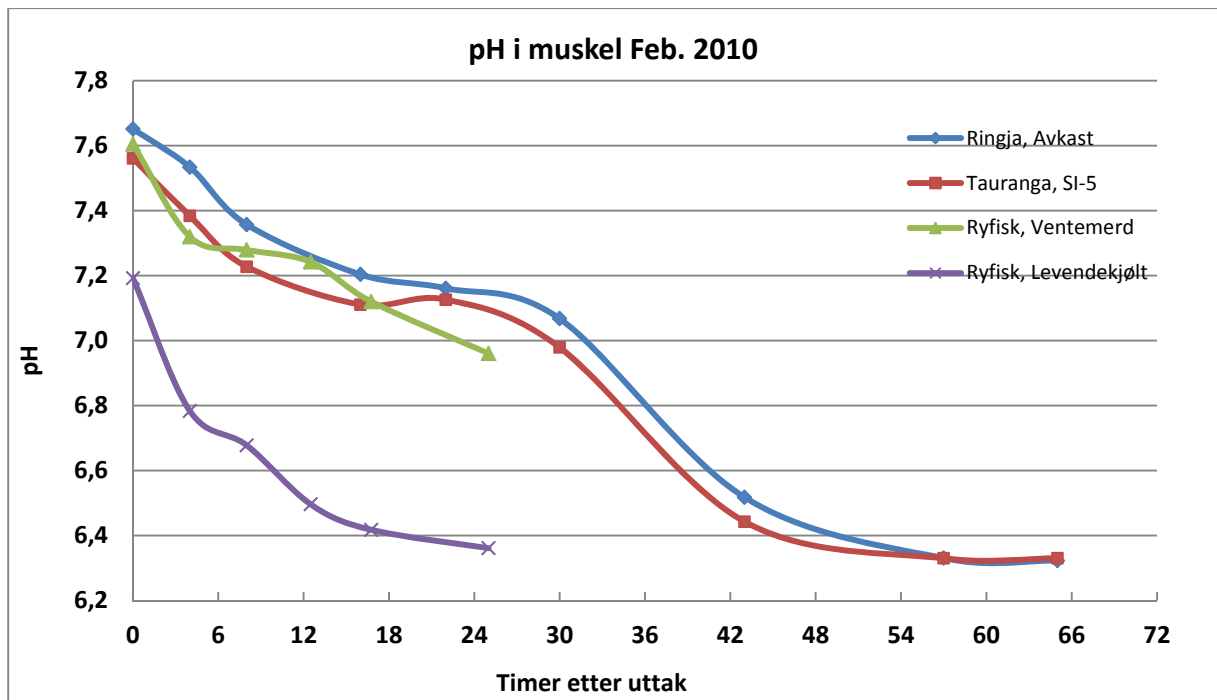
Figur 3 Forskjeller i fysiologi mellom avkast i ventemerder og levende kjøling og sedering med CO₂ (Ryfisk på Hjelmeland).



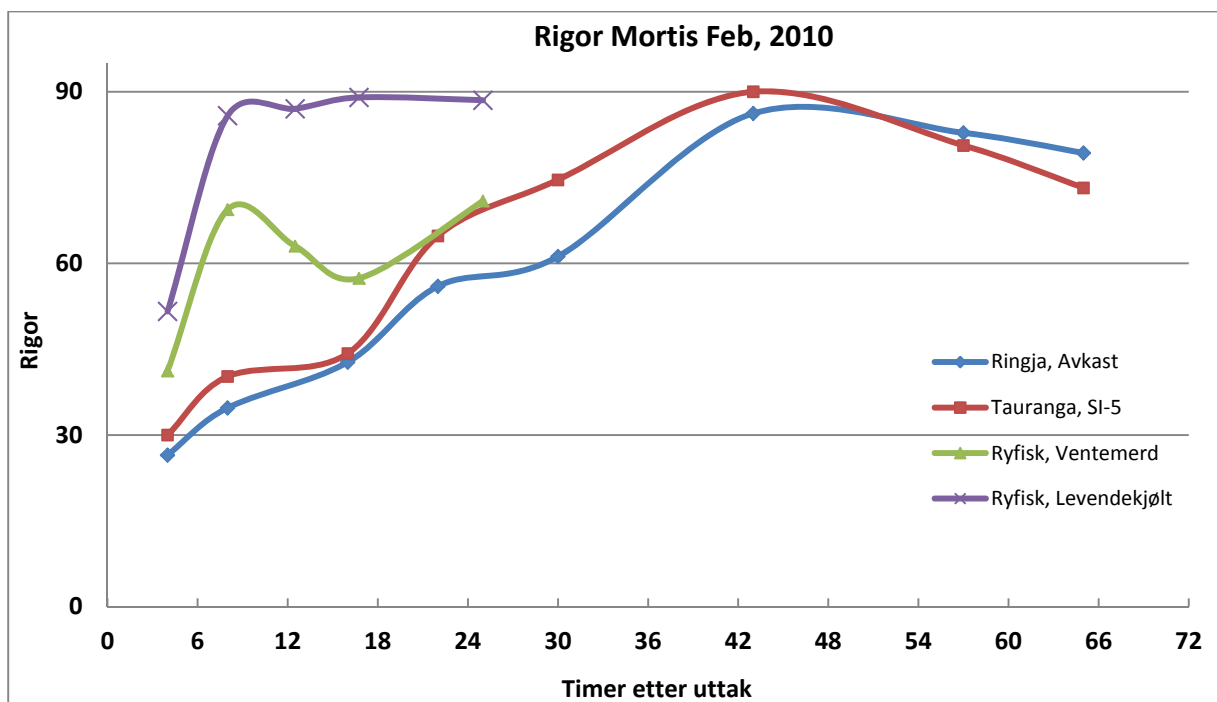
Figur 4 Alle fysiologidata fra forsøkene ved lav temperatur, februar 2010.

4.4 Utvikling post mortem

Fysiologisk status ved avliving korrelerer godt med utviklingen laksen har post mortem når det gjelder muskel-pH og hvor lang tid det tar før Rigor mortis setter inn. For laks tatt ut i avkastet i oppdrettsmerden, etter sortering og avliving (SI-5) og laks transportert levende til ventemerð, har lik utvikling av post mortem (Fig.5 og Fig. 6). Den siste pumpingen inn til Ryfisk kombinert med levende kjøling og sedering gir kraftige utslag både i fysiologi, hurtig fall i muskel-pH og kraftig redusert pre-rigor tid (fra 43 timer til 6).



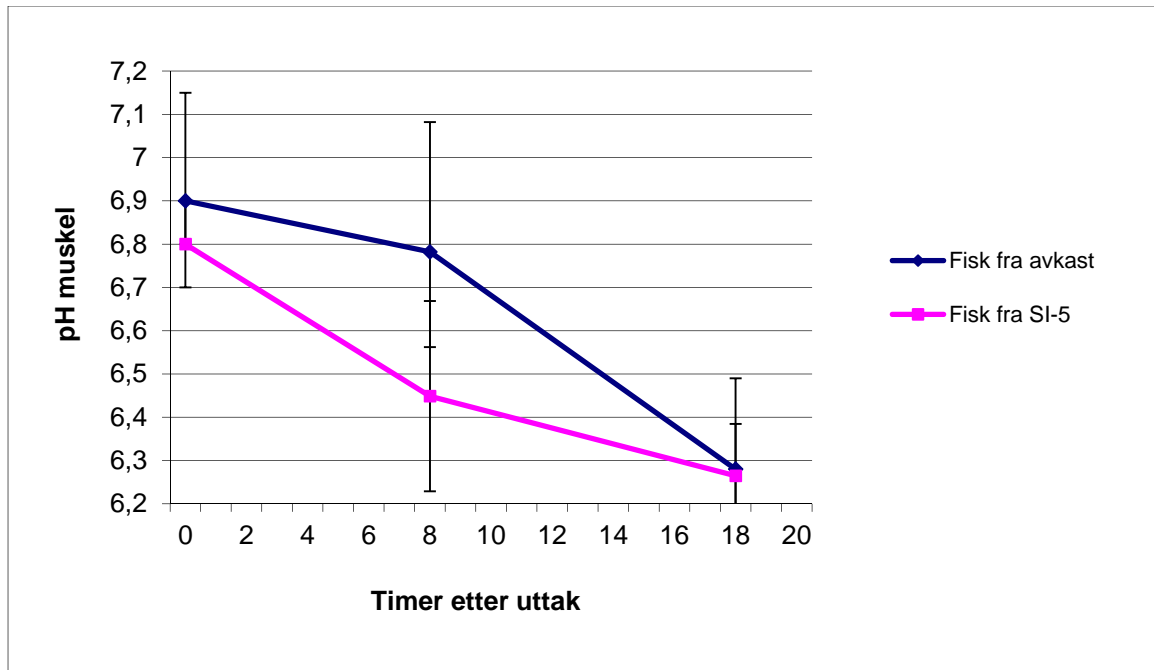
Figur 5 Utvikling av post-mortem pH i muskulatur. Bare gruppen som har vært levendekjølt skiller seg negativt ut.



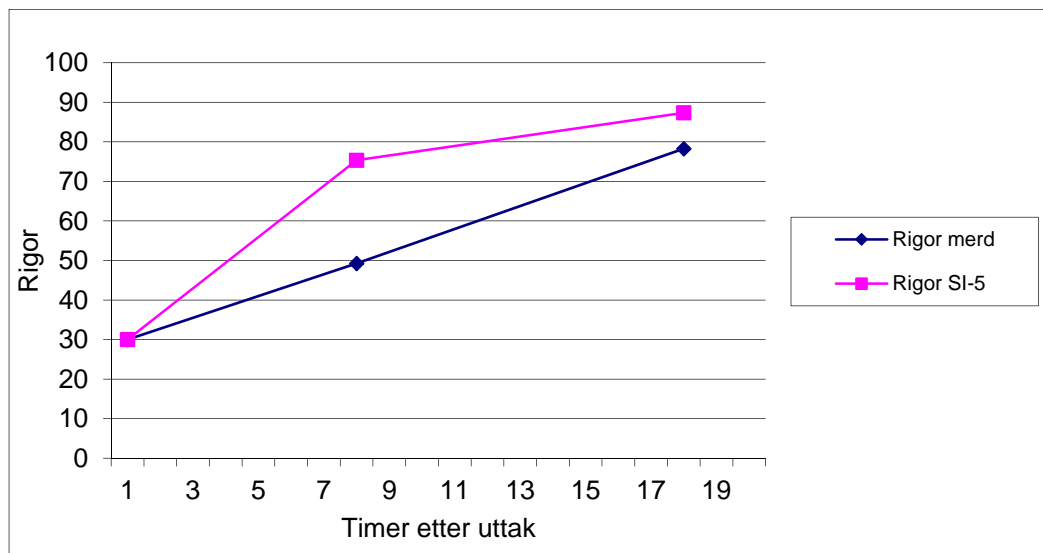
Figur 6 Utvikling av Rigor mortis. Ingen effekt av pumping eller transport ved lav temperatur. Gruppen som er levende kjølt skiller seg negativt ut.

4.5 Ringja september 2010 - høy temperatur

På grunn av høy temperatur og problemer med PD sommeren 2010 ble det ikke brukt ventemerder ved anlegget til Ryfisk. Laksen ble altså enten levert levende direkte med brønnbåt eller i RSW ved B/B Tauranga. Forsøket viser at laksen påvirkes av den høye temperaturen, men også at det er stor variasjon i gruppene (N=20 og 15, Fig. 7).

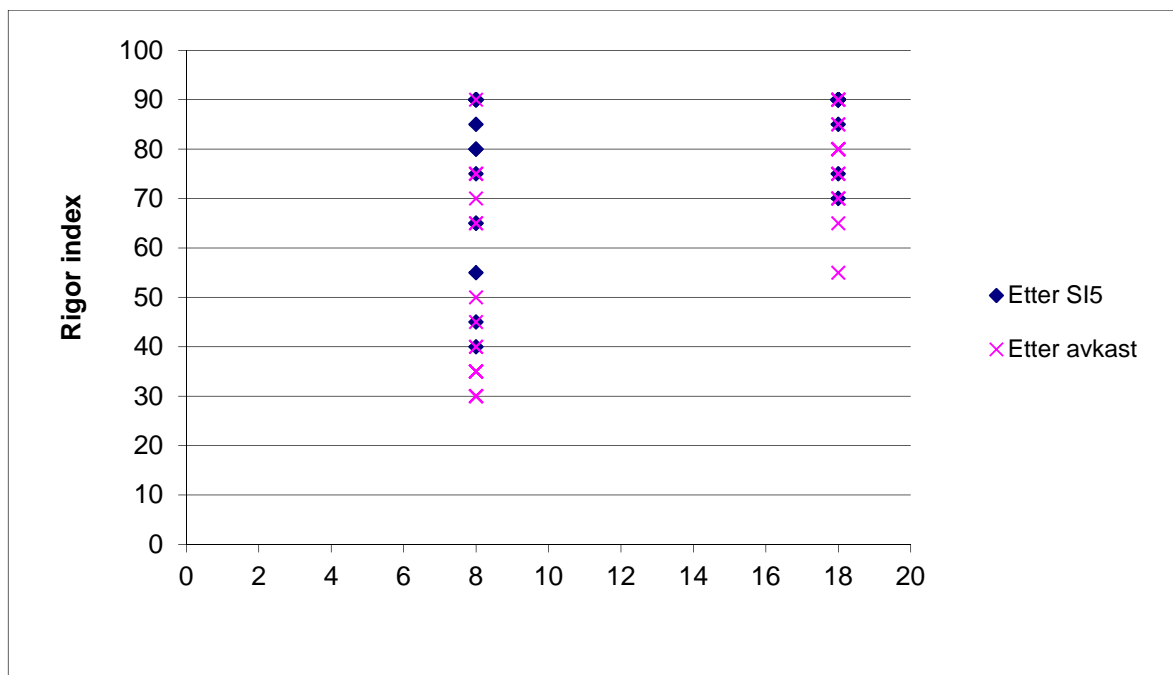


Figur 7 pH-muskel ved avliving i avkast og etter sortering/avliving på B/B Tauranga og utvikling post mortem.



Figur 8 Utvikling av rigor hos laks fra ventemerd og SI-5.

Laksen som har gått gjennom prosesslinjen hos Tauranga går raskere inn i rigor enn laksen fra merden. Noe som indikerer at laksen i dette tilfellet påvirkes av prosessen.



Figur 9 Resultatene viser stor variasjon innenfor de to gruppene ved to gitte tidspunkt etter avliving. Variasjonen blir mindre etter som gruppene av laks nærmer seg full rigor.

4.6 Rigor mortis og pumping

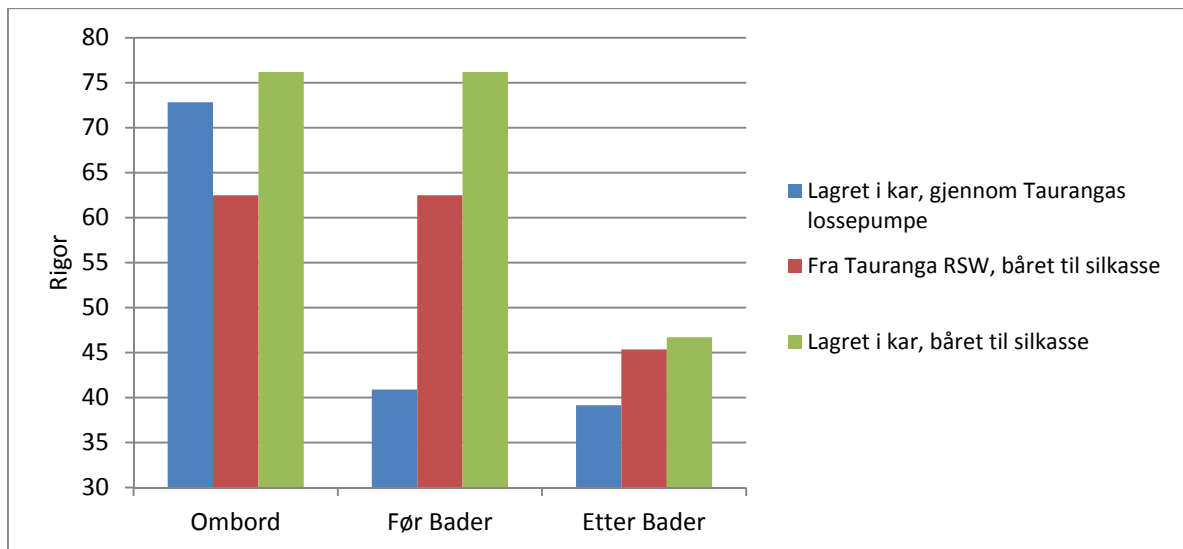
For laks slaktet ved oppdrettsmerden er overvåking av Rigor mortis svært viktig siden sløyning og rensing av fisk i Rigor mortis kan føre til kuttskader og nedklassing. Laks slaktet av B/B Tauranga rett fra merd har svært lang "pre-rigor tid", noen ganger tar det over 35 timer før den når maksimal styrke (jfr. Figur 6).

Andre ganger er forholdene ikke like optimale (høy temperatur, hard trenging etc) og maksimal Rigor mortis inntreffer kanskje etter 12-14 timer. Det er imidlertid vanskelig å følge laksens rigor-utvikling nede i RSW-tankene, så vanligvis blir laksens rigor-status først målt etter at den er blitt pumpet inn i slakteriet. Dersom laksen da er i en tidlig fase av Rigor mortis vil pumpingen føre til at den "går ut av rigor". Når laksen kommer inn til prosessanlegget i slike tilfeller, er den myk og smidig, en tilstand som feilaktig blir oppfattet som "Pre-rigor". Når denne fisken i forsøk ble lagret på is går den inn i Rigor mortis etter kort tid (et par timer). Det var rimelig å anta at det var selve pumpeprosessen som hadde induisert Rigor mortis.

For å teste denne hypotesen ble det gjennomført komparative forsøk med pumping av laks fra lagertankene på B/B Tauranga og grupper som ble flyttet i kar.

Figur 10 viser hva som skjer etter at fisken losses fra Tauranga. Fisk i rigor mortis "pumpes" ut av dødsstivheten.

All fisk ble pumpet eller sendt gjennom fabrikkens 26,5 timer etter avliving. Det er små forskjeller i rigor-status før pumpingen.



Figur 10 Endring i rigor-status (index) hos tre grupper laks lagret i RSW. Fisk som pumpes (blå søyle) blir like myk som fisk sløyd i Baader-maskinen selv om denne (rød og grønn søyle) ble båret skånsomt inn i fabrikk. Laksens rigorstatus (bøyelighet) etter pumping var den samme som etter sløyting (blå søyler).

Fisk som lagres om bord i B/B Tauranga i RSW går langsommere inn i Rigor mortis enn laks lagret på is i kar.

Det er sannsynlig at lagring i RSW er mer skånsom for laksen i forhold til lagring i kar.

Fisk transportert til prosessanlegg i RSW bør pumpes i land så tidlig som mulig for å unngå skader.

Fisk pumpet mens den er i Rigor mortis fører til økt filetspalting og økt nedklassing.

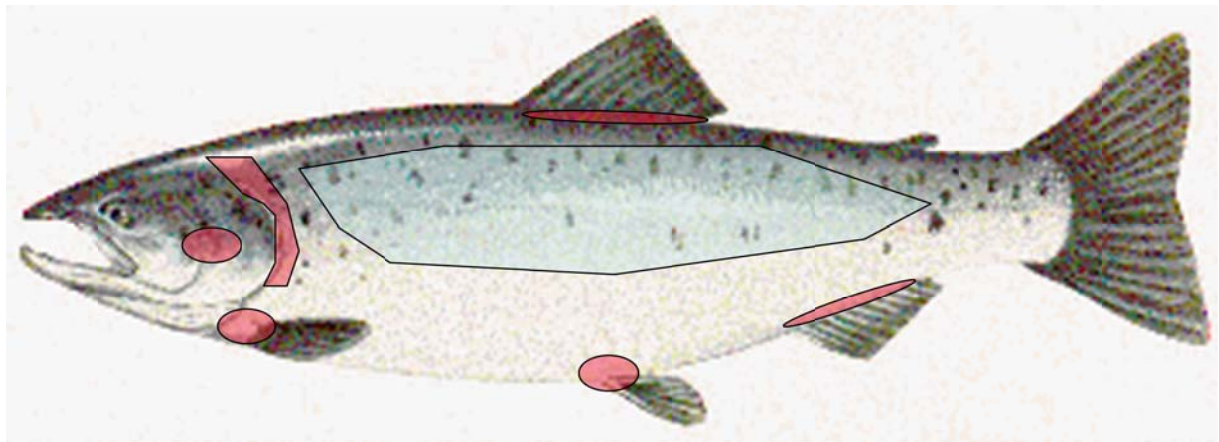
4.7 Fisk inn og ut av Rigor mortis

Rigor mortis i en muskel er en irreversibel tilstand.

Muskler inneholder proteinene aktin og myosin. Disse kan gli mellom hverandre (som folding av hender). Kontrahering krever en nerveimpuls og signal (Ca^{2+}). Forbrenning uten oksygen gir melkesyre. Ved lav pH blir muskelen stiv og sur (lemster). Når muskelen er dødsstiv er aktin og myosin fastlåst. Ved lav pH øker det osmotiske trykket inne i cellene. Vannet utenfor cellene utligner trykkforskjellene og vandrer inn i cellene som blir utspente. Muskelen blir stiv.

Fisk som behandles i R.m. vil få skade.

Det er ikke vist at de ulike muskler og muskelgrupper går inn i rigor til ulik tid, men det er lett å "kjenne" at for eksempel musklene ved basis av brystfinner eller i nakke og ved ørebein blir stive og harde lenge før de store musklene hos laksen (Fig.11).



Figur 11 De røde områdene er der laksen blir dødsstiv tidligst, ofte mange timer før hovedmuskulaturen.

Det er vel kjent at rigor mortis påvirkes sterkt av hva fisken har gjennomgått like før den bedøves og avlives. Er den stresset og har lite energireserver igjen i muskulaturen går den raskt inn i rigor mortis. På samme måte vil en laks som bedøves med strøm, selv i så kort tid som fem sekunder gå raskere inn i R.m. enn dersom den er avlivet ved slag (Midling et al 2008).

Styrken i R.m. (hvor stiv fisken blir) påvirkes av samme forhold. En fisk som stresses av CO₂ under bedøvelse kan bli dobbelt så stiv (hard) i muskulaturen som en fisk som bedøves med slag eller Eugenol (AQUI-S), (Akse og Midling, 1999) Dette skyldes både aktin-myosin bindingene, men også fordi lavere pH øker det osmotiske trykket inne i cellene.

Dersom bare deler av laksens muskulatur (for eksempel 20 %) er blitt stiv etter 14 timer i RSW oppleves fisken "på vei inn i Rigor mortis". Dersom denne fisken utsettes for kraftig påvirkning (pumpes, sløyes eller bearbeides på andre måter), vil de irreversible bindingene rives fra hverandre. Dersom disse er i fiskens minste muskler (som nevnt tidligere) vil ikke filetkvaliteten påvirkes negativt. Etter pumping vil fisken oppfattes som svært myk, slik ofte laks pumpet fra Tauranga beskrives. Slik myk "Tauranga fisk" har derfor mest sannsynlig vært i tidlig rigor-fase.

De muskelgruppene (eller deler av muskelen) som ikke ennå har låst actin-myosin bindingene vil fortsatte kunne gå inn i rigor mortis hvis fisken nå lagres på is. Normalt vil den pakkes eller fileteres og "multiple innganger i rigor mortis" er uvanlig å observere.

4.8 Forsøksoppsett "Inn-ut-og inn i rigor"

For å teste hypotesen om at fisk som "tas ut av Rigor mortis", går inn i R.m. igjen ble følgende forsøk gjennomført.

Vi benyttet fisk fra Ryfisk AS sin produksjon (ventemerd og levende kjølt). Grunnen til dette er at fisken går relativt raskt gjennom R.m. med liten individvariasjon og gjør gjennomføringen av forsøket effektiv.(Fig.12).

Kontrollgruppen (N=10) ble holdt i et separat kar med is/vann (0°C) og rigor-staus ble målt seks ganger i løpet av 38 timers lagring.



Tre andre grupper (N=10) ble lagt i egne kar. Etter syv timer ble fisk fra ett av disse karene tatt ut og manipulert ut av R.m.

Bilde 5 og 6 Lagring av laks (HOG) ved Ryfisk AS.

4.9 Manipulering

Laks som av ulike grunner er i Rigor mortis før den sløyes blir rettet ut, bøyd eller på andre måter manipulert av operatør. Hvis ikke dette gjøres vil Baader-maskinen kutte skjevt og ut i bukklappen. Denne behandlingen kan potensielt føre til store skader i fileten.



For å standardisere behandlingen av fisken og ikke utsette den for skarpe kanter (for eksempel kant av bord ved Baader-maskin) ble den bøyd rundt et 10 tommers stålrør som vist på bildene. Før denne behandlingen ble rigor-statusen på fisken målt. Selve bøyingen ble utført i jevne bevegelse og på begge sider.

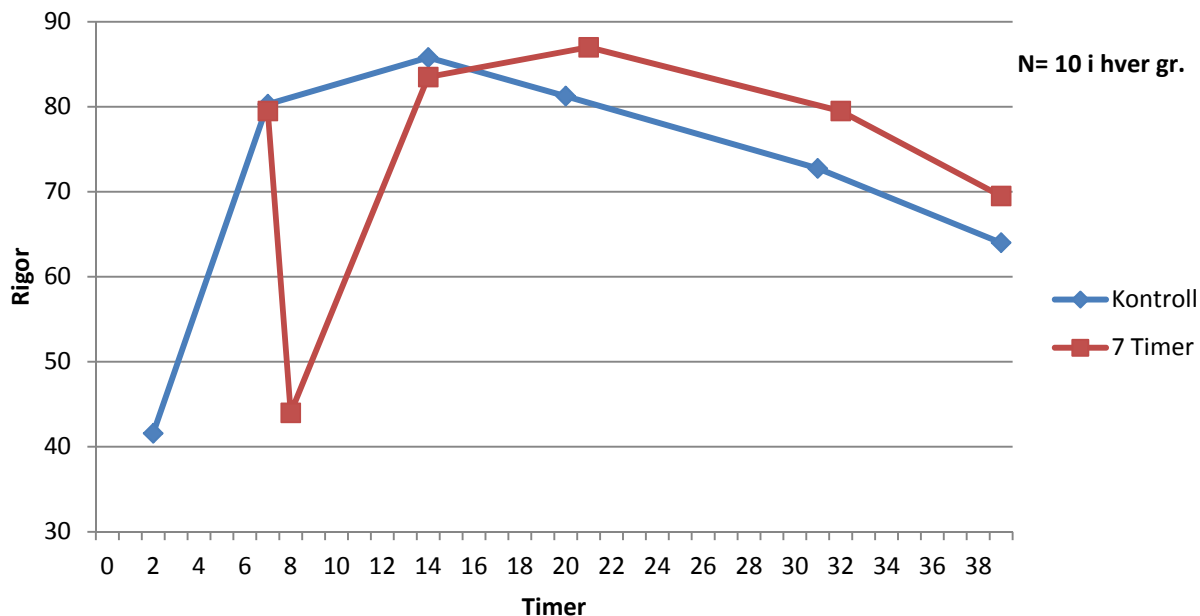
Laksen ble deretter målt i forhold til rigor-index.

Bilde 7 Laks i Rigor mortis gjøres klar for bøying rundt 10" stålrør.

Laksen (**7 timer**) var i nær full rigor (index=80) før den ble bøyd og kun index 44 etter manipuleringen. De ti laksene ble så lagt tilbake i is/vann og målt igjen syv timer senere. Laksen var da igjen stiv og tilsynelatende i full rigor mortis og tilbake på kurven til kontrollgruppen (Fig.13).

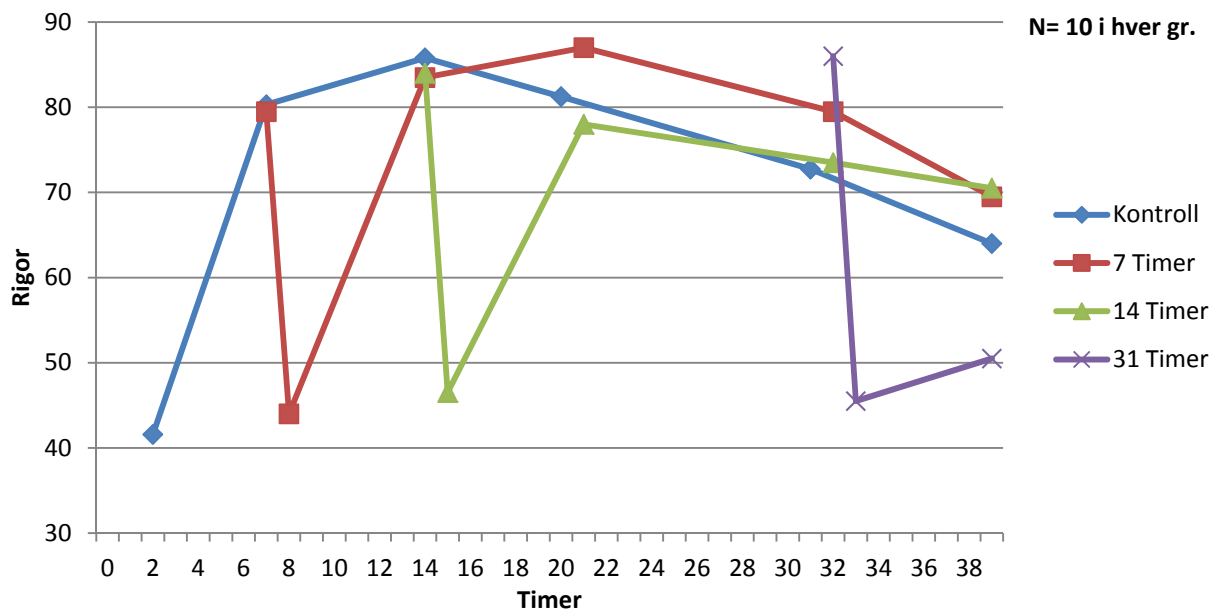


Bilde 8 og 9 Laksen ble bøyd rundt et 10 tommers stålrør på begge sider som vist på bildene.

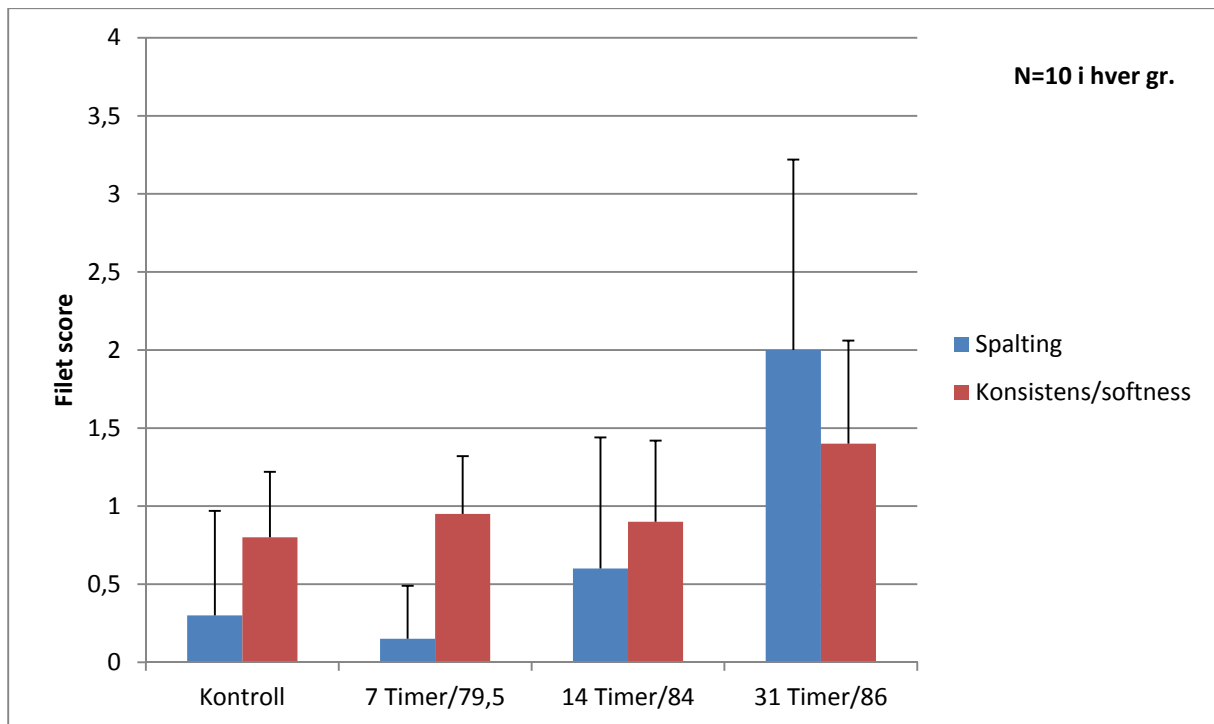


Figur 12 Laks i nær full rigor mortis etter syv timer (rød linje) som manipuleres ut av dødsstivheten, vil gå tilbake til full dødsstivhet etter kort tid.

To nye grupper ble tatt på tilsvarende måte etter 14 og 31 timer. Gruppen etter 14 timer (grønn linje) viser en utvikling tilsvarende den etter syv timer, mens gruppen som ble tatt ut etter 31 timer forblir ute av rigor selv etter nye 7 timer på is (Fig. 13).

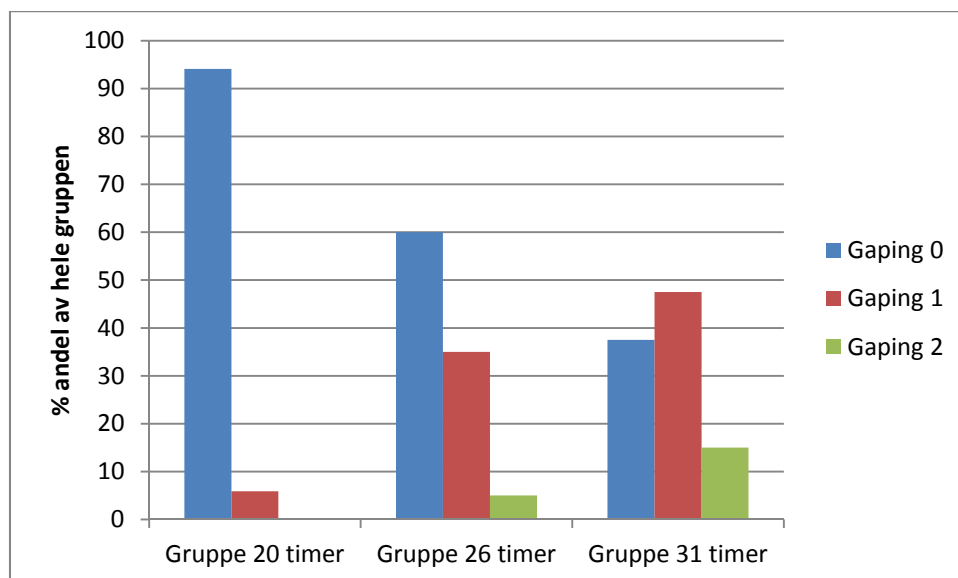


Figur 13 Stive muskler hos laks som manipuleres ut av rigor mortis (pumpes, sløyes eller håndteres hardt) vil gå ut av rigor og bli slappe. Legges laksen tilbake i is vil andre muskler gå inn i R.m. igjen og en tilsynelatende "re"-tur til R.m. oppstår.



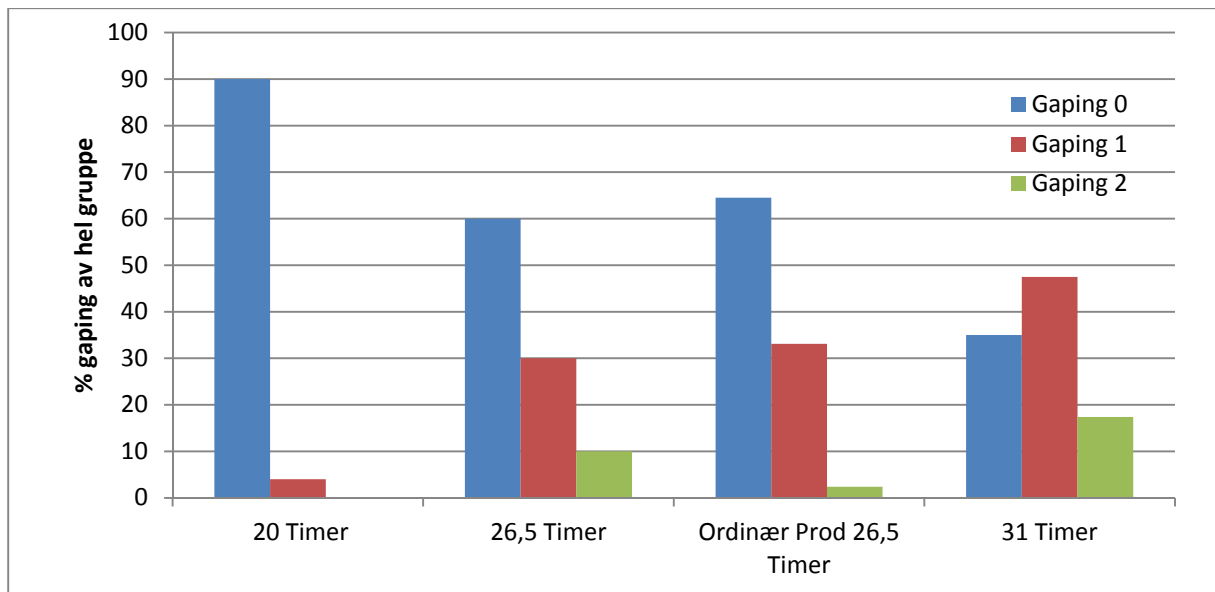
Figur 14 Verdiene for spalting og konsistens hos gruppene av laks som ble manipulert ut av dødsstivhet ved ulik tid og R.M. verdi etter slakting. Økende verdi indikerer mer spalting og bløtere konsistens.

Gruppen som ble manipulert ut av dødsstivheten etter 31 timer skiller seg klart ut her som den dårligste. Gruppen gikk ikke inn i R.M. etter manipulering, noe som bekrefter at de fleste muskelcellene var gått i R.M. før manipulering. Håndtering/manipulering av slik fisk medfører kraftig forverring av spalting og konsistens.



Figur 15 Laks som ble slaktet med Tauranga, transportert til Ryfisk og pumpet inn i buffer (RSW). Laksen ble vurdert for gaping rett etter filetering.

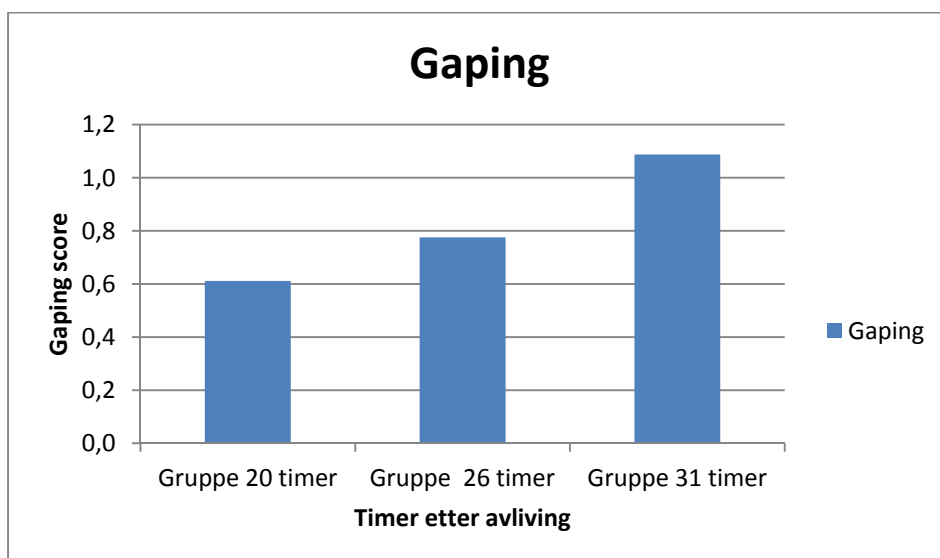
Gruppen av fisk lagret 20 timer i buffer inne på Ryfisk hadde lite spalting. Spaltingen økte med lagringstiden i bufferen.



Figur 16 Laks som ble slaktet med Tauranga, transportert til Ryfisk og pumpet inn i buffer(RSW).

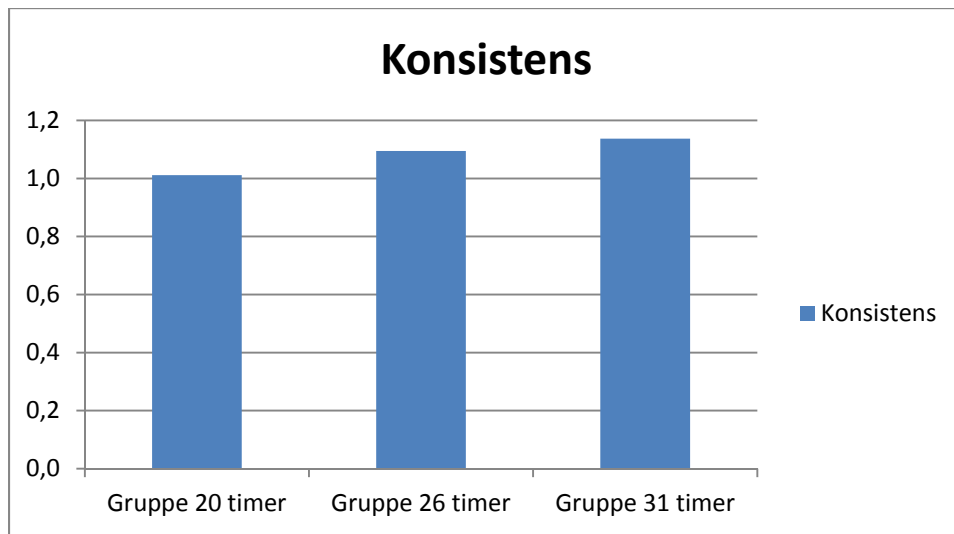
Gruppen ordinær produksjon ble lagret ombord i Tauranga og pumpet inn etter behov. Laksen ble vurdert før lagring (figur16) også lagret videre i 3 dager før gaping ble registrert.

Gruppen av laks som ble lagret i buffer og filetert 20 timer etter avliving hadde en veldig stor andel av fileter uten spalting. Andelen av fileter med spalting øker utover lagringstiden. Gruppen som ble produsert og filetert etter 31 timer hadde fileter med mest spalting. Resultatene samsvarer godt med vurderingen som ble gjennomført etter filetering, men før lagring. Gruppen som var lagret i buffer på land var ikke veldig forskjellig fra gruppen som ble produsert direkte fra Tauranga.

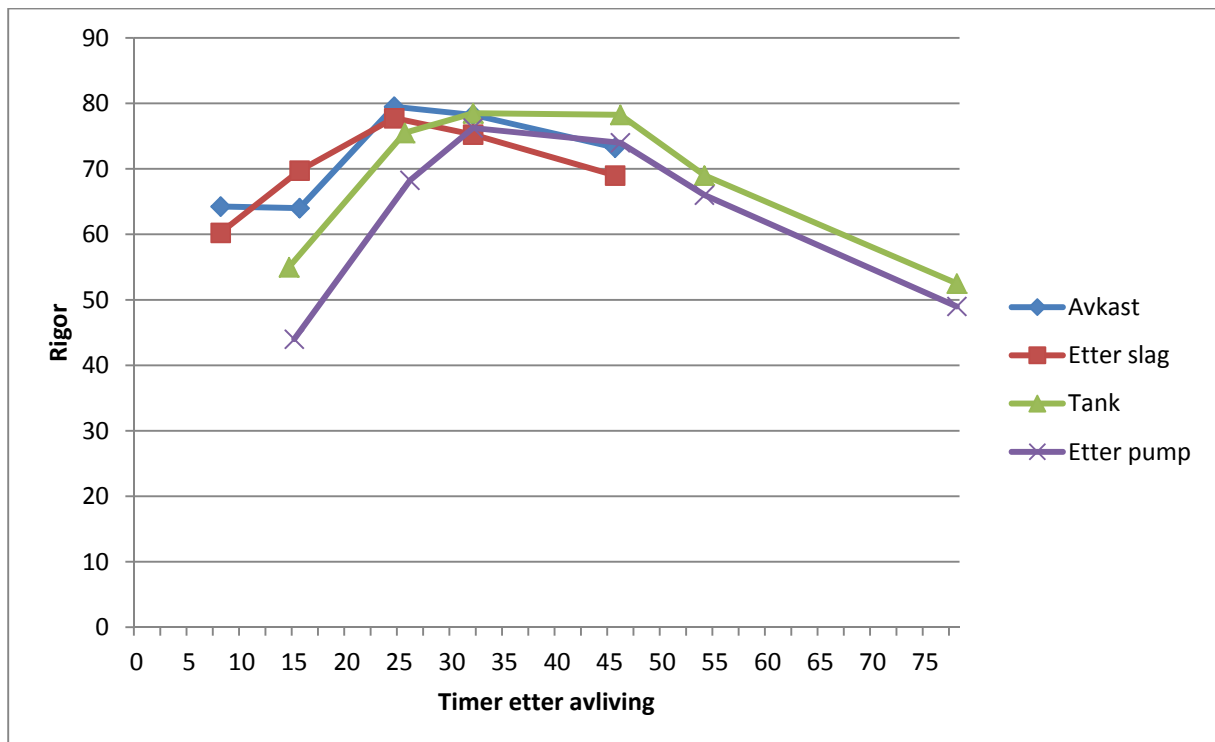


Figur 17 Viser utviklingen av spalting for gruppene som ble lagret i buffer.

Resultatene her presenteres som et gjennomsnitt for gruppen. Økende verdi indikerer økende grad av gaping. Max score er 3. Gapingen dobler seg nesten i score fra 20 timer til 30 timer etter avlving.



Figur 18 Viser hvordan konsistensen for gruppene av laks lagret i bufferen utvikler seg. Høyere verdi angir bløtere konsistens. Konsistensen for filetene blir bløtere jo lengre tid etter avlving de fileteres.



Figur 19 Rigor utvikling for laks fra avkast i merd og etter SI-5(Tauranga). En gruppe ble hentet fra RSW tanken på Tauranga og en ble tatt ut etter pumping inn til Ryfisk.

Rigor utvikler seg likt for gruppen som ble tatt fra merden og etter SI-5, og lagret i kar ombord. Laksen som ble lagret i RSW tankene ombord i Tauranga går senere inn i rigor enn de to andre gruppene lagret i kar. I tillegg kan det se ut som om at pumpingen av fisken inn til Ryfisk medfører en senkning av rigor statusen og dermed senere inngang i rigor.

5 Slakting direkte fra merd vs. levende i brønnbåt – Pro et contra

B/B Tauranga er foreløpig eneste fartøy i Norge som utelukkende slakter direkte fra oppdrettsmerd og frakter fisken død til prosessanlegget. Flere fartøy, små og store, er imidlertid under prospektering nå og pro et contra for prosessbåt kan være nyttig å diskutere. Dette ene fartøyet gir naturligvis for lite informasjon til å utarbeide statistiske forskjeller mellom denne strategien (dead-haul) og vanlig transport av levende laks, i åpne eller lukkede brønnbåter. Det er heller ingen grunn til å tro at prosessen beskrevet og testet her er optimal siden det ikke er gjort endringer på tankutforming, kjøleutstyr eller lossesystem siden fartøyet ble bygget om sist.

Heller ikke på landsiden er det foretatt store endringer tilpasset denne nye logistikken. Fremtidens prosessfartøy vil ha mer skånsom lossing (lavtrykk-lossing direkte fra rommene) og levere sin last til store kjøletanker (skruer) straks den ankommer kai.

I samarbeid med operatørene på B/B Tauranga har vi laget en momentliste med fordeler og ulemper for denne driftsformen. Vurderingen som er gjort her er subjektiv og listen og teksten er mer ment som en huskeliste og grunnlag for videre vurderinger hos den enkelte bedrift enn som en fullstendig oversikt.

Det er verdt å merke seg at mange av gjenstående utfordringer kan relateres til suboptimal prosess (trenging), for kort observasjonstid etter avlaving (tørrutblødning) og for dårlig kontroll med Rigor mortis. Dette er da også viktige mål i optimaliseringen Marine Harvest gjennomfører nå, etter prosjektslutt.

5.1 Økonomi, Effektivitet, Velferd, Kvalitet, Holdbarhet, Sykdom/Smitte, Leveringsevne/Vær, Dokumentasjon, Matvaretrygghet

Område	Fordel	Ulempe
Økonomi	<p>Prosessfartøyene er svært effektive i forhold til tradisjonelle brønnbåter siden de kan utnytte ca 80 % av volumet sitt mot brønnbåtens 8 – 12 % av volumet (800 kilo/m³ mot 80-120 kilo/m³).</p> <p>Ved stordrift (60-80.000 tonn) kan man potensielt redusere fraktkostnadene dramatisk. To små og billige prosessfartøy kan da levere all fisk til anlegget. Hvert fartøy vil for eksempel kunne levere 4-500 tonn per last hver annen dag.</p> <p>Prosessfartøyet har samme besetning (mannskap) som en tilsvarende brønnbåt, men man kan redusere personell for operasjon av ventemerd, pumping og bløggestasjon på land.</p> <p>Det er ingen tap av fisk under transport. Dette utgjør statistisk mellom 0,5 og 1 % av utslaktet volum.</p> <p>Man sparer investeringer i ventemerd og bløggestyr på prosessanlegget.</p> <p>Prosessanlegget kan plasseres sentralt i forhold til logistikk og transport, noe som også gir bedre tilgang på arbeidskraft.</p> <p>Forbruk av drivstoff per kilo reduseres dramatisk samt utslipp av klimagasser som CO₂ og NO_x.</p> <p>Man greier å produsere laks som ellers ville dø under transport og gått til kverning. I Sør-Norge gjelder dette i første rekke laks som har PD og CMS.</p> <p>Man kan slakte laks ved ekstreme temperaturer, som sist vinter i Agder ved 0,5 °C i sjøen på 10 meters dyp. Under slike forhold kan vanlig brønnbåttransport</p>	<p>Tauranga har per dato bare ca 50 % utnyttelse av kapasiteten og er derfor relativt dyr i drift.</p> <p>Samdrift med ventemerd ved landanlegget innebærer at man må investere i (minst) to sett prosessutstyr for bedøving, avliving, bløgging og utblødning.</p> <p>Erfaringsdata fra Marine Harvest tilsier høyere andel nedklassing av fileten på grunn av Rigor mortis (ca 4 %).</p> <p>Økt feilkutt i Baadermaskinene (1,1 til 0,3 %)- eller 200-600 kilo/dag som følge av rigor mortis.</p> <p>Større andel som må sløydes manuelt på grunn av R.m.</p> <p>Mindre fleksibilitet ved utslakting av små partier eller flere enn en art (laks og ørret).</p> <p>Lasting må helst foregå sen kveld eller natt for å passe med slakteriets drift.</p>

Område	Fordel	Ulempe
Effektivitet	ikke brukes.	
	<p>Man får en presis oversikt over størrelse og mengde allerede ved lastning.</p> <p>Gjennom høyere tetthet får man bedre utnyttelse av fartøyet.</p>	<p>Langsommere lastehastighet og lengre eksponeringstid for laksen i avkastet (50-60 tonn per time mot stor brønnbåter som klarer 200 tonn/time).</p> <p>Mindre tid til å takle uhell eller andre ting som forsinker på grunn av R.m.</p>
Velferd	<p>Fisken trenges og pumpes bare en gang mot to (levert direkte fra brønnbåt) eller tre (via ventemerd).</p> <p>Færre håndtering medfører lavere risiko for stress og uhell (rømming).</p> <p>Bedøving, avliving og utblødning (SI-5) er avhengig av fiskens naturlige respons (atferdsbasert slakting). På denne måten optimaliseres mannskap og anlegg til stadig å forbedre fiskens velferd gjennom slakteoperasjonen.</p>	<p>Utstyret og bruken av dette krever opplæring og en viss kompetanse.</p> <p>God behandling av sterkt svekket fisk (PD) er fortsatt en utfordring i forhold til innsvømming og bedøving.</p> <p>Fisk med avvikende hodeform (for eksempel kjønnsmodne individer) kan bli dårlig truffet av slag.</p> <p>Prosesen er svært hurtig og det kan være vanskelig å reagere raskt nok ved avvik.</p>
	Kvalitet	<p>Lengre pre-rigor tid</p> <p>Bedre utblødning enn ved CO₂ eller levendekjøling.</p> <p>Rask, effektiv og kontrollert nedkjøling.</p>

Område	Fordel	Ulempe
Holdbarhet		skånsom nok.
	QIM-målinger viser noe lengre holdbarhet enn levende kjølt. Dette skyldes i hovedsak bedre vasking av blod fra gjeller.	Laksen ligger fra 6 til 27 timer i RSW og blodvann før den sløyes. Teksturen i fileten oppleves generelt som mykere.
Sykdom/ Smitte	Tauranga har levert alle Marine Harvest sine grupper med sykdom i regionen (PD, CMS og utslakting på grunn av lus) og har vært svært viktig for behandling av vanskelig fisk. Metoden forhindrer at et stort antall laks ellers ville dødd i forbindelse med ordinær brønnbåttransport. Det er en 100 % lukket transport	Det kan være en utfordring å håndtere svekket fisk i avkastet. Overvåking av oksygenivå gjennom trenging er særlig kritisk.
Leveringsevne/ Vær	Transporter i svært dårlig vær (storm på åpent hav) har aldri ført til økt nedklassing. Stor føringskapasitet (tetthet) tilsier at mindre fartøy kan forøye ved merden med mindre fare for skader (rømming).	Lang opplastingstid Avhengig av å treffe oppstart på slakteriet (06:30). Mer sårbar for forsinkelser
Dokumentasjon	Svært god dokumentasjon av materialflyt i alle ledd, fra lasting til lossing. Dokumentasjon av hygienestandard og resultat fra rutinemessige hygieneprøver.	
Matvaretrygghet	<ul style="list-style-type: none"> • Prosessen med pumping og avliving er godt dokumentert. • Har ikke hatt problemer med de første 60.000 tonn slaktet og levert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lengre tid mellom avliving og prosessering. • Utfordrende med kontroll og dokumentasjon.

6 Konklusjoner og nytteverdi

6.1 Tauranga og MHs konklusjoner

Følgende konklusjoner baserer seg primært på erfaringene gjort av mannskap og forsøksansvarlig (Stephen Harris) på B/B Tauranga ved levering av laks til Ryfisk AS.

6.1.1 Trenging, pumping, slakting og transport

Vedlegget til rapporten gir oversikt over instruksjoner fra B/B Tauranga om hvordan trenging og lasting skal foregå. For MHs egne anlegg er dette uproblematisk, mens det kan være vanskeligere å få andre leverandører til å ta tilstrekkelig hensyn til kravene. Det er imidlertid rom for å bli enda bedre innen avliving og bløgging. Når rapporten skrives er den siste slag/bløgge-versjonen nettopp montert (SI-7), men det er ikke utført noen dokumentasjon på dette.

6.1.2 Kvalitet, rigor og spalting

Det har vært et sentralt tema å avgjøre om laksen kan pumpes i land til Ryfisk umiddelbart etter at Tauranga er ankommet (Buffer) eller om den må ligge ved kai til all laksen er prosessert ved slakteriet. Det er derfor gjennomført flere interne forsøk hvor man har testet lagring i kjøleskruer i forhold til sløyeskader (Baader), renseskader (Knuro) og filetgradering (spalting, bløthet). Følgende momenter trekkes frem:

- Bufferlagring er (minst) like bra i forhold til kvalitet som lagring om bord.
- Det er viktig å pumpe fisken så tidlig som mulig; det blir flere skader (spalting) jo lengre man venter.
- Ved lossing og pumping av laks som har lave verdier av Rigor mortis (myk og smidig og under 45 i rigor index) endres ikke rigor status.
- Laks i buffer ser ut til å ha langsommere utvikling av R.m. og i tillegg blir den ikke så hard/stiv som den som lagres om bord i Tauranga.
- Laks som har rundt 70 i rigor-index når den pumpes er utsatt for spalting.
- Ved lang tids bufferlagring øker Baader-feil, mens Knuro-feil blir færre. Det er tidvis stor variasjon mellom Baader-maskinene (operatørene).
- Teksturen i filetene beholdes helt frem til 18 timer i buffer, men det er økende tendens til spalting fra og med 11 timers lagring i buffer. Andre forsøk viser ingen økning i spalting ved økende lagringstid.
- Industritesten "uelastisitet" viser at laks lagret om bord i Tauranga er litt mer elastisk enn laks lagret i buffer.

7 Referanser til området "respons på håndtering"

- Acerete, L., Balach, J.C., Espinosa, E., Josa, A., Tort, L. 2004. Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture* 237, 167-178.
- Akse, L. And Midling, K.Ø. 1999. Slaughtering of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), effects on quality and storing capacity. Poster at International Conference on Farmed Fish Quality, Bristol.
- Arends, R.J., Mancera, J.M., Munoz, J.L., Wendelar Bonga S.E. 1999. The stress response of the gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to air exposure and confinement. *Journal of Endocrinology* 163, 149-157.
- Bagni M., Civitareale C., Priori A., Ballerini A., Finoia M., Brambilla G., Marino G. 2007. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 263, 52-60.
- Berg T., Erikson U., Nordtvedt T.S. 1997. Rigor mortis assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. *Journal of Food Science* 62, 439-446.
- Caipang C.M.A., Brinchmann M.F., Berg I., Iversen M., Eliassen R., Kiron V. 2008. Changes in selected stress and immune-related genes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) following overcrowding. *Aquaculture Research* 39, 1533-1540.
- Chandoo K.P., Cooke S.J., McKinley R.S., Moccia E.D. 2005. Use of electromyogram telemetry to assess the behavioural and energetic responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Walbaum) to transportation stress. *Aquaculture Research* 36, 1226-1238.
- Cnaani, A., Tinman S., Avidar Y., Ron M., Hulata G. 2004. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. *Aquaculture Research* 35, 1434-1440.
- Dobsikova R., Svobodova Z., Blahova J., Modra H., Velisek J. 2009. The effect of transport on biochemical and haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Czech Journal of Animal Science* 54, 510-518.
- Erikson U., Hultmann L., Steen J.E. 2006. Live chilling of Atlantic salmon (*Salmo salar*) combined with mild carbon dioxide anaesthesia. 1. Establishing a method for large-scale processing of farmed fish. *Aquaculture* 252, 183-198.
- Espmark Å.M. 2004. Behavioural and physiological indicators of stress during crowding in Atlantic salmon – and effects on rigor mortis. *Akvaforsk report* 34/2004.
- Fanouraki E., Divanach P., Pavlidis M. 2007. Baseline values for acute and chronic stress indicators in sexually immature red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture* 265, 294-304.

- Frisch A.J., Anderson T.A. 2000. The response of coral trout (*Plectropomus leopardus*) to capture, handling and transport and shallow water stress. *Fish Physiology and Biochemistry* 23, 23-34.
- Gatica M.C., Monti G., Gallo C., Knowles T.G., Warriss P.D. 2008. Effects of well-boat transportation on the muscle pH and onset of rigor mortis in Atlantic salmon. *Veterinary Record* 163, 111-116.
- Gatica M.C., Monti G.E., Knowles T.G., Warriss P.D., Gallo C.B. 2010. Effects of commercial live transport and preslaughter handling of Atlantic salmon on blood constituents. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42, 73-78.
- Gomes L.C., Araujo-Lima C.A.R.M., Roubach R., Chippari-Gomes A.R., Lopes N.P. 2003. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile Tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Journal of the world Aquaculture Society* 34, 76-84.
- Grizzle J.M., Chen J., Williams J.C., Spano J.S. 1992. Skin injuries and serum exzyme activities of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) harvested by fish pumps. *Aquaculture* 107, 333-346.
- Grizzle J.M., Lovshin L.L 1994. Effect of pump speed on injuries to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) during harvest with a turbine pump. *Aquaculture Engineering* 13, 109-114.
- Grizzle J.M., Lovshin L.L 1996. Injuries and serum enzyme activities of fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*) harvested with a turbine pump. *Aquaculture Engineering* 15, 349-357.
- Helfrich L.A., Bark R., Liston C.R., Weigmann D.L., Mefford B. 2004. Live transport of striped bass and rainbow trout using a hidrostal pump. *Journal of the World Aquaculture Society* 35, 268-271.
- Hur J.W., Park I., Chang Y.I. 2007. Physiological responses of the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to a series stress during the transportation process. *Ichthyological Research* 54, 32-37.
- Iversen M., Finstad B., Nilssen, K.J. 1998. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Aquaculture* 168, 387-394.
- Iversen M., Finstad, B., McKinley R.S., Eliassen R.A., Carlsen K.T., Evjen T. 2005. Stress resposes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during commercial well boat transport, and effects on survival after transfer to sea. *Aquaculture* 243, 373-382.
- Mejdell C.M., Midling K.Ø., Erikson U., Evensen T.H., Slinde E. 2009. Evaluering av slaktesystemer for slaktefisk i 2008 – fiskevelferd og kvalitet. Veterinærinstituttet rapport nr 01-2009.

- Merkin G.V., Roth B., Gjerstad C., Dahl-Paulsen E., Nortvedt R. 2010. Effect of pre-slaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 309, 231-235.
- Midling, K.Ø., Mejdell, C., Olsen, S.H., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø., Aas, K., Harris, S., Oppedal, K., Fremsteinevik, Å. (2008) Slaktning av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd Rapport/Report 6/2008.
- Minchew C.D., Beecham R.V., Pearson P.R., Green B.W., Kim J.M., Bailey S.B. 2007. The effects of harvesting and hauling on the blood physiology and fillet quality of market-size channel catfish. *North American Journal of Aquaculture* 69, 373-380.
- Misimi E., Erikson U., Digre H., Skavhaug A., Mathiassen J.R. 2008. Computer vision-based evaluation of pre- and post-rigor changes in size and shape of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets during rigor mortis and ice storage: Effects of perimortem handling stress. *Journal of Food Science* 73, E57-E68.
- Montero, D., Izquierdo, M.S., Tort, L., Robaina, L., Vergara J.M. 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry* 20, 53-60.
- Mørkøre T., Mazo P.I., Tahirovic V., Einen O. 2008. Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 277, 231-238.
- Nomura M., Sloman K.A., von Keyserlingk M.A.G., Farrell A.P. 2009. Physiology and behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt during commercial land and sea transport. *Physiology and behaviour* 96, 233-243.
- Olsen R.E., Sundell K., Hansen T., Hemre G., Myklebust R., Mayhew T.M., Ringø E. 2002. Acute stress alters the intestinal lining of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): An electron microscopical study. *Fish Physiology and Biochemistry* 26, 211-221.
- Olsen R.E., Sundell K., Ringø E., Myklebust R., Hemre G., Hansen T., Karlsen Ø. 2008. The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua* L., *Aquaculture* (2008), doi:10.1016/j.aquaculture.2008.05.006.
- Rocha de R.M., Carvalho E.G., Urbinati E.C. 2004. Physiological responses associated with capture and crowding stress in matrinxa (*Brycon caphalus*) (Gunther, 1869). *Aquaculture Research* 35, 245-249.
- Rotllant, J., Palm, P.H., Perez-Sanchez, J., Wendelaar-Bonga, S.E., Tort, L. 2001. Pituitary and interregional function in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. Teleostei) after handling and confinement stress. *General and Comparative Endocrinology*. 121, 333-342.

- Ruane N.M., Wendelaar Bonga S.E., Balm P.H.M. 1999. Differences between rainbow trout and brown trout in the regulation of the pituitary-renal axis and physiological performance during confinement. *General and Comparative Endocrinology* 115, 210-219.
- Ruane, N.M., Carballo, E.C., Komen, J. 2002. Increased stocking density influences the acute physiological stress response of common carp *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture Research* 33, 777-784.
- Le Ruyet J.P., Labbe L., Le Bayon N., Severe A., Le Roux A., Le Dilliou H., Quemener L. 2008. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquatic Living Resources* 21, 185-195.
- Sadler J., Wells R.M.G., Pankhurst P.M., Pankhurst N.W. 2000. Blood oxygen transport, rheology and haematological responses to confinement stress in diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 184, 349 – 361.
- Sammouth S., d Orbcastel M.R., Gasset E., Lamarie G., Breuil G., Marino G., Coeurdacier J., Fivelstad S., Blancheton J. 2009. The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquaculture Engineering* 40, 72-78.
- Sandodden R., Finstad B., Iversen M. 2001. Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Anaesthesia and recovery. *Aquaculture research* 32, 87-90.
- Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T.S., Seland, A. 1997. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science* 62, 898-905.
- Skjervold, P.O., Fjaera, S.O., Oestby, P.B. 1999. Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. *Aquaculture* 175, 93-101.
- Skjervold, P.O., Fjaera, S.O., Oestby, P.B., Einen, O. 2001. Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 192, 265-280.
- Tort, I., Montero, D., Robaina, L., Fernández-Palacio, H., Izquierdo, M.S. 2001. Consistency of stress response to repeated handling in the gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Aquaculture Research* 32, 593-598.
- Trenzado C.E., Morales A.E., Higuera M.de la. 2006. Physiological effects of crowding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), selected for low and high stress responsiveness. *Aquaculture* 258, 583 – 593.
- Urbinati E.C., de Abreu J.S., da Silva Camargo A.C., Parra M.A.L. 2004. Loading and transport stress of juvenile matrinxa (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. *Aquaculture* 229, 389-400.

- Veiseth, E., Fjæra, S.O., Bjerkeng, B., Skjervold, P.O., 2006. Accelerated recovery of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from effects of crowding by swimming. *Comparative Biochemistry and Physiology, B.* 144, 351-358.
- Wilkinson, R.J., Paton, N., Porter, M.J.R. 2008. The effects of pre-harvest stress and harvest method on the stress response, rigor onset, muscle pH and drip loss in babbamundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 282, 26-32.

Vedlegg

MARINE HARVEST NORWAY AS

Kvalitetshåndbok

Dokumenttittel: Levering av fisk til prosessfartøy. Oppdatert 01.05.2010



Formål:

1. Påføre fisken minst mulig stress under lasting.
2. Effektivt og jevn innlasting på 60 tonn / time.
3. Unngå å få dødfisk gjennom slaktelinja, og videre ut på markedet.

1. Beskrivelser av prosesser og ansvarsforhold:

Oppgaver/stikkord	Krav til utførelse	Ansvar
Fjerning av dødfisk	Før lasting skal nota tømmes for dødfisk. Det skal også inspiseres med kamera for å verifisere at det ikke ligger dødfisk igjen i nota. Det skal noteres i merknadsfeltet på fraktbrevet at det er gjennomført. Under lasting skal svimere / dødfisk håves ut på anlegg før resten pumpes ombord. I tilfeller det er dødfisk som er umulig å fjerne skal pumpeslangen plasseres i overflaten for å unngå inntak av dødfisk.	Oppdrett DL
Fortøyning av båten	Båten skal fortøyres. Dette er avhengig av været, anleggstype, lokaliteten og fortøyning. Båten er 50 meter lang og lastepunktet er midtskips.	Kapteinen / Styrmann
Trenging av fisk	En skal tilstrebe og trenge frem ca 30 000 fisk pr gang. Det skal ikke trenges frem mer fisk enn at en laster den i løpet av maks. 4 timer. Lastehastighet mellom 9 – 12 000 fisk pr time er ønskelig. Innpumping styres av en mann på anlegg som tar små, hyppige tak i nota. Innpumping skal helst holdes på cirka 180 - 200 fisk / minutt. Dette tallet vises på gul LCD-display under totaltallet. Innlasting over dette tallet er uforsvarlig mht fiskvelferd og kvalitet.	Oppdretter DL
Orkast	Ved full last skal det først kastes med orkastnot. Hensikten er å fordele fisken slik at trengingen blir så effektivt som mulig, mens fisken blir påført minst mulig stress	Oppdrett DL
	Orkastnot skal være klar før båtens ankomst slik at den kan bli satt ut så fort båten er fortøyd.	Oppdrett DL
	Nota skal strammes og tørkes av oppdrettere slik at den er så dyp som mulig og uten lommer. Tørkingen skal utføres i små, hyppige tak.	Oppdrett DL
Perlebånd	Perlebåndet skal ligge klart før båten er fortøyd	Oppdrett DL
	Innstramming av perlebånd og tørking styres av oppdrettspersonell med hjelp av kraner / vinsjer ombord.	Oppdrett DL
	Betjening av disse vinsjene / kraner gjennomføres av Skipper / Styrmannen.	Skipper / Styrmann

2. Annen informasjon

Det er viktig med riktig trenging og oksygentilsetting under lasting for å få lengst mulig pre-rigor tid. Dette er målt som en funksjon av rigor etter dødstidspunktet. Ved stress-fritt innlasting kan vi oppnå 30 timer+ pre-rigor og god filetkvalitet.

For å kunne bløgge, kjøle og transportere fisk mange timer unna pakkestasjonen (Ryfisk) er lengst mulig pre-rigor tid helt avgjørende. Ved å påføre laksen minst mulig stress under trenging, pumping og avlving kan man sikre en høy energibuffer i filet som utsetter rigor og fall av pH-nivå i muskelen. Dette bidrar til bedre kvalitet og forlenga holdbarhet til våre kunder.

Innlastingen er nøkkel til god prosess og fiskekvalitet på MS Tauranga. Det er montert en slaveskjerm i vinduet på skuttsida (koblet fra data ombord). Denne viser "real time" innlastingen for hver minutt. Vi sender ut denne til alle anlegg for å kartlegger innlastingen.

