

Bedøvelse og bløgging av fisk om bord i fartøy

Faglig sluttrapport

Torbjørn Tobiassen, Anette Hustad, Tor H. Evensen, Tatiana Ageeva, Gustav Martinsen, Sjurður Joensen, Stein H. Olsen, Karstein Heia og Cecilie Mejdell (Veterinærinstituttet)





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

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

Tittel: Bedøvelse og bløgging av fisk om bord i fartøy – Faglig sluttrapport	ISBN: 978-82-8296-566-2 (pdf) ISSN 1890-579X
Title: Stunning and bleeding of cod onboard fishing vessel – Final report	Rapportnr.: 28/2018
Forfatter(e)/Prosjektleder: Torbjørn Tobiassen, Anette Hustad, Tor H. Evensen, Tatiana Ageeva, Gustav Martinsen, Sjurður Joensen, Stein H. Olsen, Karstein Heia og Cecilie Mejdell (Veterinærinstituttet)	Tilgjengelighet: Åpen Dato: 17. oktober 2018
Avdeling: Sjømatindustri	Ant. sider og vedlegg: 36
Oppdragsgiver: Fiskeri-og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)	Oppdragsgivers ref.: FHF 901347
Stikkord: Bedøvelse, bløgging, blod, torsk, fartøy	Prosjektnr.: 12000
Sammendrag: <u>I forsøk 1</u> ble det sett på hvordan elbedøving eller slagmaskin etterfulgt av mellomlagring i underkjølt vann eller luft før bløgging påvirket restblod i fisken. Slag som metode ga en relativt flat utvikling av restblod i muskelen. Gruppene behandlet med strøm hadde en økning i mengde restblod og spesielt gruppen lagret videre i luft. Kontrollgruppen hadde en klar økning av restblod ved økende mellomlagringstid i luft. <u>I forsøk 2</u> viste resultatene at temperaturen på utblødningsvannet hadde lite å si for mengden restblod i fisken. <u>I forsøk 3</u> skulle det undersøkes om utblødningen ble påvirket av ulike utblødningsbetingelser/metoder hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. Resultatene viste at måten utblødningen foregikk på ikke var avgjørende for hvor mye blod en fikk ut av fisken og mengden restblod i fisken når den ble bløgget raskt etter bedøvelse. Allikevel var det en tendens til at gruppene som blødde ut i vann hadde høyere blod tap i prosent. <u>I forsøk 4</u> viste resultatene at en fikk veldig mye blod ut av fisken på kort tid (3 minutter) det var nesten like lite restblod i fisken som ved utblødning i 30 minutter, det må påpekes at dette var en innledende test med 10 fisker i hver gruppe. Dersom blødetiden er så kort har det betydning for hvordan man innretter slaktelinjer ombord i fartøy og på land.	
English summary/recommendation: <u>In study 1</u>, we were to see whether we could slaughter the cod directly after landing with the help of either electrical or mechanical percussive stunning followed by temporary storage under chilled water or air before bleeding. This is to hinder that the fish pumps blood out into the muscle, which becomes red. Fish that received mechanical percussive stunning, that were kept in water, had a relatively even spread of remaining blood. The groups treated with electricity had an increased amount of remaining blood in the muscle, especially the group store in air. This can be due to individual fish that woke up during the study. The control group had a clear increase in residual blood with increased storage time in air. <u>In study 2</u> the results showed that, the temperature of water used for bleeds appears to have little influence on the residual blood in the fish. <u>In study 3</u>, it was investigated if the bleeding was influence by difference blood draining methods where the cod were either hanging in air or laying in water. The results showed that the method of blood draining (in air or water) was not decisive for how much blood was lost by the fish or the residual blood level when the bleeding was done shortly after stunning. However, there was a tendency for the groups that were bled out in water to have a higher blood loss in percent. <u>In study 4</u>, the results show that the majority of the blood is lost during the first three minutes of bleeding and contains nearly the same level of residual blood as those fish bled for 30 minutes. It must be pointed out that this was just an initial test with 10 fish per group. There clearly must be additional follow-up studies to verify this data. If the bleeding time is short with regard to blood removal, it may be important for the processing plant organization on board vessels and the slaughter process of fish.	

Innhold

1	Sammendrag	1
1.1	English Summary	3
2	Innledning	7
2.1	Bakgrunn	7
2.2	"State of the art"	7
2.3	Dette prosjektet	8
3	Problemstilling og formål	10
3.1	Målsetting	10
4	Prosjektgjennomføring og metoder	11
4.1	Møteaktivitet i prosjektet	11
4.2	Gjennomførte forsøk	11
4.2.1	Forsøk 1: Kan en unngå rød muskel ved bruk av bedøving og avliving?	12
4.2.2	Forsøk 2: Utblødning ved ulike temperaturer i vannet	13
4.2.3	Forsøk 3: Utblødning ved ulike betingelser	14
4.2.4	Forsøk 4: Utblødning i vann ved ulike tider	15
4.3	Metoder brukt i prosjektet	16
4.3.1	Spektroskopisk måling av blodmengde i torskefilet	16
4.3.2	VER (visual evoked response)	17
4.3.3	Blodanalyser (pH, laktat og glukose)	17
4.3.4	Rigor mortis (dødsstivhet)	18
4.3.5	Sensorisk evaluering (spalting og konsistens)	19
5	Resultater og diskusjon	21
5.1	Forsøk 1: Uttesting av ulike bedøvnings-/avlivingsmetoder	21
5.1.1	Rigor mortis (dødsstivhet)	21
5.1.2	Bevissthet - Vurdering av bedøvelseseffektivitet/avliving	21
5.1.3	Blodanalyser	23
5.1.4	Sensorisk vurdering	24
5.1.5	Spektroskopisk måling av blod	26
5.2	Forsøk 2: Utblødning ved ulike temperaturer i vann	28
5.2.1	Spektroskopisk måling	28
5.3	Forsøk 3: Utblødning ved ulike betingelser	29
5.3.1	Blodtap (%)	29
5.3.2	Spektroskopisk måling	30
5.4	Forsøk 4: Utblødning i vann i ulik tid, innvirkning på blodtap og restblod i fisken	30
5.4.1	Blodtap (%)	31
5.4.2	Spektroskopisk måling	31
6	Hovedfunn og konklusjon	33
7	Leveranser	35
8	Referanser	36

1 Sammendrag

Nofima har tidligere gjort en rekke forsøk med bløgging av torsk og laks. I 2014 ble det gjennomført en forsøksrekke med bløgging av laks som gav ny innsikt i forhold til hvordan blodet påvirkes av fiskens stressnivå ved bløggetidspunkt. Dette arbeidet ble gjort i FHF-prosjekt 901007 "Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk: Ny teknologi for trenging, bløgging og kjøling". Kort sagt viste de nye funnene fra laks at blodet koagulerer betydelig fortere på fisk som er stresset (10 minutter), sammenlignet med ustresset fisk (30 minutter), det var i tillegg mer restblod i fisken som var utsatt for stress (Bantle *m.fl.*, 2015). Dette prosjektet er finansiert av FHF og er en videreføring av resultater fra FHF-prosjekt 901088 "Effekt av bløgging på stresset og ustresset torsk", et prosjekt som ble samfinansiert av FHF, Norges Råfisklag og Nofima.

Det finnes ulike tilnærminger for hvordan fisken håndteres når den kommer om bord. Noen bløgger direkte og fortløpende, andre lar fisken roe seg før den bløgges eller direktesløyes – ofte fordi det er tungt og farlig å bløgge/direktesløye fisken mens den er sprell levende. Andre løsninger er å lagre fisken levende om bord, eller bedøve fisken før den bløgges. Uansett løsning kan det være utfordrende å håndtere store mengder fisk i løpet av kort tid.

Fokuset i dette prosjektet er på det som skjer etter at fisken er kommet om bord i båten. Det er viktig at kvaliteten ved ombordtak opprettholdes. Innfallsvinkelen er at fisk som avlives direkte etter ombordtaking, eventuelt bedøves før den avlives direkte, ikke vil pumpe blod ut i muskelen. Dette i motsetning til kommersielt fiske hvor store mengder fisk ligger i mottak og dør før den blir bløgget.

I forrige prosjekt ble fisken avlivet med slag i hodet, og resultatene viste da at fisken ikke pumpet blod ut i de små årene i den hvite muskelen. I dette prosjektet undersøkte vi om det var forskjeller mellom fisk som var avlivet med slag eller bedøvet med strøm i forhold til restblod i muskelen.

Målsettingen i prosjektet var å opparbeide kunnskap slik at fartøy som tar inn relativt store hal skal oppnå samme hvite muskel og god blodtømming av råstoffet, som fartøy hvor fisken kommer inn en og en, eller slaktes kontrollert. Deler av blodfeilene kommer fra stress i redskapen, men mye av blodfeilene kan knyttes til forsinket og dårlig blodtømming. Typisk er dette på trål og snurrevadfartøy. Ved å sikre god blodtømming av alle fisker som tas om bord blir kvaliteten bedre og verdien av fangsten øker.

Delmål

1. Avdekke hvilke bedøvings- og avlivingsmetoder som best hindrer blodtransport ut i fileten i påvente av bløgging, samt hvilke metoder som gir det lengste tidsvinduet frem til bløgging.
2. Avdekke hvilke bløggemetoder og betingelser som gir den beste blodtømmingen på bedøvet og avlivet fisk.

Småskalaforsøkene ble gjennomført på Havbruksstasjonen i Tromsø. I forsøkene ble vill torsk benyttet, og torsken ble røktet og foret med lodde fram til forsøkene startet. Målemetoder og analyser for påvisning av blod og stressbelastning som ble brukt, er også tidligere brukt i forsøk (Tobiassen *m.fl.*, 2016). Målingen av blod ble utført med hyperspektral avbildning (HSA).

Ettersom resultatene ble opparbeidet i prosjektet viste det seg at målet med å avlive/bedøve fisken direkte etter ombordtaking i påvente av bløgging ikke er gjennomførbart i forhold til fiskevelferd. Risikoen for at fisken kunne våkne opp var for stor.

I forsøk 1 så vi på avliving av torsk direkte etter ombordtaking ved hjelp av elbedøving eller slagmaskin etterfulgt av mellomlagring i underkjølt vann eller luft før bløgging, for dermed å unngå at fisken pumpet blod ut i muskelen og ble rød.

Fisken behandlet med slag, og spesielt gruppen som lå i vann, hadde en relativt flat utvikling av restblod i muskelen under lagring. Resultatene viste at det var fisk som våknet opp igjen ved mellomlagring i vann.

Gruppene behandlet med strøm hadde en økning i mengde restblod og spesielt gruppen som ble lagret videre i luft. Årsaken kan være at enkelte fisker våknet opp under forsøket.

Kontrollgruppen som lå i luft hadde en klar økning av restblod ved økende mellomlagringstid i luft.

Som nevnt tidligere hadde vi utfordringer knyttet opp mot at enkelte fisker våknet opp mens de ventet på bløgging både i gruppen som ble behandlet med slag og gruppen behandlet med strøm. Med bakgrunn i ovennevnte kan ikke mellomlagring av fisk etter behandling med strøm og slag i påvente av bløgging, anbefales som metode.

Tidligere har det vært diskutert at fisken må være levende under utblødning for at den skal kunne gå av seg blodet. Resultatene i dette forsøket viser at ved bedøvelse/avliving (strøm/slag) oppnås god utblødning uten at fisken er "levende" (kontroll) under utblødning.

I forsøk 2 ønsket vi å finne ut om temperaturen i vannet ved utblødning kunne påvirke mengden restblod i muskelen. Nivået av restblod i fisken var ikke forskjellig ved ulike temperatur (6,5; 1 og -1,5 °C) i utblødningsvannet, nivået var også lavt.

I forsøk 3 skulle det undersøkes om utblødningen ble påvirket av ulike utblødningsbetingelser/-metoder hvor torsken enten ble hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. Resultatene viste at måten utblødningen foregikk på ikke var avgjørende for hvor mye blod en fikk ut av fisken og mengden restblod i fisken når den ble bløgget raskt etter bedøvelse. Allikevel var det en tendens til at gruppene som var utblødd i vann hadde høyere blodtap i prosent.

I forsøk 4 viste resultatene at fiskens utblødningstid kan være kort, etter 3 minutter var det meste ute, og etter 30 minutter var restblodet i fisken på nesten samme nivå som etter 3 minutter. Det må påpekes at dette var en innledende test med 10 fisker i hver gruppe. Ytterligere forsøk må gjennomføres for å verifisere disse dataene. Dersom utblødningstiden er så kort som vist her, har det betydning for hvordan man innretter slaktelinjer om bord i fartøy og på land.

Prosjektet gir ny kunnskap som kan benyttes til å effektivisere og forbedre utblødningen av fisk både om bord på fartøy og på mottaksanlegg på land. I tillegg til opplæring av mannskap for å endre "etablerte sannheter" og rutiner om bord.

Oppsummering av forskningsresultater fra prosjekter om bløgging og restblod gjennomført ved Nofima de siste årene

Stress påføres fisken hovedsakelig i to operasjoner. I fangstredskapen under fangst og etter ombordtaking frem til bløgging. Mengde blod i muskelen øker med økende stress og dette blodet forsvinner ikke ved bløgging.

Tiden før bløgging er viktig og da spesielt hvis fisken ikke blir avlivet/bedøvet når den kommer om bord.

Bedøvelse/avliving av fisken før utblødning reduserer ikke utblødningen og øker ikke restblodet i muskelen hos fisk. Metodene er positive for fiskevelferden og sikkerheten for mannskapet. Fisk som ligger og dør i luft etter ombordtaking før bløgging, vil få mer restblod i muskelen.

Utblødningstid: Resultatene viser at fiskens utblødningstid er kort, etter 3 minutter er mesteparten av blodet ute, og etter 30 minutter er restblodet i fisken på nesten samme nivå som etter 3 minutter. Disse resultatene bør verifiseres i videre forskning.

Temperatur på utblødningsvannet: Temperaturen på utblødningsvannet ser ikke ut til å være viktig i forhold til utblødning, men vi vet at oppbevaring av fisk ved lave temperaturer forlenger holdbarheten og det kan derfor være en fordel.

Utblødningsbetingelser: Måten utblødningen foregår på er ikke avgjørende for hvor mye blod en får ut av fisken når fisken bløgges raskt etter bedøvelse. Om fisken henger eller ligger i luft eller i sjøvann er ikke avgjørende for utblødningen og mengden restblod i fisken, såfremt den bløgges raskt etter bedøvelse. Men bruk av vann under utblødning har andre fordeler og er å foretrekke.

Koaguleringen/levringen av blodet påvirkes negativt av økt belastning/stress og temperatur.

VIKTIG for å redusere mengden restblod i muskelen

Stress fisken minst mulig på redskapen, bedøv/avliv gjerne fisken og bløgg den raskest mulig etter at den er kommet om bord, blø ut i sirkulerende vann som har lav temperatur.

Jevn flyt av fisk gjennom fangst og ombord-håndteringen er veldig viktig for god kvalitet, det vil si at mengde fisk som tas om bord må tilpasses kapasiteten til båten og mannskapet.

1.1 English Summary

Nofima has previously done a range of studies on bleeding of both cod and salmon. In 2014, a series of bleeding studies were performed on salmon. These gave new insight into how the blood is influenced by the stress level of the fish at the time of bleeding. This work was performed in FHF project 901007 "Optimisation of the slaughter process for salmon: New technology for crowding, bleeding and cooling". In summary, the new discovery on salmon showed that the blood coagulates significantly more quickly for fish that are stressed (10 minutes) compared to unstressed fish (30 minutes), and in addition there was more residual blood in the fish that were under stress (Bantle *et al.*, 2015). An additional project was financed by FHF, Norges Råfisklag and Nofima (FHF project 901088): Effect of bleeding stressed and unstressed cod. The current project is financed by FHF and is a continuation the studies from this project. The project has a reference committee that consists of people from the whitefish industry, together with people from the fishing vessel industries.

There are different approaches for how fish is handled when they are taken onboard. Some bleed the fish immediately and consecutively, while others let the fish rest a period before bleeding or direct gutting. The latter often occurs because it is difficult and possibly dangerous for the crew, to

bleed/direct gut the fish while they are highly active. Other solutions are to store the fish live on board and then stun the fish before bleeding. However, there still can be challenges when it comes to handling the large numbers of fish onboard.

The focus in this project is what happens right after the fish have come on board the boat. It is important that the quality at time of catch is maintained, which is not simple when large quantities of fish are taken onboard at the same time. The approach is that fish that are slaughtered immediately after landing, including stunned and slaughtered, will not pump blood out into the muscle. This is in contrast to commercial fishing where large quantities of fish lay onboard and die before they are bled.

In the previous project, the fish were slaughtered with a blow to the head and the results showed that the fish did not pump blood out of the small veins in the white muscle. In this project, we wanted to see whether there were differences in fish were slaughtered with a blow to the head or stunned with electricity with respect to the remaining blood in the muscle.

The goal of the project was to build knowledge such that vessels that took in relatively large hauls could attain the same white muscle and draining of blood as vessels where the fish are taken in one by one or slaughtered in a controlled manner. Some of the blood flaws in fish come from stress while in the fishing gear, but many of the flaws can be tied to delayed or poor blood draining. Large hauls is typical in trawl or Danish seine fisheries. To ensure good blood drainage of all fish that come onboard will raise the quality, and thus value, of the catch.

Subgoals:

1. Determine which stunning and slaughter methods best prevent blood transport out of the fillet while awaiting bleeding. Also which methods give the longest time window for bleeding.
2. Determine which bleeding methods and conditions that gives the best blood drainage of stunned and slaughtered fish.

Small scale studies have been carried out at the Havbruksstasjonen in Tromsø. In the studies wild cod was used. The cod were tended and fed with capelin, until the start of the study. In the studies, measurement methods and analyses that had been utilized in previous studies (Tobiassen et al. 2016) were applied for detection of blood and stress levels. Quantification of blood was performed using hyperspectral imaging (HSI),

After the results were obtained in the project, the goal to slaughter/stun the fish directly after landing, to achieve a time window prior to bleeding, was shown to be not possible on grounds of fish welfare. The risk that the fish would wake up before bleeding was too large.

In study 1, we investigated whether we could slaughter the cod directly after landing with the help of either electrical or mechanical percussive stunning followed by temporary storage in chilled water or air before bleeding. This is to hinder that the fish pumps blood out into the muscle, which then becomes red.

Fish that received mechanical percussive stunning, and particularly the group that were kept in water, had a relatively even spread of remaining blood in the muscle under storage. The results showed that there were fish that woke up again after stunning, and particularly the group with storage in water. The groups treated with electricity had an increased amount of remaining blood in the muscle,

especially the group stored in air. This can be due to individual fish that woke up after electrical stunning, during the study.

The control group that have been stored in air had a clear increase in residual blood with increased storage time in air.

As mentioned earlier, we had challenges associated with individual fish waking up while they awaited bleeding in both the group treated with electrical and mechanical stunning. Therefore, temporary storage of fish after electrical or mechanical percussive stunning while awaiting bleeding cannot be recommended as a method.

Earlier it has been argued that the fish must be living under bleeding in order to be rid of the blood. The results in this study show that both electrical and mechanical stunning give good bleeding without the fish being alive (control) during bleeding.

In study 2 we wanted to evaluate whether the temperature (6,5; 1 and -1,5 °C) of the water during bleeding could affect the residual blood in the muscle. The level of residual blood in the fish was not different for different temperatures of water used during bleeding, with a low level of residual blood. Therefore, the temperature of water used for bleeds appears to have little influence on the residual blood in the fish.

In study 3, it was investigated if the bleeding was influenced by different blood draining methods where the cod were either hanging in air or laying in water. The results showed that the method of blood draining (in air or water) was not decisive for how much blood was lost by the fish or the residual blood level, when the bleeding was done shortly after stunning. However, there was a tendency for the groups that were bled out in water to have a higher blood loss in percent.

In study 4, the results show that the majority of the blood is lost during the first three minutes of bleeding and contains nearly the same level of residual blood as those fish bled for 30 minutes. It must be pointed out that this was just an initial test with 10 fish per group. There clearly must be additional follow-up studies to verify this data. If the bleeding time is short with regard to blood removal, it may be important for the processing plant organization on board vessels and the slaughter process of fish.

The project displays new information that can be utilized to optimize and improve bleeding of fish both on board fishing vessels and processing facilities on land. In addition to teaching crew to change established beliefs and routines onboard.

Summary of the research and results attained on bleeding and residual blood carried out in recent years at Nofima

Stress affects the fish in two main ways. In the fishing gear during capture and after landing until bleeding. The residual blood in the muscle increases with increased stress and this blood does not disappear during bleeding.

The time before bleeding is vital, particularly if the fish are not slaughtered/stunned when they are brought onboard.

Stunning of the fish before bleeding does not reduce the bleeding and does not raise the residual blood in the fish muscle. The methods on stunning of fish are positive for both fish welfare and the safety of

the crew. Fish that lay and die in air onboard after landing before bleeding will have more residual blood in the muscle.

Bleeding time: the results show the majority of the blood are lost in the fish during a short period (3 minutes) and residual blood in the fish is nearly the same after bleeding for 30 minutes. However, these results should be verified in further studies.

Water temperature during bleeding: the temperature of water used during bleeding does not appear important with the respect to the bleeding process of fish. Nevertheless, we know that low temperatures increase the shelf life of the fish and therefore can be an advantage.

Bleeding methods: how the method of bleeding is carried out does not appear to be crucial, with regard to the blood loss, if the fish is bled shortly after stunning. Whether the fish is kept in air or in seawater does not appear to be crucial for how well the fish can be bled when bleeding is done shortly after stunning.

Coagulation/clotting of the blood is affected negatively with increased stress and temperature.

Important for reducing the level of residual blood in the muscle:

Stress the fish as little as possible during the catch, stun or slaughter the fish, and bleed as quickly as possible after they have come onboard. Keep the fish in circulating water that has a low temperature.

An even flow of fish through the catch process and the onboard handling is very important for good quality, such that the amount of fish taken onboard must reflect the processing capacity of the boat.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

I havet har fisken i utgangspunktet fremragende muskelkvalitet, men denne kvaliteten er i praksis vanskelig å beholde fra fangst og frem til levering ved kai. Det er spesielt fangstoperasjonen (type redskap og bruk), håndtering om bord før bløgging/avliving og tid før bløgging som er viktig å kontrollere for å unngå kvalitetsforringelse.

Fangstskaderegistreringer gjennomført av Nofima over flere år viser at en stor andel levert fisk, opp mot 50 % på noen redskap, har blodrelaterte kvalitetsavvik. Disse kvalitetsavvikene er ofte relatert til selve redskapen, store fangster og dårlig vær. Særlig på snurrevad og i trål er store fangster utfordrende. Grunnen er at fisken får stor belastning i redskapet og det er utfordrende å håndtere/bløgge store mengder fisk etter at fisken er tatt om bord i båten. Typisk vil den første fisken som bløgges være godt blodtømt, mens fisken som bløgges etter opptil flere timer i mottakstanken, inneholder mye blod i fileten.

Det er altså trål og snurrevad som har utfordringer med store fangster. Med store hal kan fisken bli klemmt over gjellene og kveles i redskapen. Det samme kan forekomme om bord der fisken ikke bløgges/avlives hurtig nok og dermed blir liggende i mottaksbingen og dør/kveles. Når fisken har liten oksygentilgang blir den stresset og øker dermed blodomløpet ut i muskelen for å takle opphopningen av melkesyre i muskelen. Dette medfører mer blod i de små kapillærårene og at den hvite muskelen blir rød. Denne rødfargen får en ikke fjernet med bløgging, og derfor er det viktig at fisken ikke stresser for mye i redskapen eller etter at den er kommet ombord. Bløgging av en stresset fisk gjør at blodet fjernes fra de store blodårene, noe som er viktig, men vil ikke klare å fjerne blodet som er deponert ute i de små blodårene. For å unngå rødfarge i fileten må fisken håndteres fint under fangst, og den bør bedøves/avlives/bløgges direkte når den kommer om bord.

I dette prosjektet ønsket vi å se på om det kunne finnes et balansepunkt mellom effektivitet (store fangster/hal) og god kvalitet (hvit muskel og god blodtømming). Resultatene fra forprosjektet viste at ved å avlive fisken (slag i hode) ved opptak fra havet, så akkumulerte ikke fisken noe særlig mer blod i muskelen. Vi så på denne effekten som en mulighet å få et større tidsvindu for bløgging av store fangster og dermed oppnå hvit muskel på hele fangsten.

2.2 "State of the art"

Nofima har tidligere gjort en rekke forsøk med bløgging av torsk og laks. I 2014 ble det gjennomført en forsøksrekke med bløgging av laks som gav ny innsikt i hvordan koagulering av blodet påvirkes av fiskens stressnivå ved bløggetidspunkt. Dette arbeidet ble gjort i FHF-prosjekt 901007 "Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk: Ny teknologi for trenging, bløgging og kjøling". Kort sagt viste de nye funnene fra laks at blodet koagulerer betydelig fortere på fisk som er stresset (10 minutter), sammenliknet med ustresset fisk (30 minutter) og i tillegg var det mer restblod i fisken som var utsatt for stress (Bantle *m.fl.*, 2015).

Det er ulike tilnærminger for hvordan fisken håndteres når den kommer om bord. Noen bløgger direkte og fortløpende etter hvert som fisken tas om bord, andre lar fisken roe seg før den bløgges eller direktesløyes. Det siste kommer ofte av at det er tungt og farlig å bløgge/direktesløye fisken mens den

er sprell levende. Andre løsninger kan være å lagre fisken levende om bord, eller bedøve fisken før den bløgges. Men fortsatt kan det være utfordrende når det kommer til å håndtere store mengder fisk om bord. I CRISP-prosjektet finansiert av Norges forskningsråd er det gjennomført korttidslagring av levende fisk. Resultater herfra viser at fisken må holdes i live for at rødfargen i muskelen skal bli borte (Olsen *m.fl.*, 2013). Grunnen er at fisken bruker disse timene til å restituere og "rense" muskelen etter stress gjennom fangst, og dermed får fjernet blodet i muskelen.

Innenfor prosjektet Fillet-O er det gjort forsøk med direktesløying/filetering av laks som viser at effektiv blodtømming kan oppnås både med hodekapping og tradisjonell bløgging av laks rett etter bedøving. Normalt vil cirka 1,5 til 2,0 % av kroppsvekten tapes ved tradisjonell bløgging og utblødning. Resultater fra Fillet-O viser at det ved hjelp av gravitasjon, i tillegg til å posisjonere fisken med hode/nakke ned, så vil over 95 % av blodtapet skje i løpet av de 2 første minuttene ved utblødning i luft (Heia *m.fl.*, 2016).

Videre ble det gjort en oppsummering av tidligere bløggeforsøk gjennomført på torsk. Disse var kun gjort på ustresst fisk noe som kan medføre at fisken fikk en "for god" utblødning, sammenliknet med det som trolig vil være resultatet fra stresset fisk i kommersiell fangst. FHF, Råfisklaget og Nofima gikk derfor sammen i et spleiselag hvor de finansierte et nytt prosjekt "Bløgging og holdbarhet på torsk" som ble gjennomført i 2015 (Tobiassen *m.fl.*, 2016).

Resultatene knyttet opp mot blod i dette prosjektet viste:

- Mengde restblod i muskelen øker med økende stress og dette blodet forsvinner ikke ved bløgging.
- Koaguleringen av blodet går raskere ved økt stress og høy temperatur.
- Stress påføres fisken hovedsakelig i to operasjoner. I fangstredskapen under fangst og etter ombordtaking frem til bløgging.
- Tiden før bløgging er klart viktigst og da spesielt hvis fisken ikke blir avlivet/bedøvet når den kommer om bord.
- Etter ombordtaking vil fisk som ligger og dør i luft få økt blodmengde i muskelen. Om fisken derimot blir avlivet når den ligger i påvente av bløgging, øker ikke blodmengden i fileten.

Resultatene viste at hvis fisken ble liggende å dø i containere (vanlig prosedyre i snurrevad og trål) så pumpet den blod ut i muskelen og muskelen ble rød. Hvis en i stedet avlivet fisken før den ble liggende i containere, ble ikke muskelen tilsvarende rød, noe som indikerer at den ikke kunne pumpe blod ut i muskelen. Dette er resultater som er viktig for hvordan en skal kunne håndtere de relativt store mengdene med fisk som kommer om bord i trål og snurrevadflåten. Vi ser for oss en logistikk hvor fisken blir bedøvet/avlivet hurtig etter ombordtaking og oppbevares slik frem til den kan bløgges.

2.3 Dette prosjektet

Fokuset i dette prosjektet var rettet mot det som skjer etter at fisken er kommet om bord i båten. Da er det viktig at kvaliteten ved ombordtak opprettholdes, noe som ikke er enkelt med store mengder fisk som kommer om bord samtidig. Innfallsvinkelen er at fisk som avlives direkte etter ombordtaking, eventuelt bedøves og avlives direkte, ikke vil pumpe blod ut i muskelen. Dette i motsetning til kommersielt fiske hvor store mengder av fisk kveles før den blir bløgget.

I forrige prosjekt ble fisken avlivet med slag i hodet og resultatene viste da at fisken ikke pumpet blod ut i de små årene i den hvite muskelen, i dette prosjektet ønsket vi å se om det var forskjell på om fisken ble avlivet med slag eller om den ble bedøvet med strøm med hensyn til restblod i muskelen.

Når fisken er bedøvet/avlivet vil hjertet fortsatt slå, spørsmålet er om dette kan føre til mer blod ut i muskelen i bedøvet tilstand? Hvis fisken i tillegg mellomlagres i underkjølt sjøvann kan det tenkes at fisken mer effektivt kjøles ned ved at blodet fortsatt sirkulerer. Innen pelagisk fiske brukes underkjølt vann for å slå ut store mengder fisk på kort tid. Det var derfor interessant å teste om underkjølt vann (RSW) også kunne benyttes til å forlenge effekten av el-bedøvingen.

Metoder som er egnet for hurtig bedøvelse/avliving av store mengder fisk på kort tid skulle utprøves. Denne testingen ble gjennomført med en bløggemetode som ble utført med ulik tid fra bedøvelse/avliving, for slik å se hvor lenge fisken kunne ligge bedøvet/avlivet før den måtte bløgges. Deretter testet vi hvordan en best kan bløgge og blø ut slik fisk for å få hvite fileter. Hvis prosjektet kom frem til et konsept som virket lovende, skulle dette testes ut i stor skala om bord på fartøy.

Hovedforskjellen mellom dagens prosess og det vi ønsket å teste ut var:

Dagens prosess: Med store fangster vil bløggeprosessen ta noe tid, slik at deler av fangsten er døende eller død før en rekke å bløgge fisken. Resultatet er ofte at muskelen på fisk fra store deler av fangsten blir blodsprenget og rødfarget.

Ny prosess: Ved ombordtaking av store fangster skal fisken bedøves og avlives bare minutter etter ombordtaking. Dette for å se om økning av mengde restblod i muskel kan unngås frem mot blodtapping og dermed undersøke hvor lang tid det kan gå før fisken bør bløgges. Målet er å få en prosess som gir en hvit og godt blodtømt fisk.

3 Problemstilling og formål

3.1 Målsetting

Målet er å oppnå god blodtømming av torsk fra store hal (snurrevad eller trål) om bord, som med dagens teknologi ikke lar seg bløgge før fisken dør og fileten blir rød.

Hovedmålsettingen er å bedøve og avlive torsken umiddelbart/minutter etter ombordtaking, slik at den kan ligge kontrollert frem til den kan bløgges. Dette er ment å forebygge at fisken får mer blod ut i fileten enn den hadde når den kom om bord.

Delmål

1. Avdekke hvilke bedøvnings- og avlivingsmetoder som best hindrer blodtransport ut i fileten i påvente av bløgging, samt undersøke hvilke metoder som gir det lengste tidsvinduet frem til bløgging.
2. Avdekke hvilke bløggemetoder og betingelser som gir den beste blodtømmingen på bedøvet og avlivet fisk.
3. Basert på resultatene fra delmål 1 og 2 lage bedøvelses-, avlivings- og bløggerutiner som kan testes ut i stor skala.

Næringsnytte

I prosjektet skulle en undersøke om det var mulig for fartøy som tar inn relativt store hal å oppnå like hvit muskel og god blodtømming som på fartøy hvor fisken kommer inn en og en, eller slaktes kontrollert. Fangstskaderegistreringen som Nofima har utført siden 2014 (Joensen *m.fl.*, 2016) viser at eksempelvis snurrevadfartøy har fisk med mer blod når fangstene er store. Deler av blodfeilene kommer fra stress i redskapen, men kan også knyttes til forsinket og dårlig blodtømming. Ved å sikre god blodtømming av all fisk som kommer om bord blir kvaliteten bedre og verdien av fangsten øker.

Ettersom resultatene ble opparbeidet i prosjektet viste det seg at målet med å avlive/bedøve fisken direkte etter ombordtaking i påvente av bløgging ikke er gjennomførbart med hensyn til fiskevelferd. Risiko for at fisken ville våkne etter bedøving var for stor, dette forklares nærmere under resultater og oppsummering. Prosjektet gir ny kunnskap som kan benyttes til å effektivisere og forbedre utblødning av fisk både om bord på fartøy og på mottaksanlegg på land. I tillegg er resultatene relevant i sammenheng med opplæring av mannskap for å endre på "etablerte sannheter" og rutiner om bord.

4 Prosjektgjennomføring og metoder

4.1 Møteaktivitet i prosjektet

Det ble gjennomført oppstartsmøte hvor prosjektbeskrivelsen og aktivitetene ble gjennomgått. I løpet av prosjektperioden ble det avholdt flere møter med referansegruppen hvor noen deltok på telefon og noen deltok på møtene sammen med Nofima.

Statusmøter ble gjennomført etter hvert som forsøkene ble utført og resultatene var klare. Til møtene ble det laget presentasjoner etterfulgt av diskusjon av status og resultater. Veien videre i prosjektet ble diskutert med styringsgruppen, og i samråd med referansegruppen ble det gjort endringer i forhold til opprinnelig prosjektbeskrivelse ut i fra resultater i forsøkene.

Prosjektadministrasjon

Prosjekt ble ledet og gjennomført av Nofima, og ekspertise på dyrevelferd ble hentet inn ved samarbeid med Cecilie Mejdell fra Veterinærinstituttet. I tillegg hadde prosjektet en referansegruppe som bestod av:

- Valter Johansen, Nergård Havfiske AS
- Frank Kristiansen, Båtsfjordbruket AS
- Rolf-Guttorm Kristoffersen, Kristoffersen Fiskebåt AS
- Frank Jakobsen, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfor (FHF)
- Roar Pedersen, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfor (FHF)

4.2 Gjennomførte forsøk

Alle forsøk ble gjennomført på Havbruksstasjon i Tromsø, med levendelagret torsk som var fôret med lodde frem til forsøkene. Fisken ble sultet i cirka 2 uker før forsøkene startet.



Bilde 1 Aktivitet fra forsøk som er gjennomført i prosjektet

4.2.1 Forsøk 1: Kan en unngå rød muskel ved bruk av bedøving og avliving?

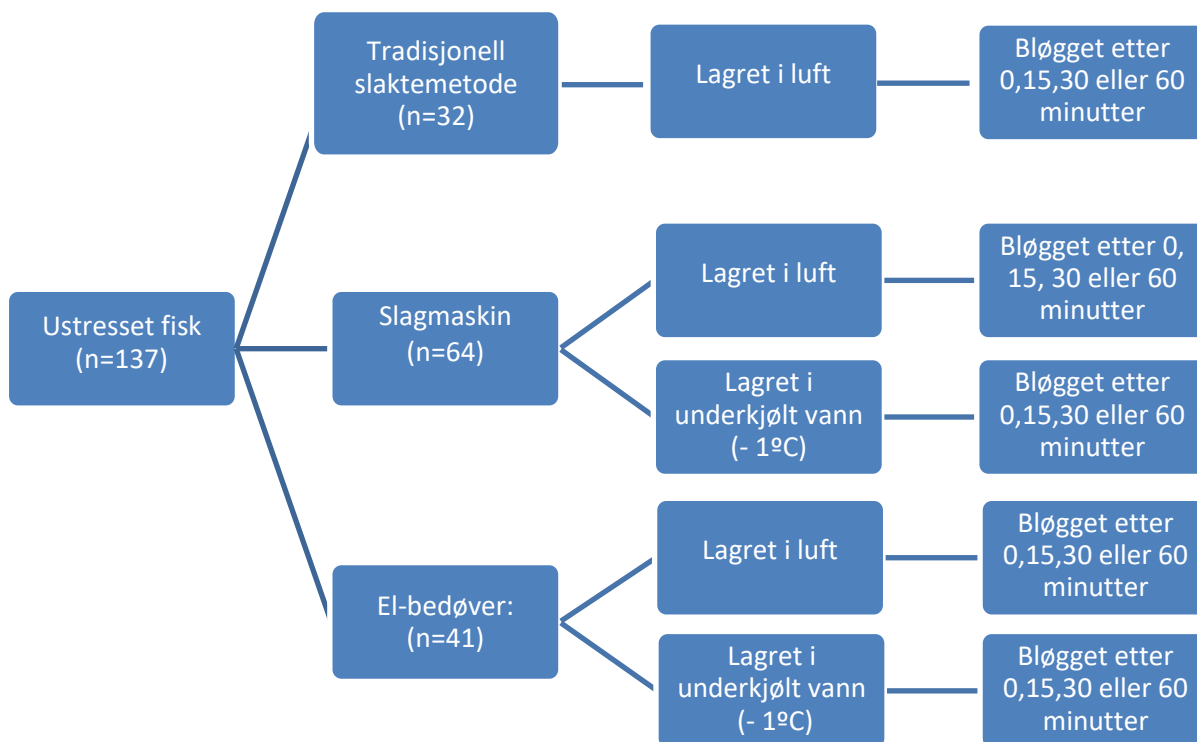
Hovedmål

Undersøke om torsk som avlives direkte etter ombordtaking, eventuelt bedøves og avlives direkte, ikke vil pumpe blod ut i muskelen i påvente av bløgging. Kvaliteten måles ved registrering av restblod i muskel og eventuell ryggknekk, filetkonsistens og spalting.

Gjennomføring

Torsken ($n = 137$, rund vekt: 6117 ± 1409 g, lengde: 85 ± 6 cm) ble samlet i avkast og håvet ut mest mulig skånsomt for å unngå stress. Deretter ble ustresset torsk fordelt i tre hovedgrupper: kontroll (tradisjonell slaktemetode), slag (slag i hode ved bruk av slagmaskin) og strøm (EI-bedøver ved 105 volt i 5 sekunder) (Figur 1). Kontrollgruppen ble videre fordelt i fire grupper for mellomlagring i luft for 0, 15, 30 og 60 minutter. Slag- og strøm-hovedgruppene ble fordelt i 8 grupper hver, hvorav fire grupper ble mellomlagret i luft (0, 15, 30 og 60 minutter) og fire grupper ble mellomlagret i underkjølt sjøvann (-1 grader) (0, 15, 30 og 60 minutter) før bruk av slagmaskin eller el-bedøver til bløgging. Totalt oppsett utgjorde 18 grupper.

Etter hver mellomlagring ble fiskene bløgget ved strupekutt. Umiddelbart etter bløgging ble blodprøver samlet fra arterien i forkant av bulbus og blodparametere pH, glukose og laktat ble målt. Deretter ble fiskene lagt i sjøvann for utblødning i 30 minutter. Fiskene ble deretter iset i kasser, transportert til Nofima i Tromsø og lagret på kjølerom inntil filetering og videre sensorisk evaluering av konsistens, spalting og rødfarge. I tillegg, ble rødfargen på fileter vurdert ved bruk av spektroskopisk analyse av restblod i muskel (hemoglobin). Rigor mortis ble målt på fisker i enkelte grupper i forsøket.



Figur 1 Oppsett av Forsøk 1

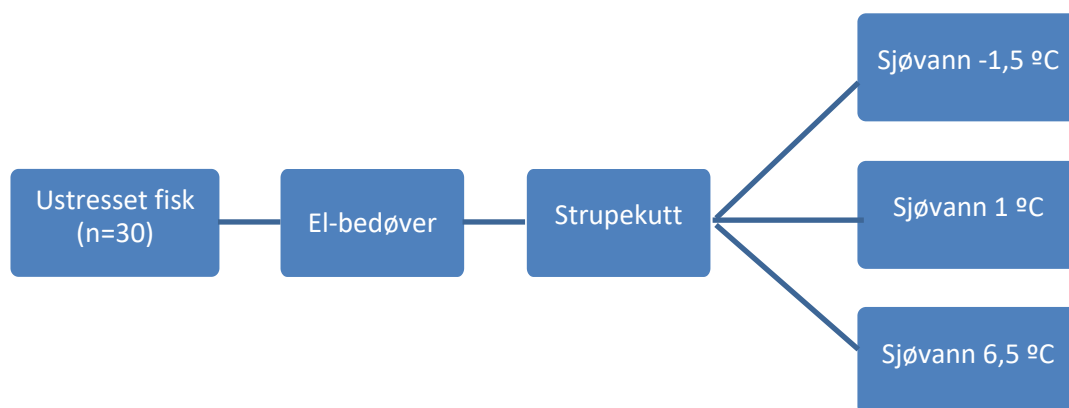
4.2.2 Forsøk 2: Utblødning ved ulike temperaturer i vannet

Hovedmål

Finne ut om temperaturen i utblødningsvannet påvirker utblødningen og dermed restblodet i fisken.

Gjennomføring

Torsken ble skånsomt håvet ut (n = 30) og overført til et kar med sjøvann (750 l) før testen startet. Deretter ble fisken bedøvd med strøm (105 volt, 5 sek), bløgget ved strupekutt og fordelt i tre kar (hvert kar: n = 10) med sjøvann av ulike temperaturer (kar 1: -1,5 °C, kar 2: 1,0 °C, kar 3: 6,5 °C) for utblødning i 30 minutter (Figur 2). Etter utblødning ble fisken lagt i kasser med is, transportert til Nofima i Tromsø, og lagret på kjølerom inntil filetering og spektroskopisk vurdering av rødfarge på filetene ble utført.



Figur 2 Oppsett i Forsøk 2

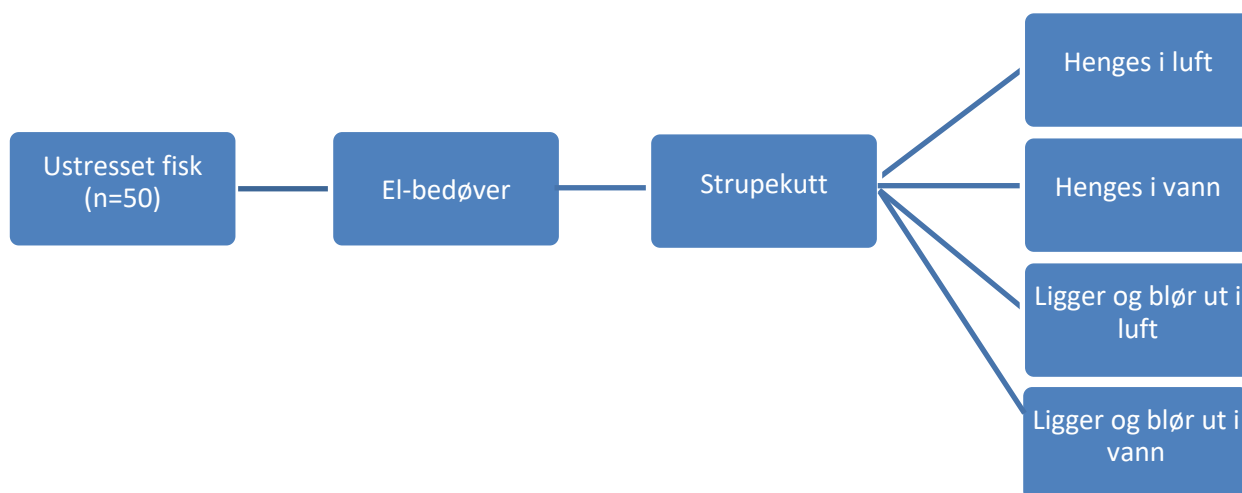
4.2.3 Forsøk 3: Utblødning ved ulike betingelser

Hovedmål:

Teste ut ulike utblødningsbetingelser.

Gjennomføring

Torsken ($n = 24$, rund vekt: 6469 ± 1600 g) ble skånsomt håvet ut og overført til et kar med sjøvann (750 l) fram til testen startet. Hver fisk ble så el-bedøvet (105 volt i 5 sek), tagget, dyppet i sjøvann og holdt ut for avrenning i 10 sekunder for å unngå store avvik i vekt før og etter utblødning. Umiddelbart etter avrenning ble fisken veid, bløgget ved strupekutt og lagt ut for utblødning i 20 minutter ved ulike betingelser. Fire utblødningsmetoder ble testet ut, hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann (Figur 3, Bilde 1 A, B, C, D). Etter utblødning ble all fisk igjen dyppet i sjøvann og holdt ut for avrenning i 5 sekunder før vekten på fiskene ble registrert. Fiskene var så plassert i kasser med is, transportert til Nofima i Tromsø og lagret på kjølerom inntil filetering og spektroskopisk analyse av rødfarge på fileter.



Figur 3 Oppsett av Forsøk 3

A**B****C****D**

Bilde 2 Utblødningsmetoder som ble testet i Forsøk 3. A – torsk henger i luft, B – torsk henger i vann, C – torsk ligger i luft, D – torsk ligger i sjøvann.

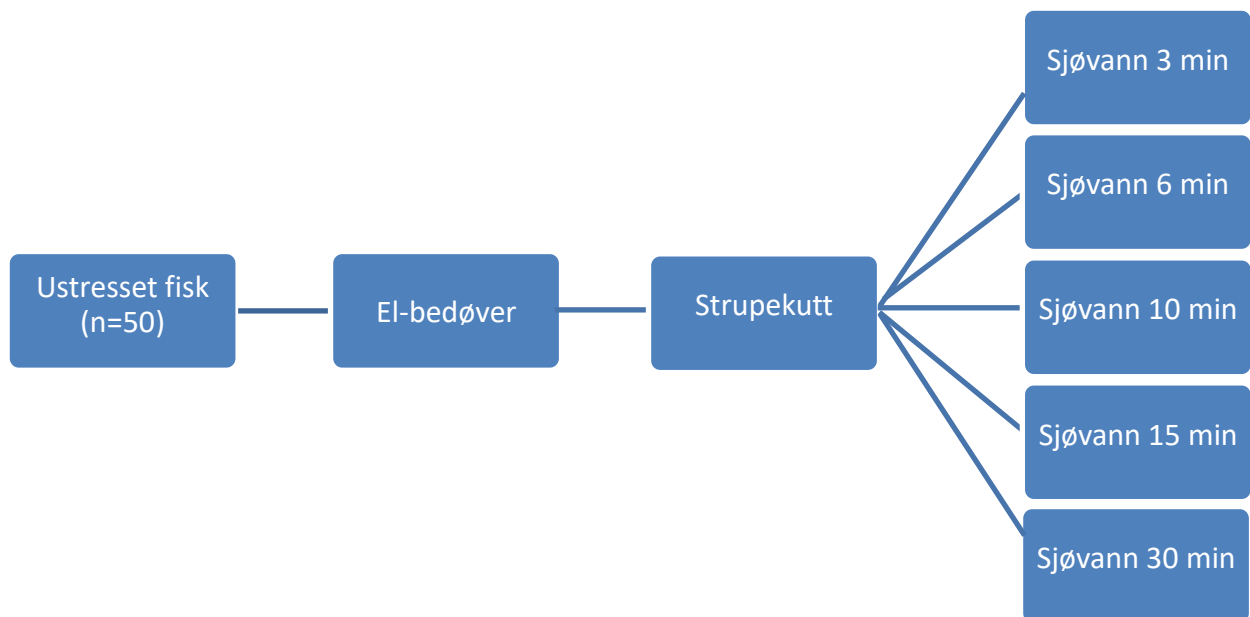
4.2.4 Forsøk 4: Utblødning i vann ved ulike tider

Hovedmål

Finne ut hvor mye blod en får ut av fisken ved ulik utblødningstid. Resultatet måles som prosentvist blodtap og restmengde blod i muskelen.

Gjennomføring

Torsken ($n = 50$, rund vekt: 6838 ± 1371 g) ble skånsomt håvet ut, bedøvd med el-bedøver (105 volt, 5 sekunder), tagget, veid og deretter fordelt i fem ulike grupper (hver: $n = 10$) for utblødning i sjøvann i 3, 6, 10, 15 og 30 minutter. Etter utblødning ble hver fisk holdt ut for avrenning i 5 sekunder før torskens vekt ble registrert på nytt. Deretter ble fisken pakket inn i kasser med is, transportert til Nofima i Tromsø og lagret på kjølerom inntil filetering og spektroskopisk vurdering av filetfarge.



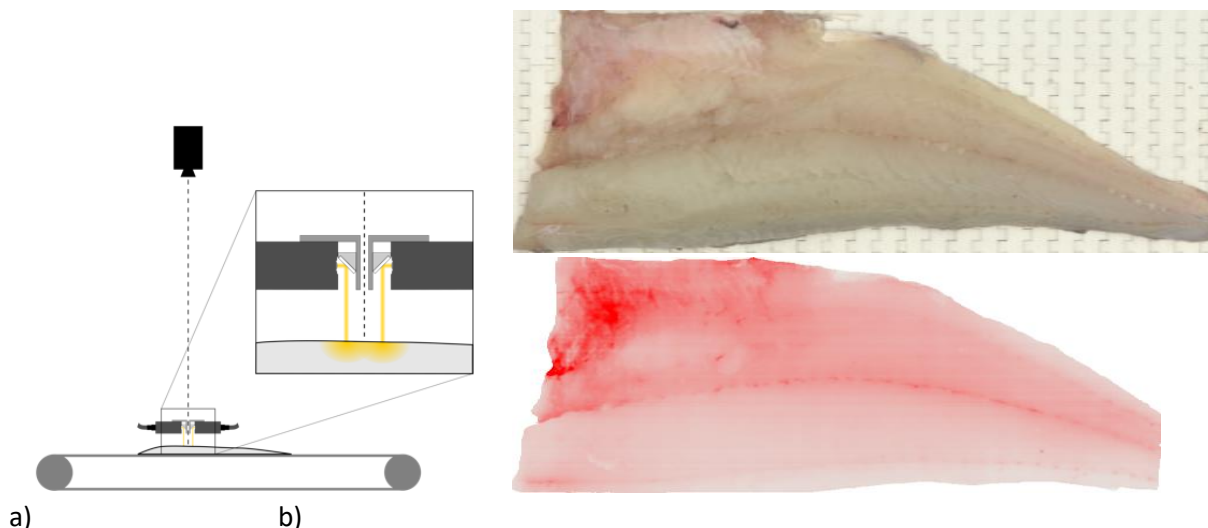
Figur 4 Oppsett av Forsøk 4

4.3 Metoder brukt i prosjektet

Metodene som er benyttet er vurdert til å gi best mulig svar på problemstillingene i prosjektet.

4.3.1 Spektroskopisk måling av blodmengde i torskefilet

Filetene (fiskene) var islagret i kasser frem til instrumentell måling av rødfargen (blodmengde) på muskelen. Målingen ble utført med en hyperspektral avbildning (HSA), som er en ny teknologi med mange mulige anvendelsesområder. Den er basert på å måle hvor mye lys som blir absorbert, på ulike frekvenser, av fileten og med romlig informasjon (bilde). I motsetning til et tradisjonelt fargebilde er hvert punkt i bildet representert med et absorpsjonsspekter som dekker både synlig og nær infrarødt lys. Dette fungerer som et kjemisk fingeravtrykk og kan brukes til å finne kjemiske komponenter i en prøve. Skjelvareid *m.fl.*, (2017) presenterte en løsning basert på diffus reflektans HSA hvor blod i overflaten på en torskefilet kan måles. Et alternativt oppsett for HSA kalles interaktans og baserer seg på å måle innsiden av fileten i stedet for kun overflaten. Hvordan belysning og måling settes opp er illustrert i Figur 5a. Fileten belyses ved hjelp av to lysstriper og mengde lys som kommer ut av fileten midt mellom lysstripene registreres ved hjelp av HSA. Ved å bruke samme analysetilnærming som publisert for diffus reflektans HSA (Skjelvareid *m.fl.*, 2017) registreres mengde blod for både filenes innside og overflate. Figur 5b viser hvordan målt blodmengde kan visualiseres.



Figur 5 a) Filetene passerer på et transportband under avbildning. To lyslinjer er fokusert på fileten og mengde lys som kommer ut av fileten midt mellom lyslinjene blir registrert av det hyperspektrale kameraet. b) Viser fargebilde av en hysefilet og tilsvarende målt blodinnhold basert på interaktans HSA.

4.3.2 VER (visual evoked response)

Registrering av VER er en komplisert og dyr metode (ved elektroencefalografi, EEG) som måler endringer i hjernebølgeomønstret. Under bedøvelse endres hjernebølgeomønstret seg hos fisk og når VER (Visual Evoked Response) opphører, er dette en indikasjon på at hjernen ikke er i stand til å prosessere sensorisk informasjon og blir vurdert som et "bevis" for at fisken er bevisstløs og følelsesløs (VKM, 2005).

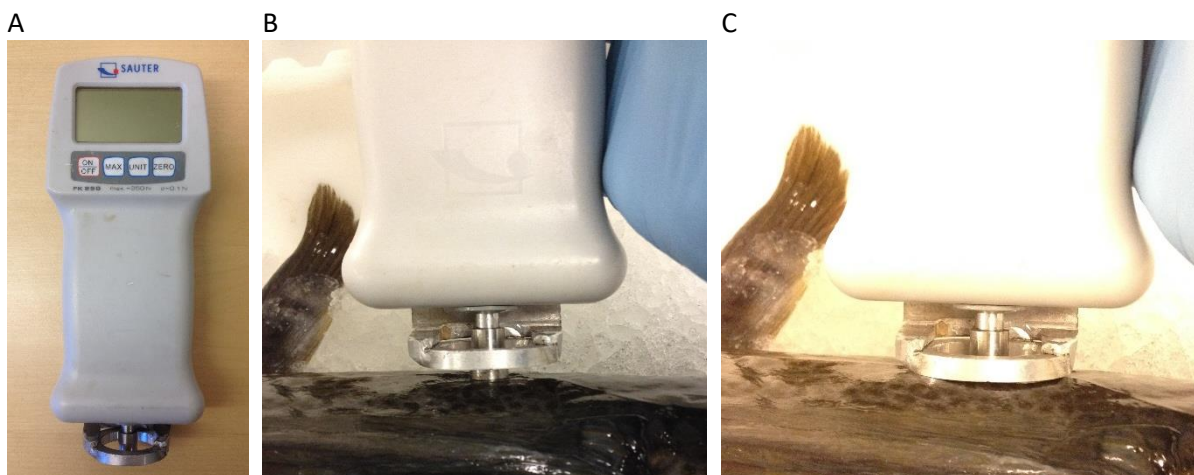
Istedenfor å måle fravær av VER ved hjelp av EEG, finnes det andre kriterier for å vurdere om en fisk er bedøvet. Disse kriteriene er basert på fiskens adferdsmål og reflekser når den utsettes for stimuli. Blant annet kontrolleres puste- eller gjellelokkbevegelsene, øye-rulling (vestibulo-ocular-refleks) og andre refleksbevegelser som respons på stikk i haleregionen. Bevegelse av gjellelokk og øyerulling er de siste reflekser som forsvinner i en bedøvet fisk. Tidspunktet da disse refleksene opphører samsvarer med tidspunktet for fravær av VER. Fravær av disse refleksene regnes derfor som et godt underbygget kriterium for å si at fisken er bedøvet og bevisstløs (Kestin *m.fl.*, 2002).

4.3.3 Blodanalyser (pH, laktat og glukose)

Alle målinger ble gjennomført umiddelbart etter bedøving/avliving og bløgging av fisken ved strupekutt. Blodprøver ble samlet fra arterien i forkant av bulbus og analysene ble gjennomført i henhold til Tobiassen *m.fl.* (2018). Blod-pH, blodlaktat og blodglukose ble brukt som indikatorer på stress da disse parameterne i stor grad endrer seg ved høyt energiforbruk ved stress/aktivitet. pH-verdiene ble målt med WTW330/set-en pH-meter (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten, Weilheim, Tyskland) utstyrt med en Hamilton dobbelpore glasselektrode (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Sveits). Instrumentet ble kalibrert ved bruk av vanlige pH-verdier 4,01 og 7,00 buffere, og elektroden ble rensert med demineralisert vann mellom hver måling. Konsentrasjoner av laktat og glukose ble målt i fullblod, med henholdsvis Laktat Scout + (SensLab GmbH, Tyskland) og FreeStyle Lite (Abbott Diabetes Care, Inc., Alameda, CA).

4.3.4 Rigor mortis (dødsstivhet)

Tiden til den maksimale dødsstivhet inntraff ble registrert ved å måle kompresjonskraften (CF [g]) ved hjelp av en digital teksturmåler SAUTER FK 250 (SAUTER GmbH, Albstadt, Tyskland) modifisert med et flatt, sirkulært stempel (diameter 11 mm) plassert 5 mm under en ringformet stopper (Bilde 2A). Kompresjonstesten ble utført i henhold til Ageeva *m.fl.* (2018) med mindre modifiseringer. Stemplet ble trykt mot fiskemuskelen perpendikulært til muskelfibrene inntil den ringformede stopperen berørte huden, og den påførte CF, som indikerer nivået av muskelhardhet, ble registrert (Bilder 2B og C). For å sikre minimal fiskehåndtering under utvikling av rigor, ble CF målt uten å fjerne fisken fra boksene. Den første måling ble utført på venstre side på hver fisk cirka 6 cm bak gjellebuen og 1 cm over sidelinjen. De påfølgende målinger ble utført cirka 0,5 cm bak den forrige. For hvert målepunkt ble registrering gjentatt tre ganger, og gjennomsnittsverdiene ble brukt i resultatene.



Bilde 3 Viser teksturmåleren og hvordan den benyttes til måling



Bilde 4 Viser fisk som ligger klar for måling av rigor mortis. Is er fjernet slik at måleområdet er klart.

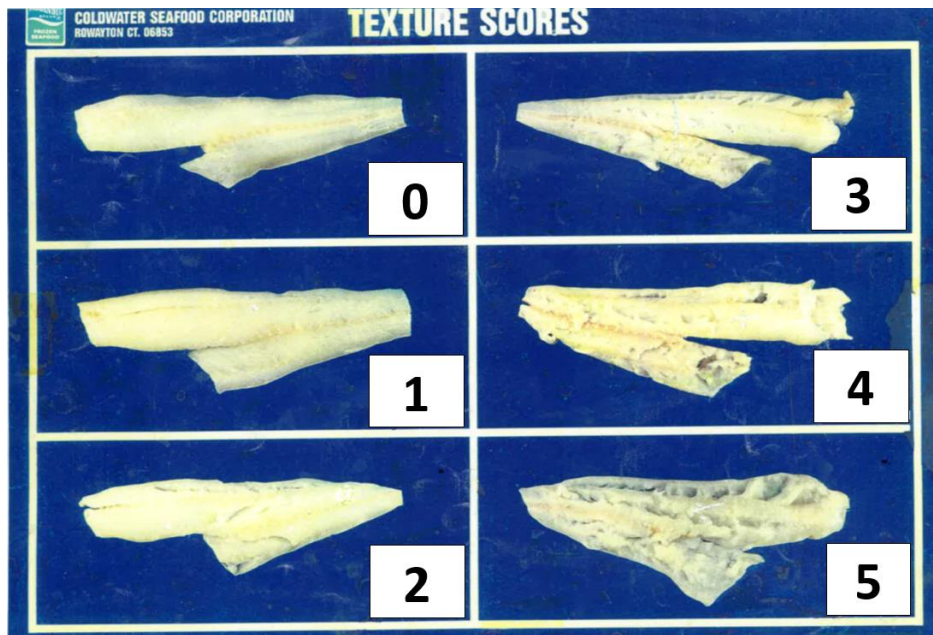
4.3.5 Sensorisk evaluering (spalting og konsistens)

Sensorisk evaluering av filetene ble gjennomført av tre trente dommere ved Nofima i Tromsø. Spalting ble gitt et spaltingstall fra 0 til 5, hvor 0 ble vurdert som ingen spalting og 5 som alvorlig spalting (Bilde 4). Konsistens ble gradert i en firedelt skala; fra 0 = best til 3 = dårligst. Rødfarge ble gitt poeng fra 0 = best til 2 = dårligst.

I forsøkene ble det ikke registrert ryggknekk på noen fisker.



Bilde 5 Bildene viser forsøksfisk og oppsett i forbindelse med evaluering og måling av kvalitet.



Bilde 6 Skjema som benyttes til å måle spalting på torskefileter.

5 Resultater og diskusjon

5.1 Forsøk 1: Uttesting av ulike bedøvnings-/avlivingsmetoder

Her ble det undersøkt hvilken metode for bedøving/avliving av torsken som er mest gunstig i forhold til å redusere blodansamling i muskel før bløgging og kvalitetsreduksjon på fisken knyttet til ryggknekk, filetkonsistens og spalting.

5.1.1 Rigor mortis (dødsstivhet)

Tid til maksimal dødsstivhet/rigor mortis inntreffer ble registrert på fisker i alle 3 hovedgruppene i forsøket:

- Kontroll: registrert på 7 fisker fordelt på to grupper, tid før maksimal rigor varierte mellom 25–34 timer.
- Slag: Registrert på 12 fisker fordelt på to grupper, tid før maksimal rigor varierte mellom 48–54 timer.
- Strøm: Registrert på 8 fisker fordelt på to grupper, tid før maksimal rigor varierte mellom 18–35 timer.

Det er en del usikkerhet knyttet til disse tallene da det var få individer i hver gruppe. Trenden viser at gruppene som ble avlivet med slag hadde lengst tid til rigor inntrådte, etterfulgt av kontrollgruppene. Gruppen bedøvet med strøm gikk raskest i rigor. Resultatene for slag og strøm stemmer godt overens med målinger i andre forsøk.

5.1.2 Bevissthet - Vurdering av bedøvelseeffektivitet/avliving

For å vurdere fiskenes bevissthetsnivå ble adferdsmål og reflekser vurdert. Blant annet ble puste- eller gjellelokkbevegelsene og øyerulling vurdert. Bevegelse av gjellelokk og øyerulling er de siste reflekser som forsvinner hos en bedøvet fisk. Fravær av disse refleksene regnes derfor som et godt kriterium for å si at fisken er bedøvet og bevisstløs (Kestin *m.fl.*, 2002). Under forsøket ble dette vurdert av 2 personer.

Når det gjelder gruppen som ble behandlet med strøm så var det mange fisk som viste tegn til oppvåkning både av de som ble lagret i vann og de som lå i luft. Disse fiskene ble tatt ut av forsøket og avlivet med slag i hodet og bløgget. Gruppen av fisk som ble slått i hodet med en SI-7 og lagret i vann hadde også enkeltfisker som gav utslag på målingene. Disse ble også tatt ut av forsøket og avlivet med slag i hodet og bløgget.

Etter disse forsøkene ble det gjort en vurdering av resultatene på VER med hensyn til å benytte strøm/elbedøving og slagmetode før en eventuell mellomlagring i vann eller luft i påvente av bedøving. Konklusjonen i gruppen på dette var klar:

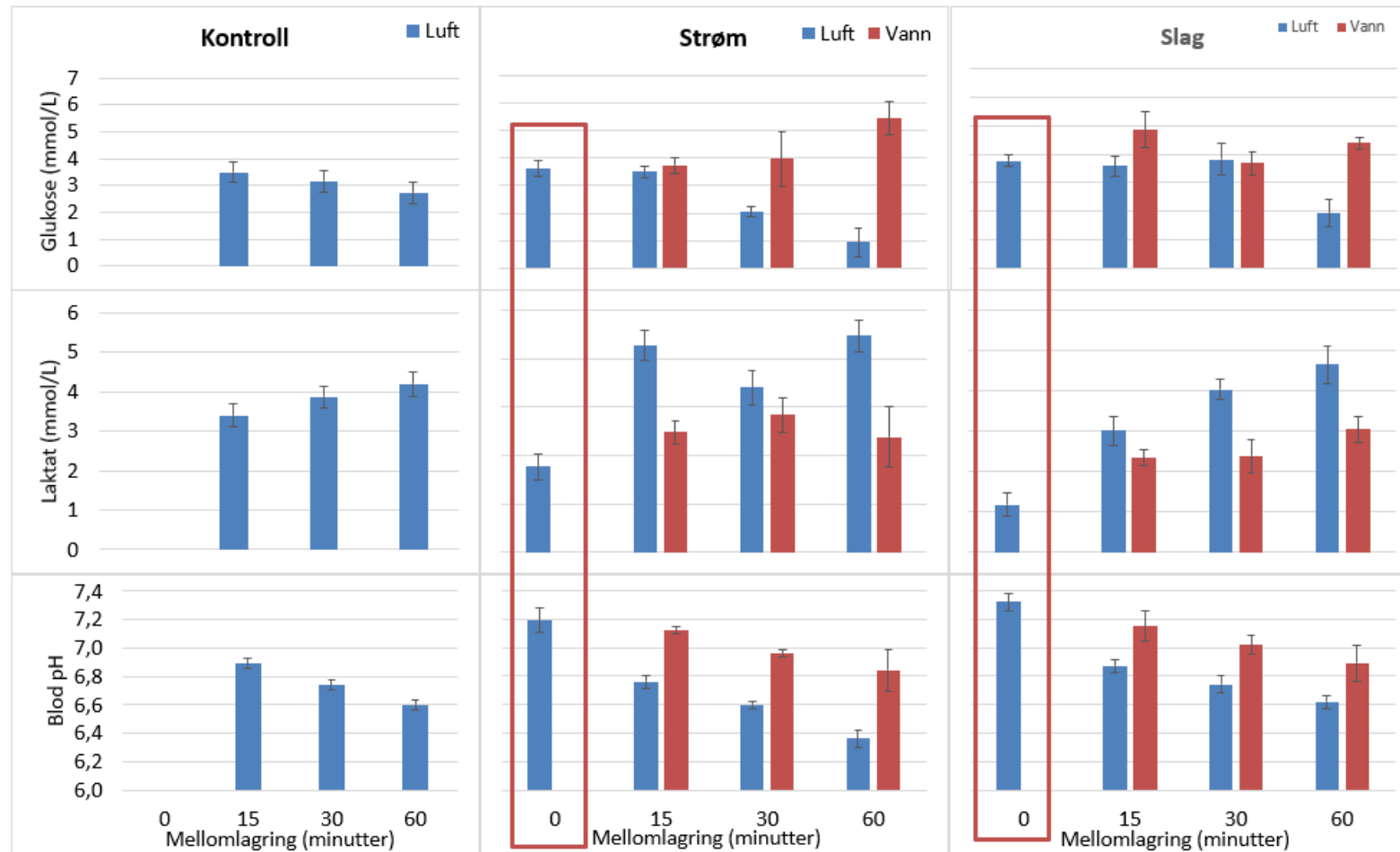
Å benytte elbedøving/strøm og slagmaskin til å avlive/bedøve fisken før mellomlagring i vann eller luft i påvente av bløgging medfører for stor usikkerhet i forhold til å opprettholde velferden for fisken. Flere fisk våknet opp noe tid etter strøm/slag, og da vurderes fiskens velferd som kompromittert.

Basert på disse erfaringene er ikke den skisserte bruken av bedøvelsesmetodene egnet for videre uttesting i småskala eller storskalaforsøk.

Det er viktig å presisere at bruk av slagmetode og elbedøving etterfulgt av **umiddelbar bløgging** som vanlig slaktemetode fungerer godt. Problemene oppstår når fisken skal ligge relativt lenge etter slag eller elbedøving.

Under forsøkene og vurdering av resultatene deltok Cecilie Mejdell fra Veterinærinstituttet. Mejdell er en av de fremste ekspertene på dette området og hennes vurdering er viktig i forhold til oppsummering og konsekvens fra disse forsøkene.

5.1.3 Blodanalyser



Figur 6 Utvikling i glukose, laktat og pH i blod hos torsk som ble behandlet forskjellig etter uttak fra vann. Ustresset torsk ble fordelt i tre hovedgrupper: kontroll (tradisjonell metode), slag (slag i hode vha. slagmaskin) og strøm (EI-bedøver ved 105 volt i 5 sek). Kontrollgruppen ble fordelt i fire grupper for mellomlagring i luft for 15, 30 og 60 minutter. Slag- og strømhovedgruppene ble fordelt i 8 grupper hver, hvorav fire grupper ble mellomlagret i luft (0, 15, 30 og 60 minutter) og fire grupper ble mellomlagret i underkjølt sjøvann (0, 15, 30 og 60 minutter).

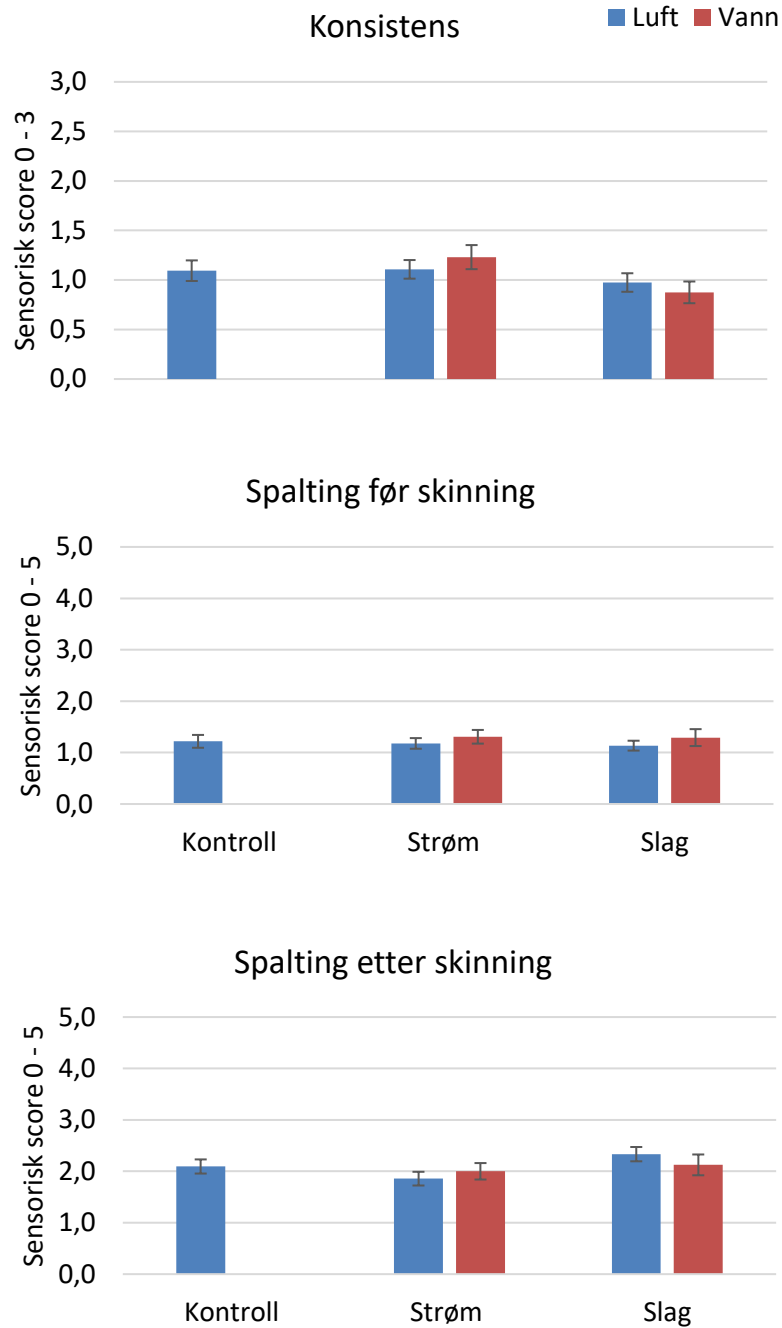
I en stressituasjon frigjøres mellom annet katekolaminer (adrenalin og noradrenalin) og kortisol. En funksjon til disse hormonene er å mobilisere energi i form av glukose. Glukosenivået vil ofte øke i situasjoner der fisk utsettes for stress. Kontrollgruppene som vises i røde bokser i Figur 5 (slag og strøm 0 minutter), har lavest nivå av laktat (1–2 mmol/L) og høyest pH blodverdi, noe som indikerer at de er minst stresset. I dette forsøket var gruppen av fisk som ble liggende i luft (kontrollgruppen) etter opptak fra vannet utsatt for en ekstrem situasjon. Sannsynligvis går fisken raskt inn i en krisetilstand der mobilisering av "ny" glukose blir umulig. I tillegg vil økt hjerterytme og gjellebevegelser samt høy aktivitet, føre til at sirkulerende glukose raskt blir brukt opp. Fordi fisken i anoksisk miljø kun kan benytte seg av anaerob metabolisme, kan en vente at den høye aktiviteten fører til en opphopning av laktat og en nedgang i glukose, i tillegg til nedgang i pH blod. Dette vises godt på resultatene for kontrollgruppen, mens de andre gruppene har samme trend. For fisk som ble slått i hodet eller behandlet med strøm er det forskjell mellom gruppene om de ble lagret videre i vann eller luft. Luftgruppene har en utvikling for glukose, laktat og pH blod som er lik kontrollgruppen. Dette kan forklares av at hjertet fortsatt slår og blodet sirkulerer uten å kunne ta opp oksygen. Hos gruppene som ligger i vann slår også hjertet og de kan til en viss grad ta opp oksygen over gjellene, noe som vises ved at verdiene for laktat og pH blod henholdsvis ikke øker og faller like raskt.

Fisken som ble lagt i konteiner (kontrollgruppen) og utsatt for lufteksponering hadde økning i laktatnivået fra 15 til og med 60 minutters lagringstid, som er forventet.

Verdien for pH blod for alle gruppene var nedadgående fra måling rett etter opptak fra vann, hvor verdien lå på cirka 7,2 (strøm og slag 0 minutter). Når torsken blir lagret tørt i konteiner i 15, 30 og 60 minutter, reduseres blod-pH betydelig. Dette gjelder for alle gruppene av fisk (kontroll, strøm og slag). Årsaken er at lufteksponering skaper et anoksisk (oksygenfritt) miljø for fisken der den, uavhengig om den er stresset eller ikke, må forbrenne energi anaerobt.

5.1.4 Sensorisk vurdering

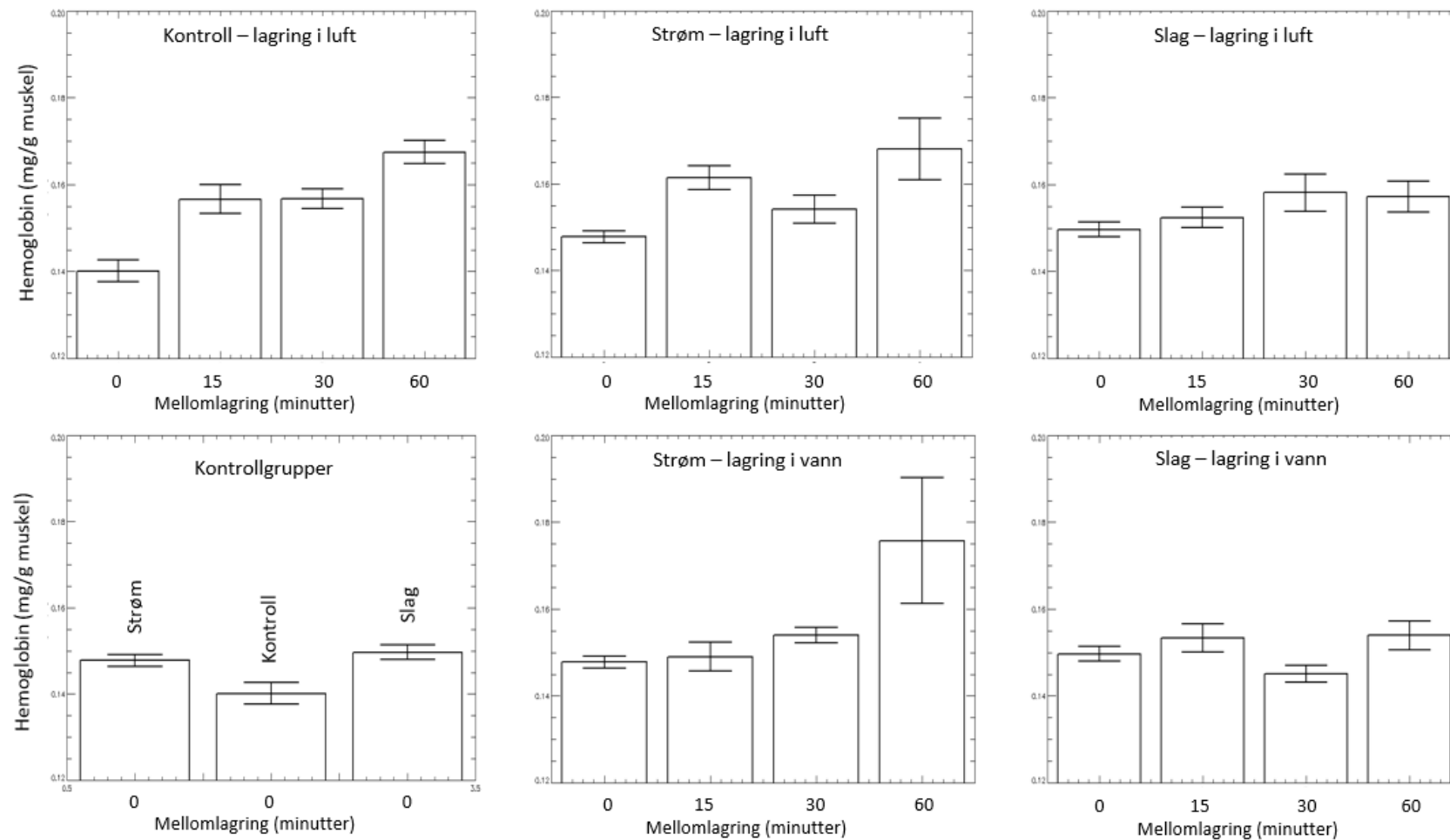
I den sensoriske vurderingen av alle fileter ble det ikke påvist forskjell i kvalitetsparameterne konsistens og spalting før og etter skinning, i forhold til lagringstid før bløgging. Derfor presenteres data samlet for de ulike tidspunktene (0, 15, 30 og 60 min), men fortsatt fordelt på behandlingsmåte (kontroll, strøm og slag). Resultatene for vurdering av rødfarge på gruppene samstemmer godt med det som ble objektivt målt med maskin og presenteres derfor ikke her i rapporten.



Figur 7 Resultatene for konsistens, spalting før og etter skinning på filet, sensorisk vurdering

Fra resultatene er det ingen forskjeller i konsistens eller spalting på fileter i sammenheng med den behandlingen fisken fikk. Spaltingen var høyere i fileter som er skinnnet enn i fileter med skinn, noe som er observert i de fleste forsøk hvor det er sett på forskjell mellom fileter med og uten skinn.

5.1.5 Spektroskopisk måling av blod



Figur 8 Kontrollgruppen ble fordelt i fire grupper for mellomlagring i luft for 0, 15, 30 og 60 minutter. Slag- og strømhovedgruppene ble fordelt i 8 grupper hver, hvorav fire grupper ble mellomlagret i luft (0, 15, 30 og 60 minutter) og fire grupper ble mellomlagret i underkjølt sjøvann (0, 15, 30 og 60 minutter). Etter hver mellomlagring ble fiskene bløgget ved strupekutt. Blodindeks angir mengde restblod i filetene, høyere verdi indikerer mer restblod i muskelen. Resultatet vises som en gjennomsnittsverdi og avviket oppgis som SEM (Standard feil av gjennomsnittet).

Når det gjelder blodmålingen for kontrollgruppen så samsvarer dette godt med det som er registrert tidligere; at økt tid i luft før bløgging medfører økt mengde blod i muskelen.

Resultatene viser at når torsk ligger "levende" i karene og stresser/er døende, så pumper den blod ut i muskelen. Dette medfører økt mengde restblod i muskelen, og dette blodet får en heller ikke fjernet med bløgging. Mengden av blod i muskelen øker med tiden torsk ligger i karet og er ubløgget. Som nevnt tidligere, kan dette sammenlignes med det som skjer i deler av fiskeriene i dag.

Tidligere resultater har vist forskjellen mellom torsk som ble avlivet med slag i hodet og den som lå i containere uten å bli avlivet. Fisk som ble avlivet ved uttak fra havet fikk ikke mer restblod i muskelen selv om bløggingen ble utsatt, men gruppen av fisk som lå "levende" i kontainer opparbeidet mer blod i muskelen.

I dette forsøket ble både strøm- og slagtestet som avlivings/bedøvelsesmetoder fulgt av lagring i vann eller luft før bløgging. Det kan se ut som fisken behandlet med slag, og da spesielt gruppen som ligger i vann, har en relativt flat utvikling av restblod i muskelen under lagring, mens gruppen behandlet med strøm og lagret videre i luft har større økning i mengde restblod i muskelen. Årsaken kan være at enkelte fisker våknet opp under forsøket.

En sentral problemstilling vi skulle undersøke, var om vi kunne holde nivået av blod i fisken lavt ved ulike behandlinger frem til bløgging. Oppsummert viser resultatene:

Kontrollgruppen/tradisjonell behandling: medfører en klar økning i blodmengde hos torsk når den lagres tørt i konteiner.

El-bedøver/strøm: fisken får økning i blodmengde i muskel både når den lagres tørt og i vann, kan komme av at noen fisker ser ut til å våkne opp.

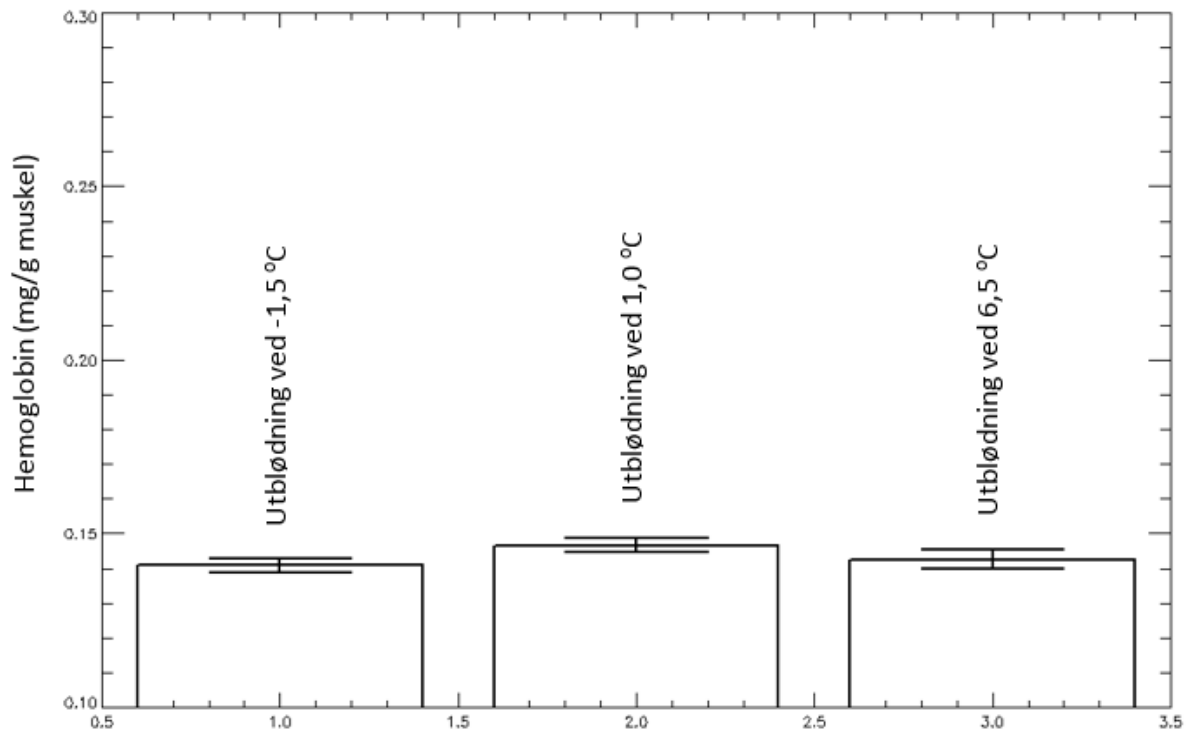
Slag: metoden som gir best resultat i forhold til mengde restblod i muskelen, men også her er det usikkerhet knyttet til om fisk kan våkne opp igjen og da spesielt ved lagring i vann.

Resultatene i Figur 7 viser at torsk avlivet med slag gir minst økning av blod i muskelen under lagring i påvente av bløgging. Som nevnt tidligere hadde vi utfordringer knyttet til at enkelte fisker våknet opp mens de ventet på bløgging både for gruppen som ble behandlet med slag og med strøm. Derfor kan ikke mellomlagring av fisk etter behandling med strøm og slag i påvente av bløgging av fisk anbefales som metode.

Tidligere har det vært diskutert at fisken må være levende under utblødning for at den skal kunne gå av seg blodet. Resultatene i dette forsøket viser at ved bedøvelse/avliving (strøm/slag) oppnås god utblødning uten at fisken er "levende" under utblødning.

5.2 Forsøk 2. Utblødning ved ulike temperaturer i vann

5.2.1 Spektroskopisk måling

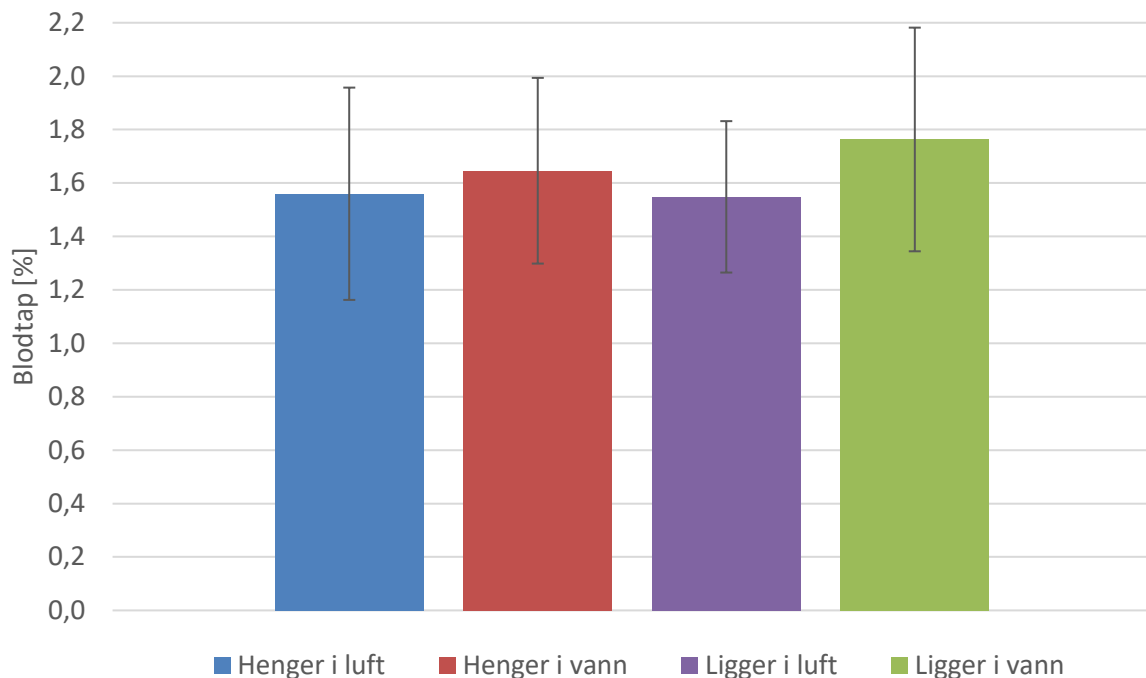


Figur 9 Torsk ble bedøvet med strøm (105 volt, 5 sek), bløgget ved strupekutt og fordelt i tre kar med sjøvann av ulike temperaturer (-1,5 °C, 1 °C og 6,5 °C) for utblødning i 30 minutter. Etter utblødning ble fisken lagret på is før filetering og spektroskopisk måling av restblod i filetene. Resultatet vises som en gjennomsnittsverdi av 10 fisker i hver gruppe og avviket oppgis som SEM (Standard feil av gjennomsnittet).

Her ønsket vi å finne ut om temperaturen i vannet ved utblødning kunne påvirke mengden restblod i muskelen. Som figuren viser er nivået av blod ikke forskjellig ved ulik temperatur i utblødningsvannet, nivået er også lavt. Det vil si at temperaturen på utblødningsvannet har lite å si for mengden restblod i fisken.

5.3 Forsøk 3: Utblødning ved ulike betingelser

5.3.1 Blodtap (%)

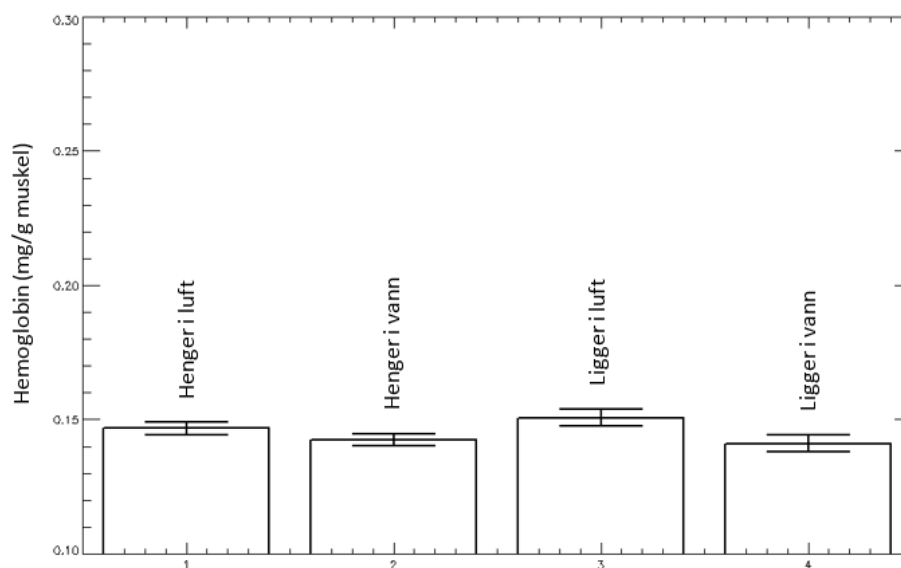


Figur 10 Fisken ble el-bedøvet, tagget, dyppet i sjøvann og holdt ut for avrenning i 5 sekunder for å unngå store avvik i vekt, før og etter utblødning. Fisken ble utblødd i 20 minutter ved ulike betingelser. Fire utblødningsmetoder ble testet ut, hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. Etter utblødning ble vekten på fiskene registrert. Resultatene presenteres som gjennomsnittsverdi og standardavvik for gruppene (N = 10 i hver gruppe).

Her er det undersøkt om utblødningen ble påvirket av ulike utblødningsbetingelser/metoder hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. Utblødningen i prosent for de fire gruppene er innenfor det som tidligere er målt som normalt blodtap for torsk, i tillegg er det liten forskjell mellom metodene og avviket innad i gruppen gjør slik at det ikke er forskjeller. Dette indikerer at måten utblødningen foregår på ikke er avgjørende for hvor mye blod en får ut av fisken når fisken bløgges raskt etter bedøvelse. Allikevel er det en tendens til at gruppene som er blødd ut i vann har høyere blodtap i prosent.

5.3.2 Spektroskopisk måling

Mengde restblod i muskelen ble målt på de samme gruppene som blodtapet. Dette for å se om det var sammenheng mellom prosentvis mengde blodtap og restblod i muskelen.



Figur 11 Resultatet vises som en gjennomsnittsverdi av mengde restblod målt ved hjelp av spektroskopi i torskefileter som var blødd ut under ulike betingelser. Avviket oppgis som SEM (Standard feil av gjennomsnittet). Fisken ble utblødd i 20 minutter. Fire utblødningsmetoder ble testet ut hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. (N = 10 i hver gruppe)

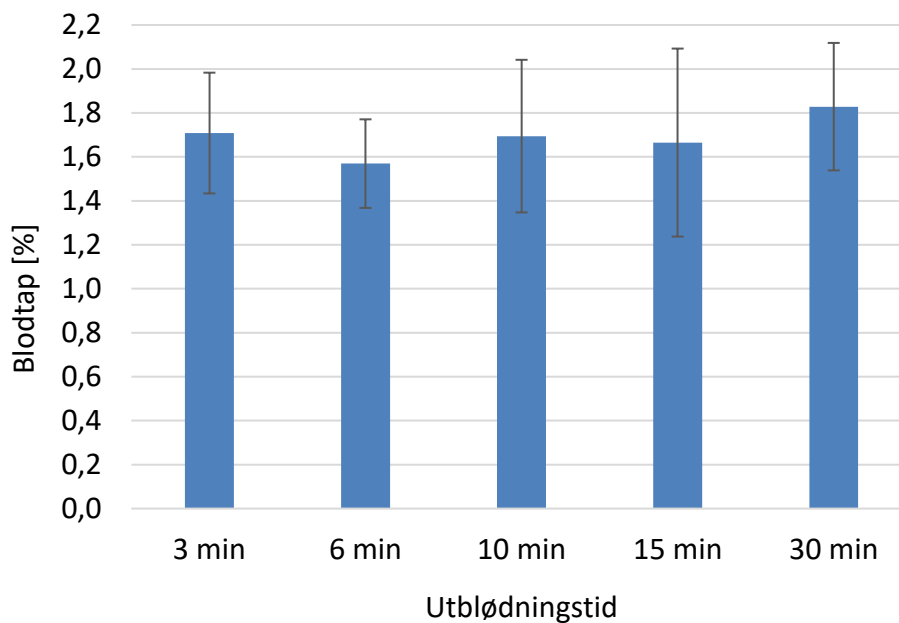
Resultatene viser at det ikke er stor forskjell mellom gruppene i forhold til mengde restblod i filetene, men tendensen er den samme som resultatene fra prosentvis blodtapping, hvor utblødning i vann kontra luft gir mindre restblod i filetene.

Resultatene i forsøk 3 viser at hvis fisken bedøves og bløgges rett etter opptak fra vann så har ikke utblødningsbetingelsene så mye å si for hvor mye blod det er mulig å få ut av fisken og hvor mye restblod som er igjen i fisken.

5.4 Forsøk 4: Utblødning i vann i ulik tid, innvirkning på blodtap og restblod i fisken

Vi valgte i forsøk 4 å benytte metodene fra forsøk 3 som ga "høyest" blodtap og minst restblod igjen i fisken, metoden var at fisken blødde ut mens den lå i vann. Metoden er enkel å gjennomføre både om bord i fartøy og ved slakterier/mottaksanlegg på land. Utblødningen i vann gir også fordeler i form av utseende på fisk og muligheter for, blant annet, kjøling.

5.4.1 Blodtap (%)

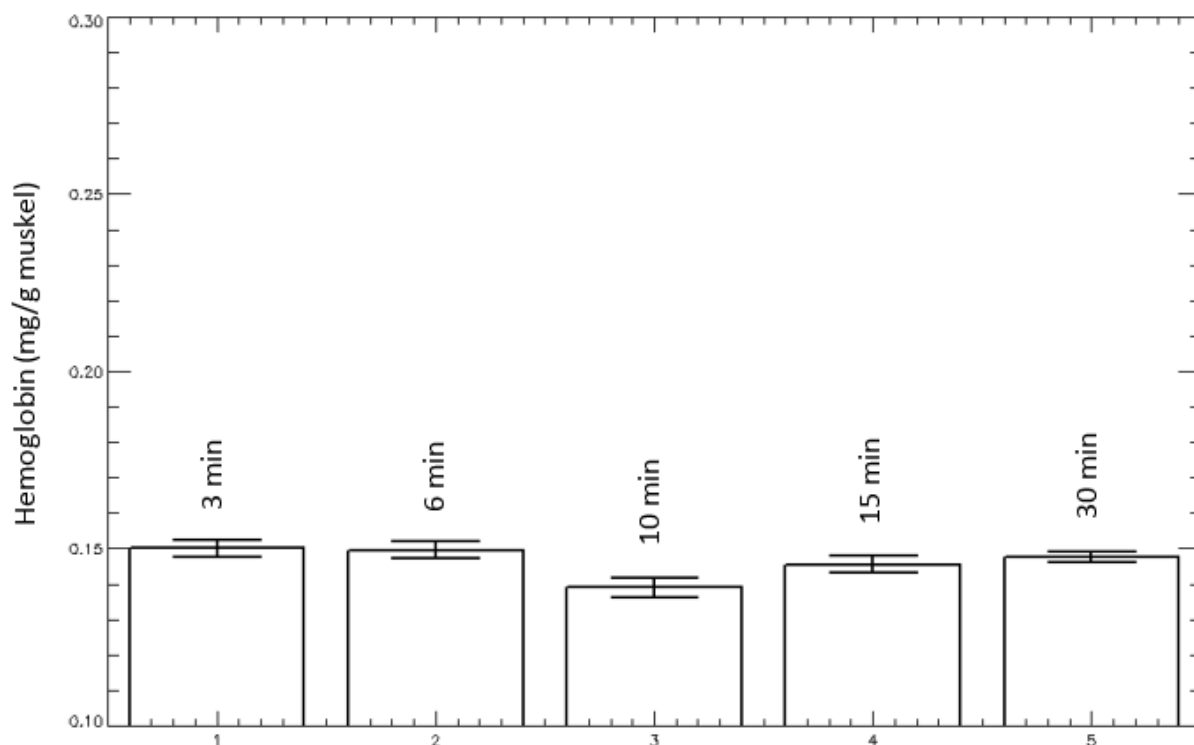


Figur 12 Torsken ble bedøvet med el-bedøver (105 volt, 5 sek), tagget, veid, kværkskjært og deretter fordelt i fem ulike grupper (hver: n = 10) for utblødning i sjøvann i 3, 6, 10, 15 og 30 minutter. Etter utblødning ble hver fisk holdt ut for avrenning i 5 sekunder før torskens vekt ble registrert på nytt. Prosentvis blodtap ble regnet ut, resultatet vises som gjennomsnittsverdi og standardavvik.

Resultatene viser at andel blodtap ligger mellom 1,6 og 1,8 prosent for gruppene av fisk, noe som er normale tall for blodtapping av fisk. Det som er veldig interessant er at det er svært liten forskjell avhengig av tiden som fisken blir blødd ut. Når en sammenligner 3 og 15 minutter med utblødning, så er det ingen forskjell i mengde blod. Utblødningstid på 30 minutter har en litt høyere gjennomsnittsverdi enn de andre gruppene, men variasjonen (std.avviket) innad i gruppene er så stor at det ikke kan regnes som en forskjell mellom gruppene.

5.4.2 Spektroskopisk måling

På den samme fisken som det ble målt prosentvist blodtap på, ble også mengde restblod i fisken målt. Det var viktig å undersøke om målingen av restmengde blod i fisken kunne bekrefte målingene av prosentvist blodtap for gruppene. Til dette ble en objektiv spektroskopisk målemetode benyttet.



Figur 13 Torsken ble bedøvet med el-bedøver (105 volt, 5 sek), tagget, veid, kværkskjært og deretter fordelt i fem ulike grupper (hver: n = 10) for utblødning i sjøvann i 3, 6, 10, 15 og 30 minutter. Etter utblødning ble hver fisk holdt ut for avrenning i 5 sekunder før torskens vekt ble registrert på nytt. Mengde restblod i filetene ble målt, resultatet vises som gjennomsnittsverdi (N = 10 i hver gruppe) og avviket oppgis som SEM (Standard feil av gjennomsnittet).

Resultatene her bekrefter målingene av blodtap som ble utført på denne fisken. Det er svært liten forskjell mellom mengde restblod i filetene uavhengig av utblødningstid. Resultatene i forsøk 4 er veldig interessante, det indikerer at en klarer å få veldig mye blod ut av fisken på kort tid og det er like lite restblod i fisken som ved utblødning i 30 minutter. Det må imidlertid påpekes at dette bare er en innledende test med 10 fisker i hver gruppe, men likevel, potensialet i disse resultatene er store. Hvis fartøy og bedrifter kan legge om utblødningsprosessen og bare blø fisken ut i noen minutter så vil det ha store positive konsekvenser.

6 Hovedfunn og konklusjon

I forsøk 1 skulle en undersøke om en kunne avlive torsk direkte etter ombordtaking ved hjelp av elbedøving eller slagmaskin etterfulgt av mellomlagring i underkjølt vann eller luft før bløgging. Dette for å unngå at fisken pumpet blod ut i muskelen og ble rød.

- Fisken behandlet med slag og da spesielt gruppen som ligger i vann har en relativt flat utvikling av restblod i muskelen under lagring. Resultatene viste at det var fisk som våknet opp igjen og da spesielt ved mellomlagring i vann.
- Gruppene behandlet med strøm har økning i mengde restblod og spesielt gruppen lagret videre i luft. Dette kan henge sammen med at enkelte fisker våknet opp under forsøket.
- Kontrollgruppen har en klar økning av restblod ved økende mellomlagringstid i luft.

Som nevnt tidligere hadde vi utfordringer knyttet opp til at enkelte fisker våknet opp mens de ventet på bløgging både i gruppen som ble behandlet med slag og strøm. Derfor kan ikke mellomlagring av fisk etter behandling med strøm og slag i påvente av bløgging av fisk anbefales som metode.

Tidligere har det vært diskutert at fisken må være levende under utblødning for at den skal kunne gå av seg blodet. Resultatene i dette forsøket viser at ved bedøvelse/avliving (strøm/slag) oppnås en god utblødning uten at fisken er "levende" (kontroll) under utblødning.

I forsøk 2 ønsket vi å finne ut om temperaturen (6,5; 1 og -1,5 °C) i vannet ved utblødning kunne påvirke mengde restblod i muskelen. Nivået av restblod i fisken er ikke forskjellig ved ulike temperatur i utblødningsvannet, nivået er også lavt. Det vil si at temperaturen på utblødningsvannet har lite å si for mengden restblod i fisken.

I forsøk 3 skulle det undersøkes om utblødningen ble påvirket av ulike utblødningsbetingelser/metoder hvor torsken ble enten hengende eller liggende i luft eller i sjøvann. Resultatene viste at måten utblødningen foregikk på ikke var avgjørende for hvor mye blod en får ut av fisken og mengden restblod i fisken når den ble bløgget raskt etter bedøvelse. Tendens er dog at gruppene som er blødd ut i vann har høyere blodtap i prosent.

I forsøk 4 viste resultatene at en fikk veldig mye blod ut av fisken på kort tid (3 minutter). Det er lite restblod i fisken etter tre minutter, nesten på samme nivå som ved utblødning i 30 minutter. Det må påpekes at dette er en innledende test med bare 10 fisker i hver gruppe. Her må det gjøres ytterligere forsøk som kan verifisere data. Dersom effektiv blødetid er så kort har det betydning for tilrettelegging om bord i fartøy og i slaktelinjer.

Oppsummering av forskningsresultater om bløgging og restblod gjennomført ved Nofima

Stress påføres fisken hovedsakelig i to operasjoner. I fangstredskapen under fangst og etter ombordtaking frem til bløgging. Mengde restblod i muskelen øker med økende stress og dette blodet forsvinner ikke ved bløgging.

Tiden før bløgging er viktig og da spesielt hvis fisken ikke blir avlivet/bedøvet når den kommer ombord.

Bedøvelse/avliving av fisken før utblødning reduserer ikke utblødningen og øker ikke restblodet i muskelen hos fisk. Metodene er positiv for fiskevelferden og sikkerheten for mannskapet. Fisk som ligger og dør i luft ombord etter ombordtaking før bløgging vil få mer restblod i muskelen.

Utblødningstid: Resultatene viser at en får veldig mye blod ut av fisken på kort tid (3 minutter) og det er nesten like lite restblod i fisken som ved utblødning i 30 minutter. Disse resultatene må verifiseres før de tas i bruk.

Temperatur på utblødningsvannet: Temperaturen på utblødningsvannet ser ikke ut til å være viktig i forhold til utblødning av fisken. Men vi vet at lav temperatur på fisken forlenger holdbarheten og kan derfor være en fordel.

Utblødningsbetingelser: Måten utblødningen foregår på, om fisken henger eller ligger i luft eller i sjøvann, er ikke avgjørende for hvor mye blod en får ut av fisken når fisken bløgges raskt etter bedøvelse.

Koaguleringen/levringen av blodet påvirkes negativt av økt belastning/stress og temperatur.

VIKTIG for å redusere mengden restblod i muskelen:

Det som ser ut til å fungere godt for snurrevadflåten i dag og som trålerflåten er begynt å vurdere er å ta inn fisken i et levendefiskmottak/levendetank, slik at de kan slakte fisken ut på en kontrollert måte som innebærer bedøvelse/avliving etterfulgt av umiddelbar bløgging. Dette medfører en kontrollert flyt av fisk gjennom systemet som resulterer i god kvalitet og fiskevelferd.

Stress fisken minst mulig på/i redskapen, bedøv/avliv gjerne fisken og bløgg den raskest mulig etter at den er kommet ombord, blø ut i sirkulerende vann som har lav temperatur.

Jevn flyt av fisk igjennom fangst og ombordhåndteringen av fisken er veldig viktig for god kvalitet, det vil si at mengde fisk som tas om bord må tilpasses kapasiteten til båten.

7 Leveranser

Leveranser i prosjektet

Måned/år	Aktivitet	Leveranse
31.01.2017	Oppstartsmøte	Møtereferat
15.04.2017	Status møte: Presentasjon og diskusjon av oppnådde resultater (styringsgruppen)	Møtereferat
01.06.2017	Oppsummering av resultat i Akt. 1.1	Notat
20.08.2017	Referat fra statusmøte (etter Akt. 1.1)	Møtereferat
25.11.2017	Oppsummering av resultat i Akt. 1.2	Notat
15.12.2017	Statusmøte: gjennomgang av resultater og notat fra småskala forsøkene	Møtereferat
31.03.2018	Utarbeidelse av fakta ark	Fakta ark
31.03.2018	Prosjektbeskrivelse for storskala test *	Søknad
30.04.2018	Faglig sluttrapport	Rapport
30.04.2018	Administrativ sluttrapport	Rapport

*Når det gjelder leveransen som omhandler prosjektbeskrivelse av storskalatest så ble dette kuttet ut av referansegruppen og forskerne som deltok i prosjektet da det viste seg at de tenkte metodene som skulle benyttes om bord på fartøy til å avlive/bedøve fangsten i påvente av at alle skulle bløgges uten at fisken ble blodfylt ikke var mulig på grunn av fiskevelferden.

8 Referanser

- Ageeva, T.N., R.L. Olsen, S. Joensen & M. Eisaassen (2018). Effects of Long-Term Feed Deprivation on the Development of Rigor Mortis and Aspects of Muscle Quality in Live-Stored Mature Atlantic Cod (*Gadus Morhua* L.). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **27**:4, pp. 477–485.
- Bantle, M., H. Digre & T. Tobiassen (2018). Optimalisering av slakteprosess for laksefisk. Trondheim: SINTEF Energi AS 2015 60, p. SINTEF Energi. Rapport (TR A7470).
- Heia, K., B.T. Rotabakk & B. Roth (2016). Direct filleting of Atlantic Salmon – Blood issues? WEFTA, Split, Croatia 12–14 October 2016.
- Kestin, S.C., J.W. van de Vis & D.H.F. Robb (2002). Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, **150**, pp. 302–307.
- Olsen, S.H., T. Tobiassen, L. Akse, T.H. Evensen & K.Ø. Midling (2013). Capture induced stress and live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by trawl: Consequences for the flesh quality. *Fisheries Research*, **147**. pp. 446–453.
- Skjelvareid, M.H., K. Heia, S.H. Olsen & S.K. Stormo (2017). Detection of blood in fish muscle by constrained spectral unmixing of hyperspectral images. *Journal of Food Engineering*, **212**, pp. 252–261.
- Tobiassen, T., K. Heia, S.H. Olsen, R.A. Svalheim, S. Joensen, K.M. Karlsen, M.H. Skjelvareid & S.K. Stormo (2016). Bløgging og holdbarhet på torsk. Rapport 10/2016, Nofima. Tromsø. (ISBN 978-82-8296-364-0).
- Tobiassen, T., T.H. Evensen, S.H. Olsen, K. Heia, S. Joensen, O. Ingolfsson, O.-B. Humborstad, T.S. Nordtvedt & G.M. Tveit (2018). Ilandføring av levendelevert hyse – Optimal behandling, slakting, kjøling og prosessering med hensyn til kvalitet. Rapport 15/2018, Nofima, Tromsø.
- VKM (2005). Bedøving og avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Stiftelsen Industrilaboratoriet (ILAB). Rapport nr.: 2005: 23

