

Bygging av mellomlagringstank, rigging og praktiske tester (OPTIPRO 3)

Faglig sluttrapport

Stein Harris Olsen, Torbjørn Tobiassen, Tor Hatten Evensen, Sjurdur Joensen & Heidi Nilsen





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-1433 ÅS

Stavanger:

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

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunnalsøra:

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

<p><i>Tittel:</i> Bygging av mellomlagringstank, rigging og praktiske tester (Optipro 3) Faglig sluttrapport</p>	<p>ISBN: 978-82-8296-538-5 (pdf) ISSN 1890-579X</p>
<p><i>Title:</i> Construction of a new live-storage tank for fish and practical testing (Optipro 3) Final report</p>	<p><i>Rapportnr.:</i> 4/2018</p>
<p><i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Stein Harris Olsen, Torbjørn Tobiassen, Tor Hatten Evensen, Sjurdur Joensen & Heidi Nilsen</p>	<p><i>Tilgjengelighet:</i> Åpen</p> <p><i>Dato:</i> 15. januar 2018</p>
<p><i>Avdeling:</i> Sjømatindustri</p>	<p><i>Ant. sider og vedlegg:</i> 31 + 4</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF 901274</p>
<p><i>Stikkord:</i> Kvalitet, levende mellomlagring</p>	<p><i>Prosjektnr.:</i> 11854</p>
<p><i>Sammendrag/anbefalinger:</i></p> <p>Majoriteten av trålerne slipper fortsatt fangster på 20–30 tonn direkte ned i mottaksbinger, på samme måte som for 60 år siden. I 2015 finansiert FHF et prosjekt (nr. 901094), som gikk ut på å designe framtidens tråler. Men det er ofte stor risiko i å implementere ny teknologi på fartøy, så FHF finansierte OPTIPRO-3 i 2016, som gikk ut på å bygge og teste ut en ny prototype levendefisktank (4,5 m³), med kapasitet til å holde inntil 2000 kg fisk levende. Ut fra testrundene er det klart at vannfordelingen i tanken var optimal, og gav god overlevelse (rundt 90 prosent), i tillegg restituerer fisken under levendelagringen. Tanken tømmes kontrollert via en svanehals og løsningen fungerer godt, men det er påkrevd at vannivået i tanken må senkes helt ned på bunnplaten ved tømning. Levendelagring i 6 timer bidro til lysere farge på fiskemuskelen, sammenlignet med fiskemuskel fra vanlig trålkvalitet. Samme teknologi kan benyttes i mottaksbingen på en tråler. Mesteparten av fisken kan dermed holdes i livet fram til bedøving og bløgging, men det må tas hensyn til at fisken øker blodmengden ut i muskelen de 2–3 første timene av levendelagringen. Dette kan bidra til at fargen på muskelen ikke blir noe vesentlig forbedret sammenlignet med tradisjonell praksis.</p>	
<p><i>English summary/recommendation:</i></p> <p>The majority of trawlers still drop their 20–30 ton catches directly into the receiving bin, similar to what was done 60 years ago. In 2015, FHF financed a project (number 901094) aimed at designing the future trawler. However, implementing new technologies on vessels is often connected with financial and technical risks. Thus, the FHF financed this project to test out a new prototype of a live-storage in a fish tank (4,5 m³). A tank with the capacity to hold 2000 kilos live fish. The tests show that the dispersion of water in the tank was optimal and gave a good result regarding survival of the catch (approximately 90 percent). In addition, the fish was able to restore itself during the live-storage. A swan-neck-shaped rigid tube did the draining of this tank and this worked very well, but required that the water level in the tank had to be emptied all the way down to the baseplate. Live-storage of fish for six hours contributed to a whiter colour in the fish muscle, as compared to traditional trawl quality. The same technology may also be used in the receiving bin of a trawler. Most of the fish may thus be kept alive until stunning and bleeding onboard trawlers, but it is necessary to take into consideration that fish increase the quantity of muscle blood during the first 2–3 hours of live-storage. Therefore, this may not contribute to a substantial improvement of the fish muscle quality, compared customary trawl quality.</p>	

Innhold

1	Innledning/idégrunnlag	1
1.1	CRISP – en SFI i Norges forskningsråd	1
1.2	OPTIPRO 1 & 2	3
1.3	Løsninger for bedøving/bløggning	4
1.3.1	El-bedøving	4
1.3.2	Slag- og bløggemaskin	4
1.3.3	Automatisk bløggning	5
1.4	Prosjektorganisering	5
1.5	Målsetting	5
2	Material og metode	7
2.1	Uttesting av mellomlagringstanken ved Havbruksstasjonen i Tromsø	7
2.1.1	Mellomlagrings-/levendefisktanken	7
2.1.2	Pumpeløsning	8
2.1.3	Test 1: Levendelagring og kontrollert tømning av tanken via svanehalen	8
2.1.4	Test 2: Forsøk med horisontal vannstrøm under tømning av tanken via svanehalen	9
2.1.5	Test 3: Forsøk med å senke avløpet i tanken for å lette tømning via svanehalen	9
2.2	Testing av mellomlagringstanken ombord på tråler	10
2.2.1	Montering av tanken om bord på M/Tr. J Bergvoll	10
2.2.2	Fiskefelt	11
2.2.3	Gjennomføring av trålingen	11
2.2.4	Håving av fisk fra fra codend til levendefisktank	11
2.2.5	Levendelagring	12
2.2.6	Tømning av tanken	12
2.2.7	Restitusjon og farge på filet	13
2.3	Statistisk	14
3	Resultater, diskusjon og konklusjon	15
3.1	Uttesting av mellomlagringstanken ved Havbruksstasjonen i Tromsø	15
3.1.1	Levendelagring og kontrollert tømning av tanken via svanehalen	15
3.1.2	Forsøk med horisontal vannstrøm under tømning	16
3.1.3	Forsøk med å senke avløpet i tanken for å lette tømning	17
3.2	Resultater fra test om bord på M/Tr. J Bergvoll	19
3.2.1	Rigging av levendefisktanken	19
3.2.2	Trålfisket	20
3.2.3	Levendelagring og overlevelse	20
3.2.4	Restitusjon gjennom korttids levendelagring	22
3.2.5	Farge på fileten og restitusjon	24
3.3	Levendelagring uten oppstrømsprinsipp	26
3.4	Kostnad/nytte	26
3.4.1	Fartøydsgin og maskin	26
3.4.2	Pumping av vann	26
3.4.3	Kvalitetsheving og merpris	27
4	Hovedfunn	28

5	Leveranser	29
6	Referanser	30
	Vedlegg	i
	Vedlegg 1 – Skisse av mellomlagringstanken og trakt	i
	Vedlegg 2 – Skisse av mellomlagringstanken med påmontert svane Hals.....	ii
	Vedlegg 3 – Oversikt over fangst- og biologisk data fra hvert test hal	iii
	Vedlegg 4 – Oversikt over grunnfarge på filet etter levendelagring fra hvert trålhal.....	iv

1 Innledning/idégrunnlag

Norsk trålnæring har utviklet seg svært raskt de siste 10–15 årene. Antall trålere er redusert fra om lag 95 til 35, samtidig som kvotegrunnlaget har økt fra 200 til 250.000 tonn for de viktigste artene. Restruktureringen i flåten har gjort den mye mer effektiv og profitabel. Oljeforbruket per kilo råstoff er redusert med 50 prosent og marginene har økt fra 5 til 20 prosent (Larsen & Dreyer, 2012). Det har også vært en betydelig fornying av flåten i denne perioden og dyktige skipsdesignere har vist stor innovasjonsevne på områder som skrogdesign, fabrikk og prosess, samt robotisering av fryserier og fryserom. Dessverre har det i samme periode vært lite (eller ingen) innovasjon i hvordan vi behandler fisken fra den kommer til overflaten til den er avlivet (bedøvd), bløgget og sløyd. Majoriteten av de nye trålerne slipper fortsatt fangster på 20–30 tonn direkte ned i mottaksbinger uten vann eller kjøling, og fisken blir direktesløyd og behandlet på samme måte som for 60 år siden. For at slike metoder skal kunne gi høy kvalitet er man avhengig av små og korte hal. Trålfanget fisk er vanligvis utmattet etter å ha svømt i trålen og løftet mot overflaten. Den ellers hvite muskulaturen har mye blod i seg og fileten vil farges rosa dersom den ikke avlives umiddelbart. I praksis er dette umulig ved store fangster, og blodmengden og rødfarging i filet øker jo lenger fisken lagres i mottaksbingene før produksjon. Et godt alternativ til denne praksisen er å holde fangsten levende lenge nok til at fisken er restituert, har kvittet seg med blodet i fileten og er like hvit som en linefanget fisk (Olsen *et al.*, 2013).

1.1 CRISP – en SFI i Norges forskningsråd

CRISP står for Centre for Research-based Innovation in Sustainable fish capture and Processing technology. Sammen med flere partnere og med delfinansiering fra Norges forskningsråd har Havforskningsinstituttet opprettet et Senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI) som skal utvikle smartere teknologi for å møte fremtidens utfordringer for en bærekraftig og levedyktig fiskeindustri. Nofimas rolle i CRISP er innen kvalitetsforbedring og verdiøkning og gjennomføres i samarbeid med blant annet Nergård Havfisk AS (CRISP Annual report 2011–2016). Nergård Havfisk hadde planer om å kontrahere en ny tråler, hvor korttids levendelagring og produksjon av høykvalitets H/G-blokk skulle innarbeides.

Den faglige tilnærmingen har vært skånsom fangst, i tillegg til å utvikle nye metoder og teknikker for å kunne holde fisken levende ombord fram til den er restituert før utslakting. Korttids levendelagring og restitusjon ombord på fiskefartøy, er faglig knyttet til Nofimas Nasjonale kompetansesenter for fangstbasert akvakultur. I kommersielt fiske med snurrevad er 400–500 kg torsk /m³, en tetthet vi ofte ser under føring til levendelagring, og da spesielt de første timene etter fangst ligger fisken gjerne i et 50 cm tykt lag nede på bunnen. Bunnarealet i tanken og oppstrøms vannfordeling er derfor avgjørende for kapasiteten, overlevelsen og velferden, med tanke på nyfanget levende fisk. Etterhvert løfter fisken seg opp fra bunnen og sprer seg ut i tanken (Isaksen *et al.*, 2008; Isaksen & Midling, 2014). Fra de første innledende forsøkene med korttids levendelagring fra trål (F/F G.O. Sars, 2010), har overlevelse og kvalitet vært overraskende gode. For korte hal; opp til 10 tonn, overlever mer enn 90 prosent og etter seks timer levende ombord i 800 liters store tanker, er nær alt blod i fileten borte, og fileten er hvit. Det er rimelig å anta at også andre arter, som for eksempel hyse, kan holdes levende i noen timer om bord på trål (Midling *et al.*, 2008). Det er også gjennomført vellykkede forsøk med pumping fra trålsekk, forsøk som ga ytterligere forbedring i overlevelse, men også åpenbare HMS- og teknologiske utfordringer (CRISP annual report, 2014).



Bilde 1 Fra praktiske pumpeforsøk på M/Tr. J. Bergvoll (OPTIPRO-1 og CRISP). Skipper Torgeir Mannvik fester sekken til pumpe slang. Vakuumpumpen kunne levere 20 tonn per time (Olsen et al., 2014).



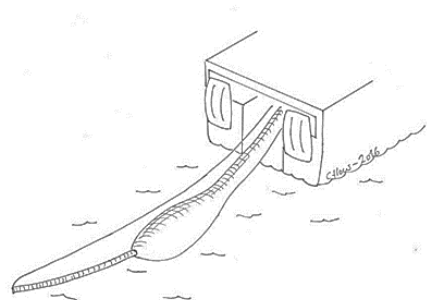
Bilde 2 Viser levendelagring av torsk i 800 liters tanker ombord på M/Tr. J. Bergvoll. Tankene er designet med oppstrøms prinsipp (CRISP Annual Report, 2012; 2013; 2014; Olsen et al., 2014).

1.2 OPTIPRO 1 & 2

FHF (prosjekt nr. 900930) engasjerte Nofima og Sintef i 2012 for å beskrive "State of the art" i trålnæringen gjennom intervju av fire norske trålræderier gjennom prosjektet Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – Fase 1 (Olsen *et al.* 2014). Prosjektet konkluderer med følgende:

Prosjektet representerer vilje og mulighet i forhold til automatisering og kvalitetsheving for norsk fiskerinæring. Prosjektet vil blant annet bidra til etablering av levendelagrings- og automatiserings-systemer i prosesslinja ombord på trålerflåten. Det er noe usikkerhet rundt muligheten for etablering av levendelager ombord på eksisterende fartøy, men på nybygg er dette fullt mulig, med eksisterende teknologi. Når det gjelder prosesslinjen er det mulig å forbedre arbeidsmiljøet og effektiviteten ved hjelp av automatiseringssystemer. Det er fortsatt et stort potensial i å utnytte restråstoff om bord i trålerne. For å få økt lønnsomhet fra dette restråstoffet kreves utvikling av automatisert, kompakt og egnet teknologi som også kan ivareta merverdien (med hensyn til kvalitet og utbytte) av å prosessere helt ferskt råstoff. For å holde byggekostnadene (nybygg og ombygging) nede, er optimalisering av logistikk og areal et viktig tema. For å lykkes med disse endringene er det derfor nødvendig med mer forskning og utvikling, i samarbeid med rederiene og utstyrsleverandørene, for å få til en økonomisk, sikker, kvalitetsmessig stabil og effektiv fangsthåndtering og prosessering.

I etterkant av dette prosjektet finansierte FHF (prosjekt nr. 901094) i samarbeid med Innovasjon Norge (OPTIPRO 2) et såkalt PIB (Prosjekt i bedrift). Dette var et prosjekt som Nergård Havfiske AS hadde sammen med en rekke underleverandører (Optimar AS, Cflow AS og Rolls Royce marine AS) for å starte konstruksjonen av fremtidens tråler og som baserer seg på korttids levendelagring i 20 mellomlagrings-tanker (4–5 m³), med en samlet levendelagringskapasitet på 38 tonn før produksjon (Larssen, 2016). På slutten av dette prosjektet ble det også laget utkast til fartøydesign og forslag til pumpe-teknologi og innfesting av pumpe-slange i trålens codend. Forslaget er i samsvar med tidligere forslag i CRISP.



Bilde 3 Til venstre viser fartøyskisse fra Rols Royce som er basert på et standard skrog, 80 meter langt og 17 meter bredt (OPTIPRO 2). Bildet til høyre viser forslag til permanent montering/plassering av pumpe-slange i codend (OPTIPRO 2).

Det er imidlertid åpenbart at noen av problemstillingene fra Optipro 1 og 2 krever ytterligere forsøk og dokumentasjon. I tidligere forsøk med korttidslevendelagring (CRISP) ble det benyttet små levendefisktanker (800 liter), med oppstrømsprinsipp (Isaksen & Midling, 2014). Her fikk man overlevelse fra 40 til 98 prosent. I skissen til eventuelt framtidig nybygg var det tegnet inn

mellomlagringstanker som rommer 4–5 m³ og skulle holde cirka 2000 kg fisk i live i minimum 6 timer (Larssen, 2016). Disse tankene er designet og utviklet av Optimar, med faglig veiledning fra Nofima med tanke på fysiologiske betingelser og utfordringer under levendelagringen. På grunn av varierende grad av overlevelse i tidligere tester (CRISP), i tillegg til usikkerheter rundt tetthet på fisk og vannbehov i de planlagte mellomlagringstankene, var det dette som la grunnlaget for FHF's ønske om et nytt prosjekt, "Bygging av mellomlagringstankene (prototype), rigging og praktiske tester" (OPTIPRO-3; prosjekt nr. 901274). Prosjektet gjør det mulig for blant annet Nergård Havfiske å gjennomføre nødvendige vurderinger og tiltak, før et nytt fartøy skisseres og bygges.

1.3 Løsninger for bedøving/bløgging

1.3.1 El-bedøving

Når levende fisk kommer ombord på fartøy, eller ut fra et levendelagringsmottak, så må de roes ned for å kunne gjennomføre bløgging og sløyning. Det har derfor vært stor interesse for bedøving av villfanget fisk ombord i fiskefartøy, og i dag finnes det el-bedøver som er utviklet av SeaSide, i samarbeid med Sintef (Digre *et al.*, 2015). Utstyret er utviklet og tilpasset for å fungere under kommersielt fiske ombord i fartøy. Flere snurrevadfartøy, i tillegg til M/tr. Molnes og mottaksanlegg for levendelagret torsk, benytter i dag el-bedøver i forkant av manuell bløgging.

El-stimulering er kjent for å trigge muskelsammentrekning og provosere anaerob forbrenning, som blant annet fører til hurtig fall i muskel pH, i tillegg til hurtig utvikling av dødsstivheten. Strøm kan også gi mørningseffekt (kjent fra landdyr), på grunn av skader på muskelceller. Dette fører til lekkasje og aktivering av enzymer som bryter ned bindevevet i muskelen. Det må derfor være en balanse mellom eksponeringstid for å oppnå god bedøvelse, uten at muskelen blir for stimulert som følge av elektrisiteten. Samtidig kan raskt bedøving gi grunnlag for å hindre utløsning av "stress responser", som blant annet kan føre til økt blodmengde ut i muskelen. Bruk av strøm på uthvilt fisk, kan forårsake ryggknekk hos fisk. Andre utfordringer er kraftige blødninger som følge av el-bedøving. Det er blant annet rapportert skader på ryggen både til oppdrettslaks og sei etter el-bedøving (Slinde *et al.*, 2013). Dette kan være spesielt utfordrende med tanke på restituert fisk, og da kanskje særlig ved levendelagring av sei. Ved bruk av el-bedøver, er det en del momenter som kan forstyrre strøm, spenning og frekvensspekteret og det vil gi skader på fisken. Dette kan være for lav voltstyrke, kortslutning og eventuelle strømlakkasjer som følge av dårlig vedlikehold og renhold. Overbelastning av el-bedøver, ved å sende for mye fisk gjennom samtidig, kan også forårsake skade på fisken og gi dårlig bedøvelse. Imidlertid, ved korrekt bruk er el-bedøving en effektiv metode, med hensyn til å bedøve store mengder fisk raskt og effektivt, uavhengig av størrelse og art.

1.3.2 Slag- og bløggemaskin

Det er mulig å bruke samme type bløggemaskin som nyttes i akvakulturbransjen (Baader 101), dersom det gjøres modifikasjoner på den slik at den passer anatomien til hvitfisk. I tidligere CRISP-forsøk med en modifisert SI-7, ble 93,4 prosent av torsken slått i svime/avlivet. Samtidig ble 97,3 prosent tilstrekkelig bløgget og oppnådde et blodtap på $1,6 \pm 0,2$ prosent av total kroppsvekt, 30 minutter etter bløgging. Maskinen klarte å få inn riktig slag på både små og store fisk (2–14 kg). Disse testene viser at det er mulig å benytte SI-7, men det er behov for rettvending av fisken, så maskinen må mates manuelt. Når store volum skal bedøves og bløgges så raskt som mulig, vil manuell mating av maskinen være utfordrende. I tillegg er treffprosenten med tanke på bedøving og bløgging for lav, og det kan være en

fare for at 6–7 prosent av fisken fortsatt kan være i livet, fram mot sløyning. Dette vil være betenkelig med tanke på fiskens velferd.

1.3.3 Automatisk bløgging

Det har blitt gjennomført FHF-prosjekt med målsetting å utvikle teknologi for automatisk bløgging av hvitfisk ombord (FHF prosjekt nr. 901015). Utfordringen er anatomien til de ulike artene, i tillegg til variasjon i størrelse og retningsstyring av selve fisken. Selv om man har kommet langt på vei med tanke på automatisering av slaktelinjen, blant annet med el-bedøving, så gjenstår det mye arbeid for å få til fullautomatisk bløgging av hvitfisk ombord i fiskefartøy. Bløgging ombord blir i dag gjennomført manuelt, enten ved å kutte vitale arterier i nakkeregionen, eller direktesløyning etter strømbedøving. Etter bløgging/sløyning må fisken blø tilstrekkelig ut, før videre prosessering og lagring. For en mulig videreføring av OPTIPRO prosjektet, så er det en naturlig vei å gå videre med fokus på automatisering av bedøving og bløggeoperasjonen, i tillegg til å teste ut levendelagring på andre arter, blant annet hyse, sei, krabbe (taske-, konge- og snøkrabbe) og reker. Med tanke på robotbløgging, er det nødvendig å fastslå både art, størrelse og bløggepunkt hos hvitfisk. Dette for at bløggesystemet med nøyaktighet skal kunne bestemme hvor fisken skal bløgges, uavhengig av art, størrelse og retning på fisken. Bløggesystemet må også ha tilstrekkelig kapasitet, for å unngå at fisken dør i mottakstankene, før prosessen med bedøving og bløgging. Høsten 2017 finansierte FHF et nytt prosjekt i bedrift (FHF prosjekt nr. 901360) "Levendelagring og automatisk bløgging om bord i trålfartøy – OPTIBLØGG (OPTIPRO 4)". Utstyrproduzenten Optimar har som mål å realisere et fullskala levendelagringssystem med automatisk bløgging ombord i tråler.

1.4 Prosjektorganisering

Prosjektet Optipro 3 er finansiert av Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF), og koordinator fra FHF er fagsjef Roar Pedersen. Prosjektet er forskningsstyrt og ledet av Nofima, i samarbeid med trålrederiet Nergård Havfiske AS og utstyrsløseleverandøren Optimar AS. Prosjektgruppen hos Nofima består av; Stein H. Olsen (prosjektansvarlig), Torbjørn Tobiassen, Sjurdur Joensen, Tor H. Evensen og Heidi Nilsen. De involverte fra Nergård Havfiske var Kjell Larssen og Torgeir Mannvik, og fra Optimar deltok Erik Westre, Bjørnar Andre Vik, og Johan Espelund.

1.5 Målsetting

Det overordnede målet for prosjektet er å bidra til å videreutvikle trålflåten konkurransedyktighet gjennom å bevege kvaliteten i flåtens produkter mot optimal kvalitet (så god som "praktisk" mulig). Prosjektet representerer vilje og mulighet i forhold til automatisering og kvalitetsheving for norsk fiskerinæring. Prosjektet vil blant annet bidra til etablering av levendelagrings- og automatiserings-systemer i prosesslinja ombord på trålerflåten. Det er knyttet svært stor risiko til å implementere ny teknologi ombord på fartøy, før grundig uttesting har vært gjennomført.

For å lykkes med disse endringene er det derfor nødvendig med forskning og utvikling, i tett samarbeid med rederiene og utstyrsløseleverandørene. Målet er å få til en økonomisk sikker, kvalitetsmessig stabil og effektiv fangsthåndtering og prosessering. Dette prosjektet gjør det mulig å gjennomføre nødvendige uttestinger, endringer og tiltak, før disse tankene blir installert ombord på nytt fartøy.

OPTIPRO 3-prosjektet har som mål å bygge en ny prototype levendefisktank, med oppstrøms prinsipp. Deretter skal tanken testes og evalueres, både med hensyn til kapasitet (opp til 450 kg/m³) i foreslåtte tanker, og teste metode for å få fisken ut av tanken på en kontrollert måte. Dette for å finne tankens kapasitet med hensyn til god restitusjon og slik at fiskens velferd blir ivaretatt på en tilfredsstillende måte. I forsøket vil oppholdstid i tanken være maks 6 timer, før tanken tømmes.

Resultatene fra uttestingen av tanken vil bli lagt ut på FHF og Nofima sine websider, i form av nyhetssaker og en faglig sluttrapport.

2 Material og metode

Uttestingen av tanken ble først gjennomført ved sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø i tre omganger for å teste ut kontrollert tømning av tanken etter levendelagring av torsk. Etter uttesting ved sjøanlegget ble tanken montert ombord på en av Nergård Havfiske AS sine trålere, og her ble kapasiteten til tanken testet på trålfanget fisk og med registrering av overlevelse og kvalitet etter 6 timer med levendelagring.

2.1 Uttesting av mellomlagringstanken ved Havbruksstasjonen i Tromsø

Fisken som ble benyttet under uttesting av tanken ved sjøanlegget til Havbruksstasjonen, var torsk fanget med snurrevad ved Bjørnøya høsten 2016. Fisken ble transportert levende til havbruksstasjonen i Tromsø. Her ble den satt i merd og vedlikeholdsforet med lodde og sild, fram til uttestingen av levendefisktanken startet i juni 2017. Sjøtemperaturen under uttestingen var 6 grader, og fisken hadde en snittvekt på 4 ± 1 kg.

I forsøket ved Sjøanlegget til Havbruksstasjonen ble det testet metode for å få fisk ut av tanken. Fisken som ble brukt i dette forsøket, skulle også inngå i et annet prosjekt, finansiert av FHF (FHF prosjekt nr.: 901347). For å unngå unødvendig belastning og mulige skader på fisken, ble tetthetene i tanken satt til 200 kg/m^3 . Dette er en normal tetthet som benyttes under føring og transport av levende fisk til levendelagring. Under opphold i tanken ble oksygenmengden i avløpsvannet kontinuerlig registrert. Vannbehovet inn på tanken ble satt til minimum $0,5 \text{ l/kg fisk/min}$.

Ved tømning av tanken skal fisken skyves kontrollert ut av tanken ved å øke vanngjennomstrømningen opp til $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$., gjennom en svanehals ($\varnothing 400 \text{ mm}$ rør) som strekker seg cirka 2 meter over toppen av tanken. I teorien skal fisken følge vannstrømmen ut svanehalsen og gjennom en fleksibel 400 mm PUH-slange, tilbake i merden. De fiskene som eventuelt er i redusert forfatning i etterkant av testen, skal registreres og slaktes fortløpende på vanlig måte. Resterende fisk blir tilbakeført til merden og holdt der fram til utslakting i forbindelse med forsøk i et annet FHF-prosjekt.

2.1.1 Melomlagrings-/levendefisktanken

Optimar startet design og bygging i desember 2016, og tanken ble levert til Nofima i mars 2017. Tanken er bygget i rustfritt stål, med dobbeltbunn, og rommer cirka $4,5 \text{ m}^3$ (B. 200 cm , L. 230 cm , H. 100 cm). Vanninntaket fordeles gjennom to 125 mm inntaksrør i bunnen av tanken. Vannfordelingen i tanken er utformet i samarbeid med Nofima, og er basert på oppstrømsprinsippet (vertikal vannstrøm), med hull i bunnplaten for hver $10 \times 10 \text{ cm}$. Tanken er designet med 4 stykk $2,5$ tommer avløp på toppen. For å utnytte plassen ombord på framtidens tråler, skal en tank kunne plasseres på toppen av en annen tank. Tanken er cirka 1 meter høy og er laget med mulighet for kontrollert tømning av fisk ut gjennom en svanehals (400 mm rør), som strekker seg cirka $2,5$ meter over bakkenivå. Fisken skal dermed kunne presses ut på en kontrollert måte, ved hjelp av økt vanngjennomstrømning gjennom bunnplaten. Under tømning skal vannmengden inn på tanken økes fra rundt 1000 liter i minuttet, til $2500\text{--}3000$ liter i minuttet. Tanken er designet slik at det også er mulig å tilføre luft inn i toppen av tanken for å senke vannivået. I tillegg er det satt inn 3 stykk $2,5$ tommers rørstusser i bakkant av tanken. Dette for å kunne skape en horisontal vannstrøm fra bakkant og fram mot sluseventilen, i forkant av tanken. Den horisontale vannstrømmen skal kun benyttes under siste del av tømningen.

På toppen av tanken er inntaksåpningen (54 x 57 cm) plassert. En luke er påmontert og kan åpnes, lukkes og forsegles via pneumatisk styring. I tillegg er det laget en trakt (100 x 150 cm) i aluminium som er tilpasset til inntaksåpningen. Trakten er laget kun i sammenheng med uttestingen av tanken, da det er planlagt å håve fisk inn på tanken (se skisse av tanken i vedlegg). Ellers vil det være andre løsninger med tanke på å få fisken inn på tanken, under kommersiell drift. Tankene er skissert i OPTIPRO 2-prosjektet, og her skulle fisken transporteres inn på tankene ved hjelp av transportrørsystem (Larssen, 2016).

Nede i forkant av tanken er det påmontert en manuell, DN 400 mm, AVK skyvespjeldventil (AVK Norge AS). Til ventilen er svanehalen (Ø 400 mm) flenset fat. Under levendelagring i tanken skal ventilen være lukket, slik at fisken ikke kommer ut i den påmonterte svanehalen. Ikke før fisken skal ut av tanken, blir ventilen åpnet og er da klar for tømming via svanehalen.

2.1.2 Pumpeløsning

På grunn av leveringstid på en tilstrekkelig stor frekvensstyrt pumpe, ble ikke tanken montert opp på sjøanlegget til havbruksstasjonen i Tromsø, før i juni 2017 (uke 22 og 23). Selve tanken ble plassert på stålanlegget og en Flykt KS 2860 lensepumpe (Xylem Ltd), sammen med en PumpSmart model PS200 v5 frekvensomformer (ITT PRO Services, USA), ble benyttet til å levere vann inn på tanken på en kontrollert måte. Sjøvann ble hentet inn fra 4 meters dyp og vannmengden kunne justeres via frekvensomformeren til å levere fra cirka 100 liter per minutt og opp over 2500 liter per minutt.

2.1.3 Test 1: Levendelagring og kontrollert tømming av tanken via svanehalen

Fisken ble trengt sammen med avkastnot i merden ved siden av tanken, og deretter håvet inn gjennom trakten på toppen av tanken. Vanngjennomstrømningen ble satt til cirka 500 liter per minutt og oksygenivået ble kontrollert kontinuerlig fram til cirka 1000 kg levende torsk (240–250 stk.), var inne på tanken. Oksygenivået (O₂) i tanken ble målt ved hjelp av en YSI ProODO oksygen måler (YSI Inc. USA), påmontert en optisk oksygen- og temperatursonde (ODO Optical Dissolved Oxygen sensor). Når alle fiskene var kommet inn på tanken, ble trakten fjernet og luken på toppen ble forseglet. Vannmengden inn på tanken ble deretter gradvis økt opp til 1000 liter per minutt, samtidig som det ble observert om det dannet seg sterke strømmer, eller vannstråleeffekt fra hullene i bunnplaten som påvirket fisken negativt, på grunn av vannmengden som ble pumpet inn på tanken.



Bilde 4 Håving av torsk fra merden og over i mellomlagringstanken

2.1.4 Test 2: Forsøk med horisontal vannstrøm under tømning av tanken via svanehalen

På grunn av utfordringer med tømning av tanken i første testrunde, ble det gjennomført en ny test med mål om å få de siste fiskene ut av tanken. Tanken ble fylt opp med sjøvann og 10 fisk ble håvet fra merden og over i tanken. Luken ble lukket, forseglet og vannstrømmen inn på tanken ble gradvis økt opp til 1000 liter per minutt. Før tømning av tanken ble iverksatt, ble fisken holdt en tid på tanken for å roe seg ned etter overføring fra merden. Fisken svømte rolig rundt og benyttet stort sett hele volumet i tanken. Etter 1 time ble slusen i svanehalen åpnet og avløpene på toppen av tanken ble stengt. Vannstrømmen opp gjennom bunnplaten ble økt til 2500 liter per minutt i løpet av 2–3 minutter. Vannstrømmen ble holdt konstant på 2500 liter per minutt i 15 minutter, før nivået i tanken ble senket til 40 cm over bunnen ved å tilsette trykkluft. Vannivået ble holdt slik i ytterlige 30 minutter, før det ble tilført sjøvann (cirka 1200–1500 liter per minutt) inn i bakkant av tanken. Vannstrømmen inn på tanken var splittet opp, der vannet fra et 125 mm rør ble fordelt opp gjennom den perforerte bunnen og vannet fra det andre 125 mm røret ble fordelt inn gjennom rørstussene i bakkant av tanken. Dette førte til tydelig endringer i strømningene inne i tanken og de fleste fiskene ble ført med strømmen mot fremre del av tanken.

2.1.5 Test 3: Forsøk med å senke avløpet i tanken for å lette tømning via svanehalen

Ut fra testrunde 1 og 2, ble det vurdert at vannspeilet i tanken måtte senkes til under bunnplaten for å få tømt tanken for fisk. Optimar skisserte og bygde et rørbend (Ø 400 mm røradapter) som var cirka 120 cm lang og med 25° fall. Levendefisktanken ble hevet cirka 40 cm opp fra stålanlegget og bendet ble flenset til skyvespeldventilen og svanehalen (se skisse av tanken i vedlegg).

Etter at adapterrøret var montert ble tanken først testet uten fisk. Tanken ble fylt opp med sjøvann og luken på toppen ble lukket og forseglet. Slusen i svanehalen åpnet og avløpene på toppen av tanken ble stengt. Vannstrømmen inn på tanken ble deretter økt til 2500 liter per minutt, før trykkluft ble ført

inn på tanken. I løpet av 7–8 minutter etter at trykkluft ble tilført, nådde vannspeilet den perforerte bunnplaten. Tanken ble deretter testet med fisk for å se om det var tilstrekkelig å senke vannivået ned under bunnplaten under tømning. Tanken ble fylt på nytt med sjøvann og 15 fisk ble håvet inn på tanken. Fisken ble holdt inne på tanken i cirka 1 time og vannsirkulasjonen ble satt til 1000 liter per minutt. Deretter startet forsøket med å tømme tanken. Slusen i svanehalen ble åpnet og avløpene på toppen av tanken ble stengt. Vannstrømmen inn på tanken ble deretter økt til 2500 liter per minutt, før trykkluft ble ført inn på tanken og forsøket med å få ut samtlige fisk startet.

2.2 Testing av mellomlagringstanken ombord på tråler

Videre uttesting skulle gjennomføres på fisk tatt med trål. Dette for å se om tanken hadde de rette egenskapene, med tanke på overlevelsen både til fisk som er utmattet etter fangst og som i tillegg ligger tungt nede mot bunnen på grunn av sprengt svømmeblære etter å ha blitt transportert til overflaten fra større dyp (200–250 meters dyp). I utgangspunktet er tanken utformet med oppstrøms vannfordeling, med en teoretisk kapasitet til å holde cirka 2000 kg levende torsk. Oksygenbehovet er vanligvis betydelig de første timene etter fangst, men etterhvert som fisken restitueres, så synker oksygenbehovet. Ved kontinuerlig logging av oksygenet i avløpsvannet, har man mulighet til å regulere vannmengden ved behov. Spesielt i begynnelsen av restitusjon av trålfanget fisk, er det en fordel å ha så høy som mulig oksygenmetning på utløpet, og det er ingen mål om at utløpsvannet skal være under 80 prosent, da dette kan føre til dårlig velferd og utilsiktet dødelighet. Siden tankene er utformet for å gi mye vann opp gjennom bunnplaten, er det rimelig å anta at oppstrømsprinsippet i dette tilfellet vil gi tilstrekkelig med tilgang på oksygenrikt vann, også til fisk som er fysisk utmattet og ligger i et tykt lag (400–500 kg/m³) nede på bunnen av tanken.

2.2.1 Montering av tanken om bord på M/Tr. J Bergvoll

Tanken ble levert til Nergård Havfiske og ble montert ombord på tråleren "J Bergvoll" ved Harstad Mekaniske Verksted AS i uke 40. Omtrent 2 meter av rekkverket inn mot trålbanen på styrbord side, i bakkant av sentervinsjen, ble fjernet for å få plass til levendefisk tanken. Et stativ for å få korrekt høyde (cirka 40 cm over tråldekk) og posisjon på tanken ble konstruert og sveiset fast i dekket. Tanken ble deretter plassert på toppen og sveiset fast til stativet. På toppen av tanken over inntaksluken, ble trakten montert for å kunne håve fisken inn på tanken.

Den eneste måten å få tilgang til sjøvann på tråldekket, var via brannpumpene og hydrantene. Brannpumpene leverte også sjøvann til fabrikken og under full produksjon, var det tilgjengelig rundt 500–600 liter sjøvann per minutt til levendelagring. For å få tilstrekkelig mengde med vann inn på tanken, ble det nødvendig å koble to brannslanger (Nor 1 slangekobling, Ø 65 mm) til to forskjellige brannhydranter oppe på dekk. De to brannslangene ble koblet inn på en Storz 125 kobling med overgang til samlerør (Nor 1 slangekobling, Ø 65 mm). Selve vanninntaket på tanken skjer via en fleksibel PVC-slange (Ø 125 mm) med to forgreininger som er flenset inn i bunnen av tanken. På enden av PVC-slangen ble det montert en ny Storz 125 kobling (Ø 125 mm), og denne koblet inn på samlerøret til brannhydrantene.

Under testing av tanken om bord på J Bergvoll, ble ikke svanehalen inkludert. For å kunne tømme tanken på en kontrollert måte, ble det i stedet montert en flens med diameter på 400 mm til skyvespjeldventilen, med overgang til Ø 350 mm. På overgangen ble det festet en 5 meter lang fleksibel PVC vakuumslange (Ø 350 mm). Hastigheten på tømningen av tanken, etter at skyvespjeldventilen ble

åpnet, skulle dermed være mulig å kontrollere ved å løfte eller senke enden av slangen. Ved å senke enden av slangen helt ned på tråldekket, ville enden av slangen være lavere enn selve bunnplaten i tanken. Dette ville sikre at tanken ble tømt fullstendig mellom hver testrunde.

2.2.2 Fiskefelt

Toktet ble gjennomført i tidsperioden 17. oktober til 7. november 2017. I denne perioden er det variabel tilgang på fisk og mye leting etter tilstrekkelige mengder torsk å taue på. Turen ble derfor lagt til nord i Barentshavet og smutthullet, da det erfaringsmessig fra tidligere år er noe bedre tilgang på torsk der.

Uttestingen av tanken ble gjennomført på torsk og hyse fra 3 områder i Barentshavet. Overlevelsen ble registrert på torsk (snittvekt 2,5 kg) fra fem hal som ble tatt i Barentshavet nordvest (77–78° N og 28–31° Ø), og fra fem hal med torsk (snittvekt 6,3 kg) som ble tatt i Barentshavet nordøst (76,20° N og 38,50° Ø). Overlevelse ble også registrert på hyse (snittvekt 2,0 kg) fra to hal og disse ble tatt øst av Bjørnøya (74° N og 20° Ø).

2.2.3 Gjennomføring av trålingen

På toktet ble det benyttet en standar dobbeltrål (to panels Alfredo nr. 5 bunntål fra REFA), påmontert seleksjonsrist (55 mm åpning). Fangstsensorene på trålekkene var satt opp til å gi første alarm rundt 2–3 tonn og neste alarm rundt cirka 6–8 tonn. Fisket etter torsk ble gjennomført på 200 til 250 meters dyp og hysen ble tatt på 100 til 150 meters dyp. Gjennomsnittlig tauetid var på cirka 5 timer og sjøtemperaturen målt på bunnen under fiske etter torsk lå mellom -1 °C til 2 °C (Scanmar tråløye, Scanmar AS). Under fiske etter hyse ved Bjørnøya, lå sjøtemperaturen ved bunnen rundt 4,0 °C til 4,5 °C.

2.2.4 Håving av fisk fra fra codend til levendefisktank

For å få fisken fra codend og inn på tanken, ble en våthåv benyttet. Håven er produsert av Seilmaker Iversen AS på Frekhaug, like nord for Bergen. Håven har en diameter 1,4 meter, med presenningsduk i sekken og kapasitet til å ta opp til 1000 kg (vann og fisk). Når codend var halt opp på dekk, ble håven plassert nede på steinristen over inntaket. Trålekken ble åpnet delvis og når det var tilstrekkelig med fisk (400–600 kg) i håven ble den løftet opp over trakten på toppen av tanken. Når håven var plassert nede på trakten, ble håvlåsen løst ut og fisken ble forsiktig sluppet ut av håven og ned i tanken. Tanken var på forhånd fylt med vann, slik at fisken ikke fikk unødvendig belastning når de ble ført inn på tanken. Mannskapet fikk etterhvert bedre flyt med å håve fisk fra codend og inn på tanken. Tiden fra trålekken var kommet ombord og fram til fisken var kommet inn på tanken, tok normalt rundt cirka 5 minutter. Alt fra en til fire tilfeldige håver ble tatt fra hvert enkelt trålhal.



Bilde 5 Viser hvordan fisk fra trålsekken (codend) ble flyttet til tanken for levendelagring. Lukene til mottaksbingene ble åpnet og håven ble lagt ned på steinristen i bakkant av trålsekken. Sekkene ble deretter åpnet og et tilfeldig utvalg av fisk fløt over i håven.

2.2.5 Levendelagring

I det øyeblikket fisken var kommet inn på tanken, ble sjøvannstilførselen (500–600 l/min) åpnet. Mengden fisk inne på tanken varierte mellom hvert trålhal. I begynnelsen startet vi med 1 til 2 håver med fisk (400–1000 kg) inn på tanken. Etterhvert økte vi til tre og fire håver (1300–2100 kg). Oksygenivået og temperaturen på sjøvannet ble målt i utløpet til tanken underveis i levendelagringen. Dette for å sikre at fisken hadde tilstrekkelig mengde oksygen under levendelagringen, med tanke på den begrensede vannmengden (maks 500–600 l/min) som var tilgjengelig. Et tilfeldig utvalg av fisk som var håvet fra trålsekken (codend) ble holdt på tanken, med konstant vanngjennomstrømning i 6 timer. Deretter ble tanken tømt og antall levende og døde fisk ble registrert.

2.2.6 Tømming av tanken

Etter endt levendelagring, ble slusen på tanken åpnet og fisken fløt ut i vakuumslangen (Bilde 6). Vi kontrollerte uttaket av tanken, ved å feste stropp i enden av slangen og deretter bruke kranen for å regulere flyten av vann og fisk ut, ved å løfte og senke enden av slangen. Dersom det var fisk i mottaksbingene når tanken skulle tømmes, så ble den sluppet kontrollert og forsiktig ut på dekk. Der ble antall levende og døde registrert, før de ble sluppet ned i mottaket. Dersom mottaket var tomt, og det var mye småfisk på tanken, så ble vann og fisk sluppet ned i en av bingene. Deretter ble fisken sluppet ut fra bingen og kjørt i bypass forbi sløyemaskinene. Her ble levende og døde fisk sortert og talt fortløpende når de passerte på transportbåndet.



Bilde 6 Viser den fleksible vakuumslangen (Ø 350 mm) som benyttes til å tømme tanken. Hastigheten på tømmingen ble kontrollert ved å løfte og senke enden av slangen.

2.2.7 Restitusjon og farge på filet

For å se om den levende fisken restituerer under levendelagringen, ble det tatt blodprøver av levende fisk før (n=5) og etter levendelagring (n=5), fra 10 hal. Fisken ble først avlivet med slag mot hodet og blod ble tappet fra arterien i forkant av bulbus. Melkesyre, glukose og pH i blodet ble deretter registrert. Blodglukosen ble målt med en FreeStyle Lite[®] måler (Abbott Laboratories, USA). Melkesyre i blodet ble målt med en Lactate Scout+ måler (EKF-diagnostic, UK). Blodets pH ble målt med en WTW330/set-1 pH-metre (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten, Germany) påmontert en Hamilton double pore glass elektrode (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Switzerland). pH måleren ble regelmessig kalibrert opp mot buffer pH 4,01 og pH 7,00. Glasselektroden ble også rensset mellom hver måling, for å oppnå stabile verdier.

Etter restitusjon i levendefisktanken og blodprøvetaking, ble fiskene blødd ut i 30 minutter i rennende sjøvann. Etter utblødning ble fisken målt og veid, før sløyning og filetering. Fra samme hal ble det også hentet ut 5 tilfeldige fisk fra produksjonslinjen etter direktesløyning og utblødning. Disse ble tatt ut og filetert cirka 1 time etter at fangsten var kommet om bord.



Bilde 7 Fargen ble vurdert etter 3 forskjellige kategorier; Kategori 0: naturlig hvit. Kategori 1: svakt rødlig farge; Kategori 2: moderat rødfarge og bloduttredelser. Dette for å kunne si noe om mulige fargeendringer som et resultat av produksjonen om bord og levendelagringen.

2.3 Statistisk

Statistikkprogrammet IBM® SPSS® Statistics 24 og Microsoft Excel er benyttet for dataprosessering og statistiske analyser av data. For å teste om det var signifikante forskjeller mellom fisken før og etter levendelagring, er det kjørt enveis ANOVA med bruk av post hoc Tukey's test. Signifikansen ble satt til $p < 0,05$. p-verdien er et tall mellom 0 og 1 og viser sannsynligheten for at man får et testresultat som er likt. Jo lavere p-verdien er, desto større er sannsynligheten for at det er forskjeller i verdiene før og etter levendelagring. Verdiene i resultatkapitlet er gjennomsnitt \pm standardavviket, dersom ikke annet er spesifisert.

3 Resultater, diskusjon og konklusjon

3.1 Uttesting av mellomlagringstanken ved Havbruksstasjonen i Tromsø

3.1.1 Levendelagring og kontrollert tømming av tanken via svanehalen

Da dette var uthvilt fisk, så valgte vi å holde fisken i tanken i kun cirka 3 timer, før vi startet forsøket med å tømme tanken via svanehalen. Under oppholdet i tanken ble oksygenivået på avløpsvannet kontinuerlig registrert og oksygenivået var aldri under 95 prosent metning. Skyvespjeldventilen i forkant ble åpnet helt opp, før vannmengden ble økt gradvis fra 1000 liter per minutt, til 2500 liter per minutt i løpet av cirka 2–3 minutter. Samtidig ble avløpene på toppen av tanken stengt, slik at den eneste veien ut, var via svanehalen. Cirka halvparten av fisken ble presset ut på dette viset i løpet av 10–15 minutt. Gjenværende fisk hadde tilstrekkelig god plass og valgte å bli værende inne i tanken. For å stimulere fisken til å forlate tanken, ble vannspeilet senket ved å tilsette trykkluft inn på tanken, uten å endre på vannmengden (cirka 2500 liter per minutt) inn. Vannspeilet ble flyttet ned til øvre del av avløpsrøret i løpet av 5 minutter, etter at trykkluft ble kjørt inn på tanken. På grunn av designet var det ikke fysisk mulig å flytte vannspeilet lavere enn øvre del av avløpsrøret, cirka 40 cm over bunnen av tanken. Senkningen av vannivået på tanken førte til at ytterligere 20–30 fisk ble ført ut med vannstrømmen. Uansett, etter nye 15 minutter med vanntilførselen på over 2500 liter per minutt inn på tanken, var det fortsatt 90 fisk inne på tanken som ikke kom ut. Det ble forsøkt å endre vannstrømmen, ved å starte og stoppe pumpen. Dette førte ikke til noe. Fisken valgte å holde seg borte fra avløpet og svømte forholdsvis rolig rundt. Etter 1,5 time uten at noen av fiskene kom ut, valgte vi å stoppe uttestingen. De gjenværende fiskene ble håve ut av tanken og tilbake i merden. Det ble ikke registrert noen dødelighet på fisken under selve uttestingen, eller etter at torskene var kommet tilbake i merden igjen.



Bilde 8 Vannfordelingen (cirka 1000 liter per minutt) opp gjennom den perforerte (hull hver 10 x 10 cm) dobbeltbunnen. Tanken ble fylt i løpet av 4,5 minutter.



Bilde 9 Kontrollert tømning av tank ved hjelp av høy vanngjennomstrømning (2500 l/min.) via svanehalen. En 10 meter lang polyurethane (PUH) slange med diameter på 40 cm, er påkoblet for å unngå skade og tap av fisk under tømning. Fisken blir tilbakeført til merden på en meget skånsom måte, under oppsikt av en ansatt ved Sjøanlegget.

3.1.2 Forsøk med horisontal vannstrøm under tømning

Det første forsøket viste at det er relativt enkelt å få tømt det meste av fisken via svanehalen, når tettheten er stor. Det er først mot slutten av tømningen, når det er få individ igjen, at det oppstår utfordringer med å få disse fiskene ut. For å unngå mye håndreing og mulige skader på fisk som skulle benyttes i senere forsøk, valgte vi å kun bruke noen få individ for å teste ut nye metoder og endringer for å få tanken tømt. Etter at fisken hadde hatt et opphold på 1 time i tanken for venne seg til strømningene, startet forsøket med å tømme via svanehalen. Etter 15 minutter med 2500 liter per minutt inn på tanken, var det fortsatt ingen fisk som kom ut. I likhet med første forsøk, ble vannspeilet inne i tanken senket ned til cirka 40 cm over bunnen, ved å tilsette luft på toppen av tanken. I løpet av 5 minutter etter at trykkluft ble tilført tanken, nådde vannspeilet cirka 40 cm over den perforerte bunnplaten. Som første forsøk viste, så valgte fisken å holde seg borte fra avløpet og svømte forholdsvis rolig rundt. Etter 30 minutter uten at noen av fiskene ble ført ut gjennom svanehalen, ble det tilført sjøvann (cirka 1200–1500 liter per minutt) inn i bakkant av tanken. Det ble tydelig dannet horisontale strømningene inne i tanken, ut fra hver av de tre dysene i bakkant av tanken. Fisken forsøkte å holde sin posisjon, men ble nå ført med strømmen mot fronten av tanken. I løpet av de 10 første minutter etter at spyling i bakkant ble iverksatt, ble 4 fisk ført ut av tanken med strømmen. Resterende 6 fisk, klarte å tilpasse seg de horisontale strømningene og posisjonerte seg i et forholdsvis rolig område imellom de tre spyledysene i bakkant av tanken (Bilde 10). Etter cirka 90 minutter var de fortsatt i tanken, selv om vi endret på vannstrømmen inn på tanken ved å starte og stoppe pumpen. Forsøket ble dermed avsluttet, og de gjenværende fiskene ble håvet ut av tanken. Ingen dødelighet ble registrert på fisken i etterkant av forsøket.



Bilde 10 Viser torsk som forsøker å posisjonere seg i et roligere strømområde, imellom de 3 rørstussene i bakkant av tanken.

Resultatene fra de to første testene viser at det er for mye vann i tanken under siste del av tømningen. I tillegg er tanken designet og bygd for å gi optimale forhold for fisken. Blant annet skal det ikke oppstå for store og ugunstig strømninger, selv med stor vanngjennomstrømning, slik at fisken ikke skal bli belastet under opphold i tanken. I etterkant av forsøk 1 og 2, ble det i dialog med Optimar, vurdert at vannspeilet i tanken måtte senkes til under bunnplaten. Dette for å få til en effektiv tømning av tanken. En billig løsning for å se om dette kunne bidra til mer effektiv tømning, var å senke selve svanehalsen med 40 cm. Dette for å kunne teste ut muligheten for å senke vannspeilet inne i tanken, til under bunnplaten. Ideen bak dette var at dersom fiskene ikke hadde tilstrekkelig vann å navigere i inne i tanken, så ville de velge å forlate tanken og svømme over i svanehalsen. Dermed ville de bli ført med strømmen og ut av svanehalsen.

3.1.3 Forsøk med å senke avløpet i tanken for å lette tømning

Etter at fisken hadde oppholdt seg i tanken i 1 time for å tilpasse seg, startet forsøket med å tømme via svanehalsen. Vannstrømmen ble først økt fra 1000 til 2500 liter per minutt. Deretter ble trykkluft tilsatt for å senke vannivået i tanken. I løpet av 10 minutter etter at trykkluften var satt på tanken, var alle fiskene (15 stk.) som oppholdt seg inne i tanken, presset ut i svanehalsen. I samme tidsperiode ble 13 av 15 fisk ført med vannstrømmen inne i svanehalsen og ut i merden. Selv med en vannstrøm på over 2500 liter per minutt ut gjennom svanehalsen, så ble 2 fisk igjen inne i røret og svømte mot strømmen. Etter 60 minutter med maks vanngjennomstrømning, ble forsøket stanset og de to gjenværende fiskene ble håvet ut. Alle fiskene overlevde testrunden, og det ble ikke registret noen dødelighet i etterkant av testrundene ved sjønlegget. Ut fra resultatene, så er vanngjennomstrømningen i svanehalsen litt for liten. Spesielt med tanke på torsk som er fullstendig restituert og med svært god kondisjon. Enkelte fisk klarte dermed å finne gunstige områder i svanehalsen, slik at

de unngikk å bli ført med strømmen opp og ut av røret. Årsaken ligger nok i at vannstrømmen i svanehalsen (400 mm rør) er litt for lav. Vannstrømmen kan økes betydelig, ved å gå ned på dimensjonen i svanehalsen til 300 mm rør. På et rør med diameter på 400 mm, så rommer det cirka 125 liter vann per løpemeter og på et rør med diameter 300 mm rør rommer det cirka 70 liter per løpemeter. Når det pumpes 2500 liter vann per minutt gjennom et rør med diameter på 400 mm, så vil hastigheten på vannet være rundt 0,33 m/s. I et rør med diameter på 300 mm, så vil vannhastigheten være rundt 0,59 m/s. Det kan derfor være fordelaktig å gå noe ned på rørdimensjonen på svanehalsen, for å få til en effektiv tømning. En ulempe med økt hastighet på fisken under tømning og som det må tas hensyn til, er fare for slagskader på fisken under avsiling.

Uansett, ved å senke vannvået ned under bunnplaten i dette forsøket, så fikk man tømt tanken helt, på en effektiv måte i løpet av 10 minutter. Når tanken er full av fisk, kan man på en kontrollert måte tømme tanken, først ved å øke vanngjennomstrømningen forsiktig opp mot 2500 liter per minutt, og etterhvert som tanken tømmes for fisk, kan man senke vannspeilet ned mot bunnplaten. På en slik måte kan man sikre en kontrollert tømning av tanken, uten at all fisken kommer ut på en gang. Ombord på et fartøy kan det være en ulempe å senke vannspeilet i tanken, på grunn av bølgebevegelser. En fri vannoverflate vil følge fartøyets bevegelser og skape bølger inne i tanken. Men dersom mesteparten av fisken er ute av tanken før vannspeilet senkes, så kan hastigheten på tømningen økes betydelig mot slutten, ved å tilføre nok luft i toppen. Et fåtall av fisken vil i så måte bli utsatt for bølgebevegelser, før de er ute og klar for slakting. Tanken og avløpet må derfor være designet slik at det er mulig å senke vannspeilet hurtig. Dette vil være å foretrekke, med tanke på å redusere belastningen på de siste gjenværende fiskene. Fri vannoverflate inne på tanken kan også være en utfordring for selve stabiliteten til fartøyet, særlig dersom størrelsen på tankene dimensjoneres opp og mye vann er i bevegelse.



Bilde 11 Vannvået er nede på bunnplaten og de siste fiskene har forlatt tanken, cirka 10 minutter etter at trykkluft ble tilsatt i toppen av tanken.

3.2 Resultater fra test om bord på M/Tr. J Bergvoll

3.2.1 Rigging av levendefisktanken

Under testing ombord ble pneumatisk styring av inntaksluken, trykksetting av tanken og tømning via svanehals utelatt da hovedmålet med forsøket om bord på J Bergvoll, var å registrere kapasiteten til tanken med tanke på restitusjon og overlevelse til trålfanget fisk. I tillegg var det mangel på tilstrekkelige pumpekapasitet til å klare å tømme tanken via svanehalsen. Svanehalsen er i tillegg også så høy at da den ville ha kommet i konflikt med vinsjen på styrbord side. I tillegg ville den ha stukket så langt ut på tråldekket, at den ville komme i konflikt med styrbord trålbane og gils. Det ble derfor foreslått å tømme tanken på en kontrollert måte, via en 5 meter lang fleksibel (Ø 350 mm) vakuumslange. Hastigheten på tømningen av tanken, etter at skyvespjeldventilen ble åpnet ble kontrollert på en god måte, ved å løfte eller senke enden av slangen. Etterhvert som tanken ble tømt for vann og fisk, ble slangen tilslutt lagt helt ned på tråldekket og de siste fiskene ble ført ut med vannstrømmen.

På toppen av tanken over inntaksluken ble det montert en trakt (Se vedlegg 1). Trakten er tilpasset slik at den tetter godt rundt åpningen. Når sjøvannstilførselen ble åpnet, steg vannivået oppover i trakten cirka 5 cm over toppen av selve tanken. Dette er omtrent samme høydeforskjell som de fire avløpsrørene som er påmontert i overkant av tanken. Siden vannoverflaten lå 5 cm over toppen av tanken, i tillegg til at åpningen ned gjennom trakten var relativ liten (54 x 57 cm), ga dette et ubetydelig område med fri vannoverflate. Selv i perioder med mye bevegelser på fartøyet på grunn av bølger, ble det ikke observert bølgedannelser (vaskemaskin effekt) eller luftlommer inne på tanken under selve levendelagring. Fordelen med dette var at vi slapp å demontere trakten og stenge luken på tanken under selve levendelagringen.



Bilde 12 Tanken ble montert opp på tråldekket, bak sentervinsjen på styrbord side, ombord på M/Tr. J Bergvoll.

3.2.2 Trålfisket

Det ble gjennomført levendelagring av torsk og hyse fra 12 tråhal, fra tre forskjellige plasser i Barentshavet (Tabell 1). Det var mye lodde på alle trålfeltene som stod nede ved bunnen, og dette førte til en del utfordringer med kledning av trålen under tauing. Dette gjenspeilet seg også i mageinnholdet hos torsken, og som i all hovedsak var lodde. I smutthullet ble det i tillegg til lodde, også funnet en del snøkrabbe og reker i torskemagen. Under levendelagring kan det derfor oppstå en del utfordringer, dersom fisken kvitter seg med mye mageinnhold. Det var ikke noe problem under testkjøringen, men dersom det kommer mye ufordøyde rester av mageinnholdet til fisken i tanken, så kan dette muligens tette silene på avløpssiden. En systematisk oversikt over fangst- og biologisk data fra hvert testhal finnes i vedlegg 3.

3.2.3 Levendelagring og overlevelse

Tabell 1 Viser en systematisk oversikt over enkelte fangstparametere, artssammensetning i vert enkelt hal, samt mengde fisk, oksygennivå under lagring og dødelighet etter 6 timers levendelagring. Hal 1–5 er tatt i Barentshavet nordvest (77–78° N og 28–31° Ø), hal 6–10 er tatt i Barentshavet nordøst (76,20° N og 38,50° Ø), og hal 11–12 er tatt øst av Bjørnøya (74° N og 20° Ø).

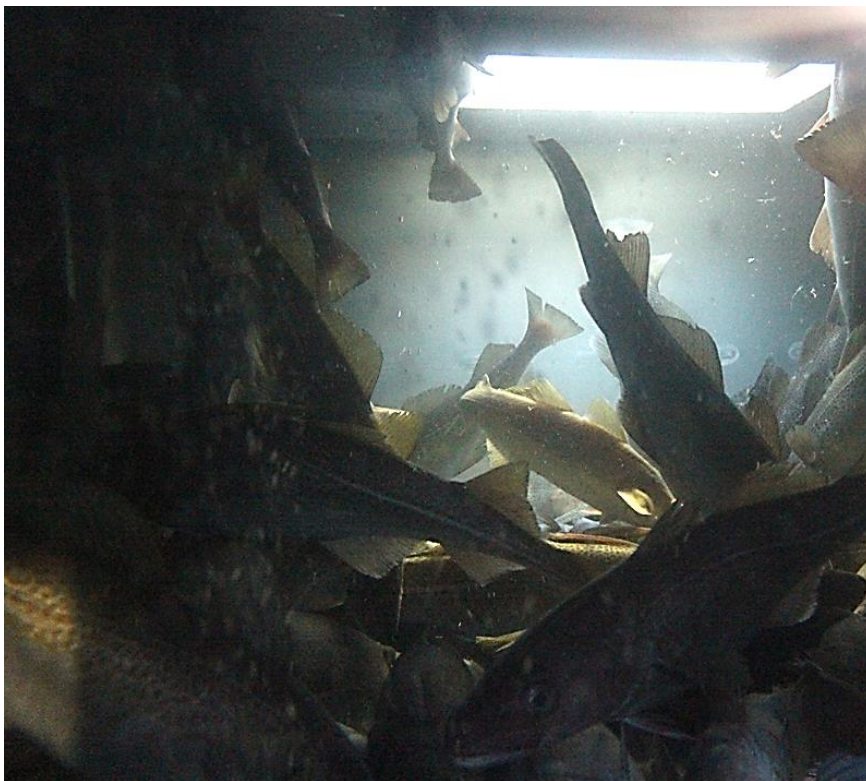
Hal nr	Dyp	Hyse (%)	Torsk (%)	Halstr. (tonn)	Tauetid (min.)	Temp °C (bunn)	Temp °C (tank)	O ₂ % (utløp)	Kg fisk (tank)	Døde (%)
1	220		99	7,6	268	1,2	1,5	95,7	770	6,2
2	210		98	10,9	311	1,2	2,0	91,7	1265	6,3
3	240		100	9,2	330	0,8	1,7	99,5	380	8,1
4	220		100	22,2	269	0,8	1,8	87,8	1840	14,7
5	230		97	4,9	294	0,7	1,1	84,7	2109	13,2
6	220		100	16,9	299	1,9	2,8	94,7	1007	13,8
7	245		96	5,9	312	1,7	2,6	95,6	718	8,2
8	230		99	10,3	298	1,9	1,6	88,6	1496	21,8
9	255		98	5,2	301	1,5	2,4	98,9	424	5,9
10	250		99	8,2	344	1,7	2,6	86,4	1550	8,8
11	110	79	21	16,7	326	4,1	3,2	94,6	932	42,8
12	140	80	20	11,4	307	4,4	3,5	95,3	795	25,9

Når torskefisk løftes opp fra bunnen, utvides gassen i svømmeblæren på grunn av trykkreduksjon. Når trykkreduksjonen er rundt 70 prosent, så punkterer svømmeblæren (Midling *et al.*, 2012). Det vil si at torsken som ble tatt om bord hadde sprengt svømmeblære på vei opp mot overflaten og manglet derfor oppdrift. Dette førte til at fisken la seg nede på bunnen av tanken, gjennom restitusjonen. Når tanken ble fylt med cirka 2000 kg, så la fisken seg i et tykt lag (40–50 cm) på bunnen (Bilde 13). Tankens design med oppstrømsprinsippet er derfor helt avgjørende, med tanke på god overlevelse og restitusjon gjennom levendelagringen.

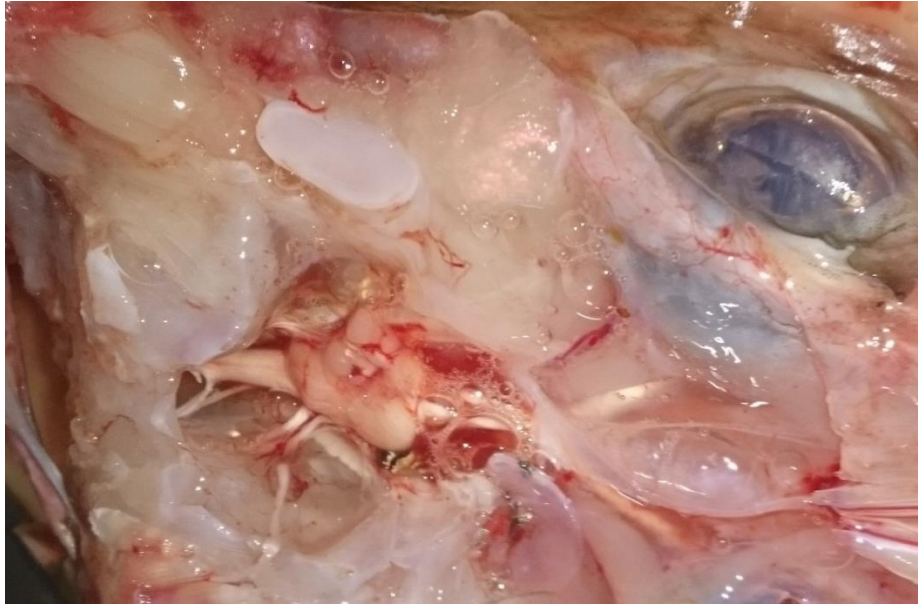
Det er anbefalt å ha høy oksygenmetning på utløpet av tanken de første timene etter fangst. Spesielt når det er høye sjøtemperaturer, kan det oppstå problemer med oksygenopptaket hos fisk som er utmattet, når oksygenmetningen faller under 70–80 prosent. Oksygenmengden (mg O₂/l) i vann avtar generelt med økende temperatur og salinitet. Ved 1 grad i sjøvannet, vil det være cirka 11 mg O₂ per liter sjøvann (34 ‰), når det er 100 prosent mettet med oksygen. Ved 80 prosent metning vil nivået nede i 8,8 mg O₂ per liter. Tilsvarende ved 10 °C vil det være cirka 9,1 mg O₂ per liter ved 100 prosent

metning, og ved 80 prosent metning vil nivået være nede i 7,2 mg O₂ per liter. Fisk som lever i kalde farvann er tilpasset et miljø med høyt nivå av oksygen i vannet, og det er en generell enighet om at oksygeninnholdet i vannet bør holdes over 7 mg O₂/l. For å sikre tilstrekkelig mengde oksygen til fisken under restitusjonen, også når det er høye sjøtemperaturer, bør det være tilgang på minst 0,5 liter sjøvann, per kg fisk, per minutt.

På dette toktet var det lav temperatur i sjøen (0–2 °C), og da er det mye tilgjengelig oksygen i vannet. En annen effekt av lav temperatur er at dette også bidrar til redusert stoffskifte og oksygenbehov hos fisken under restitusjonen. Den laveste oksygenmetningen som ble målt i avløpet var på 84,7 prosent, og da var det cirka 2100 kg fisk inne på tanken. Dette tilsvarer en tetthet med fisk på rundt 470 kg/m³, og etter 6 timers restitusjon ble det registret en dødelighet på 13,2 prosent. Sammenlignet med de andre testrunder med mindre mengde fisk i tanken, er det ikke noen direkte sammenheng mellom mengde fisk på tanken og dødeligheten (Tabell 1). En del av dødeligheten kan også komme som følge av skader som er pådratt under selve trålingen: oppstigning (barotrauma) og ombordtakingen av fangsten. Vi vet heller ikke hvor lenge fisken faktisk har vært i trålsekken før den kommer ombord. Hvor spredt fisken står ved bunnen, vil avgjøre hvor lenge de er tauet på før trålingen avsluttes. I så måte vil det være varierende grad av utmatting og belastning på fiskene i et trålhal, og dette kan spille inn med tanke på overlevelse mellom de ulike trålhalene. Når det gjelder hyse, så er dette en tander art og tåler mindre enn torsk. Dette ser vi også med tanke på dødeligheten, spesielt når halstørrelsen og tauetiden øker.



Bilde 13 Trålfanget torsk ligger i et tykt lag (40–50 cm) nede på bunnen under restitusjonen. Oppstrømsprinsippet er derfor avgjørende med tanke på restitusjon og overlevelse.



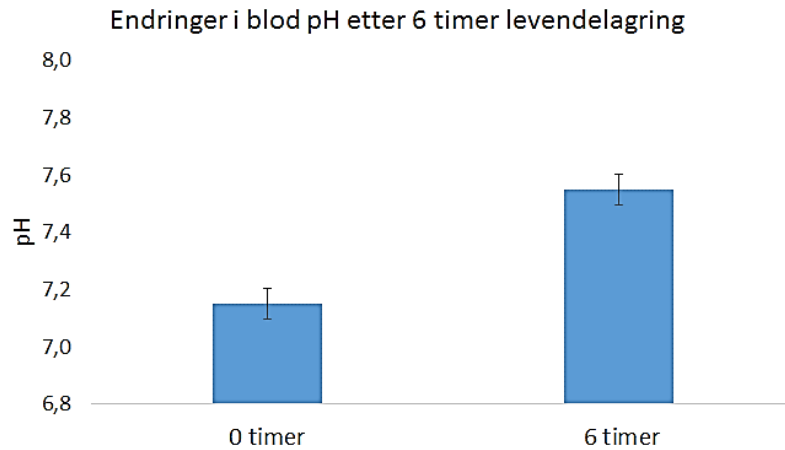
Bilde 14 Viser deler av hodet til en torsk som var død under ombordtaking. Dødsårsak er trolig barotrauma og det er tydelig gassansamling og blødninger rundt hjernen og i omkringliggende vev.

3.2.4 Restitusjon gjennom korttids levendelagring

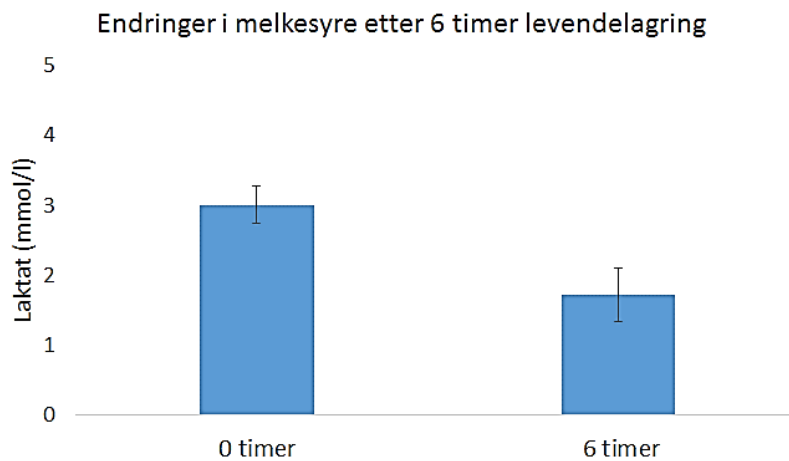
Resultatene fra levendelagringen viser at fisken restituerer godt, selv med stor tetthet i tanken. Blodets pH steg fra pH 7,2 til pH 7,5, i tillegg sank nivået av melkesyre i blodet fra 3,0 til 1,7 mmol/l, etter 6 timer med levendelagring. Når det gjelder blodglukosen, så øker den fra 5,0 til 10,2 mmol/l gjennom levendelagringen (Figur 1, 2 og 3). Dette er tilsvarende resultater fra tidligere forsøk med korttids levendelagring av torsk og hyse om bord på J Bergvoll (CRISP Annual Report, 2013; 2014; 2015; 2016). Reduksjon av blodets melkesyre, er en raskere prosess, enn for glukoseverdiene. Normalt er melkesyrenivåene under deteksjonsgrensen cirka 12 timer etter fysisk belastning, og for glukose har ikke nivåene normalisert seg før etter 24 timer (Svalheim *et al.*, 2017).



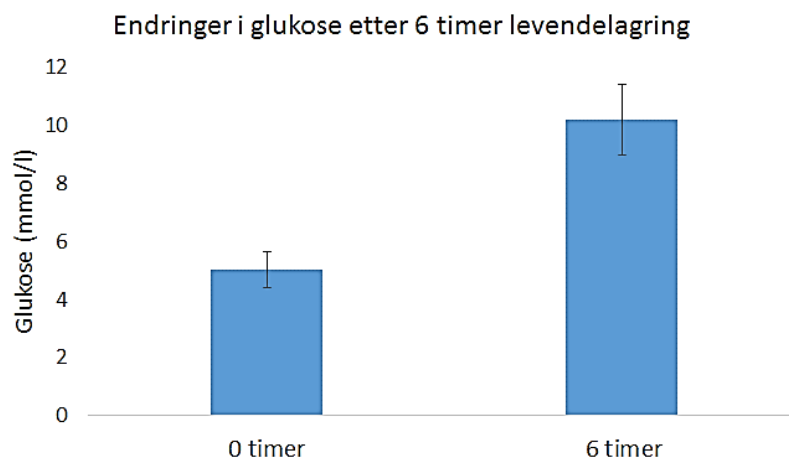
Bilde 15 Viser korttids levendelagring av trålfanget torsk, i mellomlagringstanken. Etterhvert som fisken restituerer utover i lagringen, blir fisken nysgjerrig og titter ut gjennom inspeksjonsvinduet.



Figur 1 Viser singifikant ($p < 0,05$) økning i blodets pH etter 6 timer levendelagring. Resultatene er basert på uttak av 5 fisk, før og etter levendelagring, fra 10 runder med levendelagring.



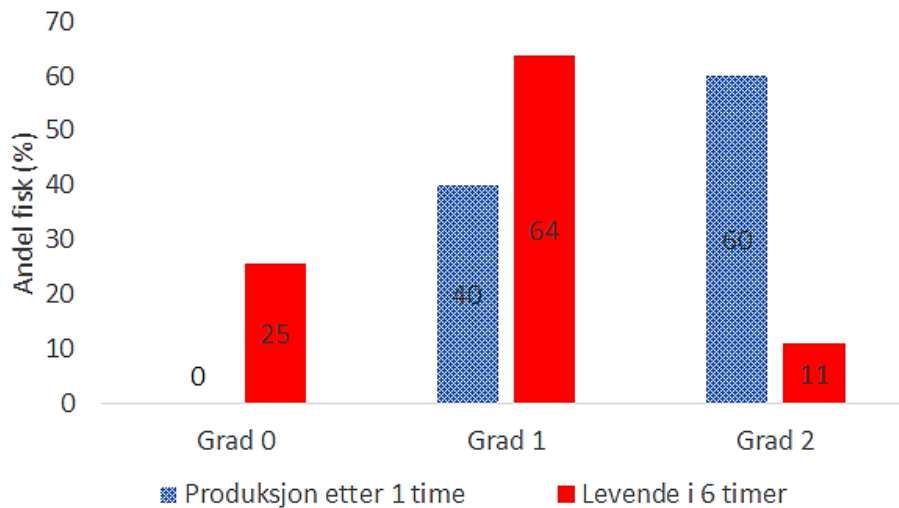
Figur 2 Viser singifikant ($p < 0,05$) nedgang i melkesyrenivået hos torsk etter 6 timer levendelagring. Resultatene er basert på uttak av 5 fisk, før og etter levendelagring, fra 10 runder med levendelagring.



Figur 3 Viser signifikant ($p < 0,05$) økning i blodets glukosenivå, hos torsk etter 6 timer levendelagring. Resultatene er basert på uttak av 5 fisk, før og etter levendelagring, fra 10 runder med levendelagring.

3.2.5 Farge på fileten og restitusjon

Når det gjelder fargen på fileten og restitusjon, så ser vi samme trend som i tidligere forsøk. Hos HG fisk som tas ut direkte fra produksjonslinjen (før grader) cirka 1 time etter at de er tatt ombord, så ser man mer rødfarge i filetene og fargen ble vurdert til å ligge mellom kategori 1 og 2 (Figur 4). Dersom fisken blir liggende for lenge i mottaksbingen i påvente av direktesløyting, vil en større andel av fisken havne over i kategori 2. Sammenlignet med fiskene som ble levendelagret i 6 timer, bløgget og utblødd i 30 minutter, så ble de fleste filetene vurdert til å ligge i kategori 0 og 1. Dette indikerer også at fisken var på god vei til å bli restituert, under levendelagringen.



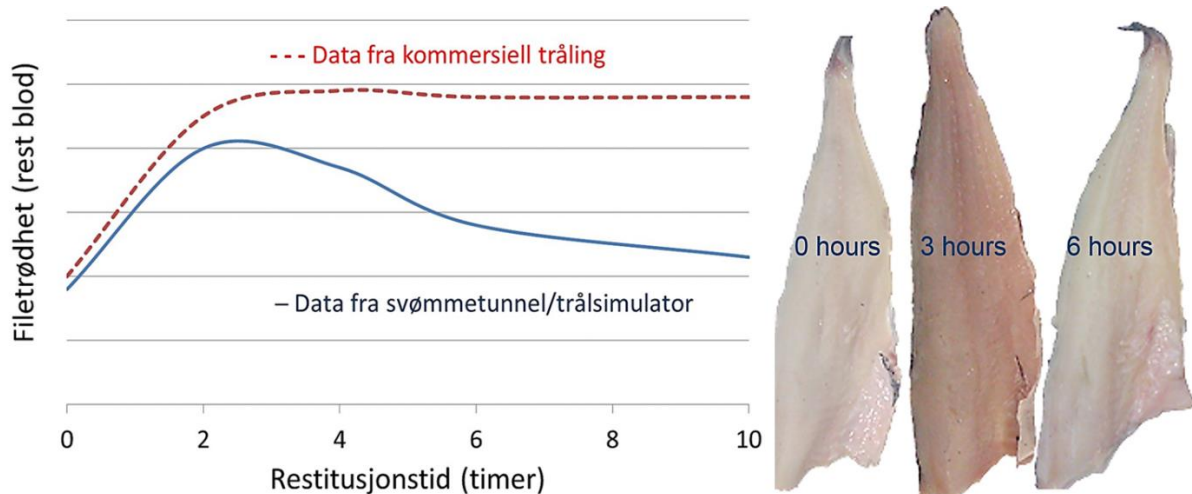
Figur 4 Viser grunnfargen på filet. En større andel av fisken som er levendelagret i 6 timer før slakting, har en lysere grunnfarge på fileten, enn fisk som er hentet ut fra produksjonslinjen ombord 1 time etter ombordtaking.



Bilde 16 Viser 4 fileter (filet 1, 3 5 og 7 fra venstre) fra levendelagret torsk som ligger med sporen ned, og 3 fileter fra torsk som er hentet fra produksjonslinjen, cirka 1 time etter ombordtaking av fangsten.

Alle tidligere forsøk med levendelagring av torsk og hyse som er gjennomført etter oppstrømsprinsippet, blant annet i fangstbasert akvakultur, CRISP og Optipro-1 prosjektet viser at det er mulig å få god overlevelse og kvalitetsheving på trålfanget fisk, i forhold til tradisjonell behandling. Tidligere forsøk viser også at restitusjonen bør være minimum 6 timer, for å kunne levere en fisk med mindre restblod i fileten, buken og nakken (Figur 5). En annen fordel med å restituere og holde fisken levende om bord, er at mannskapet slipper stor arbeidsbelastning over kort tid for å sikre kvaliteten på fangsten, spesielt hvis fangsten blir stor. Fisk som ikke er egnet til levendelagring, kan sorteres ut og produseres fortløpende. Godt levedyktig fisk kan så mellomlagres levende og slaktes kontrollert ut ved et senere tidspunkt. En levende fisk som er restituert, må bedøves før bløgging og utblødning. En bedøvet fisk er lettere å håndtere, man oppnår bedre bløgge-/sløyesnitt og dette vil på sikt gi en jevnere og mer forutsigbar kvalitet. Å bedøve en restituert fisk vil også bidra til å heve helse, miljø og sikkerheten til mannskapet.

Det har blitt en del diskusjoner rundt det å benytte mottaksbingene til levendelagring (vått mottak) ombord på trålere. I 2016 ble M.Tr. Molnes bygd om der blant annet kortidslevendelagring, og elektrobedøving av fisken før slakting er inkludert. Kapasiteten på direktesløyningen ombord på en vanlig tråler ligger rundt 5 tonn med sløyd hodekappet torsk i timen. Et vått mottak kan i så måte holde mesteparten av fisken i livet gjennom hele produksjonen, og dette kan bidra til bedre utblødning. Imidlertid bør det tas hensyn til at fisken øker blodmengden ut i muskelen de 2–4 første timene av levendelagringen (Figur 5). Dette kan bidra til at fargen på muskelen ikke blir noe vesentlig forbedret, sammenlignet med vanlig trålkvalitet, dersom fisken slaktes før den har vært restituert i 6 timer.



Figur 5 Endringer i rødfarge i fileten som er tatt fra utmattet torsk, som restitueres under korttids levendelagring (Svalheim et al., 2017). Dersom fisken slaktes for tidlig etter at levendelagringen er startet, så er det en stor sannsynlighet for at man ikke oppnår noen kvalitetsfordel, sammenlignet med fisk som slaktes fra en tradisjonell tørr mottaksbinge.

3.3 Levendelagring uten oppstrømsprinsipp

Dersom en tank eller mottaksbinge for hold av levende fisk ombord på et fartøy ikke er designet etter oppstrømsprinsippet, kan det dannes områder ved bunnen av tanken der utskiftningen av vannet ikke er tilstrekkelig til å holde fisken i live. Dårlig utskiftning av vannet kommer som følge av at fisken ligger tungt nede på bunnen, på grunn av sprengt svømmeblære (Isaksen *et al.*, 2008; Isaksen & Midling, 2012; Midling *et al.*, 2012). Selv om det tilføres store mengder med oksygenrikt sjøvann ned i mottaksbingen, så vil vannsirkulasjonen i all hovedsak skje i øvre del av bingen. Det er kjent at dersom oksygenmetningen faller under 7 mg O₂ per liter vann, så vil utmattet fisk få problemer med opptak av oksygen og vil etter hvert dø. Fisken som ligger nede på bunnen vil raskt bruke opp oksygenet i vannet rundt seg, og det vil etterhvert dannes et oksygenfattig sjikt ved bunnen. Det vil si at det kun vil være de fiskene som ligger øverst i bingen som får tilstrekkelig nok oksygen, og kun disse vil overleve utover i levendelagringsperioden. Dette kan være noe av forklaringen på resultatene fra evaluering av ny slaktelinje om bord på M/Tr. Molnes, som ble gjennomført av Sintef i april 2017 (Digre *et al.*, 2017). Disse resultatene viste at kortidslevendelagring i mottaksbingen (vått mottak) gav økt dødelighet og liten grad av restitusjon i løpet av 6 timer. Sammenlignet med resultatene fra OPTIPRO 3-toktet, så kan årsaken til dårlig restitusjon og økt dødelighet utover i levendelagringen ombord på Molnes, trolig komme av designet på selve mottaksbingen og ugunstig vannfordelingen.

3.4 Kostnad/nytte

3.4.1 Fartøydesign og maskin

Et fartøy som bygges med tanke på levendelagring ombord, vil bli noe større og tyngre enn tradisjonelle trålere med samme kapasitet. Blant annet for å beholde fribord innenfor funksjonelle og sikre verdier (Larssen, 2016). Dette vil medføre økte byggekostnader, økt krav til maskinkraft, sammenlignet med nybygg av en tradisjonell tråler. I tillegg vil det være behov for større hjelpemotor for å generere tilstrekkelig med elektrisitet til drift av sjøvannspumper, med tanke på levendelagring ombord.

3.4.2 Pumping av vann

Vi har ikke oversikt hvilke typer drivstoff de enkelte fartøy benytter til tradisjonell generatordrift (hjelpemotor). Det er derfor tatt utgangspunkt i Marine Gas Oil (MGO; cirka 0,84 kg/liter), og med utgangspunkt i et spesifikt drivstofforbruk på cirka 0,2 kg for å generere 1 kWh elektrisk energi. Et gjennomsnittlig spesifikt drivstofforbruk på 0,2 kg olje per 1 kWh generert elektrisk energi, er blant annet brukt i undersøkelser om hvorvidt landstrømteknologi kan fase ut tradisjonell generatordrift av skip som ligger ved kai (Anonym, 2008; Paust & Teigland, 2016). Det finnes også mange forskjellige løsninger med tanke på pumping av vann. Både type pumpe (impeller, vakuum, sentrifugal, etc.), løftehøyde (trykk) og virkningsgraden til pumpen vil avgjøre hvor store pumpekostnadene blir. For å holde et 20 tonns hal med torsk i live, kreves det en pumpekapasitet på minst 10 m³ per minutt (0,5 liter per kg fisk per minutt), spesielt i sommer- og høstmånedene når sjøtemperaturen er relativt høy. I tillegg kreves det ekstra vannvolum i det øyeblikket tankene skal tømmes.

Som et regneeksempel her, blir det tatt utgangspunkt i en Flygt Experior™ pumpe modell 3202 og 3301 (Flygt N-Pump 60 Hz series brochure; www.xylem.com). Dette er pumper som har tilstrekkelig kapasitet på cirka 200–300 liter per sekund og løftehøyde over 20 meter. Modell 3202 har en effekt

mellom 22–47 kW og modell 3301 har en effekt mellom 45–70 kW. Oljeforbruket per time vil da ligge ett mellom 4,4–9,4 kg olje per time for modell 3202 og modell 3301 vil ha et forbruk mellom 9,0–14 kg olje per time. Oljeforbruket per pumpe vil være avhengig både av hvor høyt vannet skal pumpes og vannmengden som skal benyttes til levendelagring. Spesielt vannbehovet vil variere ut fra hvor godt fisket er, og temperaturen på sjøvannet. Med utgangspunkt i gjennomsnittsprisen for MGO i Bergen i 2017, som var på cirka 510 USD per tonn (<https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/no-bgo-bergen>). En teoretisk drivstoffkostnad vil da ligge et sted mellom 2,25 til 7,14 USD per time, med tanke på de to nevnte pumpemodellene, og med et spesifikt drivstofforbruk på 0,2 kg olje per 1 kWh generert elektrisk energi.

Sammenlignet med en standard tråler i dag, vil det i tillegg til økt drivstofforbruk på grunn av pumping av vann, også føre til merkostnad som følge av installasjon av pumpeanlegg og levendelager ombord. I Optipro-2-prosjektet ble merkostnaden på en ny fabrikk kalkulert til cirka NOK 30 millioner, dersom levendelagring med samlet levendelagringskapasitet på 38 tonn, skulle inkluderes ombord på framtidens tråler (Larssen, 2016).

3.4.3 Kvalitetsheving og merpris

Jevnt over blir linefanget fisk betalt noe bedre enn trålfanget fisk. Som vist i flere forsøk, så kan korttids levendelagring om bord på trål, gi en kvalitet på fisken på linje med linefanget fisk. Det er derfor et potensial å få ut merpris, også for trålfisk av bedre kvalitet. Uansett, det vil være et betydelig markedsarbeid som må gjennomføres, og på sikt vil man kunne vise kundene at restitusjon av fisken ombord på trålere, kan gir en reell kvalitetsheving.

For å oppnå en jevn og forutsigbar kvalitet på fisken, er det mange faktorer som spiller inn. Blant annet årstidsvariasjoner, tauetid, størrelse på hal, oppstigningshastighet og hvordan fisken tas ombord, har blitt diskutert. I CRISP-prosjektet ble det gjennomført forsøk på mer skånsom ombordtaking av fisk, ved å pumpe fra codend. Pumping fra codend er væravhengig, og i tillegg tok selve pumpeoperasjonen for lang tid. Selv om pumping fra codend er mere skånsom for fisken, er konklusjonen den at slipsetting av sekken fortsatt er beste løsning, men da spiller størrelsen på trålhalet inn, med tanke på belastningen fisken får opp gjennom slipen. Store hal krever også større restitusjon- og pumpekapasitet ombord på fartøyet for å holde fisken i livet fram til utslakting. Store trålhal vil også kreve større kapasitet gjennom produksjonslinjen. Med hensyn til kvaliteten på fisken og kostnadene rundt levendelagring, er det derfor ikke ønskelig med lang tauetid og store hal.

4 Hovedfunn

- Ut fra testrundene er det klart at vannfordelingen opp gjennom bunnplaten er optimal. Fisken fikk tilstrekkelig med oksygenrikt vann, selv med mye fisk på tanken. Dette gjenspeiler seg i svært god overlevelse, i tillegg til at fisken restituerte under levendelagringen.
- Under tømming av tanken, når tanken er full med fisk (opp mot 2000 kg), fungerer svanehalen med tanke på kontrollert tømming. Utfordringene oppstår først når siste del av fisken skal ut av tanken. På grunn av tankens konstruksjon som tar hensyn til fiskens velferd, er det ikke tilstrekkelig nok strøm til å presse de siste fiskene ut gjennom svanehalen, selv med spyling i bakkant av tanken.
- For å tømme tanken fullstendig for fisk, er det påkrevd at vannivået i tanken må senkes helt ned på bunnplaten, samtidig som det er spyling i bakkant av tanken. Eventuelle fisk vil dermed ikke ha mulighet til å navigere inne i tanken og vil i så måte bli tvunget ut i svanehalen. En løsning kan være å senke avløpet i tanken, slik at øverste del av 400 mm røret er i underkant av den perforerte bunnplaten. Det er dermed mulig å senke vannspeilet helt ned på bunnplaten, ved å tilføre trykkluft i toppen.
- Med tanke på montering og bruk av tanken ombord på tråler, så fungerte den godt med hensyn til bølgebevegelser. Det ble ikke observert noe skvalping, eller unormale bevegelser på fisken under opphold inne på tanken, selv om luken var åpen under testkjøringen. I tillegg var overlevelsen god og torsken restituerte godt i løpet av 6 timer. Torsk som var i livet etter levendelagring oppnådde lysere farge på fileten, sammenlignet med torsk som var hentet ut fra produksjonslinjen ombord.
- Kapasiteten på direktesløyingen ombord ligger rundt 5 tonn med sløyd hodekappet torsk i timen. Ett vått mottak med oppstrøms vannfordeling kan i så måte holde mesteparten av fisken i live gjennom hele produksjonen, og dette kan bidra til bedre utblødning. Uansett, det må tas hensyn til at fisken øker blodmengden ut i muskelen de 2–4 første timene av levendelagringen. Dette kan bidra til at fargen på muskelen ikke blir noe vesentlig forbedret, sammenlignet med vanlig trålkvalitet, dersom fisken slaktes ut før den har vært restituert i minst 6 timer.

5 Leveranser

Notat:

To notat er ferdigstilt og oversendt til FHF, Optimar AS og Nergård Havfiske AS. Det første notatet er fra uttesting av tanken ved havbruksstasjonen i Tromsø. Dette notatet ble ferdigstilt og oversendt den 22.06 2017. Her ble det gitt en statusoppdatering med tanke utfordringer og muligheter rundt det å tømme tanken for fisk via en svane Hals, på en kontrollert måte.

Det andre notatet er fra uttestingen av tanken om bord på M.Tr. J Bergvoll. Den ferdigstilt og oversendt den 20.11 2017. Her ble det gitt en statusoppdatering med tanke på utfordringer og muligheter rundt levendelagring av trålfanget fisk, overlevelse og restitusjon.

Styringsgruppemøter:

To styringsgruppemøter på telefon ble gjennomført. Den første møtet ble gjennomført den 06.11 2016, ved oppstart av prosjektet. Dette for å få innspill fra næringsaktørene med tanke på gjennomføring og oppfølging av prosjektet.

Den siste telefonmøtet ble gjennomført den 06.12 2017. Resultatene fra uttestingen av tanken ble presenter for Roar Pedersen (FHF), Kjell Larssen (Nergård Havfiske AS), Erik Westre (Optimar AS), Bjørnar Andre Vik (Optimar AS). Status for prosjektet og veien videre med tanke ny prosjekt, rundt bedøving og bløgging av levendelagret fisk ble diskutert.

Presentasjon:

En presentasjon av resultatene fra sjøbasert uttesting av tanken ble holdt på FoU-samlingen «Levendefangst, levendelagring og produksjon av levendefanget råstoff» i Tromsø den 27. og 28 november 2017. Tittelen på presentasjonen var «God overlevelse under korttids levendelagring på trål»

Fakta/nyhetssak:

Det ble det lagt ut en nyhet og fakta sak på Nofimas hjemmeside den 28. november 2017 (Holder trålfangsten levende i filetfabrikken). I tillegg er det blitt publisert to nyhetssaker i fiskeripressen fra uttestingen av tanken om bord på M.Tr. J Bergvoll. En hos Kyst og Fjord den 28.11.2017 (Klarer å holde trålfangst levende), og en hos Fiskeribladet den 04.12 2017 (Levende trålfangst holder «line-kvalitet»).

Det er også laget en kort oppsummeringsfilm fra uttestingen av mellomlagringstanken ved Havbruksstasjonen og om bord på J Bergvoll. Filmen er delt med FHF, Optimar AS og Nergård Havfiske AS

Faglig og administrativ sluttrapport:

Dette dokumentet er å anse som faglig sluttrapport, i tråd med FHF's retningslinjer. I tillegg vil det bli oversendt et administrativ sluttrapport til FHF, når den faglige sluttrapporten er godkjent.

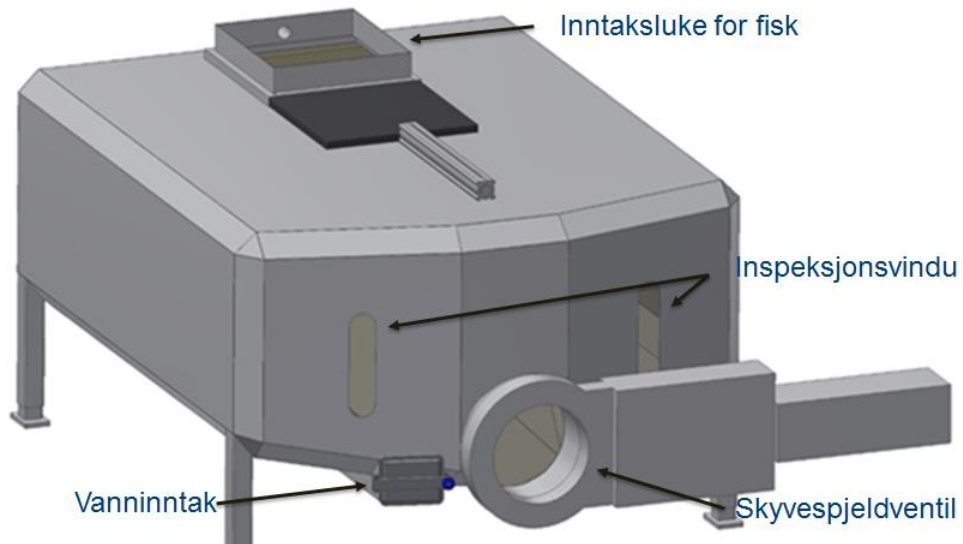
6 Referanser

- Anonym (2008). Landstrøm til skip i Bergen havn. Rapport fra BKK Nett AS og Bergen og Omland Havnevesen. 24. september 2008
- CRISP Annual Report (2011). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- CRISP Annual Report (2012). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- CRISP Annual Report (2013). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- CRISP Annual Report (2014). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- CRISP Annual Report (2015). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- CRISP Annual Report (2016). IMR. <http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- Digre, H., G. M. Tveit, M. Schei, E.R. Øye (2017). Tokrapport: Evaluering av ny slaktelinje om bord på Molnes. Sintef-rapport nr. 00369 april 2017.
- Digre, H., U.G. Erikson, B. Toldnes, H. Westavik, J.R.B. Mathiassen, L. Grimsmo & S.H. Gjøsund (2015). Sluttrapport: Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy. Sintef-rapport nr. A26613 januar 2015.
- Humborstad, O.B., B. Isaksen, K.Ø. Midling, J. Saltskår, B. Totland & J.T. Øvredal (2010). Optimal føringskapasitet og velferd for levende, villfanget torsk. Del 2: Praktiske forsøk - uttesting av etasjeskiller for økt hvileareal. Rapport fra Havforskningen nr. 1, 2010.
- Slinde, E., E. Grimsbø & T.S. Kristiansen (2013). Slakting av oppdrettsfisk. Svar på spørsmål fra Mattilsynet knyttet til fiskevelferd i slakteprosessen. Rapport fra Havforskningen Nr. 15. 2013.
- Isaksen, B., K.Ø. Midling, O.B. Humborstad & T. Kristiansen (2004). Fangstbasert havbruk. En utredning om fangst og hold av villtorsk og andre marine arter, velferd og risiko. Utredning for Vitenskapskomiteen for mattrygghet – VKM. Rapport fra Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning (Nofima), Desember 2004.
- Isaksen, B., O.B. Humborstad & J. Saltskår (2008). Optimal føringskapasitet og velferd for levende villfanget torsk. Teknisk tilrettelegging ombord på M/S TRINTO. Rapport fra Havforskningen nr. 6, 2008.
- Isaksen, B. & K.Ø. Midling (2012). Fangstbasert akvakultur på torsk – en håndbok. Havforskningsinstituttet, Nofima og FHF.
- Larsen, T.A. & B. Dreyer (2012). Norske torske trålere Struktur og lønnsomhet. Rapport 12/2012, Nofima, Tromsø.
- Midling, K.Ø., T.H. Evensen & F. Kristiansen (2008). Levende hyse. Overlevelse, utmattelse og restitusjon hos hyse fanget med snurrevad. Restitusjon og forløp av rigor mortis post mortem. Rapport 31/2008, Nofima, Tromsø.
- Midling, K.Ø., C. Koren, O.B. Humborstad & B.S. Sæther (2012). Swimbladder healing in Atlantic cod (*Gadus morhua*), after decompression and rupture in capture-based aquaculture. *Marine Biology Research*, **8**:4, pp. 373–379.
- Olsen, S.H., H. Digre, L. Grimsmo, B. Toldnes, A. Eilertsen, T.H. Evensen & K.Ø. Midling (2014). Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – Fase 1. Rapport 39/2014, Nofima, Tromsø.
- 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.
- Paust, P. & E. Teigland (2016). Landstrøm i Bergen Havn (Master's thesis).

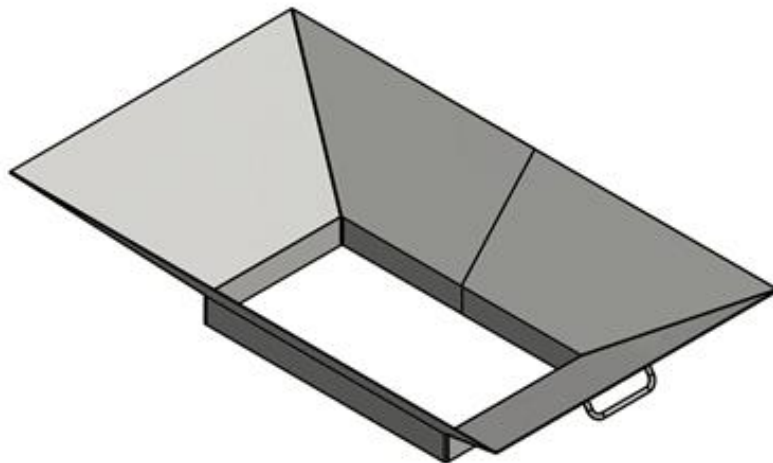
Svalheim, R.A., A. Karlsson-Drangsholt, S.H. Olsen, H.K. Johnsen & Ø. Aas-Hansen (2017). Effects of exhaustive swimming and subsequent recuperation on flesh quality in unstressed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fisheries Research*, **193**, pp. 158–163.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Skisse av mellomlagringstanken og trakt

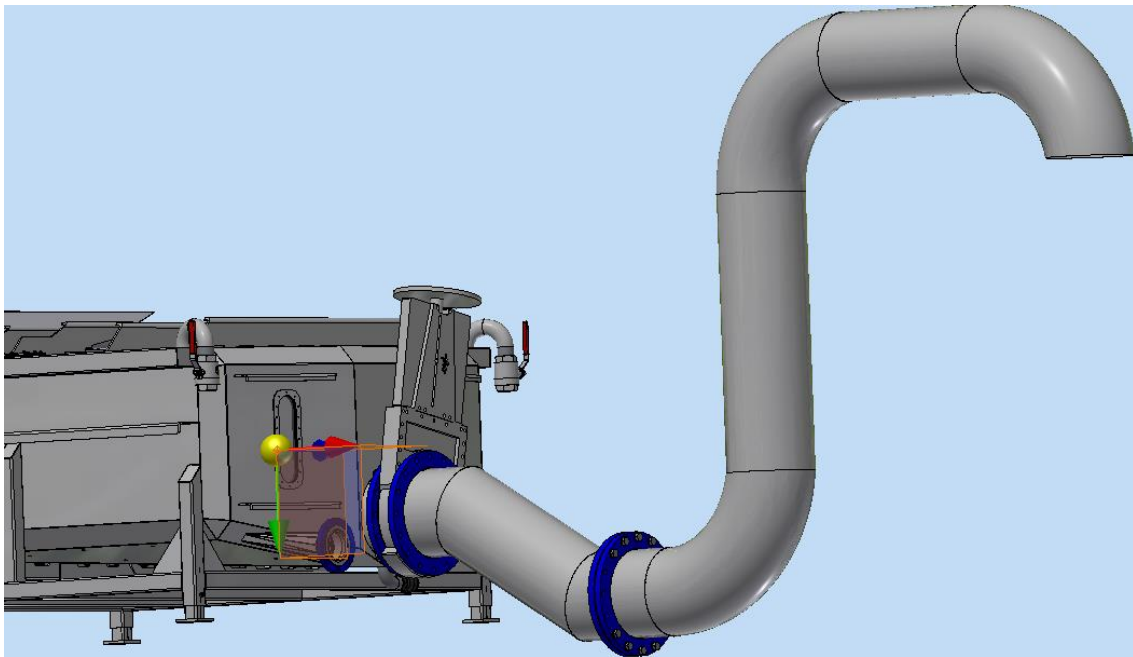


Skisse av mellomlagring-/levendelagringstanken (Optimar AS)



Skisse av trakt som er tilpasset inntaksluken på toppen av tanken (Optimar AS).

Vedlegg 2 – Skisse av mellomlagringstanken med påmontert svane-hals



Skisse av tanken med påmontert adapterrør for å kunne senke vannspeilet under bunnsplaten i tanken
(Bilde: Optimar AS)

Vedlegg 3 – Oversikt over fangst- og biologisk data fra hvert test hal

Tid	Fartøy	Sted	Posisjon	Redskap	Vind	Art	Hal nummer	Dyp	Hyse %	Torsk %	Hastr. (tonn)	Tauetid (min.)	Temp bunn temp °C	Tank O2 % i utløp	Kg i tank	lengde	std	vekt (g)	std	
21.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	77.31N, 30.30Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	Torsk	1	220		99	7,6	268	1,2	1,5	95,7	770	63	5	2370	486
22.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	77.34N, 30.53Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	Torsk	2	210		98	10,9	311	1,2	2	91,7	1265	64	4	2480	400
24.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	78.01N, 31.12Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	Torsk	3	240		100	9,2	330	0,8	1,7	99,5	380	65	7	2550	871
25.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	77.29N, 28.02Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	Torsk	4	220		100	22,2	269	0,8	1,8	87,8	1840	64	5	2430	686
26.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	77.13N, 28.22Ø	Bunntrål	SØ 7 m/s	Torsk	5	230		97	4,9	294	0,7	1,1	84,7	2109	64	8	2560	855
28.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	76.65N, 38.46Ø	Bunntrål	SØ 7 m/s	Torsk	6	220		100	16,9	299	1,9	2,8	94,7	1007	95	6	7750	1340
29.10.2017	J Bergvoll	Svalbard øst	76.13N, 39.37Ø	Bunntrål	SØ 8 m/s	Torsk	7	245		96	5,9	312	1,7	2,6	95,6	718	90	5	6790	1003
30.10.2017	J Bergvoll	Smutthullet	76.20N, 38.28Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	Torsk	8	230		99	10,3	298	1,9	1,6	88,6	1466	82	5	5130	1182
31.10.2017	J Bergvoll	Smutthullet	76.13N, 38.27Ø	Bunntrål	SØ 8 m/s	Torsk	9	255		98	5,2	301	1,5	2,4	98,9	424	85	4	5903	703
01.11.2017	J Bergvoll	Smutthullet	74.04N, 20.32Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	hyse/torsk	11	110	79	21	16,7	326	4,1	3,2	94,6	932	60	6	2320	964
03.11.2017	J Bergvoll	Bjørnøya øst	74.02N, 18.53Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	hyse/torsk	12	140	80	20	11,4	307	4,4	3,5	95,3	795	58	7	1820	988
04.11.2017	J Bergvoll	Bjørnøya øst	74.02N, 18.53Ø	Bunntrål	SØ 6 m/s	hyse/torsk	12	140	80	20	11,4	307	4,4	3,5	95,3	795	58	7	1820	988

Hal nummer	Blod-pH		Blod-pH 6		Lact-0		Lact-6		Glu-0		Glu-6		Survival %	
	start	std	timer	std	std	std	std	std	std	std	std	std	std	std
1	7,1	0,1	7,6	0,1	2,8	1,5	1,3	0,3	5,2	1,3	9,8	2,3	6,2	
2	7,1	0,1	7,5	0,1	3,2	0,9	1,9	0,5	4,8	1,5	9,2	0,9	6,3	
3	7,2	0,1	7,6	0,1	3,2	0,4	2,3	0,5	6,2	1,8	9,7	1,3	8,1	
4	7,2	0,1	7,6	0,1	2,5	0,9	1,9	0,8	4,1	1,5	11,4	3,1	14,7	
5	7,2	0,1	7,5	0,1	2,8	1,1	1,1	0,7	5,4	1,2	10,9	1,0	13,2	
6	7,2	0,1	7,6	0,1	3,12	0,3	1,6	0,3	5,1	1,5	9,42	1,4	13,8	
7													8,2	
8													21,8	
9	7,1	0,1	7,5	0,2	3,2	0,6	1,9	0,8	4,9	1,2	8,8	2,3	5,9	
10	7,1	0,1	7,5	0,1	3,22	0,4	1,8	0,3	4,6	0,7	12,3	2,6	8,8	
11	7,1	0,1	7,4	0,1	3,9	2,1	3,3	0,5	3,4	1,0	6,1	0,6	42,8	
12	7,2	0,1	7,5	0,1	3,7	1,1	2,8	0,7	3,5	0,9	6,4	0,6	25,9	

Lengde (cm) og vekt (g) er gjennomsnitt av 10 fisk fra hvert trålhal.

Blod pH, melkesyre (mmol/l) og glukose (mmol/l) er gjennomsnitt av 5 fisk.

Vedlegg 4 – Oversikt over grunnfarge på filet etter levendelagring fra hvert trålhal

HAL 1		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	4	
Grunnfarge	Grad 1	2	1	
	Grad 2	3	0	
HAL 2		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	1	
Grunnfarge	Grad 1	2	3	
	Grad 2	3	1	
HAL 3		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	1	
Grunnfarge	Grad 1	2	4	
	Grad 2	3	0	
HAL 4		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	0	
Grunnfarge	Grad 1	2	5	
	Grad 2	3	0	
HAL 5		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	0	
Grunnfarge	Grad 1	2	4	
	Grad 2	3	1	
HAL 6		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	1	
Grunnfarge	Grad 1	2	3	
	Grad 2	3	1	
HAL 7		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	2	
Grunnfarge	Grad 1	2	3	
	Grad 2	3	1	
HAL 9		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	1	
Grunnfarge	Grad 1	2	4	
	Grad 2	3	0	
HAL 10		Torsk		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	2	
Grunnfarge	Grad 1	3	2	
	Grad 2	2	1	
HAL 11		Hyse		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	0	
Grunnfarge	Grad 1	1	3	
	Grad 2	4	2	
HAL 12		Hyse		
Kategorier	Kvalitet	Produksjon 1 timer	Levende 6 timer	
	Grad 0	0	1	
Grunnfarge	Grad 1	2	3	
	Grad 2	3	2	

