

Rapport

Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk

Bruk av sensorfisker som objektive måleverktøy

Forfatter(e)

Guro Møen Tveit
Torfinn Solvang-Garten
Aleksander Eilertsen
Hanne Digre



Rapport

Postadresse:

Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk

Foretaksregister:

EMNEORD:
Makrell
Pumping
Overpumping
Kvalitet
Sensorfisk

Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk

VERSJON 2	DATO 2017-03-15
FORFATTER(E) Guro Møen Tveit Torfinn Solvang-Garten Aleksander Eilertsen Hanne Digre	
OPPDRAGSGIVER(E) FHF Fiskeridirektoratet	OPPDRAGSGIVERS REF. Rita Maråk Gjermund Langedal
PROSJEKTNR 302002520	ANTALL SIDER OG VEDLEGG: 71+ vedlegg

SAMMENDRAG

Hensikten med prosjektet har vært å klarlegge og komme med anbefalinger for forbedringsområder for pumping- og overpumping av makrell basert på tidligere gjennomførte prosjekter, tilgjengelig litteratur og følgende aktiviteter.

- Laboratorieforsøk for å relatere slag- og klemskader (målt i trykk og g-krefter) til kjøttkvalitet hos fisk.
- Gjennomføre et overpumpingstokt for å undersøke hvorvidt det kan registreres forskjeller i kjøttkvalitet hos makrell ved overpumping og direktepumping av makrell, og å korrelere resultatene mot sensorfiskenes målinger.
- Sammenligne effekten av ulike pumpesystemer på kvaliteten av fangstprøver av ringnotfangstet makrell.

UTARBEIDET AV
Guro Møen Tveit

SIGNATUR
Guro Møen Tveit

KONTROLLERT AV
Jannicke Remme

SIGNATUR
Jannicke F. Remme

GODKJENT AV
Forskningssjef Marit Aursand

SIGNATUR
Hanne Digre

RAPPORTNR OC2017 A-069
ISBN 978-82-7174-275-1

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2017-02-14	Utkast sendt til styringsgruppa
2	2017-03-15	Ferdig rapport

Innholdsfortegnelse

Sammendrag norsk	5
Sammendrag engelsk	5
Innledning.....	5
Problemstilling og formål	6
Prosjektgjennomføring, resultater, diskusjon og konklusjon	7
Overpumpingstøkt	8
1.1 Fartøy og fiskeredskap	8
1.2 Gjennomføring av fisket	8
1.3 Transportvei fra not til lagringstank	9
1.4 Kjøleanlegg og lagringstanker ombord	11
1.5 Analyser	13
1.6 Evaluering av fangsthåndtering ved hjelp av G-kraft loggere.....	15
1.6.1 Bakgrunn.....	15
1.6.2 Loggere	15
1.6.3 Sensorfisk.....	16
1.6.4 Gjennomføring.....	17
1.7 Resultat og diskusjon	19
1.7.1 Fiskevekt	19
1.7.2 RSW-kjøling av fangsten	20
1.7.3 Overlevelsesrate	23
1.7.4 Fangstskader og vurdering av rigor på rund makrell etter pumping	25
1.7.5 Fangstskader på rund makrell etter lagring i RSW	26
1.7.6 Åteinhold og enzymaktivitet	27
1.7.7 Filetkvalitet	28
1.7.7.1 Blodflekker.....	29
1.7.7.2 Konsistens.....	31
1.7.7.3 Gaping.....	33
1.7.8 Tekstur	34
1.7.9 Evaluering av fangsthåndtering med G-kraftloggere	36
1.8 Konklusjon.....	40
Kvalitetsanalyser av fangster gjennom sesong.....	41
1.9 Forsøkgjennomføring	41
1.10 Analyser	44
1.11 Resultat og diskusjon	46

1.11.1	Vurdering av filetkvalitet	46
1.11.2	Filetspalting	46
1.11.3	Konsistens.....	47
1.11.4	Blodflekker.....	48
1.11.5	Objektiv vurdering av filetfarge.....	49
1.11.6	Teksturanalyse av fileter.....	50
1.12	Konklusjon.....	51
Laboratorieforsøk med rigg		52
1.13	Forsøk gjennomføring.....	52
1.14	Råstoff og analyser.....	52
1.15	Registeringer med sensorfisker	53
1.16	Estimering av akselerasjon i forsøk med sensorfisk i dropprigg.....	53
1.16.1	Forbehold, antakelser og begrensninger.....	53
1.16.2	Randbetingelser.....	54
1.16.3	Modell.....	54
1.16.4	Beregning av maksimal akselerasjon.....	55
1.17	Resultat og diskusjon	56
1.17.1	Fangstskader før og etter forsøk på fersk makrell	56
1.17.2	Filetkvalitet	56
1.17.3	Tekstur.....	57
1.17.4	Evaluering med G-kraftloggere.....	58
1.17.5	Datasammenligning.....	58
1.18	Konklusjon.....	59
Anbefalinger og forbedringsområder for pumping av makrell.....		60
Prosjektleveranser		61
Referanser		61

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1	Temperaturlogg fra fangstfartøy
Vedlegg 2	Temperaturlogg fra overpumpingsfartøy
Vedlegg 3	Skjema for av fartøy- og fangstdata
Vedlegg 4	Sensorfiskdata fra direktepumping
Vedlegg 5	Sensorfiskdata fra overpumping
Vedlegg 6	Kvalitetskontroll for rund fisk
Vedlegg 7	Kvalitetskontroll for makrellfilet
Vedlegg 8	Power Point Presentasjon "Anbefalinger og forbedringsområder for pumping og overpumping av ringnotfangstet makrell"

Sammendrag norsk

Prosjektet "Beste praksis for pumping av pelagisk fisk" er en videreføring av SINTEF sitt arbeid rundt problematikken rundt kvalitetsutfordringene ved pumping av pelagisk fisk som startet på tidlig 2000-tallet. For å vurdere effekten av pumping og pumpeforløpet på fisken ble det i dette prosjektet videreutviklet "sensorfisker". En sylindrerformet anretning på størrelse med en makrell, med sensorer for akselerasjon (gravitasjon), lys og trykk. Ved å måle gravitasjonskreftene fisken blir utsatt for gjennom pumpeforløpet får en mulighet til avdekke eventuelle punkt i pumpeforløpet som påfører fisken mer krefter enn andre. Lys og trykksensorer gjør det videre mulig å posisjonsbestemme fisken i pumpeforløpet, slik at en kan avdekke hvor i systemet eventuell kvalitetsdegradering kan oppstå. Målinger med sensorfisk i laboratoriet og om bord på fartøy viser at fiskene blir utsatt for jevne og lave krefter under pumpeforløpet, både ved direktepumping og overpumping. Målinger med loggere har likevel vist at det er visse punkt i pumpeforløpet som påfører fisken mer krefter enn andre, som blant annet innpumping, metalloverganger/bend mellom pumpeslanger, og møtet med silkassen om bord. Videre antydte kvalitetsanalyser av fangstprøver av makrell gjennom sesongen 2016 at fisken som kom fra små kast, ble direktepumpet fra not og hadde få metallbender i pumpesystemet hadde den beste kvaliteten.

Sammendrag engelsk

The project "Best practice for pumping of pelagic fish" is one of SINTEFS projects related to quality deterioration of pelagic fish during pumping from the net, which started in the early 2000s. To evaluate the effect of pumping and pumping course on mackerel quality a so called "sensor fish", of which several versions have been made through the years in different projects, were further developed. The fish is the size of a mackerel and is shaped like a cylinder, and is equipped with sensors for gravitation/acceleration, light and pressure. By measuring gravitation force ejected onto the fish during the pumping procedure, one has the ability to detect if there are any stages of the pumping which may cause higher force than others. Light and pressure measurements helps in pinpointing the location of the origin of the force. In this project, measurements carried out with the sensor fish showed that whether fish was pumped on board a primary or a secondary vessel the gravitation force was low and constant during the pumping procedure. However, the measurements showed that there are some stages during the pumping procedure, which applies more force on the fish than others do. Examples of such stages are for example the passage through the pump or metal links between different parts of the rubber tube, the encounter with the metal during the dewatering process on board. Further, quality evaluation of mackerel during the 2016 season indicated that directly pumped mackerel, from small hauls, with short holding times and few encounters with metal links during the pumping procedure to have the best quality.

Innledning

SINTEF har i flere år vært med ut for å undersøke og dokumentere om det er forskjeller i kvaliteten på direktepumpet og overpumpet makrell fra samme notkast. I starten av februar 2015 ble samlerapporten (2012-2014) for prosjektet "Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet" ferdigstilt. Rapporten oppsummerer resultater fra tre forsøk som ble utført på oppdrag fra Fiskeridirektoratet i årene 2012-2014. Målet med prosjektet var å klarlegge hvorvidt det kunne registreres forskjeller i makrellens kvalitet når den ble pumpet direkte ombord på fangstfartøy, og når den ble pumpet direkte fra noten til et annet fartøy (overpumpet). Et av hovedfunnene i prosjektet var at fangstoperasjonen og den tekniske utrustning ombord på fartøyene kunne ha en påvirkning på kvaliteten til makrell. Resultatene viste mellom annet at andel skader på makrell var høyere for fisk fangstet med ringnot sammenlignet med fisk fra kystnot. Dette kan skyldes at pumpehastigheten var rundt fire ganger høyere for fartøyene som fisket med ringnot sammenlignet med kystnot, i tillegg tok disse fartøyene også større fangster. Videre viste resultatene også at andelen fangstskader hos overpumpet fisk var høyere for ringnotfartøyet (Tveit et al. 2015, Digre et al. 2016).

SINTEF har jobbet med problematikken rundt pumping av pelagisk fisk siden tidlig på 2000-tallet (Digre et al. 2004, Digre og Hansen 2005, Digre et al. 2006, Aursand et al. 2012, Digre og Aursand 2013, Aursand et al. 2014, Digre et al. 2014, Aursand og Bondø 2015a, Aursand og Bondø 2015b, Aursand et al. 2015, Aursand og Gallart-Jonert, 2015). Oppsummert viser resultatene at følgende variabler påvirker kvaliteten på fisken gjennom pumpeforløpet, se også vedlegg 8 "Anbefalinger og forbedringsområder for pumping og overpumping av makrell":

- Trykkpåvirkning
- Løftehøyde fra vannoverflate til avsilingsrist
- Antall og vinker på metalloverganger
- Overganger mellom pumpe-slanger av ulik dimensjon
- Pumpehastighet
- Pumpeforløp
- Pumpeutforming (trykk/vakuum)

I forbindelsen med overpumpingsforsøkene i 2014 ble det utviklet "sensorfisker" med det formål å registrere akselerasjonskreftene (G-krefter) fisken ble utsatt for gjennom pumpeforløpet fra not til lagringstank. Sensorfiskene ble også brukt i lagringstankene ombord for å registrere akselerasjonskrefter under transport fra fangst/ombordtaking til lossing av fangsten. Loggedataene fra sensorfiskene viste en markant forskjell i g-kraft påkjenningen mellom pumping, overpumping, lossing og transport.

Rapporten summerer opp resultater fra ett overpumpingstokt og laboratorieforsøk som ble gjennomført høsten 2016, i prosjektet "Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk".

Prosjektet er finansiert med midler fra Fiskeridirektoratet og FHF-fondet (prosjektnummer 901257), og startet opp 1.mai 2016 og avsluttes i mars 2017. Prosjektet ledes og gjennomføres av forskere og ingeniører ved SINTEF Ocean. Prosjektet har hatt en styringsgruppe med aktører fra næringen bestående av Fiskeridirektoratet, FHF, Liegruppen, Pelagia og Norges Sildesalgslag. Tokt ble gjennomført på fartøyene M/S Vedla og M/S Røttingøy, hvor personell fra SINTEF Ocean og Fiskeridirektoratet deltok.

Problemstilling og formål

Hensikten med prosjektet har vært å klarlegge og komme med anbefalinger for forbedringsområder for pumping- og overpumping av makrell basert på tidligere gjennomførte prosjekter, tilgjengelig litteratur og følgende aktiviteter:

1. Laboratorieforsøk for å relatere slag- og klemskader (målt i trykk og g-krefter) til kjøttkvalitet hos fisk.
2. Gjennomføre et overpumpingstokt for å undersøke hvorvidt det kan registreres forskjeller i kjøttkvalitet hos makrell ved overpumping og direktepumping av makrell, og å korrelere resultatene mot sensorfiskenes målinger.
3. Sammenligne effekten av ulike pumpe-systemer på kvaliteten av fangstprøver av ringnotfangstet makrell.

Betydning for næringen

Den norske pelagiske flåten leverer i all hovedsak fisk som brukes til konsumanvendelse. Denne tilpasningen har over tid vært viktig for å øke verdiskapningen fra fisket. En sentral utfordring for videre utvikling av den norske pelagiske fiskeflåten er utvikling av bedre systemer og løsninger for

håndtering og oppbevaring av fangsten. Skånsom utforming og god funksjonalitet til bl.a. pumpeutstyr er avgjørende for å ivareta kvaliteten til pelagisk fisk.

En annen problemstilling knyttet til pelagisk fiske er slipping av fangst (eller deler av fangst), hvor det stilles spørsmål ved overlevelsessevnen til fisk som slippes fra notkast, og da spesielt ved slipping av makrell. Det er flere insitamenter for slipping av makrell, men hovedgrunnen kan være at det er vanskelig å omsette restkvantum (overskytende fangst i noten) av makrell som pumpes over til ett annet fartøy da det hevdes at makrell fra en slik overpumpingsprosess har forringet kvalitet. Fiskerne frykter at overpumping forbindes med redusert verdi, og overpumpingstallene er sannsynligvis underrapportert. Nedklassifisering av overpumpet fangst er ikke uvanlig, og fiskeren har gjerne vanskelig for å argumentere overfor kjøperen, selv om fiskeren mener klassifiseringen ikke er reell. Fangst som er overpumpet skal meldes inn som overpumpet, det er knyttet usikkerhet hvorvidt et slikt «stempel» kan påvirke kvalitetsvurderingen ved landing. Som et kvalitetsestimeringsverktøy vil sensorfisker i fremtiden kunne gi hvert enkelt fartøy en mulighet til å vurdere sin pumpeprosess, noe som eventuelt kan brukes som et argument når fiskeren mener klassifiseringen ikke er reell.

Spesifikk nytteverdi

- Økt kunnskap om hvilken effekt ulike pumpeprosesser og pumpeutstyr har på kvalitet av makrell.
- Etablering av et større datagrunnlag for korrelering av g-kreftene fangsten utsettes for opp mot kvalitet ved å ta i bruk en sensorfisk.
- Økt kunnskap om hvordan overpumping påvirker kvaliteten på makrell.
- Være med på å redusere faren for slipping/dumping av fangst som kan benyttes til menneskemat.

Prosjektgjennomføring, resultater, diskusjon og konklusjon

Det ble i starten av prosjektet laget seks nye sensorfisker som i tillegg til å måle g-krefter og temperatur inneholdt sensorer for væsketrykk og lys. Dette ble gjort for å kunne posisjonsbestemme sensorfisker gjennom pumpe systemet til fartøyet.

Prosjektet ble delt inn i 3 deler; 1) Overpumpingstokt; 2) Kvalitetsanalyser av fangstprøver gjennom sesongen og 3) laboratorieforsøk med rigg. Prosjektgjennomføring, resultater, diskusjon og konklusjon for de ulike delene er beskrevet i de ulike kap. nedenfor.

Hvilke analyser som ble gjennomført for de ulike aktivitetene kan sees i *Tabell 1*.

Tabell 1. Analyser gjennomført ombord på fartøyene under overpumpingsforsøk (forskningstokt høst 2016), ved kvalitetsanalyser av fangstprøver gjennom makrellsesongen 2016 og for laboratorieforsøk med rigg.

Analyser	Overpumpingsforsøk	Kvalitetsanalyser av fangstprøver	Laboratorieforsøk med rigg
RSW-kjøling av fangsten	X		
Fiskevekt	X	X	X
Fiskens overlevelse	X		
Ytre fangstskader	X		X
Filetkvalitet	X	X	X
Åteinnhold	X		
Enzymaktivitet i buk	X		
Sensorfiskmålinger	X		X
Teksturanalyse av filet	X	X	X
Avbildning av fileter	X	X	X
Fargeanalyse av fileter		X	

Overpumpingstokt

1.1 Fartøy og fiskeredskap

Under forsøk med overpumping og uttesting av sensorfisker ble ringnotfartøyene M/S Vendla og M/S Røttingøy benyttet. M/S Vendla fungerte som fangstfartøy og M/S Røttingøy som overpumpingsfartøyet. Hoveddata for fartøyene er gjengitt i *Tabell 2*. Snurpenot ble benyttet som fangstredskap for makrell. Nota som ble brukt hadde en lengde på 876 m (474 favn) og en dybde på 259 m (140 favn).

Tabell 2. Hoveddata for M/S Vendla og M/S Røttingøy.

Komponent	M/S Vendla	M/S Røttingøy
Byggeår	2013	1994
LOA	76,44 m	59,2 m
Bredde	15,6 m	12,0 m
Dybde	9,3 m	7,0 m
Total lastekapasitet RSW-tanker	2176 m ³	1417 m ³
Hovedmaskin	MAK 4000 kW	3000 kW
Hovedmaskin x2	MAK 2400 kW	968 kW/536kW

1.2 Gjennomføring av fisket

Det ble gjennomført et forskningstokt ombord på M/S Vendla og M/S Røttingøy, videre i denne rapporten referert til som henholdsvis "fangstfartøy" og "overpumpingsfartøy". Det var avsatt en egen forskningskvote på 300 tonn. Fangsten skulle deles omtrentlig halvt om halvt. Gjermund Langedal fra Fiskeridirektoratet og forskerne Guro Møen Tveit og Aleksander Eilertsen fra SINTEF Ocean var ombord på fangstfartøyet, mens ingeniør Marte Schei (også fra SINTEF Ocean) var ombord på overpumpingsfartøyet under gjennomføring av toktet. *Tabell 3* oppsummerer gjennomføring av fisket.

Fartøyene gikk fra havn tirsdag 04.05.2016, med kurs mot Nordsjøen. Overpumpingsfartøyet gikk kl. 08.41 fra Uthaug, og fangstfartøyet kl. 15.55 fra Ålesund. Før avgang ble det montert opp temperaturloggere i én av RSW-tankene på hvert av fartøyene som skulle nyttes under forsøket. Loggerne dekket hele tankhøyden med 1 og 0,5 meters mellomrom. Sjøvann ble tatt ombord like etter avgang og kjøling ble startet. På morgenkysten rundt klokken 8 ble det registrert en stim, men den ble estimert som for stor å kaste på. På ettermiddagen samme dag ble det gjort et bomkast. Det ble igjen registrert en stim rundt klokken 16. Det ble gjort flere registreringer utover dagen. Men det ble brukt litt tid på å finne en stim av rett størrelse i forhold til forskningskvoten på 300 tonn. Letingen startet på nytt påfølgende dag, da makrell fiskes i dagslys. Det var strålende vær hele turen, sol med noen få skyer. Det var stille på sjøen, med lite bølger og vind.

Fangsten ble solgt samlet gjennom Sildelaget, og ble derav også landet ved samme prosesseringsanlegg. Sildelaget stilte med egne kvalitetsevaluatore som vurderte kvaliteten på fangsten fra begge fartøy ved landing.

Tabell 3. Oversikt over fisket for fangstfartøy (M/S Vendla) og overpumpingsfartøy (M/S Røttingøy).

	Fangstfartøy	Overpumpingsfartøy	Kommentarer
Avgang	04.10.2016, kl.15:55, Ålesund	04.10.2016, kl.08:41, Uthaug	
Ankomst fiskefelt	05.10.2016, kl. 03:30	05.10.2016, kl. 05:35	Et bomkast 04.10.2016 rundt klokken 15.
Kl. satt not	06.10.2016, kl. 09:00		Kast på siden kl. 10:25. Startet umiddelbart montering av 6 sensorfisker i fiskepumpe ombord på fangstfartøy.
Posisjon for not	62° 03 355 N 2° 46 493 S		
Start pumping	Kl. 10:26	Kl. 11:13	
Stopp pumping	Kl. 10:55	Kl. 11:37	Tok pumpe ombord igjen på fangstfartøyet og monterte 6 nye sensorfisker mens Røttingøy gjorde seg klar til overpumping.
Total fangstmengde	205 tonn	220 tonn	
Snittvekt	392 g	400 g	
Fangstområde	Makrellfeltet, skille mellom Nordsjøen og Norskehavet		
Værforhold under fisket	Klart vær, stille sjø, 11°, 4 knots		
Pumpehastighet	7,1 tonn/min	9,2 tonn/min	
Levering av fangst	Brødrene Sperre, Ellingsøy kl.	Brødrene Sperre, Ellingsøy kl.	
Transporttid til kjøper	13 timer	13 timer	
Losset (brutto)	219 328 kg	199 597 kg	
Lagringstid i RSW	29 timer	26 timer	
Kvalitetsavvik hos kjøper	Nei	Nei	

1.3 Transportvei fra not til lagringstank

Under lasteprosessen ble fisken pumpet ombord på både fangstfartøy og overpumpingsfartøy, med fangstfartøyet sine pumpe. Det var en tradisjonell Karm fiskepumpe med skovler, levert av Karmøy vinsj. Tabell 4 viser en oversikt over transportvei for makrell ombord på de to fartøyene.

Tabell 4. Transportrute for makrell fra not til lagringstank om bord på fartøyene.

Spesifikasjon	Fangstfartøy	Overpumpingsfartøy
Løftehøyde fra vannoverflata til avsilingsrist	7-8 m (det er ca.4 meter opp til dekk, og videre er det 3 meter opp til silkassa)	Ca. 10 m
Antall 90° bend	2 satt sammen til 180° bend	2 satt sammen til 180° bend (ved pumpe) og 1 ved ripa på dekk
Antall 45° bend	1 inn til silkassen	1 på 30° inn til silkassen
Diameter pumpe	18 tommer	16 tommer
Diameter pumpe slang	20 tommer	20 tommer frem til rekka og 16 tommer fra rekka og opp til silkasse
Total lengde pumpe slang	16 m	16 m + 50 m (overpumpings slang)

På fangstfartøyet (*Figur 1* og *Figur 3*) ble fisken pumpet fra sjøen inn i en gummislange på 16 m, og opp 4 meter til rekka på båten. På rekka gikk strømmen av fisk gjennom en metallovergang, hvor to 90° bender var sveiset sammen til en 180° bend med et overgangsstykke mellom bendene, slik at pumpe-slengen ikke skulle vri seg. Metallovergangen ble holdt oppe med en kran. Fra metallovergangen gikk fisken inn i et nytt stykke med gummislange der to deler, hver på 6-7 meter, var slått sammen. Strømmen av fisk gikk så videre inn i en 45° bend i metall og inn i trommelen. Fra trommelen og opp til avsilingskassa gikk fisken videre gjennom metallrør og opp ca. 3 meter gjennom en 90° bend til avsilingsrist.

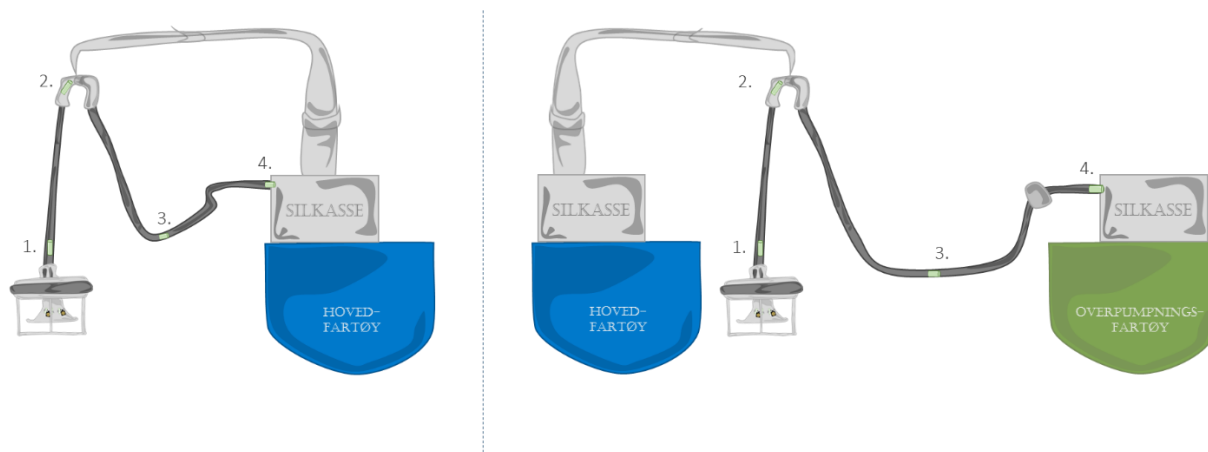


Figur 1. Direktepumping til M/S Vendla med 180°metallbend over ripa og en på 45° inn til silkassa. Foto SINTEF Ocean.

Ved overpumpingen (*Figur 2* og *Figur 3*) ble pumpe-slengen på 16 meter fra fangstfartøyet koblet sammen med en pumpe-slange på 50 meter for overpumping. Fisken gikk gjennom metallovergangen på 180° og gjennom 50 meter med overpumpings-slange til et bend på 30° over ripa og inn til silkassen.



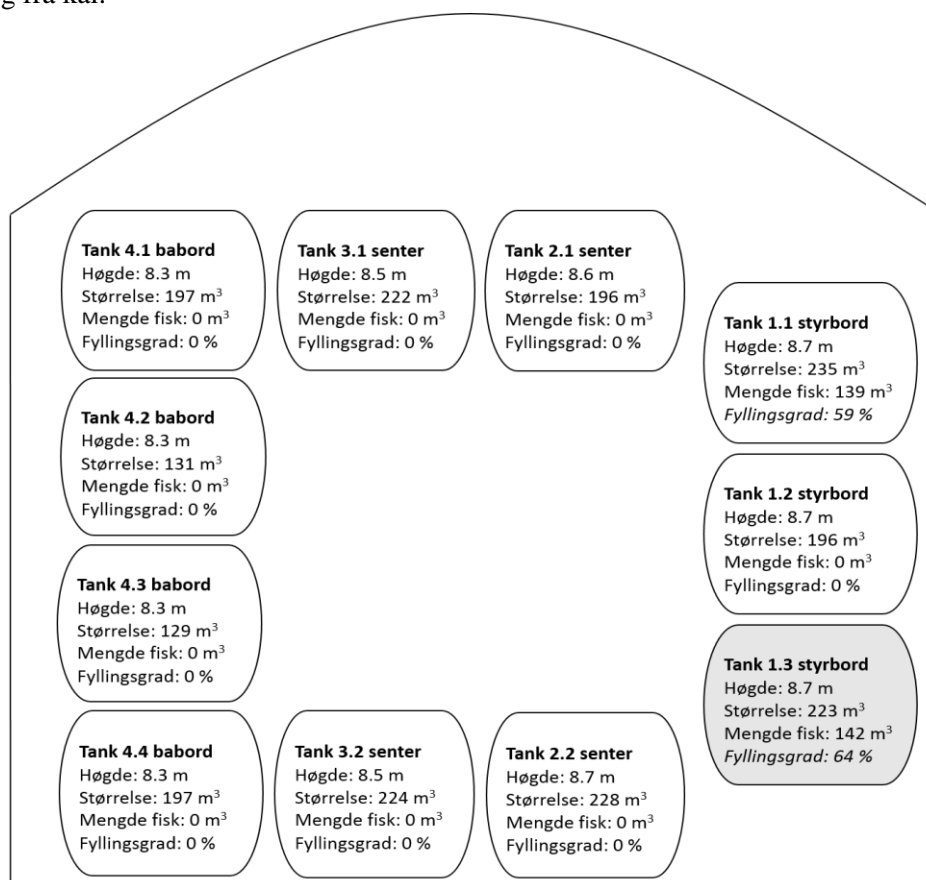
Figur 2. Overpumping til M/S Røttingøy med 80°metallbend ved ripa og 30° inn til silkassa. Foto: Fiskeridirektoratet.



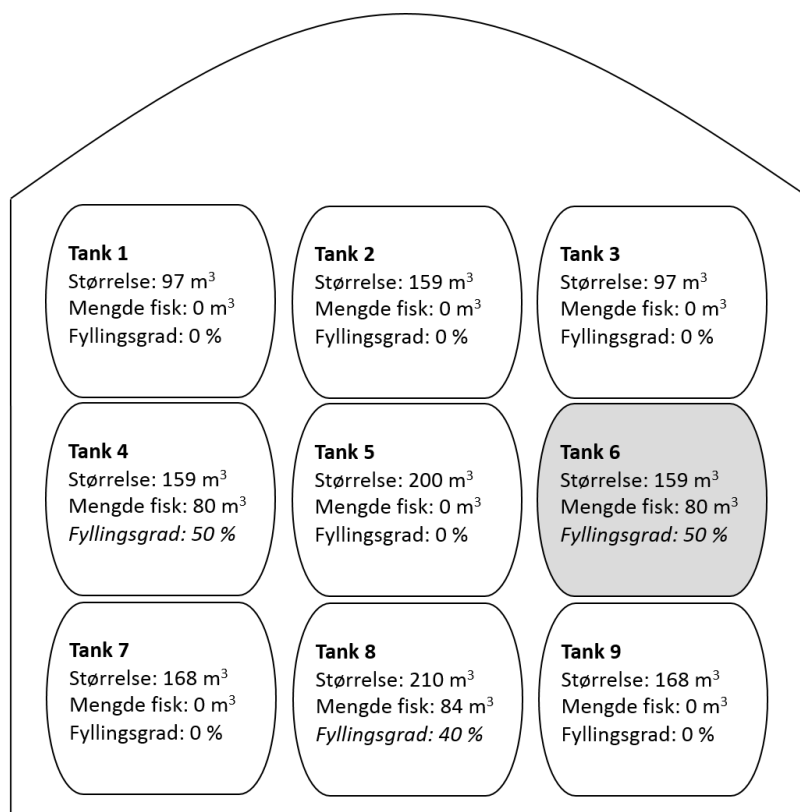
Figur 3. Direktepumping (venstre) og overpumping (høyre). Forskjellen er i hovedsak et strekk på punkt 3, hvor det er en påkoblet overpumpingslange på omtrent 50 meter. Tegning: Aleksander Eilertsen, SINTEF Ocean.

1.4 Kjøleanlegg og lagringstanker ombord

Kjølesystemet (RSW-anlegget) ble evaluert ved hjelp av 10 temperaturloggere (HOBO pendant loggere) montert i én RSW-tank, topp til bunn med mellomrom på loggerne på 1 meter. Forholdet mellom sjøvann og fisk i tankene ble også registrert sammen med kapasitet og tankvolum til anlegget. *Figur 4* og *Figur 5* viser oversikt over RSW-tanker på hvert av fartøyene og hvordan de var lastet under toktet. Fangstfartøyet var utrustet med 11 RSW-tanker på 129-235 m³. Mens overpumpingsfartøyet hadde et sett av tanker på 97-210 m³. RSW-tankene ble fylt med sjøvann ved avgang fra kai.



Figur 4. Lagringstankene om bord på fangstfartøyet. To av tankene er fylt med makrell og gjengitt med fyllingsgrad og mengde fisk. Tank med temperaturloggere er merket med grå.



Figur 5. Lagringstankene om bord på overpumpingsfartøyet. Tre av tankene er fylt med makrell og gjengitt med fyllingsgrad og mengde fisk. Tank med temperaturloggere er merket med grå.

1.5 Analyser

Overlevelse: Makrellens tilstand ble, umiddelbart etter uttak fra avsilingsrist ombord, kontrollert ved å berøre sidelinja og spordrep. Fisken ble vurdert på en skala fra 0-2, hvor 0 = død, 1 = slapp og 2 = levende.

Rigor mortis: Fisk vurdert som død direkte etter ombordtakning ble vurdert omgående for rigor. Skalaen er fra 0 til 1, hvor 0 = fisken er ikke i rigor, og 1 = fisken er i rigor.

Ytre fangstskader: Skader på rundfisk ble vurdert ombord, ved lossing og etter kjølelagring, ved å se på andel av redskapsskader, klemskader og bloduttredelser i henhold til skjema for kvalitetskontroll av makrell gjengitt i Tveit et al. (2015). Se vedlegg 6.

Rundvekt: Mannskapet ombord tok ut fangstprøver fra avsilingskassen for måling av fiskevekt med jevne mellomrom for hele pumpeprosessen.

Filetkvalitet: Vurdering av makrellfileter ble gjort sensorisk på høyre filet ved å se på andel av filetpalting, blodflekker og konsistens ved ombordtakning, lossing av fangst ved landanlegg og etter kjølelagring. Filetene ble vurdert i henhold til skjema for filetvurdering av makrell gjengitt i Tveit et al. (2015). Filetene ble også avbildet for mulig vurdering av filetene i ettertid. Andelen blodflekker som gjengitt i resultatdelen ble vurdert utfra disse bildene av flere forskere i fellesskap. Se vedlegg 7.

Åteinnhold: Åte innholdet i fisken ble vurdert ombord ved å se på mengden åte i tarm og magesekk. Skalaen som ble benyttet for vurdering av åte i tarm er som følger 0 = ingen åte i tarm, 1 = tarm er halvfull av åte og 2 = tarmen er full av åte. Åte i magesekk ble vurdert på skalaen 0 = ikke åte i magesekk og 1 = åte i magesekk.

Enzymaktivitet i buk: Risiko for buksprengning hos makrell ble analysert ombord for 20 fisk på hvert av fartøyene i henhold til metode utarbeidet av Slizyte et al. (2013). Fisken ble åpnet ved å skjære av høyre filet med kniv for så å løfte på innvoller for å få tilgang inn i bukhula. Prøver tas ved å stryke en svaber forsiktig på svarthinne, svaberen kontaminering i form av blod og andre kroppsvæsker. Svaberen settes i ett testrør hvor det skal måles enzymaktiviteten, dette for å estimere lekkasje av fordøyelsesenzym ut i bukhula ($RLU_{prøve}$). I testrøret med svaberen tilsettes det en reaktantvæske (luciferase). Enzymet luciferase reagerer med prøven i testrøret. Etter en reaksjonstid på 1 time tilsettes ATP-løsning til røret. En rister lett på røret for å blande sammen væskene og måler øyeblikkelig utviklingen av lys (i relative light units – RLU) i luminometeret. For å kunne beregne hvor mye lys som produseres i røret må man også kjøre en nullprøve ($RLU_{kontroll}$) der røret ikke inneholder enzym fra buken, dette fungerer som en referanse. Utvikling av lys beregnes ut fra ligning 1.

$$Utvikling\ av\ lys\ (\%) = \frac{RLU_{prøve} * 100}{RLU_{kontroll}} \quad (ligning\ 1)$$

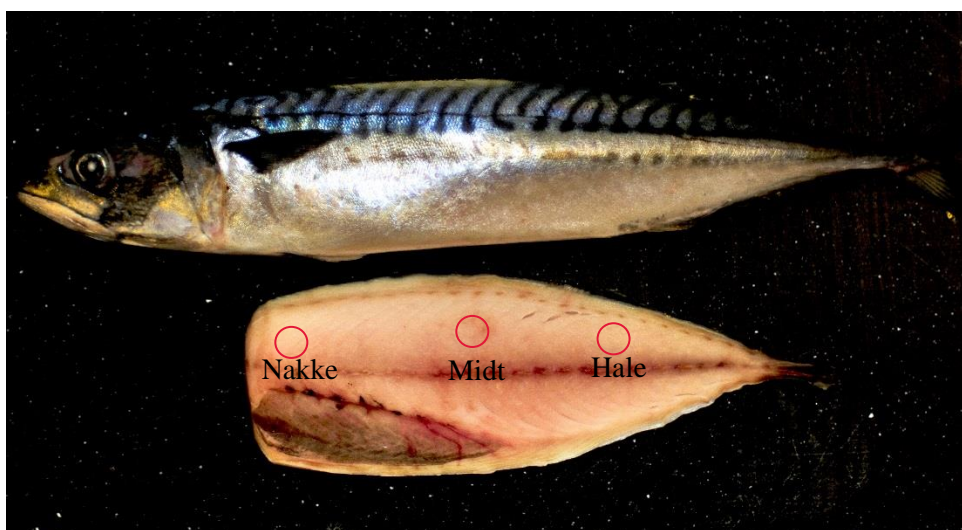
I noen av prøvene er det mye endogent ATP som kommer med fisken. Da måler vi høyere $RLU_{prøve}$ enn $RLU_{kontroll}$ (utviklingen av lys er høyere enn 100%). I disse tilfellene er det ingen enzymlekkasje i prøven, og utviklingen av lys tilpasses til 100%. En detaljert prosedyre for måling av enzymaktivitet er gitt under og i vedlegg 3 (Tabell 5).

Tabell 5. Foreløpig skala for vurdering av enzymlekkasje med Hygiene Pi-102 (Slizyte et. al, 2013).

Gradering av enzymlekkasje	Målte verdier	Kvalitetsendringer under lagring
A	>2 000 000	God kvalitet
B	2 000 000 - ?*	God kvalitet, noe buktæring
C	*? – 200 000	Buktæring
D	200 000 - 0	Stor sannsynlighet for buksprenging

*skalaen er ikke ferdig utviklet, og verdiene er foreløpig ikke spesifisert.

Tekstur: Det ble målt hardhet av prøvene ved hjelp av en teksturmåler, TA.XT2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, UK), og en modifisert metode for analyse beskrevet av Einen og Thommassen (1998). Programvaren Exponent ble benyttet for dataprosessering og dataanalyser. Analysen ble gjort med en veiecelle på 50 kg og en sylindrisk probe med flat bunn med diameter 12 mm, en P0.5 probe (1/2, delrin for gelatine).



Figur 6. Nedtrykksområde på høyre makrellfilet ved vurdering av hardhet i nakke, midt og haleregion. Foto SINTEF Ocean.

Hardhet ved nedtrykk til 30% av prøvetykkelsen ble registrert ved at proben ble trykket ned i kjøttet normalt på muskelfibrenes lengderetning med en hastighet på 0,5 mm/s (se Tabell 6). Kjøttets hardhet ble bestemt ved tre lokasjoner på hver makrellfilet i nakke, midt og hale (Figur 6). Analysene ble gjennomført på kjølelagret makrell fra overpumpingsforsøket (n=20 fra hvert fartøy).

Tabell 6. Innstillinger på tekstur analysator (TA.XT2 Texture Analyser) for vurdering av hardhet (ved 30% nedtrykk) i lokasjonene nakke, midt og hale hos høyrefiletene hos makrellfileter.

Innstilling	Verdi
Pre-Test Speed	1,00 mm/sec
Test Speed	0,50 mm/sec
Post-test Speed	5,00 mm/sec
Target Mode	Strain
Strain	30,0 %
Time	5,00 sec
Trigger Type	Auto (Force)
Trigger Force	10,0 g
Tare Mode	Auto
Advanced Options	On

1.6 Evaluering av fangsthåndtering ved hjelp av G-kraft loggere

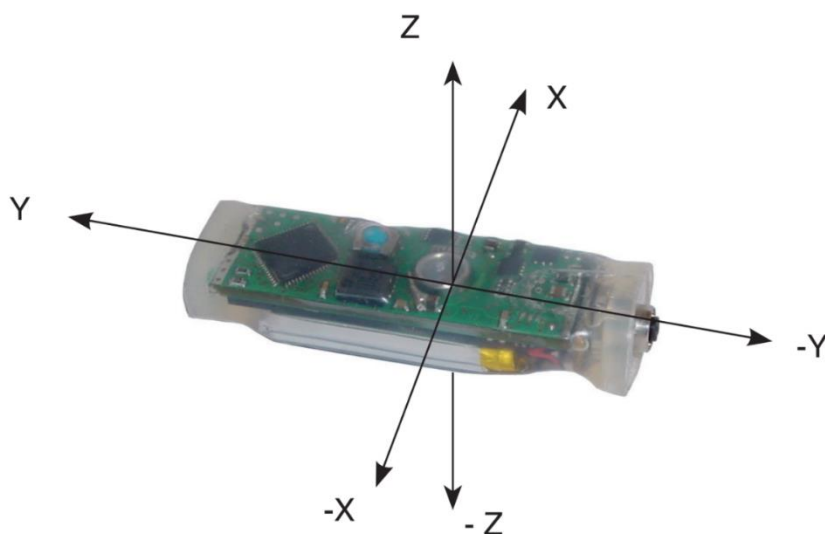
1.6.1 Bakgrunn

Sensorfiskene utviklet for "Overpumping av makrell (III)" (SINTEF6021354, finansiert av Fiskeridirektoratet) i 2014 ble videreutviklet for dette prosjektet. I 2014 var sensorfiskene designet for å registrere akselerasjonskreftene fisken ble utsatt for gjennom pumpeforløpet, slik at disse kreftene kunne sammenlignes mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Ved analyse av dataene ble det klart at det var en utfordring å identifisere de ulike hendelsene i datamaterialet, samt at tidsskorrelasjon mot loggbok ikke ga tilstrekkelig nøyaktighet. Det nøyaktige tidspunktet når en sensorfisk entret pumpesystemet og nøyaktig når samme sensorfisk ankom silkase, var ikke mulig å lese ut fra loggbok. Akselerasjons dataen ble da utfordrende å analysere. Det ble derfor i de nye sensorfiskene lagt til flere sensorer: lys og vanntrykk. Med kunstig belysning plassert på ringen foran pumpemunningen, vil en lyssensor kunne si noe om når sensorfiskene entret pumpesystemet og kommer ut i dagslys ved silkassen. Med registrering av vanntrykk vil det også være mulig å de-sifre pumpeløpets ulike punkter, da man kjenner til hvordan et trykkforløp vil være gjennom systemet.

1.6.2 Loggere

Det ble brukt en MSR 145W (*Figur 7*) som logger. Dette er en dataloggerplattform som kan inneholde flere forskjellige sensorer. Utgaven vi benyttet her registrerte gravitasjonskrefter (akselerasjon) i tre akser (x, y og z), samt temperatur, lys og trykk. Loggeren er absolutt-kalibrert fra leverandør og ble ikke kalibrert av oss. Den er innstøpt i silikon og allerede vanntett, med en forseglet USB-kobling i enden. Loggeren er 18x62 mm. For å måle væsketrykk ble det koblet på en ekstern komponent, 20cm langkabel med sensor plassert på enden. Loggeren kan settes opp med flere forskjellige loggefrekvenser, der 50Hz er den raskeste for akselerasjon (dette er denne som ble benyttet). Raskeste (og benyttede) loggefrekvenser for trykk er 20Hz og for lys 1 Hz.

Batterikapasiteten er avhengig av loggefrekvens og er på omtrent 3 timer ved 50Hz. Måleområdet for akselerasjon: $\pm 15G$ med nøyaktighet $\pm 0,15G$; lys 0–65 000 lux; trykk 0-3Bar (tilsvarende 0-30meters dyp, med nøyaktighet $\pm 30mBar$). For temperatur: -20 til 65°C (nøyaktighet $\pm 0,5^{\circ}C$).



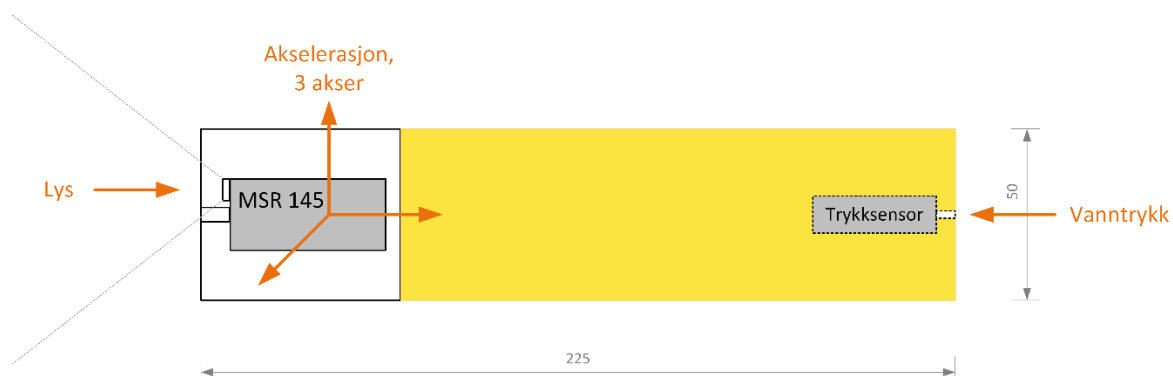
Figur 7. MSR 145W i IP 67 utførelse. Her vises koordinatsystemets akser. Foto: SINTEF Ocean.

1.6.3 Sensorfisk



Figur 8. Ferdig innstøpt logger i sensorfisk. Foto: SINTEF Ocean.

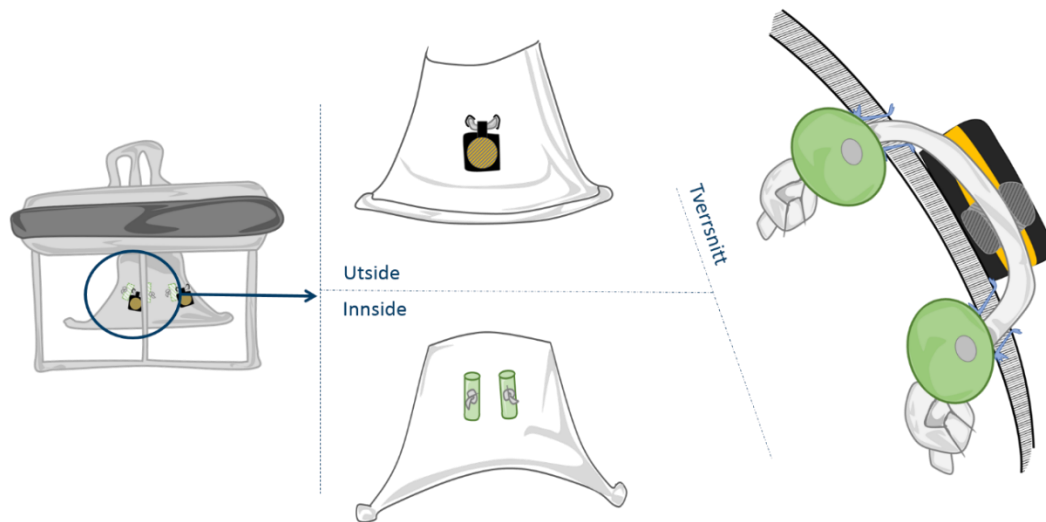
Sensorene ble støpt inn i en sylinder med ytre diameter 50mm og lengde ca. 225mm (Figur 8). Støpemassen som ble benyttet var polyurethanbasert (Synthene EHP 40A), med hardhet shore 40A etter herding (tilsvarende viskelær). I tillegg til loggeren ble det støpt inn en bit ekstrudert polystyren for å oppnå positiv flyteevne. Det ble blandet inn gult fargestoff i støpemassen og sensorfiskene ble i tillegg markert med sølvfarget reflektiv tape for lettere gjenfangst i lagringstankene. Den ene enden av sensorfiskene ble støpt med klar støp for å lette lystilgang til lyssensoren som vist i Figur 9.



Figur 9. Skisse over sensorenes plassering i sensorfisken (Tegning: Torfinn Solvang Garten, SINTEF Ocean).

1.6.4 Gjennomføring

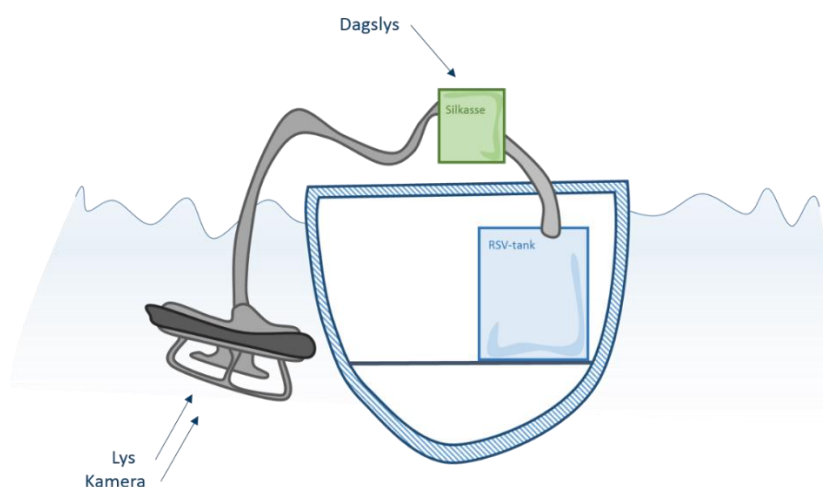
Sensorfiskene ble montert i munningen av fiskepumpa som skissert under i *Figur 10*. Det ble boret små hull i karmtrompeten slik at sensorfiskene var på innsiden av trompeten og HRU-ene (hydrostatic release unit) på utsiden. Ved overpumping og direktepumping ble det for hver gang festet 6 sensorfisker i trompeten. En av årets nyutviklede sensorfisker (gul) og en grønn ble festet sammen til et par, slik at det for hver pumping ble sendt inn tre nye og tre gamle sensorfisker (*Figur 10* og *Figur 11*).



Figur 10. Utløsningsmekanisme med HRU benyttet ved festet i pumpemunningen. Tegning: Aleksander Eilertsen, SINTEF Ocean.

HRUene ble testet ombord før vi gikk fra land, slik at vi hadde en oversikt over på hvilken dybde de kuttet festetauet og sensorfiskene ble utløst. Testen viste at de løste ut på mellom 3 og 4 meter.

Videre ble det montert lys og kamera på pumpemunningen. Dette for å kunne utbedre målingen for krefter med en mer nøyaktig start. Med lys kunne enn bestemme når sensorfisken forlot pumpen og når den ankommer RSW-tanken (*Figur 11*, *Figur 12*). Dagslyset var godt nok for registrering av ankomst i silkassen. (Dersom dette hadde vært nattfiske vil det vært nødvendig med lys også her.) Formålet med kamera var å få bedre forståelse for hva som skjer nede ved innpumpingen.



Figur 11. Hvor lys ble registrert hos sensorfiskene i pumpeforløpet. Tegning: Aleksander Eilertsen, SINTEF Ocean.



Figur 12. Hydrostatutløsere festet på utsiden av trompeten og sensorfisker (nye gule og gamle grønne) på innsiden. På metallrammen er det festet lys og GoPro-kamera. Foto: SINTEF Ocean.

1.7 Resultat og diskusjon

1.7.1 Fiskevekt

På sluttседlene ble det oppgitt at makrellen fra kastet hadde en gjennomsnittlig rundvekt på 392 gram for fangstfartøyet og 400 gram for overpumpingsfartøyet. Uttak av fangstprøver og fordeling i vektklasser for fangstfartøy og overpumpingsfartøy kan sees i *Tabell 7* og *Tabell 8*.

Tabell 7. Vektfordeling for makrellfangsten tatt ombord på fangstfartøyet. Vektprøvene ble tatt ut fra avsilingssonene og vegd av mannskapet ombord.

Gjennomsnittsvekt*	Gruppe	Min-maks vekt (kg)	Total vekt (kg)	Antall fisk	Gjennomsnittlig vekt (kg)	Prosent av prøven (%)
0,392	1	<0,250	1,818	8	0,227	1,7
	2	0,251-0,400	56,448	162	0,348	51,7
	3	0,401-600	50,4	108	0,467	46,1
	4	>0,600	0,604	1	0,604	0,6

Tabell 8. Vektfordeling for makrellfangsten tatt ombord på overpumpingsfartøyet. Vektprøvene ble tatt ut fra avsilingssonene og vegd av mannskapet ombord.

Gjennomsnittsvekt*	Gruppe	Min-maks vekt (g)	Total vekt (kg)	Antall fisk	Gjennomsnittlig vekt (kg)	Prosent av prøven (%)
0,395	1	0,200-0,249	0,216	1	0,216	1,0
	2	0,250-0,399	10,688	31	0,344	51,5
	3	0,400-0,599	9,848	21	0,468	47,5
0,406	1	0,200-0,249	0,240	1	0,240	1,1
	2	0,250-0,399	9,126	26	0,351	41,9
	3	0,400-0,599	11,186	25	0,447	51,4
	4	0,600-2,000	1,226	2	0,613	5,6
0,410	1	0,001-0,199	0,178	1	0,178	-
	2	0,200-0,249	0,442	2	0,221	2,0
	3	0,250-0,399	9,116	27	0,337	41,1
	4	0,400-0,599	10,188	22	0,463	45,9
	5	0,600-2,000	2,45	4	0,612	11,0

* Fisk under 250 gram meldes ikke inn. Gjennomsnittlig vekt er redigert for dette.

1.7.2 RSW-kjøling av fangsten

Under forskningstoktet i oktober 2016 ble temperaturen logget i flere sjikt, fra bunnen til toppen av en RSW-tank på hvert av fartøyene (*Figur 13* og *Figur 14*). Loggerne ble plassert med mellomrom på 0,5 og 1 meter som gjengitt i henholdsvis *Figur 13* for fangstfartøy og *Figur 14* for overpumpingsfartøy. Det tok fra 2 til 4 timer før temperaturen i RSW-tankene, ombord de respektive fartøyene, med temperaturloggere var 0°C eller lavere etter at all fisken var lastet ombord.

Hos fangstfartøyet tok det ca. 3,5 timer før RSW-tanken holdt 0°C eller lavere etter lasting av makrellen. Tilsvarende tok nedkjølingen 2,2 timer hos overpumpingsfartøyet. Fangstfartøyet som ble benyttet under dette forsøktoktet hadde større tanker og en høyere fyllingsgrad på sin RSW-tank sammenlignet med overpumpingsfartøyet. Dette er to faktorer som bidrar til et noe lenger nedkjølingsforløpet hos fangstfartøyet enn hos overpumpingsfartøyet. Begge fartøyene hadde en rask og god nedkjøling av makrellen. For tilsvarende forsøk med overpumping og direktepumping av makrell i 2012, 2013 og 2014 tok det henholdsvis: 9-28 timer (fyllingsgrad 78% og 64%), 2-8 timer (fyllingsgrad 91% og 67%) og 3-4 timer (fyllingsgrad 80% og 40%) å senke temperaturen til 0°C eller lavere etter at all fisken var lastet om bord (Tveit et al. 2015).

Som tidligere erfart ved undersøkelser av nedkjøling av makrell i RSW-tanker tok det noe lenger tid å senke temperaturen øverst i tanken (Digre og Aursand 2013, Aursand et al. 2014) sammenlignet med nederst. Hos fangstfartøyet var det en forskjell på 1 time og 20 minutter for nedkjøling av fangsten øverst og nederst i RSW-tanken. Det nederste sjiktet i tanken brukte 2 timer og 15 minutter på å nå en temperatur under 0°C etter at all fisken var lastet ombord. Tilsvarende tok det 3,5 timer i toppen av tanken. For overpumpingsfartøyet tok det 40 minutter lenger å få temperaturen under 0°C øverst i tanken sammenlignet med nederst i tanken. Her er ikke den øverste loggeren tatt med, da den ligger i det øverste sjiktet i tanken mellom luft og fisk/vann, noe som en kan se av figur 13.

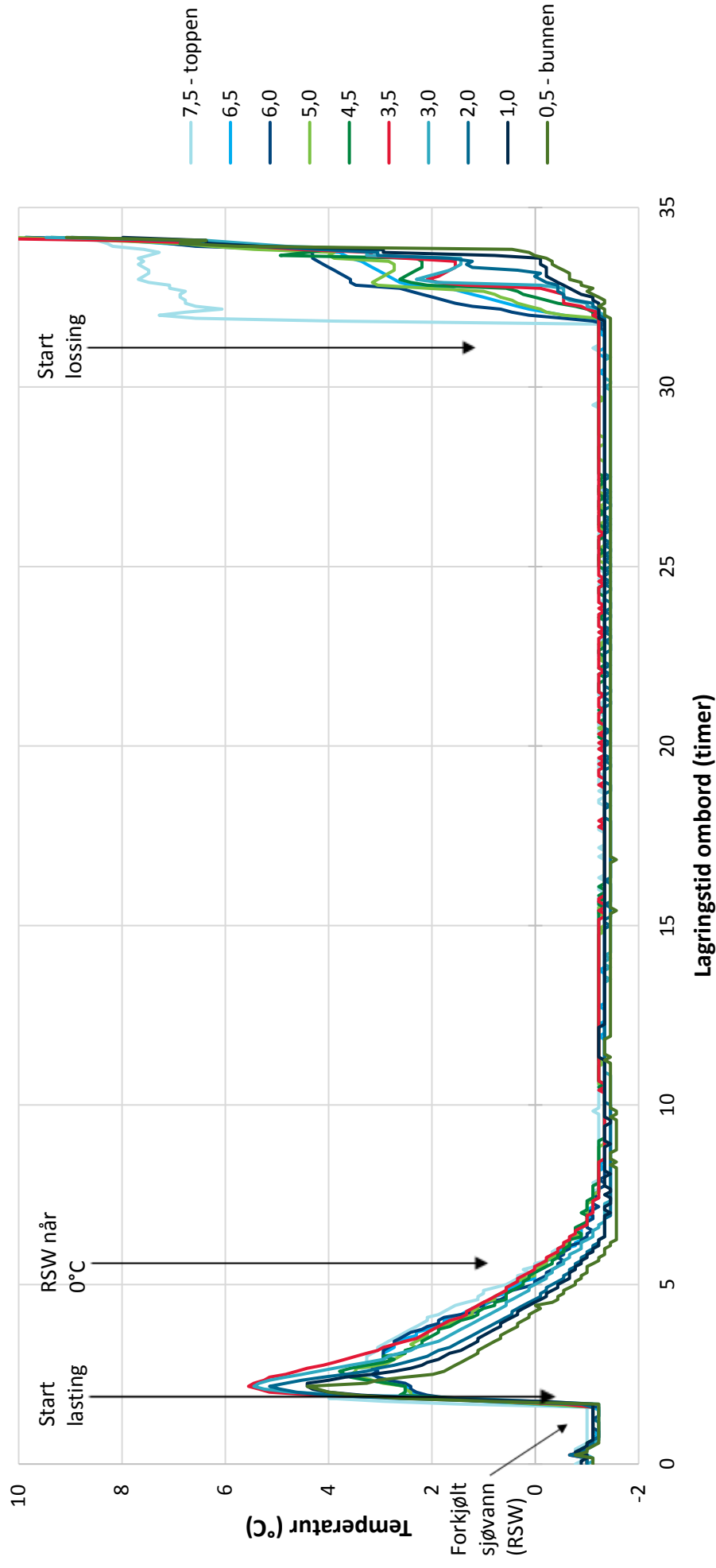
Lagringsbetingelsene ombord er noe ulike for de to fartøyene (*Tabell 9*). Fangstfartøyet holdt en noe lavere gjennomsnittstemperatur $-1,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ på RSW-tanken etter nedkjøling til under 0°C fra lasting til lossing av fangsten. Tilsvarende hadde RSW-tanken hos overpumpingsfartøyet en gjennomsnittlig temperatur på $-1,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Tabell 9. Temperaturdata fra temperaturloggere om bord på hvert av fartøyene. Gjennomsnittstemperaturer \pm standardavvik.

Fartøy	Tid fra lasting til RSW under 0°C	RSW-temperatur før lasting	RSW-temperatur under transport	Fyllingsgrad i tank	Størrelse tank
Fangstfartøy	2,3 t – 3,6t	$-1,2 \pm 0,2^\circ\text{C}$	$-1,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$	64%	223m ³
Overpumpingsfartøy	1,5 t – 2,2t	$-0,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$	$-1,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$	50%	159m ³

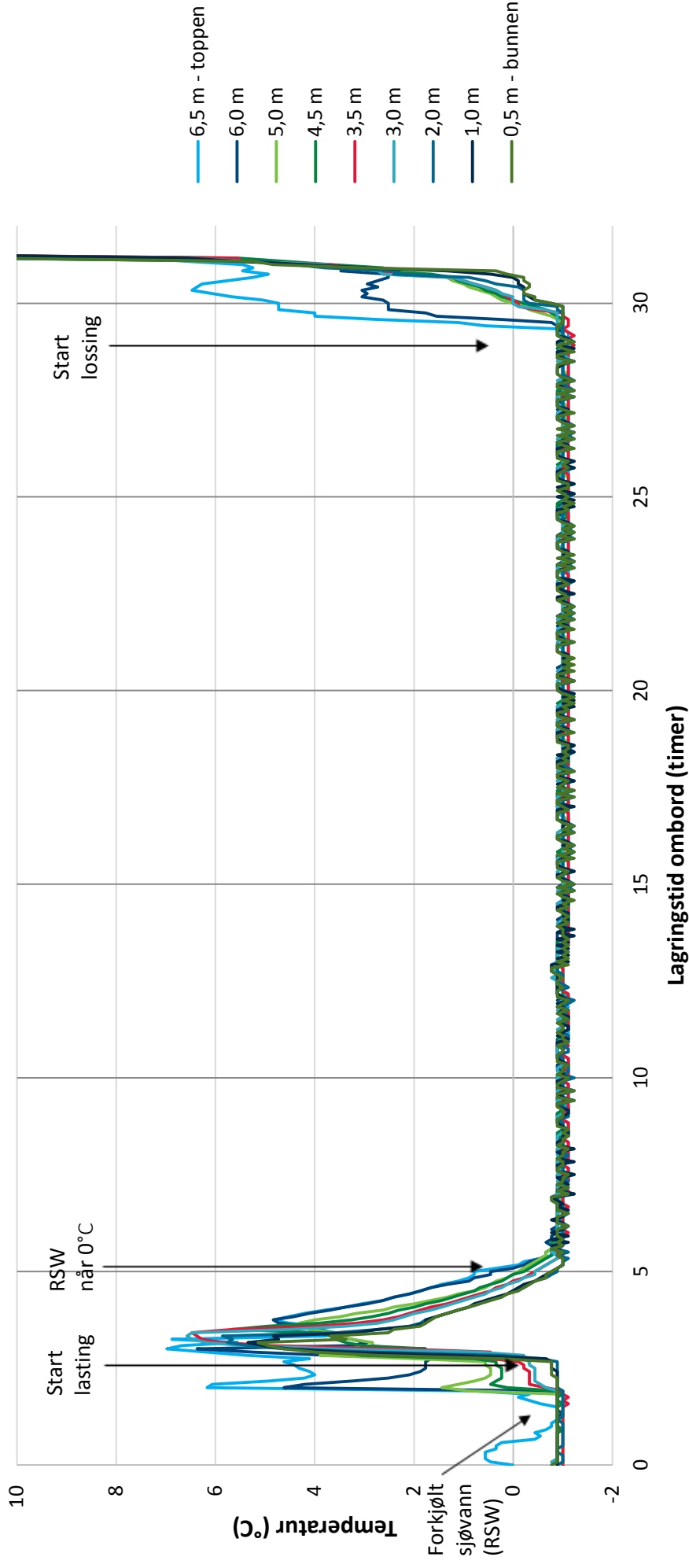
Fra temperaturloggen fra fangstfartøyet kan en estimere maksimum- og minimumstemperatur i RSW-tanken på henholdsvis $-1,5^\circ\text{C}$ og $-1,7^\circ\text{C}$ (se vedlegg 1) ved transport til land. Tilsvarende viste våre loggere en minimumstemperatur på $-1,6$ på den samme RSW-tanken etter nedkjøling til under 0°C. Fra temperaturloggen til overpumpingsfartøyet (se vedlegg 2) kan en estimere en gjennomsnittlig lagringstemperatur på rundt $-1,4^\circ\text{C}$ under transport til land. Tilsvarende viste våre temperaturloggere en minimumstemperatur på $-1,2^\circ\text{C}$ for den samme tanken.

Fangstfartøy



Figur 13. Temperaturendringer over tid i forkjølt RDS-tank (tank 1.3 styrbord, fyllingsgrad 64%) hos fangstfartøy fra lasting til lossing av fangsten. Hvert av plottene viser en temperaturlogger plassert fra bunnen til toppen langs leideren. Første logger er plassert 0,5 meter fra bunnen, og den øverste 7,5 meter fra bunnen (1,3 meter fra toppen).

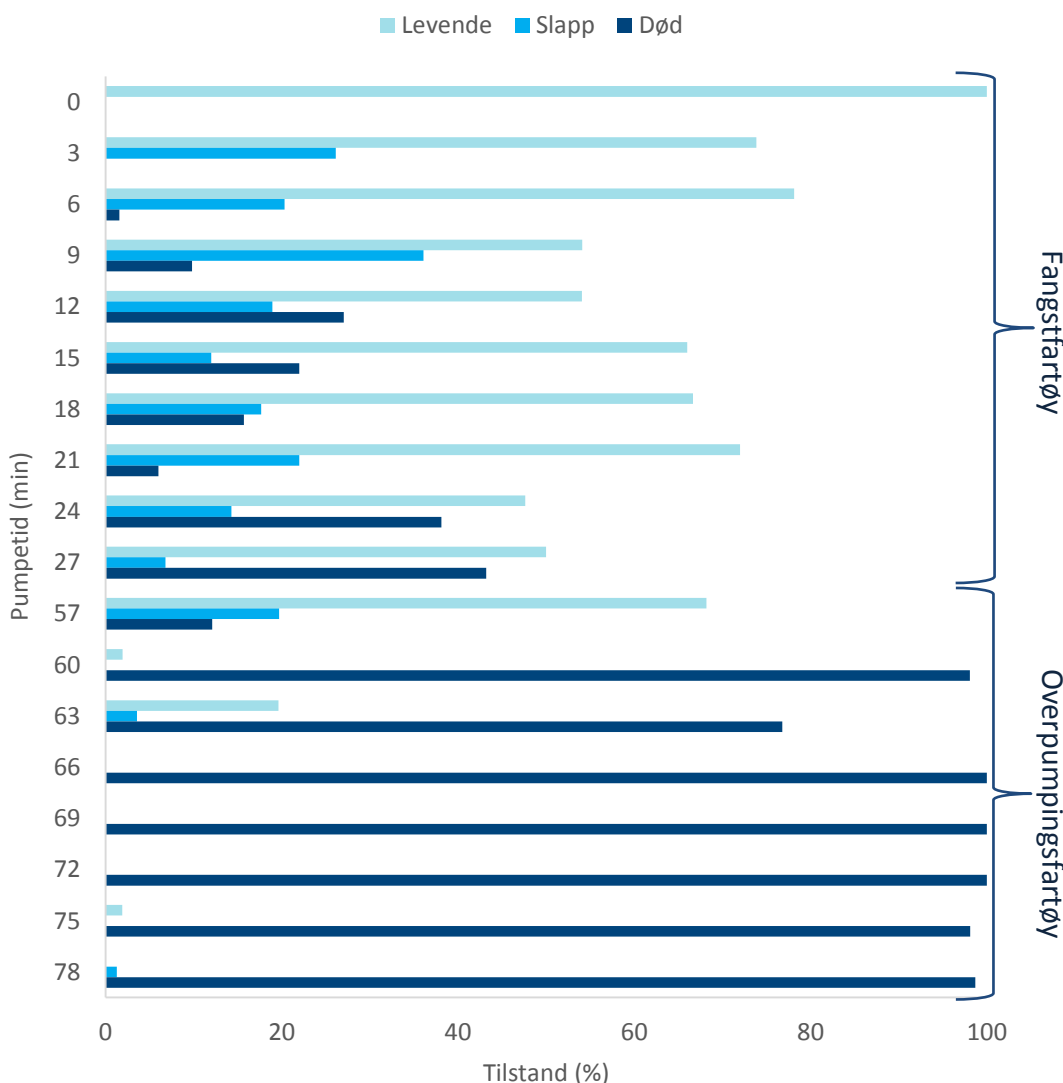
Overpumpingsfartøy



Figur 14. Temperaturendringer over tid i forkjølt RDS-tank (styrbord tank 6, fyllingsgrad 50%) hos overpumpingsfartøy fra lastning til lossing av fangsten. Hvert av plottene viser en temperaturlogger plassert fra bunnen til toppen langs lederen. Første logger er plassert 0,5 meter fra bunnen, og den øverste 6,5 meter fra bunnen (1,3 m fra toppen av tanken). Det var også montert en logger ved 7,5 m (25 cm fra toppen) men denne ble ikke dekket av vann og er ikke tatt med i denne figuren.

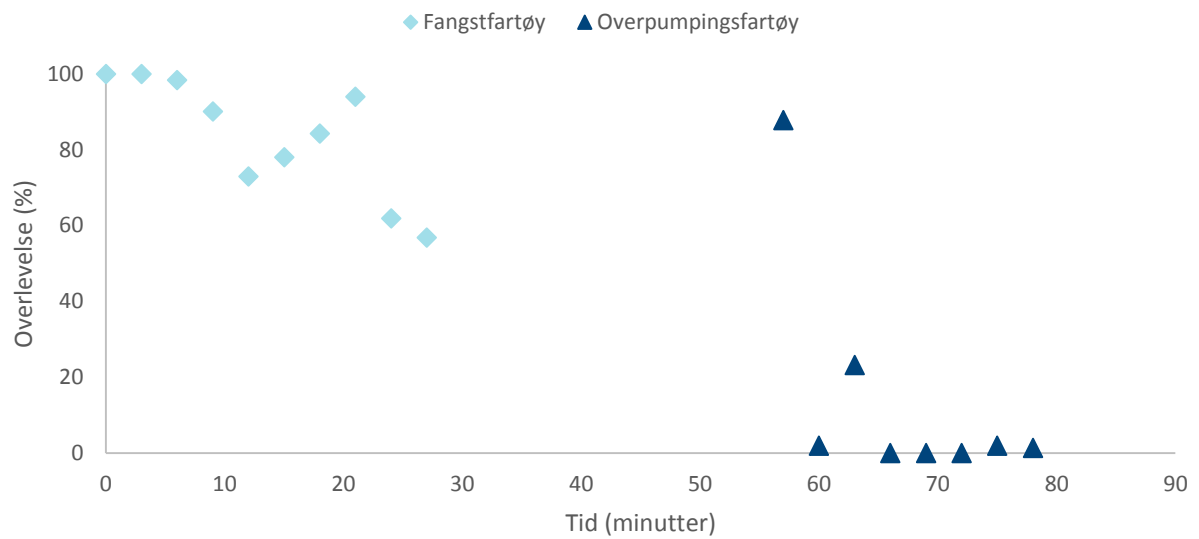
1.7.3 Overlevelsesrate

Overlevelsen til makrellen som ble fangstet under dette toktet er presentert i figur 14 under. Tallene viser at overlevelsesraten endrer seg med tiden, og fisken begynte å dø ved tredje uttak, 6 min etter pumpestart. Det samme ble observert ved forsøk med overpumping av makrell i 2014 (Digre et al. 2014). Ved det siste uttaket ombord på fangstfartøyet, etter 27 minutter med pumping, var 43% av makrellen død (Figur 15 og Figur 16). Ved ombordpumping på overpumpingsfartøyet var det meste av fisken død (over 76%) når pumpingen startet etter ca. 60 min fra første pumping. Unntaket er det første prøveuttaket ombord på overpumpingsfartøyet hvor kun 12% av fangsten var død. Resultatene samsvarer med tidligere forsøk med overpumping av ringnotfangstet makrell hvor dødeligheten til makrellen øker med tiden i nota (Digre et al. 2014, Digre og Aursand 2013, Aursand et al. 2014). Tilvarende resultater har også blitt funnet ved pumping av makrell (Lockwood et al. 1983) og sardiner (Marcalo et al. 2006), hvor dødeligheten ble funnet å øke med pumpetid.



Figur 15. Tilstand hos fisken ved uttak fra silke under ombordpumpingsprosessen hos fangstfartøy (0-27 min etter pumpestart, n=34-64) og overpumpingsfartøy (57-78 min etter pumpestart hos fangstfartøy, n=47-77). Uttakene er tatt fra avsilingssonen i silke med 3 minutters mellomrom.

Makrell er en følsom art, og overlevelsesraten avhenger trolig av flere ulike faktorer som værforhold, trenging grunnet store kastet, tid i nota før ombordpumping og hvor skånsom ombordtakningen er. Huse og Vold (2010) viste at trenging i så kort tidsperiode som 10 minutter kan være dødelig for makrell.



Figur 16. Overlevelsesraten (%) til makrell ombord på fangstfartøy og overpumpingsfartøy som funksjon av tid. Prøvene ble tatt ut fra silkassen i avsilingssonen ved ombordtaking av fangsten.

1.7.4 Fangstskader og vurdering av rigor på rund makrell etter pumping

Oversikt over fangstskader og prosentvis antall fisk i rigor for rund makrell fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy er vist i *Tabell 10*. Ved ombordtakning av fangsten ble det ikke observert noen fisk i rigor de 15 første minuttene av ombordpumpingen. Deretter økte antallet makrell i rigor med tiden. Det var en mye lavere andel fisk i rigor ved ombordtaking hos fangstfartøyet enn hos overpumpingsfartøyet, hvor mellom 30-87% av fisken ble funnet å være i rigor. Unntaket var uttaket ved 57 minutter, hvor 88% av makrellen var i live.

Tabell 10. Oversikt over fangstskader og prosentvis antall fisk i rigor for rund makrell etter sensorisk vurdering ved ombordtakning på fangstfartøy (10 uttak, n=25-64) og overpumpingsfartøy (8 uttak, n=47-50).

Pumpetid (min)	Skader skinn (%)	Skader finner (%)	Liten klemskade (%)	Blod på skinn (%)	Blod på øyne (%)	Blod på gjellelokk (%)	Blod på finner (%)	Rigor
Fangstfartøy								
0	24	97	6	12	9	41	100	0
3	58	98	23	13	16	63	99	0
6	70	94	38	36	13	86	100	0
9	90	100	38	31	10	85	100	0
12	97	97	19	14	19	86	92	0
15	80	100	22	34	36	92	100	0
18	98	94	33	51	27	96	100	6
21	76	94	32	34	30	100	98	6
24	74	88	29	55	55	100	100	20
27	80	100	30	45	45	98	100	41
Gjennomsnitt (%)	75	96	27	32	26	85	99	7
Overpumpingsfartøy								
57	44	100	0	16	14	58	100	0
60	64	100	8	14	4	54	88	52
63	70	100	10	12	8	54	88	30
66	48	100	12	28	10	56	68	87
69	68	100	13	17	4	45	79	40
72	52	100	12	18	18	50	78	45
75	46	100	14	16	10	52	88	57
78	54	100	18	14	4	56	80	56
Gjennomsnitt (%)	56	100	11	17	9	53	84	46

Ved vurdering av ytre fangstskader på rund makrell etter ombordtakning hos de to fartøyene ble det observert en høyere andel av skader hos fangstfartøyet for samtlige parameter med unntak av skader på finner og blod på finner som kan sies å være like høye for begge fartøy. Den høyere observerte andelen fangstskader hos fangstfartøy gjaldt spesielt skader på skinn, blod på øyne og blod på gjellelokk. For disse parameterne var forskjellene såpass store mellom de to fartøyene at det sannsynligvis ikke skyldes subjektive forskjeller mellom personene som evaluerte fiskene. Ved overpumpingsforsøk i 2013 rapporterte Digre og Aursand at direktepumpet makrell hadde en prosentvis høyere andel fisk med klemskader, blod på øyne og blod på gjellelokk enn fisken som ble overpumpet. Det er litt uklart hvorfor det ble observert forskjeller for disse parameterne, men en mulig forklaring kan være at skadene oppstod etter at fisken ble tatt ut om bord. Store deler av fangsten som ble direktepumpet var i live ved ombordtakning, og kan derfor ha skadet seg i silkassene til forskjell fra fisken som ble overpumpet som var død før den kom om bord.

1.7.5 Fangstskader på rund makrell etter lagring i RSW

Oversikt over fangstskader hos rund makrell vurdert etter lagring i RSW tanker i 26 timer for overpumpingsfartøy og 29 timer for fangstfartøy. Det ble observert en del fangstskader hos fisken fra begge fartøyene, hvor fangstfartøyet ble funnet å ha en høyere andel skader på skinn, blod på gjellelokk og blod på finner (*Tabell 11*). Overpumpingsfartøyet ble derimot funnet å ha en større andel fisk med klemskader. For parameterne skader på finner, liten klemskade, blod på skinn og blod på øyne var det forholdsvis liten forskjell mellom de to fartøyene.

Sammenlignet med tidligere forsøk med overpumping og direktepumping av makrell er disse resultatene, med unntak av skader på skinn, innenfor samme område. Under forsøkene med overpumping i 2012, 2013 og 2014 ble følgende skader funnet på fangsten; skader på skinn 0-43%, skader på finner 83-100%, klemskade 0-6%, blod på skinn 0-19%, blod på øyne 0-29%, blod på gjellelokk 0-62% og blod på finner 42-100% (Tveit et al. 2015). Sammenlignet med tidligere forsøk er det kun den høyere andelen av skader på skinn som skiller seg ut. All fisk som hadde synlige merker på skinnen ble tatt med i denne gruppen. Her er det viktig å understreke at denne prosenten angir all fisk som har små striper/riper i skinnen (som utgjør de fleste fiskene i denne gruppen), samt større redskapsskader som rifter i skinn ble tatt med.

Tabell 11. Oversikt over ytre fangstskader ved lossing av fangsten fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Det ble tatt 4 uttak fra hvert av fartøyene, ett ved lossestart og slutt fra hver tank ombord på fangstfartøy (lagret i RSW i 29 timer) og overpumpingsfartøy (lagret i RSW i 26 timer).

Uttak	Skader skinn (%)	Skader finner (%)	Liten klemskade (%)	Blod på skinn (%)	Blod på øyne (%)	Blod på gjellelokk (%)	Blod på finner (%)
Fangstfartøy							
Tank 1.3 uttak 1	82	100	14	2	6	28	100
Tank 1.3 uttak 2	92	98	8	0	6	37	100
Tank 1.1 uttak 1	94	100	4	13	8	15	100
Tank 1.1 uttak 2	94	100	6	10	4	18	100
Gjennomsnitt	90	99	8	6	6	24	100
Overpumpingsfartøy							
Tank 8 uttak 1	73	93	15	7	8	18	60
Tank 8 uttak 2	76	100	4	0	4	17	96
Tank 6 uttak 1	68	100	14	2	10	12	94
Tank 6 uttak 2	74	100	22	0	4	8	86
Gjennomsnitt	73	98	14	2	7	14	84

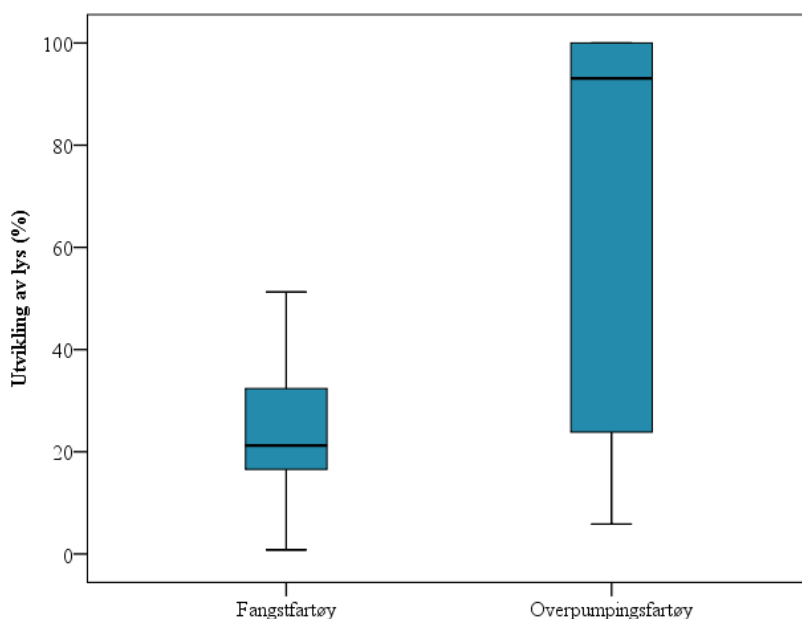
Ved vurdering av makrell ved lossing av fangsten ble det ved funnet færre fisk med synlig blod på skinn og blod på gjellelokk (*Tabell 11*) sammenlignet med vurdering av fisken like etter at den ble tatt om bord (*Tabell 10*). For blod på skinn ble det observert en nedgang på 81-88%, og for blod på gjeller en nedgang på 72-74% for fartøyene. Den markante nedgangen kan forklares med at mye av blodet vaskes vekk under lagring i RSW. Andelen fisk med blod på finner (84-100%) og skader på finner (96-100%) var så å si lik ved vurdering like etter at fisken ble tatt om bord og etter lossing. For synlige skader på skinnen ble det observert en økning ved landing av fisken på 20-30% for fartøyene. Dette kan forklares med at noe av fisken kan lage riper på hverandre under lagring i RSW tank, samt at en del merker kan ha oppstått under lossing av fangsten til mottaksstank på land. For overpumpingsfartøyet ble det funnet en noe høyere andel av klemskader ved lossing enn det som ble observert ved ombordtaking av fisken (økning på 27%), mens observert klemskader hos fangstfartøyet var mindre (nedgang på 70%) fra ved ombordtaking. Det er uklart hvorfor det ble funnet færre

klemskader på fisken fra fangstfartøyet ved lossing enn ved ombordtakning av fangsten, men en mulig forklaring kan være at klemskadene oppstod mens fisken ble lagret i fiskekorger frem til analyse.

1.7.6 Åteinnhold og enzymaktivitet

I perioder med tilgang på rikelig med åte, spesielt tidlig i makrellsesongen, er det vanlig at det oppstår kvalitetsforringelse av makrellen. Dette fenomenet kalles buksprenging. Det er et komplisert fenomen forårsaket av stor enzymaktivitet i buken til makrellen som bryter ned fiskens proteiner (bukhinna, magemuskulatur, tarm osv.). Aktiviteten til enzymene påvirkes av åtetype og åtemengde, temperatur i sjø og under RSW-lagring, fangstbehandling, lagringstid og i stor grad enzymatisk aktivitet i fiskens magesekk, tarm, åte og magemuskulatur (Slizyte et al. 2013).

Åteinnhold ble vurdert av mannskap og forskerne ombord på de to fartøyene. På forhånd ble det meldt inn et åteinnhold på 2 for fangstfartøyet og 3 for overpumpingsfartøyet til sildelaget. Det ble imidlertid ikke observert noe særlig med åte i fisken av verken forskere eller mannskap. Ved visuell vurdering av åte i tarm ble det funnet at fangsten hadde gjennomsnittsverdier på $0,0 \pm 0,0$ og $0,4 \pm 0,1$ for henholdsvis fangstfartøy og overpumpingsfartøy, verdier som tilsvarer at det så å si ikke var åte i tarmen til fisken. Ved vurdering av åte i magesekk ble det heller ikke observert mye åte, og fangstfartøy og overpumpingsfartøy hadde gjennomsnittsverdier for åte på $0,5 \pm 0,1$ og $0,4 \pm 0,1$, noe som tilsier at bare rundt halvparten av fisken som ble vurdert hadde åte i magesekken.

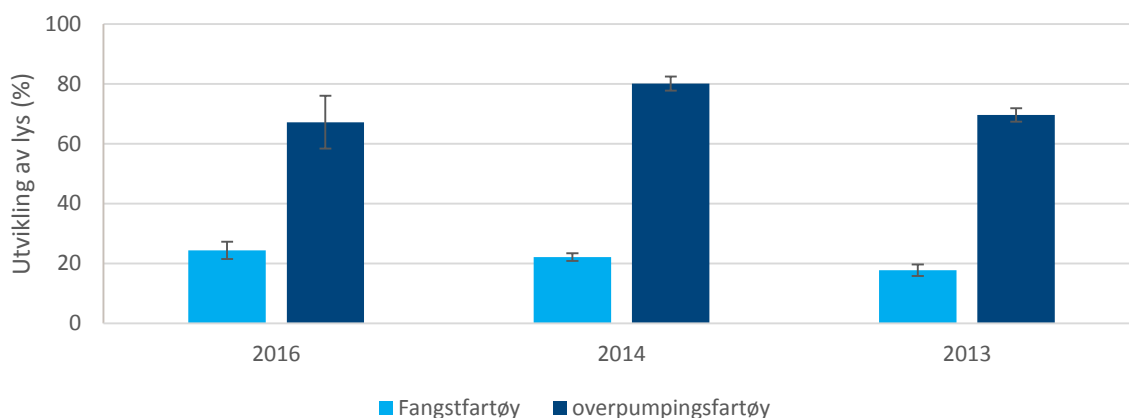


Figur 17. Box plott av enzymatisk aktivitet i makrell, gitt som utvikling av lys 10 og 6 timer etter ombordtakning for henholdsvis fangstfartøy og overpumpingsfartøy (n=20). Inkubasjonstid i prøverøret var 1 time hos hvert av fartøyene. Plottene gjengir øvre og nedre kvartil (25% av data i hver, representert med whiskers), median (sort stripe).

Mengden åte alene gir ikke en direkte indikasjon på sannsynligheten for buksprenging hos fisken, da det er fiskens fordøyelsesenzym som lekker ut i buken, og ikke åten selv som forårsaker buksprenging. Ved å benytte en objektiv målemetode for å estimere enzymlekkasje sammen med dagens subjektive skala som beskriver åte vil en få en mer nøyaktig informasjon om faren for buksprenging. En hurtigmetode, hvor man bruker et ATP-luminometer for deteksjon av enzymaktivitet av proteolytiske enzym i buken hos fisk, ble benyttet. Prinsippet for teknikken er at mengde adenosintrifosfat (ATP) i prøven blir målt ved hjelp av enzymet luciferase som produserer en lysenhet (et foton) per ATP molekyl. Ved høy enzymaktivitet vil enzymer fra fiskens fordøyelsessystem bryte ned luciferasen og hemme lysproduksjonen (Slizyte et al. 2013).

Ved måling av enzymaktivitet ble det funnet at det ble registrert mindre lys ved målinger av makrell ombord på fangstfartøy, noe som indikerer en høyere aktivitet i buken hos fisken fra fangstfartøyet enn hos overpumpingsfartøyet (*Figur 17*). I dette forsøket antyder de gjennomsnittlige verdiene for enzymaktivitet hos fartøyene at fangsten var av god kvalitet, men med muligens en større sannsynlighet for buksprenging hos fisk fra fangstfartøyet under lagring. Lignende resultater ble funnet ved forsøk med overpumping av makrell i 2013 (Aursand et al. 2014) og i 2014 (Digre et al. 2015), hvor det ble målt tilsvarende verdier for utvikling av lys (*Figur 18*).

Forskning på enzymatisk aktivitet i buken hos sild har tidligere vist at fisk som får mulighet til å stå i ro og å tømme magesekken i 19 timer hadde lavere enzymaktivitet i buken og mindre fare for buksprenging (Felberg et al., 2009). En mulig forklaring på den tydelige trenden i figur 17 kan være at fisken som ble pumpet om bord på overpumpingsfartøyene ble værende noe lenger i nota enn fisken som ble direktepumpet til fangstfartøyet. Metoden for måling av enzymaktivitet i buk er fremdeles under utvikling og resultatene er derfor noe usikre. Metoden er ønskelig å implementere som en objektiv metode for estimering av fare for buksprenging i pelagisk fisk i fremtiden, men før den tid gjenstår det noe mer arbeid i utvikling av en enklere og mer brukervennlig metode.



Figur 18. Målt enzymaktivitet i buk hos direktepumpet makrell hos fangstfartøy og overpumpet makrell uttrykt som utvikling av lys (gjennomsnitt \pm SEM).

1.7.7 Filetkvalitet

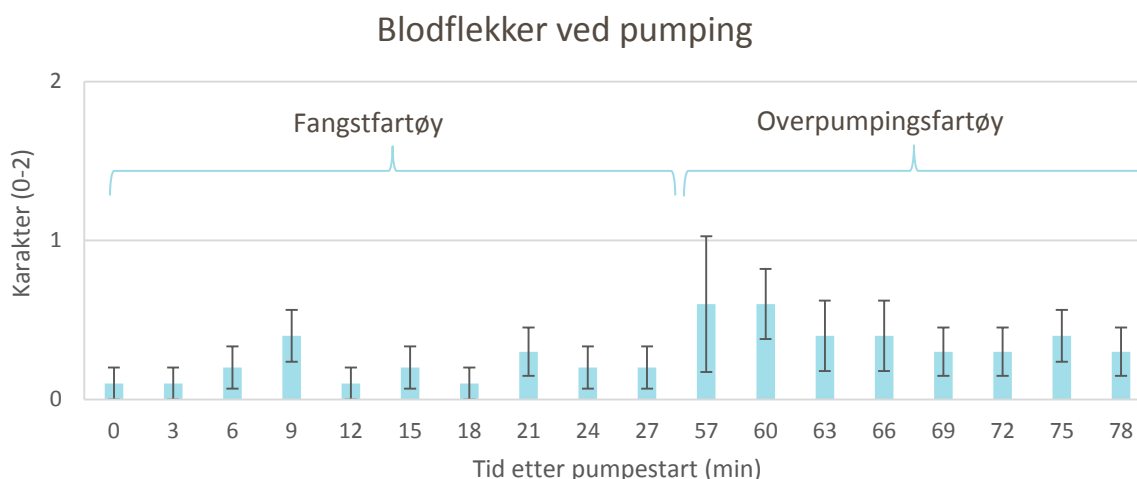
Filetkvaliteten til håndfiletert makrell ble vurdert sensorisk ved tre uttakspunkt; under ombordtaking av fangsten, ved lossing og ved laboratoriet etter 4 dager med kjølelagring. Vurdering av filetkvalitet ved laboratoriet ble gjennomført for at sammenligningen av kvaliteten skulle bli så lik som mulig, ettersom vurdering av filetkvalitet ved ombordtaking av fisken ble gjort av forskerne hver for seg uten mulighet til å kommunisere.

1.7.7.1 Blodflekker

Etter ombordtakning ble 100 håndfileterte makrellfileter vurdert hos fangstfartøyet og 80 fileter hos overpumpingsfartøyet. Hos fangstfartøyet ble 27 av filetene gitt verdi 1 tilsvarende "noen få små blodflekker (<5)", og ingen fileter med verdi 2 tilsvarende "store blodflekker eller mange små (<5)" blodflekker (Figur 19). Hos overpumpingsfartøyet ble det funnet 26 fileter med blodflekker, hvorav 4 av disse ble klassifisert som fileter med "store blodflekker eller mange små (<5)". For eksempel på fileter gitt verdi 0, 1 og 2 for blodflekker se Figur 21.

Ved forsøk med overpumping i 2012, 2013 og 2014 ble det funnet "noen få små blodflekker (<5)" på mellom 0-6% av filetene, og "store blodflekker eller mange små (<5)" blodflekker på 0-3% (Tveit et al, 2015). Under dette toktet ble det funnet en høyere andel fileter med "noen få små blodflekker (<5)" sammenlignet med tidligere forsøk med overpumping. Andelen fileter som ble funnet å ha blodflekker med verdien 2, som tilsvarende det sildelaget kategoriserer som blodflekker, er derimot på samme nivå som tidligere forsøk med overpumping.

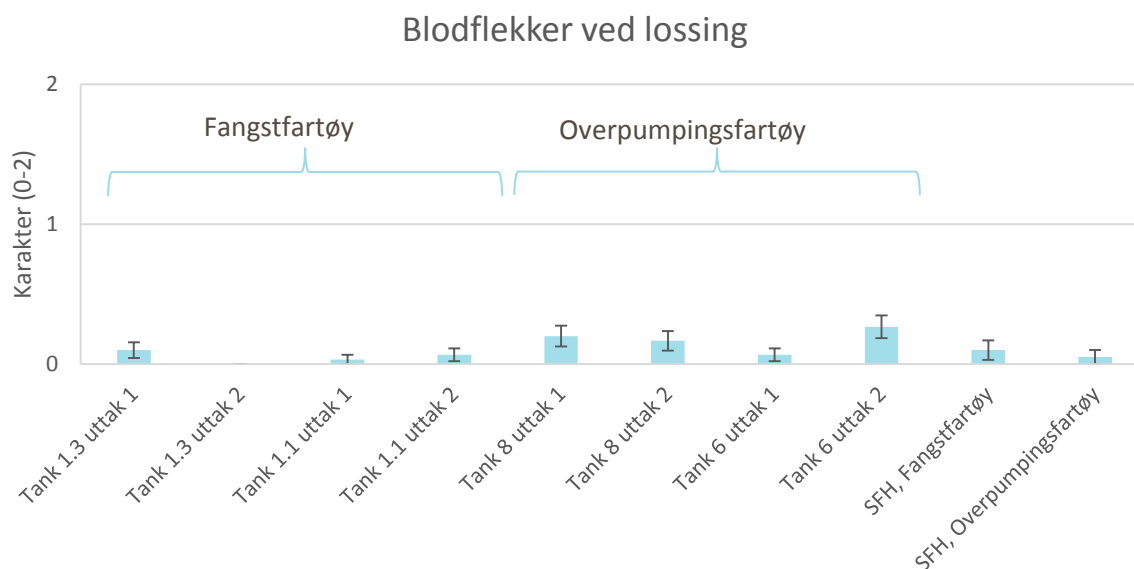
Det ble ikke funnet en signifikant forskjell i andelen blodflekker fra de 18 uttakene gjort ombord på fangstfartøy (de 10 første uttakene) og overpumpingsfartøyet (de 8 siste uttakene) ved ombordtaking av fangsten. Ved å slå sammen de første 10 uttakene ombord på fangstfartøyet, og de 8 siste uttakene på overpumpingsfartøyet finner man derimot en signifikant høyere andel av blodflekker hos filetene fra overpumpingsfartøyet enn hos fangstfartøyet ($p < 0,05$) med gjennomsnittsverdier på henholdsvis $0,41 \pm 0,08$ og $0,19 \pm 0,04$.



Figur 19. Sensorisk vurdering av andel blodflekker (fra bilde) på håndfileterte makrell etter ombordpumping på fangstfartøy og overpumpingsfartøy (gjennomsnitt \pm SEM, $n=10$) tatt ut med 3 minutters mellomrom.

Ved lossing hos landanlegg ble det funnet lavere andeler av blodflekker i filetene enn ved vurdering av filetene etter ombordpumping, noe som tyder på at deler av blodet i filetene kan ha blitt vasket bort under lagring i RSW (Figur 20). Hos fangstfartøyet ble kun 5 fileter av 120 (4,2%) funnet å ha blodflekker, hvorav ingen tilsvarte verdi 2. Ved vurdering av blodflekker i filetene hos overpumpingsfartøyet ble en høyere andel av filetene funnet å ha blodflekker. Hos overpumpingsfartøyet ble 22 av 120 fileter funnet å ha blodflekker tilsvarende verdi 1 (18,3%). Det ble ikke funnet noen makrellfileter tilsvarende verdi 2 ved lossing av fangst hos verken fangstfartøy eller overpumpingsfartøy. Etter lossing hadde overpumpingsfartøyet en signifikant høyere andel av makrellfileter med blodflekker ($p < 0,05$). Sammenlignet med tidligere overpumpingsforsøk ble det også ved lossing av fangsten funnet en høyere andel av fileter med "noen få små blodflekker" sammenlignet med tidligere forsøk med overpumping hvor kun mellom 0-8% av filetene ble vurdert til denne verdien. Som ved tidligere forsøk med overpumping ble det ikke funnet noen fileter med "store blodflekker eller flere små (<5)" ved lossing av fangsten hos noen av fartøyene.

I tillegg til vurdering av antall blodflekker ved ombordtakning og lossing av fangsten ble 20 makrell fra hvert av fartøyene vurdert ved laboratoriet etter transport og kjølelagring (ca. 4°C) 4 døgn etter fangst (til høyre i *Figur 20*). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom makrellen fra de to fartøyene som ble vurdert på laboratoriet. Det ble kun funnet kun 2 fileter med blodflekker fra fangstfartøyet og 1 filet fra overpumpingsfartøyet, og ingen av disse ble funnet å ha verdi 2. Disse resultatene samsvarer med tidligere forsøk med overpumping av makrell hvor 5-15% av filetene fra fartøyene ble funnet å ha noen få små blodflekker (Digre et al, 2014).



Figur 20. Sensorisk vurdering av andel blodflekker på håndfiletert makrell ved lossing av fangsten på fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Det ble tatt ut to prøver fra to av tanker på hvert av fartøyene. Det første uttaket fra hver tank fra starten av lossing, og det siste fra slutten av tanken.

Selv om det ble funnet et høyere antall fileter med "noen få små blodflekker (<5)" sammenlignet med tidligere forsøk med overpumping (Digre og Aursand 2013, Aursand et al. 2014, Digre et al 2014), hadde filetene få store blodflekker som kan medføre kvalitetsbemerkinger ved landanlegg. Dette er også i samsvar med sildelagets vurderinger av fangsten. Sildelagets bemerkninger på fangsten fra fangstfartøyet var at fangsten var av topp kvalitet, uten noen kvalitetsbemerkinger. På den overpumpa fangsten ble det også rapportert slagskader på fangsten fra landanlegget. Sildelaget bemerket at det ble registrert blodflekker av middels størrelse på fangsten, men at det ikke ble registrert andre kvalitetsbemerkinger på fisken.

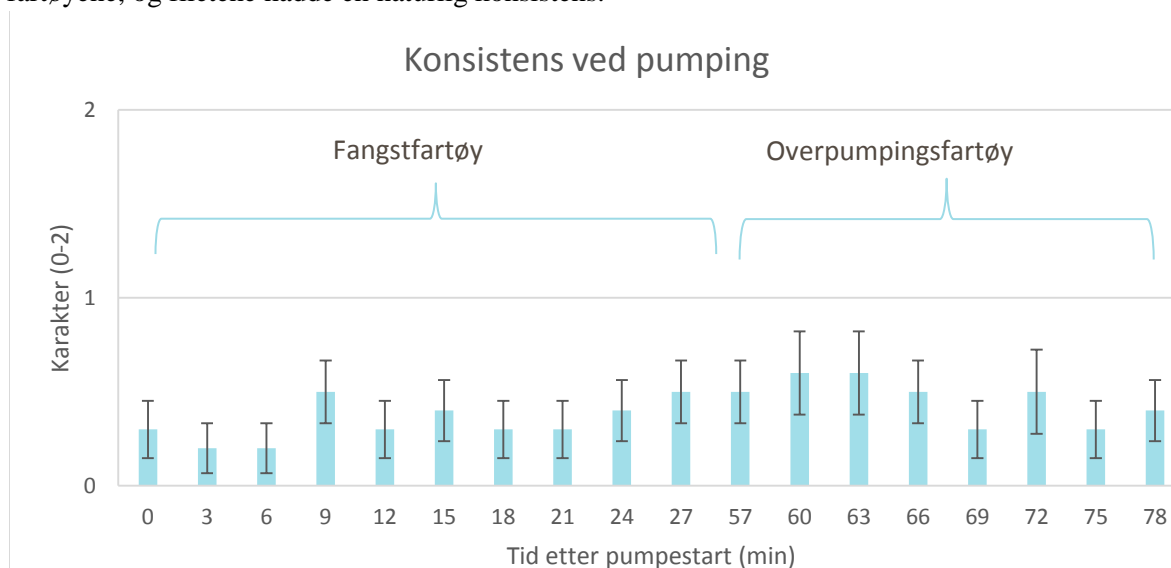


Figur 21. Eksempel på rangering av makrellfileter på skalaen 0-2 som ble benyttet ved vurdering av blodflekker, hvor 0 – "ingen blodflekker" (til venstre), 1 – "noen få, små blodflekker (<5)", og verdi 2 – "Store blodflekker eller mange små (>5)". Foto SINTEF Ocean.

Totalt ble opp til 33% av de vurderte filetene funnet å ha blodflekker ved lossing. Til sammenligning kan det nevnes at det ved kvalitetsvurderinger av trålfangstet makrell har blitt funnet blodflekker på opptil 85% filetene (Digre et al. 2015). Generelt kan det sies at filetene fra både fangstfartøy og overpumpingsfartøy som ble vurdert under dette forsøktoktet var fine, men med noen fileter med synlige små blodflekker. Totalt av alle filetene som ble vurdert ved ombordtakning, lossing og på laboratoriet ble det kun funnet 4 fileter med store blodflekker (tilsvarende verdi 2 på skalaen).

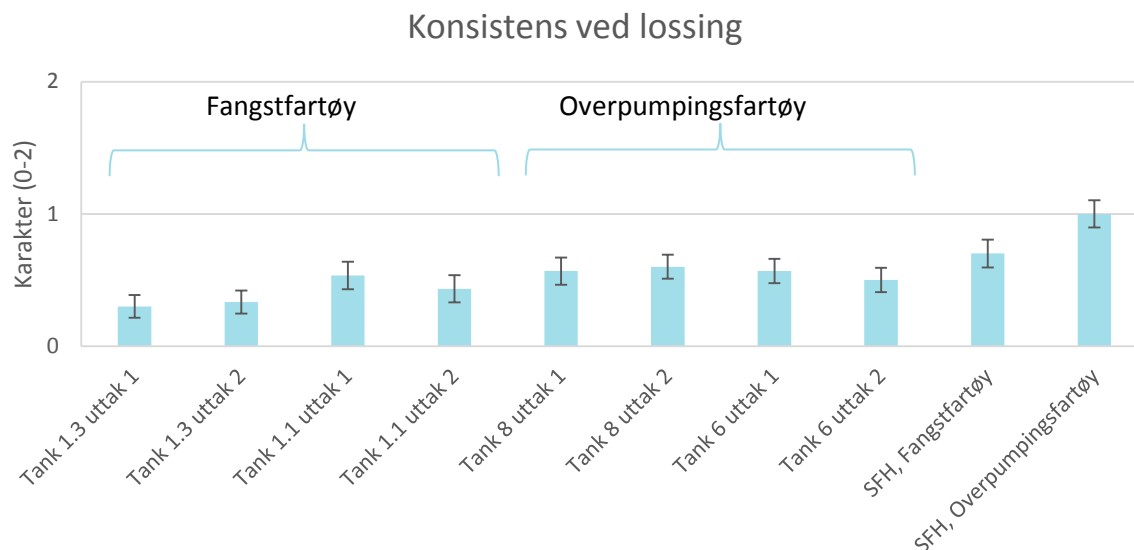
1.7.7.2 Konsistens

Ved sensorisk vurdering av konsistensen til makrellfiletene ved ombordtakning ble det observert en gjennomgående lik konsistens hos filetene ved alle uttak (Figur 22). Ved å slå sammen uttakene for hvert av de to fartøyene ble filetene fra henholdsvis fangstfartøy og overpumpingsfartøy funnet å ha gjennomsnittlige konsistensverdier på $0,3 \pm 0,1$ og $0,4 \pm 0,1$, hvor 0 tilsvarer naturlig filetkonsistens og 1 bløt filet. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i konsistensen til makrellfiletene fra de to fartøyene, og filetene hadde en naturlig konsistens.



Figur 22. Sensorisk vurdering av konsistensen til håndfiletert makrell hos fangstfartøy og overpumpingsfartøy etter ombordpumping på en skala fra 0 til 2 (gjennomsnitt ± SEM, n=10).

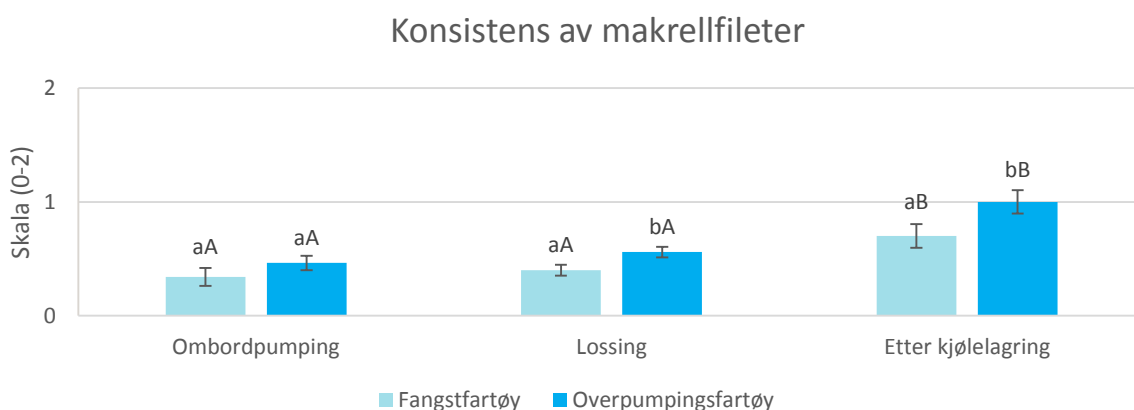
Tilsvarende ble det ved lossing av fangsten funnet signifikant forskjell mellom de 8 uttakene som ble gjort fra tanker ombord på de to fartøyene (Figur 23). Ved å slå sammen uttakene for hvert av fartøyene ble derimot filetene fra overpumpingsfartøyet funnet å ha en noe mykere konsistens sammenlignet med filetene fra fangstfartøyet med gjennomsnittlig konsistensverdi på $0,6 \pm 0,1$ mot $0,4 \pm 0,1$ ($p < 0,05$).



Figur 23. Sensorisk vurdering av konsistensen til håndfiletert makrell hos fangstfartøy og overpumpingsfartøy ved lossing hos landanlegg ($n=30$), og ved analyse av makrellfileter på laboratoriet ($n=20$) på en skala fra 0 til 2 (gjennomsnitt ± SEM).

For de tyve filetene fra hvert av fartøyene som ble analysert ved laboratoriet i Trondheim ble filetene fra overpumpingsfartøyet ($1,0 \pm 0,1$) funnet å ha en signifikant mykere konsistens ($p < 0,05$) sammenlignet med filetene fra fangstfartøyet ($0,7 \pm 0,1$) (Figur 23, til høyre).

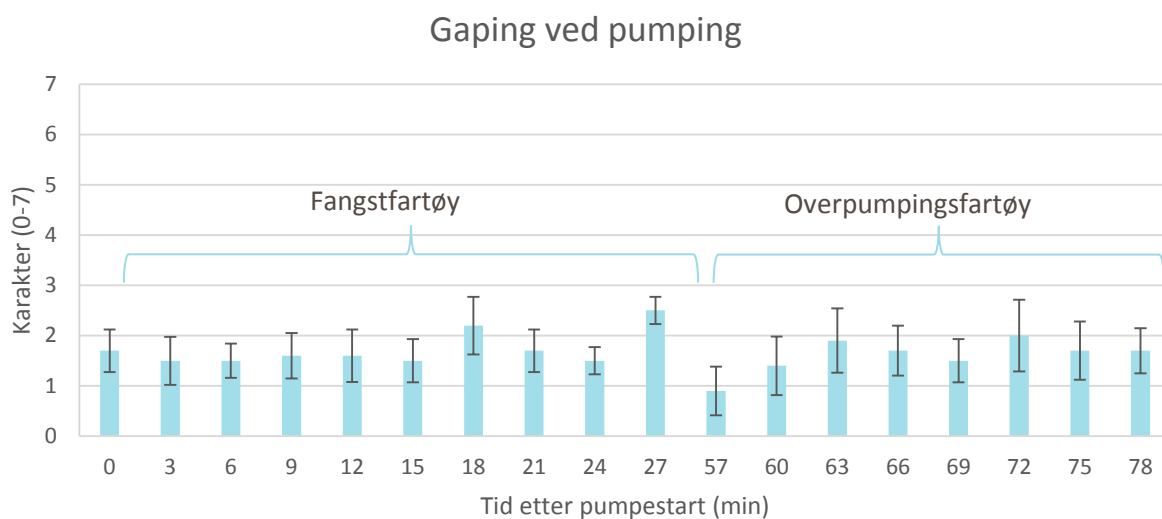
Etter vurdering av fileter ved ombordtakning, lossing og etter kjølelagring ble det observert en stigende økning i mykhet som funksjon av tid (Figur 24) hos fileter fra begge fartøyene. Den samme tendensen ble også observert ved tidligere overpumpingsforsøk (Digre og Aursand, 2013, Aursand et al, 2014, Digre et al, 2014).



Figur 24. Sensorisk vurdering av konsistensen til håndfiletert makrell fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy ved ombordtakning av fangst ($n=80-100$), lossing hos landanlegg ($n=120$), og ved analyse av makrellfileter på laboratoriet ($n=20$) på en skala fra 0 til 2 (gjennomsnitt ± SEM) hvor 0 = naturlig konsistens, 1=bløt filet og 2=fileten går i oppløsning. Små bokstaver gjengir statistiske forskjeller mellom fartøyene ved hvert analysepunkt, mens store bokstaver gjengir sammenligning av konsistens over tid (for hvert av fartøyene).

1.7.7.3 Gaping

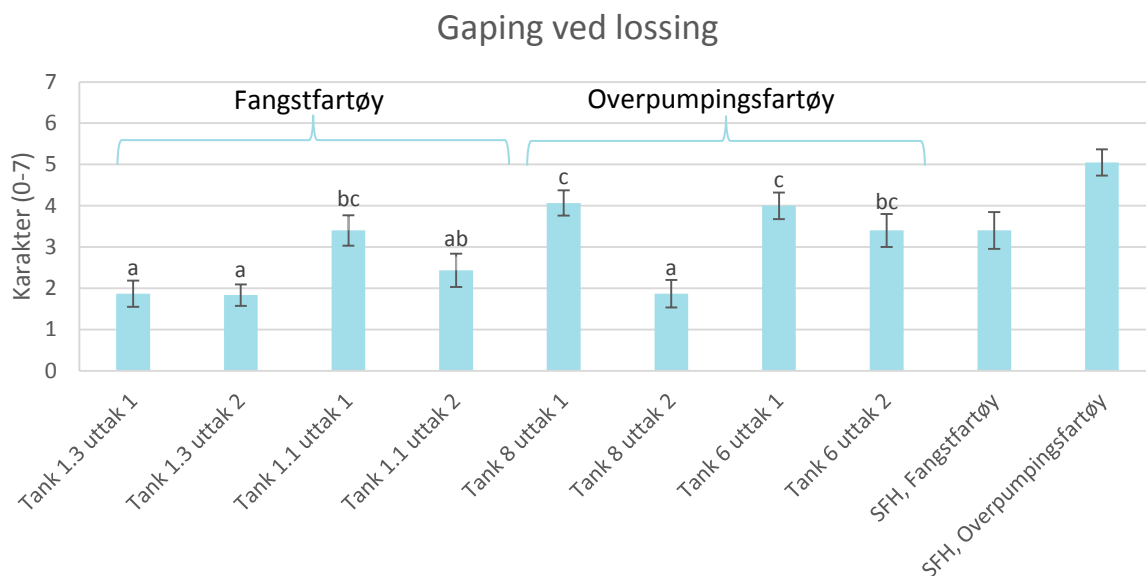
Filetspalting, eller gaping, ble vurdert på høyrefilet like etter filetering både ved ombordpumping (Figur 25), ved lossing og etter transport og kjølelagring ved laboratoriet (Figur 26). Sensorisk vurdering av fileter etter ombordpumping viser at utpreget eller ekstrem spalting (gaping karakter > 4) var så godt som fraværende i fangsten og kun 22 av 180 fisk hadde gaping karakter lik 4 eller høyere. En større del av fangsten (77%) hadde derimot ingen eller kun små spalter (gaping karakter 1 og 2). Det var ikke forskjeller på uttakene som ble gjort ved ombordpumping. Ved å slå sammen uttakene for hvert av fartøyene ble det heller ikke funnet forskjeller mellom fisk som ble pumpet direkte ombord (gjennomsnittlig gaping $1,7 \pm 0,1$) og fisk som ble overpumpet (gjennomsnittlig gaping $1,6 \pm 0,2$). Lignede resultater ble også observert ved vurdering av gaping i makrell under forsøk med overpumping i 2014 hvor makrell fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy ble funnet å ha gjennomsnittlig gaping på henholdsvis 1,4 og 1,8 (Digre et al. 2014).



Figur 25. Sensorisk vurdering av filetspalting/gaping hos håndfiletert makrell vurdert ombord på fangstfartøy og overpumpingsfartøy etter ombordtaking av fangsten på en skala fra 0-7 (gjennomsnitt ± SEM, n = 10).

Resultatene fra sensorisk vurdering av filetspalting i håndfiletert makrell etter lagring ombord i RSW-tanker viser en økning i andelen muskelspalter fra like etter ombordpumping. Dette samsvarer med tidligere observasjoner fra forsøk med overpumping hvor filetspalting økte fra en gjennomsnittlig score på mellom 1-2 ved ombordpumping til 2-4 ved lossing (Digre og Aursand, 2013, Digre et al. 2014)

Det ble funnet forskjeller i andelen gaping mellom de åtte uttakene som ble gjort ved landing av fisken, forskjellen var statistisk signifikant ($p < 0,05$). Videre ble det også funnet at makrellfiletene fra fangstfartøyet hadde en signifikant lavere andel gaping i filetene ved lossing sammenlignet med overpumpingsfartøyet med gjennomsnittsverdier på $2,4 \pm 0,2$ og $3,3 \pm 0,2$. Dette skyldes sannsynligvis forskjellene i lagringstemperatur ombord (fangstfartøy $-1,3 \pm 0,1$ °C, overpumpingsfartøy $-1,0 \pm 0,1$ °C). Bilder av fileter med ulike karakterer for gaping (skala 0-7) er vist under (se Figur 27).



Figur 26. Sensorisk vurdering av filetspalting/gaping hos håndfiletert makrell vurdert ved lossing ved for fangstfartøy og overpumpingsfartøy på en skala fra 0-7 (gjennomsnitt ± SEM, n = 10). Små bokstaver gjengir statistiske forskjeller mellom uttakene ved lossing.



Figur 27. Skala for vurdering av filetspalting/gaping med score fra 0 til 7. Hvor 0: ingen gaping, 2: 1-2 små spalter, 3: 3-4 små spalter og 1 stor, 4: 7 små og 3 store spalter, 5: 8-9 små spalter og 4 store spalter, 6: >9 små spalter og >5 store spalter, 7: Bløt filet. Ekstrem gaping og fileten faller i fra hverandre/angrepet av parasitter. Foto SINTEF Ocean.

1.7.8 Tekstur

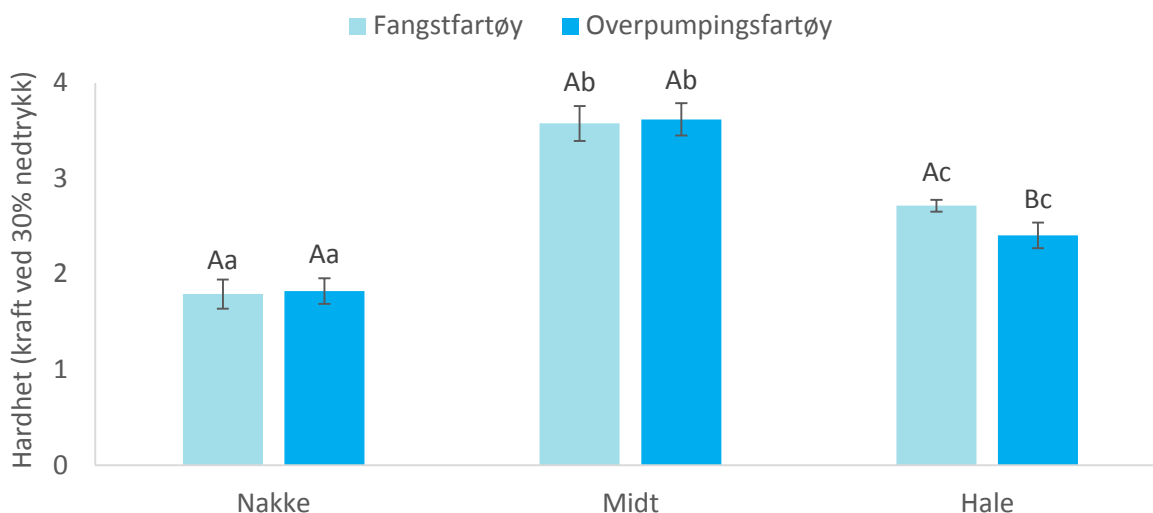
Det ble gjennomført teksturanalyse av høyrefiletene til tyve kjølelagrede fisker (4 døgn ved 4°C) like etter håndfiletering. Verdier for hardhet til makrellfiletene fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy med nedtrykk i de tre lokasjonene nakke, midt og haleparti er gjengitt i *Figur 28*.

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i hardhet mellom filetene fra de to fartøyene ($p > 0,05$), og filetene fra fangstfartøyet og overpumpingsfartøyet hadde gjennomsnittlig hardhet på henholdsvis $2,7 \pm 1,0$ N og $2,6 \pm 1,0$ N.

Det ble funnet en signifikant forskjell i hardheten til fileten mellom de tre lokasjonene ($p < 0,05$), hvor hardheten økte fra nakken ($1,8 \pm 0,7$ N for fangstfartøy og $1,8 \pm 0,6$ N for overpumpingsfartøy) til midten av fileten ($3,5 \pm 0,8$ N for fangstfartøy og $3,6 \pm 0,8$ N for overpumpingsfartøy), for så å synke i halepartiet ($2,7 \pm 0,3$ N for fangstfartøy og $2,4 \pm 0,6$ N for overpumpingsfartøyet). For sammenligning

ble det under analyser av kjølelagrede makrellfileter i 2013 og 2014 funnet at hardheten til filetene økte bakover på filetene med gjennomsnittlige verdier for hardhet fra $2,8 \pm 0,8$ N (nakke), $3,1 \pm 0,9$ N (midt) og $3,3 \pm 0,8$ N (hale) (Tveit et al, 2015).

Ved undersøkelse av hardheten til filetene i halepartiet ble det funnet at filetene fra overpumpingsfartøyet var signifikant hardere enn filetene fra fangstfartøyet ($p < 0,05$). Det ble ikke funnet forskjeller mellom fartøyene ved de to andre lokasjonene. Fra konsistensmålinger av filetene kan det her trekkes frem at filetene fra overpumpingsfartøyet ble vurdert å være noe mykere enn filetene fra fangstfartøyet både ved lossing av fangsten og etter kjølelagring (se avsnitt 1.7.7.2 over).

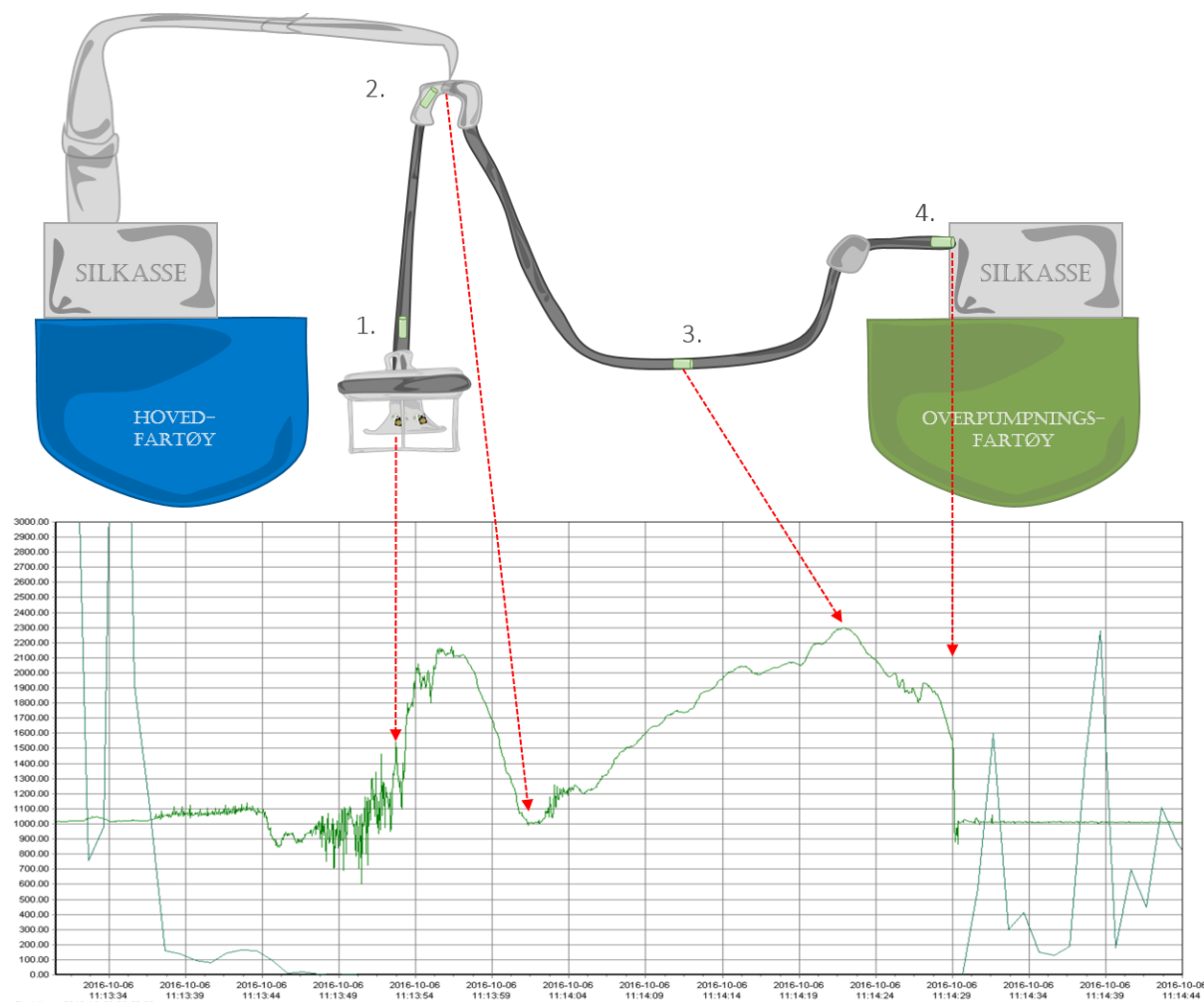


Figur 28. Tekstur målt som hardhet av høyre makrellfilet ved nedtrykk til 30% av prøvetykkelsen. Sammenligning av hardhet ved tre ulike lokasjoner på fileten (nakke, midt, hale) mellom fangstfartøy ($n=20$) og overpumpingsfartøy ($n=20$). Gjennomsnitt \pm standardfeil (SEM). Store bokstaver angir signifikante forskjeller mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy ($p < 0,05$), og små bokstaver angir forskjeller mellom de ulike lokasjonene.

Hardheten på filetene varierte fra 0,5 N til 5,0 N, og det ble funnet å være en signifikant forskjell i hardhet mellom de tre lokasjonene som ble undersøkt hos makrellfiletene hos begge fartøyene. Filetene var mykest i nakkepartiet, etterfulgt av halepartiet og hardest i midten av fileten ($p < 0,05$). Gjennomsnittlig hardhet varierte fra $1,8 \pm 0,2$ N (nakke), $3,6 \pm 0,2$ N (midt) og $2,7 \pm 0,1$ N (hale) på filetene hos fangstfartøyet, og fra $1,8 \pm 0,1$ N (nakke), $3,6 \pm 0,2$ N (midt) til $2,4 \pm 0,1$ (hale) hos overpumpingsfartøyet. Filetene fra dette forsøket ble funnet å være noe mykere i nakke- og haleparti enn ved tidligere forsøk med overpumpet makrell (Aursand et al. 2014, Digre et al. 2015), mens midtpartiet gav samsvarende verdier for hardhet.

1.7.9 Evaluering av fangsthåndtering med G-kraftloggere

Rådataene fra sensorfiskene inneholder trykk, lux og G-krefter for x, y og z-akse. Trykk og lysdata ble benyttet for koordinering av sensorfiskene i systemet (*Figur 29*). Akselerasjonsdataene ble benyttet til analyse av kreftene den ble utsatt for. Det ble lagt til 10 sekunder til hvert tidsrom etter at silkassen ble detektert i dataene. Dette for å få med kreftene påført fisken i silkassen og på vei ned i lagringstank.



Figur 29. Tolkning av posisjon i pumpesystemet ut fra lys- og trykkdata(y-aksen) over tid (x-aksen). Tegning: Aleksander Eilertsen, SINTEF Ocean.

Plott av de rå-akselerasjonsdataene for direktepumping (se vedlegg 4) og overpumping (se vedlegg 5) kan være vanskelig å tolke. Vektorer fra sensorfiskene i x-, y- og z-akse gir oss ikke relevant informasjon hver for seg, men kombineres de får man ut en resultantkraft som sier noe om hvor mye totale krefter sensorfiskene er utsatt for. I denne studien og med denne utformingen av sensorfisk, gir det lite mening å forsøke å tolke kreftene som ble påført sensorfisksylindere radielt (fra siden) kontra aksielt. En vanlig analyse er da å vurdere resultantkraften, eller den totale kraften, og ignorere retningen den ble påført fra. Vektorens lengde, der vinkel (eller retning) ikke blir tatt i betraktning, kun størrelse, er euklidisk norm og beregnes slik:

$$|x| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (\text{likning 2})$$

Deretter ble dataene analysert ut fra følgende fem forskjellige parametere:

Median: [G]

Medianen er verdien som skiller den øvre halvdel av et sortert datasett fra den nedre. Den kan være mer beskrivende enn gjennomsnitt i 'skjeve' datasett med ekstreme ytterpunkter, da den bedre vil kunne representere en mer 'typisk' verdi.

10 percentil: [G]

Denne parameteren viser grenseverdien for hvor kun 10% av verdiene i datamaterialet er mindre. Dette fjerner de 10% mest ekstreme verdiene og fungerer dermed som en filtrering der de laveste verdiene blir diskriminert.

90 percentil: [G]

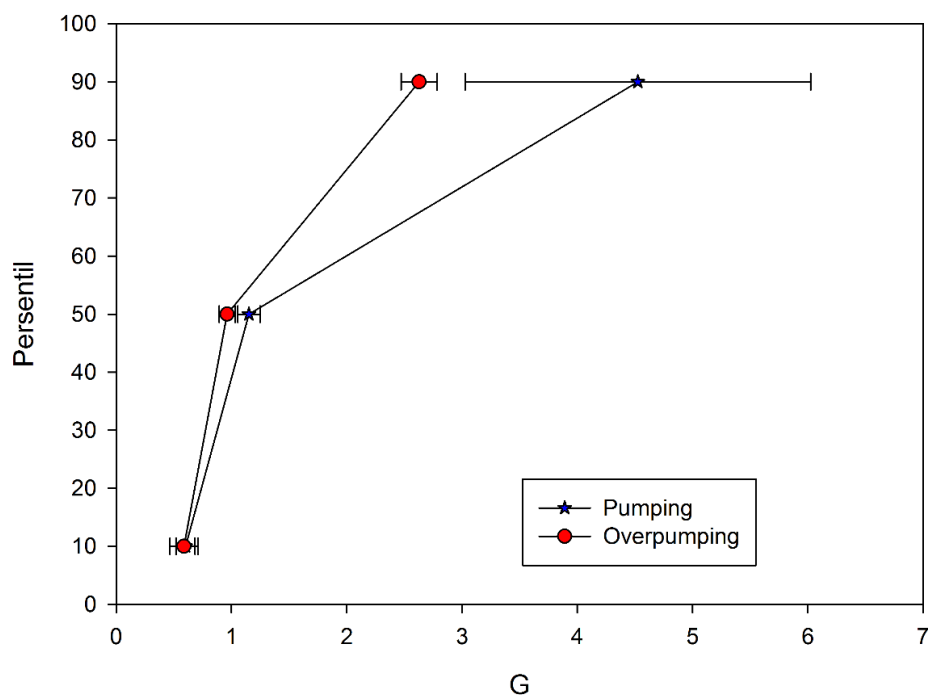
90-percentilen viser grenseverdien for hvor kun 10% av verdiene i datamaterialet er større. Dette fjerner de 10% mest ekstreme verdiene - de høyeste verdiene blir diskriminert.

Integrert G norm: [G]

Denne parameteren er en sum / integrasjon av alle G-kreftene innenfor gitt tidsramme og er direkte sammenlignbar med tidligere rapporter (Med forbehold om at vi ikke har hatt et soleklart start og stopp-tidspunkt tidligere).

Varighet: [s]

Varigheten av respektive sekvens i sekunder. Tall i kursiv er utledet fra siste generasjon sensorfisker med trykk- og lysmålinger.



Figur 30. Plot av akselerasjonskrefter av 10-percentil, median og 90-percentil med standardavvik for pumping ($n=5$) og overpumping ($n=5$).

Presentasjonen av dataene i *Figur 30* viser en som tydelig skiller mellom overpumping og pumping. En tolkning av dette er:

- Typisk forventet verdi for direktepumping ligger over 1,1 G mot 0,96 G for overpumping, noe som er svært like verdier.
- Grenseverdien for de 10 % laveste verdiene (10-percentil) er svært like.

- Fjerner vi de 10 % høyeste verdiene (90-percentil) blir forskjellen tydelig, og tallene er $2,6 \pm 0,1$ G for pumping og $4,5 \pm 1,3$ G for overpumping.

Dette betyr at 90% av tiden ligger kreftene under 2,6G normalt for overpumping, mot 4,5G for direktepumping, noe som er en betydelig forskjell. Maksimalverdier vil ikke gi mye mening her da sensoren oftest har gått i metning i hvert datasett og tallet dermed ville blitt 16G uansett. I tillegg kan en se at den integrerte normen normalt er over 60G for pumping, mot 50,9G for overpumping, men med store variasjoner (Tabell 12).

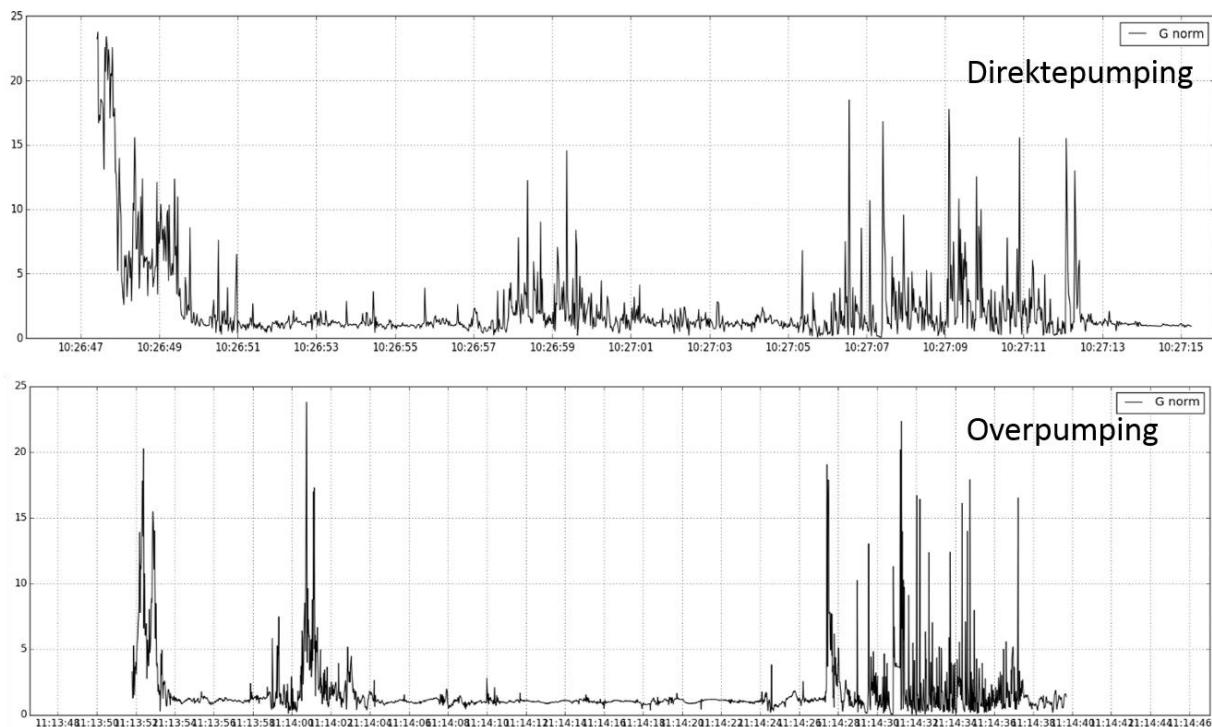
Tabell 12. Akselerasjonskrefter for sensorfisker gjengitt som median, 10 percentil, 90 percentil, integrert G norm og varighet i sekunder. Tall i kursiv markerer 1. generasjons sensorfisk uten lys- og trykksensor – her er tidsrom og varighet i loggedata gitt av medfølgende gen. 2 sensorfisker.

Sensor	Median	90 percentil	Integrert G norm	Varighet [s]	10 percentil
346 direktepumping	1,08	3,6	61,3	18,6	0,52
348 direktepumping	1,05	2,9	53,5	18,6	0,53
360 direktepumping	1,24	4,6	69,1	18,6	0,72
855 direktepumping	1,27	6,9	76,0	18,7	0,59
856 direktepumping	1,11	4,6	61,1	18,1	0,64
Gjennomsnitt	1,15	4,5	64,2	18,4	0,60
Standardavvik	0,09	1,3	7,7	0,30	0,07
354 overpumping	0,87	2,8	77,5	37,9	0,63
359 overpumping	0,99	2,4	75,2	36,8	0,43
854 overpumping	1,05	2,7	17,5	37,6	0,49
853 overpumping	0,93	2,7	17,4	36,8	0,67
857 overpumping	0,98	2,6	67,2	36,0	0,71
Gjennomsnitt	0,96	2,6	50,9	36,8	0,59
Standardavvik	0,06	0,1	27,6	0,65	0,11

Det må tas forbehold om at alle sammenligninger med tidligere forsøk har den svakhet at det ikke ble benyttet sensorikk som gjorde det mulig å time signalet nøyaktig med posisjon og hendelser. Det ble heller ikke benyttet samme fartøy som ved toktet i 2014 (Digre et al. 2015) og faktorer som for eksempel slangedimensjoner og pumpehastigheter er ulike. Dette medfører at forskjeller i gamle og nåværende datasett er vanskelige å påvise. Dersom en sammenligner med resultatene fra toktaktiviteten med forrige sensorfiskversjon (Digre et al. 2015) ser en at målingene med denne sensorfiskversjonen gir kortere varigheten for pumpesekvensene enn ved målinger med forrige versjon (18,4 sekunder mot ca. 26 sekunder ved direktepumping og 36,8 sekunder mot ca. 45 sekunder for overpumping). Målingene viser at en overpumpingsprosedyre bruker ca. dobbelt så lang tid som direktepumping, noe som trolig korresponderer med den ekstra slangelengden ved overpumping (50 meter). Forskjellene i varighet for pumpeprosedyrene mellom toktet i 2014 og 2016 kan gjenspeile at det ble benyttet andre fartøy og annet pumpeutstyr, men det kan også antyde at siden en ikke hadde posisjonsdata for sensorfisken ved toktet i 2014 så kan en ha tatt med overflødig akselerasjonsdata i målingene.

En generell konklusjon fra forsøk i 2014 var at overpumping var assosiert med 29% høyere G-krefter i snitt i forhold til direktepumping. Dette sammenfaller ikke med årets data som viser at integrert G-norm for direktepumping er 26% høyere enn for overpumping. Årsaken til dette er trolig sammensatt, men et par faktorer er (som nevnt) at det her er snakk om andre fartøy, med ulike pumpe-systemer og –kapasitet sammenlignet med forøket i 2016. Også det faktum at det er snakk om relativt lite krefter gjennom hvert scenario gjør at selv små variasjoner utgjør en relativt stor prosentandel ved sammenligning. Det faktum at en ikke kunne posisjonsbestemme sensorfiskmålingene fra toktet i 2014

bør også trekkes frem som en mulig forklaring på hvorfor overpumping var assosiert med høyere G-krefter i snitt i forhold til direktepumping. Det kan med andre ord ha blitt tatt med for mye data under toktet i 2014. Denne antagelsen underbygges ytterligere ved de lengre pumpetidene som ble funnet ved toktet i 2014, til tross for at pumpeutstyret som ble benyttet ved dette toktet og forsøket i 2014 var relativt likt (mht. pumpe diameter, pumpehastighet og lengde på pumpe slange).



Figur 31. Normerte G-krefter ved direktepumping (øverst) og overpumping (nederst) fra start til stopp av sensorfiskmålinger, hvor y-aksen gir G-krefter og x-aksen gir tid.

Eksempelplott fra sensorfisk målinger (fra start til stopp) ved direktepumping og overpumping vises i Figur 31. Data fra G-kraft loggerne viser at fiskene blir utsatt for jevne og lave krefter under pumpeforløpet, både ved direktepumping og overpumping (2,6G for overpumping og 4,5G for direktepumping 90% av tiden). Av figuren ser man at det er tre punkt i pumpeforløpet som påfører fisken mer krefter enn andre både for direktepumping og overpumping. Den første ansamlingen av krefter er ved inngangen i pumpa, den andre ved metallbendet på 180° og den tredje når fisken treffer metallet i silkassen. Ved logging av en sekvens på 120 sekunder under direktepumping av makrell med Christina E i 2012 ble avlevering av sensorfisk til pumpen, fall fra avsilingsrist til bunn av silkeasse og sammenstøt med vannspeilet i lagringstanken dratt frem som mulige årsaker til hvor sensorfisken fikk mest påkjønning. Men, da de ikke kunne posisjonsbestemme fisken i var det vanskelig å si noe mer konkret enn dette.

1.8 Konklusjon

Kort oppsummert viser resultatene fra toktaktiviteten med direktepumping og overpumping følgende:

- Etter nedkjøling til under 0°C fra lasting til lossing av fangsten holdt fangstfartøyet en noe lavere gjennomsnittstemperatur $-1,3 \pm 0,1$ °C i RSW-tanken enn RSW-tanken hos overpumpingsfartøyet på $-1,0 \pm 0,1$ °C.
- Overlevelseshastigheten til fisken avhenger av tiden fisken står i nota. Fra nota ble satt til fisken var ved skutesida tok det 1 time og 26 min. Fisken begynte å dø ut etter 6 min pumpetid, for deretter å øke med tiden. Etter 27 minutter med pumping var 43% av makrellen død. Ved ombordpumping var over 76% av fisken død etter 60 minutters pumping.
- Fisk fra fangstfartøyet hadde en høyere andel ytre fangstskader enn fisk fra overpumpingsfartøyet når fisken ble pumpet om bord. Ved lossing var det derimot ingen forskjell mht fangstskader på fisk fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy.
- Ved måling av enzymaktivitet ble det funnet en høyere aktivitet i buken hos fisken fra fangstfartøyet enn hos overpumpingsfartøyet.
- Både etter pumping og lossing ble det funnet en noe høyere andel av blodflekker hos filetene fra overpumpingsfartøyet enn hos fangstfartøyet. For fileter fra fangstfartøyet ble det observert færre blodflekker etter lagring sammenlignet med rett etter pumping.
- Om bord ble det ikke observert noen forskjell i konsistensen til makrellfiletene fra de to fartøyene. Etter lagring ble filetene fra overpumpingsfartøyet funnet å ha en noe mykere konsistens sammenlignet med filetene fra fangstfartøyet både etter lossing og etter kjølelagring. Konsistensen til filetene ble mykere med tiden.
- Det var ingen forskjell i filetspalting mellom fisk fra de to fartøyene etter ombordtaking, men etter lagring i RSW-tanker hadde overpumpingsfartøyet en noe høyere andel filetspalting. Dette kan skyldes forskjellene i lagringstemperatur ombord.
- Ved teksturmålinger ble det ikke funnet noen forskjell i hardhet mellom filetene fra de to fartøyene, men det ble funnet en forskjell i hardhet mellom de tre lokasjonene. Halepartiet til filetene fra overpumpingsfartøyet var hardere enn filetene fra fangstfartøyet.
- Sensorfiskmålinger viste at 90% av tiden ligger kreftene under 2,6 G normalt for overpumping, mot 4,5 G for direktepumping.
- Varigheten for pumpeprosessen er nøyaktig dobbelt så lang for overpumping ($36,8 \pm 0,65$ sekunder) som ved direktepumping til fangstfartøyet ($18,4 \pm 0,3$ sekunder).

Det er ikke funnet noen entydige forskjeller med hensyn til skader og filetkvalitet mellom fisk som har blitt direktepumpet eller overpumpet til et annet fartøy i dette forsøket. Forskjellene som blir funnet mellom direktepumping og overpumping kan relateres til tiden fangsten ble liggende i nota, da overpumpet fisk blir liggende lengre i nota og dermed har en høyere andel død fisk sammenlignet med makrellen som blir direktepumpet. Videre viser data fra G-kraft logger at fiskene blir utsatt for jevne og lave krefter under pumpeforløpet, både for direktepumping og overpumping. Målinger med logger har likevel vist at det er visse punkt i pumpeforløpet som påfører fisken mer krefter enn andre, som blant annet metalloverganger/bend mellom pumpe-slanger, og møtet med silkassen om bord.

Det ideelle er at fiskerne, en dag i fremtiden, selv kan gå til anskaffelse av en slik sensor. Alle fartøy har sine pumpe-metoder og sine særegne pumpeforløp. Ved å sende sensorfisken gjennom sine pumper og pumpeforløp for å kunne avdekke eventuelle kritiske punkt i pumpeforløpet som en bør være spesielt påpasselig med. Slik at de selv også gjøre tiltak for å forbedre dette.

Kvalitetsanalyser av fangster gjennom sesong

1.9 Forsøkgjennomføring

For å undersøke hvilken effekt ulike pumpeutrustninger har på kvalitet av ringnotfangstet makrell ble det gjennom makrellsesongen 2016, fra slutten av september til midten av oktober, tatt ut fangstprøver fra 5 konvensjonelle fartøy.

En oppsummering av fartøyenes hoveddata og fangstredskap er gjengitt i *Tabell 13*, og informasjon om selve fisket er gitt i *Tabell 14*. Fartøy A, B og C var kystfartøy mens fartøy D og E var større havgående fartøy. Tre av fangstene ble overpumpet, mens de resterende 4 fangstene var direktepumpet. Fartøy A, B og C tok ut prøver ved landanlegg, mens fartøy D og E tok ut fangstene ombord på fartøyet direkte fra avsilingssonen i silkassen. For å få så mye informasjon om fangsten som mulig fikk alle fartøyene tilsendt ett skjema som de skulle fylle ut for fangsten (se vedlegg 3).

Alle fangstprøver ble fryst direkte etter fangst (Fartøy D og E) eller ved landanlegg (Fartøy A, B, og C). Alle fangstprøver ble fraktet fryst til SINTEF Sealab og lagret på frys (-25°C) i 19-30 dager før analyse. Filetene ble tatt opp fra frys dagen før analysene skulle gjennomføres, og ble tint ved romtemperatur over natt (ca. 18 timer) dekket av plast. Ved filetering holdt fisken en temperatur på rundt 0°C, og en del fisk i kassene var fremdeles fryst. For at en skulle få analysert alle prøvene gikk analysene over to dager. Fangstprøver fra fartøy A, B og C ble analysert dag 1 og fangstprøvene fra fartøy D og E ble analysert på dag 2.

Det ble filetert 30-40 fisk fra hver av fangstprøvene. Høyrefiletten ble tørket av med papir for å fjerne overflateblod før filetene ble vurdert for filetspalting, hardhet, blodflekker og avbildet for senere vurdering av farge. Frem til teksturmålinger av filetene ble de lagret under plast på kjøll (4°C).

Tabell 13. Hoveddata og informasjon om fangsthåndteringsystem for de ulike kommersielle fartøyene som sendte råstoffprøver til SINTEF Sealab for vurdering av kvalitet.

	Fartøy A	Fartøy B	Fartøy C	Fartøy D	Fartøy E
Hoveddata					
Byggeår	1988	2016	1999	1994	2013
LOA	19,79	14,95	14,90 m	59,2	76,44 m
Bredde	7,0	6,55	5,05 m	12,0	15,6 m
Dybde	Ikke oppgitt	3,6	3,83 m	7,0 m	9,3 m
Lastekapasitet RSW-tanker	Ikke oppgitt	80 m ³	85 m ³	1417 m ³	2176 m ³
Antall RSW-tanker	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	4	9	11
Hovedmaskin	Ikke oppgitt	370 kW	400 kW	3000 kW	4000 kW
Fangsthåndteringsystem					
Fangstredskap	*Ringnot	*Ringnot	*Ringnot	Ringnot	Ringnot
Lastesystem	Skovlpumpe, 18 tommer	Skovlpumpe, 18 tommer	Skovlpumpe, 18 tommer	Skovlpumpe, Seaquest, 18 tommer	Skovlpumpe, Karm, 18 og 24 tommer
Dimensjon pumpe-slange	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	12 tommer	16 tommer	20 tommer
Total lengde pumpe-slange	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	16 m + 15 m	10 m	16 m
Lossesystem	Vakuumpumpe	Vakuumpumpe	Vakuumpumpe	Vakuumpumpe	Vakuumpumpe
Antall 90° bend	3	3	2	1	2
Antall 45° bend	0	0	1	1	1

*Overpumping av fangst. Oppgitt pumpedimensjon gjengir dimensjon for overpumpingsfartøy da det var denne som ble benyttet. Fartøy A, B og C fikk overpumpet fisk fra Vendla under forskningstoktet. Noe data ble ikke oppgitt fra fartøyene 1 og er gjengitt her som ikke oppgitt.

Tabell 14. Oversikt over fiskeriet for de konvensjonelle fartøyene som sendte inn fangstprøver for kvalitetsvurdering til SINTEF Sealab.

	Fartøy A	Fartøy B	Fartøy C	Fartøy D1	Fartøy D2	Fartøy D3	Fartøy E
Fangst dato	06.10.2016	06.10.2016	06.10.2016	01.10.2016	08.10.2016	11.10.2016	29.09.2016
Fangstposisjon	62° 03 355 N 2° 46 493 S	62° 03 355 N 2° 46 493 S	62° 03 355 N 2° 46 493 S	63° 49 N 0° 08 S	61° 35 N 2° 29 S	61° 19 N 2° 18 S	64° 15 N 1° 33 S
Værforhold, fisket	skiftende bris, bølger >1 meter, 10 m/s	skiftende bris, bølger >1 meter, 10 m/s	skiftende bris, bølger >1 meter, 10 m/s	Nordlig frisk bris, 1-3 meter bølger	Havblikk	Havblikk	Fint
Værforhold, gange til land	Nordøst frisk bris	Nordøst frisk bris	Nordøst frisk bris	Nordlig laber bris, 1-3 m sjø.	Havblikk	Stille	Fint
Tid setting av not	09:00	09:00	09:00	10:37	13:16	12:06	14:20
Tid ved skutestida	10:25	10:25	10:25	5 min	5 min	5 min	15:40
Oppholdstid i not (min)	3t 35 min – 4t 20 min	4t 37 min – 4t 58 min	5t 40 min – 5t 55 min	3t 45 min – 3t 56 min	1t 36 min – 1t 56 min	1t 26 min – 3t 15 min	2t 20 min – 3t 20 min
Lasteoperasjon	Overpumping	Overpumping	Overpumping	Direktepumping	Direktepumping	Direktepumping	Direktepumping
Start ombordpumping	12:35 (stopp i pumping, fett slange 12:43-12:52)	13:37	14:40	11:50	14:20	13:20	16:00
Slutt ombordpumping	13:20	13:58	14:55	12:19	14:40	15:09	17:00
Total pumpetid (min)	45	21	15	29	20	109	60
Pumpetrykk (bar)	50-60	50-60	50-60	130	130	130	120
Pumpehastighet (tonn/min)^a	2,4	2,4	3,3	3,1	3,3	3,9	9,3
Antall kast	1	1	1	1	1	1	1
Total mengde fisk (tonn)	62	140	33	90	65	420	560
Snittvekt fisk (g)	200-400*	200-400*	397	388	384	418	364
Antall RSW-tanker med fisk	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	4	2	1	6	6
Størrelse RSW-tanker (m³)	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	21	168	201	159-211	196-235
Fyllingsgrad av RSW-tank (%)	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	50	30	40	50	24-60
Lagringstid i RSW (timer)	Ca. 40	Ca. 24	Ca. 24	60-67	22	24	16-22
Transporttid til kjøper (timer)	Ca. 40	24	24	24	11	15	16
Innmeldt åteinhold	nei	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	2	2	2	2
Losset brutto (tonn)	62	140	33	95	65	420	571
Kvalitetsavvik hos kjøper	nei	Ikke oppgitt	nei	nei	nei	nei	nei

^a Estimert pumpehastighet beregnet ut i fra total mengde fisk fordelt på pumpetid. *Dette var den minste fisken. Noe data ble ikke oppgitt fra fartøyene i og er gjengitt her som ikke oppgitt.

1.10 Analyser

Analyser av filetkvalitet og teksturanalyser ble gjennomført på n=30-40 fra hvert fangstprøve som forklart i avsnitt 1.5

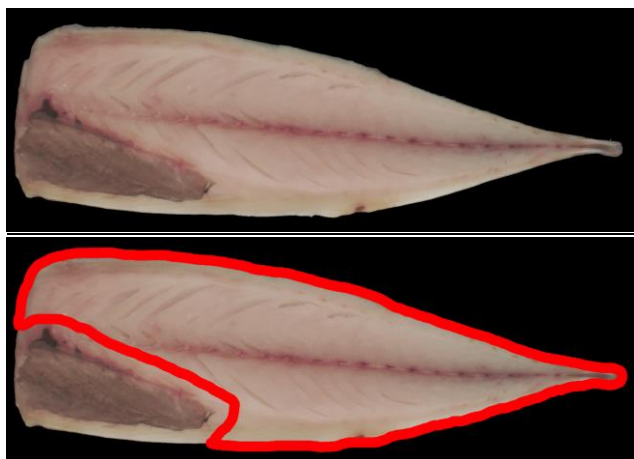
Objektiv vurdering av filetfarge

For avbildning av fileter ble det brukt et Nikon speilreflekskamera i kombinasjon med polarisert blits og linse. Kameraet ble plassert vinkelrett over fisken. Fileten ble plassert på et mørkt, matt underlag for å begrense reflekser fra blits, og tre hvite markører ble plassert i hvert sitt hjørne for å kunne kompensere for variasjoner i styrke på blits. I tillegg ble det før hver økt tatt bilde av en X-Rite ColorChecker som utgangspunkt for fargekalibrering.

Før analyse ble bildene av filet preprosessert for å sikre at fargedataene fra hvert bilde var sammenlignbare med hverandre, og det ble kompensert for eventuelle variasjoner i blitslys og fargevariasjoner i belysning. Råbildene fra kameraet har 14-bit oppløsning per fargekanal. Dette er en unødvendig høy oppløsning for selve fargeanalysen, men nødvendig for å sikre at man ikke mister informasjon når man justerer for blitsintensitet. Snittverdien for hver hvit markør brukes for å finne en oppjusteringsfaktor som sørger for at intensiteten for alle bildene blir lik.

Som nevnt ble hver økt med avbildning startet med å ta bilde av en fargereferanse (X-Rite ColorChecker), som intensiteten justeres på samme måte som over. Hvert referansebilde analyseres for å finne forholdet mellom fargedata i bildet og sRGB referanseverdier gitt av X-Rite. Dette forholdet brukes så til å kalibrere alle bildene i tilhørende økt til korrekt fargeverdier.

Etter fargekalibreringen ble bakgrunnen i bildet (nummertag, hvit markør og matte) fjernet slik at bare fileten er synlig på bildet. For framsiden av fileten ble i tillegg bukhinnen fjernet manuelt som vist i *Figur 32*.



Figur 32. Segmentering av filet. Foto: SINTEF Ocean.

For alle segmenterte fileter ble så snittverdier for følgende fargeverdier beregnet:

- Red (sRGB fargerom)
- Green (sRGB fargerom)
- Blue (sRGB fargerom)
- L* (CIELAB)
- a* (CIELAB)
- b* (CIELAB)
- Chroma ($C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$)

(Ligning 3)

- Whiteness ($W^* = L^* - 3b^*$) (Ligning 4)
- Hue ($H_{ab}^* = \arctan(\frac{b^*}{a^*})$) (Ligning 5)
- Saturation (HSL fargerom) (Ligning 6)

1.11 Resultat og diskusjon

1.11.1 Vurdering av filetkvalitet

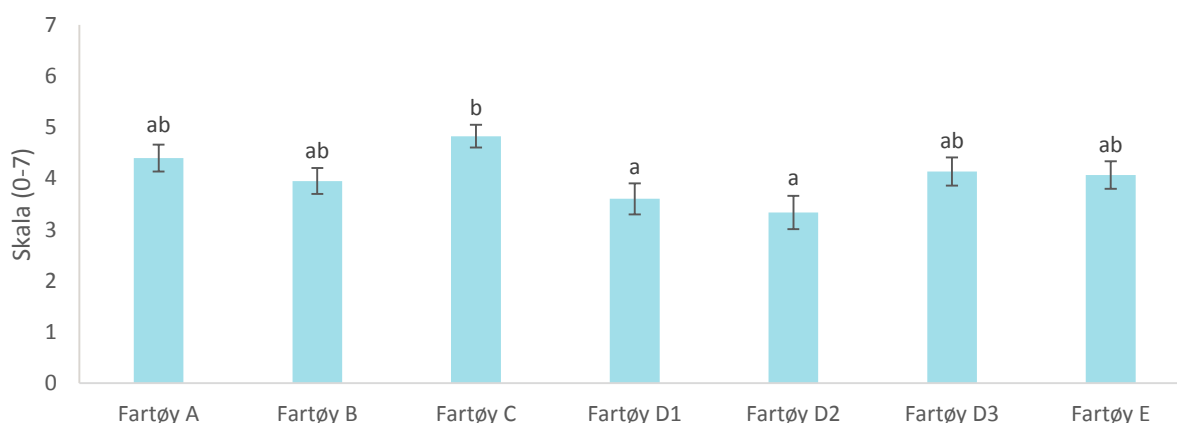
Filetkvaliteten av håndfiletert makrell ble etter tining vurdert sensorisk i laboratoriet. Kvalitetsparameterne som ble vurdert var andel blodflekker, filetkonsistens og filetspalting/gaping av muskelspalter. Før vurdering av tekstur ved nedtrykk ved tre ulike lokasjoner langs filetene, ble filetene avbildet for objektiv vurdering av filetfarge.

1.11.2 Filetspalting

Gaping er kjent for å være en utfordring hos fisk som er fyst, tint og filetert ettersom det ved frysing blir produsert iskrystaller som fysisk bryter opp bindevevet i muskelen, noe som er med på å skape gaping eller spalting av muskelsegmentene (Foegeding, E.A og Lanier, T.C, 1996). Det kan være flere grunner til at filetspalting oppstår som for eksempel lav muskel pH (f.eks. grunnet stress) og høy temperatur (Lavety et al., 1988). Filetspalting er ikke ønskelig ettersom fileten blir mykere og mindre attraktiv for produsenter og forbrukere som ønsker naturlig faste og spenstige fileter.

Sensorisk vurdering av filetene viste at det var mye spalting i fisken, og mellom 30-70% av fangstprøvene ble funnet å ha utpreget eller ekstrem spalting (gaping score > 4). Fangstprøvene fra fartøy D hadde de laveste andelen av filetspalting, med gjennomsnittsverdi for filetspalting tilsvarende 5-6 små spalter og 2 store. Fangstprøven fra fartøy C ble derimot funnet å ha den høyeste andelen av filetspalting med gjennomsnittsverdi som tilsvarer 8-9 små og 4 store spalter (*Figur 33* og *Figur 34*). Se *Figur 27* for eksempel på rangering av fileter.

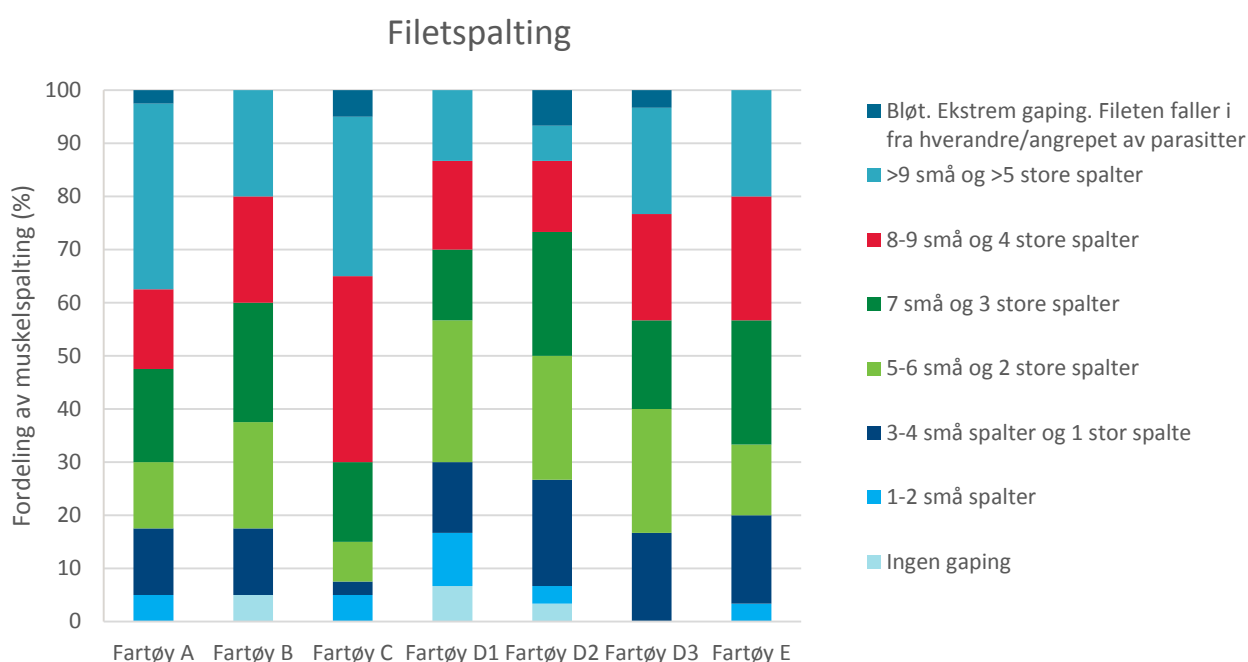
Fartøy C ble funnet å ha en signifikant høyere andel av filetspalting sammenlignet med uttak 1 og 2 fra fartøy D ($p < 0,05$). Ved tidligere vurdering av filetspalting hos makrell er det funnet at andelen av spalter øker med lagringstid. Sensorisk vurdering av makrellfileter fra forsøk med overpumping har vist at det var en økning i andel filetspalting etter lagring sammenlignet med direkte etter ombordpumping (Digre og Aursand 2013, Aursand et al, 2014, Digre et al. 2015, Tveit et al. 2015).



Figur 33. Sensorisk vurdering av filetspalting/gaping i håndfiletert makrell (skala 0-7) etter tining for syv ulike fangstprøver fra makrellsesongen 2016 ($n=30$ fisk fra fartøy D og E og 40 fisk fra de resterende fartøyene). Gjennomsnitt \pm standardfeil (SEM). Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom fangstprøvene fra de ulike fartøyene ($p < 0,05$).

Fangsten fra fartøy A, B og C var alle overpumpet, men det var kun fangsten fra fartøy C som ble funnet å ha en høyere andel av filetspalting sammenlignet med fangstene fra de andre fartøyene ($p < 0,05$). For fartøy C hadde det gått nesten 6 timer fra nota ble satt til fisken ble pumpet ombord. Selv om skipperen kommenterte at all fisk var i live ved ombordtakning så var dette siste rest av

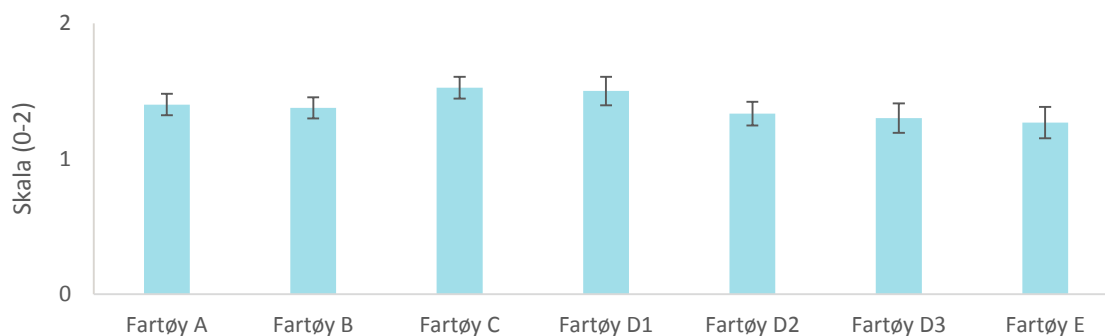
makrell i nota fra ett stort kast (rundt 750 tonn), noe som også kan ha hatt mye å si for kvaliteten. I tillegg ble fisken pumpet ombord med en av de høyeste pumpehastighetene på 3,1 tonn/min. Minst filetspalting ble funnet hos første og andre fangstprøven fra fartøy D. Disse fangstene hadde de korteste oppholdstidene i nota, hver på rundt en og en halv time, og ettersom fangsten var direktepumpet hadde den også et mye kortere pumpeforløp. I tillegg kan den nevnes at dette fartøyet hadde det laveste antallet med metallbend i pumpeforløpet. Tidligere forskning har vist at høye fisketettheter kan kobles til kvalitetsreduksjon som for eksempel filetspalting (Lockwood et al., 1983, Felberg et al. 2009, Huse og Vold 2010, Aursand et al. 2012 og Digre et al. 2014). Korte oppholdstider er også ønskelig, ettersom dødeligheten til fisken øker med tida fisken står i nota (Digre et al. 2015, Digre et al. 2016). Eksempelvis viste Aursand og Bondø (2015) at av to kast fra samme fartøy hadde fangsten fra det minste kastet med den korteste oppholdstida i nota minst filetspalting. De fant også at fisk fangstet med kystfartøy hadde en høyere andel av filetspalting enn fileter fra større havgående fartøy (57% mot 3-8%). Her ble det trukket frem at kystfartøyet har en høye lagringstemperatur (-0,6°C) og brukte lengre tid på å senke temperaturen til under 0°C (6-8t) enn de havgående fartøyene.



Figur 34. Gjennomsnittlig fordeling av fileter fra syv ulike fangstprøver fra fem ulike fartøy gjennom makrellsesongen 2016.

1.11.3 Konsistens

Ved sensorisk vurdering av filetkonsistens ble det funnet at filetene var bløte, men at det ikke var noen forskjell mellom fangstene fra de ulike fartøyene (Figur 35). Totalt fra alle fangstprøvene ble det kun funnet 6 fisk med naturlig konsistens (tilsvarende verdi 0), hvorav fartøy E hadde 3, fangstprøve 1 fra fartøy D hadde 1 og fangstprøve 3 hadde 2. Resterende fisk ble vurdert til verdi 1 tilsvarende "bløt filet" eller verdi 2 "fileten gikk i oppløsning eller var angrepet av parasitt". Tilsammen ble det fra de syv fangstprøvene kun funnet 1-2 fisk som var angrepet av parasitt (Figur 36). Ved å slå sammen alle fangstprøve hadde de fryste makrellfiletene en gjennomsnittlig konsistensverdi på $1,4 \pm 0,0$. Til sammenligning ble makrell fra toktforsøket med direktepumping og overpumping (se del 1 Overpumpingstokt) funnet å ha gjennomsnittlig konsistensverdier på henholdsvis $0,7 \pm 0,1$ og $1,0 \pm 0,1$ etter 4 døgn med kjølelagring ved 4°C.



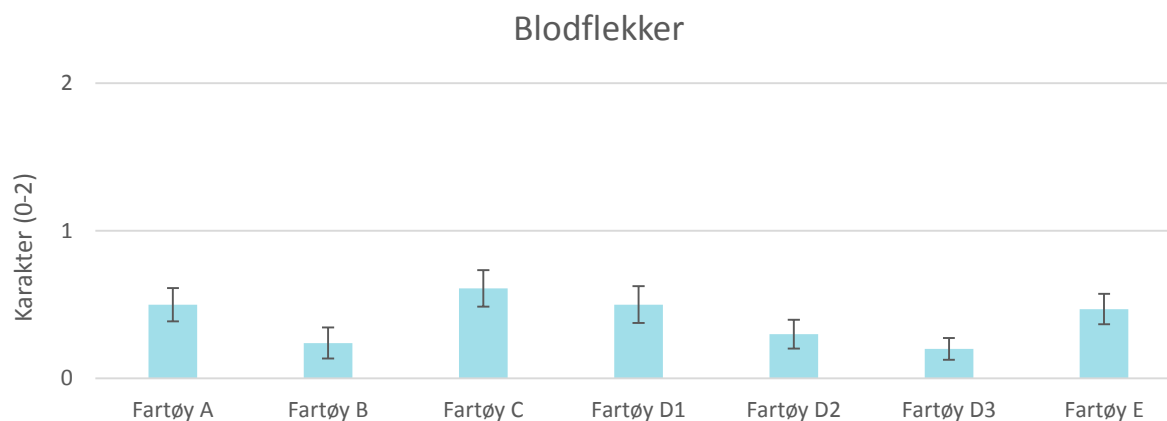
Figur 35. Sensorisk vurdering av konsistens i håndfiletert makrell (skala 0-2) etter tining for syv ulike fangstprøver fra makrellsesongen 2016 (n=30 fisk fra fartøy D og E og 40 fisk fra de resterende). Gjennomsnitt ± standardfeil (SEM).



Figur 36. Eksempel på filet angrepet av parasitt. Foto SINTEF Ocean.

1.11.4 Blodflekker

Ved sensorisk analyse av blodflekker i fileter fra håndfiletert tint makrell ble det funnet blodflekker i 12-58% av fangstprøvene (Figur 37). Andelen av blodflekker i fileterne varierer noe mellom fartøyene, og fartøy C har den høyeste andelen av blodflekker i filetene med $0,6 \pm 0,1$, mens fartøy D3 har den laveste andelen med $0,2 \pm 0,1$. Forskjellen mellom fartøyene er derimot ikke signifikant. Fartøyene med den laveste andelen av blodflekker er i samme område som filetene fra fangstfartøy ($0,2 \pm 0,0$) og overpumpingsfartøy ($0,4 \pm 0,1$) ved om bordtakning under overpumpingsfrosøket (avsnitt 1.7.7.1). Aursand og Bondø (2012) fant heller ikke signifikante forskjeller i andelen blodflekker i makrellfileter fra kyst- og havgående fartøy, og oppgav at andelen blodflekker varierte mellom 0,0 til 0,13 (på skala fra 0-3).



Figur 37. Sensorisk vurdering av blodflekker av håndfiletert makrell (skala 0-2) etter tining for syv ulike fangstprøver fra makrellsesongen 2016 (n=25-40). Gjennomsnitt ± standardfeil (SEM).

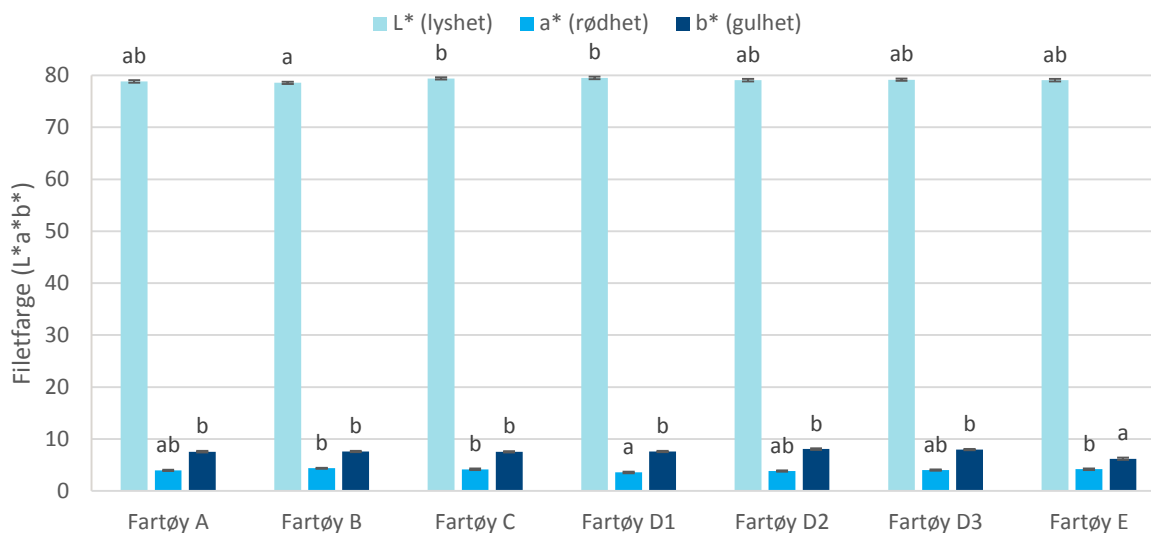
1.11.5 Objektiv vurdering av filetfarge

Alle fileter ble avbildet for objektiv vurdering av filetfarge. Resultater for gjennomsnittlige CIE L* (lyshet), a* (rødhet) og b* (gulhet) verdier for de 7 ulike fangstprøvene av makrell er gjengitt i figur 32. I Tabell 15 og Figur 38 er CIE L*a*b*- verdier gjengitt sammen beregnede gjennomsnittsverdier for fargemetning (C_{ab}^*), hvithet (W) og fargetone (H_{ab}°).

Tabell 15. Objektiv vurdering av filetfarge. CIE L*a*b* av 7 forskjellige fangster av makrellfileter. Kun høyrefiletten av tinte makrellfileter ble vurdert. Gjennomsnittsverdier ± SEM. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom de ulike fangstene. p-verdier er gjengitt fra Kruskal Wallis test.

Parameter	L* (lyshet)	a* (rødhet)	b* (gulhet)	C_{ab}^* (fargemetning)	W (hvithet)	H_{ab}° (fargetone, °)	N
Fartøy A	78,8 ± 0,2 ^{ab}	4,0 ± 0,1 ^{ab}	7,6 ± 0,1 ^b	8,9 ± 0,1 ^{bc}	56,1 ± 0,4 ^{ab}	63,5 ± 1,0 ^{bc}	20
Fartøy B	78,6 ± 0,2 ^a	4,4 ± 0,1 ^b	7,6 ± 0,1 ^b	9,4 ± 0,1 ^{bc}	55,8 ± 0,3 ^{ab}	62,9 ± 0,8 ^{bc}	31
Fartøy C	79,4 ± 0,2 ^b	4,2 ± 0,2 ^b	7,5 ± 0,1 ^b	9,0 ± 0,1 ^{bc}	56,8 ± 0,4 ^b	62,7 ± 0,9 ^b	39
Fartøy D1	79,5 ± 0,2 ^b	3,6 ± 0,2 ^a	7,6 ± 0,1 ^b	8,8 ± 0,1 ^b	56,7 ± 0,4 ^b	66,6 ± 0,9 ^c	30
Fartøy D2	79,1 ± 0,2 ^{ab}	3,8 ± 0,1 ^{ab}	8,1 ± 0,2 ^b	9,3 ± 0,1 ^{bc}	54,8 ± 0,4 ^a	65,9 ± 0,8 ^{bc}	30
Fartøy D3	79,2 ± 0,2 ^{ab}	4,0 ± 0,1 ^{ab}	8,0 ± 0,1 ^b	9,4 ± 0,1 ^c	55,3 ± 0,3 ^{ab}	65,2 ± 0,9 ^{bc}	30
Fartøy E	79,1 ± 0,3 ^{ab}	4,2 ± 0,2 ^b	6,2 ± 0,2 ^a	7,9 ± 0,2 ^a	60,5 ± 0,7 ^c	58,5 ± 1,1 ^a	30
p-verdi	0,034	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tidligere forsøk med fargemålinger av makrellfileter har vist at filetene ofte blir mørkere mot sporden på fileten noe som antas å komme av at tykkelsen av den lyse muskelen avtar mot sporden, slik at den mørke muskelen skinner gjennom (Digre et al. 2010). I dette forsøket ble det derimot ikke valgt å måle fargeverdier i gitte områder på fileten, men å heller ta utsnitt av hele fileten, for så å gjengi gjennomsnittsverdier for CIE L*a*b*-verdier for hele fileter (se 1.10 analyser).



Figur 38. Objektiv vurdering av filetfarge. CIE L*a*b* av 7 forskjellige fangster av makrellfileter. Kun høyrefiletten av tinte makrellfileter ble vurdert. Gjennomsnittsverdier ± SEM. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom de ulike fangstene.

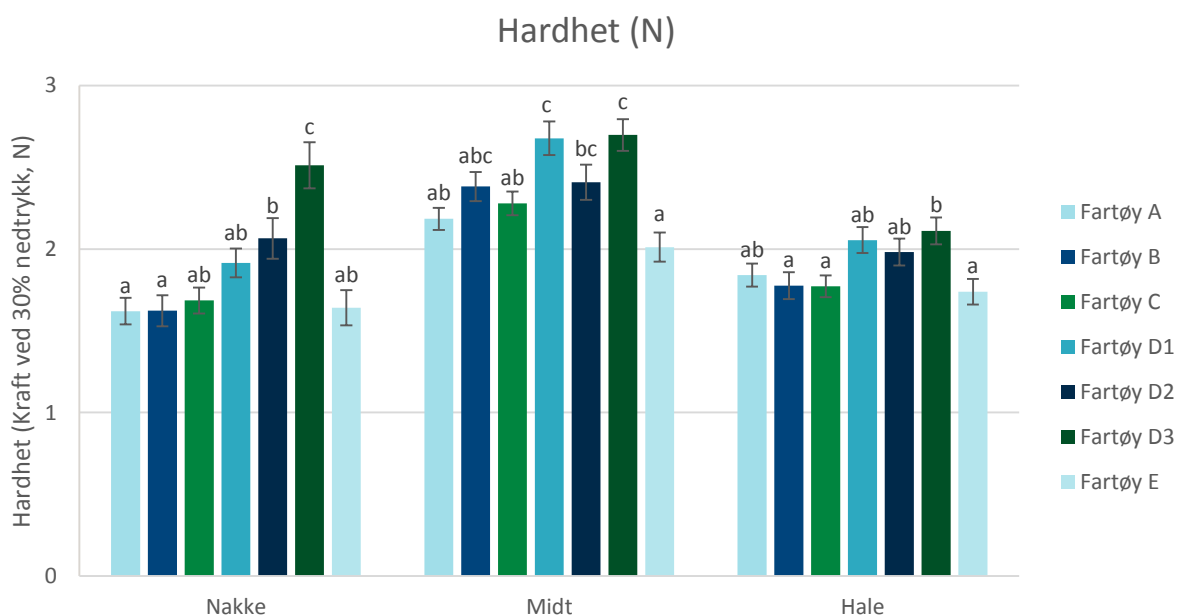
Med hensyn til rødhet i filetene kommer fangsten til fartøy B etterfulgt av fartøy C og E dårligst ut, og filetene er signifikant rødere enn fangst 1 fra fartøy D. Ved visuell vurdering av filetene (se avsnitt 1.11.4), ble fartøy C funnet å ha den høyeste andelen av blodflekker i filetene, mens fartøy B og D3 og D2 hadde de laveste verdien for blodflekker. Selv om filetene fra fartøy B ble funnet å ha minst blodflekker ble de ved objektiv vurdering funnet å ha de rødeste filetene. Dette kan forklares ved at gjenværende overflateblod, som en kan se bort ifra ved visuell vurdering av filetene, ikke kan velges

bort ved objektive vurderingen av filetene. En del av filetene var veldig røde, og siden filetene i dette tilfellet ikke ble vasket, men tørket med papir, er det fremdeles overflateblod tilstede på filetene. Rødhet av filetene gjengir total rødhet i filetene både blodflekker og gjenværende overflateblod. Ved vurdering av lyshet (L^*) ble derimot filetene fra fartøy A og B funnet å være de lyseste, og filetene fra fartøy C og uttak 1 fra fartøy D mørkest ($p < 0,05$). At filetene fra fartøy B ble funnet å være lysest, og rødest, kan bidra til å understreke effekten av overflateblod, da fileten ellers var lysere. Til sammenligning rapporterte Fagan et al. (2003) i sitt studie kvalitetsparametere av makrell, gjennomsnittsverdier for L^* , a^* , b^* på henholdsvis 40,6, 4,5 og 7,9 for vurdering av fryste makrellfileter.

Fra verdiene for hvithet ble det funnet at fartøy E gav de hviteste filetene, mens fangst 2 fra fartøy D gav de minst hvite filetene, etterfulgt av fangst 1 på fartøy D og fartøy C. Gulhet (b^*) av filetene er en parameter som ikke kan sees med det blotte øye, men som mulig kan bidra til å endre opplevelsen av hvithet i fileten. Dette kan ha bidratt til at fileter fra fartøy E skilte seg signifikant ut med omsyn til fargemetning, hvithet og fargetone fra de andre fangstene ($p < 0,05$, ligning 3-6). Dette er spesielt relevant med tanke på at filetene fra denne fangsten ble funnet å være de rødeste. Kombinert med den lave verdien for gulhet kommer denne fangsten ut som den hviteste ($p < 0,05$).

1.11.6 Teksturanalyse av fileter

Resultatene for hardheten til filetene fra de ulike fartøyene med nedtrykk i nakke-, midt- og haleparti av filetene er gjengitt i *Figur 39*. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom filetene fra de ulike fartøyene ved alle de tre lokasjonene ($p < 0,05$), og gjennomsnittlig hardhet varierte fra 1,6 N til 2,5 N i nakken, fra 2,0 N til 2,7 N i midten, og fra 1,7 N til 2,1 N i halen. Prøvene fra fartøy D skiller seg ut fra de andre ved å ha hardere fileter sammenlignet med de andre fartøyene. Den tredje fangstprøven (D3) gav de hardeste filetene for alle tre lokasjonene ($p < 0,05$). Videre ble det funnet at filetene fra fartøy A, B, C og E gav de mykeste filetene. Fartøy A og B hadde de mykeste filetene i nakkeregionen med gjennomsnittlig hardhet på 1,6 N. I midten ble fartøy E funnet å gi de mykeste filetene med gjennomsnittlig hardhet på 2,0 N. Tilsvarende ble fartøy B, C og E funnet å ha de mykeste filetene i halepartiet med gjennomsnittlig hardhet på 1,8 N. Ved sensorisk vurdering av konsistens ble det derimot ikke funnet noen signifikant forskjell i konsistens mellom fangstprøvene fra de ulike fartøyene (se avsnitt 1.11.3).



Figur 39. Tekstur målt som hardhet av makrellfilet ved nedtrykk til 30% av prøvetykkelsen. Sammenligning mellom tre ulike lokasjoner på fileten for syv ulike fangstprøver fra fem ulike fartøy ($n=30-40$). Gjennomsnitt \pm

standardfeil (SEM). Store bokstaver angir signifikante forskjeller mellom fartøy ($p < 0,05$), og små bokstaver angir forskjeller mellom de ulike lokasjonene for hver av dropphøydene.

Sammenlignet med tidligere målinger på "ferske" og kjølelagrede makrellfileter, er disse verdiene for hardhet lavere. Dette er å forvente ettersom disse målingene ble gjort på tinte makrellfileter. Gaping er kjent for å være en utfordring hos fisk som er fryst, tint og filetert ettersom det ved frysing blir produsert iskrystaller som fysisk bryter opp bindevevet i muskelen. Slik oppstår gaping eller spalting av muskelsegmentene, noe som gjør at fileten blir oppfattet som mykere (Foegeding, E.A og Lanier, T.C, 1996).

1.12 Konklusjon

Kort oppsummert viser resultatene fra kvalitetsanalyser av fangstprøver følgende:

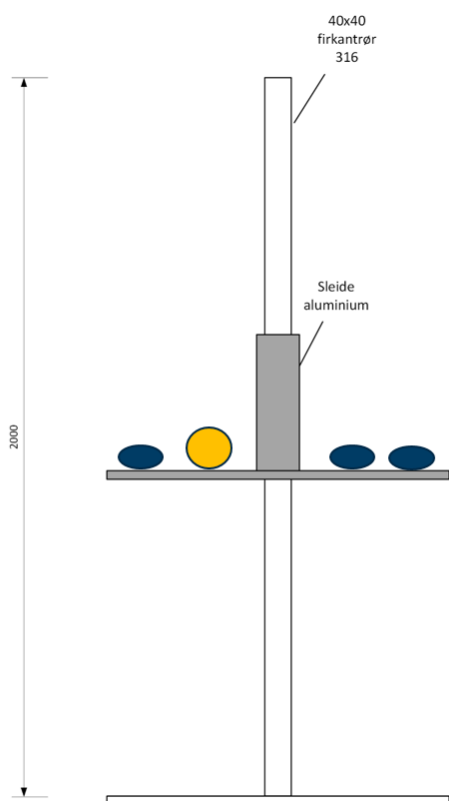
- Sensorisk vurdering av filetene viste at det var mye spalting i fisken, og mellom 30-70% av fangstprøvene ble funnet å ha utpreget eller ekstrem spalting (gaping score > 4).
- Fangstprøvene fra fartøy D hadde de laveste andelen av filetspalting, med gjennomsnittsverdi for filetspalting tilsvarende 5-6 små spalter og 2 store. Fangstprøven fra fartøy C ble derimot funnet å ha den høyeste andelen av filetspalting med gjennomsnittsverdi som tilsvarer 8-9 små og 4 store spalter.
- Filetene var gjennomgående av bløt karakter, og det var ikke noen forskjell mellom de ulike fartøyene.
- Det ble ikke funnet forskjell i andelen blodflekker i filetene fra de 7 ulike fangstprøvene, og det ble funnet blodflekker i 12-58% av fangstprøvene.
- Ved objektiv vurdering av filetfarge ble det funnet en signifikant forskjell i både rødhet, lyshet, gulhet, fargemetning, hvithet og fargetone mellom fangstprøvene. Fartøy B hadde de rødeste filetene, og fangst 1 fra fartøy D de minst røde. Ved vurdering av lyshet (L^*) ble derimot filetene fra fartøy A og B funnet å være de lyseste, og filetene fra fartøy C og uttak 1 fra fartøy D mørkest. Fra verdiene for hvithet ble det funnet at fartøy E gav de hviteste filetene, mens den andre fangsten fra fartøy D gav de minst hvite filetene.
- Det ble funnet signifikante forskjeller mellom filetene fra de ulike fartøyene ved alle de tre lokasjonene. Prøvene fra fartøy D skiller seg ut fra de andre ved å ha hardere fileter sammenlignet med de andre fartøyene.

Med omsyn til filetkvaliteten til fangstprøvene kommer fangstene fra fartøy D best ut. Fartøyet gav fileter med de minst røde filetene med best tekstur og laveste andelen av filetspalting. Disse fangstene hadde de korteste oppholdstidene i nota (1t og 36 min – 1t og 56 min for fangst D2, 3t og 45 min – 3t og 56 min for fangst D1), og direktepumping av fangsten gav et mye kortere pumpeforløp. Videre kan det nevnes at fartøyet også hadde det laveste antallet med metallbend i pumpeforløpet.

Laboratorieforsøk med rigg

1.13 Forsøk gjennomføring.

Det ble gjennomført droppstest av rund makrell fra rigg i laboratoriet. Hensikten med forsøket var å undersøke hvordan mekaniske krefter av en kjent kraft påvirker kvaliteten av makrell. Dropptesten ble gjort ved å feste både makrell og sensorfisk til en sleide (*Figur 40*) i aluminium og slippe denne fra varierende høyder. Det ble besluttet å slippe sleiden fra 5 ulike høyder; 0 cm 30 cm 80 cm, 130 cm og 180 cm. Disse høydene ble valgt på grunnlag av at dropphøyder på 30 cm og 80 cm gjengir høyden på reelle dropp som fisken kan utsettes for i ett pumpeforløp, 0 cm består av fisk som ikke ble utsatt for denne typen g-krefter, mens dropp fra 130 og 180 cm representerer ytterpunktene av skalaen (worst case). Sensorfisk og makrell ble plassert side om side på platen som så ble sluppet kontrollert ned fra bestemte høyder. Sensorfisken ble festet til platen med strips, mens rund makrell ble plassert i halvparten av et sylindrerformet rør som var stripset fast til platen. Dette ble gjort for å unngå å påføre fisken skader ved å bruke strips.



Figur 40. Skisse over rigg nyttet for droppstest med sensorfisk og makrell i laboratoriet. Tegning: Torfinn Solvang Garten, SINTEF Ocean.

Det er her viktig å presisere at fisken som ble benyttet i dette forsøket var død, og ikke levende slik som mye av fangsten som blir pumpet ombord på ringnotfartøy er. Det ble likevel valgt å gjennomføre dette laboratorieforsøket da denne fisken fremdeles er representativ for deler av fangsten som pumpes om bord når den er død.

1.14 Råstoff og analyser

Fersk ringnotfangstet makrell fra M/Tr Isafold i størrelse 200-400 gram ble pakket i fire isoporkasser med plast og kjøleelementer som vist i *Figur 41* og sendt fra Nils Sperre utenfor Ålesund med hurtigruten til Trondheim. Fisken ble kjølelagret (ca. 4°C) under transport og ved forsøksstart hadde

makrellen overflatetemperaturer på mellom 2,6 °C og 4,7 °C. Fra fisken ble losset i Ålesund til forsøksstart ved laboratoriet tok det ca. 20 timer. Makrellen hadde en gjennomsnittlig lengde på $29,8 \pm 0,2$ cm og en gjennomsnittsvekt på $286,1 \pm 4,3$ g.



Figur 41. Fersk rund makrell fra M/Tr Isafold pakket i isoporkasser med plastdekke. Foto: SINTEF Ocean.

Fisken ble analysert gruppevis ($n=20-25$), og isoporkassene stod på kjøll (4°C) frem til analyse. Overflatetemperaturer til fisken i kassene ble målt og fisken ble vurdert for ytre skader før de ble droppet med rigg fra de ulike høydene. Etter dropp ble andelen av ytre skader vurdert på nytt før fisken ble filetert og andelen filetspalter og konsistensen vurdert. Filetene ble avbildet, og lagret på kjøll under plastdekke frem til at det ble målt tekstur av filetene. Se avsnitt 1.5 for gjennomføring av kvalitetsanalyser for ytre skader, filetkvalitet og teksturanalyser. Fra makrellen ble tatt ut av kassen til de ble lagt på kjøll i avvente av teksturanalyser tok det ca. en time.

1.15 Registeringer med sensorfisker

Dropp testen ble gjennomført med samme sensor som benyttet i felt. Disse sensorene har som nevnt maksimalt måleområde på $\pm 16\text{G}$. Allerede på dropp fra 30 cm høyde gikk målingene fra sensoren i metning, og ga dermed ikke en god beskrivelse av testen. For å finne en omtrentlig tilnærming til hvilke krefter som ble påført filetene, er dette gjort ut fra en teoretisk estimering, der det kun er benyttet tid fra sensorenes måledata, ikke kraft.

1.16 Estimering av akselerasjon i forsøk med sensorfisk i dropprigg

1.16.1 Forbehold, antakelser og begrensninger

Det følgende estimatet av akselerasjonen i forsøk med sensorfisk er basert på en svært forenklet modell. Beregningen er utført for å anslå omtrentlig størrelsesorden på maksimal akselerasjon, da sensordataene fra forsøket hadde både for lav målefrekvens og heller ikke var i stand til å måle høye nok verdier.

I realiteten består systemet av to objekter som faller og treffer en flate, nemlig sensorfisken og sleden. Dette burde modelleres som to separate masser som treffer underlaget, med krefter som virker mellom underlag og slede, og mellom slede og sensorfisken. Det er imidlertid for få randbetingelser til å kunne bestemme bevegelsen til et slikt system. Vi gjør derfor en forenkling og ser på sensorfisken og sleden som en enhet og modellerer bevegelsen til denne. Dette må forventes å gi avvik i resultatene.

Sammenhengen mellom kompresjonen av sensorfjæren, treffflaten for sleden og kreftene på disse og i tillegg hvordan tapet av kinetisk energi er gjennom kollisjonen er ikke kjent i detalj. Vi bruker derfor en enkel modell som en første ordens beskrivelse av bevegelsen.

1.16.2 Randbetingelser

Vi deler inn tidsaksen som følger:

- $t < 0$: Systemet er i fritt fall.
- $t = 0$: Systemet treffer underlaget.
- $0 < t < t_1$: Systemet er i kontakt med underlaget. Først komprimeres og bremses det, og så ekspanderer det igjen. Ekspansjonen gir systemet en akselerasjon oppover.
- t_1 : Systemet mister kontakt med underlaget (det spretter).
- $t_1 < t < t_2$: Systemet er i fritt fall.
- t_2 : Systemet treffer underlaget for andre gang.

Dersom systemet slippes fra en høyde h kan vi beregne hastigheten ved første treff ($t = 0$) ut fra energibevaringsligningen

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$$

hvor m er massen, $v_0 \equiv v(0)$ er hastigheten og $g \approx 9.81 \frac{m}{s^2}$ er tyngdeakselerasjonen. Dette gir at

$$v_0 = \sqrt{2gh},$$

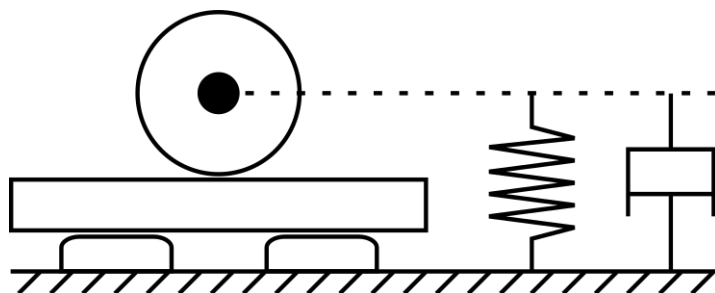
hvor vi har definert positiv retning nedover. Hastigheten i motsatt (negativ) retning ved $t = t_1$ kan beregnes på bakgrunn av at systemet er i fritt fall mellom det tidspunktet og t_2 . Det er da under konstant akselerasjon g , og om vi ser bort fra luftmotstand tilsier energibevarelse at det vil ha samme hastighet i positiv retning igjen ved $t = t_2$. Dermed får vi at

$$v(t_2) - v(t_1) = -2v(t_1) = g \cdot (t_2 - t_1),$$

altså

$$v_1 \equiv v(t_1) = -g \frac{t_2 - t_1}{2}.$$

1.16.3 Modell



All den tid systemet er i kontakt med underlaget, altså i tiden $0 < t < t_1$, antar vi her at strukturen mellom akselerometeret og underlaget oppfører seg som en dempet fjær. Bevegelsesligningen blir dermed en annen ordens lineær differensialligning som kan skrives på formen

$$\ddot{x} + a\dot{x} + bx = 0,$$

der $x(t)$ er avstanden mellom akselerometeret og underlaget, og a og b er konstanter. Konstantene er i utgangspunktet gitt ved systemets masse, fjærstivheten og dempingskoeffisienten. Vi kjenner ikke de to sistnevnte, men det er ikke så viktig, da vi skal bestemme dem på annet vis.

Ettersom systemet spretter opp igjen etter første treff vet vi at det er *underdempet*, altså at det oscillerer noen ganger før det faller til ro. I dette tilfellet har differensialligningen løsninger på følgende form:

$$x(t) = e^{-\frac{at}{2}}(A \cos \omega t + B \sin \omega t)$$

Her er også A , B og ω konstanter. Førstnevnte kan bestemmes ut fra initialbetingelsen $x(0) = 0$, altså at systemet ikke er komprimert idet det treffer underlaget. Dette gir umiddelbart at $A = 0$. Uttrykket kan dermed forenkles til:

$$x(t) = B e^{-\frac{at}{2}} \sin \omega t$$

Ved derivasjon en og to ganger får vi henholdsvis hastigheten og akselerasjonen:

$$v(t) = \dot{x}(t) = B e^{-\frac{at}{2}} \left(\omega \cos \omega t - \frac{a}{2} \sin \omega t \right)$$

$$a(t) = \ddot{x}(t) = B e^{-\frac{at}{2}} \left[\left(\frac{a^2}{4} - \omega^2 \right) \sin \omega t - a \omega \cos \omega t \right]$$

Tiden fra første treff og til systemet letter igjen utgjør en halv svingeperiode. Dermed er vinkelfrekvensen gitt ved

$$\omega = \frac{\pi}{t_1}$$

Konstanten B kan bestemmes ved den neste initialbetingelsen, som er at $v(0) = v_0$. Da får vi:

$$B = \frac{v_0 t_1}{\pi}$$

Den siste konstanten, a , finner vi ved å bruke betingelsen $v(t_1) = v_1$, som gir:

$$a = \frac{2}{t_1} \ln \frac{v_0}{(-v_1)}$$

1.16.4 Beregning av maksimal akselerasjon

Den maksimale akselerasjonen finner vi når den deriverte av akselerasjonen, gitt ved

$$\dot{a}(t) = \ddot{\ddot{x}}(t) = B e^{-\frac{at}{2}} \left[\left(\frac{3a^2}{4} - \omega^2 \right) \omega \cos \omega t + \left(\frac{3}{2} \omega^2 - \frac{a^2}{8} \right) a \sin \omega t \right]$$

, er null. Vi finner tidspunktet for maksimal akselerasjon, t_{max} , ved å sette dette uttrykket lik null og løse for t . Løsningen er gitt ved:

$$t_{max} = \frac{1}{\omega} \tan^{-1} \left[\frac{(8\omega^2 - 6a^2)\omega}{(12\omega^2 - a^2)a} \right]$$

Fra forsøkene får vi følgende estimater:

h	t_1	t_2	v_0	v_1	B	omega	a	t_max	a_max	g_max
(m)	(ms)	(ms)	(m/s)	(m/s)	(m)	(1/s)	(1/s)	(s)	(m/s^2)	
0,30	59	184	2,4	-0,6	0,0456	53,247	46,6263	0,00625	-121,90	-12,4
0,80	70	317	4,0	-1,2	0,0883	44,88	33,8519	0,01089	-158,03	-16,1
1,30	81	395	5,1	-1,5	0,1302	38,785	29,3226	0,01255	-174,22	-17,8
1,80	87	437	5,9	-1,7	0,1646	36,11	28,5456	0,01223	-193,79	-19,8

Vi ser altså at, ut fra denne teoretiske tilnærmingen, dropphøydene 30 til 180 cm tilsvarer et spenn i G-krefter fra omtrent 12 til 20 G. Dette er uansett en test i luft, på tint makrellfilet, og har dermed mange tilnærminger en bør ha i bakhodet når en analyserer dataene og vurderer de opp mot reelle påkjenninger på levende, pumpet makrell.

1.17 Resultat og diskusjon

1.17.1 Fangstskader før og etter forsøk på fersk makrell

Det ble gjennomført vurdering av ytre skader på all fisk før og like etter dropp med rigg. Det var så å si ikke forskjeller i andelen ytre skader på makrellen før og etter dropp med rigg. All fisk hadde synlige skader på finner og blod på finner. Det var også en del klemskader på fisken før forsøksstart, og det ble ikke observert nevneverdig forskjell i andelen klemskader etter dropp. Under vurdering av fisken ble det observert en del rifter i skinn hos makrellen etter dropp fra 130 cm og 180 cm. Dette kommer ikke frem av resultatene i *Tabell 16*, da det kun ble registrert om det var skader på skinn eller ikke, og ikke hvor store de ytre skadene var. Et eksempel på rifter i skinn som oppstod etter dropp med rigg er vist i *Figur 42*.

Tabell 16. Oversikt over gjennomsnittlig andel av ytre fangstskader hos makrell før og etter dropp ($n=120$) gitt i prosent.

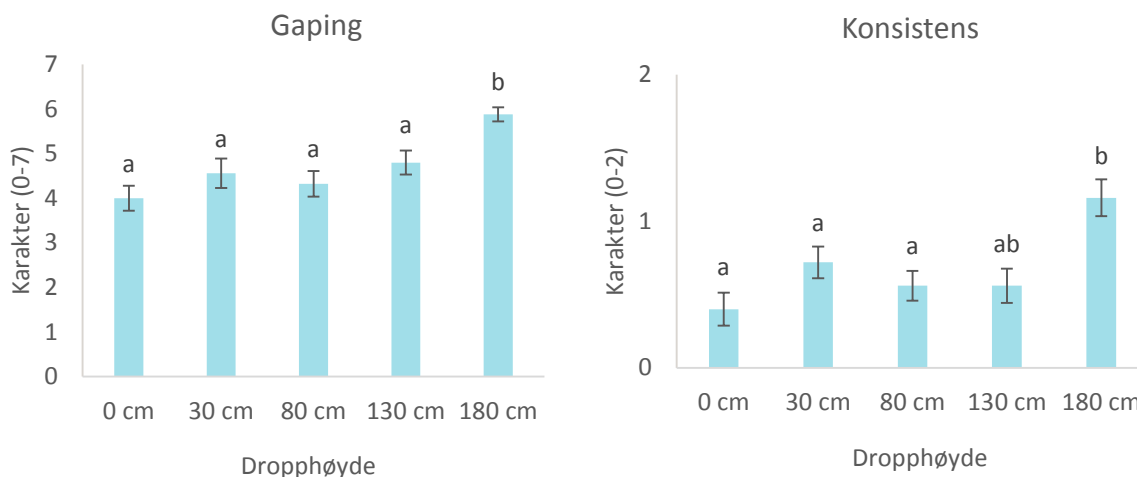
Gruppe	Skader skinn (%)	Skader finner (%)	Klemskade (%)	Blod på skinn (%)	Blod på øyne (%)	Blod på gjellelokk (%)	Blod på finner (%)
Før dropp	78	100	35	7	47	51	100
Etter dropp	77	100	31	7	48	58	100



Figur 42. Eksempel på skader på skinn hos makrell som ble droppet med rigg fra 180 cm. Foto: SINTEF Ocean.

1.17.2 Filetkvalitet

Ved vurdering av filetspalting ble det funnet at andelen gaping økte med dropphøyden fisken ble utsatt for ($p>0,05$) (*Figur 43*). Likevel er det kun fileter fra dropp med rigg på 180 cm som har en signifikant høyere andel med gaping sammenlignet med de andre gruppene. Det bør også nevnes at alle gruppene hadde en høy andel gaping, med gjennomsnittsverdier på over 4 (tilsvarer 7 små spalter eller 3 store spalter i fileten). De høye verdiene for filetspalting er i samsvar med tidligere studier av fisk, hvor kjølelagring er funnet å gi en høyere andel gaping i filetene (Bremner og Hallett 1985, Fletcher et al. 1997, Espe et al. 2004). Til sammenligning kan det nevnes at makrellfileter filetert like etter ombordtakning og ved landing på mottaksanlegg ble funnet å ha verdier for gaping på henholdsvis mellom 1-2 og rundt 3 (Digre et al. 2016).

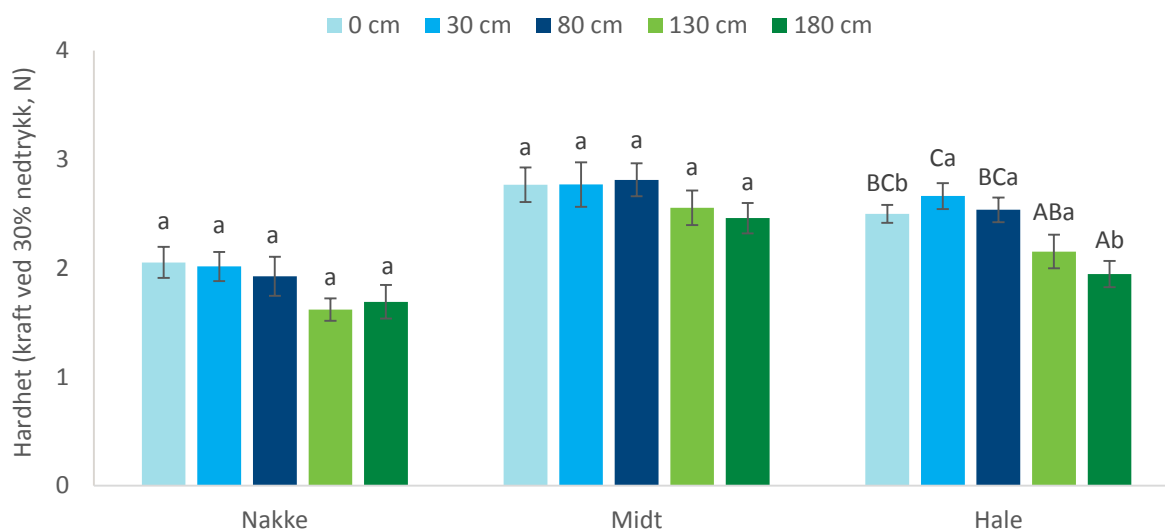


Figur 43. Filetkvalitet på ringnotfangstet makrell etter dropp med rigg fra 0 cm, 30 cm, 80 cm, 130 cm og 180 cm. Filetkvalitetsparameterne gaping av fileten (skala 0-7) og konsistens (skala 0-2) er gjennnitt for forsøket. Gjennomsnitt \pm standardfeil (SEM). Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom dropphøyder ($p < 0,05$).

Ved sensorisk vurdering av filetkonsistens ble fileter droppet fra 180 cm funnet å være signifikant bløtere enn de resterende filetene ($p < 0,05$). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom fileter fra de resterende høydene (0 cm, 30 cm, 80 cm og 130 cm). For både konsistens og gaping er det tydelig at fileter droppet fra 180 cm skiller seg ut fra de resterende filetene.

1.17.3 Tekstur

Ved teksturmålinger ble det funnet at gjennomsnittlig hardhet varierte mellom 1,6 N til 2,1 N i nakken, 2,5 N til 2,8 N i midten og fra 1,9 N til 2,7 N i halen av fileten ved dropp fra ulike høyder (Figur 44). For målinger i nakke og midt på fileten ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i hardheten til filetene som ble droppet fra ulike høyder.



Figur 44. Tekstur målt som hardhet av makrellfilet ved nedtrykk til 30% av prøvetykkelsen. Sammenligning mellom tre ulike lokasjoner på fileten for dropp fra 0 cm, 30 cm, 80 cm, 130 cm og 180 cm ($n = 20-25$). Gjennomsnitt \pm standardfeil (SEM). Store bokstaver angir signifikante forskjeller mellom dropp høyder ($p < 0,05$), og små bokstaver angir forskjeller mellom de ulike lokasjonene for hver av dropphøydene.

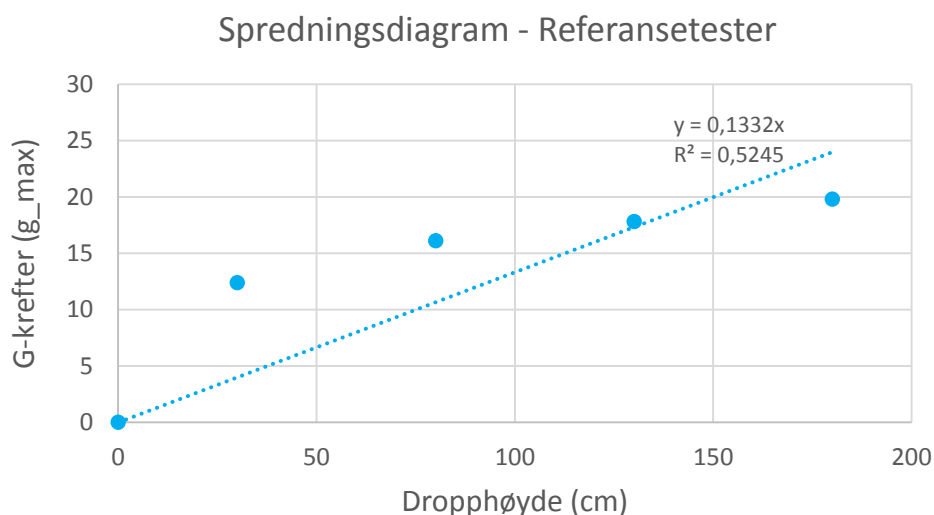
Men, det var en nedadgående tendens i hardhet ettersom høyden på droppet økte, men denne forskjellen var ikke signifikant. For måling av hardhet i halen ble det funnet en signifikant forskjell mellom filetene hvor filetene ble mykere dess høyere dropp de ble utsatt for. Dropp fra 180 cm gav fileter med mykest hale, og dropp 30 cm gav de hardeste. Generelt var det liten forskjell i hardhet i fileter fra makrell som ble droppet fra 0 cm, 30 cm og 80 cm.

1.17.4 Evaluering med G-kraftloggere

Fall fra 130 og 180cm høyde i luft fremsto som svært brutale sammenstøt. Dette gjenspeiles i akselerasjonsdataene som allerede ved 30 cm passerte 16G. De teoretiske beregningene ut fra en forenklet modell er trolig underestimerer. Konklusjoner fra disse tallene må derfor tas med forbehold. I tillegg må det nevnes at eventuelle skader i kjøttkvalitet fra rask oppbremsing av en rund, død makrell mot en plate ikke nødvendigvis gjenspeiler godt tilsvarende endring i kjøttkvalitet ved pumping av levende eller halvdød makrell i vann. Denne sammenligningen er imidlertid svært vanskelig, og dette eksperimentet var et forsøk på en tilnærming.

1.17.5 Datasammenligning

Ved å sammenligne de beregnede teoretiske verdiene for G-krefter sensorfisker ble utsatt for i laboratoriet ved dropp fra kjente høyder kan man prøve å si noe om den relative påkjenningen fisken ble utsatt for under pumpeforløpet under direktepumping og overpumping i del 1. For å finne den lineære sammenhengen ble de teoretisk beregnede verdien plottet i et punktdiagram (*Figur 45*) for deretter å gjøre en lineær regresjonsanalyse der en tar utgangspunkt i gjennomskjæring av aksene i punktet 0, slik som Aursand et al. (2012) gjorde for sine data fra forsøk med den første versjonen av sensorfisker.



Figur 45. Punktdiagram for beregnet teoretiske verdier for G-krefter ved laboratorietester med linje for lineær regresjonsanalyse med utgangspunkt i skjæringspunktet 0,0.

Den lineære sammenhengen mellom punktene er da $y = 0,1332x$, hvor y er G-krefter og x er dropphøyde. For å et bilde på den relative fallhøyden sensorfisker ble utsatt for ved direktepumping og overpumping løser vi ligningen for x og setter inn de målte verdiene G-kraft verdiene.

$$\text{For direktepumping: } x = \frac{5,7}{0,1332} = 42,8 \text{ cm}$$

For overpumping: $x = \frac{2,7}{0,1332} = 20,3 \text{ cm}$

Ved å gjøre denne tilnærmingen kan vi estimere at påkjenningen fisken fra direktepumping og overpumpingsprosedyren utsettes for krefter som tilsvarer ett relativ fallhøyde (fritt fall i luft) på henholdsvis 43 cm for direktepumping og 20 cm ved overpumping. Tilsvarende rapporterte Aursand et al. (2012) i sin sammenligning av referansedata fra laboratoriet og kreftene sensorfisken ble utsatt for under direktepumping og lossing relativ fallhøyde på 22-34 cm for direktepumping og 24-27 cm ved lossing.

1.18 Konklusjon

Kort oppsummert viser resultatene fra dropp med rigg følgende:

- Det var så å si ikke forskjeller i andelen ytre skader på makrellen før og etter dropp med rigg, men under vurdering av fisken ble det observert en del rifter i skinn hos makrellen etter dropp fra 130 cm og 180 cm.
- Andelen av filetspalting, gaping, økte med dropphøyden fisken ble utsatt for. Alle gruppene hadde en høy andel av gaping, med gjennomsnittsverdier for gaping på over 4, noe som tilsvarer 7 små spalter eller 3 store spalter i fileten.
- Filetkonsistensen endret seg med dropphøyde, og fileter droppet fra 180 cm funnet å være signifikant bløtere enn de resterende filetene.
- Ettersom dropphøyden økte var det en nedadgående tendens i hardhet, men denne forskjellen var ikke signifikant. For måling av hardhet i halen ble det funnet en signifikant forskjell mellom filetene hvor filetene ble mykere dess høyere dropp de ble utsatt for. Dropp fra 180 cm gav fileter med mykest hale, og dropp 30 cm gav de hardeste.
- Ut i fra en teoretisk tilnærming, tilsvarer dropphøydene 30 til 180 cm et spenn i G-krefter fra omtrent 12 til 20 G.
- Ved regresjonsanalyse estimeres det at fisken fra direktepumping og overpumpingsprosedyren (del 1) utsettes for krefter som tilsvarer en relativ fallhøyde (fritt fall) på henholdsvis 43 cm for direktepumping og 20 cm ved overpumping.

Fall fra 130 og 180cm høyde i luft fremsto som svært brutale sammenstøt. Dette gjenspeiles i akselerasjonsdataene som allerede ved 30 cm passerte 16G. De teoretiske beregningene ut fra en forenklet modell er trolig underestimerer. Konklusjoner fra disse tallene må derfor tas med forbehold. I tillegg må det nevnes at eventuelle skader i kjøttkvalitet fra rask oppbremsing av en rund, død makrell mot en plate ikke nødvendigvis gjenspeiler godt tilsvarende endring i kjøttkvalitet ved pumping av levende eller halvdød makrell i vann. Denne sammenligningen er imidlertid svært vanskelig, og dette eksperimentet var et forsøk på en tilnærming. Videre kommer det frem fra laboratorietestene at det hovedsakelig var kun dropp fra 180 cm som gav gjenkjennbare kvalitetsendring på makrellen. Ved å gjøre en røff sammenligning av referansemålingene gjennomført ved laboratoriet opp mot kreftene som sensorfiskene ble påført under direktepumping og overpumping om bord estimeres G-kreftene til å tilsvare dropp på mellom 0 cm og 40 cm. Kvalitetsanalyse av fisk fra disse fallhøydene gav ingen utslag, og en kunne dermed ikke se noen effekter av disse fallhøydene på makrellen.

Anbefalinger og forbedringsområder for pumping av makrell

Makrell er en ekstremt delikat fiskeart hvor stress ved fangsting, håndtering og ombordtakning har stor effekt på overlevelse og derav også kvalitet. Under fiskeriet er det flere faktorer som har betydning for kvaliteten på pelagisk fisk. Kvaliteten blir påvirket i følgende produksjonsledd på fartøyet:

1. Fangstprosessen
2. Ombordtaking
3. Ombordhåndtering
4. Lagring
5. Lossing

Nedenfor følger anbefalinger og forbedringsområder i de ulike produksjonsleddene:

Fangstprosess:

- Unngå for store kast, slik at en stresser fisken mindre og får en kortere oppholdstid i nota.
- Rask, men skånsom ombordpumping av fangsten, slik at makrellen er i live når den pumpes om bord.
- Unngå å tørke fisken for hardt, da fisken blir stresset og utmattet av å stå så tett i nota. Det oppstår også fort blodflekker i filetene ved slik hardhendt behandling.
- Ved tørking av fangsten bør fargen på silvannet, som skilles fra fisken under fangstens tørkeprosess observeres. Rødlig farge (blodvann) på silvannet indikerer at fisken kan ha blitt tørket for hardt.
- For å kunne gi ett klarere bilde av faktisk mengde i nota trengs det bedre metoder for fangstestimering.

Ombordtaking:

- I forhold til fiskens kvalitet er det mer gunstig med myke overganger i pumpeforløpet, med få metallbend med så liten vinkel som mulig.
- Unngå metallkanter som kan oppstå ved overganger mellom metall og for eksempel fleksible gummislanger, da dette er en potensiell kilde til skade på fisken.
- Unngå for høye pumpetrykk (hydraulisk trykk), da det er større sannsynlighet for at det oppstår skader på fisken. Det samme gjelder ved for lave pumpetrykk.
- Høy pumpehastighet forutsetter at pumpe, slanger, silkasse og renner tar unna fisken raskt uten at det oppstår motstand, slag eller unødvendige påkjenninger på fisken.

Overpumping:

- Ettersom hovedårsaken til at overpumpet fisk kan få dårligere kvalitet er at den blir liggende for lenge i nota, så bør enn unngå å stresser fisken for mye ved for eksempel trenging ved tørking av nota.
- Ved overpumping av makrell, som for direktepumping, er det gunstig å ha så få metallbender og metalloverganger under pumpeforløpet som mulig da metalloverganger er en potensiell kilde til skade på fisken.
- Ikke pumpe med for høyt/lavt trykk.

Ombordhåndtering og lagring:

- Unngå silkasser med unødvendig høy fallhøyde, rørgater med 90° bend, fordelingskasser og renner med skarpe kanter.
- Ved å ha større avsilingssoner i silkassen får man bedre avsiling av sjøvannet i silkassen, og fisken går i tanker med rent avkjølt sjøvann.
- Anbefalt fyllingsgrad i tanker for makrell 30/70 makrell/vann eller 40/60 makrell/vann avhengig av faktorer som sjøtemperatur, åteinhold og fettinnhold i fisken.

- Fisk som er tatt om bord skal kjøles snarest i is eller kjølt vann.
- Lagringstemperaturen skal bringes ned mot og holdes så nær 0°C som mulig, helst i området mellom 0 og -1,5°C.

Lossing:

- Jevn strøm av makrell fra lagringstank til mottakstank på land hvor en unngår avbrudd under pumpesekvensen ved lossing av fangst.
- Trykklossing er en alternativ metode for lossing av fangst, hvor klaffskader ikke har blitt observert.
- Ved god drift kan landanleggene informere fartøyene om hvilken pumpehastighet de anbefaler (basert på kapasitet) slik at en unngår unødvendige avbrekk under lossing.
- Ha hensiktsmessig trykk på vakuumtanken under tømmesekvensen.

Prosjektleveranser

Følgende leveranser foreligger for prosjektet:

- 30.06.2016 Referat fra oppstartsmøte.
- 31.01.2017 (utsatt til 15.03.2017) Power Point presentasjon med anbefalinger og forbedringsområder for pumping og overpumping av makrell basert på resultater fra prosjektaktivitetene.
- 31.01.2017 (utsatt til 15.03.2017) Referat fra sluttmøte i styringsgruppen.
- 31.01.2017 (utsatt til 15.03.2017) Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer.
- 31.01.2017 (utsatt til 15.03.2017) Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer.
- 31.01.2017 (utsatt til 15.03.2017) Populærvitenskapelig sammendrag.

Takk

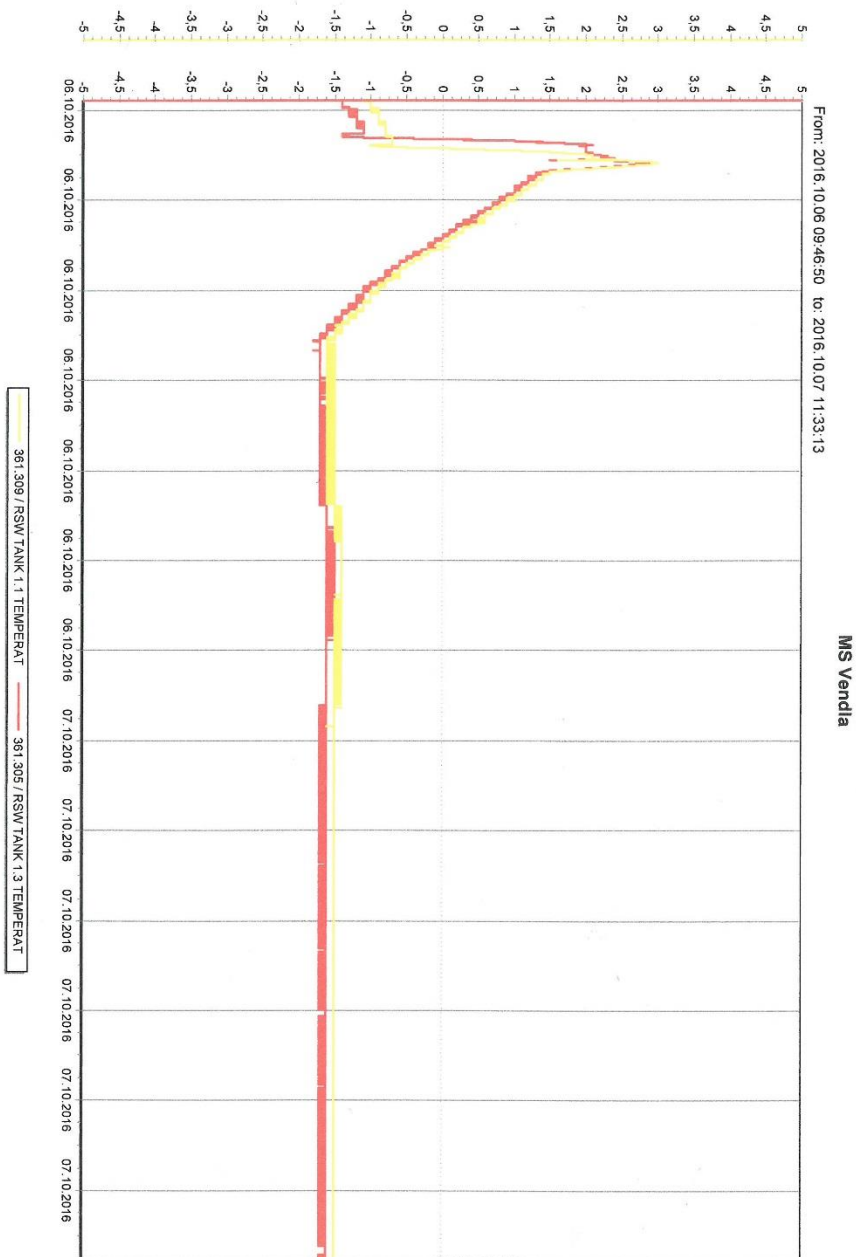
Takk til Fiskeridirektoratet og FHF som har finansiert prosjektet "Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk" (FHF prosjektnummer 901257). For toktaktiviteten i prosjektet ble det også en egen forskningskvote og mottatt ekstra midler gjennom "Tilskudd til fiskeriforskning" fra Fiskeridirektoratet. Vi vil gjerne takke personellet om bord på M/S Vendla og M/S Røttingøy for deres gode samarbeid under forskningstoktet, og styringsgruppa i prosjektet for deres engasjement og gode innspill underveis i prosjektet. Takk også til følgende personell ved SINTEF Ocean: Marte Schei for bidrag med kvalitetsanalyser på tokt og i laboratoriet, Lars Kyllingstad Tandle og Jarle Ladestein for hjelp med estimeringer av akselerasjon i forsøk med dropprigg, og Jannicke Remme for kvalitetssikring av prosjektet.

Referanser

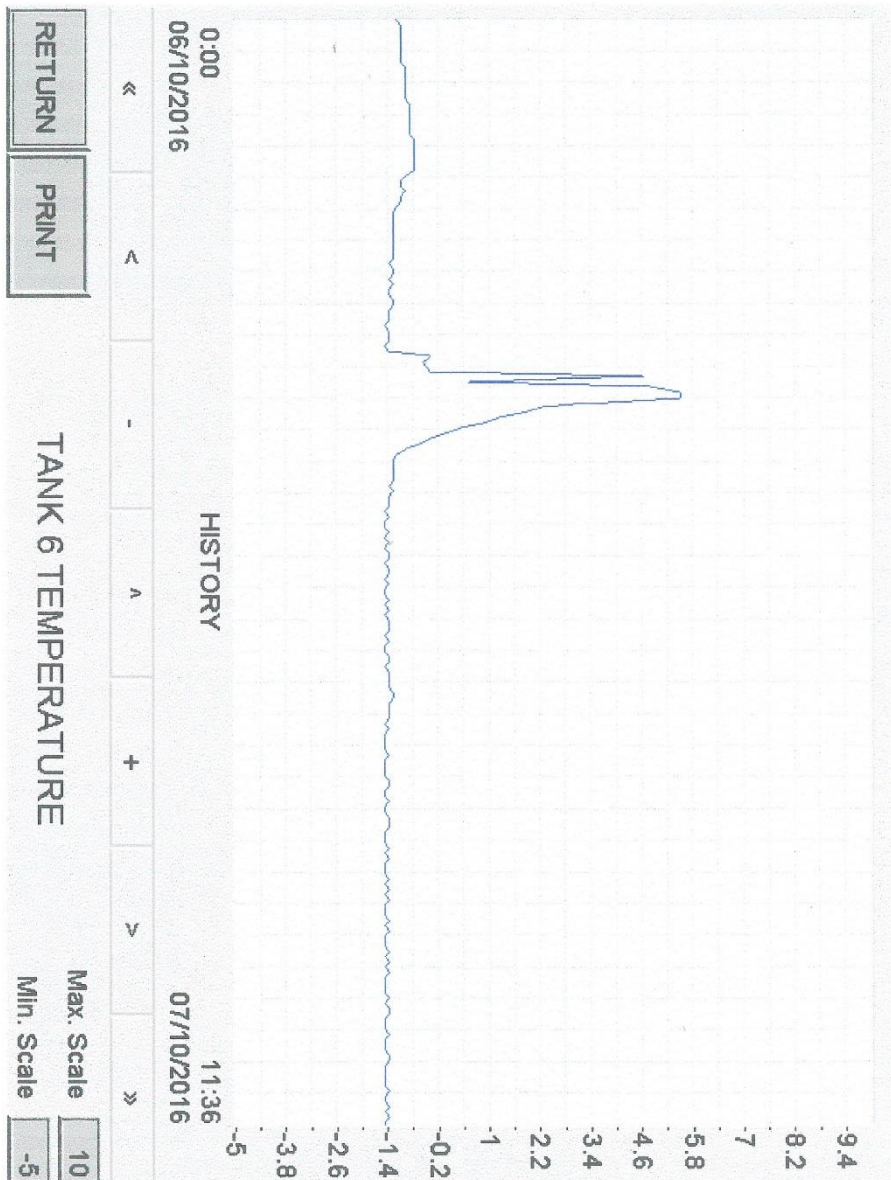
- Aursand I.G., Bondø, M., Fossum, J.A., Mathiassen, J.R. (2012). Evaluering av laste-/losse- og kjølesystem om bord på pelagisk fartøy. Effekt på fangstkvalitet. SINTEF rapport A22610.
- Aursand, I.G. og Bondø, M. (2015a). Kvalitetseffektar på makrell og NVG sild ved bruk av ulike systemer for lasting og kjøling om bord. Toktrapport 2012. SINTEF rapport A27191.
- Aursand, I.G. og Bondø, M. (2015b). Ny design av silke for ombordhåndtering av pelagisk fisk. Effekt på råstoffkvalitet. SINTEF rapport A27204.
- Aursand, I.G., Dahle, S.W., Bondø, M. (2015). Evaluering av teknologi for ombordpumping av pelagisk fisk. Sammenligning av sentrifugalpumpe og vakuumlasting. SINTEF rapport A27203.
- Aursand, I.G., Gallart-Jonert, L. (2015). Skånsom pumping av pelagisk fisk frå not til fartøy. Sammenligning av to pumpeteknologier. SINTEF rapport A27202.

- Aursand, I.G., Digre, H., og Schei, M. (2014). Overpumping av makrell (II) – Effekt på fangstkvalitet: SINTEF rapport A25816 – Åpen.
- Bremner, H. A., & Hallett, I. C. (1985). Muscle fiber–connective tissue junctions in the fish blue grenadier (*Macrurus novaezelandiae*). A scanning electron microscope study. *Journal of food science*, 50(4), 975-980.
- Digre, H., Tveit, G.M., Solvang-Garten, T., Eilertsen, A., Aursand, I.G. 2016. Pumping of mackerel (*Scomber scombrus*) onboard purse seiners, the effect on mortality, catch damage and fillet quality. *Fisheries Research* 176 (2016) 65-75.
- Digre, H., Tveit, G. M., Solvang-Garten, T., Eilertsen, E., og Schei, M. (2014). Overpumping av makrell (III) - Effekt på fangstkvalitet, resultater fra tokt 2014: SINTEF rapport A26559 – Åpen.
- Digre, H., og Aursand, I.G. (2013). Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet. SINTEF rapport A23827 - Åpen.
- Digre, H., Angell, S., og Sandbakk, M. (2004). Pelagisk kvalitet - fra hav til fat. Delrapport I: Tokt med M/S Zeta (ringnot) etter makrell, september 2003: SINTEF rapport STF80 F045051.
- Digre, H., Hansen, U.J. (2005). "Pelagisk kvalitet fra hav til fat". Forholdet mellom redskap og kvalitet på pelagisk fisk. SINTEF rapport 850145.02
- Digre, H. Angell, S., Sandbakk, M. (2015). Pelagisk kvalitet – fra hav til fat. Delrapport V: Tokt med M/S Traal (tråler) etter makrell, november 2003. SINTEF rapport A27242.
- Einen, O., & Thomassen, M. S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*, 169(1), 37-53.
- Espe, M., Ruohonen, K., Bjørnevik, M., Frøyland, L., Nortvedt, R., & Kiessling, A. (2004). Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. *Aquaculture*, 240(1), 489-504.
- Fagan, J. D., Gormley, T. R., & Mhuirheartaigh, M. U. (2003). Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 647-655.
- Felberg, H.S., Slizytė, R., Mozuraityte, R., Dahle, S.W., Olsen, R.L., & Martinez, I. (2009). Proteolytic activities of ventral muscle and intestinal content of North Sea herring (*Clupea harengus*) with full and emptied stomachs. *Food chemistry*, 116(1), 40-46.
- Fletcher, G. C., Hallett, I. C., Jerrett, A. R., & Holland, A. J. (1997). Changes in the fine structure of the myocommata–muscle fibre junction related to gaping in rested and exercised muscle from king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *LWT-Food Science and Technology*, 30(3), 246-252.
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C., og Hultin, H.O. 1996. Characteristics of edible muscle tissue. In *Food Chemistry*, (Fennema, O.R., ed.) pp. 879-942, Marcel Dekker, New York
- Huse, I., & Vold, A. (2010). Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L.) after pursing and slipping from a purse seine. *Fisheries Research*, 106(1), 54-59.
- Lavety, J., Afolabi, O.A., & Love, R.M. (1988). The connective tissues of fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 23(1), 23-30.
- Lockwood, S. J., Pawson, M. G., & Eaton, D. R. (1983). The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L.)—physical condition and mortality. *Fisheries Research*, 2(2), 129-147.
- Marçalo, A., Mateus, L., Correia, J. H. D., Serra, P., Fryer, R., & Stratoudakis, Y. (2006). Sardine (*Sardina pilchardus*) stress reactions to purse seine fishing. *Marine Biology*, 149(6), 1509-1518.
- Slizyte, R., Mozuraityte, R., og Martinez, I. (2013). Sluttrapport: hurtig metode for å estimere buksprenging i pelagisk fisk ombord, SINTEF rapport A24739.
- Tveit, G.M., Digre, H., Aursand, I.G., Solvang-Garten, T., Eilertsen A., Schei, M. (2015). Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet. Sammendrag av resultater fra tokt gjennomført i 2012, 2013 og 2014. SINTEF Rapport A26694 – open.

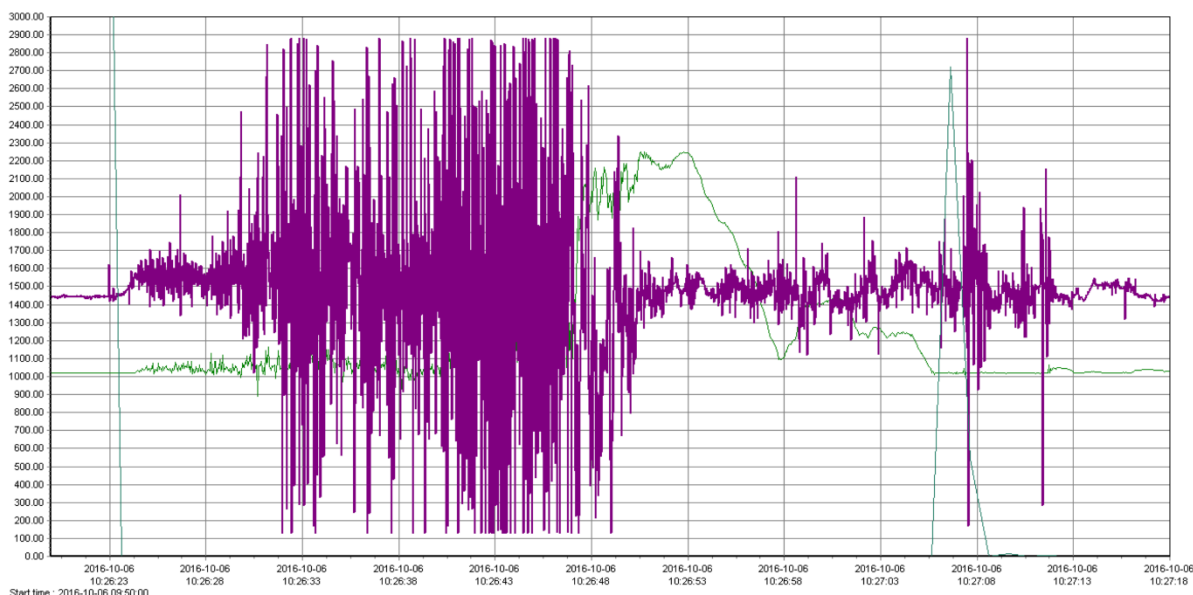
Vedlegg 1 - Temperaturlogg fra fangstfartøyet



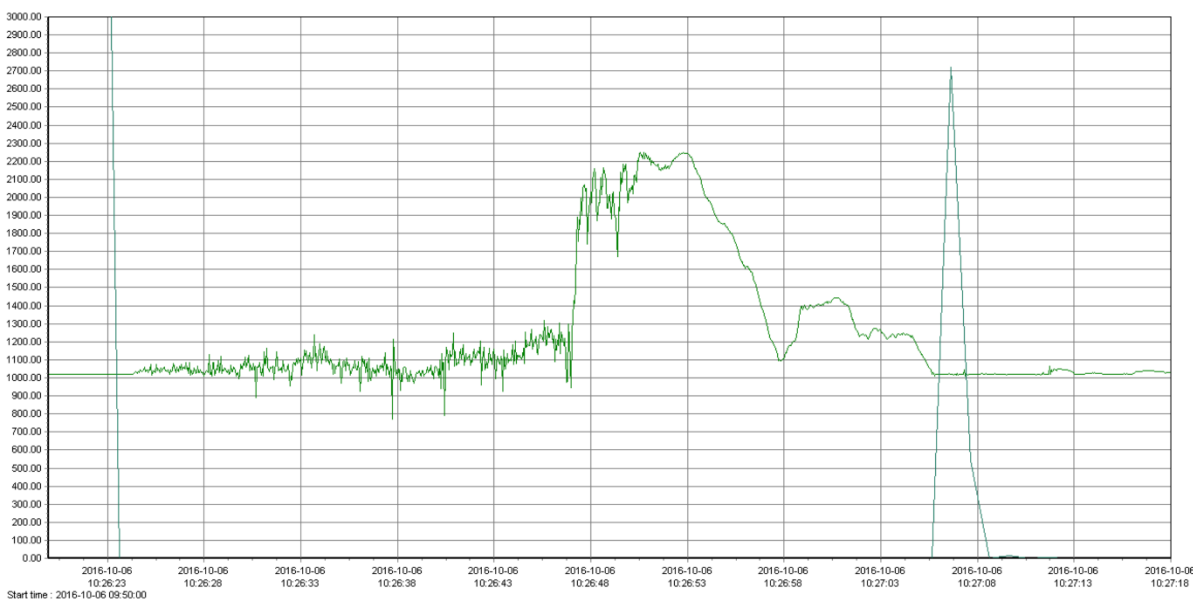
Vedlegg 2 - Temperaturlogg fra overpumpingsfartøyet



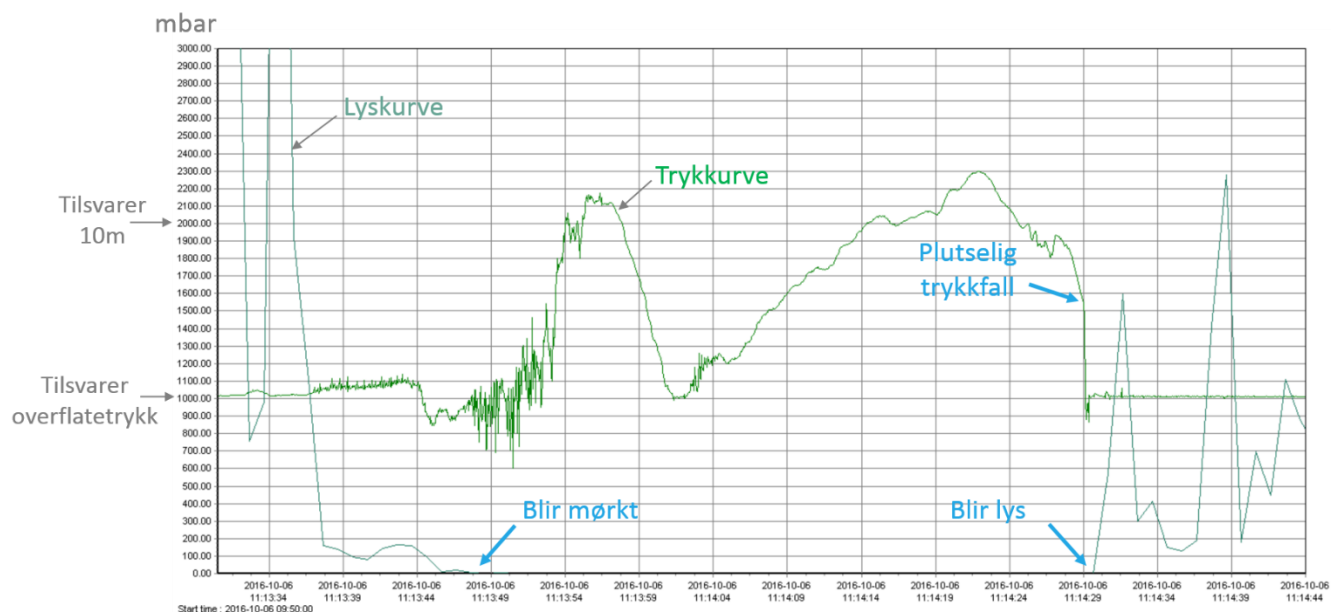
Vedlegg 3 – Sensorfiskdata fra direktepumping



Figur 46. Infokurve for direktepumping av sensorfisk med trykkmålinger (grønn linje som starter og slutter på 1000 millibar), lux (blågrønnlinje) og G-krefter (lilla). X-aksen viser millibar og y-aksen viser tid og dato.

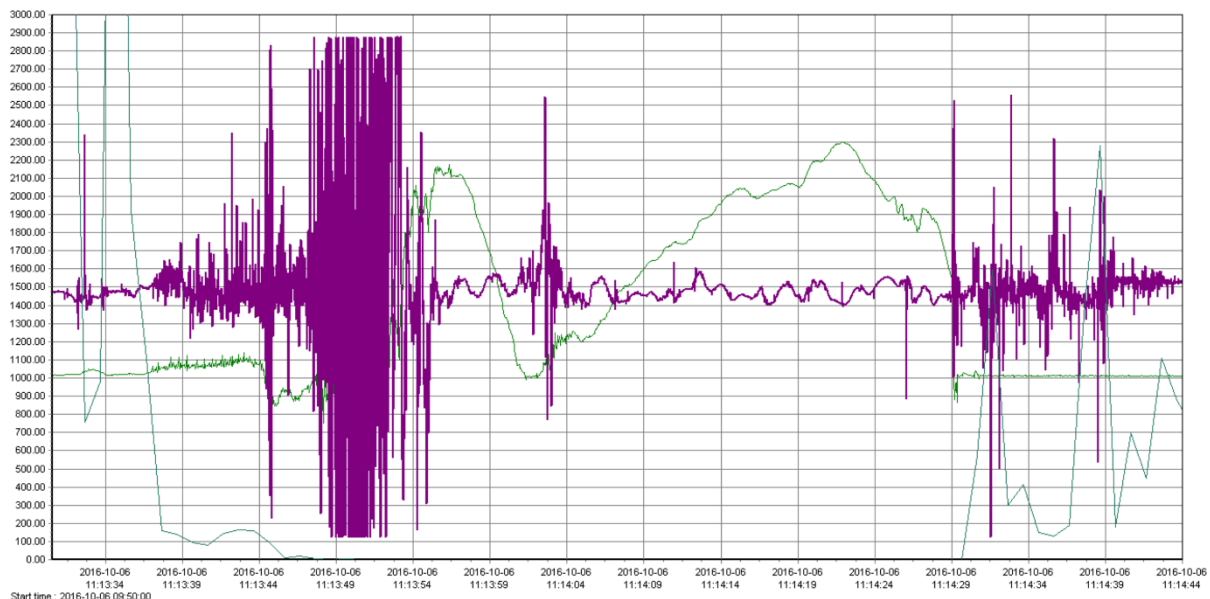


Figur 47. Infokurve for direktepumping av sensorfisk med trykkmålinger (grønn linje som starter og slutter på 1000 millibar) og lux (blågrønnlinje) uten graf for G-krefter. X-aksen viser millibar og y-aksen viser tid og dato.

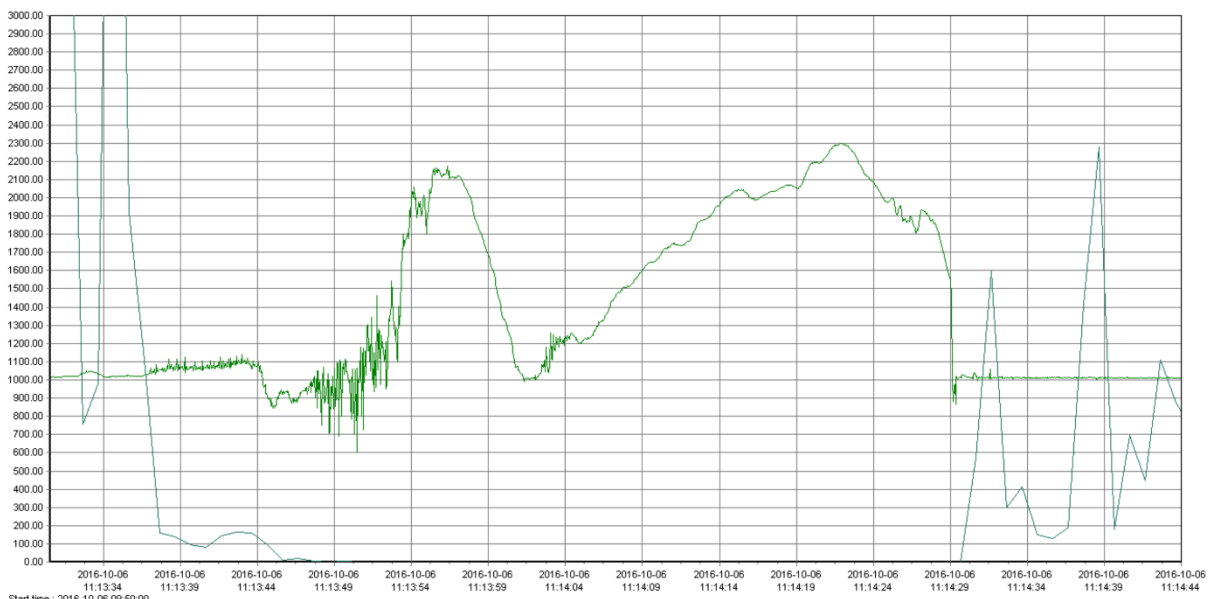


Figur 48. Kurver for tids- og posisjonsbestemmning av sensorfiskene i pumpeforløpet fra trykk og lyskurver hvor y-aksen gir mbar og x-aksen gir tid.

Vedlegg 4 – Sensorfiskdata fra overpumping



Figur 49. Infokurve med sensorfiskmålinger ved overpumping. Kurven viser trykkmålinger (grønn linje som starter og slutter på 1000 millibar), lux (blågrønnlinje) og G-krefter (lilla). X-aksen viser millibar og y-aksen viser tid og dato.



Figur 50. Infokurve med sensorfiskmålinger ved overpumping. Kurven viser trykkmålinger (grønn linje som starter og slutter på 1000 millibar) og lux (blågrønnlinje) uten graf for G-krefter. X-aksen viser millibar og y-aksen viser tid og dato.

Vedlegg 5 – Fangstskjema for fangstprøver

FANGSTINFORMASJON

Fartøy:

Dato:

Lagt på frys:

OVERSIKT OVER FISKET
Byggeår båt:
LOA:
Bredde:
Dybde:
Lastekapasitet tanker:
Total mengde fisk ombord (m ³):
Snittvekt fisk:
Uttak av prøve (metode og plassering):
INFORMASJON OM RSW-TANK/kjøling
Antall RSW-tanker (også hvilke):
Størrelse RSW-tank:
Fyllingsgrad av RSW-tank:
Åteinnhold:
Lagringstid i RSW:
ANNET
Levering av fangst (landanlegg, dato, tidspunkt):
Transporttid til kjøper:
Losset (brutto):
Lagringstid i RSW (min):
Værforhold, gange til land:
Kvalitetsavvik hos kjøper:

Kommentar (hvordan ble prøvene tatt ut):

Vedlegg 6 - Kvalitetskontroll rund makrell

Parameter	Beskrivelse	Poengskala	Antall
Redskapsskader	<i>Skader på skinnenet</i>	0: Ingen synlige merker (striper) på skinnenet	
		1: Synlige merker i skjell/pigment	
	<i>Skader på finner</i>	0: Ingen synlige merker på finnene	
		1: Synlige merker på finnene	
Klemskader (knusing)	<i>Klemming i redskap eller ved ombord-taking</i>	0: Ingen skader	
		1: Synlige klemskader	
		2: Fisken er ødelagt og blir sortert ut (vrak)	
Synlige blod-uttredelser	<i>Farge (blod) på skinnenet</i>	0: Ingen spor av rød misfarging på skinnenet	
		1: Rødfargede områder	
	<i>Farge (blod) på øye</i>	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
	<i>Farge (blod) på gjellelokk</i>	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
	<i>Farge (blod) på finner</i>	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
Dødsstiv (rigor)		0: Pre-rigor	
		1: I rigor	

Vedlegg 7 - Kvalitetskontroll makrell filet

Parameter	Beskrivelse	Kvalitet	Antall
Gaping	<i>Muskelspalter, vurderes visuelt</i>	0: Ingen gaping	
		1: 1-2 små spalter	
		2: 3-4 små og 1 stor spalte	
		3: 5-6 små og 2 store spalter	
		4: 7 små og 3 store spalter	
		5: 8-9 små og 4 store spalter	
		6: > 9 små og > 5 store spalter	
		Bløt: Ekstrem gaping fileten faller fra hverandre/angrepet av parasitt	
Blodflekker	<i>Vurderes visuelt</i>	0: Ingen blodflekker	
		1: Noen få, små blodflekker (<5)	
		2: Store blodflekker eller mange små (<5)	
Konsistens	<i>Vurderes ved fingertrykk</i>	0: Naturlig konsistens	
		1: Fileten er bløt	
		2: Fileten går i oppløsning/angrepet av parasitt	

Vedlegg 8 – Power Point Presentasjon "Anbefalinger og forbedringer for pumping og overpumping av ringnotfangstet makrell"

Anbefalinger og forbedringsområder for pumping og overpumping av ringnotfangstet makrell

Utarbeidet av Guro Møen Tveit, Torfinn Sølvang Garten, Aleksander Eilertsen, Hanne Digre

Makrell er en ekstremt delikat fiskeart hvor stress ved fangsting, håndtering og ombordtakning har stor effekt på overlevelse og derav også kvalitet.



Prosesstrinn med betydning for kvalitet av ringnotfanget makrell

- Fangst (vær, fangstmengde, årstid, sjøtemperatur)

- Tørking av fangsten og oppholdstid i nota

- Ombordtakning av fangst

- Overpumping

- Silkasseutforming

- Nedkjøling og lagring av fangst i RSW

- Lossing av fangst

Fangsthåndtering

Under fiskeriet er det flere faktorer som har betydning for kvaliteten på pelagisk fisk. Kvaliteten blir påvirket i følgende produksjonsledd på fartøyet:

1. Fangstprosessen
2. Ombordtaking
3. Ombordhåndtering
4. Lagring
5. Lossing

Pumpeforløp

Direktepumping og overpumping av fangsten er en del av ombordtaksprosessen hvor særlig følgende variabler som kan påvirke kvaliteten på fisken:

- Trykkpåvirkning
- Løftehøyde fra vannoverflate til avsilingsrist
- Antall og vinker på metalloverganger
- Overganger mellom pumpe-slanger av ulike dimensjoner
- Pumpehastighet
- Pumpeforløp
- Pumpeutforming (trykk/vakuum)
- Overpumping

Fangstprosessen

- Høye fisketetteter [1, 2, 7, 8, 12], hardhendt behandling i nota [4, 5] og hard tørking av nota [5, 16] er alle faktorer som kan kobles til stressrelatert kvalitetsreduksjon hos makrell. Det er derfor ønskelig å få om bord så mye av fisken så raskt og skånsomt som mulig, mens den fremdeles er levende.
- Inntreden i rigor har sammenheng med fiskens initielle stressnivå, og vil derfor utsette fisken for så lite stress som mulig under fangstbehandling. Fisk som er veldig stresset går raskere og kraftigere inn i rigor (dødsstivhet) enn mindre stresset fisk, noe som er grunnen til at stresset fisk er mer utsatt for filetspalting enn ustresset fisk [16]. Det meste av stressrelatert kvalitetsreduksjon (f.eks. bløt fisk og filetspalting) skjer derfor under selve fangstprosessen.



Anbefalinger og forbedringer

- Unngå for store kast, slik at en stresser fisken mindre og får en kortere oppholdstid i nota
- Rask, men skånsom ombordpumping av fangsten, slik at makrellen er i live når den pumpes om bord.
- Unngå å tørke fisken for hardt, da fisken blir stresset og utmattet av å stå så tett i nota. Det oppstår også fort blodflekker i filetene ved slik hardhendt behandling.
- Ved tørking av fangsten bør fargen på silvannet, som skiller fra fisken under fangstens tørkeprosess observeres. Rødliggfarge (blodvann) på silvannet indikerer at fisken kan ha blitt tørket for hardt.
- For å kunne gi ett klarere bilde av faktisk mengde i nota trengs det bedre metoder for fangstestimering.



Ombordtakning

- Det er ønskelig å utsette fisken for så lite påkjenninger som mulig, og en ønsker derfor at fisken skal fraktes kort og skånsomt gjennom pumpesystem. I forhold til fiskens kvalitet er det mer gunstig med myke overganger i pumpeforløpet, og en bør helst ha så få metallbønder og så liten vinkel som mulig ^[3, 6]. Ved metallbønder kan det mellom metall og for eksempel fleksible gummislanger oppstå en innvendig kant. Når denne står mot fiskens fartsretning er dette potensielt en kilde til skade på fisken. G-kraft målinger viser at metallbønder i pumpesystemet sammen med silkassen er de trinnene i pumpeforløpet som utsetter fisken for de største påkjenningene ^[9, 19].
- Trykkpåvirkning er også med på å påvirke kvaliteten på fisken. Dess høyere pumpetrykk fisken utsettes for dess flere klemskader kan en se igjen på fisken. Dette gjør utslag på at en finner mer blod i fiskekjøttet, noe som videre gir kvalitetstap ^[20].



Anbefalinger og forbedringer

- I forhold til fiskens kvalitet er det mer gunstig med myke overganger i pumpeforløpet, med få metallbend med så liten vinkel som mulig.
- Unngå metallkanter som kan oppstå ved overganger mellom metall og for eksempel fleksible gummislanger, da dette er en potensiell kilde til skade på fisken.
- Unngå for høye pumpetrykk (hydraulisk trykk), da det er større sannsynlighet for at det oppstår skader på fisken. Det samme gjelder ved for lave pumpetrykk.
- Høy pumpehastighet forutsetter at pumpe, slanger, silkase og renner tar unna fisken raskt uten at det oppstår motstand, slag eller unødvendige påkjenninger på fisken.



Overpumping

- Forsøk med overpumping og direktepumping av ringnotfangstet makrell har vist at det ikke er noen entydige forskjeller med hensyn til skader og filetkvalitet mellom fisk som har blitt direktepumpet eller overpumpet til et annet fartøy ^[10, 11, 12, 18, 19]. Forskjellene som blir funnet mellom direktepumping og overpumping kan relateres til tiden fangsten ble liggende i nota, da overpumpet fisk blir liggende lengre i nota og dermed har en høyere andel død fisk sammenlignet med makrellen som blir direktepumpet ^[11, 12, 17, 19].
- Videre viser data fra G-kraft loggere at fiskene blir utsatt for jevne og lave krefter under pumpeforløpet, både for direktepumping og overpumping ^[19]. Målinger med loggere har likevel vist at det er visse punkt i pumpeforløpet som påfører fisken mer krefter enn andre, som blant annet metalloverganger/bend mellom pumpeslanger, og møtet med silkassen om bord ^[15, 17, 19].



Anbefalinger og forbedringer

- Ettersom hovedårsaken til at overpumpet fisk kan få dårligere kvalitet er at den blir liggende for lenge i nota, så bør enn unngå å stresse fisken for mye ved for eksempel trenging ved tørking av nota.
- Ved overpumping av makrell, som for direktepumping, er det gunstig å ha så få metallbender og metalloverganger under pumpeforløpet som mulig da metalloverganger er en potensiell kilde til skade på fisken.
- Ikke pumpe med for høyt/lavt trykk.



Ombordhåndtering og lagring

- Ved ombordpumping er det landingen i silkassen som er vist å gi størst påkjenning på fisken i form av G-krefter [14, 15, 17, 19]. Silkasser med unødvendig stor fallhøyde, rørgater med 90° bend, fordelingskasser og renner med skarpe kanter bør unngås, da dette gir en unødvendig påkjenning på fisken [3, 6].
- Effektiv nedkjøling og lagring av fangsten om bord er svært viktig, og fisk som tas om bord skal kjøles snarest i is eller kjølt vann. Temperaturen skal bringes ned mot og holdes så nær 0°C som mulig, helst i området mellom 0 og -1°C [21, 22], og mange fartøy holder temperaturer på mellom -1 og -1,5°C. Videre er det ved lagring av fangsten anbefalt å ha en fyllingsgrad i tanker for makrell 30/70 makrell/vann eller 40/60 makrell/vann avhengig av faktorer som sjøtemperatur, åteinhold og fettinnhold i fisken [20].



Anbefalinger og forbedringer

- Unngå silkasser med unødvendig høy fallhøyde, rørgater med 90° bend, fordelingskasser og renner med skarpe kanter.
- Ved å ha større avsilingssoner i silkassen får man bedre avsiling av sjøvannet i silkassen, og fisken går i tanker med rent avkjølt sjøvann.
- Anbefalt fyllingsgrad i tanker for makrell 30/70 makrell/vann eller 40/60 makrell/vann avhengig av faktorer som sjøtemperatur, åteinhold og fettinnhold i fisken.
- Fisk som er tatt om bord skal kjøles snarest i is eller kjølt vann.
- Lagringstemperaturen skal bringes ned mot og holdes så nær 0°C som mulig, helst i området fra 0°C til -1,5°C.



Lossing

- Lossing av fangst blir ofte trukket frem som en bidragende faktor til slag og klemskader på fisken. Dette henger sammen med at lossepumpen bidra til klaffskader på fisken, skader som oppstår når lossepumpen må stoppes før tanken er tømt. Dette øker risikoen for å få kappet fisk siden ventilene på tryksiden i pumpen lukkes mens det fremdeles er fisk i rør og kammer [3, 5, 13, 16]. Ved å kvalitetssikre drift og tidsinnstille tømmetider, samt optimalisere utstyret er det beregnet at skadefrekvensen for kappet makrell reduseres med 1100-1900% [5].
- Ved logging av G-krefter gjennom pumpeforløpet ved lossing av fangsten ble fall ned i mottakskar ved land tatt frem som et punkt som gir en økt påkjenning på fisken [9, 15].



Anbefalinger og forbedringer

- Jevn strøm av makrell fra lagringstank til mottakstank på land hvor en unngår avbrudd under pumpesekvensen ved lossing av fangst.
- Trykklossing er en alternativ metode for lossing av fangst, hvor klaffskader ikke har blitt observert.
- Ved god drift kan landanleggene informere fartøyene om hvilken pumpehastighet de anbefaler (basert på kapasitet) slik at en unngår unødvendige avbrekk under lossing.
- Ha hensiktsmessig trykk på vakuumtanken under tømmesekvensen



Kilder

1. Pawson, M. G., & Lockwood, S. J. (1980). Mortality of mackerel following physical stress, and its probable cause. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 177, 439-443.
2. Lockwood, S. J., Pawson, M. G., & Eaton, D. R. (1983). The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L.)— physical condition and mortality. *Fisheries Research*, 2(2), 129-147.
3. Digre, H., Angell, S., og Sandbakk, M. (2004). Pelagisk kvalitet - fra hav til fat. Delrapport I: Tokt med M/S Zeta (ringnot) etter makrell, september 2003: SINTEF rapport STF80 F045051.
4. Foegeding, E.A., Lanier, T.C., og Hultin, H.O. (1996). Characteristics of edible muscle tissue. In *Food Chemistry*, (Fennema, O.R., ed.) pp. 879-942, Marcel Dekker, New York
5. Digre, H., Hansen, U.J. (2005). "Pelagisk kvalitet fra hav til fat". Forholdet mellom redskap og kvalitet på pelagisk fisk. SINTEF rapport 850145.02
6. Digre, H., Jansson, S., Martinez, I., Aursand, I.G., Levsen, A., Lunestad, B.T., Eijolfsson, B., Kjerstad, M. (2006). Sluttrapport for prosjektet "Pelagisk kvalitet – fra hav til fat". SINTEF rapport SFH80 A065002.
7. Felberg, H. S., Slizytė, R., Mozuraityte, R., Dahle, S. W., Olsen, R. L., & Martinez, I. (2009). Proteolytic activities of ventral muscle and intestinal content of North Sea herring (*Clupea harengus*) with full and emptied stomachs. *Food chemistry*, 116(1), 40-46.
8. Huse, I., & Vold, A. (2010). Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L.) after pursing and slipping from a purse seine. *Fisheries Research*, 106(1), 54-59.
9. Aursand I.G., Bondø, M., Fossum, J.A., Mathiassen, J.R. (2012). Evaluering av laste-/losse- og kjølesystem om bord på pelagisk fartøy. Effekt på fangstkvalitet. SINTEF rapport A22610.
10. Aursand, I. G., Digre, H., og Schei, M. (2014). Overpumping av makrell (II) – Effekt på fangstkvalitet: SINTEF rapport A25816.
11. Digre, H., Tveit, G. M., Solvang-Garten, T., Eilertsen, A., og Schei, M. (2014). Overpumping av makrell (III) - Effekt på fangstkvalitet, resultater fra tokt 2014: SINTEF rapport A26559.
12. Digre, H., og Aursand, I. G. (2013). Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet. SINTEF rapport A23827.
13. Aursand, I.G. og Bondø, M. (2015). Kvalitetseffektar på makrell og NVG sild ved bruk av ulike systemer for lasting og kjøling om bord. Toktrapport 2012. SINTEF rapport A27191.
14. Aursand, I.G. og Bondø, M. (2015). Ny design av silkasse for ombordhåndtering av pelagisk fisk. Effekt på råstoffkvalitet. SINTEF rapport A27204.
15. Aursand, I.G., Dahle, S.W., Bondø, M. (2015). Evaluering av teknologi for ombordpumping av pelagisk fisk. Sammenligning av sentrifugalpumpe og vakuumlasting. SINTEF rapport A27203.
16. Aursand, I.G., Gallart-Jonert, L. (2015). Skånsom pumping av pelagisk fisk frå not til fartøy. Sammenligning av to pumpeteknologier. SINTEF rapport A27202.
17. Tveit, G.M, Digre, H., Aursand, I.G, Solvang-Garten, T., Eilertsen A., Schei, M. (2015). Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet. Sammendrag av resultater fra tokt gjennomført i 2012, 2013 og 2014. SINTEF Rapport A26694 – open.
18. Digre, H., Tveit, G. M., Solvang-Garten, T., Eilertsen, A., & Aursand, I. G. (2016). Pumping of mackerel (*Scomber scombrus*) onboard purse seiners, the effect on mortality, catch damage and fillet quality. *Fisheries Research*, 176, 65-75.
19. Tveit, G.M, Solvang-Garten, T., Eilertsen A., Digre, H., Schei, M. (2016). Sluttrapport. Utvikling av beste praksis for pumping av pelagisk fisk. Bruk av sensorfisker som objektivt måleverktøy . SINTEF Rapport OC2017 A-069.
20. Kvalitetshåndbok for pelagisk fisk, versjon 2.0 desember 2011.
21. Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (2013). Ikrafttredelse 01.september, 2013. Hentet 09.03.17 fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-28-844/KAPITTEL_10#KAPITTEL_10
22. Animaliehygieneforskriften. (2010). Forskrift om særlige hygieneregler for næringsmidler for animalsk opprinnelse. Ikrafttredelse 1.mars 2010. Hentet 09.03.2017 fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-12-22-1624/KAPITTEL_11-1-1-7#KAPITTEL_11-1-1-7

Foto: Guro Møen Tveit SINTEF Ocean



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no