

# Rapport

## Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet

Sammendrag av resultater fra tokt gjennomført i 2012, 2013 og 2014

### Forfatter(e)

Guro Møen Tveit  
Hanne Digre  
Ida Aursand  
Torfinn Solvang-Garten  
Aleksander Eilertsen  
Marte Schei



# Rapport

## Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet

Sammendrag av resultater fra tokt gjennomført i 2012, 2013 og 2014

**EMNEORD:**Makrell  
Pumping  
Overpumping  
Kvalitet**VERSJON**

Signert

**DATO**

2015-02-10

**FORFATTER(E)**Guro Møen Tveit  
Hanne Digre  
Ida Aursand  
Torfinn Solvang-Garten  
Aleksander Eilertsen  
Marte Schei**OPPDRAAGSGIVER(E)**

Fiskeridirektoratet

**OPPDRAAGSGIVERS REF.**

Gjermund Langedal

**PROSJEKTNR**

6021689

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

40+ vedlegg

**SAMMENDRAG**

Prosjektets hovedmål er å klarlegge hvorvidt det kan registreres forskjeller i makrellens kvalitet når den er pumpet direkte om bord i fangstfartøyet og når den er pumpet til et annet fartøy (overpumping) etter at pumping til eget fartøy ble avsluttet. Denne rapporten gir en oppsummering av resultater fra 3 forsøk som ble gjennomført høsten 2012, 2013 og 2014, da med utgangspunkt i et ordinært notkast etter makrell for hvert av de respektive toktene.

Resultatene viser at andel skader er høyere for fisk fangstet med ringnot sammenlignet med fisk fra kystnot. Dette skyldes sannsynligvis at pumpehastigheten er ca. 4 ganger raskere for ringnot sammenlignet med kystnot, i tillegg til større fangstmengder som også kan ha betydning. Videre viser resultatene at andelen fangstskader hos overpumpet fisk var høyere for ringnotfartøyet. Resultatene fra G-kraftloggerne viser at overpumping gir en økt påkjenning på fisken, samt et noe "berg- og dalbane" forløp for den overpumpet fisken.

**UTARBEIDET AV**

Guro Møen Tveit

**SIGNATUR**

Guro M. Tveit

**KONTROLLERT AV**

Morten Bondø

**SIGNATUR**

Morten Bondø

**GODKJENT AV**

Marit Aursand

**SIGNATUR**

Marit Aursand

**RAPPORTNR**  
A26694**ISBN**  
978-82-14-05869-7**GRADERING**  
Åpen**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>3</b>
1.1	Nordøst-atlantisk makrell .....	4
1.2	Makrellsesongen 2012-2014.....	4
1.3	Målsetting .....	5
<b>2</b>	<b>Material og metode</b> .....	<b>6</b>
2.1	Fartøy .....	6
2.2	Fiskeredskap.....	7
2.3	Gjennomføring av fiske .....	8
2.4	Transport fra not til lagringstank .....	10
2.5	Kjøleanlegg og lagringstanker ombord .....	11
2.6	Analysar og kvalitetsvurdering.....	12
2.6.1	Analysar av fisken utført ombord.....	13
2.6.2	Analysar av fisken utført etter landing .....	14
2.7	Statistiske analysar.....	15
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>16</b>
3.1	RSW-kjøling av fangsten .....	16
3.2	Overlevelsesrate .....	19
3.3	Fangstskader på rund makrell.....	21
3.3.1	Fangstskader etter pumping.....	21
3.3.2	Fangstskader etter lagring.....	22
3.4	Åteinnhold og enzymaktivitet.....	24
3.5	Filetkvalitet makrell .....	26
3.5.1	Blodflekker .....	26
3.5.2	Konsistens.....	28
3.5.3	Filetspalting .....	29
3.5.4	Tekstur .....	32
3.6	Fangsthåndtering ved hjelp av G-kraftloggere .....	34
<b>4</b>	<b>Oppsummering</b> .....	<b>35</b>
	<b>Referanser</b> .....	<b>37</b>

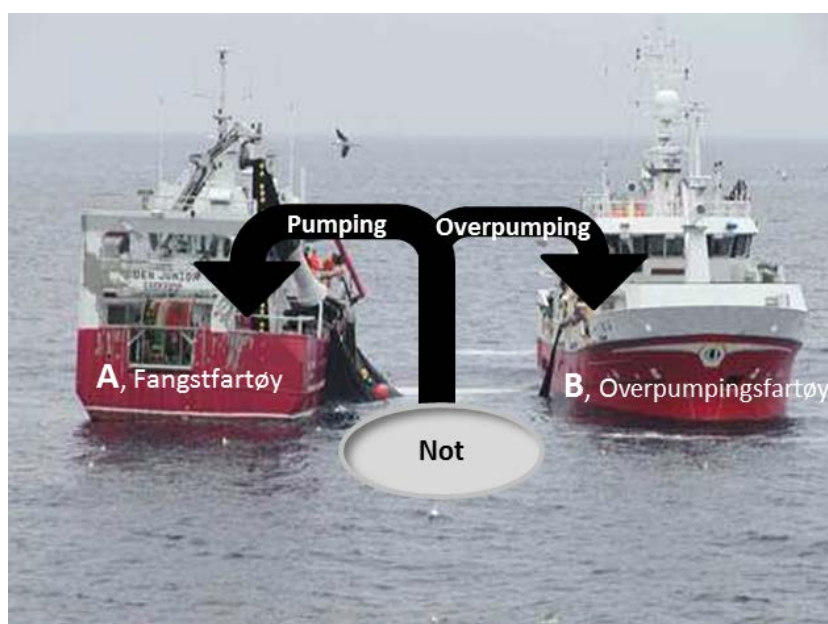
## BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1: Skjema for kvalitetskontroll av rund makrell

Vedlegg 2: Skjema for kvalitetskontroll av makrell filet

## 1 Innledning

Slipping av fangst (eller deler av fangst) i notfisket har vært et omdiskutert tema i flere år. Spørsmålsstillingen har vært knyttet til overlevelsessevnen til fisk som slippes fra notkast, og da spesielt for slipping av makrell. Fangstregulering ved slipping har tradisjonelt blitt nyttet i pelagiskfiske dersom fangsten er for stor, eller dersom størrelse og/eller kvaliteten av fisken ikke er bra nok (Borges et al., 2008). I 2014 ble det i løpet av sesongen observert flere tilfeller av ureglementert slipping av fangst som medførte neddreping av makrell på grunn av for store kast og at fangsten ikke lot seg overføre til andre fartøy (Fiskeridirektoratet, 2014). Slipping av fisk skjer ofte etter at fisken har blitt utsatt for et mangfold av ulike stressfaktorer og mulig skade fra kontakt med fangstutstyr og andre fisk. Lockwood et al. (1983) gjennomførte en studie på effekten av trenging av makrell ved ulike tettheter og varigheter. De observerte en høy dødelighet hos fisken når fisken ble holdt ved tettheter lignende de man oppnår før slipping av not. Det er flere insitamenter for slipping av makrell. En grunn kan være de store prisforskjellene relatert til størrelse og kvalitet på fisken (en større andel av sortering/klassifisering) (Huse et al., 2010). En annen grunn kan være at det er vanskelig å omsette restkvantum (overskytende fangst i noten) av makrell som pumpes over til ett annet fartøy. Dette kommer blant annet av at det hevdes at makrell fra en slik overpumpingsprosess har forringet kvalitet.



Figur 1. Pumping fra not til fangstfartøy [A] og pumping fra not til overpumpingsfartøy [B]. Foto: scanfishphoto.

SINTEF Fiskeri og havbruk har siden 2001 jobbet med prosjekter relatert til kvalitet på pelagisk fisk og effekt av fangstprosess. Ombordpumping av fisk er i disse prosjektene identifisert som et kritisk punkt i pelagisk fiskeri. I dette leddet kan det oppstå skader på fisken som følge av lite skånsom håndtering.

De tre siste årene har SINTEF, på oppdrag for Fiskeridirektoratet gjennomført 3 forskningstokt for å vurdere kvaliteten på notfanget makrell som er direkte pumpet til fangstfartøy og makrell som er pumpet direkte til ett annet fartøy, såkalt overpumping, illustrert i Figur 1. Forsøkene utført de 3 årene er rapportert i egne rapporter (Aursand et al., 2014; Digre et al., 2013; Digre et al., 2014). Med dette prosjektet ønsker Fiskeridirektoratet å dokumentere eventuelle kvalitetsforskjeller på restkvantum opp mot direktepumpet fangst. Formålet med slik dokumentasjon er å forbedre eller eventuelt endre på svake punkt, slik at overpumping av makrell ikke forbindes med økt risiko for redusert kvalitet/pris. Dette vil redusere faren for

situasjoner der makrell kan bli dumpet. Hensikten med samlerapporten er å sammenfatte og oppsummere resultatene fra de 3 forsøkene som ble gjennomført høsten 2012, 2013 og 2014, da med utgangspunkt i et ordinært notkast etter makrell for hvert av de respektive toktene.

## 1.1 Nordøst-atlantisk makrell

Makrell (*Scomber scombrus*) er en vandrefisk som svømmer i stim nær vannoverflaten. Den kan bli opp til 66 centimeter, og er en glimrende svømmer. Den mangler svømmeblære og kan derav foreta lynraske opp og nedstigninger i vannet. Når makrellen beiter svømmer den raskt med åpen munn, og siler ut vannet ved hjelp av gjellegitter. Slik får den i seg næring. Makrellen lever av brisling og småsild og blir etter gyting til det som kalles høstmakrell.

I Norske farvann foregår ringnotfisket på stimer av makrell der fangsten som oftest består av nordøst-atlantisk (NØA) makrell med en ensartet lengdesammensetning. Den nordøst-atlantiske makrell bestanden er stor, vidt fordelt, og migrerer over store områder mellom gyting, beiting og overvintring. Bestanden består av de tre gytekomponentene; vestlig, sørlig og Nordsjøen (Norges Sildesalgslag, 2013). Den sørlige komponenten gyter i spanske og portugisiske farvann mellom februar og mai, den vestlige komponenten gyter vest for Irland og Storbritannia mellom mars og juli og Nordsjøkomponenten i Nordsjøen og Skagerak mellom mai og juli (Iversen, 2002; Tenningen, 2014). Etter gyting på slutten av våren og/eller starten av sommeren migrerer de sørlige- og vestlige komponentene til Nordsjøen, der de blander seg med Nordsjømakrellen. Ved slutten av sommeren forflytter fisken seg lenger og lenger nord og nordvest til dypere vann for overvintring før de migrerer tilbake til deres respektive gyteplasser mellom desember og mars (Reid, 2001). På grunn av endringer i klima og varmere sjøvann flytter makrellen seg stadig nordover sammenlignet med tidligere, og makrellen er observert så langt nord som Svalbard (Rapp, 2015).

## 1.2 Makrellsesongen 2012-2014

Den nordøst-atlantiske makrell bestanden var estimert til å være i størrelsesordenen 2,7 millioner tonn i 2012, og var klassifisert til å ha full reproduksjonsevne (Norges Sildesalgslag, 2013). Makrellfisket i 2012 kom i gang i månedsskiftet august-september. Hovedfisket pågikk i september og oktober hvor det ble landet 106 100 tonn i september og 52 178 tonn i oktober i følge sluttседdel (Tabell 1). Fisket var preget av god tilgjengelighet og gode fangstforhold gjennom hele sesongen (Norges Sildesalgslag, 2013). Totalt ble det i 2012 fangstet 176 109 tonn makrell av norske fartøy (Tabell 2). Sildelaget rapporterte en total eksport av makrell på 263 000 tonn i 2012, hvorav de største markedene med en verdi på over 500 millioner NOK var EU, Japan og Russland (Norges Sildesalgslag, 2013).

I 2013 startet makrellfisket med not i begynnelsen av juni, mens hovedfisket med kyst- og ringnot pågikk noenlunde som vanlig, bortsett fra en sen start (ultimo september). I september og oktober ble det landet hhv 72 900 tonn og 76 400 med norske fartøy, og totalt ble det i 2013 fisket 164 700 tonn makrell. Makrellen var jevnt over av god kvalitet, og det ble rapportert en totaleksport på 249 300 tonn makrell i 2013. De største markedene var Japan etterfulgt av Kina, EU, Sør-Korea, Tyrkia og Russland. Japan og Kina dominerte og stod for 45 % av årets eksportverdi (Norges Sildesalgslag, 2014).

I 2014 pågikk hovedfisket etter makrell i september og oktober med hhv 150 500 tonn og 100 100 tonn. Totalt ble det fisket 277 700 tonn makrell med norske fartøy. Det var et godt makrellår, og basert på alle landinger av makrell (ikke bare norske) hadde makrellen en verdiøkning på 1,13 milliarder i 2014 (Skarbøvik, 2015), mens den totale snittprisen på makrell falt fra 8,69 kr/kg i 2013 til 6,97 kr/kg i 2014 (Tabell 2).

Tabell 1. Landet makrellkvantum (tonn) av norske fartøy i 2012-2014 i følge sluttseddel. Fangstmengden er fordelt på landingsmåned. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Fangstmåned	2012 (tonn)	2013 (tonn)	2014 (tonn)	Totalsum (tonn)
Januar	5	4	0	9
Februar	35	0	0	35
Mars	0	1	0	1
April	40	22	17	79
Mai	402	180	240	822
Juni	6 109	9 818	12 471	28 398
Juli	1 906	1 191	2 490	5 587
August	6 424	2 821	5 355	14 599
September	106 106	72 958	150 551	329 615
Oktober	52 178	76 445	100 133	228 756
November	1 777		6 403	8 978
Desember	1 127	491	77	1 695
<b>Totalsum</b>	<b>176 109</b>	<b>164 729</b>	<b>277 737</b>	<b>618 575</b>

Tabell 2. Makrellfisket i 2012-2014 med fangstmengder (tonn), omsetning (1000 NOK) og snittpris på makrell (NOK/kg). Tallene er basert på makrell landet av norske fartøy i følge sluttseddel. Kilde: Fiskeridirektoratet.

År	Tonn	Omsatt (1000NOK)	NOK/kg
2012	176 109	1 290 111	7,33
2013	164 729	1 430 762	8,69
2014	277 737	1 937 046	6,97

### 1.3 Målsetting

Samlerapporten for kvalitet på notfanget makrell som er direkte pumpet til fangstfartøy og makrell som er pumpet direkte til ett annet fartøy (overpumpingsfartøy) har som hovedmål å sammenfatte og oppsummere resultatene fra forsøkene som ble gjennomført høsten 2012, 2013 og 2014, samt se etter eventuelle sammenhenger. Forsøkene er gjennomført på oppdrag fra Fiskeridirektoratet for å klarlegge hvorvidt det kan registreres forskjeller i makrellens kvalitet når den er pumpet direkte ombord i fangstfartøyet og når den er pumpet direkte fra noten til et annet fartøy (overpumping) med utgangspunkt i et ordinært notkast etter makrell for hvert av de respektive toktene. Det er imidlertid viktig å understreke at det ved toktet i 2012 og 2013 ble nyttet kystnotfartøy/SUK, mens det i 2014 ble brukt ringnotfartøy.

## 2 Material og metode

### 2.1 Fartøy

For gjennomføring av toktene ble 6 ulike fartøy tatt i bruk (Figur 3). Kystnotfartøyene M/S Svebas og M/S Frøybas ble leid inn for forskningstoktet i 2012, mens kystfartøyene M/S Hovden Viking og M/S Storegg ble leid inn for 2013. I 2014 ble de to ringnotfartøyene M/S Liafjord og MS Ligrunn tatt i bruk. M/S Svebas, M/S Hovden Viking og M/S Liafjord fungerte som fangstfartøy mens M/S Frøybas, M/S Storegg og M/S Ligrunn var overpumpingsfartøy. Hoveddata for alle fartøy er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3. Hoveddata for fartøyene som ble brukt for forskningstokt i 2012, 2013 og 2014.

Komponent	M/S Svebas	M/S Frøybas	M/S Hovden Viking	M/S Storegg	M/S Liafjord	M/S Ligrunn
<b>Tokt</b>	2012		2013		2014	
<b>Fartøy</b>	Fangstfartøy	Overpumpingsfartøy	Fangstfartøy	Overpumpingsfartøy	Fangstfartøy	Overpumpingsfartøy
<b>Byggeår</b>	2000	2001	2006	2001	2012	2013
<b>LOA</b>	27,1 m	27,43 m	37,54 m	27,99 m	64,0 m	64,0
<b>Bredde</b>	8,0 m	7,5 m	9,25 m	8,0 m	13,8	13,8
<b>Dybde</b>	4,5 m	6,3 m	4,9 m	6,35 m	6,75 m	6,75
<b>Lastekapasitet RSW-tanker</b>	190 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>	270 m <sup>3</sup>	1648 m <sup>3</sup>	1650 m <sup>3</sup>
<b>Hovedmaskin</b>	640 kW (Caterpillar 3508TA)	537 kW (Mitsubishi S6R2-MPTK-F)	746 kW (Yanmar 8N-21-EV)	746 kW (Mitsubishi S12R-MPTA)	3000 kW (Wärtsilä 6L32) 1580 kW (Wärtsilä 6L32)	3000 kW (Wärtsilä 6L32) 1580 kW (Wärtsilä 9L20)
<b>Hjelpemaskin</b>	Caterpillar 3406TA	200 kW Mitsubishi 6D24TC	Cummins	215 kW (Mitsubishi 6D24TC)	532 kW (Nogva Scania DI 1655)	500 kW Scania

Toktfartøyene i 2012 og overpumpingsfartøyet i 2013 var av samme størrelse. De var rundt 27 meter lange, 4,5-6,5 meter dype og hadde en bredde på mellom 7,5-9,5 meter. Fangstfartøyet i 2013 hadde den samme dybden som disse fartøyene, men var derimot ca. 10 meter lengre og noe dypere. De identiske fartøyene ved toktet i 2014 skilte seg ut i fra fartøyene ved de tidligere toktene ved å være over dobbelt så lange, og ca. 5 meter breiere. Dybden hos fartøyene i 2014 var derimot lik dybden hos overpumpingsfartøyene i 2012 og 2013, og var på mellom 6-7 meter. Lastekapasiteten på fartøyene var også ulik, og ved toktet med ringnotfartøyene i 2014 var kapasiteten nesten seksdoblet i forhold til kystnotfartøyene fra rundt 300 m<sup>3</sup> til 1650 m<sup>3</sup>.

Selv om fartøyene var av ulik størrelse, lastekapasitet og byggeår var de alle godt utstyrt med moderne utstyr for navigering, fiskeleting og fangstovervåkning. Fartøyene hadde også et positivt og behjelpelig mannskap som gjorde de godt egnet til forskningsformål i kystnot- og ringnotgruppen.



Figur 2. Fartøy som ble benyttet ved forskningstoktene i 2012, 2013 og 2014, med fangstfartøy til venstre og overpumpingsfartøy til høyre. Foto: Shipbase og SINTEF Fiskeri og havbruk.

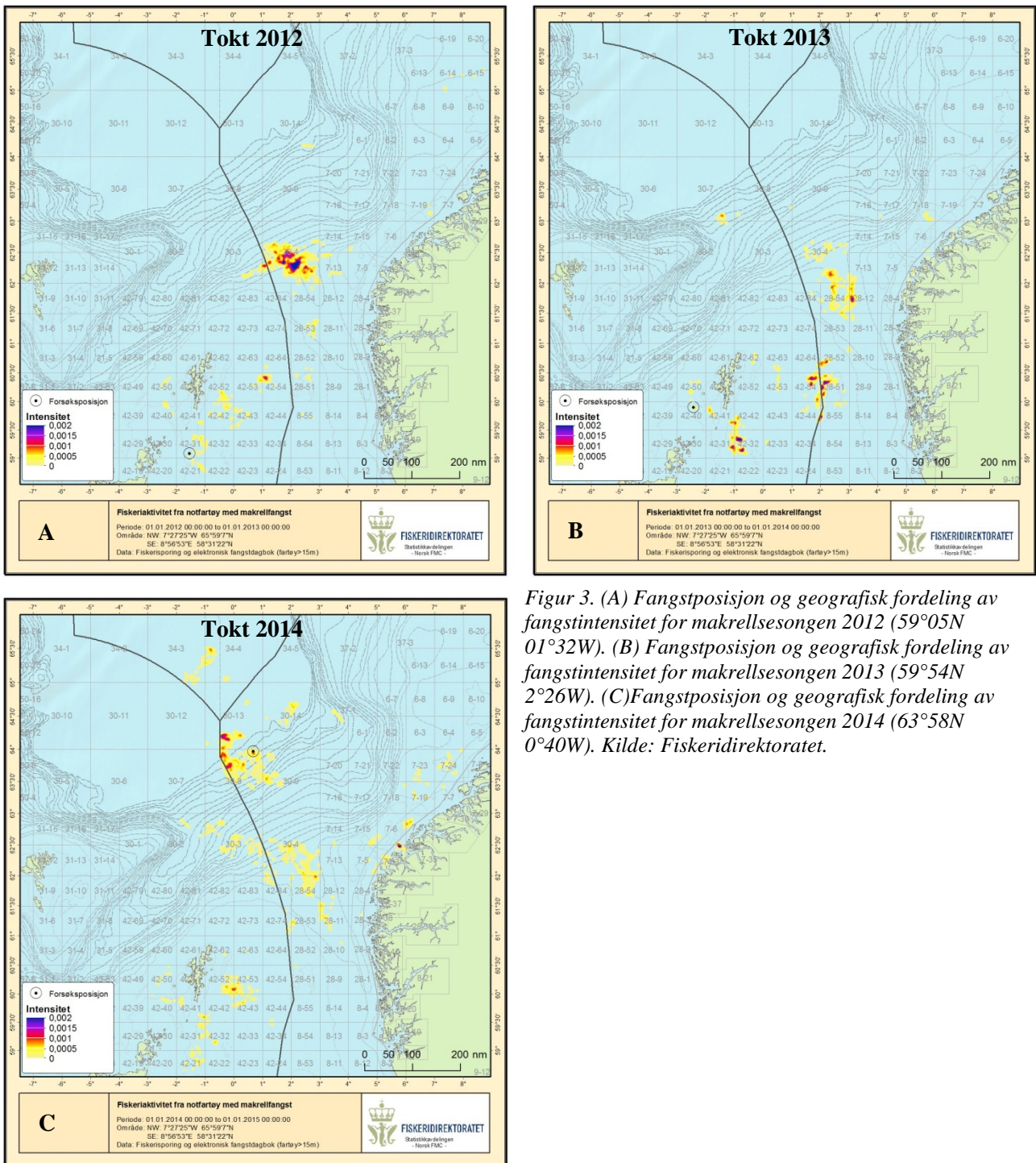
## 2.2 Fiskeredskap

Ved alle forskningstoktene ble snurpenot benyttet som fangstredskap for makrell. Nota som ble nytt til makrellfisket var 470 m lang og 99 m dyp i 2012, 627 m lang og 156 m dyp i 2013, og 800 m lang og 250 m dyp ved toktet i 2014.



## 2.3 Gjennomføring av fiske

Ved forskningstoktene etter makrell ble fisket gjennomført ved ulike fangstposisjoner (Figur 3). I 2012 ble fisket gjennomført ved posisjonen 59°05N 01°32W og ved 59°54N 2°26W i 2013. Områdene er nærliggende og hadde lignende fangstintensitet for de respektive tokteårene. I 2014 ble fisket gjennomført i posisjonen 63°58N 0°40W, i et område lenger nord med mye fangstaktivitet gjennom hele makrellsesongen.



Figur 3. (A) Fangstposisjon og geografisk fordeling av fangstintensitet for makrellsesongen 2012 (59°05N 01°32W). (B) Fangstposisjon og geografisk fordeling av fangstintensitet for makrellsesongen 2013 (59°54N 2°26W). (C) Fangstposisjon og geografisk fordeling av fangstintensitet for makrellsesongen 2014 (63°58N 0°40W). Kilde: Fiskeridirktoratet.

Forskningsstoktene ble gjennomført ved at ett av fartøyene var fangstfartøy og et annet overpumpingsfartøy. Det var avsatt egen forskningskvote til hvert av forsøkene. Rundt halvparten av fangsten ble pumpet ombord i fangstfartøyet mens den andre halvparten ble pumpet ombord i overpumpingsfartøyet. For spesifikasjoner for de tre forskningsstoktene, se Tabell 4. En detaljert beskrivelse av utførte forskningsstokt kan leses i de respektive tokt rapportene (Aursand et al., 2014; Digre og Aursand, 2013; Digre et al., 2014).

Tabell 4. Spesifikasjoner for gjennomførte tokt 2012-2014.

Fartøy	M/S Svebas	M/S Frøybas	M/S Hovden Viking	M/S Storegg	M/S Liafjord	M/S Ligrunn
År	2012		2013		2014	
Not	Kystnot, lengde=470m, dybde=99m		Kystnot, lengde=627m, dybde=165m		Ringnot, lengde=800m, dybde=250m	
Avgang	23.10.12 Bergen	23.10.12 Florø	15.10.13 Florø	15.10.13 Florø	18.09.14 Sotra	18.09.14 Florø
Posisjon setting av not	59°05N 01°32W		59°54N 2°26W		63°58N 0°40W	
Fangstdato	25.10.12		22.10.13		20.09.14	
Værforhold under fiske	Nordlig frisk bris		Sørøstlig frisk bris		Vestlig liten kuling	
Pumpetid (min)	85	80	46	48	27	29
Fangst (tonn)	132*	147	80	55	200	250
Snitt vekt (g)	330	315	340	340	370	367
Pumpehastighet (tonn/min)	1.6	1.8	1.7	1.2	7.4	8.6
Lagringstid i RSW (timer)	Ca. 39	Ca.37	Ca.51	Ca.60	Ca. 22-39	Ca. 21-38
Levering av fangst	Sirfish AS, Sirevåg	Norway Pelagic, Karmøy	Sperre Vikomar	Sperre Fosnavåg	Norway Pelagic, Måløy	Norway Pelagic, Selje

\* Notkast på ca 400 tonn med fangstregulering til 279 tonn.

Ved forskningsstoktene i 2012-2014 la fartøyene ut i fra området mellom Bergen og Florø og satte kursen mot Færøyene og Skottland. Forskningsstoktene i 2012 og 2013 ble gjennomført med kystnotfartøy, mens toktet i 2014 ble gjennomført med ringnotfartøy. Under det første toktet fungerte M/S Svebas som fangstfartøy og M/S Frøybas som overpumpingsfartøy, og i 2013 ble fartøyene M/S Hovden Viking og M/S Storegg benyttet, hvor førstnevnte fungerte som fangstfartøy og sistnevnte som overpumpingsfartøy. Ved fisket i 2014 ble derimot ringnotfartøyene Liafjord (fangstfartøy) og Ligrunn (overpumpingsfartøy) benyttet. Ved de to første forskningsstoktene ble noten satt i ICES (International Council for the Exploration of the Sea) området IVA, som ligger mellom Norge, Skotland og Færøyene. I 2014 ble noten satt litt lengre nord, i området Ila, mot grensen til EU farvann, NØS og Færøyene.

Det var lignende værforhold under fisket i 2012 og 2013, med henholdsvis nordlig og sørlig fisk bris og 1-2 meter bølgehøyde. Ved forskningsstoktet i 2014 var det derimot noe kraftigere vind med vestlig liten kuling. Likevel spilte værforholdene en større rolle for toktene med kystnotfartøy, ettersom disse fartøyene var vesentlig mindre enn ringnotfartøyene og da mer utsatt for værforholdene (se avsnitt 2.1). I 2012 endret værforholdene seg i fra fisk bris til vindstyrker mellom stiv kuling og storm under den rundt 32 timer lange seilasen inn mot land. Tilsvarende endret forholdene seg i 2013 seg i fra frisk bris til liten kuling med 1,5-3 m bølgehøyde under den 50-60 timers lange seilasen. Det bør også nevnes at det ombord på overpumpingsfartøyet (M/S Storegg) var noe mer "slinging" enn hos fangstfartøyet (M/S Hovden Viking), noe som kan skyldes at fartøyet var mindre og uten stabiliseringstank (Tabell 3). Ved toktet i 2014 gikk det

fra vestlig frisk bris til nordvestlig liten kuling ved avslutning av fangstoperasjonen og senere til stiv kuling, noe som innebar seiling med vind fra akter.

Snittvekten av makrellen var noenlunde lik for alle toktene, og hadde en gjennomsnittsvekt på mellom 315-370 gram. Ved toktet i 2012 ble 279 tonn makrell pumpet ombord på fartøyene med en hastighet på 1,6-1,8 tonn/min. Av disse ble 132 tonn ble pumpet ombord på fangstfartøyet og 147 tonn til overpumpingsfartøyet. Det tok rundt 80 minutter å pumpe fisken ombord på hvert av fartøyene. I 2013 ble 135 tonn makrell pumpet ombord med en pumpehastighet på mellom 1,2 til 1,8 tonn/min. Det tok 46-48 minutter å pumpe fisken ombord på hvert av fartøyene, hvorav 80 tonn ble pumpet til fangstfartøyet og 55 tonn til overpumpingsfartøyet. I 2014 ble det fanget hele 450 tonn makrell, hvorav 200 tonn ble pumpet ombord på fangstfartøyet og 250 tonn til overpumpingsfartøyet med en pumpehastighet på mellom 7,4-8,6 tonn/min. Dette er en firedobling av pumpehastigheten sammenlignet med de to andre toktene.

## 2.4 Transport fra not til lagringstank

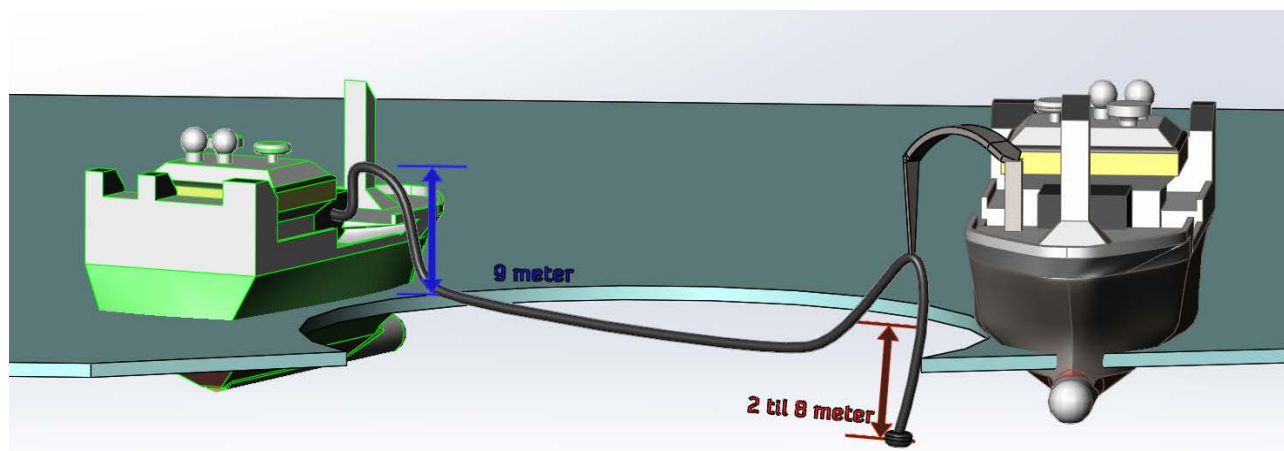
For å pumpe fisken ombord ble det brukt en tradisjonell pumpe med skovler under lasteprosessen. Ombord på fartøyene ble fisken spredd utover i avsilingssonen og separert fra pumpevannet med en rist. Ut fra silekassen ble fisken fordelt til lagringstankene gjennom aluminiumsrør/renner. Tabell 5 viser en oversikt over transportveien for fangsten fra nota til lagringstanker ombord på forskningsfartøyene.

Tabell 5. Transportvei for ombordpumpet fisk fra not til lagringstank ombord på forskningsfartøyene 2012-2014.

Fartøy	M/S Frøybas	M/S Svebas	M/S Hovden Viking	M/S Storegg	M/S Liafjord	M/S Ligrunn
Løftehøyde fra vannoverflata til topp avsilingsrist (m)	4-5	5	4-5	Ca. 4	9,5	9,5
Antall 90° bend	0	1	1	1	1	1
Antall 45° bend	1	1	0	0	0	0
Total lengde pumpe slang (m)	7	30+4	14.5	30+4	20	Ca. 30
Diameter pumpe slang (tommer)	14	12	14	12	18	18
Diameter pumpe (tommer)	-	-	14	-	20	20

Under forskningstoktet i 2012 og 2013 ble det under overpumping av fangsten benyttet en pumpe slang på 12 tommer og 30 meter. Denne ble koblet på et 45 graders bend på rekken hos overpumpingsfartøyet. Derifra til silekassen var det 3-4 meter pumpe slang. Totalt var derfor pumpe slangen ca. 34 meter lang fra pumpen til silekassen. Siden diameteren på pumpe slangen på fangstfartøyet og overpumpings-fartøyet var ulik (hhv. 14 og 12 tommer) ble det benyttet en overgang på ca. 0,5 meter. I 2012 ble det nyttet en Karm pumpe levert av Karmøy vinsj. I 2013 ble det derimot benyttet en standardfiskepumpe (sentrifugalpumpe) av typen SeaQuest levert av SeaQuest systems.

Under forskningstoktet i 2014 ble det benyttet pumpe slang med diameter på 18 tommer som var 20 + 50 meter lang. Denne ble koblet på en 90 graders bend på rekken hos overpumpingsfartøyet. Derifra var det noen meter pumpe slang frem til silekassen. Totalt var derfor pumpe slangen rundt 70 meter lang fra pumpen til silekassen. Pumpen som ble benyttet var en "Karm 24" pumpe levert av Karmøy vinsj. En skisse over overpumpingsprosessen for forskningstoktet i 2014 er vist i Figur 4.



Figur 4. Overpumpingsprosessen under forskningstoktet i 2014 med fangstfartøy til høyre og overpumpingsfartøy til venstre. Tegning: Aleksander Eilertsen, SINTEF Fiskeri og havbruk.

## 2.5 Kjøleanlegg og lagringstanker ombord

Kjølesystemet (RSW-anlegget) ble evaluert ved hjelp av temperaturlogging i tanken fra bunn til topp fra fangst til landing. Forholdet mellom sjøvann og fiskemengde i tanken ble også registrert, sammen med kapasitet og tankvolum til anlegget. Se de respektive toktrapportene for en mer detaljert beskrivelse av RSW-tanker og deres kjølekapasitet (Aursand et al., 2014; Digre og Aursand, 2013; Digre et al., 2014).

Tabell 6. Informasjon om RSW-tanker med temperaturloggere og makrell.

Fartøy	M/S Svebas	M/S Frøybas	M/S Hovden viking	M/S Storegg	M/S Liafjord	M/S Ligrunn
År	2012		2013		2014	
Tank	Sentertank	Fremre babord	Bakre babord	Bakre senter	Fremre babord	2 styrbord
Størrelse	44,65 m <sup>3</sup>	41 m <sup>3</sup>	75 m <sup>3</sup>	63 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	189 m <sup>3</sup>
Mengde fisk	35 m <sup>3</sup>	26,4 m <sup>3</sup>	68 m <sup>3</sup>	42 m <sup>3</sup>	119,8 m <sup>3</sup>	75 m <sup>3</sup>
Fyllingsgrad	78 %	64 %	91 %	67 %	80 %	40 %
Kjølekapasitet	260 000 kcal	300 000 kcal	380 000 kcal	230 000 kcal	1000 KW	1000 KW
Fartøy	Kystnot	Kystnot	Kystnot	Kystnot	Ringnot	Ringnot
Redskap	Snurpenot	Snurpenot	Snurpenot	Snurpenot	Snurpenot	Snurpenot

Ved toktet i 2012 var fangstfartøyet utrustet med 3 RSW-tanker (45-62 m<sup>3</sup>) med en kjølekapasitet på 260 000 kcal, mens overpumpingsfartøyet hadde 6 RSW-tanker (41-55 m<sup>3</sup>) med en kjølekapasitet på 300 000 kcal. I 2013 hadde fangstfartøyet 6 tanker med en kapasitet på 380 000 kcal og overpumpingsfartøyet 4 tanker på 230 00 kcal. Tilsvarende hadde hvert av fartøyene i 2014 hele 9 RSW-tanker med en kjølekapasitet på 1000 KW (860 000 kcal).

Under hvert av toktene ble temperaturen logget i en tank. En wire med temperaturloggere ble strukket fra senter i bunnen og opp til toppen av tanken hvor den ble festet til leideren. Ved toktet i 2012 og 2014 ble loggerne plassert med 0,5 meters mellomrom fra bunn til topp, mens avstanden mellom loggerne var 1 meter i 2013. Dette ble gjort for å se om det var noen eventuelle temperaturforskjeller mellom de separate sjiktene i lagringstankene.

Selv om en prøvde å fordele fangsten likt på de to fartøyene varierte fyllingsgraden mellom tankene. Ved toktet i 2012 var fyllingsgraden relativt lik, på 78% for fangstfartøyet og 64% for overpumpingsfartøyet, mens en i 2013 og 2014 hadde en noe høyere fyllingsgrad hos fangstfartøyene på hhv. 91% og 90 % mot 67% og 40% hos overpumpingsfartøyene.

## 2.6 Analyser og kvalitetsvurdering

Prøver av fisk for analyse ble tatt fra to kontrollpunkt på hvert av fartøyene, og to etter landing;

- Fra silkassen under ombordpumping.
- Fra RSW-tank under transport (kun tokt i 2013).
- Fra mottakskar hos kjøper ved landing av fisken (direkte fra lossepumpen).
- Etter islagring og transport til SINTEF Sealab (tokt i 2013 og 2014).

Ved ombordtaking av fangsten i 2012 og 2013 ble det tatt ut prøver av fisk hvert 10 minutt så lenge pumpeprosessen pågikk. Tilsvarende ble det ved toktet i 2014, hvor pumpehastigheten var ca. 4 ganger så høy, tatt ut prøver med 3 minutters mellomrom. Det ble tatt ut en kurv, ca. 40-130 fisk, pr. uttak. Siden det var bare en forsker/ingeniør som analyserte prøver på hvert av fartøyene rakk man bare å evaluere et begrenset antall fisk før ny kurv med fisk måtte evalueres. Personene som evaluerte fisken var "kalibrert" med hverandre på forhånd. På de tre toktene deltok følgende personell:

- 2012: Hanne Digre (fangstfartøy) og Ida Grong Aursand (overpumpingsfartøy)
- 2013: Ida Grong Aursand (fangstfartøy) og Marte Schei (overpumpingsfartøy)
- 2014: Hanne Digre (fangstfartøy), Marte Schei (overpumpingsfartøy) og Aleksander Eilertsen med ansvar for sensorfisk.

Følgende analyser ble gjennomført (Tabell 7):

- Kjølning av fangsten ble logget i RSW-tanker. Dette ble gjort i en tank på hvert av fartøyene hvor 6-9 loggere var plassert i sjikt fra bunnen til toppen av tanken.
- Det ble målt rundvekt av fisk ved å ta prøver fra silekassen med jevne mellomrom.
- Overlevelseshastighet (andel fisk som var i live etter ombordtaking). Dette ble gjort på mellom 40-114 fisk fra fangstfartøyene og 30-70 fisk fra overpumpingsfartøyene.
- Sensorisk vurdering av skader på rundfisk ble utført både på fisk rett etter pumping (prøver tatt fra silekasse) og fisk som hadde vært lagret i lagringstanker (landing). Fangstskadevurdering ble utført på 30-70 fisk pr uttak etter pumping og på 40-70 fisk fra tankene etter lagring.
- Sensorisk vurdering av filetkvalitet ble utført både på fisk rett etter pumping (prøver tatt fra silekasse) og fisk som hadde vært lagret i lagringstanker (ved landing). Filetkvalitet ble vurdert av 10 fileter pr uttak etter pumping, og på 20-70 fileter fra tankene etter lagring.
- Åteinnhold i tarm og mage samt enzymaktivitet ble analysert etter ombordtaking hos 15-80 fisk ved toktet i 2013 og 2014.
- Rundfisk (n=20) fra begge fartøyene ble tatt med til Trondheim for vurdering av tekstur ved tokt i 2013 og 2014.
- G-kraftloggere ble nyttet for å evaluere fangsthåndtering ved å registrere akselerasjonskreftene fisken ble utsatt for ved pumping for sammenligning av fangstfartøy og overpumpingsfartøy.

Tabell 7. Analyser gjennomført ombord på fartøyene og på land (ved landing eller ved SINTEF sealab) for forskningstokt i 2012-2014.

Analyser	Tokt 2012	Tokt 2013	Tokt 2014
<b>Ombord</b>			
RSW-kjøling av fangsten	x	x	x
Fiskevekt	x	x	x
Fiskens tilstand (overlevelsesrate)	x	x	x
Fangstskader (rund makrell)	x	x	x
Filetkvalitet	x	x	x
Åteinhold	-	x	x
Enzymaktivitet	-	x	x
Sensorfisk	-	-	x
<b>På land</b>			
Fangstskader (rund makrell)	x	x	x
Filetkvalitet	x	x	x
Tekstur	-	x	x

### 2.6.1 Analyser av fisken utført ombord

**Fiskens tilstand (dødelighet):** Fisk ble umiddelbart etter opptak kontrollert i forhold til tilstand (død/slapp/levende). Dette ble gjort ved å berøre sidelinja og spordgrep.

**Fangstskader:** Vurdert for ca. 30-70 fisk i hver gruppe, se fangstskadeskjema i Vedlegg 1, også gitt i kvalitetshåndboken for pelagisk fisk (www.fhl.no/book). Fokus var på skader og blod. Undersøkelsen ble gjennomført like etter ombordtaking av fisken. Ved toktet i 2013 ble fangstskader på fisken også undersøkt under transport, disse dataene er ikke behandlet i denne rapporten.

**Filetkvalitet:** Vurdering av blodflekker, konsistens og gaping ble gjort på høyre filet etter håndfiletering. Skjema er gitt i Vedlegg 2. I tillegg ble det tatt bilder for objektiv vurdering av filetkvaliteten av en og samme person i etterkant av toktet. Bildene ble da anonymisert før vurdering. Blod på finner ble ikke vurdert under toktet i 2013.

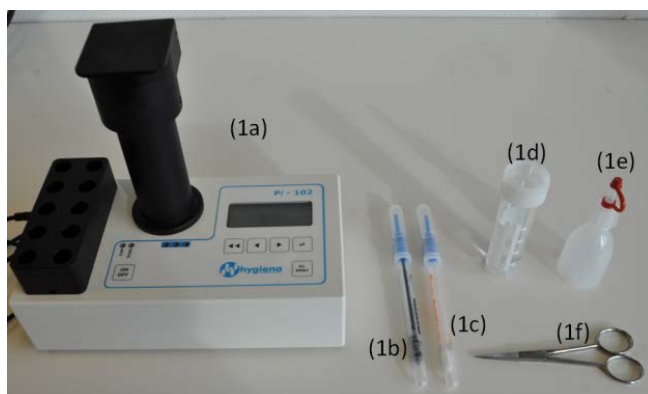
**Rundvekt:** Fiskevekt ble målt av mannskapet ombord. Prøver ble tatt ut fra silkassen med jevne mellomrom.

**Åteinhold:** Ved toktet i 2013 og 2014 ble åteinhold i tarm og mage ble vurdert ombord på de ulike fartøyene. For åte i magen ble skalaen 0-1 benyttet og er som følger: 0 (ingen åte i magen), 1 (åte i magen). For åte i tarm går skalaen som ble benyttet i 2014 fra 0-2 og er som følger: 0 (ingen), 1 (ca. halvfull) og 2 (full tarm), mens skalaen som ble benyttet i 2013 går fra 0-1 og er som følger 0 (ingen åte) og 1 (åte).

**Enzymaktivitet:** Ved toktet i 2013 og 2014 ble enzymaktivitet i buken (fare for buksprenging) analysert ombord. Materialene som ble brukt til å kjøre buksprengingstest er vist i (Figur 5). Fisk åpnes med saks og prøve tas ved å stryke med svaber på innsiden av fiskebukken (svarthinne). Etter at prøvene er tatt med pinnene fra testrøret, måles enzymaktivitet for å estimere enzymlekkasje. For måling av enzymaktivitet knekkes først hodet av testrøret med prøve for å få ut reaktant (der befinner luciferasen seg). Enzymet luciferase reagerer med prøve i testrøret. Etter en bestemt reaksjonstid tilsettes ATP-løsning i testrøret og måles utvikling lys i RLU (relative light units) i luminometeret. Målingen gir en verdi som representerer prøve:  $RLU_{prøve}$ . Det må også kjøres kontroll prøve ( $RLU_{kontroll}$ ). Et rør uten enzymer fra fisk kjøres på samme måte for å fungere som en referanse. Utvikling av lys beregnes på følgende måte:

Utvikling av lys =  $RLU_{prøve} * 100 / RLU_{kontroll}$ , %

I noen av prøvene er det mye endogent ATP som kommer med fisken, og derfor måler vi høyere  $RLU_{prøve}$  enn  $RLU_{kontroll}$  (utvikling av lys er høyere enn 100%). I disse tilfellene er det ingen enzymlekkasje i prøven, utvikling av lys tilpasses til 100%.



Figur 5. Materialene som ble brukt til å kjøre bukspregningstest: Luminometer (1a), buffer ekstraktpinne (1b), overflatepinne (1c), ekstraksjonsrør med 10 ml ekstraksjons buffer (1d) adenosintrifosfat (ATP) løsning Hygiene Pi-102 (1e) og saks (1f).

## 2.6.2 Analyser av fisken utført etter landing

Fangstskader ble vurdert for ca. 40-70 fisk i hver gruppe. Se fangstskadeskjema i Vedlegg 1, også gitt i kvalitetshåndboken for pelagisk fisk ([www.fhl.no/book](http://www.fhl.no/book)). Fokus var på skader og blod på fisken.

Filetkvalitet: Vurdering av blodflekker, konsistens og gaping ble gjort på høyre filet etter håndfiletering ved lossing av fangsten etter lagring i 21-60 timer i RSW-tanker. Skjema er gitt i Vedlegg 2, samt bilder av fileter med ulik score. I tillegg ble det tatt bilder for objektiv vurdering av filetkvaliteten av en og samme person i etterkant av toktet. Bildene ble da anonymisert før vurdering.

Tekstur: Etter toktene i 2013 og 2014 ble det gjennomført teksturmålinger av høyrefiletten til tyve fisk like etter filetering ved SINTEF sealab. Teksturmålingene ble utført ved hjelp av et instrument av type TA.XT2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, UK) ved en modifisert metode beskrevet av Einen et al. (1998). Programvaren Exponent ble nyttet for dataprosessering. Analysen ble utført med en veicelle på 50 kg og en sylindrisk probe med flat bunn med diameter 12 mm, en P0.5 probe (1/2 " Ø, *delrin for geletine*).

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. Kjøttets hardhet ble bestemt av tre paralleller fra hvert prøveuttak med nedtrykk i nakke- midt- og haleregion (se Figur 6). Det var kun høyre filet som ble analysert. Blodflekker og gaping ble også vurdert på disse filetene.



Figur 6. Lokalisering av teksturmålingene (nakke, midt og hale).

## 2.7 Statistiske analyser

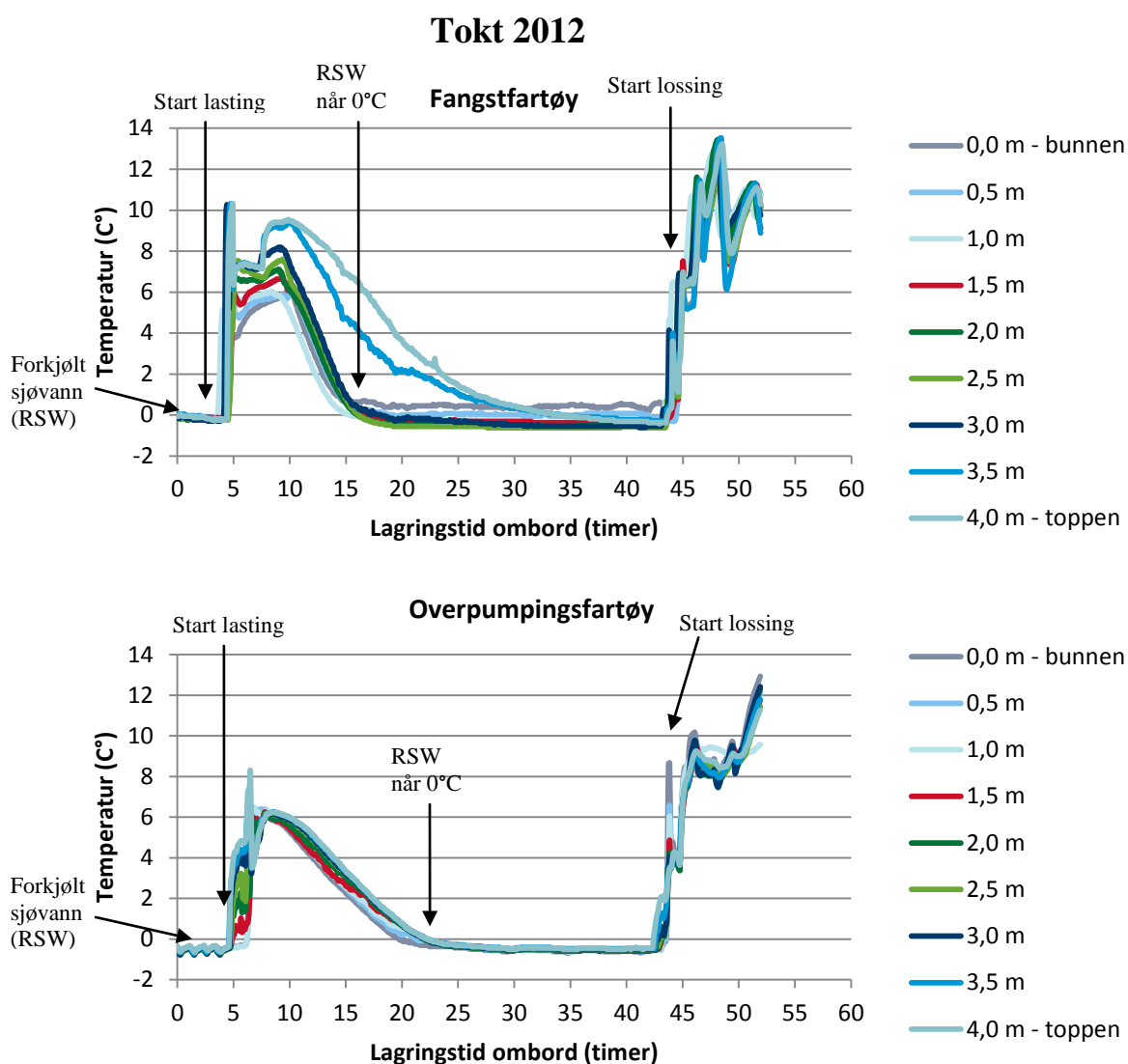
Usikkerhetene i teksten er fremstilt som standardavvik dersom ikke annet er nevnt. Statistikkprogrammet IBM® SPSS® Statistics (versjon 21) og Microsoft Excel ble nyttet for dataprosessering og statistiske analyser. Det ble kjørt enveis ANOVA med bruk av post hoc Tukey's test. Mann Whitney test ble brukt for å undersøke forskjeller mellom to grupper med to nivåer som f.eks mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy. De statistiske resultatene ble ansett som statistisk signifikante ved  $p < 0,05$ .



### 3 Resultater

#### 3.1 RSW-kjøling av fangsten

Ved forskningstoktene i 2012-2014 ble temperaturen logget i forskjellige sjikt, fra bunnen til toppen av en RSW-tank ombord på hvert av fartøyene (Figur 7, Figur 8 og Figur 9). Ved toktet i 2012 og 2014 ble loggerne plassert med 0,5 m avstand, mens de i 2013 ble plassert med 1 m avstand. For utfyllende informasjon om kjøleanlegg og RSW-tanker se de respektive toktrapportene (Aursand et al., 2014; Digre og Aursand, 2013; Digre et al., 2014).

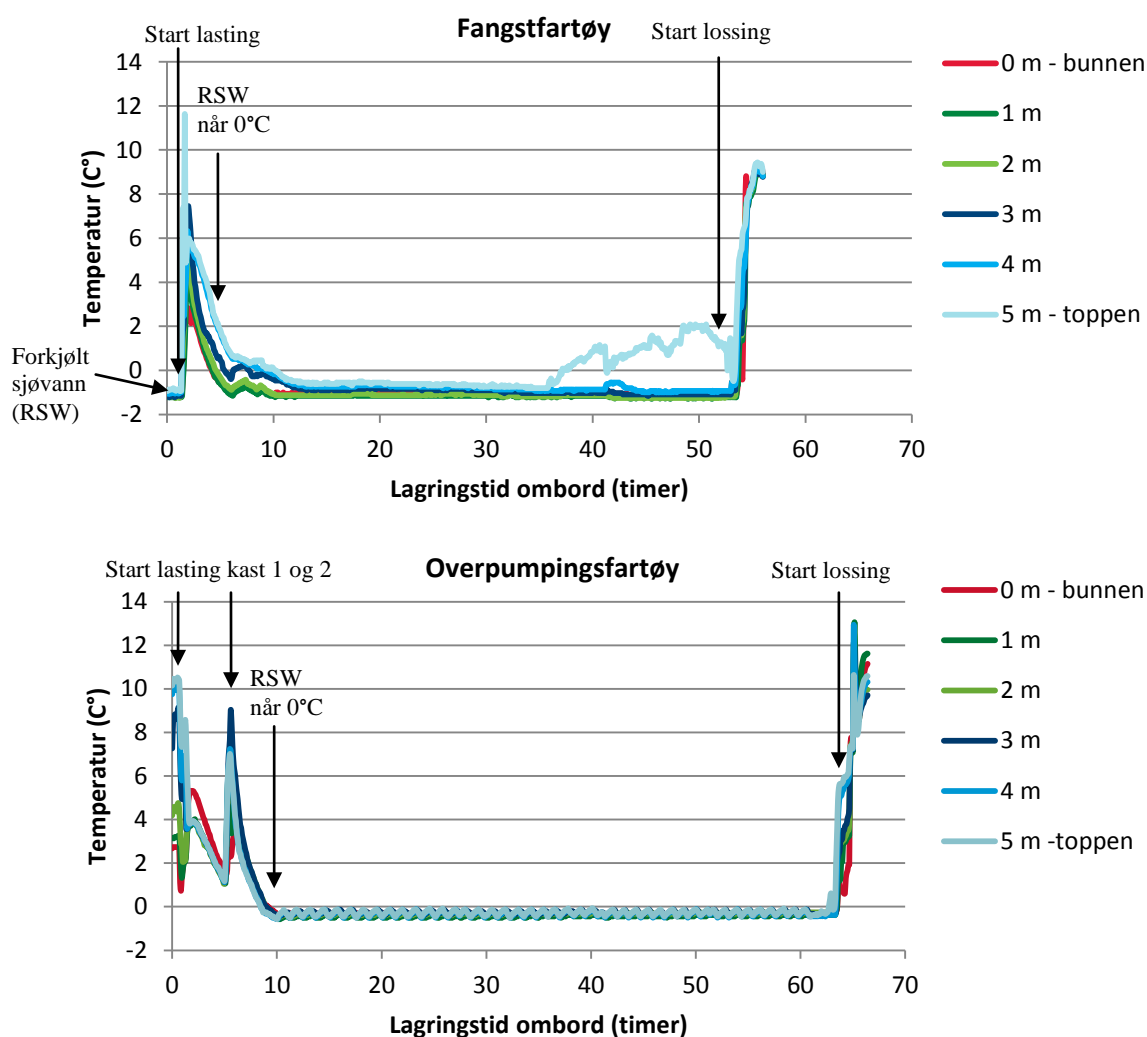


Figur 7. Temperaturendringer over tid i forkjølte RSW-tanker fra lastning til lossing av fangsten ved toktet i 2012. Øverst - temperaturen i senter tanken hos fangstfartøyet (fyllingsgrad 78%). Nederst - temperaturen i fremre babord tank hos overpumpingsfartøyet (fyllingsgrad 64%). Hvert av plottene i figuren representerer en temperaturlogger plassert langs vaieren fra bunnen (0 m) til toppen (4 m) med 0,5 m avstand mellom hver av loggerne.

Tiden det tok å senke temperaturen til 0°C eller lavere etter at all fisken var lastet ombord i tankene varierte mellom de ulike forskningstoktene. Under det første toktet i 2012 tok det mellom 9-28 timer å senke temperaturen, mens det ved toktet i 2013 og 2014 tok henholdsvis 2-8 timer og 3-4 timer. Ved toktet i 2012

tok det også lengre tid å senke temperaturen i RSW-tanken hos fangstfartøyet enn hos overpumpingsfartøyet, og fangstfartøyet brukte mellom 9 og 28 timer på å senke temperaturen. Tilsvarende tok det hos overpumpingsfartøyet mellom 12 og 15 timer. Ved toktet i 2013 tok det derimot bare rundt 5 timer å kjøle fangsten til under 0°C hos overpumpingsfartøyet og mellom 2-8 timer for fangstfartøyet, mens det ved toktet i 2014 tok like lang tid å kjøle ned fangsten på begge fartøyene. Fartøyene hvor det tok lengst tid å senke temperaturen var også de eldste fartøyene med de laveste kjølekapasitetene.

## Tokt 2013

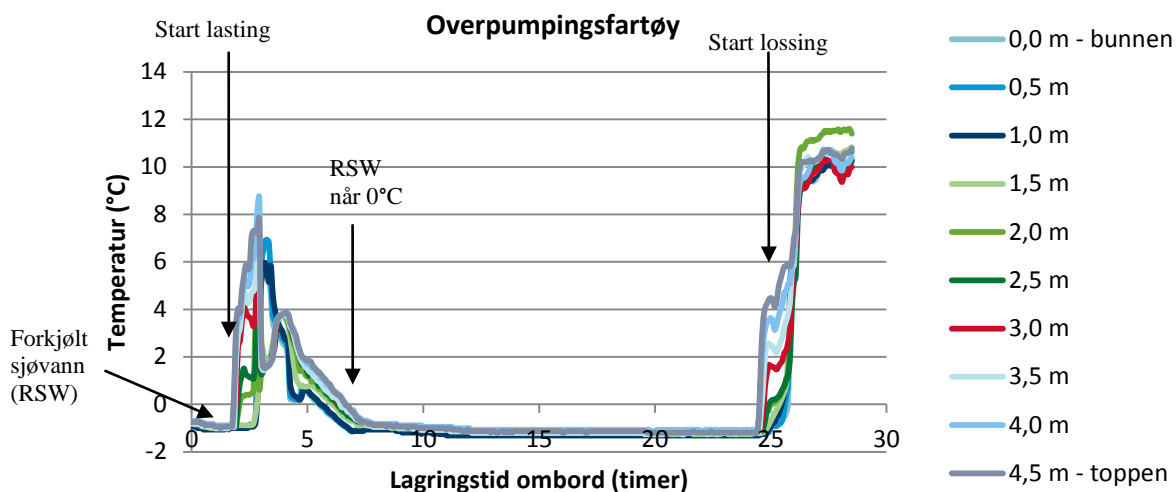
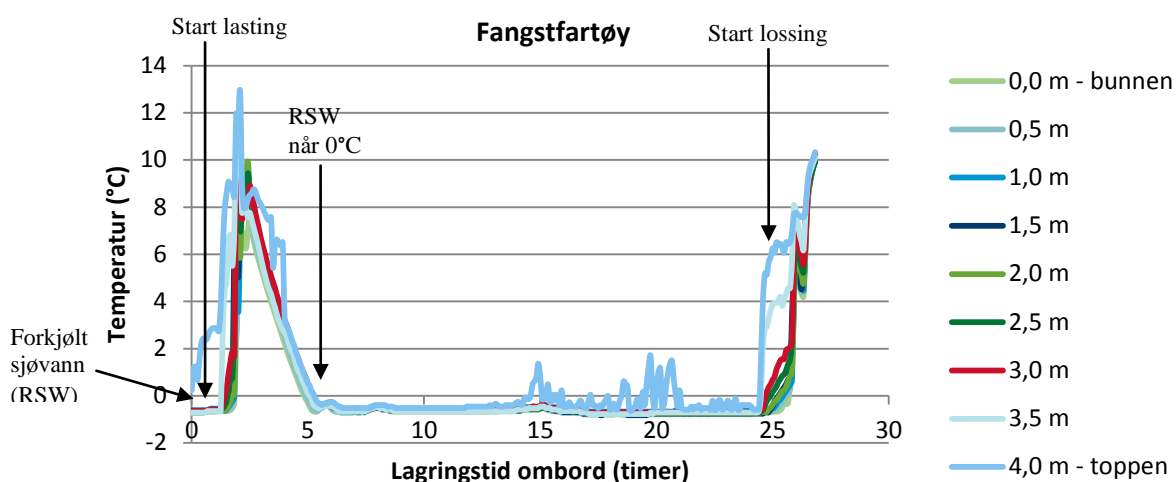


Figur 8. Temperaturendringer over tid i forkjølte RSW-tanker fra lastning til lossing av fangsten ved toktet i 2013. Øverst - temperaturen i bakre babord tank hos fangstfartøyet (fyllingsgrad 91%). Nederst - temperaturen i bakre tank hos overpumpingsfartøyet (fyllingsgrad 67%). Hvert av plottene i figuren representerer en temperaturlogger plassert langs vaieren fra bunnen (0 m) til toppen (5 m) med 1 m avstand mellom hver av loggerne.

For alle forskningstoktene tok det like lang tid å senke temperaturen i toppen som i bunnen av RSW-tankene hos overpumpingsfartøyene. Hos fangstfartøyene var derimot kjøleforløpene ulike. Ved toktet i 2012 og 2013 tok det noe lengre tid å senke temperaturen øverst i tanken. Imidlertid tok det like lang tid å senke temperaturen i hele lagringstanken i 2014. I 2012 tok det mellom 9-12 timer å senke temperaturen i sjiktet mellom 0,5 m og 3,0 m nede i tanken, mens det helt øverst (3,5 og 4,0 m) tok hele 28 timer å senke

temperaturen til under 0°C. I bunnen av tanken (0 m) ble det aldri under 0°. Tilsvarende tok det ved toktet i 2013 rundt 8 timer i fra fisken var ombord til temperaturen i RSW-tanken var under 0°C øverst i tanken hos fangstfartøyet (5 og 4 m). Lengre ned i tanken på samme fartøy tok det derimot bare rundt 2 timer å avkjøle vannet. Ved toktet i 2012 og 2013 lå imidlertid ikke fisken så høyt oppe i tanken at den ble påvirket av at det tok lengre tid å avkjøle dette vannet.

## Tokt 2014



Figur 9. Temperaturendringer over tid i forkjølte RSW-tanker fra lasting til lossing av fangsten ved toktet i 2014. Øverst - temperaturen i fremre babord tank hos fangstfartøyet (fyllingsgrad 80%). Nederst - temperaturen i andre styrbord tank hos overpumpingsfartøyet (fyllingsgrad 40%). Hvert av plottene i figuren representerer en temperaturlogger plassert langs vaieren fra bunnen (0 m) til toppen (4 eller 4,5 m) med 0,5 m avstand mellom hver av loggerne.

Lagringsbetingelsene var forskjellige ved de ulike toktene (Tabell 8). Ved toktet i 2012 holdt RSW-tanken hos fangstfartøyet en gjennomsnittlig temperatur på  $-0,3 \pm 0,2^\circ\text{C}$  etter nedkjøling til  $0^\circ\text{C}$  eller lavere. Tilsvarende holdt lagringstanken hos overpumpingsfartøyet en temperatur på  $-0,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . De noe ulike gjennomsnittlige kjøletemperaturene kan henge sammen med fyllingsgraden av tankene, der fangstfartøyet hadde en høyere fyllingsgrad enn overpumpingsfartøyet (78% mot 64%). Den samme tendensen ble også observert ved toktet i 2014. Der det ble observert en gjennomsnittlig temperatur på  $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$  etter

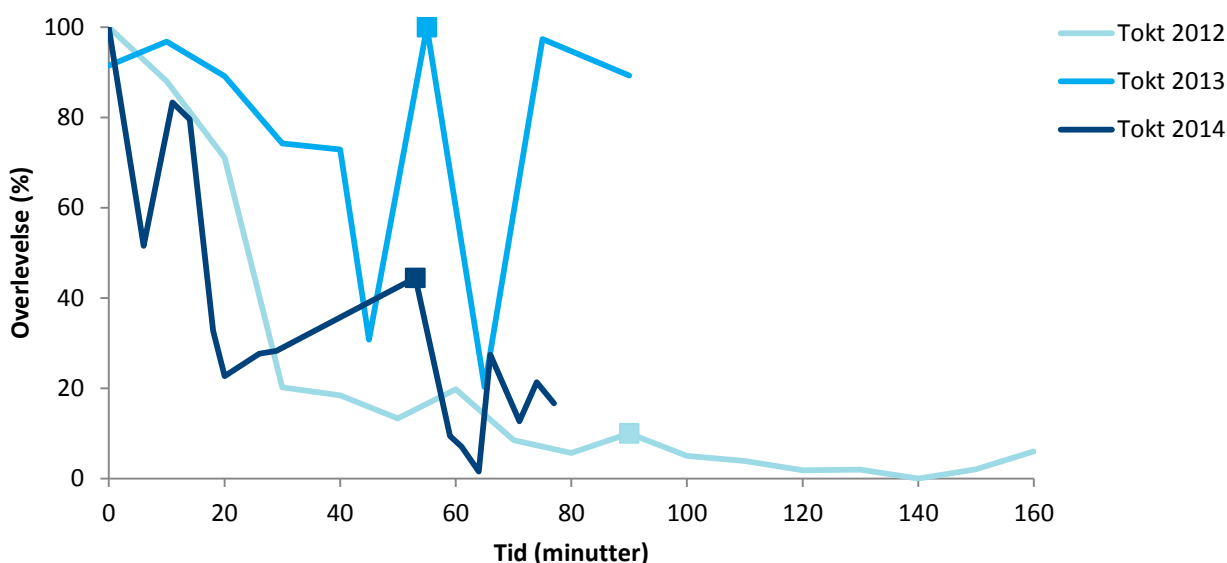
nedkjøling ombord på fangstfartøyet (fyllingsgrad 80%) og en gjennomsnittstemperatur på  $-1,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  hos overpumpingsfartøyet (fyllingsgrad på 40%). Ved toktet i 2013 ble derimot den motsatte tendensen observert. Da holdt lagringstanken hos fangstfartøyet en gjennomsnittlig temperatur på  $-1,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (fyllingsgrad 78%) etter nedkjøling, mens overpumpingsfartøyet hadde en temperatur på  $-0,3 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (fyllingsgrad 64%).

Tabell 8. Gjennomsnittstemperaturer i RSW-tanker etter nedkjøling til under  $0^{\circ}\text{C}$  og frem til lossing av fisken samt fyllingsgrad (%) av lagringstankene ved de respektive forskningstoktene i 2012-2014. Gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.

Tøkt	Fangstfartøy		Overpumpingsfartøy	
	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Fyllingsgrad (%)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Fyllingsgrad (%)
2012	$-0,3 \pm 0,2$	78	$-0,5 \pm 0,1$	64
2013	$-1,0 \pm 0,2$	91	$-0,3 \pm 0,1$	67
2014	$-0,6 \pm 0,2$	80	$-1,1 \pm 0,2$	40

### 3.2 Overlevelsesrate

Overlevelsesraten avhenger trolig av flere faktorer som værforhold, størrelse på kastet, tid i noten før ombordtaking og hvor skånsom ombordtakingen er. Overlevelsesraten til makrell for de tre toktene er presentert i Figur 10 og viser hvordan overlevelsesraten til makrellen endret seg avhengig av tid etter pumpestart.



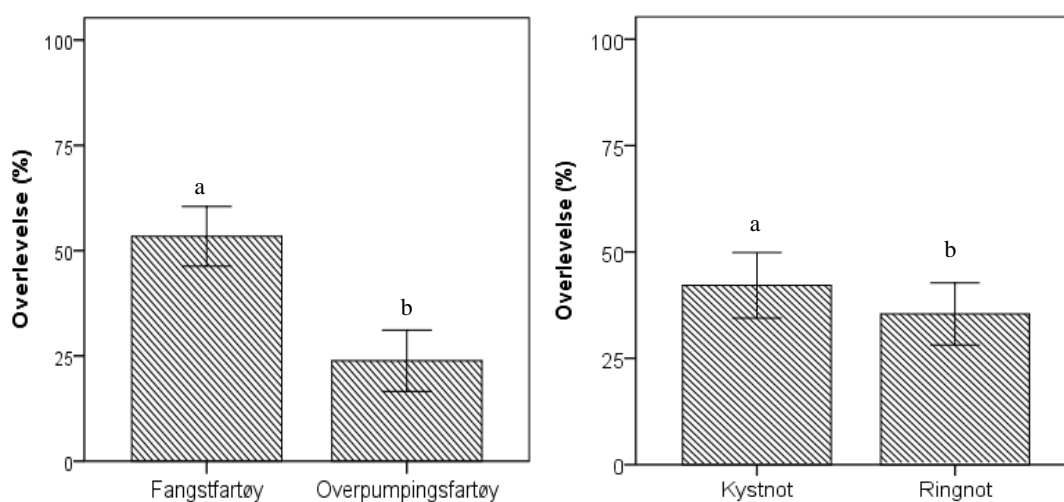
Figur 10. Overlevelsesraten til makrell ombord på fangstfartøy og overpumpingsfartøy som funksjon av tid for forsøktoktene i 2012-2014. Uttakene er tatt fra toppen av silkassen i avsilingssonen. Markørene illustrerer når overpumpingen startet. Prøvene ble tatt ut under ombordtaking av fisk.

Figuren viser at all fisken fra toktene i 2012 og 2014 var i live når en startet ombordpumpingen, men at noe av fisken fra toktet i 2013 var død allerede ved starten av ombordpumpingen. Dødeligheten av fisken økte med tiden under ombordpumpingen til fangstfartøyet under alle de tre toktene fra 0% til 94% i 2012, fra 8% til 69% i 2013 og fra 0% til 72% under toktet i 2014. Lignende resultater er vist for makrell pumpet fra ringnot (Digre et al., 2004).

Ved pumping ombord til overpumpingsfartøyet var det meste av fisken død. Under toktet i 2012 var over 90% av fisken som ble pumpet ombord på overpumpingsfartøyet død. En høy dødelighet ble også funnet

blant fisken som ble pumpet ombord på overpumpingsfartøyet i 2014 (56-98%). Ved toktet i 2013 ble det derimot funnet en stor variasjon i dødelighet hos fisken ombord på overpumpingsfartøyet, og fisken varierte mellom å være 100% levende og 80% død. Den store variasjonen i andelen død fisk ved dette toktet kan skyldes et opphold i pumpingen under overpumpingen på rundt 10 minutter hvor pumpeslangen måtte tømmes for fisk før pumpingen kunne fortsette. Oppholdet kan ha medført en endring i sammensetningen av fisk i noten.

Samlet hadde fangstfartøyene en signifikant høyere overlevelsesrate enn overpumpingsfartøyene, med en gjennomsnittlig overlevelsesrate på 53,4 % mot 23,9 % ( $p=0,000$ ). Den observerte høyere overlevelsesraten hos fangstfartøyet kan forklares med at dødeligheten til fisken øker med tiden fisken står i noten.



Figur 11. Overlevelsesrate hos makrell ved ombordtaking (0-80 min). Til høyre - overlevelsesrate som funksjon fartøy, fangstfartøy ( $n=1613$ ) og overpumpingsfartøy ( $n=1191$ ). Til venstre - overlevelsesrate som funksjon av redskap, kystnot ( $n=1915$ ) og ringnot ( $n=889$ ). Gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE).

Tabell 9. Statistikk med  $p$ -verdier for overlevelsesrate. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

Testvariabler	N	Mean $\pm$ STD	P-verdi	Test
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy	Fangstfartøy = 1613 Overpumpingsfartøy = 1191	Fangstfartøy = 2,17 $\pm$ 0,914 Overpumpingsfartøy = 2,55 $\pm$ 0,787	0,000	Mann-Whitney
Kystnot mot ringnot	Kystnot = 1915 Ringnot = 889	Kystnot = 2,29 $\pm$ 0,889 Ringnot = 2,43 $\pm$ 0,860	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	Fangstfartøy = 830 Overpumpingsfartøy = 419		0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	Fangstfartøy = 377 Overpumpingsfartøy = 289		0,025	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	Fangstfartøy = 406 Overpumpingsfartøy = 483		0,000	Mann-Whitney

### 3.3 Fangstskader på rund makrell

#### 3.3.1 Fangstskader etter pumping

Oversikt over fangstskader for rund makrell fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy rett etter ombordpumping er vist i Tabell 10 for makrelltoktene i 2012, 2013 og 2014. Det ble funnet at andelen fangstskader varierte mellom fartøyene og mellom toktene. Men, ser en bort i fra overpumpingsfartøyet ved toktet i 2014 ble det generelt observert få fangstskader på fisken som ble vurdert. Finneskader og blod på finner var derimot svært vanlig og ble funnet på over 80% av fisken som ble undersøkt ved alle toktene.

Ved toktet i 2012 ble det funnet forskjeller på fisk pumpet ombord på fangstfartøy og overpumpingsfartøy på følgende parameter: klemskade, bloduttredelser på øyet og blod på gjellelokk, hvor fangstfartøyet ble funnet å ha en signifikant høyere andel av disse skadene ( $p=0,000$ ). Derimot ble det ved toktet i 2013 funnet en signifikant høyere andel skader hos overpumpingsfartøyet på følgende parameter: klemskader, blod på skinn og blod på gjellelokk ( $p<0,05$ ), mens fangstfartøyet hadde en høyere andel skader på parameteren blod på finne. Ved det siste toktet i 2014 ble overpumpingsfartøyet funnet å ha en signifikant høyere andel fangstskader på alle parametere ( $p=0,000$ ), med unntak av blod på finner som var lik for begge fartøyene.

For toktet i 2012 og 2013 kan forskjellene som ble funnet ved sensorisk evaluering av fangstskader mellom fartøyene skyldes at fisken ble evaluert av forskjellige personer ombord. Selv om personene som evaluerte fisken var kalibrerte med hverandre, er det vanskelig å unngå små forskjeller ved slike subjektive vurderinger. Ved toktet i 2014 var disse forskjellene derimot såpass store at de sannsynligvis ikke kan skyldes subjektive forskjeller mellom individene som evaluerte skadene. Det kan være flere grunner til at overpumpingsfartøyet i 2014 hadde en høyere andel fangstskader. Det ble blant annet tatt ombord en noe større fangstmengde hos overpumpingsfartøyet enn hos fangstfartøyet (Se Tabell 4 i avsnitt 2.3). I tillegg ble pumpeprosessen gjennomført raskere for den fisken som ble overpumpet enn fisken som ble pumpet direkte ombord (hhv. 8,6 tonn/min og 6,7 tonn/min). Videre viste resultatene fra G-kraftloggerne fra toktet i 2014 (se avsnitt 3.6) at overpumpingen gav en økt påkjenning på fisken (Digre et al., 2014). Det bør også påpekes at den noe høyere andelen fangstskader ved toktet i 2014 (også for fangstfartøyet), kan skyldes at det i 2014 ble benyttet ringnotfartøy, og ikke kystnotfartøy som ved de foregående toktene. Videre ble det siste forskningstoktet utført en måned tidligere enn toktene i 2012 og 2013.

Tabell 10. Gjennomsnittlig sensorisk vurdering av fangstskader (%) og fisk i rigor (%) for rund makrell etter ombordtaking på fangstfartøy og overpumpingsfartøy (tid 0-80 min,  $n=299-450$ ) ved tokt i 2012-2014.

Tokt	Skader skinn (%)	Skader finner (%)	Klemskade (%)	Blod på skinn (%)	Blod på øyne (%)	Blod på gjellelokk (%)	Blod på finner (%)
<b>Fangstfartøy</b>							
<b>2012</b>	0,7	81,3	4,9	0,2	3,1	13,8	-
<b>2013</b>	0,7	87,7	0,3	0,0	0,7	3,7	98,3
<b>2014</b>	7,1	86,3	4,0	2,4	11,6	17,9	92,3
<b>Overpumpingsfartøy</b>							
<b>2012</b>	0,7	83,3	0,5	0,0	0,0	0,0	-
<b>2013</b>	2,7	84,3	2,3	8,4	2,3	32,4	87,0
<b>2014</b>	44,3	95,7	9,7	51,3	39,5	91,3	94,2

Tabell 11. Statistikk med p-verdier for fangstskader etter ombordpumping. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

	Skader skinn	Skader finne	Klemskade	Blod på skinn	Blod på øye	Blod på gjelle	Blod på finne	Statistikk
Forskjell mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy	0,000	0,007	0,112	0,000	0,000	0,000	0,000	ANOVA og Mann-Whitney
Forskjell mellom kystnot og ringnot	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ANOVA og Mann-Whitney
Forskjell mellom toktene (2012,2013,2014)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ANOVA og Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy - 2012	0,930	0,450	0,000	0,335	0,000	0,000	-	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy - 2013	0,055	0,233	0,032	0,000	0,092	0,000	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i - 2014	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,277	Mann-Whitney

### 3.3.2 Fangstskader etter lagring

Oversikt over fangstskader for rund makrell fra fangstfartøy og overpumpingsfartøy etter lagring i RSW-tanker i 21-60 timer er vist i Tabell 12 for makrelltoktene i 2012, 2013 og 2014. Det ble observert en del fangstskader ombord på begge fartøyene, hvor finneskader (83-100%) og blod på finner (42-100%) var mest vanlig, noe som også samsvarer med de observerte fangstskadene ved ombordpumping av fangsten (se avsnitt 3.3.1). Lignende verdier ble også observert under lagring av fangsten i 2013 (Aursand et al., 2014).

Tabell 12. Gjennomsnittlig sensorisk vurdering av fangstskader (%) for rund makrell etter lossing av fangstfartøy og overpumpingsfartøy ( $n=150-350$ ) ved tokt i 2012-2014. Lagringstid i RSW-tanker for toktet i 2013 var på 37-39 timer, 51-60 timer for toktet i 2013 og 21-39 timer i 2014.

Tokt	Skader skinn (%)	Skader finner (%)	Klemskade (%)	Blod på skinn (%)	Blod på øyne (%)	Blod på gjellelokk (%)	Blod på finner (%)
<b>Fangstfartøy</b>							
<b>2012</b>	1,0	86,2	0,5	0,0	7,6	1,9	-
<b>2013</b>	0,0	93,3	0,0	0,0	7,3	5,3	100,0
<b>2014</b>	4,0	82,7	3,6	0,3	24,9	6,4	41,6
<b>Overpumpingsfartøy</b>							
<b>2012</b>	10,0	97,6	0,4	0,0	0,0	0,0	-
<b>2013</b>	5,6	95,0	0,6	0,0	24,4	2,5	78,8
<b>2014</b>	43,4	99,7	5,4	18,9	28,6	61,7	73,4

Ved toktet i 2012 ble det funnet å være en statistisk høyere andel av fangstskader ombord på overpumpingsfartøyet etter lagring av fangsten på parameteren skader på skinn ( $p=0,000$ ), mens fangstfartøyet hadde en signifikant høyere andel av blod på øye og blod på gjellelokk ( $p < 0,05$ , Tabell 13). Ved toktet i 2013 hadde overpumpingsfartøyet en høyere andel av skader på skinn og blod på øyne mens fangstfartøyet hadde mer blod på finner ( $p < 0,05$ ). Ved lossing av fangsten i 2014 ble det som ved ombordpumping av fisken funnet en høyere andel av skader på fisken fra overpumpingsfartøyet. Ved undersøkelser ble det funnet en signifikant høyere andel fangstskader på alle parametere med unntak av klemskader ( $p < 0,05$ ) hos overpumpingsfartøyet sammenlignet med fangstfartøyet. Den høyere andelen fangstskader hos overpumpingsfartøyet samsvarer med de observerte fangstskadene ved ombordpumping av fangsten (se avsnitt 3.3.1).

Ved toktet i 2012 og 2013 ble det generelt observert få fangstskader på fangsten, og bare mellom 0-10% av fangsten hadde skader på følgende parametre: skader på skinn, klemskader, blod på skinn og blod på gjellelokk. Det ble i 2014 funnet en høyere andel fisk med fangstskader hos overpumpingsfartøyet enn ved forsøket i 2012 og 2013. Den høyere andelen av fangstskader på den overpumpa fisken ved det siste toktet kan som nevnt i forrige avsnitt skyldes en høyere pumpehastighet enn ombord på fangstfartøyet eller at fangsten ble liggende lengre i noten.

Blod på øyne økte etter lagring i RSW for fisk fra fangstfartøyet i ved alle toktene, fra 3% til 8% i 2012, fra 1% til 7% i 2013 og fra 12 til 25 % i 2014. Dette stemmer overens med resultater fra forsøk med NVG-sild (Aursand et al., 2011). For overpumpingsfartøyet i 2013 økte også blod på øyne etter lagring i fra 2% til 24%. I 2013 ble det ikke observert noe blod på øyne hos fisken, verken før eller etter lagring, og ved toktet i 2014 ble det observert en reduksjon (40% til 28%).

Tabell 13. Statistikk med p-verdier for fangstskader etter lossing. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

	Skader skinn	Skader finne	Klemskade	Blod på skinn	Blod på øye	Blod på gjelle	Blod på finne	Statistikk
Forskjell mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy (p-verdier)	0,000	0,000	0,623	0,000	0,044	0,000	0,000	ANOVA Og Mann-Whitney
Forskjell mellom kystnot og ringnot	0,000	0,010	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	ANOVA Og Mann-Whitney
Forskjell mellom toktene (2012,2013,2014)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ANOVA Og Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	0,000	0,064	0,902	1,000	0,000	0,029	-	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	0,003	0,531	0,333	1,000	0,000	0,197	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	0,000	0,000	0,280	0,000	0,045	0,000	0,000	Mann-Whitney



### 3.4 Åteinnhold og enzymaktivitet

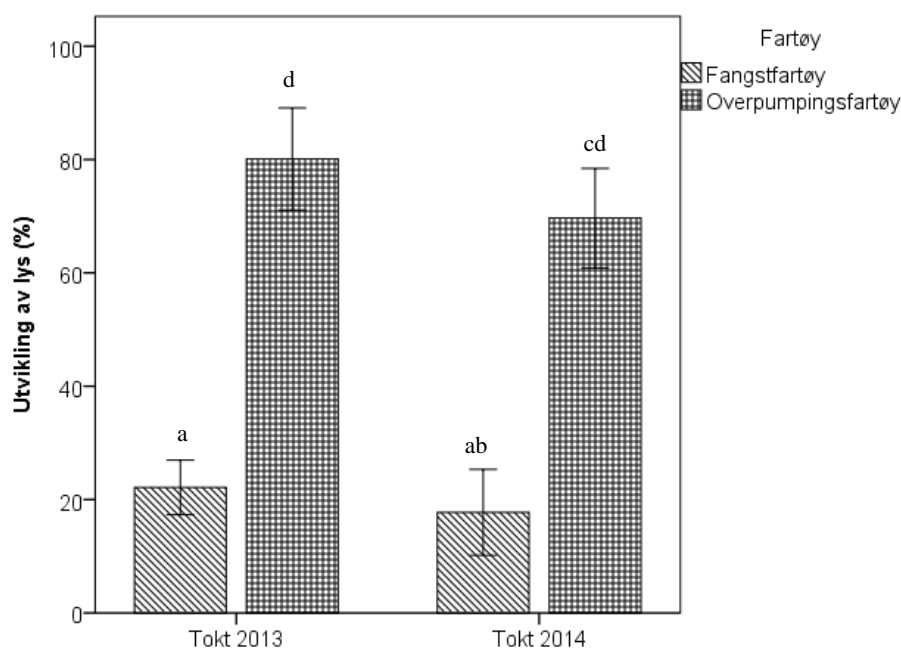
Kvalitetsforringelse av fisken som oppstår i perioder med rikelig tilgang til åte, spesielt tidlig i sesongen, kalles buksprenging. Det er et komplisert fenomen forårsaket av stor enzymaktivitet som bryter ned fiskens proteiner (bukhinna, magemuskulatur, tarmen, osv.). Intensiteten på enzymaktiviteten påvirkes av mengde og type av åte, temperatur i sjøen og på båten, fangstbehandling, lagringstid og i stor grad enzymatisk aktivitet i fiskens magesekk, tarm og magemuskulatur samt åte (Slizyte et al., 2013).

Tabell 14. Åte innhold i tarm og mage hos makrell ombord på fangstfartøy og overpumpingsfartøy ved tokt i 2013 og 2014. Åteinnholdet i mage og tarm ble vurdert på en skala fra hvor 0 = ingen åte og 1 = åte. \* i 2014 ble åte innholdet i tarm vurdert på en skala fra 0-2, hvor 0 =ingen, 1 = ca. halvfull og 2 = full tarm.

	Åte i tarm	Åte i mage
<b>Fangstfartøy 2013</b>	0,6±0,5	0,6±0,5
<b>Overpumpingsfartøy 2013</b>	0,1±0,3	0,5±0,5
<b>Fangstfartøy 2014</b>	1,2±0,4*	1,0±0,0
<b>Overpumpingsfartøy 2014</b>	1,5±0,5*	0,9±0,4

Ved vurdering av åteinnhold i mage ble det funnet at rundt halvparten av makrellen fra toktet i 2013 hadde åte i magen, mens det ble funnet åte i nesten alle de undersøkte fiskene i 2014 (Tabell 14). Ved vurdering av åteinnholdet i tarm ble fangsten hos fangstfartøyet i 2013 funnet å ha veldig lite innhold av åte med en gjennomsnittsverdi på 0,1. Tilsvarende ble fisken på overpumpingsfartøyet i 2013 og fartøyene i 2014 vurdert til å være ca. halvfulle med åte.

Mengden åte alene gir ikke en direkte indikasjon på sannsynligheten for buksprenging hos fisk, da det er fiskens fordøyelsesenzym som lekker ut i buken, og ikke åten selv som forårsaker buksprenging. For å vurdere enzymaktiviteten i fisken ble derfor innholdet av åte vurdert sammen enzymaktiviteten av proteolytiske enzymer i fisken, hvor man ved høy enzymaktivitet vil hemme produksjonen av lys (Slizyte et al., 2013).



Figur 12. Enzymatisk aktivitet i makrell etter ombordtaking (n=10-15). Gjennomsnitt ± standardfeil (SE). p<0,05.

Ved måling av enzymaktiviteten ble det funnet å være en signifikant høyere aktivitet i buken hos fisken fra fangstfartøyene enn hos overpumpingsfartøyene ( $p=0,000$ , Figur 12). Enzymaktiviteten hos fangstfartøyene var lik for begge toktene, det samme gjaldt enzymaktiviteten på overpumpingsfartøyene. Av fisken hos overpumpingsfartøyet ble kun to fisker funnet å ha en stor sannsynlighet for buksprenging ved lagring i 2014 og en i 2013. Til forskjell ble rundt halvparten av fisken hos fangstfartøyene funnet å ha det samme. De gjennomsnittlige verdiene for enzymaktivitet hos fartøyene antyder at fangsten var av god kvalitet, men med muligens en større sannsynlighet for buksprenging hos fisk fra fangstfartøyet under lagring. Metoden 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.

## 3.5 Filetkvalitet makrell

### 3.5.1 Blodflekker

Ved sensorisk analyse av blodflekker hos håndfileterte fileter etter ombordpumping ble det funnet få fileter med blodflekker (Tabell 15). Under toktet i 2012 ble blodflekker observert i 2 fileter av totalt 90 fileter hos fangstfartøyet, mens ingen blodflekker ble observert på makrell fra overpumpingsfartøyet (n=80). I 2013 ble det ikke observert blodflekker på noen av filetene. Under toktet i 2014 ble det ved vurdering av blodflekker hos 160 fileter kun funnet tre med blodflekker hos fangstfartøyet og fem hos overpumpingsfartøyet. Over 94% av alle filetene som ble undersøkt var uten blodflekker etter ombordpumping til de to fartøyene.

Som ved ombordpumping ble det funnet en lav andel blodflekker i filetene ved lossing av fangsten, og mellom 92-99% av fangsten ble funnet å være uten blodflekker. Kun 4 av totalt 210 fileter fra fangstfartøyet og 4 fileter av 251 fileter fra overpumpingsfartøyet hadde blodflekker ved toktet i 2012. I 2013 ble det funnet en filet med blodflekker på fangstfartøyet (n=150) og en på overpumpingsfartøyet (n=160). Ved toktet i 2014 ble det funnet blodflekker på en av filetene fra fangstfartøyet (n=120) og 10 fileter fra overpumpingsfartøyet (n=120). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i andelen blodflekker mellom de to fartøyene verken ved ombordpumping eller lossing av fangsten (Tabell 16, Tabell 17).

Under toktene i 2012 og 2013 ble kystnot brukt for fangstredskap mens det i 2014 ble nyttet ringnot. Ved sammenlikning filetene fra de to redskapene ble det ved ombordpumping funnet at toktet med ringnot (n=160) gav en signifikant høyere andel blodflekker (p=0,003) sammenlignet med toktene med kystnot (n=285). Det samme ble funnet ved lossing av fangsten, hvor ringnottoktet (n=240) gav en signifikant høyere andel blodflekker (p=0,002) sammenlignet med toktene med kystnot (n=771).

Tabell 15. Prosentvis fordeling (%) av blodflekker på filet vurdert på makrell fangstet under ombordpumping (n=60-98) og lossing (n=120-210) av fangsten ved makrelltokt i 2012, 2013 og 2014. Skala: 0=ingen blodflekker, 1=noen få små blodflekker (<5), 2=store blodflekker eller mange små (<5).

		<b>Ombordpumping</b>			
		Skala	0	1	2
2012	Fangstfartøy (%)		98	1	1
	Overpumpingsfartøy (%)		100	0	0
2013	Fangstfartøy (%)		100	0	0
	Overpumpingsfartøy (%)		100	0	0
2014	Fangstfartøy (%)		96	1	3
	Overpumpingsfartøy (%)		94	6	0
		<b>Lossing</b>			
2012	Fangstfartøy (%)		98	2	0
	Overpumpingsfartøy (%)		98	2	0
2013	Fangstfartøy (%)		99	1	0
	Overpumpingsfartøy (%)		99	1	0
2014	Fangstfartøy (%)		99	1	0
	Overpumpingsfartøy (%)		92	8	0

Tabell 16. Statistikk med p-verdier for blodflekker etter ombordtaking. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

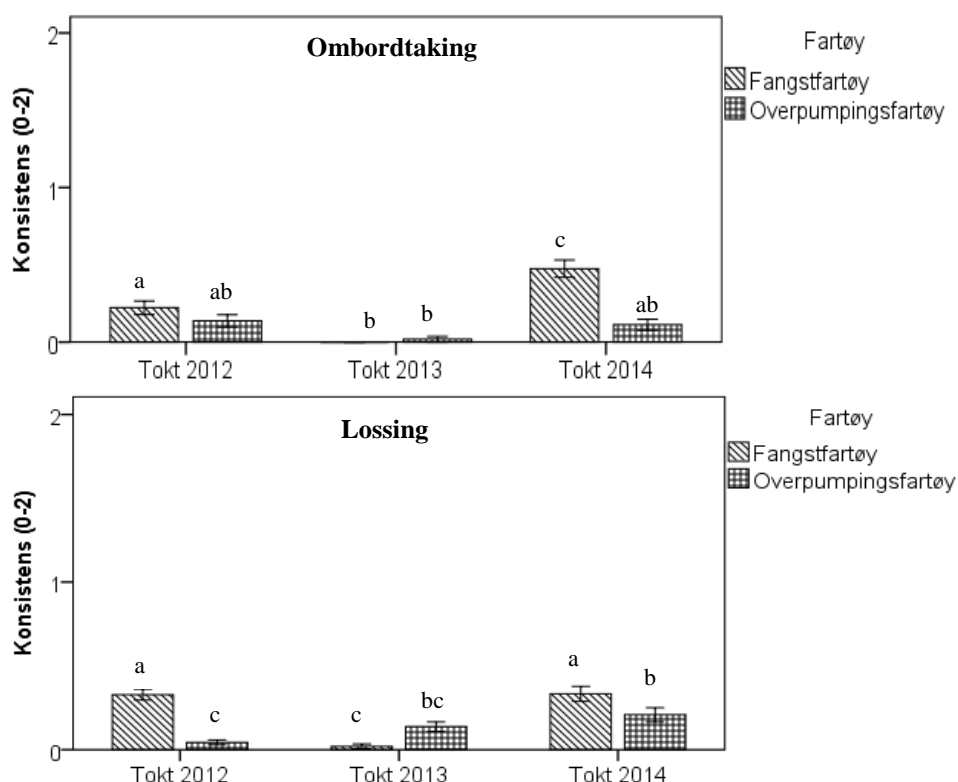
	<b>N</b>	<b>Mean±STD</b>	<b>P-verdi</b>	<b>Test</b>
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy	Fangstfartøy =230 Overpumpingsfartøy =215	Fangstfartøy =0,03±0,245 Overpumpingsfartøy = 0,02±0,151	0,931	Mann-Whitney
Kystnot mot ringnot	Kystnot =285 Ringnot = 160	Kystnot =0,01±0,132 Ringnot = 0,06±0,290	0,003	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	Fangstfartøy =90 Overpumpingsfartøy =80		0,181	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	Fangstfartøy =60 Overpumpingsfartøy =55		1,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	Fangstfartøy =80 Overpumpingsfartøy =80		0,498	Mann-Whitney

Tabell 17. Statistikk med p-verdier for blodflekker etter lossing. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

	<b>N</b>	<b>Mean±STD</b>	<b>P-verdi</b>	<b>Test</b>
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy	Fangstfartøy =480 Overpumpingsfartøy =531	Fangstfartøy =0,01±0,111 Overpumpingsfartøy = 0,03±0,166	0,080	Mann-Whitney og ANOVA
Kystnot mot ringnot	Kystnot =771 Ringnot = 240	Kystnot =0,01±0,113 Ringnot = 0,05±0,210	0,002	Mann-Whitney Og ANOVA
Forskjeller mellom år (2012,2013,2014)	2012=461 2013=310 2014=240	2012=0,02±0,131 2013=0,01±0,80 2014=0,05±0,210	0,004	ANOVA
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	Fangstfartøy =210 Overpumpingsfartøy =251		0,799	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	Fangstfartøy =150 Overpumpingsfartøy =160		0,964	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	Fangstfartøy =120 Overpumpingsfartøy =120		0,006	Mann-Whitney

### 3.5.2 Konsistens

Ved sensorisk vurdering av konsistensen til makrellfiletene ble det observert en noe bløtere konsistens på filetene hos fangstfartøy enn hos overpumpingsfartøy både ved ombordpumping og ved lossing av fangsten (Figur 13). Ombordpumping gav en gjennomsnittlig konsistenskarakter på 0,25 (n=230) for fangstfartøyet og 0,10 (n=215) for overpumpingsfartøyet. Tilsvarende gav lossing en gjennomsnittlig konsistens karakterer på 0,25 for fangstfartøyet (n=480) og 0,11 for overpumpingsfartøyet (n=531). Dette indikerer at filetene fra begge fartøyene hadde en god konsistens både ved ombordpumping og ved lossing, men at filetene fra fangstfartøyet hadde en bløtere konsistens ( $p=0,000$ ).

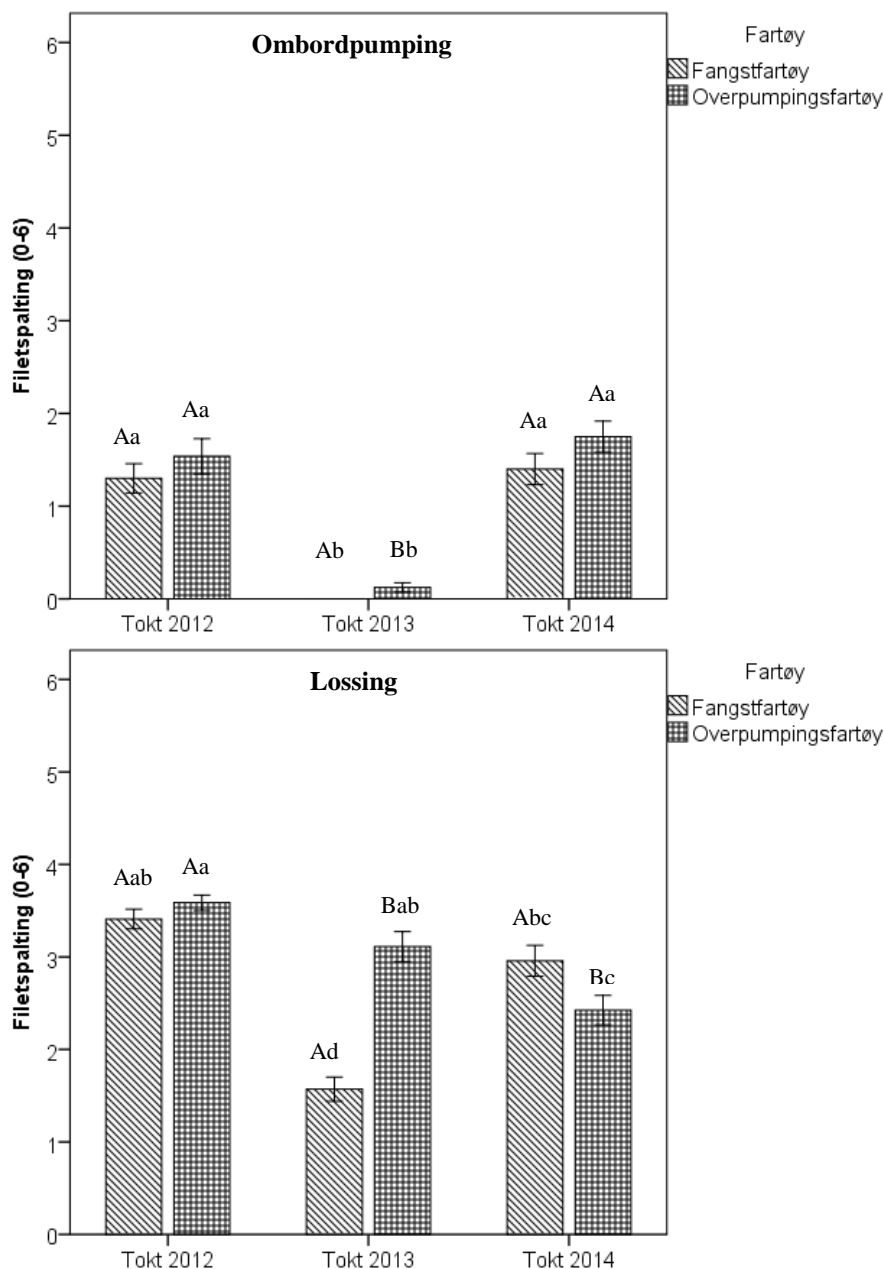


Figur 13. Sensorisk vurdering av konsistens til håndfiletert makrellfilet hos fangstfartøy og overpumpingsfartøy ved ombordpumping (øverst) og lossing (nederst). Ved tokte i 2012 og 2013 ble det brukt kystnot og i 2014 ble det brukt ringnot.  $p < 0,05$ . Gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE).

Ved å sammenligne alle de seks fartøyene med hverandre ble det funnet at fangstfartøyet i 2012 og 2014 gav relativt like konsistensverdier, både ved ombordpumping og ved lossing. Den samme tendensen kan sees for overpumpingsfartøyet i 2013 og 2014, og overpumpingsfartøyet i 2012 og fangstfartøyet i 2013. Likheter i konsistensverdier skyldes sannsynligvis at den sensoriske vurderingen av disse filetene ble gjennomført av de samme personene. Konsistens er en svært vanskelig parameter å vurdere objektivt og det foreslås derfor at denne vurderingen fjernes ved eventuelt flere forsøk. Vurderingen deres kan sees i Figur 13.

### 3.5.3 Filetspalting

Filetspalting (gaping) ble vurdert på høyrefiletten straks etter filetering både ved ombordpumping og ved lossing av fangsten. Sensorisk vurdering av filetspalting i håndfiletert makrell etter ombordpumping og etter lagring i RSW-tanker (ved lossing) er vist i Figur 14 og Figur 15.



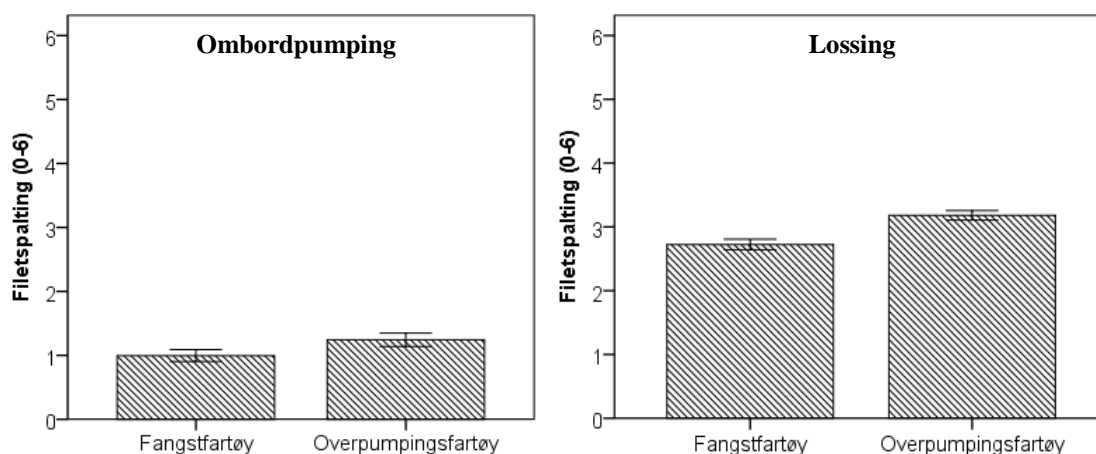
Figur 14. Sensorisk vurdering av filetspalting/gaping hos håndfiletert makrell vurdert etter ombordtaking (øverst) og lossing (nederst) for fangstfartøy og overpumpingsfartøy under tokt i 2012, 2013 og 2014. Gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE). Små bokstaver for sammenligning mellom alle seks fartøyene, og store bokstaver for sammenligning mellom fangst- og overpumpingsfartøy for hvert av toktene,  $p < 0,05$ .

Ved sensorisk vurdering av filetene ble det observert en gjennomgående høyere andel filetspalting ved lossing enn ved ombordpumping. Hvor fangstfartøyet hadde en gjennomsnittlig filetspalting på  $1,0 \pm 1,4$  ved

ombordpumping og  $2,7 \pm 1,8$  ved lossing, mens overpumpingsfartøyet hadde en filetspalting på  $1,2 \pm 1,5$  ved ombordpumping og  $3,2 \pm 1,7$  ved lossing.

Ved ombordpumping av fangsten ble det i under toktet i 2013 observert en høyere andel fileter med filetspalting hos overpumpingsfartøyet enn hos fangstfartøyet ( $p=0,01$ , Tabell 18, Tabell 19). Denne forskjellen tydeliggjøres ved at det ikke ble observert noe gaping hos fangstfartøyet, mens det ble funnet 4 fileter med gaping hos overpumpingsfartøyet. For toktene i 2012 og 2014 ble det derimot ikke funnet noen forskjell i filetspalting mellom de to fartøyene ved ombordpumping. Samlet ble det ikke funnet noen signifikant forskjell i filetspalting mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy ved ombordpumping (Figur 15).

Ved sensorisk analyse av filetene ved lossing ble det funnet en signifikant forskjell i andelen filetspalting hos fangstfartøyet og overpumpingsfartøyet ( $p=0,003$ ). Under toktet i 2013 ble det funnet mest gaping på filetene hos overpumpingsfartøyet ( $p=0,000$ ), mens det i 2014 ble funnet mest gaping hos filetene ombord på fangstfartøyet ( $p=0,016$ ). Forskjellene i filetspalting ved lossing av fangsten kan gjenspeile lagringsforholdene ombord ettersom høyere temperaturer ofte er assosiert med dårlig filetkvalitet og gaping (Lavety et al., 1988). Fartøyene med de høyeste lagringstemperaturene hadde også den høyeste andelen av filetspalting (fangstfartøyet i 2012 og overpumpingsfartøyet i 2012 og 2013) (se avsnitt 3.1). Tilsvarende hadde filetene fra fartøyene med de laveste lagringstemperaturene (fangstfartøyet i 2013 og overpumpingsfartøyet i 2014) minst filetspalting.



Figur 15. Sensorisk vurdering av filetspalting/gaping hos håndfiletert makrell vurdert etter ombordtaking (til venstre) og lossing (til høyre) for fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE).

Tabell 18. Statistikk med  $p$ -verdier for filetspalter etter ombordtaking. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

Parametere	N	P	Test
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy	Fangstfartøy = 230 Overpumpingsfartøy = 217	0,058	Mann-Whitney
Kystnot mot ringnot	Kystnot = 287 Ringnot = 160	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	Fangstfartøy = 90 Overpumpingsfartøy = 80	0,445	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	Fangstfartøy = 60 Overpumpingsfartøy = 57	0,010	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	Fangstfartøy = 80 Overpumpingsfartøy = 80	0,116	Mann-Whitney
Mellom alle seks fartøy		0,000	One way ANOVA

Tabell 19. Statistikk med p-verdier for filetspalting etter lossing. Statistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

Parametere	N	P	Test
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy	Fangstfartøy = 771 Overpumpingsfartøy = 240	0,003	Mann-Whitney
Kystnot mot ringnot	Kystnot = 479 Ringnot = 532	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2012	Fangstfartøy = 210 Overpumpingsfartøy = 251	0,259	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2013	Fangstfartøy = 149 Overpumpingsfartøy = 161	0,000	Mann-Whitney
Fangstfartøy mot overpumpingsfartøy i 2014	Fangstfartøy = 120 Overpumpingsfartøy = 120	0,016	Mann-Whitney
Mellom alle seks fartøy		0,000	One way ANOVA

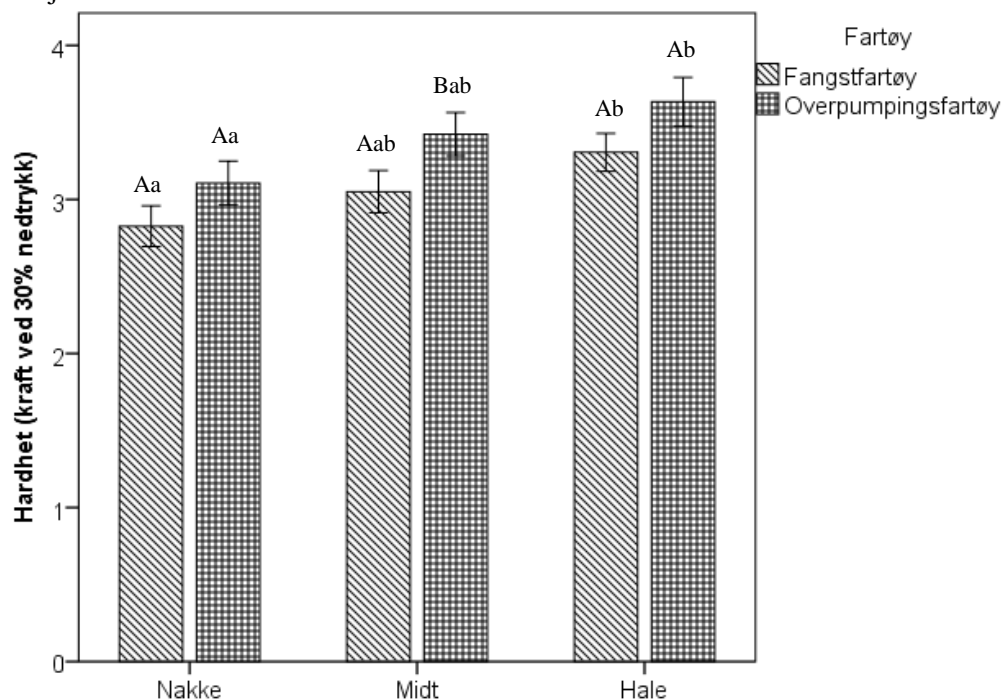


### 3.5.4 Tekstur

Etter toktene i 2013 og 2014 ble det gjennomført teksturanalyse (hardhet) av høyrefiletene til tyve fisk like etter filetering av kjølelagret filet. Resultatene for hardheten til makrellfileter fra fangst- og overpumpingsfartøy med nedtrykk i nakke-, midt- og haleparti er gitt i Figur 16. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i hardhet mellom toktet med kystnot i 2013 og toktet med ringnot i 2014, hverken mellom fangstfartøyene eller mellom overpumpingsfartøyene. Det at toktet i 2013 ble gjennomført 1 måned senere på høsten i 2013 enn i 2014 ble ikke funnet å være av betydning for teksturen av filetene.

Tykkelsen på fileten er i følge Hultmann et al. (2002) en viktig faktor i teksturmålingene. I deres studie ble det funnet at jo tynnere fisken var, desto hardere var den. Våre resultater viste at filetene fra fartøyene var like tykke med en gjennomsnittlig filettykkelse på  $5,0 \pm 0,7$  cm for fangstfartøyet og  $4,9 \pm 0,6$  cm for overpumpingsfartøyet. Filetene fra overpumpingsfartøyet ble derimot funnet å være signifikant hardere enn filetene fra fangstfartøyet, med en gjennomsnittlig hardhet på  $3,4 \pm 1,0$  N mot  $3,1 \pm 0,9$  N ( $p=0,005$ ). Dette samsvarer også med resultatene fra sensorisk vurdering av konsistensen til makrellfiletene ved ombordpumping og lossing av fangsten (avsnitt 3.5.2), hvor fileter fra fangstfartøyet ble funnet å være noe bløtere enn filetene fra overpumpingsfartøyet.

Hardheten til filetene ble også funnet å øke bakover på fileten (Figur 16). Den gjennomsnittlige hardheten varierte fra  $2,8 \pm 0,8$  (nakke),  $3,1 \pm 0,9$  (midt) og  $3,3 \pm 0,8$  (hale) på filetene fra fangstfartøyet. Tilsvarende verdier for overpumpingsfartøyet var henholdsvis  $3,1 \pm 0,9$ ,  $3,4 \pm 0,9$  og  $3,6 \pm 1,0$ . Makrellfiletene var hardere i hale- enn i nakkepartiet til fisken både hos fangst- og overpumpingsfartøyet ( $p=0,029$  for fangstfartøy og  $p=0,033$  for overpumpingsfartøy, Tabell 20). Lignende resultat finner en i en studie av ferske fileter fra laks, hvor det også ble funnet en økning i hardheten bakover på fileten (Sigurgisladdottir et al., 1999). Muskelstrukturen hos fisk er ikke homogen, og ulike verdier for hardhet er derav å forvente ved de ulike lokasjonene.



Figur 16. Tekstur målt som hardhet av høyre makrellfilet ved nedtrykk til 30% av prøvetykkelsen. Sammenligning av hardhet ved tre ulike steder på fileten (nakken, midten og halen) mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Gjennomsnitt ± standardfeil (SE) ( $n=40$ ),  $p<0,05$ . Små bokstaver for sammenligning mellom lokaliseringene (hhv nakke, midt og hale) for hvert av fartøyene, og store bokstaver for sammenligning mellom fangst- og overpumpingsfartøy for hver lokalisering,  $p<0,05$ .

Tabell 20. Statistikk med p-verdier for teksturanalyse av hardheten til fileter. Sstatistisk signifikant forskjell der  $p < 0,05$ .

Parametere	N	Mean±STD	P	Test
Forskjell i hardhet mellom plassering (nakke, midt, hale)			0,002	One way ANOVA
Forskjell i hardhet mellom tokt (2013,2014)			0,992	One way ANOVA
Forskjell i hardhet mellom fartøy (fangstfartøy, overpumpingsfartøy)			0,005	One way ANOVA
Nakke 2013 mot nakke 2014	40	Nakke 2013 = 2,83±0,84 Nakke 2014 = 3,11±0,90	0,099	Paired sample T-test
Midt 2013 mot midt 2014	40	Midt 2013 = 3,05±0,87 Midt 2014 = 3,42 ± 0,89	0,042	Paired sample T-test
Hale 2013 mot hale 2014	40	Hale 2013 = 3,31 ±0,78 Hale 2014 = 3,64 ± 1,00	0,185	Paired sample T-test
Forskjell mellom plassering på fangstfartøy			0,038	One way ANOVA
Forskjell mellom plassering på overpumpingsfartøy			0,041	One way ANOVA

### 3.6 Fangsthåndtering ved hjelp av G-kraftloggerne

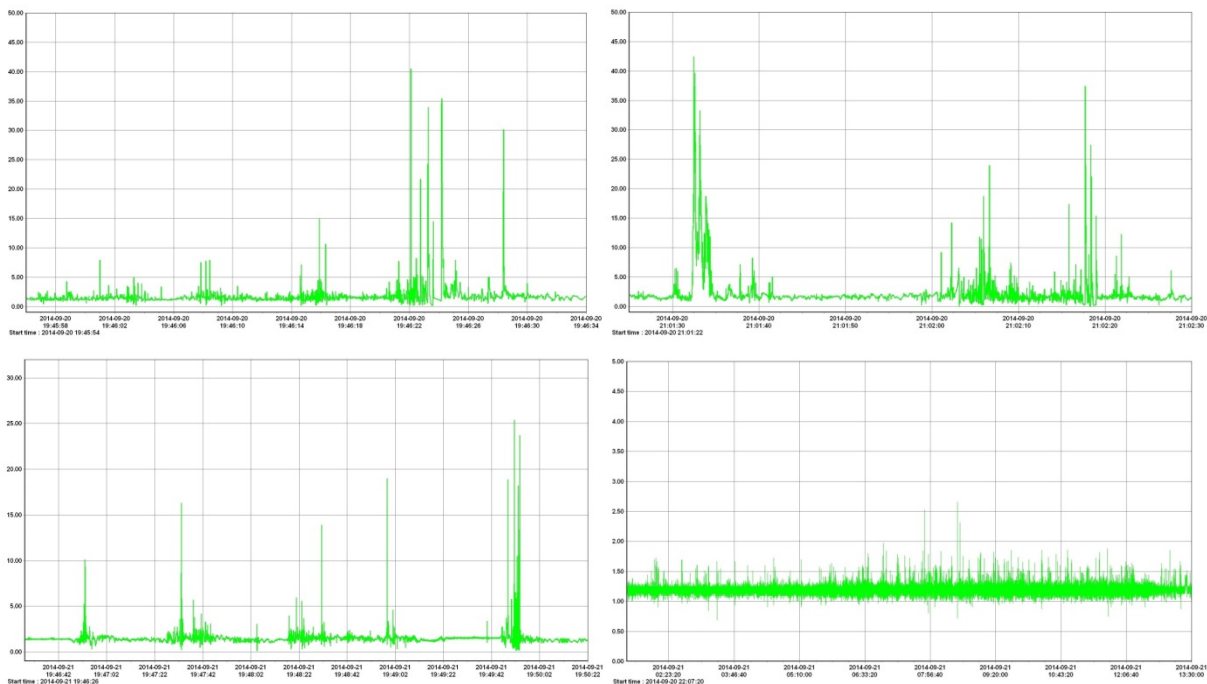
En sensorfisk ble utviklet for forsøkene på M/S Liafjord / Ligrunn i 2014 med det formål å registrere akselerasjonskreftene (G-krefter) fisken blir utsatt for ved pumping fra not til lagringstank, slik at denne påkjeningen kunne sammenlignes mellom fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Den samme loggeren som ble benyttet til dette ble også benyttet til langtidslogging og til å registrere akselerasjonskrefter i lagringstanken ved transport til land. I 2012 ble det benyttet lignende sensorfisker til forsøket med M/S Christina E, men siden loggerne ikke benyttet samme samplingsfrekvens og datamaterialet fra 2012 ikke er reprocessert, er en kvantitativ sammenligning fra dette forsøket ikke gjort.

Loggedataene viste at G-kraftsignaturene er gjenkjennbare og markant forskjellige mellom pumping, overpumping, lossing og (selvfølgelig) transport. Tabell 21 under oppsummerer de gjennomsnittlige verdiene fra forsøket:

Tabell 21. Kvantitativ analyse. Sum av registrerte varighet og akselerasjonskrefter for pumping, overpumping og lossing. Gjengitt fra Digre et al. (2014).

	Pumping	Overpumping	Lossing
<b>Varighet (sekunder)</b>	27	48	196
<b>Akkumulerte G-krefter</b>	1549	3531	5428
<b>Akk. G-krefter / varighet (%)</b>	100	129	48

Nederste linje i tabellen over viser at det akkumuleres opp mer G-krefter ved overpumping og lossing enn ved pumping til hovedfartøyet, men per tidsenhet utgjør lossekraftene kun 48% av pumpingen, mot overpumping 129%. Det bør kommenteres her at pumpehastigheten var ca. 30% høyere ved overpumping enn ved pumping til hovedfartøyet (8,6t/min mot 6,7t/min). Relatering til degradering av kjøttkvalitet er komplisert, og krever laboratorieforsøk der G-krefter korreleres i intensitet og varighet mot degradering av kjøtt, for eksempel via teksturanalyse.



Figur 17. G-kraftlogging fra pumping (øverst t.v.), overpumping(øverst t.h.), lossing (nederst t.v.) og transport (nederst t.h.). Gjengitt fra Digre et al. (2014).

## 4 Oppsummering

Samlerapporten for kvalitet på notfanget makrell som er direkte pumpet til fangstfartøy og makrell som er pumpet direkte fra noten til ett annet fartøy (overpumpingsfartøy) har hatt som hovedmål å sammenfatte og oppsummere resultatene fra forsøkene som ble gjennomført høsten 2012, 2013 og 2014, samt se etter eventuelle sammenhenger. Forsøkene ble gjennomført på oppdrag for Fiskeridirektoratet for å klarlegge hvorvidt det kunne registreres forskjeller i makrellens kvalitet når den ble pumpet direkte ombord i fangstfartøyet og når den ble overpumpet. Fisket ble gjennomført ved ulike fangstposisjoner, og i 2012 og 2013 ble det fisket i nærliggende områder med en noe lav fangstintensitet gjennommakrellsesongen, mens det i 2014 ble fisket lenger nord i et område med mye fangstaktivitet. Det ble tatt i bruk seks ulike fartøy for gjennomføring av toktene, og i 2012 og 2013 ble det brukt kystnotfartøy/SUK mens det i 2014 ble brukt ringnotfartøy. Videre ble det ved alle forskningstoktene benyttet snurpenot som fangstredskap, og resultatene i denne rapporten bygger på resultatene fra ett ordinært notkast etter makrell for hvert av de respektive toktene.

For å gi et bilde av kjøleforløpene på de respektive fartøyene, ble temperaturen logget i forskjellige sjikt, fra bunnen til toppen av en RSW-tank ombord på hvert av fartøyene. Kjølingen av fangsten var god med en jevn lav temperatur hos alle fartøyene. Ved nedkjølingen av fangsten til under 0°C tok det mellom 2-28 timer for de ulike forskningstoktene, hvorav de eldste fartøyene (tokt 2012) med de laveste kjølekapasitetene hadde lengst nedkjølingstid. Nedkjølingen av fangsten var hurtigst hos ringnotfartøyene, med de var også de nyeste.

Ved analyser av overlevelsesraten til fisken, dvs. hvor mye av fisken som var i live eller død ved ulike tidspunkt i pumpeprosessen, ble det funnet at overlevelsesraten til makrellen endret seg avhengig av tiden fisken stod i nota. Nesten all fisken var i live når en startet ombordpumpingen, mens det meste av fisken var død når en startet overpumpingen. Det ble funnet at fangstfartøyene hadde en signifikant høyere overlevelsesrate enn overpumpingsfartøyene, med en gjennomsnittlig overlevelsesrate på 53,4 % mot 23,9 %. Lignende resultater er også vist ved tidligere forsøk med makrell pumpet fra ringnot.

Ved analyse av fangstskader på rund fisk ved ombordpumping og ved lossing ble det observert en del skader ombord på begge fartøyene, hvor finneskader og blod på finner var mest vanlig. Det ble funnet en høyere andel fangstskader på fisk fangstet med ringnotfartøy i 2014 sammenlignet med fisk fra kystnot i 2012 og 2013. Dette kan være et resultat av at fangstmengden, diameteren på pumpe slangene, pumpehastigheten og løftehøyden fra vannoverflaten til toppen av avsilingsristen var høyere hos ringnotfartøyene sammenlignet med kystnotfartøyene. I tillegg ble det i 2014 funnet en høyere andel fangstskader hos fisk fra overpumpingsfartøy enn hos fangstfartøy. Det kan være flere grunner til at overpumpingsfartøyet i 2014 hadde en høyere andel fangstskader. I tillegg til at det ble tatt ombord mer fisk hos overpumpingsfartøyet, ble fisken pumpet raskere. Dette ble videre understreket av G-kraftloggerne som viste en økt påkjenning på fisken ved overpumpingsprosessen fra toktet i 2014.

Undersøkelser av kvalitet på makrellfiletene viste at de var av gjennomgående god kvalitet, både ved ombordpumping og ved lossing. Det ble funnet lite blodflekker i filetene, og over 90% av fangsten ble funnet å være uten blodflekker. Videre viste den sensorisk vurdering av filetene at det var en høyere andel filetspalting ved lossing enn ved ombordpumping. Dette kan være et resultat av lagringsbetingelsene ombord, ettersom høyere temperaturer ofte er assosiert med dårlig filetkvalitet og gaping. Det ble observert at fartøyene med de høyeste lagringstemperaturene også hadde den høyeste andelen av filetspalting. Teksturmålingene viste at det ikke var noen forskjell i hardheten til filetene fra henholdsvis fangstfartøy og overpumpingsfartøy. Det ble heller ikke funnet noen forskjell i hardhet hos filetene mellom kystnotfartøy og ringnotfartøy, og det at toktet i 2013 ble gjennomført en måned senere på høsten i 2013 enn i 2014 ble ikke funnet å være av betydning. Derimot ble det funnet en sammenheng mellom filettykkelse og hardhet, hvor de tynneste filetene var hardest. I tillegg ble filetene fra overpumpingsfartøyet funnet å være hardere enn filetene fra fangstfartøyet, noe som samsvarer med resultatene fra sensorisk vurdering av konsistensen til

makrellfiletene hvor fileter fra fangstfartøyet var noe bløtere enn filetene fra overpumpingsfartøyet. Videre ble det også funnet at hardheten økte bakover på filetene.

Åte innholdet i mage og tarm hos makrellen ble vurdert sammen med enzymaktivitet i buken hos makrellen, ettersom mengden åte alene gir ikke en direkte indikasjon på sannsynligheten for buksprenging hos fisk. Det er fiskens fordøyelsesenzym som lekker ut i buken, og ikke åten selv som forårsaker buksprenging. Det ble observert åte i magen på over halvparten av alle fiskene som ble undersøkt. Ved vurdering av åteinholdet i tarm ble fisken fra alle fartøyene funnet å være ca. halvfulle med åte, bortsett fra fangstfartøyet i 2013 hvor det ble funnet lite åte. Målinger av enzymaktivitet viste en signifikant høyere aktivitet i buken hos fisken fra fangstfartøyene enn hos overpumpingsfartøyene. De gjennomsnittlige verdiene for enzymaktivitet antyder at fangsten var av god kvalitet, men at fisken hos fangstfartøyene hadde en noe større sannsynlighet for buksprenging ved lagring

Resultatene fra G-kraftloggerne ved toktet i 2014 viste at overpumping gav en økt påkjenning på fisken (129%) sammenlignet med pumping til fangstfartøyet (48%). Den økte påkjenningen på den overpumpa fisken kan komme av at det ble tatt ombord mer fisk, og pumpehastigheten var større. Fisken gikk også gjennom et "berg- og dalbane" forløp fra noten til overpumpingsfartøyet, noe som kan ha gitt en økt påkjenning på fisken. I tillegg kan det nevnes at fisken fra overpumpingen i 2014 ikke ble godkjent av mottaker for salg til Japan og Korea.

## Referanser

- Aursand, I. G., Digre, H., og Schei, M. (2014). Overpumping av makrell (II) – Effekt på fangstkvalitet: SINTEF rapport A25816 – Åpen.
- Aursand, I. G., Mathiassen, J. R., Bondø, M., og Toldnes, B. (2011). Teknologi for optimal håndtering av pelagisk fisk om bord. Evaluering av fiskekvalitet som funksjon av design av silekasse samt utvikling av et stikkprøvesystem for automatisk vektestimerting av enkeltfisk. *SINTEF rapport F18949-Fortrolig*.
- Borges, L., Van Keeken, O. A., van Helmond, A. T., Couperus, B., og Dickey-Collas, M. (2008). What do pelagic freezer-trawlers discard? *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 65(4), 605-611.
- 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., og Aursand, I. G. (2013). Overpumping av makrell – Effekt på fangstkvalitet. SINTEF rapport A23827 - Åpen.
- 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.
- Einen, O., og 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 filets. *Aquaculture*, 169(1), 37-53.
- Fiskeridirektoratet. (2014, 19.09.14). Bekymret for makrellfisket. Hentet 23.01, 2015, fra <http://www.fiskeridir.no/fiske-og-fangst/aktuelt/2014/0914/bekymret-for-makrellfisket>
- Hultmann, L., og Rustad, T. (2002). *Texture and properties of muscle proteins of farmed Atlantic salmon (Salmo salar) - The importance of size*. WEFTA, 32 nd meeting. Galway, Ireland.
- Huse, I., og Vold, A. (2010). Mortality of mackerel (*Scomber scombrus L.*) after pursing and slipping from a purse seine. *Fisheries Research*, 106(1), 54-59. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2010.07.001>
- Iversen, S. A. (2002). *Changes in the perception of the migration pattern of Northeast Atlantic mackerel during the last 100 years*. Paper presented at the ICES Marine Science Symposia.
- Lavety, J., Afolabi, O., og Love, R. (1988). The connective tissues of fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 23(1), 23-30.
- Lockwood, S., Pawson, M., og Eaton, D. (1983). The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus L.*) - Physical condition and mortality. *Fisheries Research*, 2(2), 129-147.
- Norges Sildesalgslag. (2013). Pelagisk er ikke fritt vilt - Årsrapport 2012. Bergen: Norges Sildesalgslag.
- Norges Sildesalgslag. (2014). Derfor et salgslag - Årsrapport 2013. Bergen: Norges Sildesalgslag.
- Rapp, O. M. (2015, 20.01.2015). Blåskjell og makrell på Svalbard sjokkerer forskere, *Aftenposten*. Hentet fra <http://www.aftenposten.no/fakta/innsikt/Blaskjell-og-makrell-pa-Svalbard-sjokkerer-forskere-7864291.html>
- Reid, D. (2001). SEFOS—shelf edge fisheries and oceanography studies: an overview. *Fisheries Research*, 50(1), 1-15.
- Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Lie, Ø., Nortvedt, R., Thomassen, M., og Torrissen, O. (1999). Textural properties of raw salmon filets as related to sampling method. *Journal of food science*, 64(1), 99-104.
- Skarbøvik, O. (2015). Økning for Sildelaget i 2014. Hentet 23.01., 2015, fra <http://www.fiskebat.no/default.asp?page=9242,9314&lang=1&item=59706,1>
- Slizyte, R., Mozuraityte, R., og Martinez, I. (2013). Sluttrapport: hurtig metode for å estimere buksprenging i pelagisk fisk ombord. *SINTEF rapport A24739 – Åpen*.
- Tenningen, M. M. (2014). *Unaccounted mortality in purse seine fisheries. Quantification and mitigation of slipping mortality*. (Philosophia doctor (PhD)), University of Bergen, Bergen.

## Vedlegg 1:Kvalitetskontroll rund makrell

Parameter	Beskrivelse	Poengskala	Antall
<b>Redskapsskader</b>	<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	
<b>Klemskader (knusing)</b>	<i>Klemming i redskap eller ved ombord-taking</i>	0: Ingen skader	
		1: Synlige klemskader	
		2: Fisken er ødelagt og blir sortert ut (vrak)	
<b>Synlige blod-uttredelser</b>	<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	
<b>Dødsstiv (rigor)</b>		0: Pre-rigor	
		1: I rigor	

## Vedlegg 2:Kvalitetskontroll makrell filet

<b>Parameter</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Kvalitet</b>	<b>Antall</b>
<b>Gaping</b>	<i>Muskelspalter, vurderes visuelt (se bilde nedenfor)</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 > 5store spalter	
		Bløt: Ekstrem gaping fileten faller fra hverandre/angrepet av parasitt	
<b>Blodflekker</b>	<i>Vurderes visuelt</i>	0: Ingen blodflekker	
		1: Noen få, små blodflekker (<5)	
		2: Store blodflekker eller mange små (<5)	
<b>Konsistens</b>	<i>Vurderes ved fingertrykk</i>	0: Naturlig konsistens	
		1: Fileten er bløt	
		2: Fileten går i oppløsning/angrepet av parasitt	





Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)