

Toktrapport 2019833

Fangstkontroll og fiskevelferd i ringnotfiske etter sild

M/S «Vendla» 11 – 24. juni 2019

Maria Tenningen, Michael Breen, Jostein Saltskår, Erik Schuster, Gavin Macaulay, Manu Sistiaga og Iñigo Exposito



Bakgrunn og toktmål

Hovedmålet med toktet var å:

- Utvikle og teste optiske og akustiske instrumenter og metoder for overvåking av fiskeatferd og fangstsammensetning under fiske med not.
- Studere hvordan fangsthåndtering påvirker fiskens velferd og derigjennom overlevelse etter slipping fra not og produktkvalitet.

Toktet støtter prosjekt «Fangstkontroll i notfiske etter pelagiske arter» finansiert av fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond. Hovedmålsetningen i prosjektet er å bedre fangstkontroll i ringnotfiske gjennom å utvikle instrumenter og analysemetoder som gir bedre grunnlag for beslutninger under fangstprosessen. I toktet var målet å teste ulike optiske og akustiske metoder som kan gi informasjon om arts- og størrelses-sammensetning av fangsten. I tillegg ble stim- og individatferd overvåket med sonar og kamera fra før kast til fisken ble tatt om bord eller sluppet som grunnlag for bedre forståelse av fiskens reaksjon til fangst. Man ønsket også å undersøke hvordan fangst- og håndteringsstress påvirker kvaliteten på fiskeråstoffet og overlevelse ved slipping, og i den forbindelse måle fiskens vitalitet under pumping og i tanken samt registrere miljøforhold under hele fangstprosessen.

MS «Vendla» ble leid inn for toktet som ble gjennomført i Nordsjøsildefeltet mellom 60° - 61° N og 2° - 3° Ø. I løpet av 13 toktdøgn hadde vi 12 notkast (Tabell 1). Fangst ble tatt om bord i 7 av kastene og fangst størrelsene varierte mellom 8 og 125 tonn. I fire kast ble fangsten sluppet enten som ønske fra forskerne eller fra fiskerne på grunn av liten fangst (<5 tonn) eller feil art. I et kast gikk stimen ut av noten før denne var snurpet.

Værforholdene var bra gjennom hele toktperioden, men sildestimene var vanskelige å finne og små. Det er en generell oppfatning blant sildeflåten at silden er dårlig tilgjengelig, fangstene små og en stor del ungsild i fangstene. Vi fikk også inntrykk av at det fortsatt er en utfordring å identifisere art før kast i dette fiskeriet. Det var noe bifangst av makrell, sei, torsk og øyepål i kastene. I makrell og NVG sildefisket kan det være en utfordring med for store stimer, mens det derimot i Nordsjøsildefisket om sommeren er behov for mer nøyaktige estimat av stimstørrelse for å unngå å fange veldig små stimer som man ikke ønsker å ta om bord.

Aktiviteter

1. Stimovervåking med Simrad SN90 sonar før og under kast
2. Simrad PX TrawlEye i ringnot
3. Fangstovervåking med fri-flytende bøye med ekkolodd
4. Ekkoloddmålinger av sild med flyvende drone
5. Overvåking av fangst- og håndteringsstressorer og fiskeatferd i nota
6. Slippemetodikk og fiskeatferd under slipping
7. Effekt av fangst- og håndteringsstress på vitalitet og overlevelse

Tabell 1. Oversikt over fangstene

Kast	Dato	Posisjon		Fisketid (UTC/GMT)		Vind		Strøm (40 m)		Bølger (m)	Fangst		Instrumentering / Overvåking				
		Lat (N)	Lon (E)	Start	Stop	Styrke (m/s)	Retning (°)	Styrke (kn)	Retning (°)		Weight (t)	Ind. Weight (g)	SN90	Not- Øye	Not- Bøye	CMP #	Vitality *
1	15.06.2019	60°52.28	01°58.29	07:54	09:40	6.5	120	0.6	196	0.5	Slip <10t		X	X		N, S	
2	16.06.2019	60°29.30	02°08.05	13:48	NA	5	170	0.3	052	1.5	Bom		X		X	N	
3	16.06.2019	60°29.69	02°07.70	16:03	NA	9	120	0.3	224	1.5	Slip <5t		X		X	N	
4	17.06.2019	59°39.07	02°05.08	07:07	08:37	13	170	0.3	058	1.5	Slip <5t		X			N	
5	17.06.2019	59°40.80	02°08.57	12:54	14:41	14	205	0.5	315	2	125	161	X	X		N, P, T	P,T
6	19.06.2019	58°29.26	02°51.39	05:15	06:30	4.5	170	0.5	086	<0.5	23	121	X	X		N, P, T	P,T
7	19.06.2019	58°33.69	02°10.24	09:35	11:00	6	160	0.7	033	<0.5	Slip Øyepål		X		X	N, S	
8	20.06.2019	61°17.15	02°41.63	11:47	12:55	2	190	0.3	204	<0.5	57	197	X		X	N, P, T	P,T
9	20.06.2019	61°19.97	02°41.01	14:58	16:15	7	170	0.5	140	0.5	28	NA	X		X	N, P, T	P
10	23.06.2019	59°47.78	02°18.57	07:37	08:52	4.2	230	0.5	356	1.0	8	163		X		N, P, T	P,T
11	23.06.2019	59°50.53	02°23.50	10:26	11:39	0.5	var	0.2	025	<0.5	15	147		X		N, P, T	P
12	23.06.2019	59°27.65	02°05.03	15:58	17:15	2.0	var	0.7	209	<0.5	15	185		X		N, P	P

- CMP (Catch Monitoring Probes): «N» i nota; «P» på pumpen; «T» i RSW tanken; «S» gjennom slipping.

* - Vitality overvåking: «P» gjennom pumping; «T» i RSW Tanken

1. Stimovervåking med Simrad SN90 sonar før og under kast

Mål

Måle fiskestimenes vertikalfordeling, svømmehastighet og relativ ekkostyrke før kast og i tidlig fangstfase for bedre forståelse av stimenes reaksjon til fangst.

Metode

Stimene ble overvåket med Simrads SN90 sonar før kast og frem til omtrent halve nota var halt in (Tabell 2). Stimene ble identifisert og analysert i LSSS, prosesseringsprogram av akustiske data, profos modul. Så langt har man gått igjennom alle dataene av fangstene og sammenlignet vertikalfordeling og ekkostyre før kast og under utsetting av not.

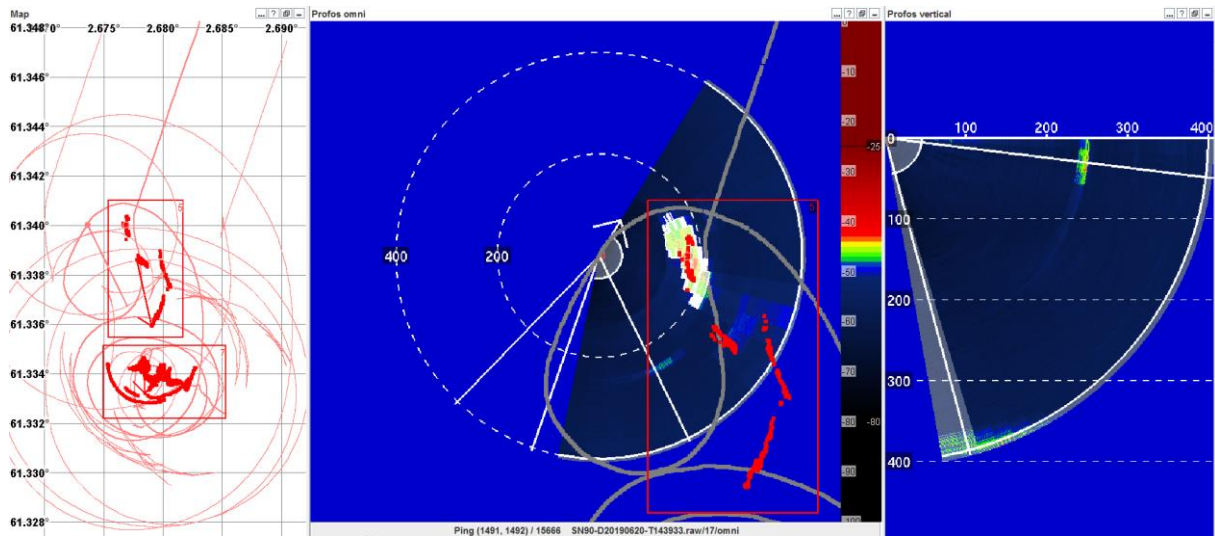
Tabell 2. Instillinger på SN90 sonaren		
	Horisontal	Vertikal
Gain	35	35
TVG	20 Log R	20 Log R
Ping-Ping Filter	Off	Off
Pulse Form	HFM / 3.0 ms	HFM / 3.0 ms
Bandwidth	5.0 kHz	5.0 kHz
Frequency	75 kHz	85 kHz
AGC	Medium	Medium
RCG	1	1
Noise Filter	Off	Off

Foreløpige resultat og konklusjoner

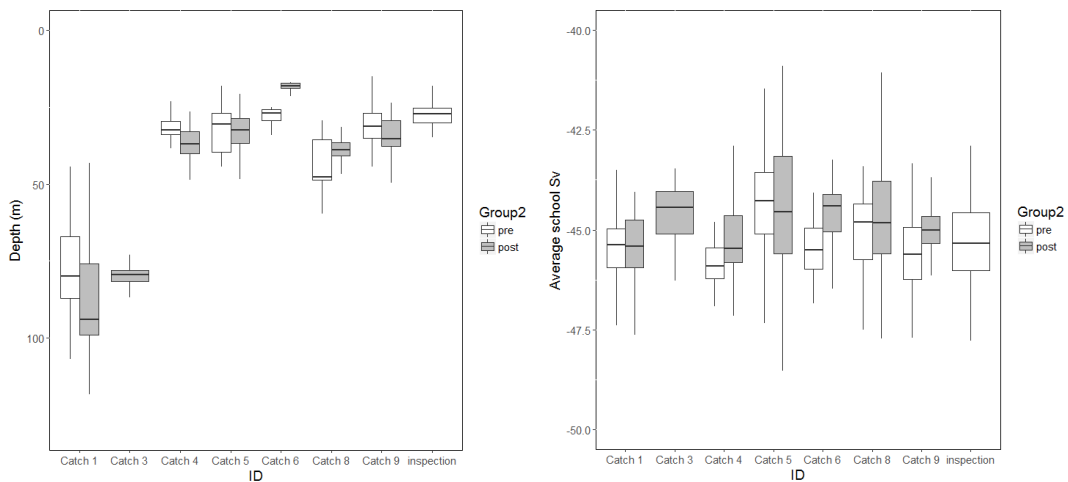
Stimene var fordelt fra nær bunn (ca 100 m dybde) til overflaten, de fleste stimene som ble kastet på var i de øverste 50 m (Figur 2). Gjennomsnittdybden på stimene gikk noe ned under kasting i 4 av stimene og opp i to av stimene (Figur 2). Gjennomsnittsekkostyrke (S_v , dB re 1 m^{-1}) økte under fangst i 3 av stimene og forblev uforandret i 3 av stimene.

Sonaren var følsom for bølger og under slike værforhold var det en del støy i dataene. Under utsetting av not var dataene av god kvalitet, men under snurping mistet man stort sett signalene.

Det er mye støy fra propellere og annet maskineri når nota blir snurpet sammen. Under innhaling av not var det igjen mulig å få signaler fra stimen men prosessering av dataene er utfordrende ettersom ekko fra fisk blander seg med ekkoer fra not og signalstyrken kan være svak på grunn av not mellom transduser og fisk.



Figur 1. Eksempel på en sildestim som er blitt identifisert i lss programmet i de horisontale strålene. Stimen blir identifisert og analysert i hvert ping og dataene kan eksporteres til R eller en annen dataanalyse program for videre analyser.



Figur 2. Gjennomsnittsdybde (venstre) og gjennomsnittsekkostyrke (høyere) på stimene før kast (hvit) og under utsetting av not (grå). Boksplotten viser ping til ping variasjon.

2. Simrad PX TrawlEye i ringnot

Mål

Undersøke om tråløye festet i notveggen kan gi informasjon om mengde fisk og hvor fisken står i forhold til nota under snurping

Metode

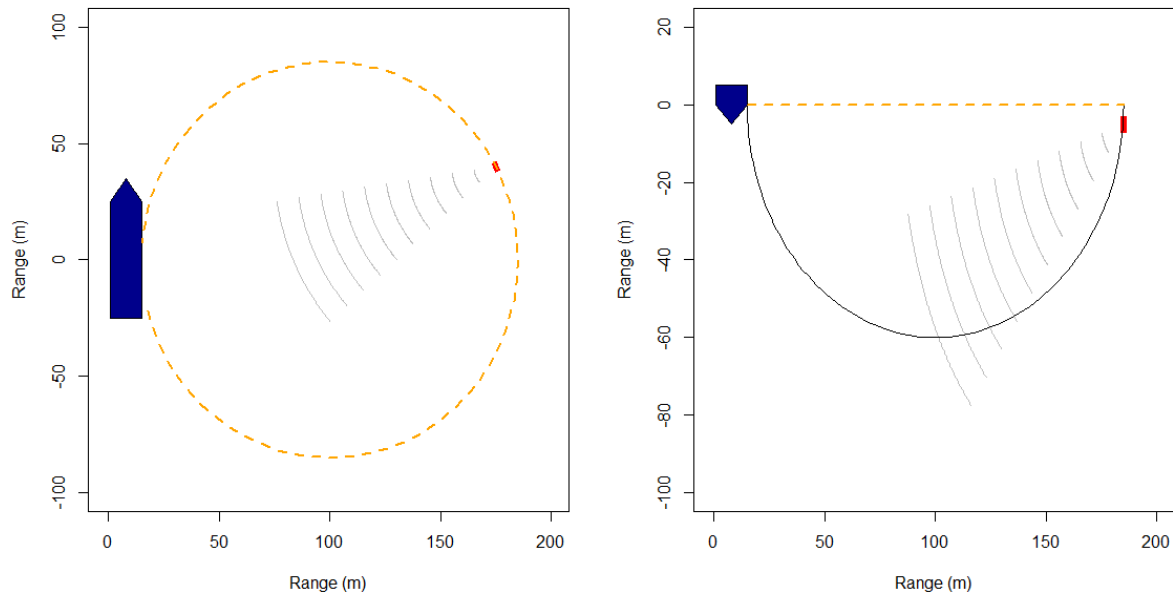
Før toktet gjorde Simrad endringer i på sitt PX tråløye for å tilpasse det til bruk i not, *NotØye* (Tabell 3). Notøye ble testet i 7 kast under toktet der den var festet omtrent midt på nota 2-3 meter under flåen (Figur 3 og 4). Notøyet var festet i nota og plassert i en notpose med kjetting som vekt nederst for at den skulle henge mest mulig loddrett. Ekkolodd signalene ble sendt trådløst over til hydrofon på båten og en SR15 mottaker. Dataene ble visualisert i TV80 programmet (Figur 5). Notøyet ble tatt av før triplex og montert på igjen etter at nota var gått gjennom for å unngå skader.

Tabell 3. Egenskaper til Simrad NotØye	
Åpningsvinkel til strålen	33°
Stråleretning	Vinklet 30° ned
Kommunikasjon	50 - 60° åpning fra sensor, 0° tilt
Frekvens	200 kHz
Rekkevidde	100 m

Foreløpige resultat og konklusjoner

Under snurping av not er det viktig å ha kontroll på hvor fiskestimen er i forhold til nota for å ikke miste fangsten. I denne fasen av fangstprosessen er det ofte mye støy rundt båten som forstyrrer signalene fra fartøy monterte sonarer. Det er også risikabelt å bruke sonarer som stikker ut under båten for da kan nota hekte seg i sonaren. Notøyet som er montert midt i nota og ser mot fartøyet blir ikke påvirket av støy rundt båten. På- og avmontering var også uproblematisk. Kontakten mellom notøyet og hydrofonen var stort sett stabil og ble kun brutt i korte perioder. Det var noe utfordrende å vite hva som var hva på ekkogrammet uten informasjon om hvordan nota ligger i vannet og i hvilken retning strålen peker. Med erfaring kan man sikkert bli flinkere til å gjenkjenne fangsten. Det kan også være mulig å videreutvikle

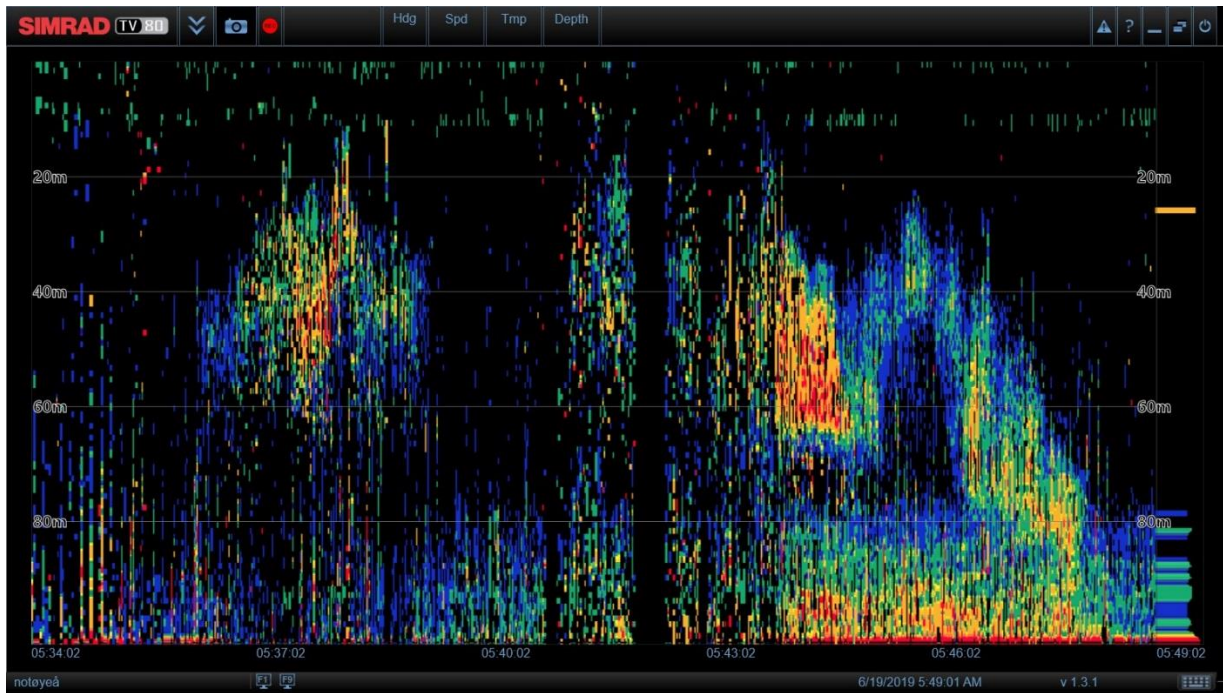
systemet til å gi bedre kontroll av strålen og øke dekningsvolum gjennom lenger range og styrbar stråle.



Figur 3. Skisse over montering av notøye i nota, rekkevidde og spredning av strålen i forhold til omtrentlig not størrelse ved slutten av snurping.



Figur 4. Bilde av notøye som er montert på nota rett før den blir tatt ombord.



Figur 5. Skjermdump fra FV80 programmet der ekkoene fra notøyet blir visualisert. På bilde ser man fiskestim ved kl 05:37:02 ved 40 m og ekkoer fra not ved 80 m og utover.

3. Fangstovervåking med fri-flytende bøye med ekkolodd

Mål

Undersøke om fri-flytende bøye med 38 og 200 kHz svingere inni nota kan identifisere sildestimene og på lengre sikt gi informasjon om fangsten under fangst eller før fangst.

Metode

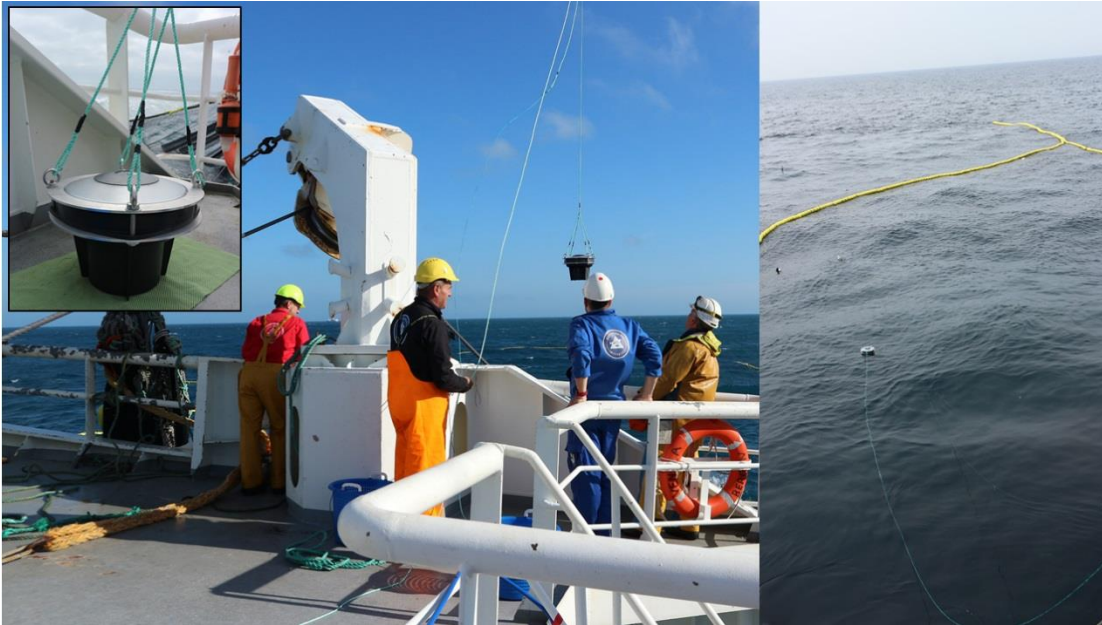
Bøyen er satt sammen av Simrad og i utgangspunktet tenkt for bruk i forbindelse med tunafiske. Bøyen som ble brukt på toktet hadde en 38 kHz og en 200 kHz svinger (Simrad ES14-38 og ES14-200) og transceiver, WBT mini. Det var lagt opp for kontakt mellom bøye og båt over wifi og ekkoloddet kunne styres med EK80 software om bord på båten. Alternativt kunne man bruke Simrads EK80 missionplanner og lagre dataene i bøyen (Tabell 4). Bøyen ble satt ut med hjelp av kran under innhaling av not og tatt om bord ved hjelp av et tau festet til bøyen i slutten av kastet (Figur 6).

Tabell 4. Informasjon om svingere og innstillinger brukt i bøyen							
Port	Transducer	Frequency (kHz)	TX power (W)	Pulse type	Pulse duration [us]	Ramping	Range (m)
1	ES14-38	38	75	CW	1024	Fast	100
2	ES14-200	200	75	CW	1024	Fast	100

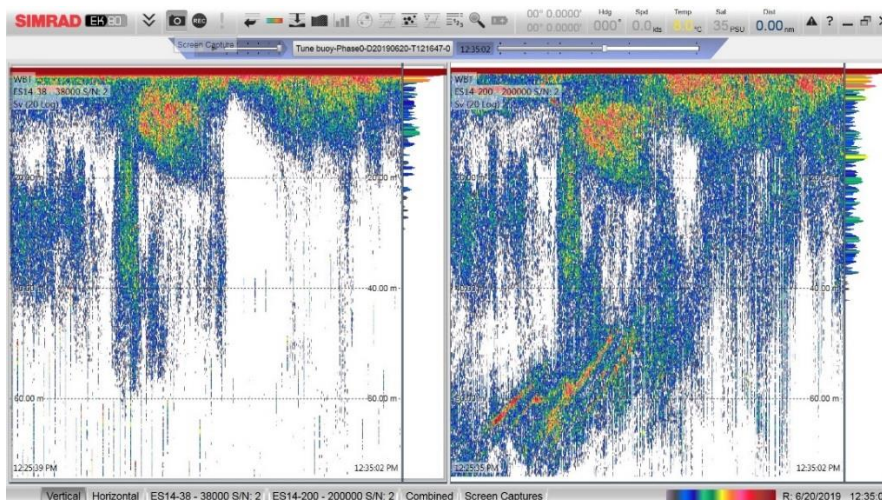
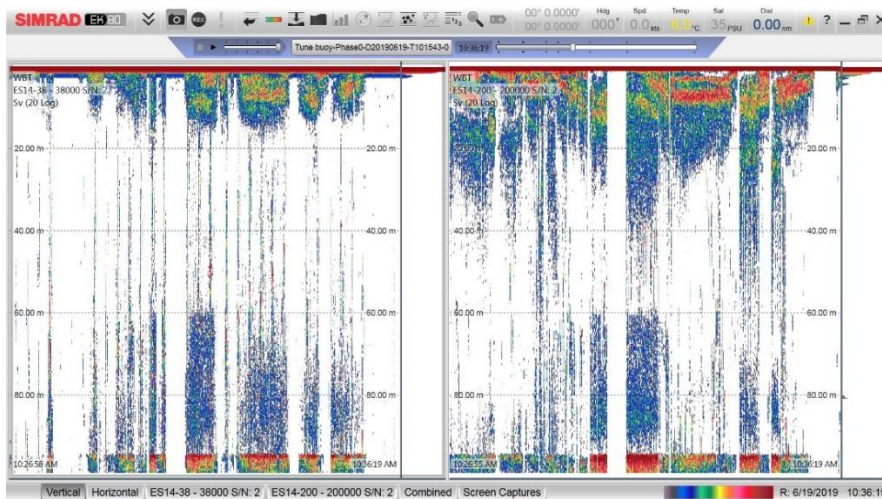
Foreløpige resultat og konklusjoner

Det var noen utfordringer med å få bøyen ut i nota og vekk fra skutensiden. Det ble først forsøkt å skyve ut bøyen ved hjelp av sidepropeller. Resultater var ikke helt vellykket. Neste forsøk var et drivanker (minitrål) som ble skutt ut med luftkanon. Bøyen ble halt ut til drivanker med dobbeltau som var festet fra bøye gjennom metallring i drivanker og til båten. Bøyen er lett og svingerne er helt i overflaten hvilket gjør den utsatt for bølger. I stille hav fikk vi samlet inn data (Figur 7). Kontakt over wifi ble testet i havnen i Bergen og fungerte bra men under fisket lagret vi dataene i bøyen med missionplanner for å ikke risikere antennen hektet seg i not. Dataene er ikke ennå analysert men det kan være vanskelig å skille mellom not og fisk ekkoer. Tidligere forsøk tyder på at sild og notlin har forskjellig relativ frekvensrespons ved 38 og 200 kHz og vi skal se om vi kan identifisere sild i dataene basert på frekvensrespons.

Om bøyen skal brukes i notfiske er det behov for å gjøre noen endringer. Svingerne må dypere ned for å ikke være så utsatte for luftstøy fra overflate. Bøyen må være mer stabil og det er behov å lage til et ordentlig drivanker som hjelper bøyen lenger ut i nota. Båten driver vekk fra nota under innhaling hvilket gir en mulighet for å få bøyen lenger ut. Vi ser at det å sette ut bøyen før kast i stimer nærme fartøy kan gi skipperen nyttig informasjon om stimen in noen tilfeller, men i første omgang er det mer en vitenskapelig interesse i å bruke bøye under notkast.



Figur 6. Fri-flytende bøye med ekkolodd ble satt ut i nota og man undersøkte om sildestimen kan identifiseres.



Figur 7. Ekkogram av data tatt opp med Simrads bøye. Til venstre er 38 kHz transducer og til høyre 200 kHz transducer. Det gjenstår å se om man klarer å skille sild fra not i dataene og det vil også være behov for bedre metode for utsetting av bøye for å få data som kan gi nyttig informasjon om fangsten.

4. Ekkoloddmålinger av sild med flyvende drone

Forsøkene ble gjennomført i samarbeid med Birdview (profesjonelt droneselskap). Målet var å samle inn akustiske data av fiskestimer før kast og under kast. Dataene skulle brukes til å få en bedre forståelse over stimenes reaksjon til fangst og undersøke om man ved hjelp av ekkolodd satt ut i stimen kan få bedre informasjon om stimen før kast. Opplegget var det samme som i tilsvarende tokt året før (tokt nr. 2018832). Under dronen hadde man instrumentboks med transceiver, batteri og radiolink koblet til transducer (Simrad ES200-7C) som hang i kabel under dronen. Ekkoloddet kunne styres over radiolink fra båten, lavopløsningsdata sendt over og visualisert i sanntid og rådataene lagres i instrumentboksen. Utviklingen er en del av Birdviews produktutvikling og ikke del av fangstkontroll i ringnot prosjektet. Dronen som ble brukt var dårlig egnet til bruk fra fiskebåten og det var ikke mulig å få kontroll på flyvningen og vi måtte dessverre avbryte forsøkene.

5. Overvåking av fangst- og håndteringsstressorer og fiskeatferd i nota

Objective

To monitor potential stressors during capture (i.e. crowding, fish to net and fish to fish contact, hypoxia and temperature change) and behavioural responses to those stressors.

Methods

IMR/HI has developed a Catch Monitoring Probe (CMP) that was deployed during various stages of the capture process: in the net; during pumping; and in the refrigerated seawater (RSW) tanks. This system comprises several instruments, in different configurations, depending on where it is deployed.



Figure 5.1: Catch monitoring probe (CMP) in protective housing (right) prepared for deployment from a compressed air canon (left).

When used in the net, the CMP is deployed using a pneumatic canon and comprises: a shock proof housing (to protect, support and stabilise the instruments during deployment and operation); a Sony 360 Camera (for complete contextual views around the probe); and RINKO ID oxygen, temperature & depth logger (figure #5.1). When used on the pump, a simpler version of the monitoring probe (containing; a RINKO ID oxygen, temperature & depth logger; and GoPro 4 camera) was attached to the vessel's catch pump, to monitor the catch during pumping; where it would be too hazardous to deploy the CMP. In the RSW tank, a RINKO ID oxygen, temperature & depth logger or a SAIV Conductivity, Temperature, Depth and Oxygen (CTDO) logger, with GoPro 4 camera attached, were lowered into the tank just prior to pumping and remained in the tank for up to 18 hours.

Preliminary Results

Using multiple CMPs enables us to monitor the conditions throughout the whole capture process, as well as the fishes' responses to those conditions. Taking cast #08 as an example, the captured school of herring retains an ordered schooling behaviour (figure 5.2) until late in the hauling phase, when it starts to become crowded and schooling behaviour breaks down (figure 5.3). During the hauling phase, temperature remains relatively constant but dissolved oxygen concentrations begin to drop as the fish become crowded during the end of the hauling phase (Figure 5.4a).



Figure 5.2: a view from the Nikon 360 Camera during the hauling phase (cast #08) showing the herring in an ordered school close to the netting wall.



Figure 5.3: a view from the Nikon 360 Camera late in the hauling phase (cast #08) showing the herring school becoming densely packed, close to the netting wall, and starting to become disordered.

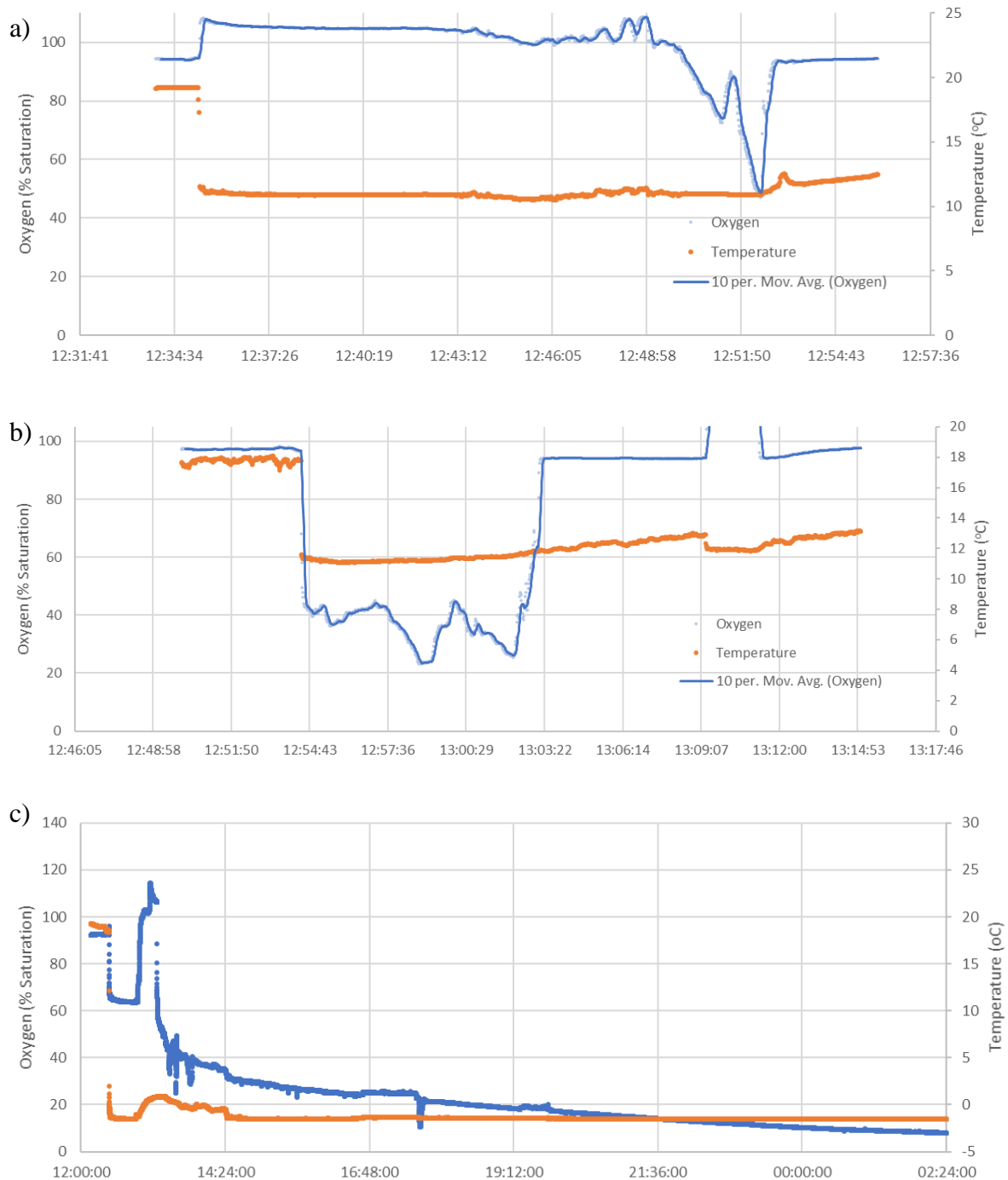


Figure 5.4: temperature (°C) and dissolved oxygen (% saturation) data from the CMP during different phases of capture: a) hauling; b) pumping; and c) in the RSW tank.

During the pumping phase in cast #08, water temperature increased slightly, while dissolved oxygen concentration remained relatively low (<50% saturation) throughout, with a minimum of 23.25% saturation (figure 5.4b). Herring behaviour was consistently disordered throughout (figure 5.5).



Figure 5.5: inside the catch (cast #08) during the pumping phase with herring demonstrating no schooling behaviour and in a water mass full of scales and other debris.

The oxygen minimum during pumping appears to be correlated with catch size (figure 5.6), but there is no clear relationship for oxygen minimum during the hauling phase.

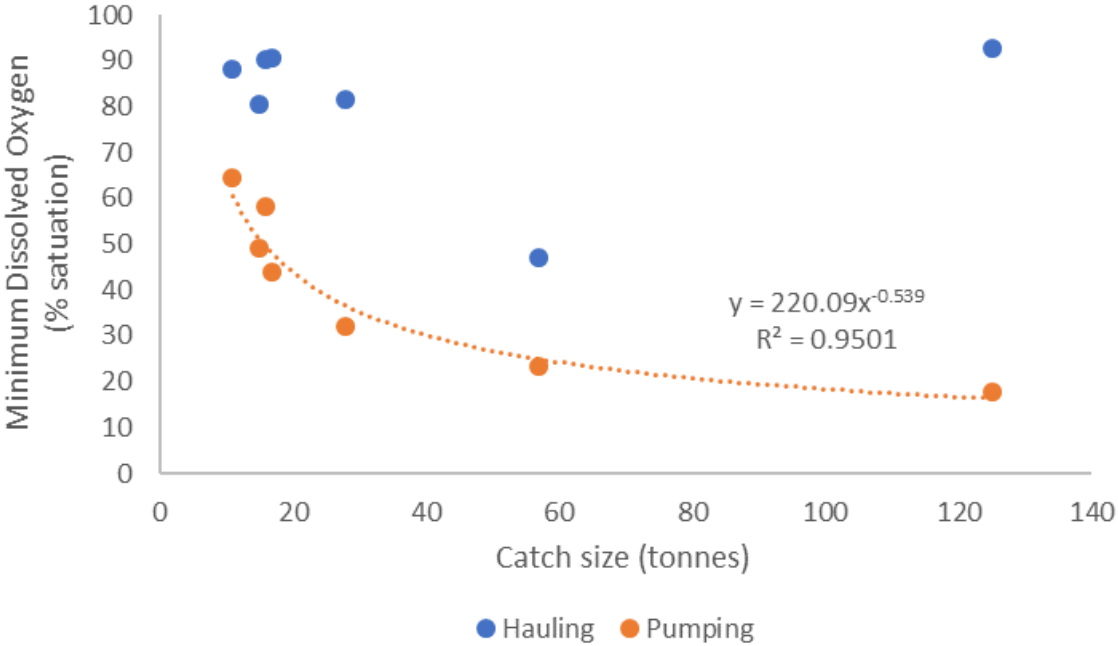


Figure 5.6 – minimum dissolved oxygen concentrations (% saturation) in relation to catch size during the hauling and pumping phases.

Finally, on entering the RSW tank the fish experience a very rapid temperature drop to around 0°C (from ~12°C). There is some fluctuation in temperature during the pumping phase, as more catch is added, but this stabilises at -1.5°C with 1.5 hours of completion of pumping. There is also a very rapid drop in dissolved oxygen in the tank and within 1.5 hours of pumping it has dropped to approximately 30% saturation. From this point the oxygen depletion is slower but consistent and eventually drops to a minimum of 6.14 % saturation after 13.5 hours of observation (when the CMP was removed from the tank). Behavioural observations of fish in the RSW tank were not possible from video observations due to blood in the water limiting visibility. However, the behaviour of fish sampled from the RSW tank was observed during the vitality assessments (see section 7),

Work will continue on this data to quantify behaviour during the capture process with respect to several metrics, including: crowding, collective behaviour (school order; frequency of turns); individual activity levels (tail beat frequency); fish-to-net contact. These will be correlated with relevant stressors/explanatory variables: hauling time, length of net hauled, catch size, oxygen concentration.

6. Slippemetodikk og fiskeatferd under slipping

Objective

To monitor slipping operations with respect to:

- i) The size and shape of the discharge opening;
- ii) The behaviour of herring released through the discharge opening; and
- iii) Correlate these behaviours to the concurrent stressors and behaviours observed in the main body of the catch (see section 5).

Methods

The methods applied in this research cruise are the same as used in the Slipping Best Practice project (see Vold et al, 2017 and Anders et al, 2018 for more detailed descriptions). Before leaving harbour, the dimensions and design of the bunt end of the net (“Tørke”) were measured and recorded (figure 6.1).

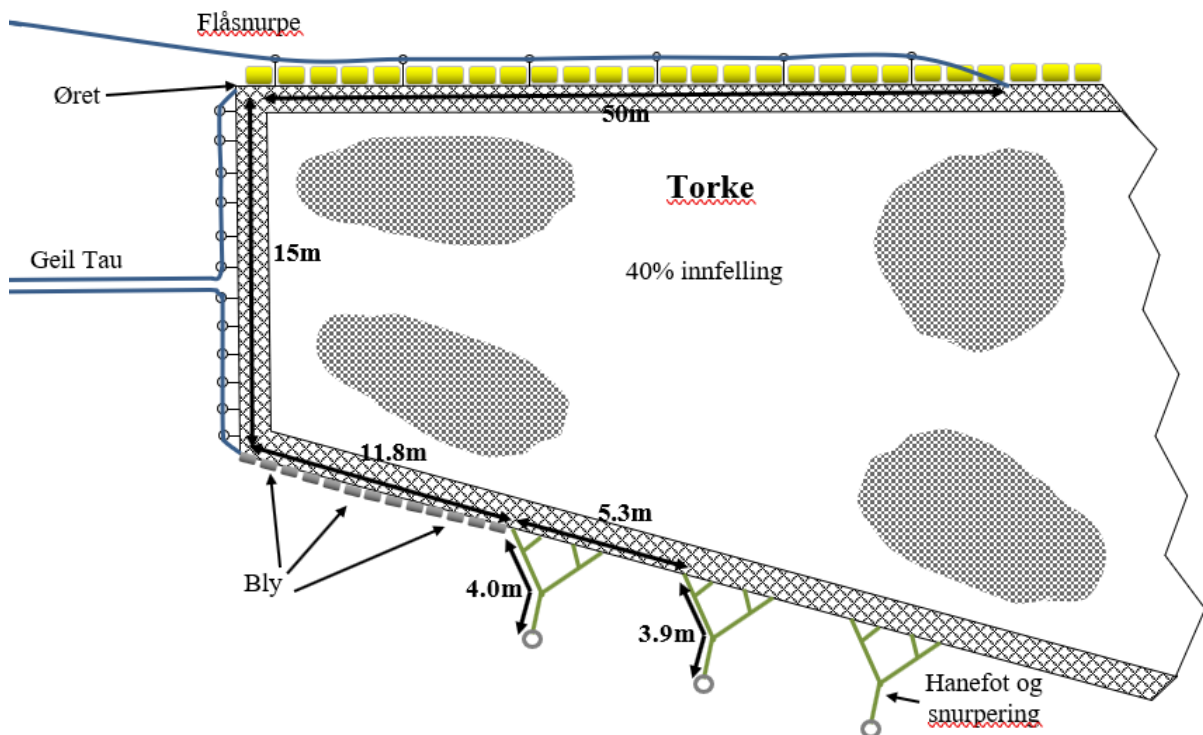


Figure 6.1: Overview of the design and dimensions of the bunt end on the purse seine net used in this cruise (not to scale).

Seven depth sensors were fitted to the outside edge of the bunt at known distances from the top of the bunt end (“Øret”)(Table 6.1). This can later be used to describe the approximate

shape and size of the discharge opening during slipping (see Vold et al, 2017, for details). All depths sensors were cross calibrated by deploying them in a bundle, with all the depth sensors aligned, over a depth profile of 0-5m.

During slipping, two camera units (GoPro 4 with additional battery pack inside a floating housing) were fitted to discharge opening to observe the behaviour of any fish released through the opening. The horizontal camera (camera #1) was positioned 5m from the “øret” looking across the opening, while the vertical camera (camera #1; looking up) was fitted in several positions (Test cast: 10m from the øret; Cast #1: 15m; Cast #7: 7m).

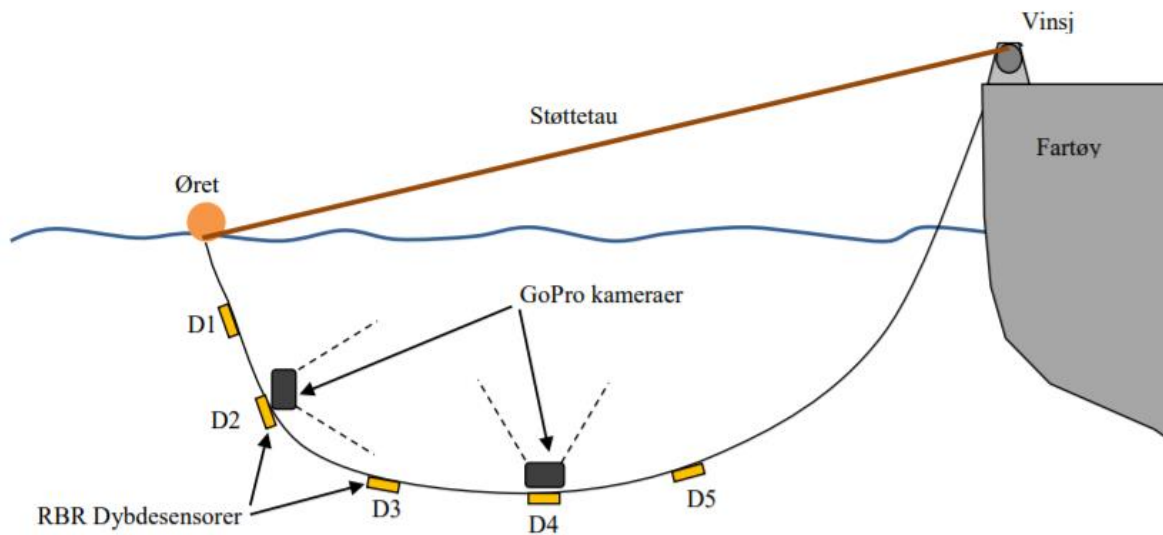


Figure 6.2: Rigging of cameras and depth sensors on the «geil», or discharge opening, during slipping operations (from Vold et al, 2017; not to scale).

Table 6.1: Depth sensor positions on the bunt end of purse seine net.

Sensor #	Distance from “øret”	Model & serial #	Notes
1	5.0m	RBR 24075	
2	7.5m	RBR 24076	
3	10.6m	RBR 24078	
4	25.0m	RBR 24079	Moved from 13.4m after test cast.
5	15.0m	RBR 24080	
6	17.5m	StarOddi 0146	
7	20.0m	StarOddi 0147	

Preliminary Results

Only two slipping events (Casts #1 and #7) were monitored during the cruise, in addition to a test cast (prior to cast #1) to practice the methods. In all cases the cameras were often obscured by netting, particularly the vertical (upward looking) camera. In cast #1, where the catch was small (<10 tonnes), there were limited observations of herring leaving the net as small ordered groups (figure 6.3). In cast #7, the catch was primarily Norway pout (*Trisopterus esmarkii*), which mostly floated on the surface during slipping, while the discharge opening appeared to be stuck against the side of the boat. Casts #3 and #4 were also slipped, but the catches were so small (<<5 tonnes) that monitoring of the slipping process would not have been informative.

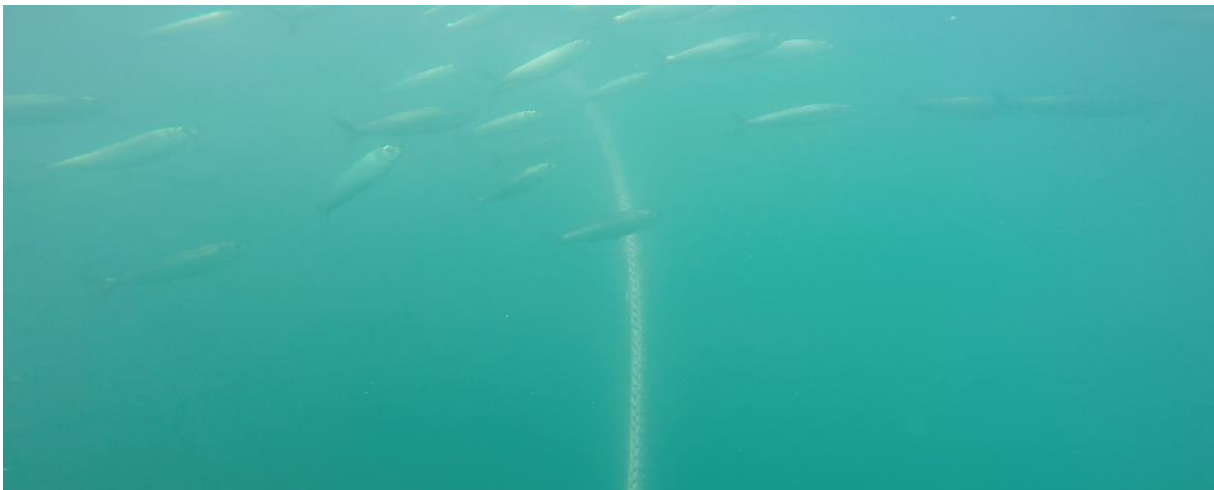


Figure 6.3: A view from camera #1 showing a small ordered group of herring leaving the net via the discharge opening during “slipping” in cast #1. The “geil tau” (a rope controlling the discharge opening) can be seen in the background.

7. Effekt av fangst og håndteringsstress på vitalitet og overlevelse

Objective:

to determine the stress- (or welfare-) status of the catch at different stages of the capture process using vitality assessments.

Methods:

In addition to monitoring the behaviour of fish in the catch (see above), on this tokt we also used a suite of behaviours/reflexes to monitor the “vitality” of individual fish sampled from the catch after pumping from the net and for sub-samples taken from the RSW tanks at various

time after pumping.

“Vitality” is an objective measure of how alive an animal is, or conversely how close to death it is. Its objective measurement relies on using a selection of behavioural metrics, or reflexes, that can reliably indicate their ability to respond to a range of different stimuli, both contextual and physical. In this assessment, nine different metrics were used; 5 free swimming observations (in an observation tank) and 4 observations while handling (see table 7.1).



Figure 7.1 – left: fish are examined after sub-sampling from the catch in the RSW Tank; and right: a herring is examined for vitality.

When sub-sampling from the RSW Tank, fish were collected using a purposely made sampling net, supported on a stainless-steel ring ($\varnothing = 0.8\text{m}$). At each sampling period (see table 7.2), two sub-samples were taken: A) from fish swimming or floating in the water column above the bottom of the tank; and B) from the bottom of tank, with a ~10kg weight attached to one side of the ring of the sampling net to ensure it penetrated any layer of fish collecting on the bottom of the tank. In addition, the depth of the tank was measured at each sampling period to determine the proportion of the catch that had accumulated on the bottom of the tank over time.

Table 7.1 – Summary of vitality metrics used for herring sub-sampled from the pump and RSW tanks.

	Test	Positive Response	Negative implications (i.e. response absent or weak)
Free Swimming Observations			
Evasion 1	Fish transfered from net into observation tank	A "startle" response, or swims around tank seeking "escape".	Fish lacks awareness of substantial change in environment. Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.
Orientation / Self-righting	Fish transfered from net into observation tank	Can self-orientate dorsal side up within 5 seconds of transfer.	Fish has lost a basic reflex - balance. Therefore, swimming and avoidance of potential threats will be severely compromised.
Head Complex	Fish transfered from net into observation tank	A coordinated and regular use of mouth and operaculæ - indicative of normal respiration (> 1 per 10 sec).	Absence - respiratory failure, fish is dead or close to death. Very strong - fish may be hypoxic or fatigued.
Evasion 2	Observer's hand, in water, approaches fish from side; in preparation for "caudal reflex test (see below).	A "startle" response, or swims around tank seeking "escape".	Fish lacks awareness of potential visible threat. Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.
Caudal Reflex	Observer touches, or attempts to hold, caudal fin.	Fish immediately (<1 sec) attempts to swim away from physical contact.	Fish lacks awareness of potential physical threat. Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.
Observations While Handling			
Body Flex 1 - Restrained	Observer hold fish firmly in clenched hand, with thumb and fore-finger just posterior of operculæ.	Fish should flex its tail musculatur in an attempt to escape (< 3 sec). [NB - test starts in water, as observer attempts to remove fish from tank].	Fish lacks awareness of strong physical threat (i.e. restraining). Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.
Vestibulo-ocular response	Observer - while holding fish as above - rotates fish on the longitudinal axis.	Fish should attempt to hold eye steady, with respect to horizontal. That is, looking from the posterior, the eye should appear to look down, as the head is rotated clockwise; and <i>vice versa</i> .	Fish has lost a basic reflex - balance. May indicate loss of functionality in brain stem.
Mouth Closure	Observer - while holding fish as above - uses finger to open open fish's mouth.	Fish should attempt to resist opening action. May also respond with a "head-complex motion" and/or "body flex" (< 3 sec).	Fish lacks awareness of an intrusive physical threat. Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.
Body Flex 2 - Flat surface	Fish is laid, unrestrained, on a flat surface.	Fish should flex its tail musculatur (< 3 sec).	Fish lacks awareness of substantial change in physical status - i.e. released but emersed. Or is unable to respond due to exhaustion, or physical injury.

Table 7.2 – Summary of Vitality Assessments, by Cast.

Stage	A) from water column			B) from the bottom			Depth (m)	Tank Vol	Catch %
	Period	Start	End	Period	Start	End			
<u>Cast #05</u>									
Pumping	0.0 hr	14:41	14:57	NA	NA	NA	-	-	-
Tank 1	2.0 hr	16:37	16:59	2.25 hr	17:02	17:20	-	-	-
Tank 2	4.0 hr	18:42	19:00	4.25 hr	18:52	19:09	-	-	-
<u>Cast #06</u>									
Pumping	0.0 hr	6:32	6:39	NA	NA	NA	-	-	-
Tank 1	0.5 hr	6:46	7:07	-	-	-	-	-	-
Tank 2	2.0 hr	8:22	8:41	2.25 hrs	8:43	9:00	7.35	19.5	73.6
Tank 3	5.25 hrs	11:30	11:57	5.5 hrs	11:59	12:11	7.15	24	90.5
Tank 4	7.5 hrs	13:46	14:06	-	-	-	7.05	26.5	100
<u>Cast #08</u>									
Pumping	0.0 hrs	12:55	13:10	-	-	-	-	-	-
Tank 1	1.00 hrs	13:50	14:08	1.25 hrs	14:11	14:22	7.64	13	19.4
Tank 2	4.00 hrs	16:52	17:15	4.50 hrs	17:17	17:32	6.45	63.5	94.7
Tank 3	5.25 hrs	19:23	19:45	5.50 hrs	-	-	6.33	67	100
<u>Cast #09</u>									
Pumping	0.0 hrs	16:15	16:23	-	-	-	-	-	-
<u>Cast #10</u>									
Pumping	0.0 hrs	8:52	9:07	-	-	-	-	-	-
Tank 1	0.50 hrs	9:20	9:37				8.19	3	31.6
				0.75 hrs	9:41	9:58	7.97	6	63.2
Tank 2	3.25 hrs	12:02	12:20				7.89	8	84.2
				3.50 hrs	12:22	12:46	7.9	8	84.2
Tank 3	6.00 hrs	14:52	15:15				7.82	9.5	100
				6.50 hrs	15:18	15:36	-	-	100
Tank 4	9.00 hrs	17:50	18:11				7.83	9.5	100
				9.50 hrs	18:13	18:28	7.85	9	94.7
Tank 5	12.0 hrs	20:50	21:12				7.85	9	94.7
				12.5 hrs	21:23	21:31	-	-	-
Final Depth	23.0 hrs	7:20	-	-	-	-	7.83	9.5	100
<u>Cast #11</u>									
Pumping	0.0 hrs	11:39	11:46	-	-	-	-	-	-
<u>Cast #12</u>									
Pumping	0.0 hrs	17:15	17:23	-	-	-	-	-	-

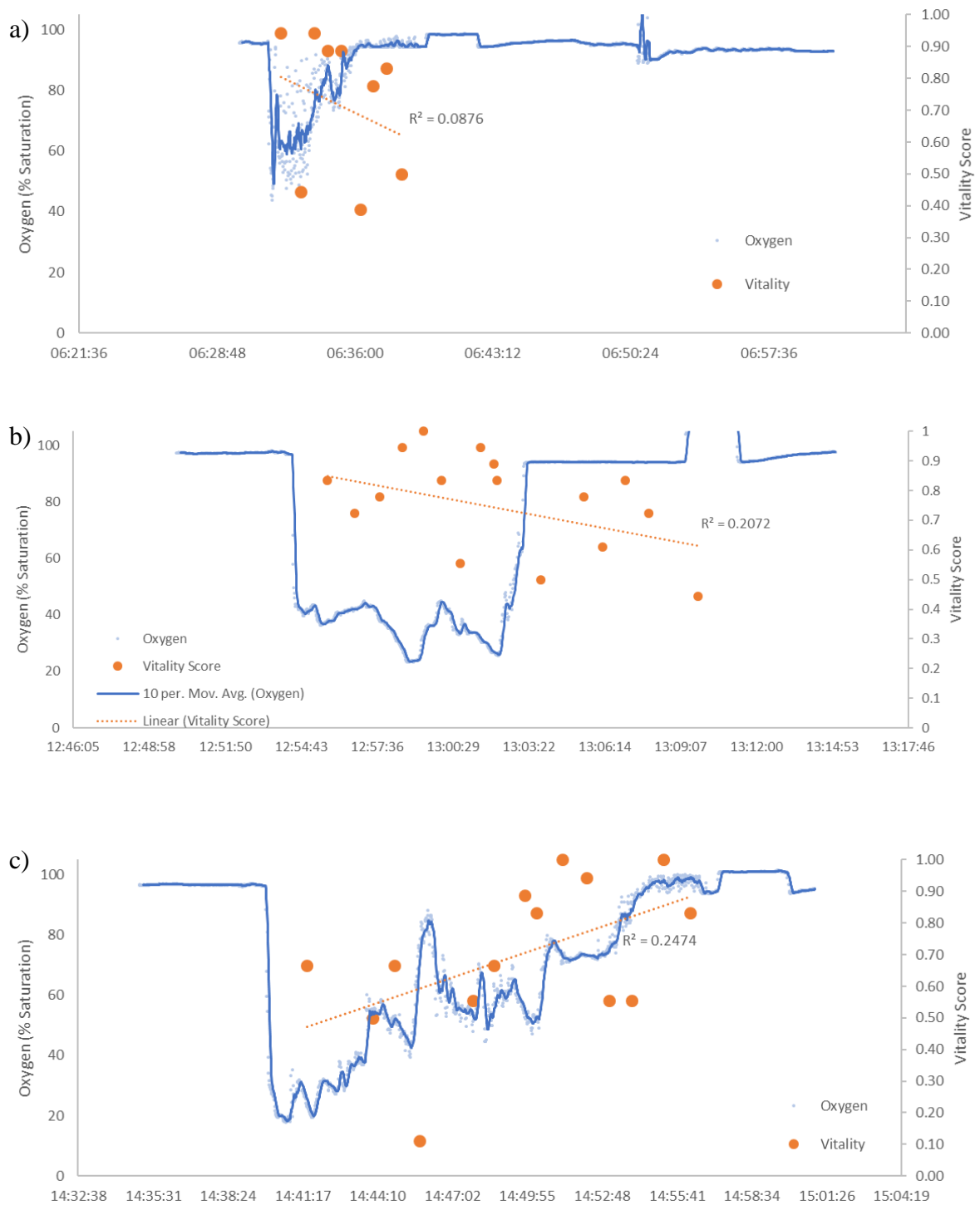


Figure 7.2: Vitality scores and oxygen concentration (% saturation) over time, during pumping in three different casts: a) cast #06 (17 tonnes); b) cast #08 (57 tonnes); c) cast #05 (125 tonnes).

Preliminary Results:

Vitality scores during pumping generally declined over time, with the catches' increasing exposure to crowding and hypoxic conditions (figure 7.2 a & b). However, an exemption was seen in cast #05 (catch size: 125 tonnes), which started the pumping period with a very low dissolved oxygen concentration (<20 % saturation). The median vitality score in this case started low (<0.5) and then rose over time. It is hypothesised that the first fish sampled in this cast were already starting to die due to the low oxygen levels. But, as more of the catch was pumped, this drew in fish and water from the outside of the catch, which had not been exposed to the hypoxic conditions and therefore had better vitality.

In the RSW tanks, there were two distinct sub-components of fish in the tank: A) fish swimming or floating in the water column above the bottom of the tank; and B) fish laying on the bottom of the tank. From depth measurements, it appears that most fish are part of subcomponent A when entering the tank; of which many appear to still be alive, despite the very cold and hypoxic conditions (see example in figure 7.3), although they have a reduced mean vitality compared to pumping. However, after a short period (~1 hour) most fish appear to be laying on the bottom of the tank (Table 7.2), with a greatly reduced vitality, if not already dead. Fish on the bottom of the tank (subcomponent B) have a consistently lower average vitality score than fish in the water column (subcomponent A), and appear to die at a faster rate. The analysis of this data will continue with the aim of establishing the likely cause of death of the herring in the RSW tanks (temperature shock versus hypoxia).

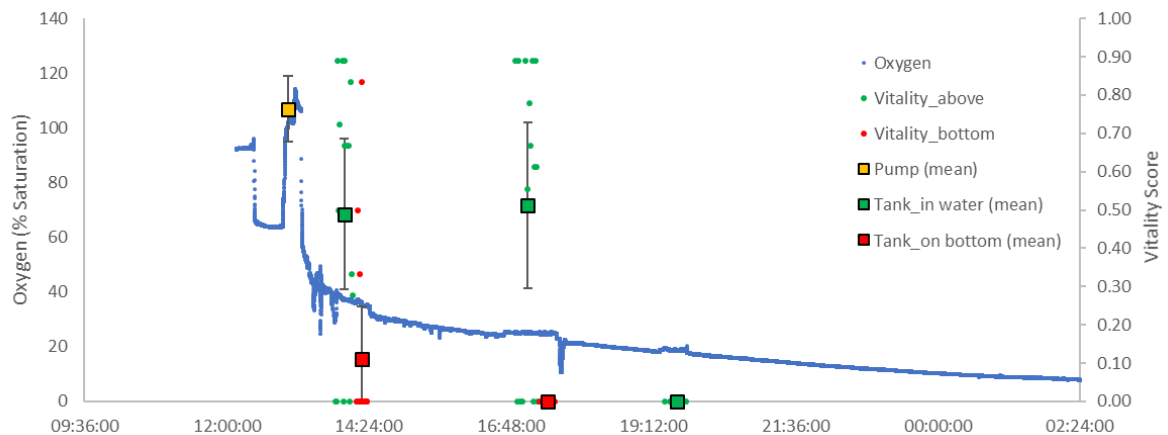


Figure 7.3: Vitality scores and oxygen concentration (% saturation) over time, from cast #08 in RSW Tank 2.2 (temperature -1.5°C).

Takk

Vi takker skipper og mannskap på Vendla for godt tokt og samarbeid samt hyggelig stemning om bord. Vi takker Thor Bærhaugen, Ivar Wangen i Simrad for samarbeid, lån av utstyr og veiledning. Vi takker Shale Rosen og Deep vision for lån av utstyr. Vi takker også Birdview for et godt forsøk med dronedeforsøkene.

References

Anders N, Breen M, Saltskår J, Totland B, Øvredal JT, Vold, A. (2019) Behavioural and welfare implications of a new slipping methodology for purse seine fisheries in Norwegian waters. PLOS ONE 14(3): e0213031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213031>

Vold A, Anders N, Breen M, Saltskår J, Totland B, Øvredal JT. Beste praksis for slipping fra not. Rapport fra Havforskningsinstituttet. 2017; 6. Available from: https://www.hi.no/filarkiv/2017/03/beste_praksis_slipping_fra_notvold_et_al.pdf/nb-no