



SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Foredlingsteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF Sealab
Brattørkaia 17B

Telefon: 4000 5350
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Superfersk fisk med riktig kvalitet:

Rapport fra tokt med M/S Skaidi 21 - 31 november 2008

FORFATTER(E)

Ulf Erikson, Ekrem Misimi, Marte Schei, Hanne Digre, Stine Wiborg Dahle og Leif Grimsmo

OPPDRAKSGIVER(E)

Norges Forskningsråd og Norske Sjømatbedrifters Landsforening

RAPPORTNR. SFH80 A095060	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Turid Hiller NFR / Kristin Lauritzsen NSL	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04921-3	PROSJEKTNR. 85023102	ANTALL SIDER OG BILAG 24 + 1 bilag
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport Superfersk_fisk_Skaidi nov 2008(3).doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Leif Grimsmo	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Hanne Digre	
ARKIVKODE	DATO 2009-10-12	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Marit Aursand (forskningsssjef)	

SAMMENDRAG

Rapporten gir en oversikt over resultater fra et tokt om bord på den kombinerte ferskfisk- og frysetråleren "M/S Skaidi" gjennomført i november 2008 i det brukerstyrte innovasjonsprosjektet (BIP) "*Superfersk fisk med riktig kvalitet*" finansiert av Norges Forskningsråd (prosjektnummer 179419/Matprogrammet) og FHF ved Norges Fiskarlag og Norske Sjømatbedrifters Landsforening.

Hensikten med toktet var å evaluere om bruk av elektrobedøver kunne gi en kvalitetsgevinst på trålfanget fisk ved at elektrobedøving potensielt vil gi raskere sløyning og bedre utblødning, og fisken vil da kunne prosesseres raskere (før koagulering av blod). I tillegg ble fiskevelferd etter elektrobedøving evaluert. Forsøkene ble gjennomført i samarbeid med teknologileverandøren SeaSide AS og Aker Seafoods ASA. Mannskap og skipper på "M/S Skaidi" har bidratt med kunnskap og deltatt i den praktiske gjennomføringen av forsøkene. SeaSide AS har bidratt med utlån- og veiledning i bruk av elektrobedøver til forsøkene.

Det ble ikke funnet noen negative konsekvenser på filetenes kvalitet som en følge av elektrobedøving. Forsøkene viste at elektrobedøving av fisk ombord vil kunne være en metode som gjør det mulig å prosessere trålfisk raskere og lettere. Dette vil kunne gi bedre utblødning av fisk og derved høyere kvalitet. For at dette skal oppfylles på en konsistent måte må imidlertid prosessflyten bli bedre gjennom å endre driftsrutiner etter at fangsten er landet om bord og overført til mottaksbingen. Når det gjelder fiskevelferd, ble det dog funnet at fisken ikke var bevisstløs lenge nok etter elektrobedøving ved de gitte strømparametrene (dersom en setter som krav at all fisk skal være bevisstløs, eller død, ved bløgging og sløyning).

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskeri	Fisheries
GRUPPE 2	Fangstbehandling	Catch handling
EGENVALGTE	Elektrobedøving	Electrostunning
	Ferskfisk-kvalitet	Fresh fish quality
	Tråling	Trawling

INNHALDSFORTEGNELSE

1	FORORD	3
2	AKTIVITETSMÅL	3
3	MATERIAL OG METODE	3
3.1	Fangsthåndtering om bord	3
3.2	Elektrobedøving før utblødning.....	4
3.3	Råstoffuttak.....	5
3.4	Målemetoder	6
3.4.1	Håndteringsstress og muskelkontraksjoner.....	6
3.4.2	Effektivitet av bedøving og fiskevelferd.....	6
3.4.3	Kjernetemperatur	8
3.4.4	Rigor mortis	8
3.4.5	Kvalitet av hel fisk og filet.....	9
4.	RESULTATER OG DISKUSJON	10
4.1	Fangstparametere og håndteringsstress	10
4.2	Elektrobedøving	11
4.3	Effektivitet av bedøvelse og fiskevelferd.....	11
4.4	Reduksjon i pH og stimulert muskelkontraksjon post mortem	17
4.5	Rigor mortis.....	20
4.6	Temperatur i kjølekjeden.....	21
4.7	Evaluering av kvalitet.....	22
5.	KONKLUSJONER	23
6.	REFERANSER	24

1 FORORD

Denne rapporten gir en oversikt over forsøk med trålfanget torsk gjennomført i november 2008 i det brukerstyrte innovasjonsprosjektet (BIP) ”*Superfersk fisk med riktig kvalitet*” finansiert av Norges Forskningsråd (prosjektnummer 179419/Matprogrammet) og FHF ved Norges Fiskarlag og Norske Sjømatbedrifters Landsforening. Mannskap og skipper på den kombinerte ferskfisk- og frysetrålere M/S Skaidi har bidratt med kunnskap og deltatt i den praktiske gjennomføringen av forsøkene. Bedriften SeaSide AS har bidratt med utlån og veiledning i bruk av elektrobedøver til forsøkene.

Den potensielle nytten av å inkludere en elektrobedøver i prosesslinjen om bord er belyst i en tidligere SINTEF-rapport i prosjektet (’*Superfersk fisk med riktig kvalitet – Rapport fra tre tokt i 2007, SFH80 A085018*). På grunn av tekniske problemer med strømaggregatet til elektrobedøveren fungerte ikke utstyret som den skulle da den ble prøvd ut i tidligere forsøk. Følgelig ble utstyret testet på nytt som rapportert her.

2 AKTIVITETSMÅL

- Evaluere om bruk av elektrobedøver i luft vil kunne gi en kvalitetsgevinst på ferskfisk fra trål ved at elektrobedøving potensielt muliggjør raskere sløyning og bedre utblødning.
- Evaluere fiskevelferd ved elektrobedøving under valgte betingelser.

3 MATERIAL OG METODE

3.1 Fangsthåndtering om bord

Figur 1 nedenfor viser fangstbehandlingen om bord. Figuren viser også hvor elektrobedøveren ble plassert (rett ved uttaket fra bingen).




Figur 1. Fangstbehandling om bord i tråleren (steg 1 til 7). Etter at trålen blir halt opp på dekk blir fisken sluppet ned i to mottaksbinge (uten vann). Der blir den mellomlagret til den blir bløgget og sendt til tørrutblødning (uten vann) før maskinell sløyning og hodekapping, manuell etterrensning, sortering og skylning. Alternativt går fisken direkte til sløyemaskin (uten bløgging). Elektrobedøver ble plassert ved mottaksbinge før bløgging som et alternativt trinn i prosesseringen.

3.2 Elektrobedøving før utblødning

Utstyret for elektrobedøving som ble brukt var en portabel enhet produsert av SeaSide AS, Stranda. Denne modellen er egnet for testing i kommersiell skala. Under testing på M/S Skaidi ble enheten plassert over transportbånd fra mottaksbingene. Enheten vil relativt lett kunne integreres i en prosesslinje med ønsket kapasitet (antall fisk per tidsenhet). Enheten som ble brukt her hadde kun et spor, det vil si at én rekke med fisk fortløpende bedøves (se fig.2). For større kapasitet, brukes parallelle spor. Enheten hadde 7 rekker med tre lameller i hver rekke. Lamellene var koplet slik at fisken først fikk strømimpulsen (39 V pDC, 4 A) når den var i berøring med to rekker samtidig (annenhver rekke koplet til henholdsvis 'pluss' og 'minus' pol). På denne måten var det likegyldig hvorvidt fiskens orientering inn på elektrobedøveren var med hode eller hale først. Eksponeringstiden (og strømimpulsens varighet) for hver enkelt fisk gjennom elektrobedøveren var 4 sek. Eksponeringstiden kan evt. reguleres ved endring av hastigheten på transportbåndet. Figur 2 viser elektrobedøveren, samt sentrale data vedrørende forsøksbetingelsene og hensikten med forsøket om bord.

Under gjennomføringen av forsøket ble midlere spenning og strøm målt på elektrobedøverens klaffer med et voltmeter. Fiskens midlere oppholdstid i systemet (båndhastighet) ble også registrert. Disse verdiene er gitt ovenfor og i Figur 2.

Elektrobedøving om bord på M/S Skaidi (bunntrål)




SeaSide AS: Elektrobedøving i luft


Betingelser: 39 V pDC; 4 A; 50 Hz, 4 sek

Plassering: mellom mottaksbinge og sløyemaskin

Hensikt: (1) Korte ned på 'ventetid' før sløyning - Kvalitetsgevinst?
(2) Lette arbeidsoperasjonen 'innmatning til sløyemaskin'
(3) Vurdere fiskevelferd
(4) Sjekke kvalitet av elektrobedøvd fisk



SINTEF Fiskeri og havbruk AS



Figur 2. Elektrobedøving av fangst før bløgging. Ved å bedøve fisken like etter tømning av trålposen vil fisken bli rolig slik at den kan bløgges og sløyas med en gang. Det er allment kjent at blodtappingen blir betydelig bedre når fisken bløgges før blodet får tid til å koagulere (< 30 min post mortem). Resultatet er bedre kvalitet (mindre blodflekker og misfarging av fileten). Bruk av et slikt utstyr om bord kan også gi bedre fiskevelferd (fisken blir bevisstløs og kan dø raskere etter fangst). Videre blir fisken lettere håndterbar i forbindelse med neste prosesstrinn..

3.3 Råstoffuttak

Fangsten ble tatt om bord på tråleren M/S Skaidi i perioden 22-30 november 2008. Det ble benyttet bunntrål med maskevidde 135 mm. Det ble i hovedsak fisket torsk og hyse, men med innslag av sei, uer, blåkveite og steinbit. Under toktet ble det gjennomført 31 hal hovedsakelig i området vest av Bjørnøya.

I forbindelse med forsøkene ble det tatt ut torsk (*Gadus morhua*) fra Hal 3, 4, 8, 9 og 16. Forsøksfisken ble plukket ut fra mottaksbingen. Fisken ble evaluert før (indikerer håndteringsstress i selve fangstprosessen) og etter elektrobedøving (eventuell ytterligere reduksjon i muskel-pH og grad av muskelkontraksjon evalueres). Fisk som ble elektrobedøvd ble lagt i friskt rennende sjøvann for evaluering av effektiviteten av bedøvingen (se nedenfor). I

forbindelse med elektrobedøvingen ble fiskens rundvekt, gaffellengde og kroppstemperatur bestemt.

3.4 Målemetoder

3.4.1 Håndteringsstress og muskelkontraksjoner

Fiskens stressnivå etter fangst, men før bedøving, ble målt som pH i hvit muskel og muskelkontraksjoner ved stimulering (Twitch Tester). Imidlertid er det slik at elektrobedøving vil føre til aktivering av muskelens kontraktive proteiner (myosin og aktin) slik at innholdet av ATP og pH reduseres. I hvilken grad dette skjer avhenger av størrelsen av parametere (spenning, strøm, frekvens, eksponeringstid) for elektrobedøvingen. For å skille mellom (a) effekten av stress ved fangst, og eventuelt (b) effekten av muskelstimulering ved elektrobedøving, ble pH og muskelkontraksjoner målt både før og etter elektrobedøving. I tillegg ville vi ha kontroll på at elektrobedøvingen ikke tappet ned muskelens energireserver for mye, noe som i så fall ville føre til tidlig inntreden i rigor mortis. Prosessering av fisk i rigor mortis er ikke ønskelig siden det kan medføre muskelspaltning og feilkutt i sløye- og hodekappemaskiner.

Muskel-pH: Hvile-pH hos fisk ligger rundt pH 7,5. Fangststress reduserer pH-verdien. Det ble skåret et snitt med skalpell rett under ryggfinnen hvor pH ble målt direkte i muskelen. Det ble brukt et WTW 330 pH-meter koplet til en WTW SenTix 41 elektrode (kalibreringsbuffere pH 4,01 og pH 7,00). I ett tilfelle (Hal 4) ble pH målt samtidig med evalueringen av rigor mortis (samme individer).

Muskelkontraksjoner ved bruk av 'Twitch Tester'

"Twitch Tester" (AQUI-STM; NZ) er et instrument som sender ut en svak strømpuls når to elektroder plasseres på fiskemuskel med en viss avstand mellom elektrodene. Målingene ble gjort ved at elektrodene ble plassert langs torskens sidelinje (bak hode og spord). Dersom fisken har energi i form av ATP igjen i muskelen, induserer strømpulsen en muskelkontraksjon som er typisk for enten ustresset, noe stresset, eller utmattet fisk. Hos utmattet fisk (og fisk som har vært død en stund), får vi mindre eller ingen kontraksjon. Målt like etter slakting, sier måleverdien derfor noe om fiskens initiale stressnivå og hvorvidt rigor mortis vil inntreffe snart. Det ble benyttet følgende betegnelser på observasjonene:

0 = ingen muskelkontraksjon

1 = svak muskelkontraksjon i avgrensede deler av fisken/fileten (elektrodene plasseres noen få cm fra hverandre)

2 = svak muskelkontraksjon over hele fisken (elektrodene plassert langs sidelinjen, bak hode og spord)

3 = kraftig muskelkontraksjon over hele fisken (halen løftes; elektrodene plassert langs sidelinjen, bak hode og spord).

3.4.2 Effektivitet av bedøving og fiskevelferd

Til disse undersøkelsene ble det tatt ut fisk (n = 10-11) fra Hal 19, 23 og 31. Levende fisk ble tatt fra mottaksbingen og deretter elektrobedøvd. Muskel-pH ble naturligvis ikke målt i disse individene, men de ikke-destruktive Twitch Tester-målingene ble utført. Etter elektrobedøving ble fisken holdt i rennende friskt sjøvann (skylletanker) for å vurdere effektiviteten av bedøvingen. Med 'effektiviteten' forstår en her: (a) hvorvidt fisken er godt bedøvd (urørlig og bevisstløs), og (b) om fisken er bedøvd lenge nok slik at den kan bløgges/sløyas før bevisstheten gjenvinnes. Prosessteknisk gevinst med installasjon av elektrobedøver er at fisken kan håndteres lettere og

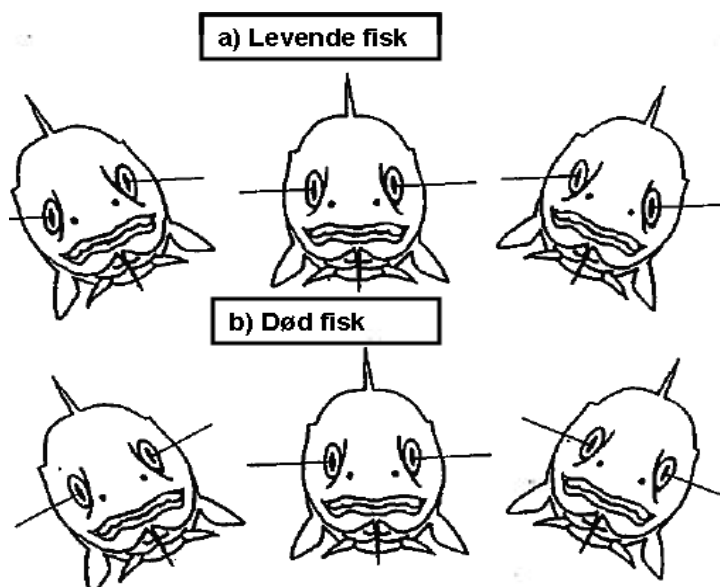
prosesserer like etter fangsten er overført til mottaksbingene. Dersom en skal legge fiskevelferdsmessige kriterier til grunn, antar en at bevisstløs fisk ikke føler ubehag og smerte i forbindelse med bløgging/sløyning. Det ble valgt en observasjonstid på minimum 10 min etter elektrobedøving. En fisk i gangen ble vurdert (den første etter 10 min). Dette medførte at det tok ca 5 minutter fra observasjon av første fisk til observasjon av siste fisk 15 minutter etter elektrobedøving. En observasjonstid på 10 min innebærer at dersom en fisk ikke viste tegn til å være ved bevissthet innen dette tidsrommet (ingen oppvåkning), kan en ut fra fiskevelferdsmessige kriterier anbefale videre prosessering (bløgging og sløyning) innen det har gått 10 min.

Kriteriene for evaluering av parametere knyttet til fiskevelferd som ble benyttet var: VOR (vestibulookulær refleks/øyerulling), gjellelokkbevegelse/respirasjon, svømmebevegelser, balanse og reaksjon på håndtering.

I tillegg ble fisk (n = 11) fra Hal 12 observert fra 0 til 110 min, og fisk (n=12) fra Hal 13, observert fra 10 – 106 min etter elektrobedøving. Parametrene som ble benyttet for evaluering av oppvåkning her var VOR, gjellelokkbevegelse, finnebevegelse og muskelkramper.

Øyerulling eller vestibulookulær refleks (VOR)

Figur 3 (fra Kestin et al. 2002) nedenfor illustrerer vestibulookulær refleks (VOR), eller øyerulling, på henholdsvis levende og død torsk.



Figur 3. Figuren illustrerer øyerulling / vestibulookulær refleks (VOR) på levende fisk øverst og død fisk nederst. Hvis en tilter fisken fra side til side vil øynene til en bevisst fisk forsøkes holdt i horisontalplanet. Øynene til en bevisstløs eller død fisk vil bli liggende urørlig i forhold til hodet (figur etter Kestin et al. 2002).

Respirasjon

Et annet viktig kriterium for evaluering av eventuell oppvåkning etter bedøvelse er å vurdere hvorvidt fisken puster eller ei. Tegn til gjellelokkbevegelse ble derfor registrert. En eller to sporadiske gjellelokkbevegelser ble ikke registret som respirasjon.

Svømmebevegelser

Eventuelle kontinuerlige og / eller sporadiske svømmebevegelser ble registrert.

Balanse

Tidspunkt for når fisken prøvde å gjenopprette balansen ble eventuelt notert.

Reaksjon på håndtering

Fisken ble først forsiktig berørt og deretter eventuelt holdt etter halen for å se om fisken reagerte på stimuli. Tidspunkt for reaksjon ble notert.

3.4.3 Kjernetemperatur

Etter sløyting ble det lagt inn temperaturloggere (Figur 4) type: DS1922L-F5# - Thermochron iButton fra produsenten Maxim solgt gjennom Embedded Data Systems Ltd. med en følsomhet på $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (temperaturområde -10°C til $+65^{\circ}\text{C}$). Temperaturen ble registrert hvert 5 minutt i bukhulen på 10 fisk (5 i hver gruppe: elektrobedøvd og ikke-elektrobedøvd torsk). Temperaturen ble registrert under islagringen fram til fisken ble tatt ut av transportkassene for filetering og bedømming av kvalitet med maskinsyn, 9 dager post mortem.



Figur 4. Temperaturloggere type: DS1922L-F5# - Thermochron iButton fra produsenten Maxim.

3.4.4 Rigor mortis

Siden fisken lå i mottaksbingen i ulik tid før den ble plukket ut, ble også rigor mortis evaluert. Dersom fisken blir utsatt for betydelig håndteringsstress ved fangsting, er det velkjent at inntreden i rigor mortis skjer raskere enn når fisken fanges skånsomt. Siden elektrobedøving også kan føre til nedtapping av energireservene i muskelen og dermed tidlig rigor mortis, var det av spesiell interesse her å undersøke om så var tilfelle ved de gitte strømparametrene (se ovenfor).

Metoden som ble anvendt var Rigor status-metoden som er en subjektiv, sensorisk metode basert på følgende skala:

0 = ingen rigor

1 = svak rigor, begynnende rigor eller nesten ute av rigor

2 = hele fisken i rigor

3 = sterk rigor

3.4.5 Kvalitet av hel fisk og filet

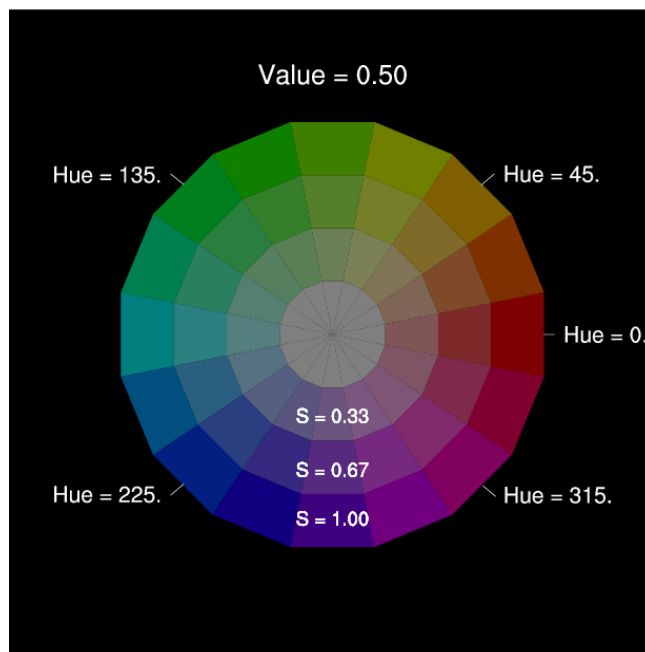
Femten torsk fra Hal 26 ble elektrobedøvd og avlivet med slag i hodet og sløyd om bord. Fisken ble merket, lagt på is og fraktet til SINTEF Fiskeri og havbruk i Trondheim hvor den ble filetert, vasket og kvalitetsvurdert 9 dager post mortem. Som kontrollgruppe ble 15 levende torsk tatt fra mottaksbingen, avlivet med slag i hodet og deretter behandlet på samme måte som den elektrobedøvede fisken. Følgende kriterier på kvalitet ble benyttet: Quality Index Method (QIM), gaping (filetspalting), farge, vanninnhold og slutt-pH i filet.

'Quality Index Method' (QIM)

En del ($n = 2 \times 8$) av fisken som ble vurdert om bord (pH, muskelkontraksjoner) ble merket, lagt på is og transportert til SFH der hel (sløyd) fisk ble vurdert ved bruk av QIM (Martinsdottir et al., 2001). Deretter ble fisken filetert og vasket før også filetene ble vurdert ved bruk av QIM (full QIM-score er basert på evaluering av både hel fisk og filet), se Bilag 1. QIM vektlegger egenskaper relatert til: ytre utseende (skinn og konsistens/rigor), øyne (hornhinne, form og pupiller), gjeller (farge, lukt og slim), og filet (farge og blod). QI-skalaen for torsk går fra 0 (best kvalitet) til 23 (bedervet fisk). Ved en QI-score på 15 eller mer anses fisken å være uegnet som mat.

Filetfarge

Umiddelbart etter filetering og kvalitetsbedømming ved bruk av QIM, ble fargen av filetene målt instrumentelt. Siden mangelfull bløgging og elektrobedøving under ugunstige betingelser kan føre til henholdsvis restblod og misfarging, samt blodflekker, ble fargen på filetene bestemt. Fargeverdiene rapportert her representerer gjennomsnittet av hele filetsiden. Målingene ble foretatt ved bruk av maskinsyn under standardiserte betingelser i lysboks. Opptakene/bildene ble kalibrert mot et standardisert fargekort. I denne undersøkelsen ble CIE L*(lyshet) a* (rødhet), b* (gulhet) systemet brukt. Fra a*- og b*-verdiene kan fargemetning (chroma) og fargevinkel (hue) beregnes. Betydningen av sistnevnte størrelse er vist i Figur 5.



Figur 5. Sammenhengen mellom Hue verdier (grader) og farge. Objekter med Hue-verdi mellom for eksempel 0 og 45° er rødere enn objekter med høyere Hue-verdi som faller innenfor intervallet 45-90°.

Vanninnhold og slutt-pH i filet

Etter islagring i 9 dager ble det tatt ut prøver (1-2 g) fra ryggmuskel (n=7) til bestemmelse av vanninnhold. Prøvene ble tørket ved 105°C i 24 timer og differansen i vekt før og etter tørking ble definert som muskelens totale vanninnhold.

Slutt-pH i filet (nakke og under ryggfinnen) ble målt på samme måte som for pH i muskel, nevnt ovenfor.

Filetspaltning

Gaping (filetspaltning) ble bestemt like etter filetering, 9 dager post mortem (islagring). Graden av spaltning ble kvantifisert subjektivt etter metoden til Andersen et al. (1994). Skalaen for gaping score er:

0 – ingen spaltning; 1 – få små spalter (<5); 2 – noen små spalter (<10); 3 – mange spalter (>10 små spalter eller noen få store); 4 – utpreget spaltning (mange store spalter); 5 – ekstrem spaltning (fileten faller fra hverandre).

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Fangstparametere og håndteringsstress

Tabell 1 viser data fra fem hal. Varigheten av halene varierte fra 2 til 5 ½ timer og fangstvolumet for hvert hal lå mellom 1,2 til 5,7 tonn. Midlere rundvekt av forsøksfisken var 2,15 kg og gaffellengden varierte mellom 48 – 63 cm. Tiden i mottaksbingen for fisken vi brukte til forsøk varierte fra 0,3 til 2,7 timer. Levende fisk ble plukket fra tre hal (# 4, 8 og 16), mens død fisk ble plukket fra to hal (# 3 og 9) (n = 11-13). Kropstemperaturen når fisken ble tatt ut fra mottaksbingen var fremdeles lav, mellom 3,6 og 6,3 °C.

Det ble benyttet torsk fra andre hal (# 19, 23 og 31) til forsøk relatert til fiskevelferd. Fangstdata for disse halene er vist i Tabell 2. Som vi ser, varierte tråltiden fra 2 til nesten 7 timer. Fangsten varierte fra 3,8 tonn (lengste hal) til 13,7 tonn (korteste hal). Rundvekten varierte mellom 2,2 og 3,0 kg. Tiden i bingen før uttak av levende fisk fra de ulike halene ble anslått til henholdsvis 20, 42 og 70 min. De fleste fiskene viste kontraksjoner etter elektrobedøving kun i avgrensede områder (ingen reaksjon ved stimulering av sidelinjen).

Ved å betrakte Twitch Tester- og pH-verdiene (Tabell 1) før elektrobedøving, får vi summen av håndteringsstress fisken hadde vært utsatt for (tid i trål, på dekk og i mottaksbinge). For fisk som døde i løpet av tiden fra fangstøyeblikk til uttak fra mottaksbinge, kan post-mortem glykolyse og nedbrytning av ATP føre til ytterligere en reduksjon i muskel-pH og evne til muskelkontraksjon. Det er imidlertid kjent at såpass kort tid etter død (ved lav temperatur) vil håndteringsstress bidra mest til reduksjon av muskelens energireserver.

Når det gjelder evne til muskelkontraksjon (Twitch Tester-verdier), ser vi at det er ingen klar sammenheng mellom tråltid, tid i bingebing eller hvorvidt fisken var levende eller død ved uttak. Dog var middelverdiene for en gruppe (Hal 4) lavere (score 0,4) enn hos fisk i de andre gruppene (score 0,9-1,7). Årsaken til dette er ikke kjent. Generelt sett varierte fiskens respons på elektrostimulering ved Twitch Tester mellom et svakt utslag med halen til en svak reaksjon i et avgrenset område. Til sammenlikning kan nevnes at fullstendig ustresstet fisk har et utslag på rundt score 3,0.

Muskel-pH varierte mellom pH 7,0 og pH 7,2. For torsk tilsvarende dette at fisken var stresset, men ikke helt utmattet (Misimi et al. 2008). For øvrig var det ingen klare trender med hensyn til hvorvidt pH ble påvirket av tråltid, biomasse i trålen, tid i mottaksbingen, eller hvorvidt fisken var levende eller død fra bingen.

4.2 Elektrobedøving

Visuelt ble det observert at elektrobedøving førte til at levende fisk ble raskt slått ut ved de gitte betingelsene (39 V pDC; 4 A; 50 Hz, 4 sek) og fisken forble rolig inntil sløying/avlivning 15-30 min senere. Som det framgår av verdiene for både Twitch Tester og muskel-pH, ble disse ikke signifikant forandret etter elektrobedøving, dvs. elektrobedøvingen førte ikke til nedtapping av energireservene (ATP og glykogen) i muskelen (Tabell 1). I tillegg må nevnes at fisken fra Hal 16 (n=13) ble filetert på stedet for å undersøke om elektrobedøvingen medførte indre blødninger, blodflekker eller brukket ryggstøyle. Det viste seg at ingen av delene ble observert.

Tabell 1 – Fangstdata (tauetid, fangstmengde, tid i mottaksbinge), energistatus (Twitch Tester og muskel-pH) i torskemuskel før (håndteringsstress ved fangst), og etter elektrobedøving (eventuell reduksjon som en følge av elektrostimulering). Middelerverdi ± SD.

Elektrobedøving av trålfanget torsk (n = 11 - 13), STANSAS Elektrobedøver 39 - 40 V (DC), 50 Hz, 4 A (DC) i 4 sek, vekt: 1,61 (sløyd) - 2,15 (rund) kg; Gaffellengde: 48 - 63 cm; Kjernetemperatur: 3,6 - 6,3 °C.

Hal #	Varighet av hal (timer, min)	Biomasse (kg)	Tid i binge (timer)	Fra binge: Levende (L), Død (D)	Twitch Tester (0-3)** Før*	Twitch Tester (0-3)** Etter*	Muskel pH Før*	Muskel pH Etter*	Rigor status (0-3)***
3	2 t 00 min	1242	2,3	D	0,9±0,5	NA	7,2±0,2	NA	0,1±0,4
4	2 t 50 min	NA	0,3-0,5	L	0,4±0,2	NA	NA	7,0±0,5	0,1±0,2
8	5 t 05 min	2641	0,5-1,1	L	1,7±0,5	1,3±0,5	7,2±0,2	7,2±0,2	NA
9	5 t 30 min	3426	1,8-2,7	D	0,9±0,8	0,5±0,6	7,1±0,2	7,0±0,2	NA
16	5 t 20 min	5727	1,8-2,2	L	NA	0,4±0,7	NA	7,0±0,2	0,2±0,7

*Før eller etter elektrobedøving, samme individer; **Twitch: 0 - ingen reaksjon, 1 - svak reaksjon i et avgrenset område; 2 - svakt utslag i halen (målt langs hele fisken, sidelinjen) 3 - moderat til kratt slag med halen målt langs hele fisken (sidelinjen) ***Rigor: 0 - ingen rigor; 1 - svak rigor, begynnende eller nesten ute av rigor; 2 - hele fisken i rigor; 3 - sterk rigor, NA: Not analysed / ikke målt.

4.3 Effektivitet av bedøvelse og fiskevelferd

Tabell 2 viser observasjoner gjort på fisken 10 min etter elektrobedøving. I alle fem gruppene viste flere individer VOR ('øyerull'). Andelen varierte mellom 27 og 90 %. Selv om all fisk som ble bedøvd var levende, var det en tendens til at økende tid i bingen ga lavere andel med fisk som hadde VOR ('øyerull'). De store forskjellene i tråltid, syntes ikke å spille noen rolle i denne sammenheng. Den samme tendensen ble observert når det gjelder gjellelokkbevegelse. Kun gruppen med fisk som hadde vært lengst i bingen (70 min), viste ingen tegn til respirasjon etter bedøvingen. Ellers hadde en betydelig andel fisk respiratoriske bevegelser (18-45 %). Når det gjelder svømmebevegelser, var andelen generelt lavere (0-10 %). Andelen fisk som prøvde å

gjenopprette balansen varierte mellom 0 og 30 %, mens andelen som reagerte på stimuli varierte fra 0 – 45 %. I hovedsak var det en generell trend for fisk fra Hal 31 at lenger tid i bingen (20, 42 og 70 min) ga lavere respons for alle parametere. Dette tyder på at svakere fisk er 'lettere' å elektrobedøve enn fisk i bedre kondisjon.

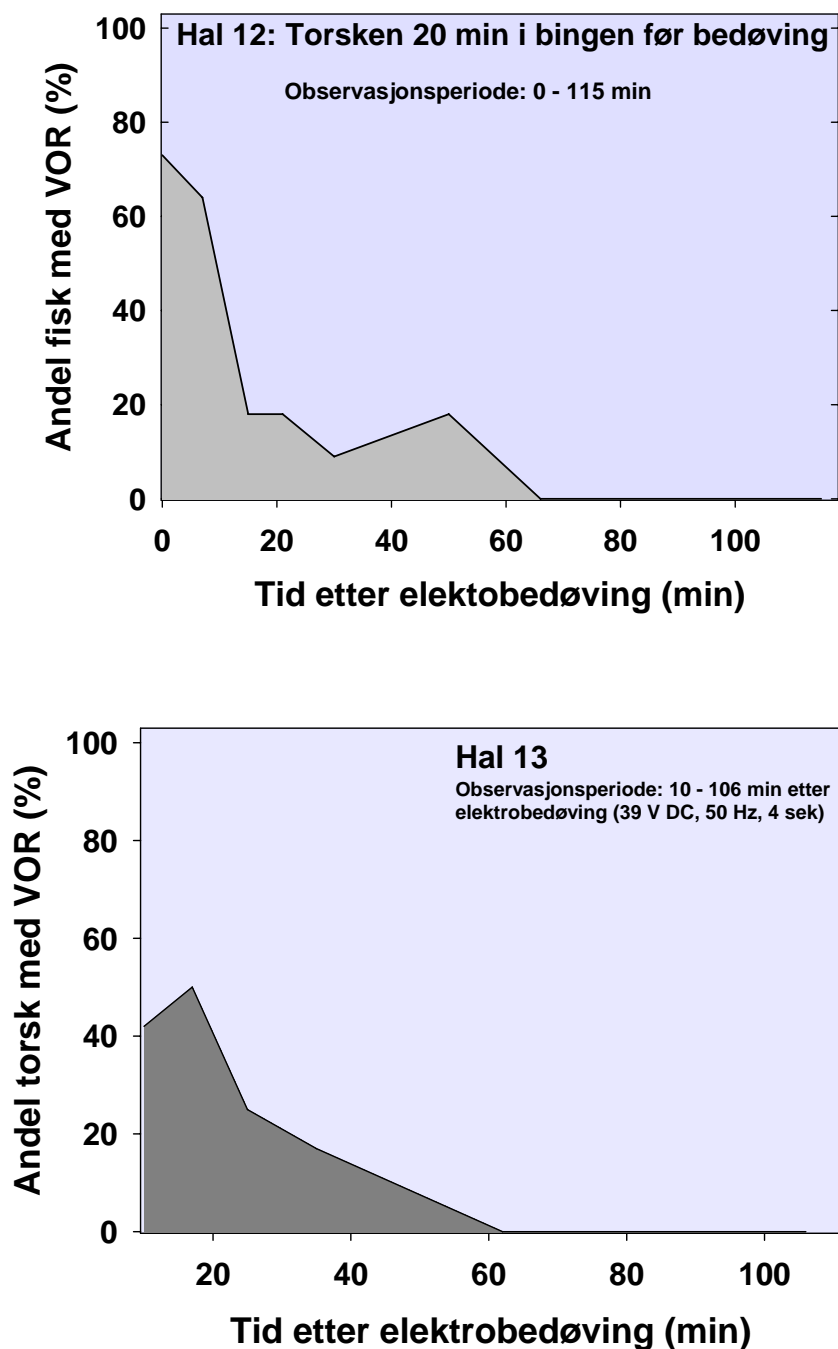
Tabell 2 – Fangstdata (tauetid, fangstmengde, tid i mottaksbinge), energistatus (Twitch Tester) i muskel, og oppvåkning (VOR, gjellelokk- og svømmebevegelse, balanse og reaksjon på håndtering) av torsk 10 min etter elektrobedøving. Middelerverdier \pm SD.

Elektrobedøving av levende trålfanget torsk (n = 10 - 11). SeaSide/STANSAS Elektrobedøver 39 V (DC), 50 Hz, 4 A (DC) i 4 sek. Rundvekt: 2,2 - 3,0 kg. Observasjoner etter 10 min i rennende sjøvann.

Hal #	Varighet av hal (timer, min)	Biomasse (kg)	Tid i binge (min)	Twitch Tester (0-3) *	VOR** Andel (%)	Gjellelokk-bevegelser (%)	Svømme-bevegelser (%)	Antydning til balanse (%)	Reaksjon på håndtering (%)
19	5 t 45 min	7132	NA	1,1 \pm 0,4	64	45	9	9	0
23	6 t 45 min	3816	20	1,0 \pm 0,6	82	45	0	0	0
31	2 t 00 min	13660	20	1,2 \pm 0,5	90	30	10	30	20
31	--"--	--"--	42	1,3 \pm 0,7	64	18	9	18	45
31	--"--	--"--	70	1,3 \pm 0,7	27	0	0	0	18

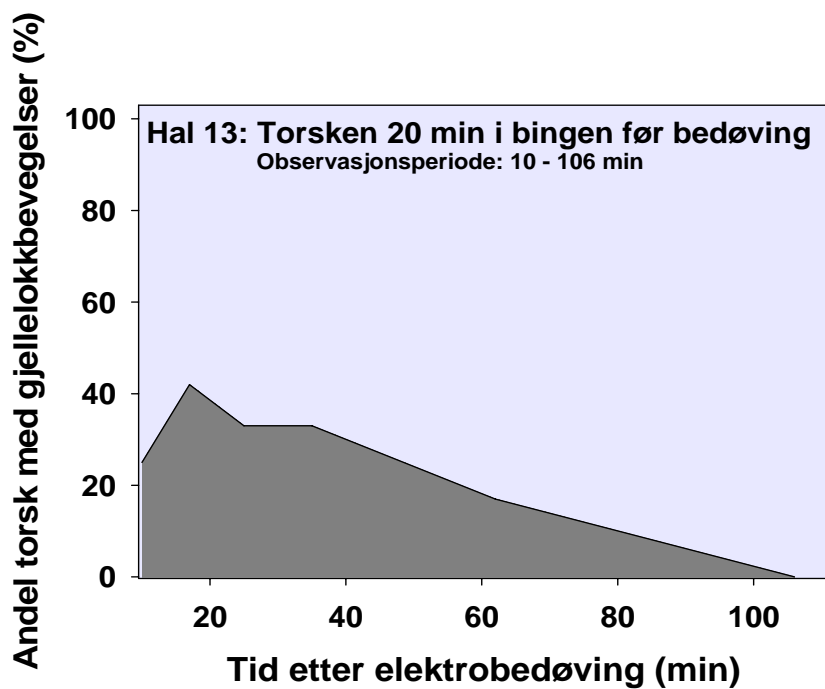
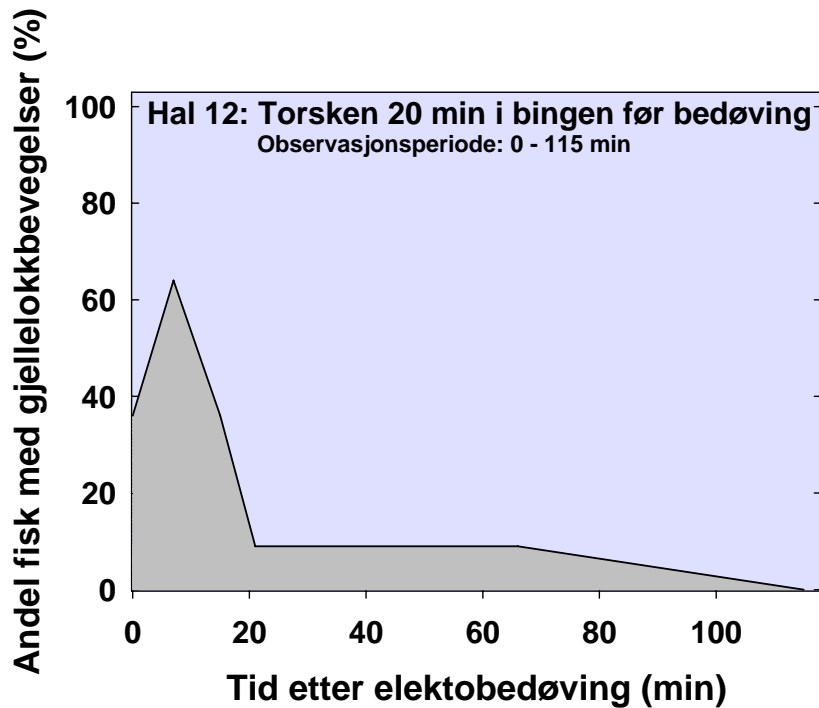
* Twitch: 0 - ingen reaksjon, 1 - svak reaksjon i et avgrenset område; 2 - svakt utslag i halen (målt langs hele fisken, sidelinjen) 3 - moderat til kratig slag med halen målt langs hele fisken (sidelinjen) **VOR: Vestibulookulær releks ("Øyerull"), NA: Not analysed / ikke målt

Figur 6 viser VOR for torsk fra Hal 12 og 13. I begge tilfellene lå fisken i mottaksbingen i 20 min etter fangst. Merk at observasjonene for Hal 12 startet umiddelbart etter elektrobedøving (t = 0 min), mens de for Hal 13 startet etter 10 min. Figurene leses som følger: Det grå arealet angir prosentvis andel av fisken som har en respons (her VOR) etter en gitt observasjonstid. Andel som ligger i det lille arealet viste ingen respons (bevisstløs eller død). Eksempelvis viste 70 % av fisken tegn til VOR like etter bedøving. Etter 20 min viste 20 % respons, mens etter 65 min hadde ingen fisk VOR. For Hal 13, døde også all respons ut etter ca 1 time. Fra tidligere erfaringer med laks, har vi observert at over en observasjonsperiode på 10 min etter elektrobedøving så kan en ofte registrere motsatt tendens i det stadig flere individer våkner opp etter bedøvelsen. Laksen ble da tatt rett fra merd. I vårt tilfelle om bord på M/S Skaidi er det grunn til å tro at vi egentlig, i ukjent grad, observert et annet fenomen, nemlig at torsken i utgangspunktet var *dødende* på grunn av oppholdet på 20 min i bingen (uten vann). Likevel kan vi si at elektrobedøvingen ikke var effektiv nok siden en stor andel fisk var bevisst etter henholdsvis 0 og 10 min etter bedøving.



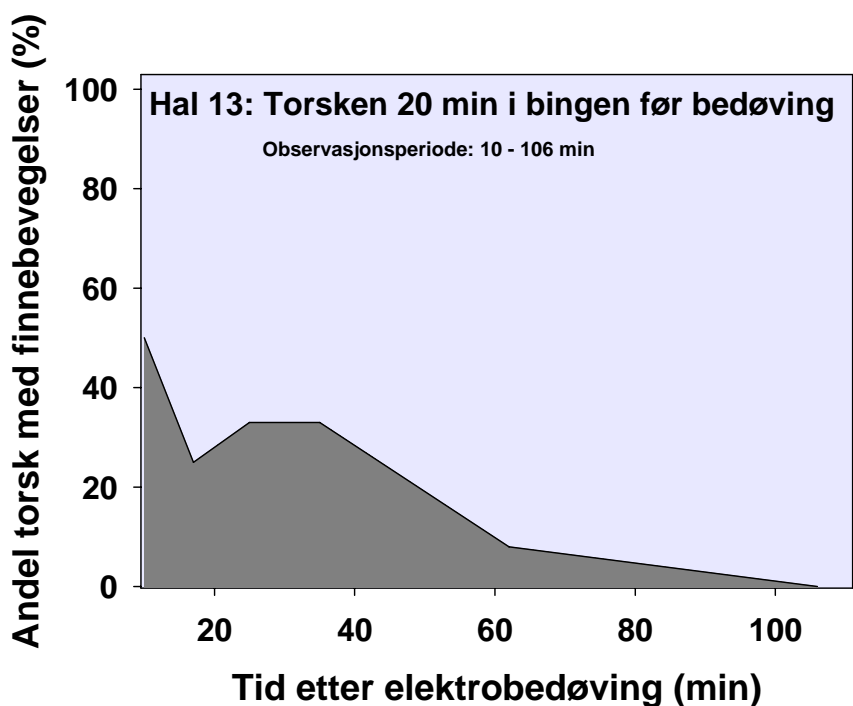
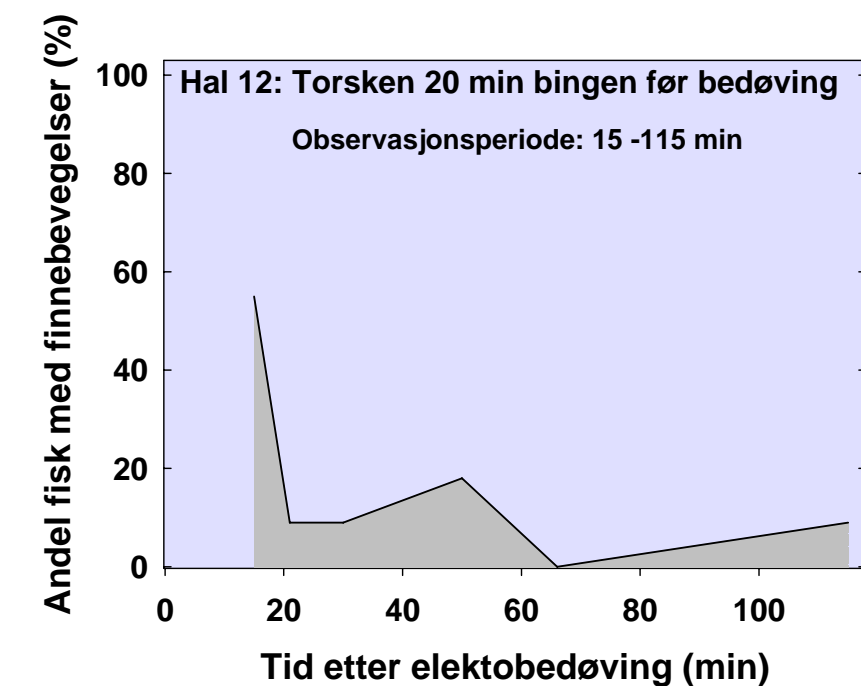
Figur 6. Øyerulling (VOR) hos elektrobødøvd torsk fra to hal. Andel bevisst fisk er gitt av det grå arealet. ($n = 11-12$). Resultatet ble trolig påvirket av at fisken lå 20 min i bingen uten vann før elektrobødøving.

På samme måte som for VOR, viste en stor andel av fisken (25-60 %) fra de samme halene (# 12 og 13) respirasjonsrespons de første 0-10 min etter elektrobødøvingen (Figur 7). De siste tegn til respirasjon forsvant etter om lag 100 min etter elektrobødøving (ca 2 timer etter at fangsten ble tatt om bord).



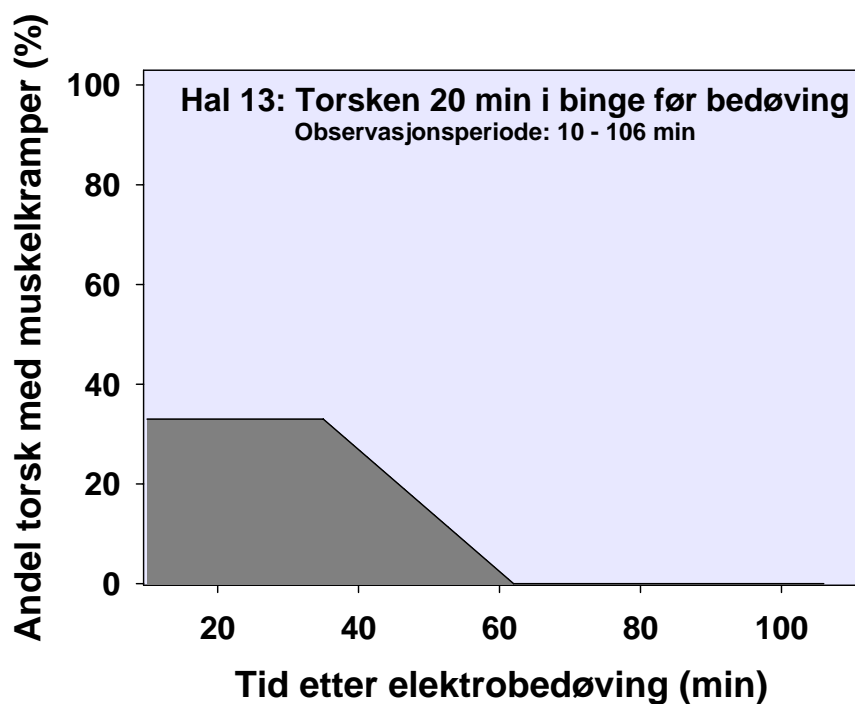
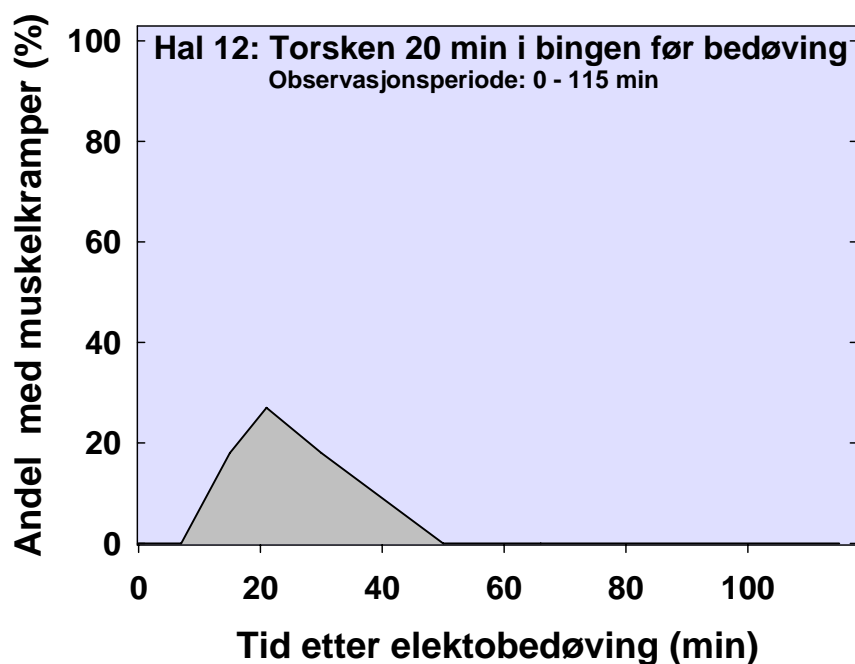
Figur 7. Respirasjon (gjellelokkbevegelse) hos elektrobedøvd torsk fra to hal. Andel bevisst fisk er gitt av det grå arealet. (n = 11-12). Resultatet ble trolig påvirket av at fisken lå 20 min i bingen uten vann før elektrobedøving.

Figur 8 viser perioder hvor en andel av fisken fra de to halene hadde finnebevegelser (ikke svømmeaktivitet). Om lag halvparten hadde finnebevegelser etter 10 min, mens etter 60-100 min opphørte disse hos de aller fleste individene. Det er usikkert i hvilken grad disse bevegelsene kan relateres til bevissthet.



Figur 8. Gjentatte finnebevegelser hos elektrobedøvd torsk fra to hal. Andel fisk med respons er gitt av det grå arealet. (n = 11-12).

Figur 9 viser at 20-30 % av fisken fra de to halene hadde muskelkramper i perioden 10-60 min etter elektrobedøving. Det er usikkert om dette kan knyttes opp mot bevissthet og fiskevelferd.



Figur 9. Gjentatte muskelkramper hos elektrobedøvd torsk fra to hal. Andel fisk med respons er gitt av det grå arealet. (n = 11-12).

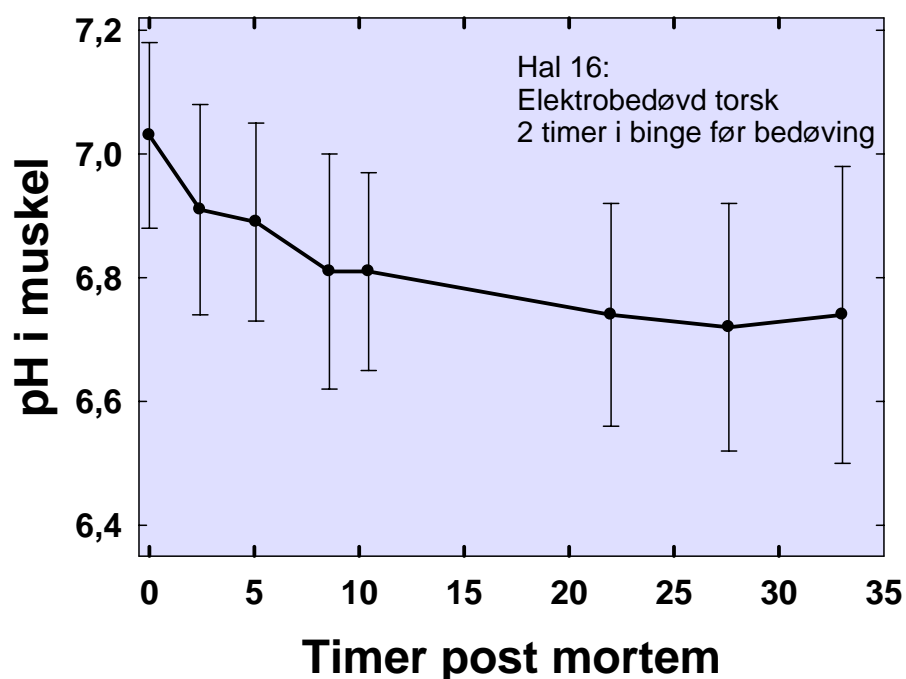
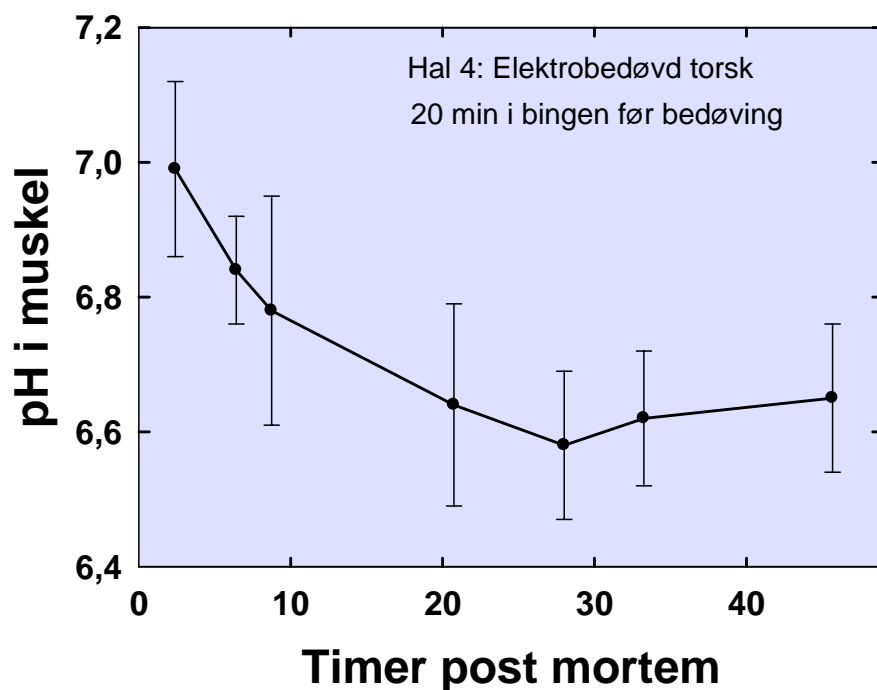
Når en vurderer alle parametre knyttet til fiskevelferd og fiskens aktivitetsnivå, er det tydelig at en stor andel av fisken ikke ble gjort bevisstløs under de gjeldende betingelsene (39 V pDC; 4 A; 50 Hz, 4 sek) for bedøving. Dersom en ønsker å vektlegge fiskevelferd hos torsk må disse parameterne optimaliseres for å gjøre fisken umiddelbart bevisstløs. Videre må en samtidig

vurdere om fisken er i bevisstløs tilstand tilstrekkelig lenge nok for at den ikke skal føle smerte og ubehag under bløgging/sløyning.

Dersom en derimot vurderer elektrobedøveren kun i lys av det å gjøre fisken raskere rolig om bord (for tidligere bløgging og prosessering), var resultatet tilfredsstillende. Mannskapet om bord var fornøyde med at fisken var raskere og enklere håndterbar i forbindelse med innmatning til sløyemaskinen. Sløyningen fant sted 15-30 min etter elektrobedøvingen.

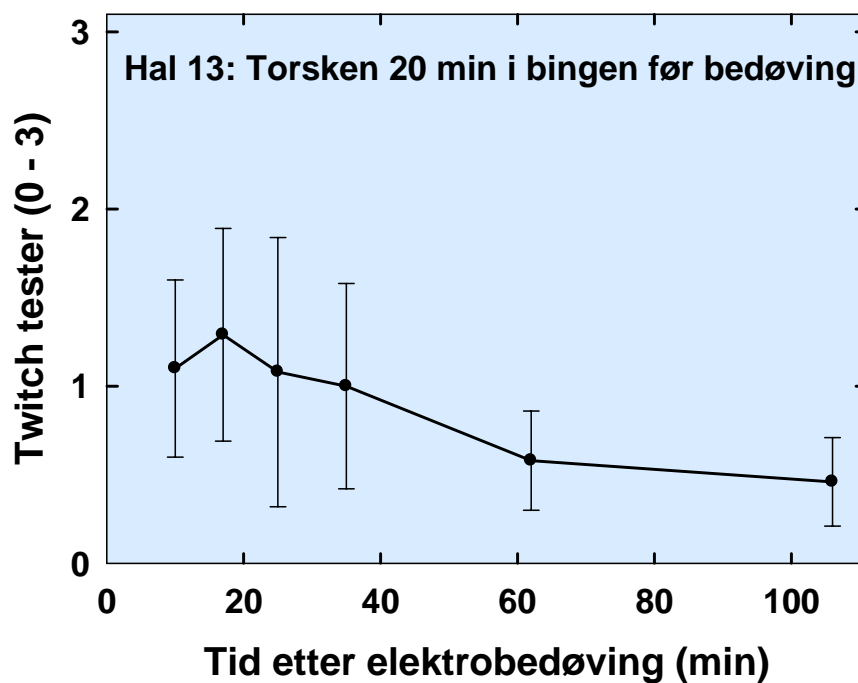
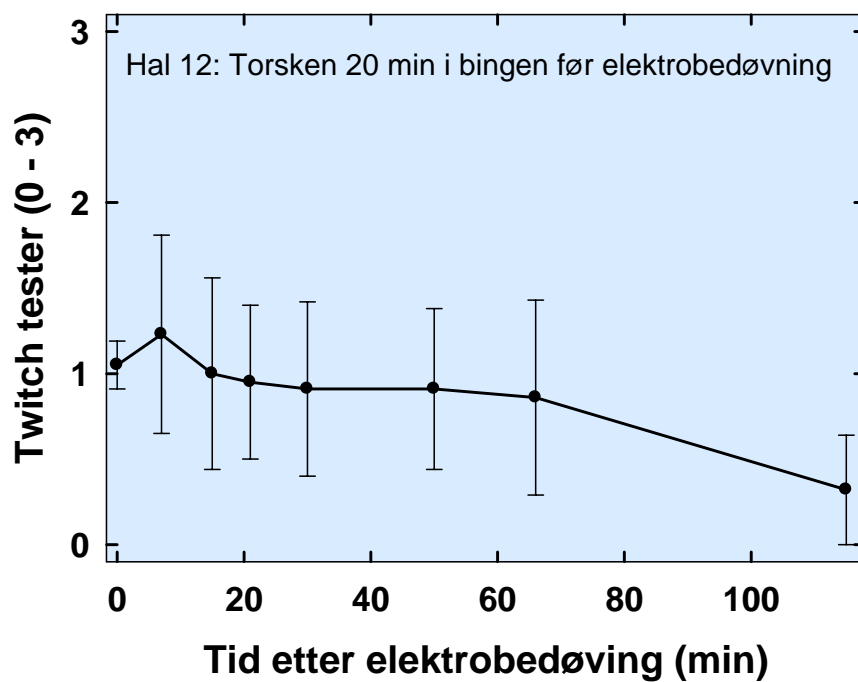
4.4 Reduksjon i pH og stimulert muskelkontraksjon post mortem

Midlere muskel-pH (før elektrobedøving) i fisk fra Hal 3, 8 og 9 var som tidligere nevnt henholdsvis pH 7,2, pH 7,2 og pH 7,1 (Tabell 1). For Hal 4 og 16 var tilsvarende verdier begge på pH 7,0, noe som indikerte at disse fiskene var til sammenlikning mer stresset (Figur 10). I løpet av det neste døgnet ble pH redusert ytterligere til verdier rundt pH 6,6 - 6,7, noe som representerer typisk slutt-pH i villtorsk. Dette pH-nivået er også det samme som en typisk vil finne hos godt oppfôret oppdrettstorsk, sultet i 1-2 uker. Dette tyder på at torsken fangstet her var i god kondisjon.



Figur 10. Reduksjon i muskel-pH i torsk som en følge av post mortem glykolyse (Middelverdi \pm SD; $n = 11$ og 13).

For å teste hvor lang tid post mortem det tok før alle tegn til stimulert muskelkontraksjon var borte (score 0 ved Twitch Tester-metoden), ble fisk fra Hal 12 og 13 testet over en periode på 110 min. Figur 11 viser at verdiene like etter elektrobedøving var rundt score 1 (svak muskelkontraksjon i avgrensede deler av fisken). Twitch Tester-verdiene sank deretter, men etter 110 min var det fortsatt tegn til meget svake kontraksjoner i enkelte fisk.

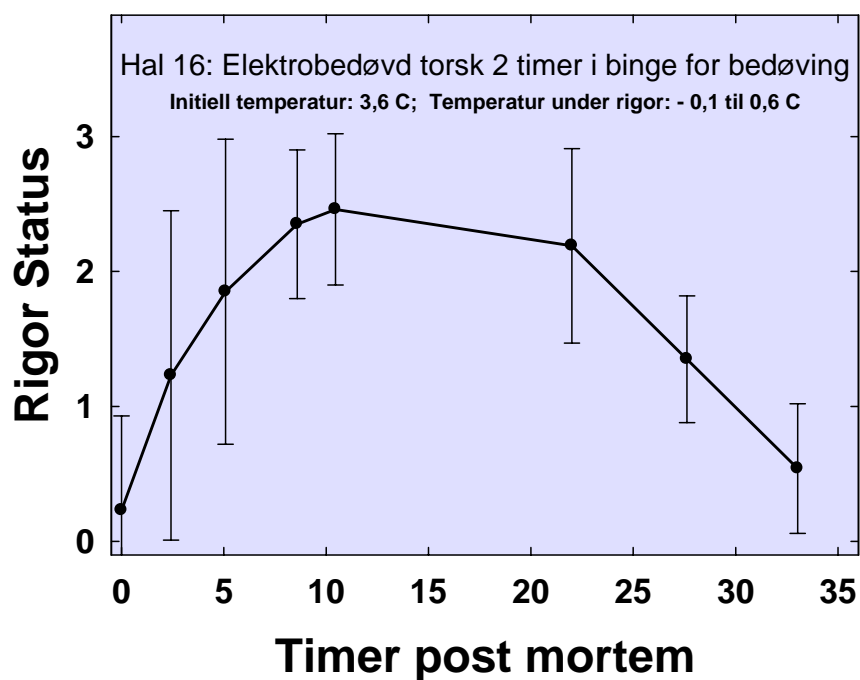
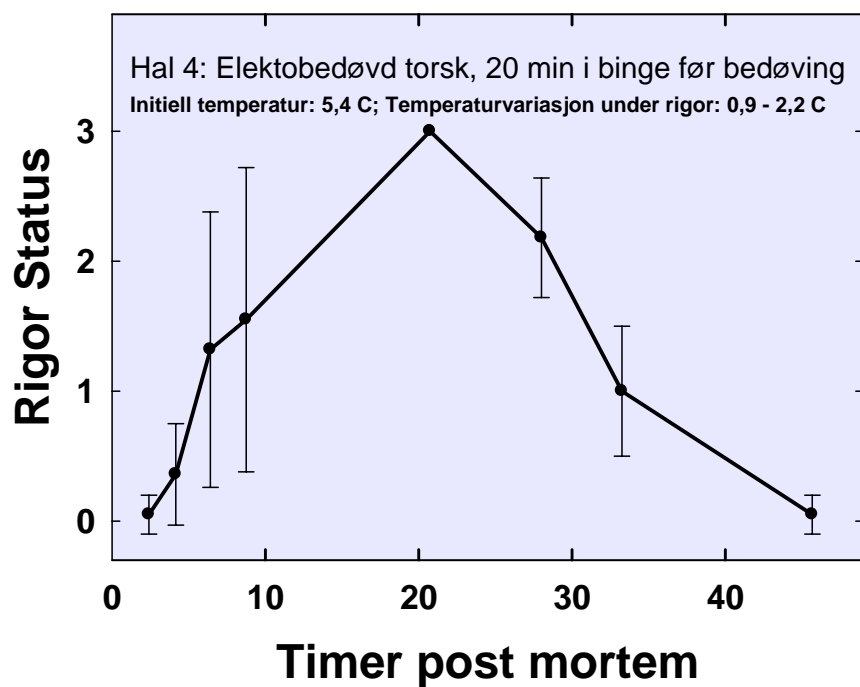


Figur 11. Reduksjon i kontraksjonsevnen til torskemuskel post mortem på grunn av nedbrytning av glykogen og ATP (Middelverdi \pm SD; $n = 11$ og 12).

4.5 Rigor mortis

Håndteringsstress fører til forbruk av muskelens energireserver (glykogen og ATP). Dette medfører at pH i muskelen reduseres. Denne nedtappingen fører til at tiden til inntreden i rigor mortis avtar. Dersom pH i muskelen er lav ved død, vet vi at fisken vil gå mer eller mindre raskt inn i rigor. Figur 12 viser utviklingen av rigor mortis hos fisk fra Hal 4 og 16. Midlere pH i muskelen etter elektrobedøving for disse gruppene fisk var pH 7,0 (Tabell 1). Fra før vet vi at dette pH-nivået hos torsk betyr at fisken har vært utsatt for betydelig håndteringsstress. Følgelig ser vi fra rigorkurvene at rigor startet allerede etter om lag 2 timer post mortem. Dette betyr at fisken kan ha blitt dødstiv under prosesseringen om bord (avhengig av hvor lenge en ventet med å prosessere fisken etter fangst). Fisken var i maksimal rigor etter 15-20 timer og ute av rigor etter om lag 40-45 timer. Til sammenlikning kan nevnes at fullstendig ustresset og utmattet oppdrettstorsk går inn i rigor etter henholdsvis 12 og 6 timer. Maksimal rigor inntreffer etter 50 og 25 timer, og fisken er i post-rigorfasen etter henholdsvis > 90 og 80 timer (Misimi et al. 2008).

Ved å sammenlikne med pH i muskel (samme individer), vist i Figur 10, ser vi at rigor i torsk startet når pH-verdiene hadde blitt redusert til om lag pH 6,9. Dersom vi antar at fisken fra Hal 12 og 13 var like stresset, ser vi fra Figur 11 at evnen til muskelkontraksjon (mangel på ATP) er i ferd med å løpe ut etter 110 min. Dette samsvarer i så fall med at inntreden i rigor for disse to gruppene ville ha startet etter om lag 2 timer, tilsvarende som vist i Figur 12 med fisk fra Hal 4 og 16.



Figur 12. Forløpet av rigor mortis hos fisk fra to hal. Fisken ble lagret på is etter elektobedøving, avlivning (slag i hodet) og sløyning. Kurvene viser typiske forløp for fisk som har vært utsatt for håndteringsstress (fangstprosessen). Middelerdi \pm SD ($n = 11$ og 13).

4.6 Temperatur i kjølekjeden

Midlere kjernetemperatur i fisken økte langsomt under islagringen, fra $-0,2^{\circ}\text{C}$ (etter nedkjøling om bord) til $0,8^{\circ}\text{C}$ ved uttak til filetering ni dager senere.

4.7 Evaluering av kvalitet

Seksten av de 30 fiskene (53 %) fra Hal 26 som ble analysert 9 dager post mortem (islagring) hadde tydelige fangstskader. Åtte fisk i hver av gruppene hadde slike skader. Dette var i hovedsak bloduttredelser i nakkeregionen noe som trolig skyldtes klemskader.

Sensorisk bedømming av fisken ved bruk av QIM viste at fisken var av god kvalitet. Midlere QI-score var mellom 4-5 (Tabell 3), noe som lå langt under anbefalt grense (QI = 15) for vraking. For de enkelte kvalitetsparametrene, relatert til utseende, øyne, gjeller, filet og blod (Bilag 1), innebærer dette en score på rundt 0 – 1.

Tabell 3 viser også at det var lite gaping i filetene (midlere gaping score 0,9). Dette tilsvarer fra 'ingen' til 'noen få små spalter (<5)' per filet.

Videre var slutt-pH og vanninnholdet i filetene som en normalt kan forvente hos torsk av god kvalitet, henholdsvis pH 6,63-6,76 og 80-81 %.

For alle parametrene vist i Tabell 3 var det ingen forskjeller mellom kontrollgruppen og fisk som var elektrobedøvd ($p > 0,05$). Det ble ikke funnet bloduttredelser i filetene hos noen av gruppene. Det ble heller ikke funnet brudd på ryggraden (som kan forekomme hos elektrobedøvd fisk).

Tabell 3 – Quality Index (QI) score, muskelspaltning (gaping), slutt-pH, og vanninnhold i torskfileter etter islagring i 9 dager. Sammenlikning mellom fisk som ikke var elektrobedøvd (kontroll) og fisk som var elektrobedøvd.

Gruppe	QI score (0-23)*	Gaping score (0-5)*	Slutt-pH* nakke	Slutt-pH* rygg ¹	Vanninnhold (%)*
Kontroll ²	4,4 ± 1,6	0,9 ± 0,5	6,76 ± 0,09	6,67 ± 0,10	80,6 ± 0,5
Elektrobedøvd ³	4,6 ± 0,6	0,9 ± 0,3	6,69 ± 0,12	6,63 ± 0,12	80,9 ± 0,5

Middelverdi ± SD; $n = 15$ (slutt-pH), $n = 4$ (vanninnhold); * ikke signifikant forskjell ($p < 0,05$); ¹under halefinnen; ²Filetlengde: 43 ± 4 cm, filettvekt: 752 ± 227 g ($n = 30$); ³Filetlengde: 42 ± 4 cm, filettvekt: 735 ± 197 g ($n = 30$).

Tabell 4 viser gjennomsnittlig farge basert på analyse av hele fileten ved bruk av maskinsyn. Heller ikke her kunne en observere signifikante forskjeller ($p > 0,05$). Dersom en hadde områder med misfarging (for eksempel indre blødninger) ville dette ha kommet til syne her.

Tabell 4. Fargeanalyse i CIE L*a*b* systemet av fileter fra elektrobedøvd og ikke- elektrobedøvd (kontroll) torsk.

Farge	Elektrobedøvd	Kontroll
L* (lyshet)	75,9 ± 2,1	75,3 ± 2,7
a* (rødhet)	20,3 ± 1,7	20,5 ± 2,6
b* (gulhet)	13,2 ± 1,2	13,6 ± 1,4
Hue (jfr. Fig. 5)	33,2 ± 3,9	33,7 ± 4,1
Chroma (fargemetning)	24,3 ± 1,3	24,7 ± 2,4

Middelverdi ± SD ($n=8$); Toveis ANOVA ble brukt for å teste statistisk signifikans mellom gruppene: $p > 0,05$).

5. KONKLUSJONER

- Effekten av elektrobedøving på trålfanget torsk er evaluert. Forsøksfisken ble plukket ut fra mottaksbingene (uten vann) om lag 20 min etter ombordtaking. Selv om fisken var levende, kan de i virkeligheten ha vært i meget svekket tilstand eller ha vært døende. Resultatene knyttet til elektrobedøving må sees i lys av dette.
- Under de gitte betingelsene for elektrobedøving ble det verken funnet nedtapping av muskelens energistatus (målt som senking i muskel-pH og stimulerte muskelkontraksjoner) eller tidligere inntreden i rigor mortis som resultat av elektrobedøvingen.
- Ved de gitte betingelsene for elektrobedøving ble ikke fisken tilfredsstillende bedøvd sett ut fra et fiskevelferdsperspektiv. Dette fordi en stor andel av fisken trolig var bevisst etter bedøving.
- Elektrobedøvingen var meget effektiv for å immobilisere fisken før sløying. Dette gjør at fisken kan lettere og raskere håndteres, bløgges og sløyes (evt. direktesløyes) etter ombordtaking.
- Installering av en elektrobedøver om bord kan, sammen med endrede arbeidsrutiner, åpne opp for bedre blodtapping og en kvalitetsheving av råstoffet.
- Mannskapet om bord mente at bruk av en elektrobedøver vil lette arbeidsoppgavene deres (bløgging og innmating til sløyemaskin).
- Den fisken som etter toktet ble analysert ved SINTEF Fiskeri og Havbruk representerte et tilfelle med god kjølekjede (flakis: $-0,2 \rightarrow 0,8$ °C) i 9 dager.
- Halvparten av forsøksfisken hadde typiske fangstskader (bloduttredelser i nakkeregionen).
- Ellers ble kvaliteten på torsken vurdert som god.
- Det ble ikke påvist blodflekker, brukket ryggrad, eller misfarging av filet som en eventuell følge av elektrobedøving. CIE $L^*a^*b^*$ verdiene i filet var like for elektrobedøvd fisk og fisk som ikke ble elektrobedøvd.

6. REFERANSER

Andersen UB, Strømsnes AN, Steinsholt K & Thomassen MS (1994) Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Norwegian J. Agric. Sci.* 8:165-179.

Kestin SC, van de Vis & Robb DHF (2002) Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record* 150: 302-307.

Martinsdóttir, E., Sveinsdóttir, K., Luten, J.B., Schelvis-Smit, R., Hyldig, G. 2001. Reference manual for the fish sector: sensory evaluation of fish freshness. QIM Eurofish. P.O. Box. 68, 1970 AB IJumiden, The Netherlands.

Misimi, E., Erikson, U., Digre, H., Skavhaug, A. and Mathiassen, R. (2008) Computer vision-based evaluation pre- and post-rigor changes in size and shape of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets during rigor mortis and ice storage: Effects of perimortem handling stress. *J. Food Sci.* **72**: S030-S035.

Bilag 1

Quality Index Method (QIM) Scheme for Cod

Quality parameter		Description	Score
Appearance	Skin	Bright, iridescent pigmentation	0
		Rather dull, becoming discoloured	1
		Dull	2
	Stiffness	In rigor	0
		Firm, elastic	1
		Soft	2
		Very soft	3
Eyes	Cornea	Clear	0
		Opalescent	1
		Milky	2
	Form	Convex	0
		Flat, slightly sunken	1
		Sunken, concave	2
	Pupil	Black	0
		Opaque	1
		Grey	2
Gills	Colour	Bright	0
		Less coloured, becoming discoloured	1
		Discoloured, brown spots	2
		Brown, discoloured	3
	Odour	Fresh, seaweedy, metallic	0
		Neutral, grassy, musty	1
		Yeast, bread, beer, sour milk	2
		Acetic acid, sulphuric, very sour	3
	Mucus	Clear	0
		Milky	1
Milky, dark, opaque		2	
Flesh, fillets	Colour	Translucent, bluish	0
		Waxy, milky	1
		Opaque, yellow, brown spots	2
Blood	Colour	Red	0
		Dark red	1
		Brown	2
Quality Index			0-23