

A18588 - Åpen

Rapport

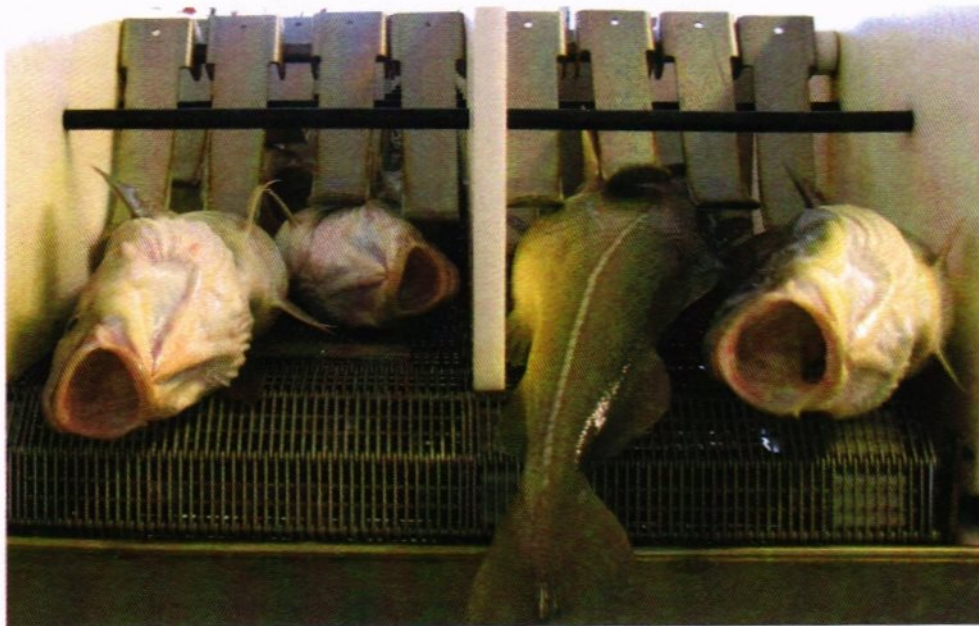
Elektrobedøving av oppdrettstorsk ved Nesset Fiskemottak

Undertittel

Forfatter(e)

Ulf Erikson , Hanne Digre, Morten Bondø og Marte Schei

Evt flere forfattere



Rapport

Elektrobedøving av oppdrettstorsk ved Nesset Fiskemottak

EMNEORD:
Elektrobedøving
Fiskevelferd
Stress
Prosessering av fisk
Oppdrettstorsk

VERSJON
sluttversjon

DATO
2011-01-31

FORFATTER(E)

Ulf Erikson , Hanne Digre, Morten Bondø og Marte Schei

OPPDRAKSGIVER(E)
SeaSide AS og Norges Forskningsråd

OPPDRAKSGIVERS REF.
192335

PROSJEKTNR
85030501

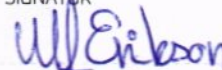
ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
24

SAMMENDRAG

Rapporten beskriver evaluering av fiskevelferd i forbindelse med elektrisk bedøving av oppdrettstorsk. Ulike faktorer nødvendig for tilfredsstillende håndtering og bedøving av torsk i kommersiell skala diskuteres. Oppdrettstorsk kan bedøves på en etisk forsvarlig måte ved bruk av elektrisitet dersom riktige betingelser velges.

PROSJEKTLEDER
Ulf Erikson

SIGNATUR



KONTROLLERT AV
Leif Grimsmo

SIGNATUR



GODKJENT AV (STILLING, NAVN)
Forskningsjef Marit Aursand

SIGNATUR



RAPPORTNR
A18588

ISBN
978-82-14-05116-2

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Innholdsfortegnelse

1. BAKGRUNN	4
2. MÅLSETTING	4
3. GJENNOMFØRING	5
3.1 Prosessering av torsk.....	5
3.2 Uttak av forsøksfisk.....	6
3.3 Evaluering av fiskevelferd og stress.....	9
4. RESULTATER OG DISKUSJON	11
4.1 Fiskens stressnivå før elektrobedøving.....	11
4.2 Elektrobedøving ved ulike spenningsnivåer.....	13
4.3 Effekt av elektrobedøving på fisken.....	17
4.4 Oppvåkning etter elektrobedøving.....	18
4.5 Observasjon av fisk i utblødningstank.....	21
4.6 Rigor mortis.....	21
4.7 Evaluering av fileter.....	21
5. KONKLUSJONER	22
6. ANBEFALINGER	23

1. BAKGRUNN

Denne rapporten beskriver resultatene fra et forsøk gjennomført hos Nesset Fiskemottak den 9 november 2010. Arbeidet utgjør en del av BIP-prosjektet 'Elektrobedøving av oppdrettstorsk i kommersiell skala' støttet av Norges Forskningsråd (Prosjektnr 182335). Prosjektleder (bruker) er SeaSide AS. Hovedmålet i prosjektet er å etablere de riktige betingelsene for elektrobedøving av torsk som sikrer god fiskevelferd. Dette vil si umiddelbart tap av bevissthet samtidig som fisken forblir bedøvd tilstrekkelig lenge slik at den dør som en følge av blodtap, før bevisstheten gjenvinnes.

I et tidligere forsøk i prosjektet observerte vi ved kommersiell elektrobedøving av torsk ved 45 V DC at en relativt stor andel fisk ikke tilfredsstillende bedøvd. Vi kunne likevel ikke sikkert konkludere med at denne spenningen var for lav for å sikre god fiskevelferd. Dette fordi det ble observert et betydelig spenningsfall når det var stor biomasse på transportbåndet gjennom bedøveren. Vi kunne derfor ikke utelukke at (en del av) fisken vi studerte i virkeligheten hadde blitt utsatt for en lavere spenning enn 45 V.

I et påfølgende laboratorieforsøk ønsket vi å finne de optimale betingelsene for elektrobedøving av torsk ved bruk av det aktuelle utstyret fra SeaSide AS. For å evaluere hvorvidt fisken umiddelbart mistet bevisstheten som en følge av bedøvingen (krav fra Mattilsynet), ble hjerneaktivitet (EEG) og hjerteaktivitet (EKG) målt, noe som per i dag anses som de mest sikre metodene for å avgjøre hvor godt en gitt bedøvelsesmetode fungerer. Som en enklere feltmetode, kan atferdsbetragtninger benyttes (som vist i denne rapporten). I slike tilfeller kan en ikke skille mellom bevisstløs og død fisk. Eksempelvis kan nevnes at det er vist at selv om fisken ser bedøvd (livløs) ut etter behandling karbondioksid, er den i realiteten ikke bevisstløs i det den har både hjerneaktivitet og øyerull. Dersom vi antar at fisk kan føle smerte eller ubehag, kan det tenkes at dette er tilfelle for laks immobilisert med CO₂ før bløgging. Fra våre laboratorieforsøk nevnt ovenfor fant vi at elektrobedøving ved 107 V DC ga bedre resultat (større andel fisk bevisstløs) enn bedøving ved ca 40 og 70 V DC.

2. MÅLSETTING

Med utgangspunkt i de to foregående forsøkene (se ovenfor), var målsettingen for dette arbeidet å:

- Etablere de optimale betingelsene for elektrobedøving av torsk i kommersiell skala (100 V DC)
- Sammenlikne effekten av å elektrobedøve enkeltfisk med bulkbedøving (vurdere om stor biomasse samtidig i bedøveren forårsaker et spenningsfall som dermed kan gi utilstrekkelig bedøving)
- Undersøke om økt spenning medfører kvalitetsfeil på filet
- Vurdere om fisken var betydelig stresset før elektrobedøving. I så fall kan dette være et signal om at operasjonene trenging i ventemerd eller pumping til prosesslinje bør forbedres.

3. GJENNOMFØRING

3.1 Prosessering av torsk

Fisk og transport

Fisken som ble slaktet 9 november 2010 kom fra Fjord Marin sin oppdrettslokalitet på Lissmåsoya. Fisken hadde blitt føret med Skretting Optiline Cod 13 før inntil 2 uker før den ble hentet med brønnbåt tilhørende rederiet Rostein AS. Lastingen ved lokaliteten skjedde ved bruk av hevertprinsippet ved at luften ble evakuert fra det lukkede lasterommet. Lossing til ventemerde ved Nesset Fiskemottak ble gjort ved trykksetting av lasterommet. Transporten ble utført ved bruk av åpent system (åpne ventiler) og varte i 8 - 9 timer (74 nautiske mil). Generelt fikk vi opplyst at det er lite dødelighet av torsk etter brønnbåttransport. Fisken sto i ventemerden omlag 2 ½ døgn før slaktingen tok til.

Nesset Fiskemottak

Nesset Fiskemottak, Flatanger, er en uavhengig bedrift som slakter oppdrettstorsk for Fjord Marin og Codfarmers. Bedriften har to ventemerder som benyttes for torsk fra henholdsvis Fjord Marin og Codfarmers. Slaktekapasiteten per dag er 16 tonn (ett skift).

Slaktelinje for torsk: Ventemerde – Pumpesystem: enkel pumpe fra Optimar plassert på merdkant, pumpelengde (trykkside): ca 30 m, maksimal løftehøyde (fjære): ca 6 m – Renne og avsiling – Elektrobødøving (STANSAS #1) – Manuell bløgging (1 person) – RSW utblødningskar – Manuell sløyving og hodekapping, ca 10-12 personer – RSW Helix skyllekar – Sortering på vekt og kvalitet (superior eller produksjonsfisk, 1 person) – Pakking (plastark legges rundt fisken for å unngå direkte kontakt med is)/ising/veiling/stropping (ca 3-5 personer).

Superiorfisk går hovedsakelig til eksport, mens produksjonsfisk (små sårskader og misdannelser) omsettes på innenlandsmarkedet.

Filetlinje: Sløyd fisk på transportbånd fra slaktelinjen kjøles i sjøvannsslurry (ca -1,9 °C) – Baader filetmaskin – Avskinningsmaskin – Manuell kutting og renskjæring av fileten – Loins (ca 300 g) går til dyptrekker (vakuumpakking) – Pakking/emballering.

Filetlinjen ble startet opp i august 2010. Vakuumpakkede loinsstykker fra Codfarmers selges som et eksklusivt produkt i Oslo (ca 270 kr/kg). Halestykker og bukflapper omsettes også kommersielt. Ryggbein (med kjøtt) og avskjær går til ensilering.

Biprodukter

Med hensyn til restråstoff, gjelder følgende:

Lever: til hermetisering i Latvia

Rogn: selges som ferskprodukt i Oslo

Hode: til ensilering

Andre innvoller: til ensilering

3.2 Uttak av forsøksfisk

Ventemerde og pumping

Det ble ikke observert lus på fisken som ble prosessert denne dagen. Omlag kl. 06 ble det tatt et avkast i ventemerden og fisken ble gradvis trengt før pumping til prosesslinjen. Temperaturen i ventemerden denne dagen var 6,8 og 6,9 °C på henholdsvis 0,5 og 3 m dyp. Ti fisk til stressmåling ble tatt ut fra ventemerden kl. 09:30. På dette tidspunktet var fisken hardt trengt i avkastet (Fig. 2), men den svømte likevel rolig uten tegn til fluktrespons. Fisken ble håvet ut enkeltvis og ble avlivet med slag i hodet 5-10 sek etter start håving. All fisk forholdt seg meget rolig under håving. Fisken (gruppe: 'Merd') ble lagt i kasser og umiddelbart båret opp til slakteriet hvor blodprøver og målinger i muskel ble foretatt. Etter stressmåling ble fisken lagt på is.

Fisken ble pumpet fra ventemerden (Fig. 1) til prosesslinjen med en singel Optimar trykk-/vakuumpumpe (Fig.2) plassert på merden. Bildet viser løftehøyden og en kan se starten av rennen som fører fisken til silkassen og videre inn i prosesshallen hvor den elektrobedøves. Tolv fisk ble tatt ut fra rennen, før elektrobedøving, over en periode på 55 min. Fisken ble umiddelbart avlivet med slag i hodet før måling av stress. Deretter ble fisken (gruppe: 'Pumping') lagt på is.

Elektrobedøving og registrering av spenningsnivå

Elektrobedøveren, STANSAS #1 fra SeaSide AS (Standa), hadde 3 spor hver med 10 rekker à 4 elektroder (lameller). Fiskens gjennomløpstid på transportbåndet gjennom bedøveren var ca 25 sek. Under normal produksjon blir ikke fisken ensrettet slik at den kom med hodet først inn på elektrobedøveren. Følgelig var det tilfeldig i hvilken retning fisken kom inn og ut av bedøveren på (Fig. 4). Ulike grupper fisk ble elektrobedøvd fisk, først under normal produksjon (i batch) ved innstilt nivå 47 V DC (fram til kl. 12:30). Deretter ble spenningen satt opp til det maksimalt mulige. Etter planen var det meningen å benytte 100 V DC, men siden det ikke var mulig å nå dette spenningsnivået, benyttet vi den maksimalt oppnåelige spenningen (60 - 70 V DC), se nedenfor.

Spenningen over elektrobedøveren, ble målt direkte mellom polene (elektrodene/lamellene *versus* motelektroden som var selve transportbåndet). Spenningsdata for bedøving av batcher og enkeltfisk ble logget til fil. På denne måten kunne vi få informasjon om hvilket spenningsnivå de enkelte fiskene var bedøvd ved og hvordan dette påvirket fiskens atferd i oppvåkningskaret.

Observasjonskar

For å studere eventuell oppvåkning av elektrobedøvd fisk, ble det ved siden av elektrobedøveren plassert to 1000-L kar delvis fylt med sjøvann med temperatur på 2.3 – 3.1°C. Vi satte på forhånd som kriterium at fisken ikke skulle våkne opp i løpet av de 10 min de oppholdt seg i dette karet (Fig. 5). Elektrobedøvd fisk ble umiddelbart lagt i et av oppvåkningskarene og atferden ble kontinuerlig overvåket. Etter 10 min i oppvåkningskaret, ble det tatt halegrep på fisken for å sjekke eventuell fluktrespons, VOR (Fig. 7) ble så sjekket, og tilslutt ble reaksjonen på elektrisk stimulering (9 V DC) evaluert med bruk av et Twitch Tester instrument. Dette ble fisk til stressmåling avlivet med slag i hodet (gruppene: 'Elektrobedøving 40 V' og 'Elektrobedøving 70 V'), mens fisk som ble vurdert i tillegg, ble lagt på bløggbordet for videre prosessering. Fiskene til stressmåling ble umiddelbart lagt på is etter at registreringene hadde blitt utført.

Fisk lagret på is etter evaluering av stress og fiskevelferd

Den delen av forsøksfisken som ble evaluert med hensyn på stressnivå, hadde rundvekt på $3,0 \pm 0,7$ kg, gaffellengde på 57 ± 5 cm, og kroppstemperatur på $6,6 \pm 0,3$ °C (middelverdi \pm SD, $n = 44$). Tolv fisk, bedøvd ved konstant spenning på 60 og 70 V DC ble tatt med til SINTEF SeaLab for evaluering av filetkvalitet. Resten av fisken ble etter få timers lagring på is lagt på sløyebordet for videre prosessering som produksjonsfisk.

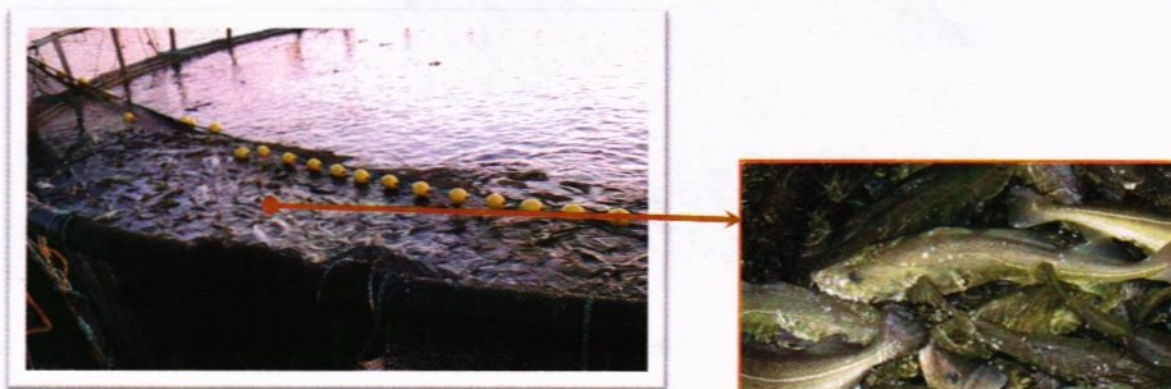


Fig 1. – Trenging i ventemerd for pumping til prosesslinje. Bildet er tatt på et tidspunkt hvor 10 torsk ble håvet ut til måling av stress (gruppe: 'Merd'). Til tross for meget høy fisketetthet forholdt fisken seg rolig.



Fig. 2 – Overføring av fisk fra ventemerd til prosesslinje. Røret, koplet til vakuumpumpen, utgjør sugesiden.



Fig. 3 – En singel Optimar trykk-/vakuumpumpe overfører fisken inn på prosesslinjen ved Nesset Fiskemottak i Flatanger. Bildet viser pumpesystemets trykkside som leverer fisk til rennen øverst i bildet.



Fig. 4 – Bedøvd oppdrettstorsk kommer ut fra elektrobedøveren STANSAS #1. Under normal produksjon blir ikke fisken ensrettet før bedøving, følgelig er det tilfeldig hvorvidt den bedøvede fisken kommer ut med hode eller hale først. All forsøksfisk ble bedøvd med hodet først inn i bedøveren. De røde kablene øverst til venstre på bildet er noen av kablene SINTEF hadde koplet til bedøveren for å kunne registrere den reelle spenningen fiskene ble bedøvd ved.



Fig. 6 – Elektrobetøvd oppdrettstorsk i observasjonskar. Fisken ble observert kontinuerlig i 10 min i to slike kar. Målet var å undersøke om fisken var lenge nok betøvd slik at den under normal produksjon ville ha dødd i utblødningskaret som en følge av blodtap, før gjenvinning av bevissthet.

3.3 Evaluering av fiskevelferd og stress

Fiskevelferd

Fiskens atferd ble evaluert i løpet av de 10 min den elektrobetøvde torskene befant seg i observasjonskaret (Fig. 6). Følgende parametre ble brukt: svømmeaktivitet, gjellelokkbevegelse (pusting), eventuelle kramper, og evne til å opprettholde likevekt. Etter 10 min ble det tatt halegrep på fisken for å sjekke eventuell flukterespons. For å få et mer kvantitativt mål på om fisken var bevisstløs eller ikke, ble øyerull (VOR) benyttet som kriterium etter 10 min i observasjonskaret. På en del fisk ble VOR også vurdert umiddelbart etter elektrobetøving. Metoden for å bestemme VOR er vist i Fig 7.

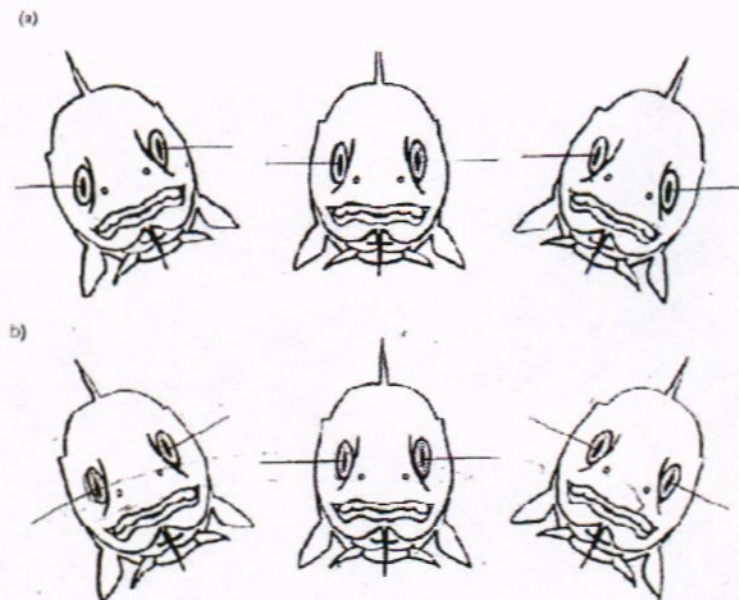


Fig. 7 – Bruk av øyerull (vestibulo-okulær refleks, VOR) for å bestemme om en fisk er (a) bevisst, eller (b) bevisstløs/død. I sistnevnte tilfelle har fisken ingen øyerull når fisken beveges fra side til side. Hos bevisst fisk derimot, vil øynene stille seg etter horisontalplanet. Fra: Kestin, van de Vis & Robb (2002) (*Veterinary Record* 150, 302-307).

Stress

Laktat i blod: Laktat (melkesyre) i blod har vist seg å være en god stressindikator (pga relativt rask responstid). En 'målestrip' fuktes med noen få dråper helblod fra en blodprøve. Stripsen settes inn i et meter og laktatverdien avleses direkte i mmol L⁻¹ etter få sekunder.

pH i muskel: Økt muskelaktivitet (f.eks. fluktrespons eller 'sprelling') fører til at pH i muskelen synker fra et hvilenivå på pH 7,5 ± 0,1. Det har vist seg at pH-fallet under prosessering av torsk er mindre enn hos laks trolig fordi torsken er en roligere fiskeart som ikke har en så voldsom fluktrespons som det en kan oppleve hos laks. Likevel kan en i mer ekstreme tilfeller registrere at muskel-pH hos oppdrettstorsk kan synke ned mot pH 7,0. pH måles ved at elektroden stikkes direkte inn i ryggmuskelen umiddelbart etter avliving (et snitt gjennom huden må skjæres først med skalpell).

Muskelkontraksjon: Evnen muskelen har til å kontrahere like etter avliving ble målt med et 'Twitch Tester'-instrument. To elektroder plasseres på fisken, og 9 V DC påtrykkes i ca 2 sek. *Score 3* - Dersom fisken er lite stresset slår den med halen ved stimulering (elektrodene plassert på sidelinjen bak hode og ved halen). *Score 2* - Elektrodene plassert på samme måte, men utslaget med halen er (meget) svakt. Fisken er stresset. *Score 1* - Kontraksjoner over mindre områder når elektrodene plasseres med noen få cm avstand rundt omkring på fiskens overflate. Dette forekommer en tid etter avliving. *Score 0* - ingen reaksjon overhodet (energiinnholdet i muskelen tappet etter død, dvs fisken har vært død i flere timer).

Twitch Testeren ble også benyttet for å sjekke om elektrobedøvd fisk reagerte på elektrisk stimuli (9 V) etter 10 min i oppvåkingskaret. Elektrodene ble da plassert på sidelinjen (bak hode og ved hale).

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Fiskens stressnivå før elektrobedøving

Vi ser fra Fig. 8 at fisken i ventemerden var moderat stresset fordi laktatnivået på 3 - 4 mmol L⁻¹ var høyere enn hvilenivået < 0,5 mmol L⁻¹. Årsaken til dette er mest sannsynlig den harde trengingen over tid (minst 3 timer) i ventemerden, se Fig. 1. Til sammenlikning kan nevnes at laktatnivået hos meget stresset torsk kan overstige 8 mmol L⁻¹.

Laktatnivået etter pumping var på samme nivå. Dette betyr ikke nødvendigvis at pumpingen forgikk uten at fisken ble påført ytterligere stress. På grunn av det forholdsvis korte pumpestrekket, den korte oppholdstiden fisken hadde i pumpesystemet (anslagsvis < 1 min), samt det faktum at fisken ble avlivet umiddelbart etter uttak før elektrobedøving, representerte den målte laktatkonsentrasjonen sannsynligvis nivået for fisken i ventemerden. Dette fordi det kan ta flere minutter før effekten av en ytterligere stressor, her pumping, kan registreres.

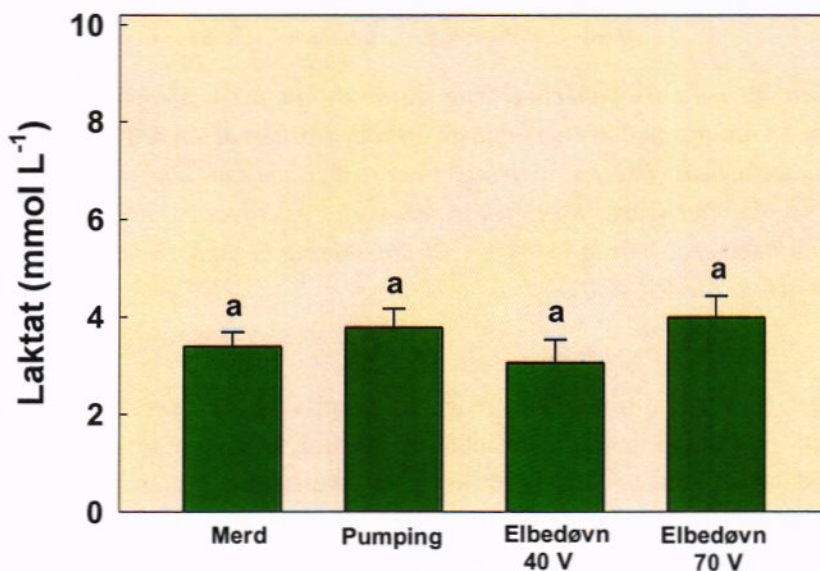


Fig. 8 – Laktat (melkesyre) i blod målt like etter avliving av torsk tatt fra ventemerden, etter pumping, og elektrobedøving ved to spenningsnivå etterfulgt av 10 min i observasjonsskar. Fisken var noe stresset i ventemerden (hvilenivå for laktat er < 0,5 mmol L⁻¹). Laktatinnholdet etter pumping var på samme nivå. Middelerdi ± SEM (n=10 - 12). Samme bokstav (a) over hver søyle betyr at laktatnivået for hver gruppe ikke var signifikant forskjellig (P > 0,05).

Til forskjell fra laktat i blod, kommer endringer i muskel-pH til syne etter få sekunder ved en stressbelastning som fører til fluktnespons/økt muskellarbeid. I tråd med det vi fant for laktat, viste initiell pH at fisken i ventemerden var noe stresset (pH 7,2) fordi den målte verdien var 0,3 pH-enheter lavere enn hvilenivået (Fig. 9).

Vi ser videre at pH ble ikke redusert ytterligere som en følge av pumping. Denne observasjonen, at trykk/vakuumpumping ikke reduserte pH-verdien i muskelen, er uvanlig. Som oftest, spesielt for laks, er fisken som kommer inn til bedøving etter pumping fullstendig utmattet. Årsaken til det gode pumperesultatet ved Nettet Fiskeindustri er trolig kortere (og raskere) pumpestrekk og lavere flyt av biomasse (per tid) enn det som er vanlig ved større slakterier.

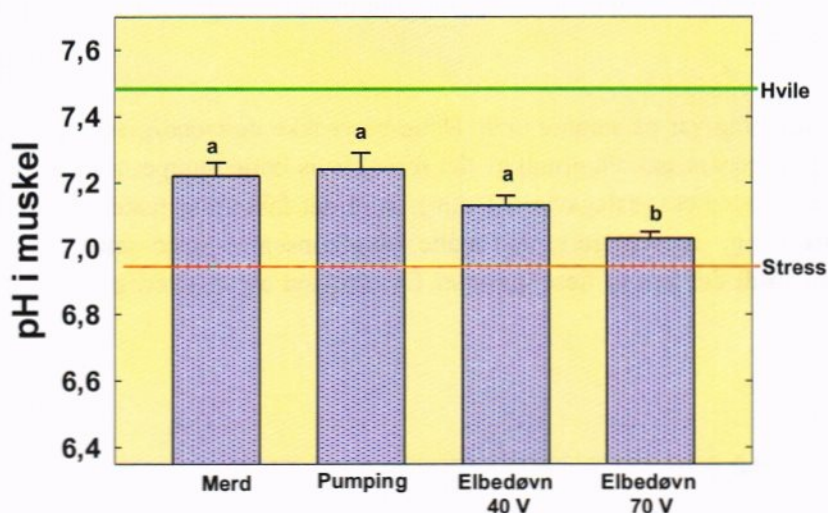


Fig. 9 – pH i hvit muskel målt like etter avliving av torsk tatt fra ventemerden, etter pumping, og etter elektrobedøving ved to spenningsnivåer etterfulgt av 10 min i observasjonskar. pH-nivået angir hvor mye fisken har stresset (muskellarbeid) like før avliving. Vi ser at fisken var noe stresset i ventemerden, og at pumping ikke reduserte pH ytterligere. Kun elektrobedøving ved høyeste spenning førte til en liten, men signifikant reduksjon. Middelerdi ± SEM (n =10 - 12). Forskjellig bokstav over søylene, a eller b, indikerer signifikant forskjellige pH-verdier (P<0,05).

Fig. 10 viser i hvor stor grad fisken (muskelen) reagerte på kortvarig elektrisk stimulering (9 V i ca 2 sek) med 'Twitch Tester'en'. Verdiene bekrefter resultatene ovenfor, at fisken fra ventemerden var noe stresset (Score 2 – meget svakt utslag med halen), og at pumping ikke stresset fisken ytterligere. Elektrobedøving ved 70 V og/eller kjøling i observasjonskaret førte imidlertid til at muskelens evne til å kontrahere avtok.

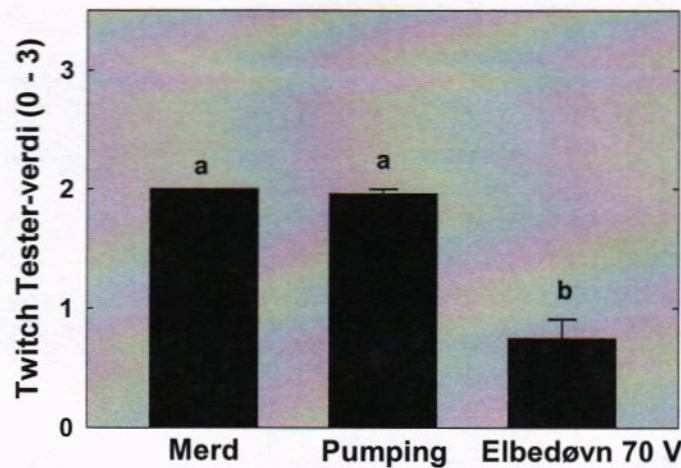


Fig. 10 – Muskelkontraksjon målt med et Twitch Tester-instrument like etter avliving av torsk tatt fra ventemerd, etter pumping, og etter elektrobedøving (70 V) etterfulgt av 10 min i observasjonskar. Ustresset fisk har Score 3. Siden fisken var noe påkjent før bedøving hadde disse en score på 2 ('meget svakt utslag med halen'). Elektrobedøving og/eller påfølgende nedkjøling i observasjonskar førte til ytterligere reduksjon av muskelens evne til å kontrahere. Middelerdi \pm SEM ($n=10 - 12$). Forskjellige bokstaver over søylene, a eller b, indikerer signifikant forskjellige verdier ($P < 0,05$).

Som oppsummering av fiskens tilstand før elektrobedøving kan vi konkludere med følgende: (a) fisken var noe påkjent på grunn av hard trenging i ventemerd, og (b) fisken ble ikke ytterligere stresset ved pumping til prosesslinje (elektrobedøver).

4.2 Elektrobedøving ved ulike spenningsnivåer

Spenningen over bedøveren ble målt både under kommersiell drift (batchbedøving) og ved bedøving av enkeltfisk (en fisk holdt tilbake slik at alle andre fisk i en pumpet batch først fikk passere bedøveren). Dette ble gjort for å være sikker på at den ene fisken ble bedøvd ved et spenningsnivå som tilsvarte innstilt (ønsket) spenning. Først ble fisken bedøvd ved *innstilt* normalnivå på 47 V DC (daglig drift). Deretter, etter kl. 12:30), ble spenningen øket til det som var maksimalt oppnåelig ved denne bedriften. Det viste seg at den effektive spenningen (uten fisk i bedøveren) målt over bedøveren var i de to tilfellene henholdsvis ca 35 og ca 70 V DC. Samtidig ser vi at AC-delen av signalet fikk større amplituder ved å øke spenningen (Fig. 11).

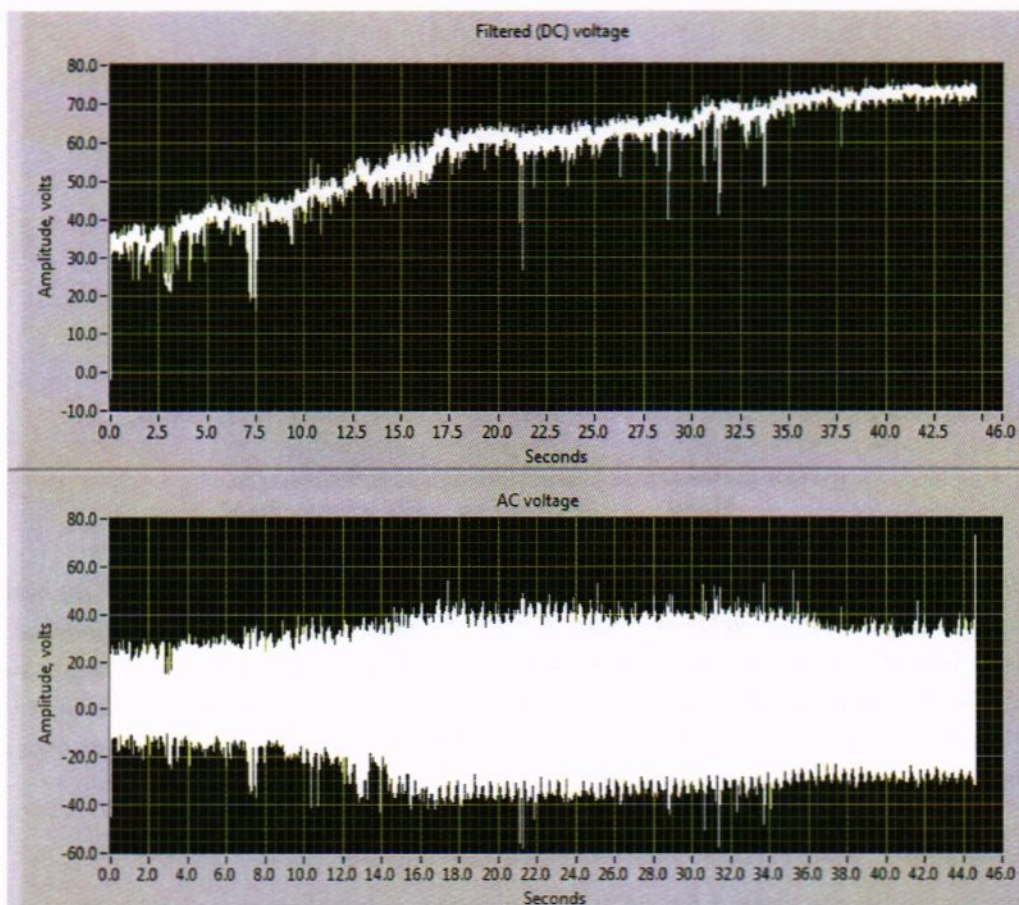


Fig. 11 – Forsøket ble gjennomført ved to ulike spenningsnivåer, først ved normalforhold (daglig drift) og deretter ved maksimalt oppnåelig spenning (ca 73 V DC). Ved normaldrift var den effektive spenningen (uten belastning) rundt 35 V DC, det vil si, lavere enn det innstilte nivå på 47 V. Signalet var sammensatt av en DC-komponent (øverst) og en AC-komponent (nederst).

Spenningsnivået ved bedøving av fisk i gruppen 'Elektrobedøving 40 V' (normaldrift) varierte mellom 30 og 35 V DC, mens AC-amplituden var ± 18 V. Et typisk spenningsforløp målt over et intervall på 30 sek er vist i Fig. 12. Variasjonen i spenning kan skyldes at det var variasjon i antall fisk på båndet gjennom bedøveren.

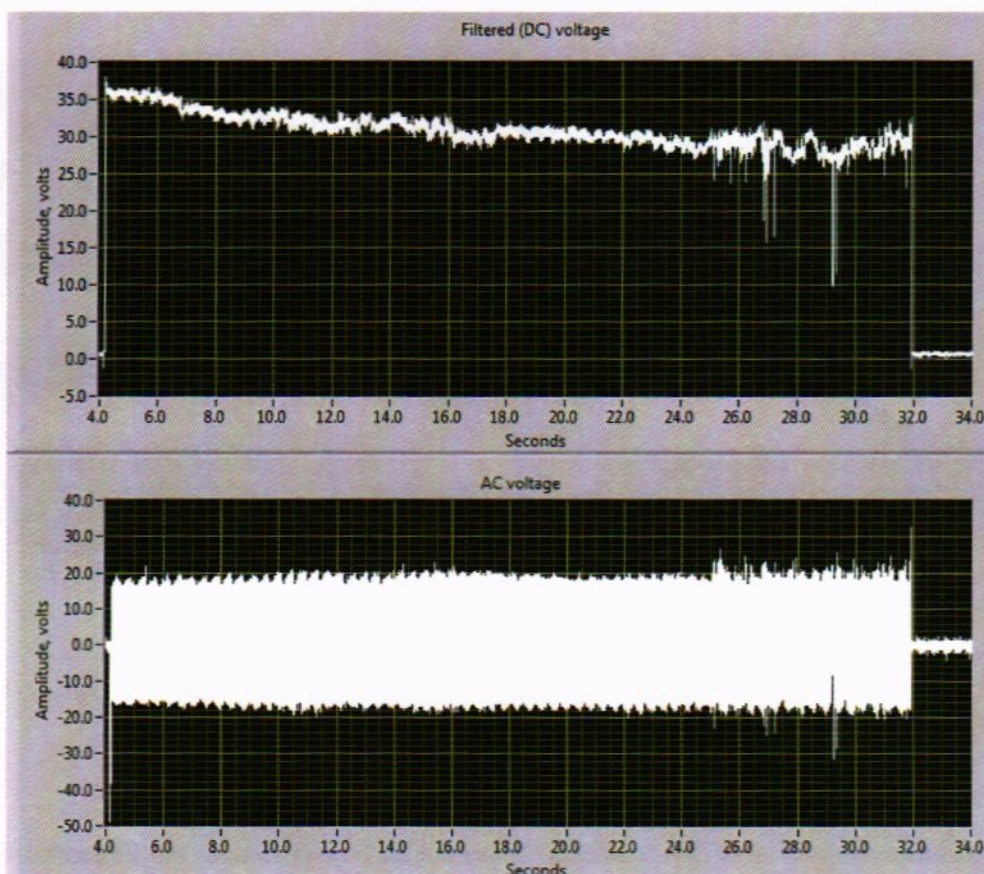


Fig. 12 – Et typisk eksempel på målt spenning over elektrobedøveren under normaldrift. Spenningen viste seg i realiteten å være lavere enn det innstilte nivå (47 V). All fisk i gruppen 'Elektrobedøving 40 V' ble bedøvd ved dette nivået (30 - 35 V DC). Fiskens gjennomløpstid gjennom bedøveren er normalt 20 - 25 sek.

Deretter ble to grupper fisk, en på 20 individer og en på 12 individer, bedøvd før atferden ble vurdert i oppvåkingskar (se nedenfor). Disse fiskene ble også bedøvd under normal drift ved en spenning på 30 – 35 V DC. Forløpet spenning som funksjon av tid var tilsvarende det som er vist i Fig. 11.

Basert på gode resultater fra laboratorieforsøk, ønsket vi å øke spenningen til 100 V DC. Da dette ikke lot seg gjøre, benyttet vi derfor maksimal oppnåelig spenning, ca 73 V DC (Fig. 11), for videre forsøk. For å være sikker på at forsøksfiskene virkelig ble bedøvd ved maksimalt oppnåelig spenning, ble 12 fisk bedøvd enkeltvis (en fisk i gangen ble sendt gjennom bedøveren). Dette utgjorde gruppen 'Elektrobedøving 70 V'. De to første fiskene i denne gruppen ble bedøvd ved 70 V DC (Fig. 13a). Av ukjent grunn sank spenningsnivået til 60 V DC ved bedøving av de 10 neste fiskene i samme gruppe (Fig.13b).

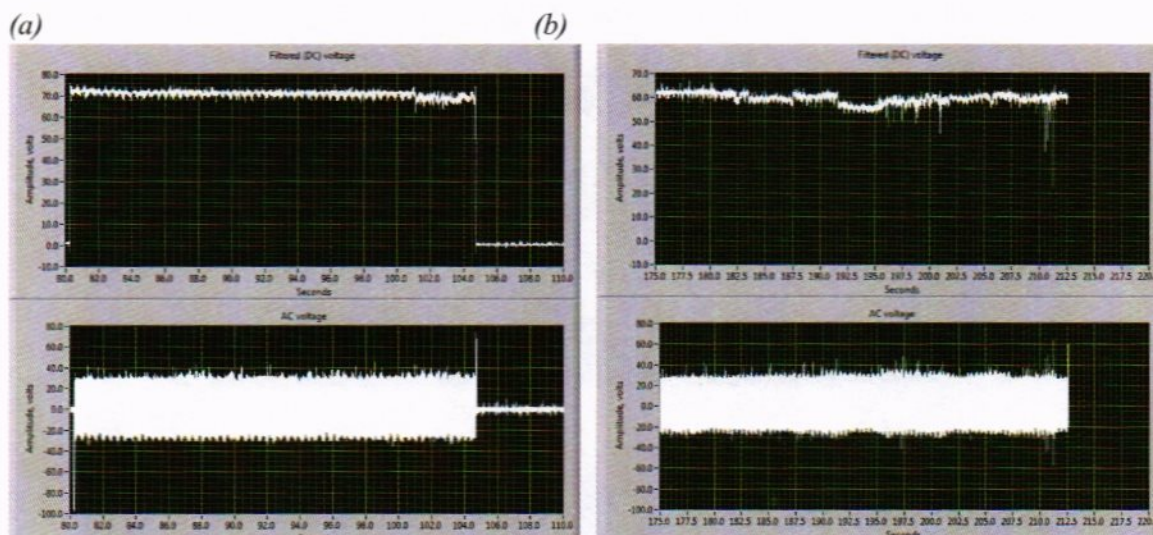


Fig. 13 – (a) For å sikre at fisken ble tilfredsstillende bedøvd (umiddelbart tap av bevissthet og at den var i bevisstløs tilstand lenge nok), ble spenningen satt opp til det maksimalt oppnåelige (ca 70 V DC). Kurvene viser DC- og AC-komponentene når kun en fisk i gangen ble sendt gjennom bedøveren. To fisk ble bedøvd ved 70 V DC. (b) Deretter sank spenningen, av ukjent grunn, til ca 60 V DC. De resterende 10 fisk i gruppen 'Elektrobedøving 70 V' ble derfor bedøvd enkeltvis ved dette spenningsnivået.

Fig. 14 viser situasjonen med mye fisk på båndet. Vi ser at selv om spenningen var innstilt på det maksimale, så sank spenningen i slike tilfeller til 30 – 40 V DC. Spenningen økte deretter gradvis opp til innstilt nivå 70 V DC, trolig på grunn av at det etter hvert ble mindre fisk på båndet.

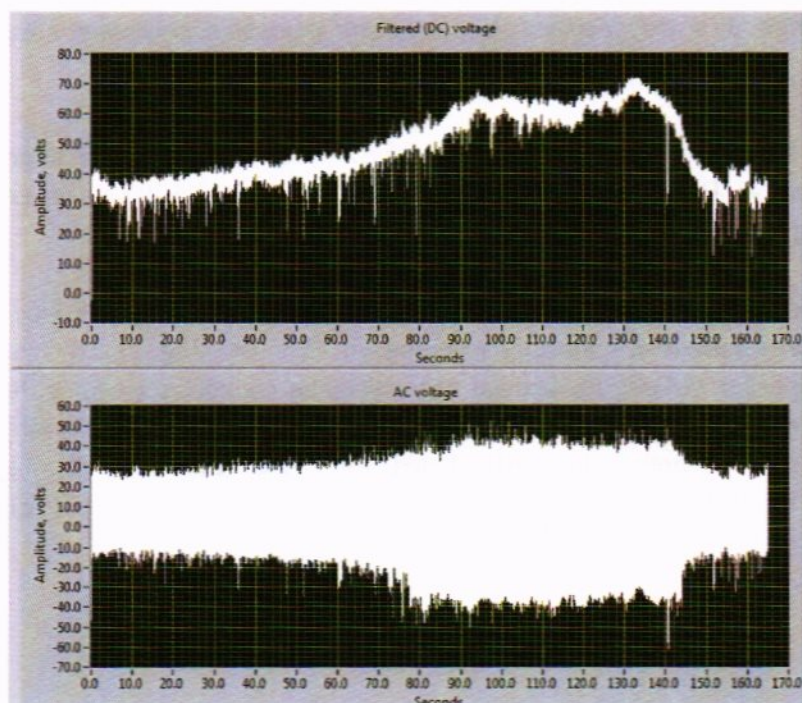


Fig. 14 – Spenningsvariasjon over elektrobedøveren målt over 165 sek i en situasjon der det var mye fisk på båndet. Innstilt spenning var 70 V DC. Gradvis økende spenning skyldtes trolig gradvis mindre fisk på båndet.

Ved uttak av de to siste gruppene med fisk til vurdering av bevissthet (15 og 17 individer i hver gruppe, se Tabell 2) varierte spenningen mellom ca 60 og 35 V DC (Fig. 15).

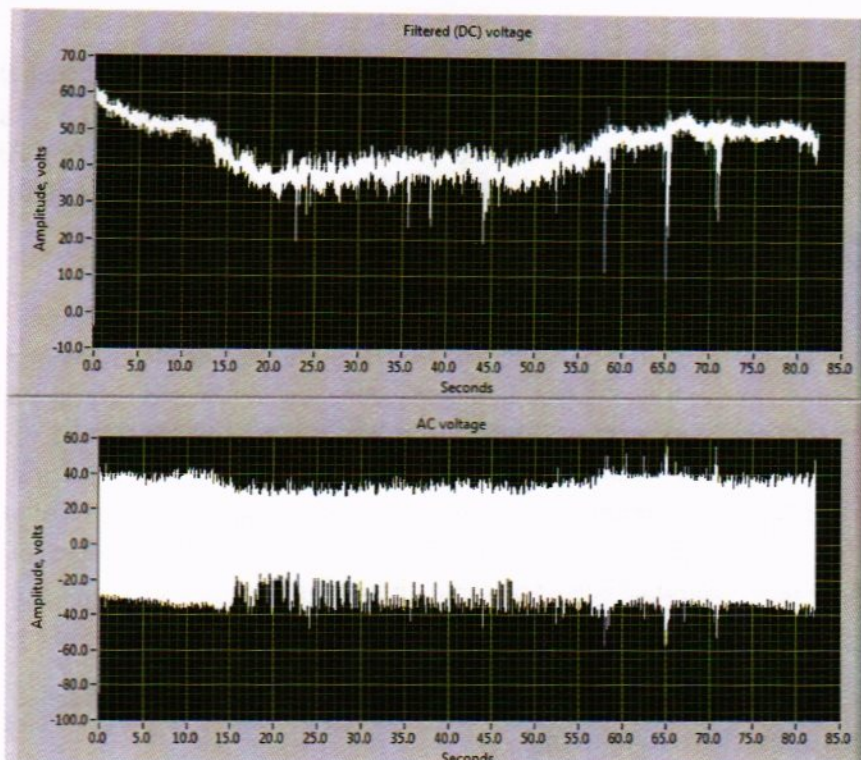


Fig. 15 – Spenningsvariasjon under batchbedøving av torsk ved maksimalt innstilt spenning (70 V DC). Fisk til de to siste testene (Tabell 2) ble bedøvd under disse betingelsene. Spenningsvariasjonen skyldtes trolig variabel biomasse på båndet gjennom bedøveren.

4.3 Effekt av elektrobedøving på fisken

Fisken som kom inn på elektrobedøveren ble umiddelbart stiv og den gapte som vist i Fig. 4 ved første berøring med elektroden(e). Fisken var helt rolig, forholdt slik i de 25 sek det tok å passere gjennom bedøveren. Spesielt bør en merke seg at det spilte *tilsynelatende* ingen rolle om hode eller hale var første kontaktpunkt med elektrodene, fisken ble umiddelbart stiv uansett. Dog må sies at vi gjorde ingen systematisk undersøkelse på dette her. For å simulere at fisken hadde blitt ensrettet før bedøving, benyttet vi kun fisk som kom med hodet først inn i bedøveren. Fra et fiskevelferdssynspunkt ga prosessen et meget fordelaktig inntrykk, fisken ble umiddelbart slått ut og den så bedøvd ut gjennom bedøveren, ved bløgging, og videre i utblodningskaret. Fra en slik generell visuell observasjon kunne vi dog ikke skille mellom følgende tre muligheter: (a) fisken var kun immobilisert (urørlig, men ved bevissthet), (b) fisken var bevisstløs, eller (c) fisken var død. God velferd innebærer at fisken var i tilstand (b) eller (c).

Som vist i Fig. 8, holdt laktatnivået i blod seg uforandret etter elektrobedøving ved begge spenningsnivåene (målingene ble foretatt etter 10 min i observasjonskaret). Siden disse laktatmålingene ble foretatt 10 - 15 min senere enn for de to foregående gruppene med fisk, sett i forhold til fiskens tilstand i ventemerden før

pumping, tyder dette på at de forhøyede laktatnivåene etter elektrobedøving (i hovedsak) skyldtes trenging i merd. Imidlertid må nevnes at de målte laktatnivåene i fisk tatt ut etter pumping og elektrobedøving kan blitt høyere (vist større effekt av stress) dersom fisken hadde blitt holdt i live lenger slik at blodprøvene kunne ha blitt tatt ut noe senere.

Fra Fig. 9 ser vi at nivået av muskel-pH etter elektrobedøving ved 40 V var noe lavere, men ikke signifikant forskjellig, fra pH-nivået målt like før bedøving. Når spenningen ble satt opp til 70 V, førte dette til en reduksjon i muskel-pH på ca 0,15 pH-enheter i forhold til nivået før bedøving ($P < 0,05$). Årsaken til dette var trolig at økt elektrisk stimulering førte til sterkere muskelkontraksjoner. Dette kan føre til en noe raskere inntreden i rigor mortis.

Ved elektrobedøving ved 70 V ble muskelens evne til kontraksjon tydelig redusert (midlere score < 1) i forhold til nivået før bedøving (Fig. 10). Årsaken til dette kan ha vært at elektrobedøvingen stimulerte fiskens nervesystem som i sin tur trigget muskelkontraksjoner i det fisken passerte gjennom bedøveren. Siden muskelens energiinnhold (glykogen og ATP) vil da kunne tappes ned, vil dette i sin tur redusere muskelens evne til kontraksjon etter bedøving (raskere inntreden i rigor). Imidlertid kan den lave twitch-scoren, helt eller delvis, kunne være forårsaket av den lave vanntemperaturen i observasjonskaret (10 min opphold i kjølt vann før twitch-måling). Lav temperatur fører til at fisken blir stivere, noe som kan ha ført til en lavere tendens til at muskelen slår med halen ved elektrostimulering.

4.4 Oppvåkning etter elektrobedøving

Visuell vurdering av atferd 0-10 min etter elektrobedøving

Som tidligere nevnt, ble all fisk umiddelbart stiv, gapte, og hadde utspilte gjellelokk ved første berøring med elektrodene. Denne situasjonen vedvarte en stund etter overføring til observasjonskaret.

Ingen fisk som ble testet viste fluktnespons hverken ved halegrep eller elektrisk stimulering ved bruk av 'Twitch Tester' (9 V) på snute eller langs sidelinjen. Dette tydet på at fisken var i det minste var immobilisert, men ikke nødvendigvis bevisstløse. Resultatene fra disse målingene er hverken tabellert eller diskutert videre.

Innstilt spenning 47 V DC (normaldrift) - De fleste fiskene lå urørlige under de 10 min de oppholdt seg i observasjonskaret og de hadde med få unntak fravær av respirasjon (gjellelokkbevegelse). Enkelte fisk hadde i noen grad kramper/rykkninger og stive finner opp til ca 4 min etter overføring til karet. Flere fisk viste sporadisk svak respirasjon, mens totalt 4 fisk hadde regelmessig respirasjon etter 6 – 7 min. Enkelte fisk gjorde noen få svømmebevegelser av kort varighet.

Innstilt spenning 70 V DC (batch) – Det var generelt færre tegn til sporadisk pusting, bevegelser, kramper etc sammenliknet med bedøving ved 47 V DC.

Konstant spenning 60 og 70 V DC (enkeltfisk, n=12) - Kun en fisk viste tegn til pusting, ellers så vi ingen reaksjoner.

Vurdering av fisk tatt ut fra observasjonskar 10 min etter elektrobedøving

Bedøving ved innstilt spenning 47 V DC – I tidsrommet kl. 09:30 – 10:10 ble 8 elektrobedøvede fisk overført til observasjonskarene. Fiskenes atferd ble vurdert enkeltvis i 10 min. Ved uttak fra karene hadde 2 av 8 fisk VOR (Tabell 1), noe som tyder på at de var ved bevissthet, selv om de var fullstendig urørlige. Fiskene ble lagt på bløgebordet for videre prosessering.

Deretter ble 10 nye fisk evaluert på samme måte. Dette var de samme fiskene som evaluert med hensyn på stress, elektrobedøvd fisk (47 V DC) som vist i Fig. 8, 9 og 10. En av 10 fisk hadde muligens antydning til VOR i det fisken ble tatt ut fra elektrobedøveren. Ti minutter senere hadde 1 fisk svak VOR, mens 5 andre hadde tydelig VOR.

En drøy time senere ble det tatt ut 20 tilfeldige valgte fisker fra samme pumpede batch som hadde passert elektrobedøveren. Det ble lagt 10 fisk i hvert observasjonskar. Etter 10 min hadde 2 fisk svak (eller usikker) VOR, mens en fisk hadde tydelig VOR. Disse fiskene gikk tilbake til produksjonen ved at de ble lagt på bløgebordet.

Fem min senere ble 12 nye fisk plukket ut fra elektrobedøveren. Kun 1 av disse hadde tydelig VOR og 3 hadde ubestemmelig VOR. Totalt for alle 50 fisk bedøvd ved innstilt spenning 47 V DC, så hadde 38 % VOR (medregnet fisk med svak VOR). Her må samtidig presiseres at fiskene *virket* meget godt bedøvede (livløse).

Tabell 1 – Andel fisk med VOR (øyerull) umiddelbart ($t = 0$ min) etter elektrobedøving ved innstilt spenning på 47 V DC, og etter 10 min i et observasjonskar fylt med sjøvann. Fisken ble tilfeldig tatt ut fra elektrobedøveren etter ulike tidspunkt under normal produksjon.

Tid etter elektrobedøving (min)	VOR kl. 09:30 – 10:10 Enkeltfisk evaluert (n = 8)	VOR kl. 10:15 – 10:55 Enkeltfisk til stressmålinger evaluert (n = 10)	VOR kl. 12:05 – 12:15 All fisk evaluert samtidig (n = 20)	VOR kl. 12:20 – 12:30 All fisk evaluert samtidig (n = 12)	Total prosentandel med VOR (%) [†] (n = 50)
0	-	(1)*/10	-	-	-
10	2/8	5/10, (1)*/10	5/20, (2)*/20	1/12, (3*)/12	38

*Tall i parentes betyr svak eller ubestemmelig VOR; † = fisk med svak eller ubestemmelig øyerull tatt med i betraktningen

Bedøving ved 70 V DC - Kl. 12:30 ble spenningen satt opp til 70 V, det maksimalt oppnåelige ved denne bedriften. Resten av fisken som ble slaktet denne dagen ble bedøvd ved denne spenningen. Fisken ble vurdert i observasjonskarene i fem omganger (Tabell 2). Fisken ble tatt ut fra elektrobedøveren under to ulike betingelser, enten i en situasjon med vanlig produksjon, med mange fisk samtidig på båndet gjennom bedøveren ('bulk'), eller i en situasjon der 1 fisk ble holdt tilbake fra en pumpet batch med fisk ('enkelt

fisk') og så sluppet gjennom bedøveren etter at alle andre fisk hadde passert bedøveren. Forskjellen på gruppene var da at bulkfisken opplevde et spenningsfall under bedøving (Fig. 15), mens enkeltfisken ble bedøvd ved konstant spenning lik 60 eller 70 V (Fig. 13).

I perioden kl. 12:43 – 12:53 ble de første 5 fiskene plukket ut og evaluert samtidig i observasjonskarene. Etter 10 min hadde alle fiskene VOR selv om de så fullstendig livløse ut. Like etter ble 12 nye bedøvd fisker lagt over i observasjonskarene. Her viste ingen fisk tegn til VOR, noe som tyder på at de var bevisstløse eller døde. Fiskene i disse to gruppene gikk tilbake til produksjonen.

Over en periode på 75 min ble enkeltfisk (totalt 12 fisk) bedøvd ved konstant spenning (kun 1 fisk i gangen gjennom elektrobedøveren) før den ble overført til observasjonskar. Ingen fisk viste tegn til VOR i det de ble tatt ut av elektrobedøveren. Etter 10 min i observasjonskaret var det 2 fisk som hadde svak VOR. Fiskene ble deretter avlivet med slag i hodet før måling av stress (se gruppen 'Elektrobedøving 70 V' i Fig. 8, 9 og 10) og evaluering av prerigortid (nedenfor).

Mot slutten av slaktingen denne dagen (kl.13:46 og 13:56) ble to grupper fisk, på henholdsvis 15 og 17 fisk, evaluert i observasjonskarene. I begge tilfellene ble alle fiskene vurdert samtidig. Dette var mulig fordi det generelt svært få fisk som viste tegn til liv. Siden begge gruppene ble bedøvd i bulk, ble de bedøvd ved et lavere spenningsnivå (35 – 60 V DC, Fig. 15). I den første gruppen var det 4 av 15 fisk som hadde tydelig VOR mens 1 fisk hadde tendens til svak VOR. I den siste gruppen med fisk denne dagen hadde 3 av 17 VOR. Av totalt 61 fisk hadde 25 % av fisken enten tydelig, eller tegn til, VOR.

Tabell 2 – Andel fisk med VOR (øyerull) umiddelbart ($t = 0$ min) etter elektrobedøving ved ca 70 V og deretter etter 10 min i et observasjonskar fylt med sjøvann. Fisken ble tatt ut fra elektrobedøveren etter ulike tidspunkt under normal produksjon.

Tid etter elektrobedøving (min)	VOR kl. 12:43 – 12:53 All fisk evaluert samtidig (n = 5) Bulk ^(b) – Spenningsfall ^(c)	VOR kl. 12:57 – 13:07 All fisk evaluert samtidig (n = 12) Bulk ^(b) – Spenningsfall ^(c)	VOR kl. 12:40 – 13:55 ^(c) Enkeltfisk til stress-målinger evaluert (n=12) Enkelt fisk ^(d) – Konstant spenning	VOR Ca kl. 13:46 All fisk evaluert samtidig (n = 15) Bulk ^(b) – Spenningsfall ^(c)	VOR Ca kl. 13:56 All fisk evaluert samtidig (n = 17) Bulk ^(b) – Spenningsfall ^(c)	Total prosentandel med VOR (%) ^(a) (n = 61)
0	-	-	0/12	-	-	-
10	5/5	0/12	0/12, (2)*/12	4/15, (1)*/15	3/17	25

(a) fisk med svak eller ubestemmelig øyerull tatt med i betraktningen; (b) normal biomassebelastning i elektrobedøveren (mange fisk); (c) Stor biomasse på båndet førte til et spenningsfall; (d) Kun 1 fisk i gangen gjennom elektrobedøveren for å opprettholde høy spenning; (e) Fiskene som ble sendt enkeltvis gjennom bedøveren ble fordelt over tre tidsintervall, mellom evaluering av tre bulkgrupper; *Tall i parantes betyr svak eller ubestemmelig VOR.

4.5 Observasjon av fisk i utblødningstank

Ved Nesset Fiskemottak blir den elektrobeøvdde fisken bløgget manuelt med kniv. Fisken ble så sendt til en RSW utblødningstank der vanntemperaturen var 4,3 °C. Dersom fisken hadde vært utilstrekkelig beøvd, eller for dårlig stukket, ville dette ha gitt seg utslag i svømming eller annen aktivitet i denne tanken. Under vårt arbeid på slakteriet denne dagen ble det gjort sporadiske observasjoner av fisken i utblødningstanken. *Det ble ikke observert noen form for aktivitet blant fisken i utblødningstanken.*

4.6 Rigor mortis

Dersom fisken stresses på grunn av trenging i ventemerd eller i forbindelse med pumping til slaktelinjen, vil dette gi seg utslag i tidlig inntreden i rigor mortis (få timer). Videre kan elektrisk stimulering av muskelen under elektrobeøving ha samme effekt ved at muskelens energilagre (glykogen og ATP) tappes ned. Dersom fisken blir dødsstiv på slakte- eller filetlinjen, kan dette få uheldige konsekvenser for filetenes teksturegenskaper og tilbøyelighet til å spaltes (gaping). Spesielt gjelder dette for maskinell behandling av fisk i rigor (sløye- og filetmaskin). For å sjekke fiskens prerigorid ble en del grupper fisk (se ovenfor) lagt på is umiddelbart etter avliving. Like før vi dro fra bedriften ble disse fiskene evaluert med hensyn på rigor mortis. Resultatet er vist i Tabell 3. Vi ser at ingen fisk, evaluert fra 0,5 – 2,0 timer opp til 6 timer post mortem, hadde tegn til dødsstivhet. Dette er et bra resultat siden fiskens gjennomløpstid gjennom både slakte- og filetlinjene normalt er rundt 1 time. Fisken går da gjennom rigor mortis under transport til markedet. For vakuumpakkede pre-rigor loins kan dette muligens føre til noe krymping (tykkere loins) sammenliknet med fileter som skjæres post rigor.

Tabell 3 – Evaluering av dødsstivhet i torsk. Fisk tatt ut fra ventemerd, etter pumping, og etter elektrobeøving ved to ulike spenningsnivåer, ble lagt på is for evaluering av pre-rigorid.

Gruppe	Tid post mortem (timer)	Rigor status
Merd	6,0	0
Pumping	5,3	0
Elektrobeøving 47 V	2,3	0
Elektrobeøving 70 V	0,5 – 2,0	0

4.7 Evaluering av fileter

Tolv fisk transportert på is ble evaluert ved SINTEF SeaLab ett døgn etter avliving. Siden dette var fisk som hadde blitt utsatt for høyest spenning (70 V DC), ble det antatt det var disse som eventuelt kunne bli mest utsatt for brukket ryggrad, blodflekker eller annen misfarging som en følge av bloduttredelser.

Fisken var ved evaluering i full rigor (21 – 26 timer post mortem). Etter vasking og fjerning av svarthinnen, ble alle fileter (n = 24) og ryggrader sjekket. *Resultatet var at det ble ikke observert hverken blodflekker, områder med misfarging, eller brudd på ryggrad.*

Forøvrig kan sies at filetene var faste (men her må det tas i betraktning at fisken var i rigorfasen), hadde høy grad av lyshet/hvithet, og hadde svært lite spalting (gaping). Dette tyder på at fisken var av god kvalitet.

I følge senere tilbakemelding fra bedriften, så hadde de ikke hatt noen kvalitetsproblemer med fisken som var bedøvd ved 70 V DC.

5. KONKLUSJONER

- Fisken var noe påkjent før elektrobedøving, trolig på grunn av sterk trenging i ventemerid.
- Pumping stresset ikke fisken ytterligere. Dette er en uvanlig observasjon.
- Med hensyn til fiskevelferd ved normalproduksjon (bedøving ved innstilt spenningsnivå 47 V DC), ga, i utgangspunktet, operasjonene elektrobedøving og bløgging i hovedsak et fordelaktig inntrykk. Kriterier: (1) tilsynelatende umiddelbar bedøving; (2) all fisk livløs fra første berøring med elektrodene, på bløggebordet, og i utblødningstanken.
- Den reelle spenningen over bedøveren var i realiteten lavere (30 – 35 V DC) enn innstilt nivå (47 V DC) ved normalproduksjon
- Ved stor biomasse på båndet sank spenningen slik at fisken ble utsatt for et lavere spenningsnivå
- Noen få fisk bedøvd ved 30 - 35 V DC viste tegn til bevissthet i løpet av 10 min i observasjonskar, og 38 % av fiskene hadde enten tydelig, eller tegn til, øyerull (VOR) ved uttak fra dette karet. Dette indikerer at en del av fisken kun var immobilisert, men var egentlig ved bevissthet.
- Når en fisk i gangen ble sendt gjennom bedøveren ved maksimalt spenningsnivå (60 – 70 V DC), holdt spenningen seg konstant. Ved batchbedøving ved samme spenning sank spenningen periodevis ned mot 30-40 V DC.
- Etter at spenningen ble satt opp til 60-70 V DC, var det praktisk talt ingen tegn til liv i observasjonskaret. Totalt sett hadde 25 % av fiskene likevel tydelig eller svake tegn til VOR.
- Ved bedøving av enkeltfisk ved 60 og 70 V DC, var det ingen fisk som hadde tydelig VOR etter 10 min i observasjonskaret
- Resultatene tyder på at fiskevelferden kan bedres ytterligere ved (a) å øke spenningen ved bedøving, og (b) stabilisere spenningen på ønsket nivå ved normaldrift (stor biomasseflyt)
- Tidlig inntreden i rigor mortis (under prosessering) var ikke et problem ved denne bedriften
- Det ble ikke funnet kvalitetsfeil på filet som en følge av bedøving ved 60-70 V DC

6. ANBEFALINGER

Selv om fiskevelferden på mange måter syntes god med dagens prosess, kan en ved å øke spenningen samt å sørge for god spenningsstabilisering, sørge for at en større andel av fisken mister bevisstheten. I følge laboratorieforsøk vil en få et enda bedre resultat ved å øke spenningen fra 70 til 100 V DC.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no