

## Bedøvelse og avliving av flekksteinbit før slakt

Bjørn Roth





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 370 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122 Langnes  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1433 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsen gate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
Postboks 1425 Oasen  
NO-5844 Bergen

**Sunnalsøra:**

Sjølsengvegen 22  
NO-6600 Sunndalsøra

**Alta:**

Kunnskapsparken, Markedsgata 3  
NO-9510 Alta

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)  
Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835 MVA**



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

# Rapport

<i>Tittel:</i> <b>Bedøvelse og avliving av flekksteinbit før slakt</b>	ISBN 978-82-8296-567-5 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Title:</i> Stunning and killing of spottet wolffish prior to slaughter	<i>Rapportnr.:</i> 29/2018
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Bjørn Roth	<i>Tilgjengelighet:</i> <b>Åpen</b>
<i>Avdeling:</i> Prosessteknologi	<i>Dato:</i> 17. oktober 2018
<i>Oppdragsgiver:</i> Aminor AS	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 8
<i>Stikkord:</i> Bedøvelse, avliving, dyrevelferd	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> Willy K. Sandaa
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> For å verifisere elektrobedøving for flekksteinbit, ble totalt 25 steinbit med snittvekt 3,65 kg eksponert for 95 V, AC + DC i 6 (n = 12) og 12 sekunder (n = 13). Fiskens respons og bevissthetstilstand ble vurdert før bløgging og plassert i kasser med isvann for vurdering frem til død. Fisken sløyet ble deretter lagret i 3 dager og filetert for vurdering av kvalitet og skader.  Resultatene på elbedøving viser at samtlige fisk var bevisstløs etter strømeksposering. Heller ikke etter bløgging viste fisken tegn til bevissthet frem til død. Samtlige fisker hadde fravær av alle basale reflekser som øyerulling, gjellelokk ventilasjon og spinale reflekser gjennom hele dødsforløpet. Filetering av fisken viste ingen tegn til vertebrale skader eller blødninger i muskulatur. Alle fileter viste å ha en lav gaping score.  Konklusjonen er elbedøving med bruk av AC + DC kombinert med bløgging er dyrevelferdsmessig forsvarlig metode for bedøvelse og avliving av oppdrettet flekksteinbit. Redusert eksponeringstid på 6 sekunder vil kunne ha kvalitetsforbedrende effekt.	<i>Prosjektnr.:</i> 12506
<i>English summary/recommendation:</i> A total of 25 spottet wolffish with average weigh of 3.65 kg were one at the time exposed for electricity (95 V, AC+DC) for 6 (n=12) and 12 seconds (n=13). The conscious condition from each fish was evaluated prior to exsanguination an followed to death. The fish was then gutted and stored for 3 days before filleted and examined for hematomas.  Results show that all fish were rendered unconscious from the electrical current. All behavioral and basic reflexed such as responsiveness, eyerolling and opercular ventilation were lost until death ensue. At filleting none of the fish had any signs of vertebral injuries or hemorrhage in the muscle. All appearing nice and white. Gaping was almost absent.  We conclude the electrical stunning using AC+DC with dry stunners, in combination with exsanguination, is a humane killing method for farmed spotted wolffish. Limiting the current duration to 6 seconds works equally as with 12 seconds, which will have positive effect on quality, and therefore recommended.	

## **Innhold**

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiale og Metode .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Resultat og Diskusjon .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>7</b>

# 1 Innledning

I de senere årene har elektrisk bedøvelse av oppdrettsfisk blitt en av de vanlige metoder for bedøvelse av oppdrettsfisk. Utviklingen av utstyr for elbedøvelse av fisk går tilbake så tidlig som starten av 1900-tallet, da de første panter ble skrevet. Selv om elektrisk strøm har vært hyppig brukt for elektrofiske av villfisk, var ikke bruken av strøm til bedøvelse før slakt aktuelt før på 1990-tallet når prinsippet om dyrevelferd også ble gjeldende for fisk (Kestin *et al.*, 1991; Marx *et al.*, 1997). I starten ble det i stor grad nyttet enten vekselspanning, sinusoidal, 50 Hz, AC i sjøvann (Robb *et al.*, 2000; 2002; Roth *et al.*, 2002; 2003; 2004; Morzel *et al.*, 2003; Lines *et al.*, 2005) eller likestrøm (DC) (Marx *et al.*, 1997). Likestrøm har tidlig vist å ha begrenset effekt for bedøvelse av fisk, mens vekselspanning med tilstrekkelig strømstyrke har vist seg effektiv for bedøvelse av laks innen 1 sekund (Robb & Roth, 2003). Imidlertid viste muskelkontraksjoner under strømeksponering å kunne skade ryggsøylen og videre forårsake en blødning ut i muskulaturen, noe som kunne være kvalitetsforringende (Roth *et al.*, 2003). For å minimalisere skaden prøvde en, lik kjøttbransjen, å øke frekvensen opp mot 1000 Hz med varierende effekt (Roth *et al.*, 2004; Lines *et al.*, 2003). Imidlertid skulle den beste løsningen for elbedøvelse vise seg å være en kombinasjon av likespenning med en vekselspanning på topp (AC + DC) og eksponere denne direkte gjennom kontakt med elektroder (Grimsbø *et al.*, 2014) også kjent som tørrbedøvelse (Figur 1). Ved å eksponere fisken direkte for likestrøm med høyfrekvent vekselspanning på topp klarte en å stimulere sentralnervesystemet tilstrekkelig til å bedøve en laksefisk innen 0,5 sekunder (Lambooij *et al.*, 2010). Siden da har effekten av AC + DC vært vurdert på en rekke arter som europeisk ål (Lambooij *et al.*, 2002), piggvar (Daskalova *et al.*, 2017), leppefisk (Foss *et al.*, 2017), alt med unntak av rognkjeks (Foss *et al.*, 2017).

Bevisstløshet hos fisk blir ofte observert ved at de basale refleksene som øyerulling og gjellelokk-ventilasjon opphører (Kestin *et al.*, 2002). Imidlertid viser en rekke studier med EEG at det ikke alltid er samsvar mellom graden av bevissthet og adferdsresponser hos fisk (Kestin *et al.*, 2002; Lambooij *et al.*, 2010; Retter *et al.*, 2018), hvor tilsynelatende bedøvet fisk kan være ved bevissthet og visa versa. Imidlertid viser resultater at en tilstedeværelse av et epilepsianfall er en god indikator at et dyr er bevisstløs (Cook *et al.*, 1995; 1996) og fravær av basale reflekser i etterkant av dette indikerer vedvarende bevisstløshet.

I begrepet om human avlaving ligger ikke bare bedøvelse til grunn, men også avlivingsmetode, hvor fisken skal dø i en bevisstløs tilstand. Etter loven skal død i hovedsak sikres gjennom blodtapping hos fisk. Tiden det tar for fisken å dø som følge av blodtapping varierer svært etter art. Enkelte arter som piggvar og ål kan etter bedøvelse og bløtting, gjenvinne de basale reflekser og bevissthet (Morzel *et al.*, 2003; Lambooij *et al.*, 2002). Nyere studier viser at en dette kombinert med et kuldesjokk vil kunne hindre en periode med oppvåkning mellom bløtting og død (Sattari *et al.*, 2010; Daskalova 2016).

Flekksteinbit er en relativ ny art innen akvakultur. Aminor AS er i dag den eneste kommersielle aktøren med oppdrett av flekksteinbit for humankonsum. I forbindelse med utvikling av prosesslinjer ved oppdrettsanlegget i Halså, Nordland kommune ønsker bedriften å få undersøkt egnetheten av elektrisk bedøvelse for denne arten. Målet med denne studien var derfor å vurdere om elektrisk bedøvelse i kombinasjon med bløtting er en human avlivingsmetode for flekksteinbit.

## 2 Materiale og metode

I september 2018 ble totalt 25 oppdrettede flekksteinbit fra Aminor AS, Halså, Nordland, med snittvekt på 3,65 kg (2,5 til 5,5 kg) tatt ut fra oppdrettskar og plassert i 800 l plastkar og fraktet om bord i fiskefartøyet MS Meløyfjord. Under transport til fartøyet samme morgen ble vannet kontinuerlig tilsatt oksygen før mottak om bord i fartøyet, hvor fisken fikk tilgang til friskt sjøvann. Under forsøket ble fisken enkeltvis plassert i fartøyets mottakssystem som inkluderer fallrør inn i en RSW-tank med sjøvann. I RSW ble fisken enkeltvis fanget av et transportbånd og ført inn i en tidlig versjon av STANSAS elektrobedøver (Optimar AS, Stranda, Norge). Utstyret ble satt på maks innstilling med 95 V<sub>rms</sub>, 100 Hz, AC + DC. Båndhastigheten justert slik at fisken ble eksponert for 6 og 12 sekunder med strøm. Forsøket ble gjennomført ved at fisken ble enkeltvis fulgt hele veien gjennom elbedøving og frem til død. Etter strømeksposering ble fiskens bevissthetstilstand vurdert før bløgging. Bløgging ble gjennomført ved å kutte av et helt sett av gjellbuer. Deretter ble fisken plassert i isoporkasser med isslurry, hvor bevissthetstilstand ble fulgt opp frem til død. Antall fisker vurdert var 13 fisker med 12 sekunders eksponeringstid og 12 fisk med 6 sekunders eksponeringstid.



Figur 1 Stansas Elbedøver om bord MS Meløyfjord

Fiskens bevissthetstilstand ble vurdert i henhold Kestin *et al.* (2002), Retter *et al.* (2018) og Roth *et al.* (2003) ved tilstedeværelse av toniske kramper og fravær av basale reflekser som øyerulling og gjellelokkventilasjon. Under utblødning i isslurry ble fisken kontinuerlig overvåket de første 10–15 minuttene. Parametere målt var tid til gjenvinning av basale reflekser som øyerulling og gjellelokk-reflekser i tillegg til muskulær respons for taktil stimuli i halerot og gjeller.

Terminering av forsøk ved slag til hodet som var satt ved gjenvinning av VOR og gjellelokkventilasjon.

### 3 Resultat og diskusjon

I likhet med tidligere studier på andre oppdrettsarter ble også flekksteinbit effektivt bedøvet med elektrisk strøm. Samtlige individer hadde etter eksponering av elektrisk strøm; tonisk kramper, utspilte gjellelokk og fikserte øyner. Ingen av de 25 individene som ble testet viste noe som helst tegn til responser eller reflekser etter strømeksposering (Tabell 1). At strømbedøving er særdeles effektivt på flekksteinbit skulle vise seg under utblødning. Etter bløgging, døde samtlige fisk uten å uttrykke noen reflekser eller responser gjennom hele dødsforløpet. Tidligere studier av eksempelvis laks (Lambooij *et al.*, 2010) og karpe (Retter *et al.*, 2018) viser at basale reflekser kan oppstå under dødsprosessen uten at dette nevneverdig betyr at fisken er bevisst/ubevisst. Dette skyldes at en fisk bevissthetsgrad kan deles i ulike grader fra bevisst-> sedert-> lett narkose-> narkose-> anestesi-> kollaps, hvor opphør av basale reflekser kan oppstå under narkose (Burka *et al.*, 1997). Dette kan gi grunnlag for usikkerhet dersom en eller flere basale reflekser blir observert. Imidlertid for flekksteinbit var det ingen usikkerhet i resultatene. Ettersom ingen av de 13 fiskene som fikk 12 sekunder eksponeringstid viste noe som helst tegn til gjenvinning av reflekser eller responser før død. Dermed finnes det ingen indikasjoner på at fisken ved noen punkt var ved bevissthet. Alternativet er en paralysse som følge av en langvarig strømeksposering som for eksempel ved bruk av DC-svakstrøm i ferskvann over flere minutter (Parisi *et al.*, 2002; Poli *et al.*, 2002). I dette tilfelle er dette ikke aktuelt. Indikasjonene forsterkes ved å redusere eksponeringstiden ned mot 6 sekunder. Det ga samme resultat som ved 12 sekunder eksponeringstid.

Tabell 1 Andel ( $p$ ) av Flekksteinbit bedøvet etter eksponering av 95 V, 100 Hz, AC+DC. Andelen og gjennomsnittstid (min) av fisk som gjenvant øyerulle reflekser (VOR) og gjellelokkventilasjon (Vent)

Voltstyrke	Eksponeringstid	p(Bedøvet)	pVOR (min)	pVent (min)	n
95 V	12 s	13/13	0/13 ( $\infty$ )	0/13 ( $\infty$ )	13
95 V	6s	12/12	0/12 ( $\infty$ )	0/12 ( $\infty$ )	12

Tidligere studier med atlantisk laks viste at 2 av 3 laks gjenvant basale reflekser og bevissthet under utblødning etter 5 sekunder eksponeringstid med 105 V, AC + DC (Lambooij *et al.*, 2010). Hvorfor flekksteinbit i likhet med torsk er så sensitiv for strøm kan være gjenstand for diskusjon. Fellesnevner mellom torsk og flekksteinbit er et stort kranium i forhold til kroppslengden. Ettersom kalsium leder strøm kan dette bidra til å minske motstanden mellom elektrodene og større amper gjennomstrømming i hjernen. Tidligere studier av Grimsbø (2016) viste at impedansen er lavest når gjellelokket er i kontakt med minst 1 elektrode, noe som kan forklare den observerte effekten.

En annen forklaringsmodell er strømparameteren på den gitte elektrobedøveren. Til sammenligning med AC + DC bedøver som brukes på laks er denne en tidligere modell som ikke inneholder kondensatorer. Dette betyr at amplitude av AC-delen er mer uttalt i dette forsøket. Årsaken til dette hos laks var å redusere støy, en mulig årsak til skader. Ettersom fisken ikke viser skader kan det være aktuelt å vurdere denne signalgangen fremfor laksebedøvere.

Ser en på skader var det ingen tegn til skade på ryggspylen med påfølgende skade av hovedpulsåren *dorsal aorta* og hematom ut i muskulatur. Heller ikke små bloduttredelser i selve muskelen var observert, også kjent som «blood splashing». Resultater fra filetering viser at fisken var av utmerket kvalitet uten skader, generelt godt utblødd og fravær av gaping. En kunne i enkelte tilfeller observere forskjeller i blodmengde på filet fra samme fisk. Som vist i Figur 2 kan en se ørlite mer blod i venene i



filet 1 fremfor filet 2. Dette har en naturlig årsak ved at blodet under lagring tenderer å følge gravitasjonen ned mot fileten som ligger nederst (Roth *et al.*, 2009).



Figur 2 Bilder fra Fotoboks av begge fileter fra fisk.

Ut fra de gitte resultater forårsaket ikke elbedøving forringelser av kvaliteten til fisken. Et viktig prinsipp med elbedøving er ikke bare å sikre en human avliving, men også kvaliteten ved å stimulere muskelen minst mulig med strøm. En forlenget strømeksponeering vil kunne tømme muskelens energireserve som kan medføre en raskere gjennomgang av *rigor mortis*, bløtere tekstur, gaping og redusert holdbarhet i tillegg til «blodansamling» i kapillærer. Dette forsøket har tatt høyde for å redusere strømeksponeeringen til et absolutt minimum uten å gå på bekostning av velferd. Forsøk på laks viser at strømeksponeering på 5 sekunder ga ingen forskjell i rigor gjennomgang eller kvalitet mot kontrollfilet, men eksponering på 12 sekunder halverte pre-rigortid (Roth *et al.*, 2010).

I dette gitte forsøket viste flekksteinbit å ikke være spesielt sensibel for elektroinduserte skader. Hvorvidt en art får elektroskader eller ikke er i hovedsak avhengig av en rekke parametere som strømtype (AC/DC), styrke (V) og frekvens (Hz, pps) (Sharber *et al.*, 1994; Roth *et al.*, 2004; Grimsbø *et al.*, 2016). Men også biologiske forhold må tas i betraktning. Fiskearter med stor muskelstyrke og svak ryggvirvel er svært utsatt for ryggskader. Til dette nevnes arter som kveite, sild og laks. Basert på dets biologi er det lite som tilser at flekksteinbit er i den store risikozonen for skader. Uansett skal det tas høyde for at et forsøk på 25 individer ikke kan avdekke for eksempel en skadeprosent på 1–2, med en sannsynlighet på opptil 50 prosent. Dersom skader er fraværende for denne arten kan en vurdere å reversere den elektriske polen på de 2 første radene av elektrobedøveren. Dette kombinert med et høyere spenningspotensiale vil gjøre fiskevelferd uavhengig av retningen fisken går inn i elektrobedøveren.

## **4 Konklusjon**

Konklusjonen er at elektrobedøving med bruk av tørrbedøvere kombinert med bløgging er en dyrevelferdsmessig forsvarlig metode for bedøvelse og avliving av oppdrettet flekksteinbit. Sammenlignet med andre arter viste metoden seg å være svært effektiv for avliving av denne arten. Elektroinduserte skader ble ikke observert i dette forsøket med lite blod og gaping i fileten, noe som ga en god kvalitetsopplevelse.

## 5 Referanser

- Burka J.F., K.L. Hammell, T.E. Horsberg, G.R. Johnson, D.J. Rainnie & D.J. Speare (1997). Drugs in salmonids aquaculture – A review. *J. Vet. Pharma. Therapeut.* **20**, pp. 333–349.
- Cook C.J., S.A. Maasland, C.E. Devine & K.V. Gilbert (1996). Changes in the release of amino acid neurotransmitters in the brains of calves after head-only electrical stunning and throat cutting. *Res. Vet. Sci.*, **60**, pp. 255–261.
- Cook C.J., C.E. Devine, K.V. Gilbert, D.D. Smith & S.A. Maasland (1995). The effects of electrical head-only stun duration on electroencephalographic-measured seizure and brain amino acid neurotransmitter release. *Meat Sci.* **40**, pp. 135–147.
- Daskalova A.H., M.B.M. Bracke, J.V. van de Vis, et al. (2016). Effectiveness of tail-first dry electrical stunning, followed by immersion in ice water as a slaughter (killing) procedure for turbot (*Scophthalmus maximus*) and common sole (*Solea solea*). *Aquaculture*, **455**, pp. 22–31.
- Grimsbø E., R. Nortvedt, E. Hammer & B. Roth (2014). Preventing injuries and recovery for electrically stunned Atlantic salmon (*Salmo salar*) using high frequency spectrum combined with a thermal shock. *Aquaculture*, **434**, pp. 277–281.
- Grimsbø E., R. Nortvedt, B.T. Hjertaker, E. Hammer & B. Roth (2016). Optimal AC frequency range for electro stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, **451**, pp. 283–288.
- Foss A, A.V. Nytrø & B. Roth (2017). Innfangning, avliving og tilrettelegging for etterbruk av rognkjeks – fra problem til ressurs: Forprosjekt. Akvaplan-niva rapport nr 7706. 27 pp.
- Kestin S.C., S.B. Wotton & N.G. Gregory (1991). Effect of slaughter by removal from water on visual evoked activity in the brain and reflex movement of rainbow-trout (*Oncorhynchus-mykiss*). *Vet. Rec.*, **128**, pp. 443–446.
- Kestin, S.C., J.W. van de Vis & D.H.F. Robb (2002). Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Vet. Rec.* **150**, pp. 302–+.
- Lambooij E., J.W. van de Vis, R.J. Kloosterboer & C. Pieterse (2002). Evaluation of head-only and head-to-tail electrical stunning of farmed eels (*Anguilla anguilla*, L.) for the development of a humane slaughter method. *Aquacult. Res.*, **33**, pp. 323–331.
- Lambooij E., E. Grimsbø, H. Van de Vis, HGM Reimert, R. Nortvedt & B. Roth (2010). Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, **300**, pp. 107–112.
- Lines J, & S. Kestin (2005). Electric stunning of trout: power reduction using a two-stage stun. *Aquacult Eng.* **32**, 483–491.
- Lines J.A., D.H. Robb, S.C. Kestin et al. (2003). Electric stunning: a humane slaughter method for trout. *Aquacult Eng.*, **28**, pp. 141–154.
- Marx H., B. Brunner, W. Weinzierl, R. Hoffmann & A. Stolle (1997). Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.* **204**, pp. 282–286.
- Morzel M., D. Sohier & H. van de Vis (2003). Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. *J. Sci. Food Agric.* **83**, pp. 19–28.
- Parisi G, M. Mecatti, P. Lupi, F. Scappini & B.M. Poli (2002). Comparison of five slaughter method for European sea bass. Changes of isometric contraction force and pH during the first 24 hours post mortem. In *Seafarmland today and tomorrow. Int. Conf. Aquaculture Eur. 02*. Italy: Trieste, pp. 417–418.

- Poli B.M., G. Zampacavallo, F. Iurzan, M. de Francesco, G. Mosconi & G. Parisi (2002). Biochemical stress indicators changes in sea bass as influenced by the slaughter method. In *SeafarminD today and tomorrow. Int. Conf. Aquaculture Eur. 02*. Italy: Trieste, pp. 429–430.
- Retter, K, K.H. Esser, M. Lupke, et al. (2018). Stunning of common carp: Results from a field and a laboratory study. *BMC Vet Res*. 14: 205.
- Robb, D.H.F. & B. Roth (2003). Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. *Aquaculture*, **216**, pp. pp. 363–369.
- Robb D.H.F., S.B. Wotton, J.L. McKinstry, N.K. Sorensen & S.C. Kestin (2000b). Commercial slaughter methods used on Atlantis salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. *Vet. Rec.* **147**, pp. 298–303.
- Robb D.H.F., M. O'Callaghan, J.A. Lines & S.C. Kestin (2002). Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration. *Aquaculture*, **205**, pp. 359–371.
- Roth B., E. Slinde, A. Imsland & D. Moeller (2003). Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized Atlantic salmon held in seawater. *N. Am. J. Aquacult.*, **65**, pp. 8–13.
- Roth B., D. Moeller & E. Slinde (2004). Ability of electric field strength, frequency and current duration to stun farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and pollock (*Pollachius virens*) and relations to observed injuries using sinusoidal and squarewave AC. *N. Am. J. Aquacult.*, **65**: pp. 208–216.
- Roth B., E. Slinde & J. Arildsen (2006). Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. *Aquaculture*, **25**, pp. 504–510.
- Roth B., A. Obach, D. Hunter, R. Nortvedt & F. Oyarzun (2009). Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. *Aquaculture*, **297**, pp. 163–168.
- Roth B., L.H. Stien, E. Grimsbø, E. Slinde, A. Foss & R. Nortvedt (2010). Electric stimulation and stunning of Atlantic salmon muscle and the effect of flesh quality. *Aquaculture*, **301**, pp. 85–90.
- Sattar, A., E. Lambooi, H. Sharifi, et al. (2010). Industrial dry electro-stunning followed by chilling and decapitation as a slaughter method in Claresse (R) (*Heteroclaris* sp.) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, **302**, pp. 100–105.
- Sharber N.G., S.W. Carothers, J.P. Sharber & D.A. House (1994). Reducing electrofishing-induced injury of rainbow trout. *Am. J. Fish. Manage.*, **14**, pp. 340–346.

