



Vlaanderen

is landbouw & visserij



ILVO Mededeling 210

maart 2016

**OVERLEVING VAN DOOR
BOOMKOR GEVANGEN PLADIJS**
SURVIVAL OF BEAM-TRAWLED EUROPEAN PLAICE
(*PLEURONECTES PLATESSA*)

ILVO

Instituut voor landbouw-
en visserijonderzoek

www.ilvo.vlaanderen.be

Overleving van door boomkor gevangen pladijs

Survival of beam-trawled European plaice
(*Pleuronectes platessa*)

Auteurs

Sven Sebastian Uhlmann
Ruben Theunynck
Bart Ampe
Ruben Verkempynck*
David C. M. Miller*
Bob van Marlen*
Karin J. van der Reijden*
Pieke Molenaar*
Els Vanderperren
Hans Polet

* IMARES Wageningen UR (Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies, University and Research),
Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden, The Netherlands

Projectpartners

Rederscentrale (promotor), Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO)

Financiering

Europees Visserijfonds (EVF)
Vlaamse overheid

ILVO MEDEDELING 210

maart 2016

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2016/10.970/210

Coverfoto: Portret van een pladijs - Daan Delbare.

1 Inhoudstafel

1	Inhoudstafel.....	1
2	Samenvatting.....	2
2.1	Aandachtspunten in dit onderzoek.....	3
2.2	Aanbevelingen.....	4
3	Executive summary.....	5
3.1	Research highlights.....	6
3.2	Recommendations.....	7
4	Lijst van tabellen.....	8
5	Lijst van figuren.....	9
6	Inleiding.....	10
6.1	Europees beleid en de aanlandplicht.....	11
6.2	Doelstellingen.....	17
7	Materiaal en Methodes.....	18
7.1	Visserij.....	18
7.2	Materiaal.....	19
7.2.1	Materiaal aan boord.....	19
7.2.2	Materiaal labo.....	20
7.3	Ethische verklaring.....	20
7.4	Controlevis.....	20
7.5	Experimentele opzet en protocol.....	21
7.6	Vitaliteits- en mortaliteitsonderzoek.....	23
7.6.1	Bepalen van types verwondingen en kandidaat reflexen.....	24
7.7	Statistische analyse.....	25
8	Resultaten.....	28
8.1	Controlevis.....	38
8.2	Vitaliteitsonderzoek.....	38
8.2.1	Bepalen van types verwondingen en reflex impairment.....	38
8.3	Mortaliteitsonderzoek.....	40
8.3.1	Relevante factoren.....	41
9	Discussie.....	48
9.1	Aanbevolen aanpassingen voor vistuig naast reeds bestaande configuraties.....	53
9.2	Implicaties van dit onderzoek.....	54
9.3	Conclusies.....	57
10	Dankwoord.....	59
11	Referenties.....	60
12	Bijlagen.....	66

2 Samenvatting

Onder de aanlandplicht is er een uitzonderingsregel voor vissen met een hoge overlevingskans. De vis hoeft niet te worden aangeland wanneer wetenschappelijk vaststaat dat de vis een hoge overlevingskans heeft in een bepaalde visserij. Hierdoor is het monitoren van de vitaliteit en overleving van pladijs relevant voor de (Belgische) boomkor visserij waarbij de teruggooi hoog is. Het kwantificeren van de overleving na teruggooi van de pladijs (*Pleuronectes platessa*) heeft de prioriteit gekregen omdat de vis regelmatig teruggegooid wordt en vooral door vissers beschouwd wordt als vrij robuust tegen vangst en stress in commerciële visserij. In dit project zijn drie Belgische boomkorvaartuigen met verschillende karakteristieken betrokken uit het i) kustvisserssegment, ii) klein vlootsegment (beide met een motorvermogen van ≤ 221 kilo Watt, kW) en iii) het groot vlootsegment (> 221 kW). De doelstellingen van dit project waren:

- a) Het kwantificeren van de overleving op korte termijn van teruggegooid pladijs bij commerciële boomkor vaartuigen;
- b) Om de belangrijkste factoren te identificeren die geassocieerd zijn met de overleving van de vis; en
- c) Om operationele en technische aanpassingen aan te bevelen die de overleving kunnen verbeteren.

Door het aanpassen van een operationele factor zoals de sleeptijd of blootstelling aan lucht tijdens het sorteren aan boord, werd het relatieve belang van de afzonderlijke processen tijdens de vangst en de sorteer- en behandelingsfase voor overleving gekwantificeerd.

Er werd ongeveer 0.3% van de totale trips (zeereizen) met de Belgische boomkor en een nog kleinere fractie van teruggegooid pladijs bemonsterd. In totaal werden 12 trips, 99 slepen en 1814 pladijzen bemonsterd. Hiervan werden 906 vissen van 46 slepen na vangst geëvalueerd op hun conditie aan de hand van hun verwondingen en "reflex impairment" (verzwakking van reactie op stimulans door aanraking) zonder de overlevingskans van deze vissen na vangst te monitoren. Verwonding en reflex impairment samen evalueert de vitaliteit van de vis. Verder werden er 908 vissen van 53 andere slepen geëvalueerd op hun verwondingen, reflex impairment en overleving na vangst. Van deze werden willekeurig 236 pladijzen geselecteerd uit korte (< 40 min) slepen en 672 pladijzen uit conventionele slepen van ongeveer 60 minuten (≤ 221 kW) of ongeveer 120 minuten (> 221 kW). Deze 908 pladijzen werd voor gemiddeld 15 dagen in gevangenschap gehouden naast 160 controlepladijzen. De vis werd onmiddellijk nadat sortering op dek was afgerond, kort voordat ze in 30-L PVC kunstofbakken gestopt werden gemonitord op verwondingen en reflex impairment. Vervolgens werden de vissen om de 4 uur (aan boord) of tenminste 1x keer per dag gemonitord op sterfte, waarbij dode vissen werden verwijderd.

Er stierven 3 van de 160 controlevissen. Gemiddeld over alle bemonsterde reizen per vaartuig en vlootsegment, overleving varieerde voor pladijzen uit conventionele slepen tussen 43-57%, 10-26%, 3-5% (95% betrouwbaarheidsinterval) voor de reizen met het kust-, klein-, of groot vlootsegment, respectievelijk. Variatie tussen reizen was groot, uit conventionele slepen door de twee ≤ 221 kW vaartuigen (~60 min sleeptijd) en een groot vlootsegment vaartuig (> 221 kW, 120 min sleeptijd) overleefden er tussen de $4\% \pm 2$ en $93\% \pm 4$ (gemiddelde \pm standaardfout) van de teruggegooid pladijs. Behalve voor twee trips werden vissen gemonitord voor gemiddeld 15 dagen tot dat er geen sterfte meer waargenomen werd of sterfte niet meer in verband was te

brengen met het vangst-en-teruggooi proces. Bij vergelijkbare studies van Nederlandse boomkorvaartuigen uit het groot vlootsegment (>221 kW) met de elektrische puls vistechneik en vissend voor ~120 minuten, werd een overlevingskans van pladijs na vangst gevonden tussen de 10 en 30%. Bij slepen van Belgische vaartuigen van minder dan 40 minuten had pladijs die terug gegooid werd tot 18 keer een hogere kans op overleving. Alhoewel kortere slepen niet altijd leiden tot een verbetering in overleving.

Naast de duur van de sleep zijn er nog andere relevante stressoren die geassocieerd werden met overleving na vrijlating. Dit zijn status indicatoren zoals de vitaliteitsscore (verwondingen en vitaliteit gecombineerd), Fulton index (verhouding tussen vis gewicht en lengte), lengte van de vis en de zeewatertemperatuur. De blootstelling van vis op dek aan lucht voor ~15 minuten gemiddeld is de minst relevante stressor.

Uit dit onderzoek blijkt dat de schade aan vis bij de boomkorvisserij gereduceerd kan worden door i) de sleeptijd te verkorten; ii) door de keuze van waar en wanneer te vissen waardoor gebieden en perioden van sterke thermoclines en/of warm water vermeden kunnen worden en iii) het verkorten van de tijd om de vangst te sorteren. Wanneer technische en operationele aanpassingen gedaan worden die het vangstproces inkorten en/of hoeveelheid vangst reduceren, rekening houden met temperatuurverschillen en de behandelingstijd van de vis op dek te verminderen, zouden deze de beste benaderingen kunnen zijn om de overleving na vrijlating van teruggegooidde pladijs te maximaliseren.

2.1 Aandachtspunten in dit onderzoek

1. Gemiddeld over alle bemonsterde reizen per vaartuig en vlootsegment, varieerde de overleving voor pladijsen uit conventionele slepen tussen 43-57%, 10-26%, 3-5% (95% betrouwbaarheidsinterval) voor respectievelijk de reizen met het kust-, klein-, of groot vlootsegment. Dit gemiddelde is representatief voor de specifieke condities van de bemonsterde trips.
2. Ongeveer 0.3% van alle trips door Belgische boomkorvaartuigen werden bemonsterd en een nog kleinere fractie van teruggegooidde pladijs werd bemonsterd. Het is niet aanbevolen om deze resultaten te extrapoleren of over te nemen onder andere condities (visserijgebied, weersomstandigheden) die buiten de marges liggen van de 12 bemonsterde trips.
3. Hoewel de bemonstering disproportioneel klein is, was de overleving van gevangen-en-teruggegooidde pladijs bij een >221 kW boomkorvaartuig laag, namelijk tussen de 3 en 5% (dit vlootsegment heeft een groot aandeel van de visserij inspanning in België).
4. Op basis van waarnemingen aan boord van zowel Belgische als Nederlandse >221 kW boomkorvaartuigen werd de overleving van teruggegooidde pladijs, die vervolgens in gevangenschap gehouden werd voor tenminste 8 dagen, meest frequent geschat tussen de 10 en 30%.
5. Als de sleeptijd beperkt is tot <40 min in plaats van de conventionele ~60 tot ~120 min kan de pladijs tot 18 keer meer kans hebben om de vangst en vrijlating te overleven.
6. Weersomstandigheden waaronder de temperatuur van het zeewater, de sleeptijd en interactie met de golfhoogte zijn ook van belang, maar minder significant.
7. Blootstelling aan lucht tijdens het sorteerproces bleek minder belangrijk te zijn dan verwacht.

8. Er werd geen rekening gehouden met predatie door zeevogels en/of andere predatoren in onze berekeningen waardoor overleving dus overschat kan worden. Tegelijk zou overleving ook onderschat kunnen worden doordat de natuurlijke omstandigheden niet opgevolgd worden.
9. Visserij-geïnduceerde mortaliteit is een uitgesteld proces. Alhoewel pladijs die gevangen werd door ≤ 221 kW vaartuigen nog in leven waren aan boord, stierven ze over het algemeen binnen vier dagen na de vangst.
10. De sterfte die geassocieerd is aan het vangst-en-teruggooi proces stabiliseerde na 9 dagen.
11. De behandeling van vis door onderzoekers en de infrastructuur om vissen in te bewaren en in leven te houden heeft niet bijgedragen aan meer sterfte. Van de 160 controlevissen stierven 3 vissen. Maar chronische stress door de niet natuurlijke omstandigheden tijdens het in gevangenschap houden zijn niet uitgesloten.
12. Een status indicator zoals de vitaliteitsscore is een effectieve indicator voor de overleving van teruggegoide pladijs. Er is een sterk verband tussen de vitaliteitsscore en overleving. Een index voor de lichamelijke conditie (Fulton index) en de lengte spelen ook een rol.
13. Data collectie protocollen werden succesvol geharmoniseerd om gegevens van IMARES en ILVO samen te kunnen voegen.
14. Het combineren van evaluaties van zowel verwondingen en “reflex impairment” zorgt voor een holistische beschrijving van de vitaliteit van de vis.
15. Er kan een definitie geformuleerd worden op wat ‘hoge overlevingskans’ is, wanneer lengte- en vitaliteit schattingen van representatieve visserij condities geïntegreerd worden in het huidige bestandsevaluatie model voor pladijs voor een aantal jaren.
16. Voorafgaande berekeningen voorspelden een positief effect op de geschatte visserijsterfte onder het “Maximum Sustainable Yield” paradigma wanneer de overleving na teruggooi op of boven de 50% ligt.

2.2 Aanbevelingen

1. Het is aanbevolen om een combinatie van aanpassingen in het vangst- en verwerkingsproces (ontsnappingspaneel, kortere sleeptijd en sortering) te testen vanwege het potentieel om de overlevingskans van teruggegoide vis te verhogen (ten minste buiten het paaiseizoen en de zomer).
2. Het is aanbevolen om de visactiviteit van Belgische boomkorvaartuigen te inventariseren met betrekking tot het visgebied, seizoen en relevante parameters zoals sleeptijd, sorteertijd en mariene omgevingsvariabelen (het weer en temperaturen). Dit kan bijvoorbeeld via een “black box” systeem.
3. Het is aanbevolen om meerdere trips van >221 kW vaartuigen te bemonsteren. Dit om te testen of dat overleving laag is ongeacht de ruimtelijke en temporele effecten.
4. Het is aanbevolen om het potentieel aan gegevens over vitaliteit te verzamelen als onderdeel van het monitoren onder de EU richtlijn voor Data Collectie. In het bijzonder voor visserijen waar uitzonderingen voor soorten mogelijk zijn op basis van de overlevingskans (zie aanbeveling door WKMEDS3).
5. Het is aanbevolen om de otolieten te verzamelen voor leeftijdsbepaling.

3 Executive summary

Under the “high survival” exemption of the European landing obligation or so-called discard ban, monitoring of the vitality and survival of European flatfish is relevant in the discard-intensive (Belgian) beam trawl fishery. Quantifying post-release survival of European plaice (*Pleuronectes platessa*) has been given priority, because plaice is frequently discarded and fishers often consider this species to be resilient to commercial fishing capture stress. In this project, three Belgian beam trawlers were involved representing a i) coastal; ii) small (both with ≤ 221 kilo Watt [kW] engine-powered vessels); and iii) large (> 221 kW) fleet segments. The objectives were to:

- a) Quantify short-term survival of plaice discarded from commercial beam trawls;
- b) Identify key contributing factors that are associated with their survival; and
- c) Recommend operational and/or technical modifications to improve survival.

By manipulating an operational factor such as gear deployment duration and air exposure during on-board sorting, the relative importance of the individual processes during either the catching or sorting/handling phase on survival was quantified.

Approximately 0.3% of all Belgian beam-trawl fishing trips in 2015 and an even smaller fraction of all discarded plaice were assessed. In total, 12 trips, 99 trawl deployments and 1814 plaice were monitored. Of these, 906 fish from 46 trawl deployments were profiled for their post-capture condition by assessing injuries and reflex impairment without monitoring their post-capture fate (this combined assessment of reflex impairment and injuries is referred to as a vitality assessment). From the other 53 trawls, 908 fish were assessed for injury, reflex impairment and post-capture survival. Of these, 236 and 672 were randomly selected from short, < 40 min and conventional, ~ 60 min (≤ 221 kW vessel) or ~ 120 min (≥ 221 kW vessel) trawls, respectively. These plaice were monitored for an average of 15 days in captivity, alongside 160 control plaice. Before being placed in monitoring containers, plaice were scored for the severity of visible sustained injuries and reflex impairment. After placement in the containers, they were checked for their status (alive or dead) maximum 4-hourly or minimum daily intervals.

All but 3 control fish survived. Survival of plaice discarded from conventional trawls ranged between 43-57%, 10-26%, 3-5% (95% confidence interval) for trips of vessels from the coastal, small and large fleet segment, respectively. Variation in survival probability between trips was great: between $4\% \pm 2$ and $93\% \pm 4$ (estimated mean \pm SE) of plaice discarded from conventional trawls. Except for two trips, fish were monitored for an average of 15 days, until no more mortality attributable to the catch-and-discarding process was observed. Comparable monitoring observations were made concerning Dutch pulse trawlers, where post-release survival of plaice was most frequently estimated between 10 and 30% for > 221 kW vessels trawling for ~ 120 min. In contrast, plaice trawled-and-discarded by Belgian trawlers from shorter, < 40 min trawls were up to 18 times more likely to survive their capture and release, although shorter gear deployments did not always lead to improved survival.

Apart from trawl deployment duration, other relevant stressors that were associated with post-release survival included status indicators such as vitality score (combined injury and reflex

impairment), Fulton index, length, seawater temperature, and wave height. Least relevant were stressors during the handling-and-sorting phase such as <15 min air exposure on deck.

Adverse impacts of beam trawl capture and release may be reduced by combining modifications to gear, operational and handling procedures. For example, i) shortening trawl deployments; ii) improving selectivity by gear modifications and/or choosing when and where to fish, thereby avoiding areas and times of strong thermoclines and/or warm water, and iii) reducing on-board catch sorting times. In other words, practices that combine both technical and operational modifications by reducing impacts from extended trawling periods and/or large catch volumes and temperature differences reduction of time that the discards spend on deck may be the most promising approaches to maximize post-release survival of discarded plaice.

3.1 Research highlights

1. Across all sampled trips per vessel and fleet segment, survival of plaice discarded from conventional trawls ranged between 43-57%, 10-26%, 3-5% (95% confidence interval) for trips of the coastal, small and large fleet segment, respectively. These data are representative for the specific conditions during the sampled trips.
2. Approximately 0.3% of Belgian beam-trawl fishing activity (trips) were monitored, with an even smaller fraction of discarded plaice. We recommend not extrapolating or transferring these results to conditions (fisheries, areas, weather) that are beyond the ranges to those encountered during the 12 monitored trips.
3. Despite a disproportionately small sample, survival of 3 - 5% of plaice caught-and-discarded from a >221 kW beam trawler – was observed. This is the fleet segment with one of the largest efforts in Belgium.
4. Based on observations aboard both Belgian and Dutch beam trawlers, survival of plaice discarded from >221 kW vessels and monitored in captivity for at least 8 days was frequently estimated between 10 and 30%.
5. If trawl durations are restricted to <40 min as opposed to conventional ~60 or ~120 min, plaice are up to 18 times more likely to survive their capture and release.
6. Weather conditions played a role: seawater temperature was significantly associated with post-release mortality, and an interaction between trawl duration and wave height (for the data and analysis of the coastal trawler).
7. Air exposure on deck was not significant in its contribution to mortality.
8. Our estimates do not account for predation by scavenging seabirds and/or other predators, and may thus be overestimates of survival. Conversely, survival may have been underestimated by not being able to trace the fate of fish in their natural habitat. Both over- or underestimating biases are considered to be minor in comparison with the impact from trawl capture and release.
9. Fisheries-induced mortality is delayed. Although plaice caught by \leq 221 kW vessels were still alive on-board the vessel, they died most frequently within the first four days after discarding.
10. Mortality attributable to the capture-and-discard process stabilized after 10 days.
11. Researcher-related handling on deck and captive on-board and laboratory-based holding facilities were appropriately chosen and have not contributed to extra mortality. Out of 160 controls, 3 fish died.

12. Status indicators such as vitality scores provide an effective indicator for plaice discard survival. Vitality scores and survival were strongly correlated. Body condition (expressed as Fulton index) and total length were also important in their association with survival.
13. Data collection protocols have successfully been harmonized to allow the merging of data from Dutch and Belgian research institutes (IMARES and ILVO).
14. Combining assessments of both severity of external injury and reflex impairment provides a holistic descriptor of fish vitality.
15. A definition of “high survival” can be given as soon as length- and vitality-based estimates from representative fishing conditions are integrated into the current stock assessment model for plaice for a number of years.
16. A positive effect on fishing mortality estimates under the Maximum Sustainable Yield paradigm was noticeable for discard survival at or above 50%.

3.2 Recommendations

1. It is recommended to test a combination of both gear, operational and handling modifications, so that more discarded plaice may survive their catch and release (at least when discarded outside the spawning season and warmer summer months). For example, using bycatch reduction devices such as electrified release panels, deploying the gear for <120 min, and reducing catch sorting times.
2. It is recommended to inventorize fishing activity of Belgian beam trawlers with respect to fishing locality, season, and black box relevant parameters such as gear deployment duration and sorting times, and marine environmental conditions (weather and temperatures) using suitable sensor systems.
3. It is recommended to monitor additional trips of >221 kW vessels to test whether survival is consistently low regardless of spatio-temporal effects.
4. It is recommended that the potential to collect vitality data as part of ongoing monitoring under the EU Data Collection Framework is explored. Particularly in fisheries where species exemptions have been or are likely to be awarded on the basis of high survival (see recommendation by WKMEDS3, ICES, 2015).
5. It is recommended that otoliths are collected for age determination.

4 Lijst van tabellen

- Tabel 1. Relevante soorten waarvoor geschatte teruggooi cijfers beschikbaar zijn, het gebruikte materiaal en plaats van de studie, de literatuurreferenties, de tijdsperiode waarin teruggooi geregistreerd werd en de minimum- en maximum niveaus van overleving die waargenomen werden in deze studie (genomen uit tabel 4-3, STECF, 2014, pp. 16-19).
- Tabel 2. Totaal aantal Belgische boomkorvaartuigen, zeereizen en zeedagen ten opzicht van aantal deelnemende vaartuigen, zeereizen en zeedagen in project 'Overleving' opgedeeld in kW-klassen en geldig voor het jaar 2015.
- Tabel 3. Beschrijving van codes gebruikt om uiterlijke beschadiging en conditie van een vis te kunnen aantonen (gemodificeerd van van Beek et al., 1990; Benoit et al., 2010; zie ook ICES, 2014a, p. 21, Tabel 4.1; en ICES, 2014b, p. 31, tabel 4).
- Tabel 4. Lijst van geschikte kandidaat reflexen en reacties bij gezonde pladijs.
- Tabel 5. Observaties van relevante technische, milieu, en biologische variabelen (gemiddelde \pm standaard variatie) verzameld tijdens elke bemonsterde sleep van de uitgevoerde zeereizen binnen project 'Overleving'. n/a, niet gemeten.
- Tabel 6. Overzicht van de reflexen en verwondingen die worden gescoord tijdens elke uitgevoerde zeereis; n/a, niet gemeten.
- Tabel 7. Overzicht van overlevingspercentages per score tussen 0 en 1 (reflex impairment of vitaliteit).
- Tabel 8. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen (gemiddelde \pm standaardfout) van overleving bij teruggegooid pladijs tijdens de monitoring per trip, sleep en behandeling (korte vs conventionele sleeptijden). n/a, niet beschikbaar.
- Tabel 9. "Odds ratios" van pladijs die een sleep overleven bij zowel korte als conventionele sleeptijden. Odds ratios zijn berekend uit de verhouding van de aantallen levende vissen tegenover dode vissen voor zowel korte als conventionele slepen.
- Tabel 10. Lijst van 'generalized linear mixed models' (GLMM) die geschikt zijn voor de overlevingsdata van teruggegooid pladijs die in gevangenschap bemonsterd werd voor tenminste 9 dagen. De modellen (M1-M20) zijn weergegeven met Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$, berekend op basis van Δ_i AIC waarden. Modellen met hogere Akaike gewichten ω_i hebben meer empirische ondersteuning. Alle modellen bevatten de belangrijkste en willekeurige effecten van de gegeven variabelen bij het slepen.
- Tabel 11. Significantie van variabelen (blijvende effecten) en hun interacties van generalized linear mixed models (GLMM, models M1-M10) met de meeste empirische ondersteuning (Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$). GLMM's werden toegepast op de overlevingsdata van teruggegooid pladijs die in gevangenschap bemonsterd werden voor tenminste 9 dagen. Opgenomen factoren: vitaliteitsscore, totale lengte, sleeptijd, golfhoogte, zeewatertemperatuur en blootstelling aan lucht of sorteerplaats.
- Tabel 12. Significantie van variabelen (blijvende effecten) en hun interacties generalized linear mixed models (GLMM, models M1-M10) met de meeste empirische ondersteuning (Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$). GLMM's werden aangepast aan de overlevingsdata van teruggegooid pladijs die in gevangenschap bemonsterd werden voor tenminste 9 dagen. Opgenomen factoren: vitaliteitsscore, totale lengte, sleeptijd, golfhoogte, Fulton index en blootstelling aan lucht of sorteerplaats.

5 Lijst van figuren

- Figuur 1. Afbeelding van een bakkenrek (152 cm L x 59 cm D x 160 cm H) die wordt gebruikt aan boord om vissen in elke van 16 30-L PVC-kunststofbakjes (60 cm L x 40 cm W x 12 H cm) op te volgen.
- Figuur 2. Frequentieverdeling van lengteklassen van alle a) bemonsterde pladijs binnen het project 'Overleving' ten opzicht van b) de geschatte totale hoeveelheid van teruggooi (rode lijn) en aanlanding (blauwe lijn) van pladijs in de Belgische boomkorvisserij (80 mm) in de Noordzee, gebaseerd op waarnemers reizen in 2014.
- Figuur 3. Frequentieverdeling van lengteklassen van bemonsterde pladijs die per zeereis in het bakkenrek is geplaatst en opgevolgd voor hun overleving.
- Figuur 4. Registraties van zeewatertemperatuur (a) en opgeloste zuurstof (b) tussen de 10de en 90ste percentiel in laboratorium-gebaseerde 124-L (witte balken) en aan boord 30-L PVC kunststofbakken (grijze balken). De lijn in het midden is de mediaan.
- Figuur 5. Consistentie van één waarnemer (zwarte balken) met een collega waarnemer (grijs) in het herkennen van reacties van kandidaat reflexen van gezonde laboratorium geacclimatiseerde pladijs (n = 18 vis). Reflexen zoals weerstand, schrikreactie en hoofd (enkel pladijs) met proporties reflex impairment >0,5 werden beschouwd als ongeschikte kandidaat reflexen.
- Figuur 6. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overlevingskansen (%) tijdens monitoring voor de aangegeven niveaus van impairment (a), vitaliteit (b), lengte (c), Fulton index (d), slaaptijd (e), golfhoogte (f), totale vangst (g), zeewatertemperatuur (h), behandeling (i), luchttemperatuur (j), behandelingstijd (k), sorteertijd (l), blootstelling aan lucht (m) en batch (n).
- Figuur 7. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overleving van teruggewooide pladijs bij conventionele slepen (>60 en >120 min) van zowel Nederlandse puls en Belgische wekkerketting boomkorvaartuigen (figuur van Marlen et al., 2016).
- Figuur 8. Overleving van pladijs na teruggooi (%) tijdens reis 1 (a) en reis 2 (b) na 3 dagen (72 uur) monitoring aan boord van het onderzoekvaartuig (R/V Belgica). Met twee boomkorren van 4 meter met aan één kant het (elektrisch) ontsnappingspaneel (eBRP, witte symbolen) geïnstalleerd heeft en aan de andere kant een conventioneel net (donkere symbolen). Tijdens elke reis worden twee slepen bemonsterd (sleep 1 – cirkel symbool; sleep 2 – driehoek symbool). Voor elke behandeling en sleep werd de vangsthoeveelheid in kilo gegeven.
- Figuur 9. Geschatte teruggooi van pladijs (a); rekrutering (millions) (b); paaibestand (c); en selectiviteit (d) van de veronderstelde overleving van teruggewooide pladijs waarvan het bereik ligt tussen de 0 en 100% (Miller en Verkempynck, 2015).
- Figuur 10. Geschatte visserijsterfte bij de maximale duurzame oogst (a, F_{msy}) en totale vangstquota (b, TAC) voor de overleving van teruggewooide pladijs met een bereik tussen 0 en 100% (Miller en Verkempynck, 2015).

6 Inleiding

Onder de conventie voor Biologische Diversiteit (CBD) hebben landen er zich toe gewijd om acties uit te voeren voor het duurzaam gebruik van natuurlijke bronnen om de biodiversiteit te behouden (Perrings et al., 2010). Het reduceren van overbevissing en destructieve vistechnieken is één van hun doelstellingen. Om dit te kunnen bereiken is het Europese Gemeenschappelijke Visserijbeleid (GVB) hervormd om een rendabele visserij sector te creëren en tegelijk de mariene visbestanden gezond te houden. Een hoeksteen van de hervorming is de aanlandplicht van alle vangsten waarvoor een quota bestaat. Deze maatregel heeft als doel om de visserijsterfte te reduceren en de selectiviteit te verbeteren. Dit kan echter resulteren in ongewenste hogere visserijsterfte doordat de vis geen kans meer heeft op overleving na teruggooi. Daarom is een uitzonderingsregel mogelijk, welke soorten met hoge overlevingskansen vrijstelt van de aanlandplicht. Het inschatten van overleving na teruggooi is daarom van belang voor de visserijsector en het beleid. Het project 'Overleving' werd opgestart naar aanleiding van de aanlandplicht – ook wel 'discard ban' genoemd – die door de EU gefaseerd wordt ingevoerd in het Gemeenschappelijk Visserijbeleid vanaf januari 2015. De aanlandplicht mag echter in geen geval leiden tot het verhogen van de visserijsterfte. Als wetenschappelijk aangetoond kan worden dat ondermaatse vissen de vangst, het sorteren en het overboord gooien kunnen overleven, dan voorziet de wetgeving in een uitzonderingsmaatregel voor de aanlandplicht. Het doel van het project was dan ook om na te gaan hoe groot de overlevingskansen zijn van de belangrijkste doelsoorten van de Belgische visserij; de platvissen. Vooral pladijs (*Pleuronectes platessa*) waarvan geschat wordt dat deze voor 30% uitmaakt van de 100 000 – 350 000 ton teruggewoide vis in de Noordzee (Heath en Cook, 2015).

Om de overleving van pladijs te bepalen werden twee onderzoeksstrategieën toegepast. Bij de eerste strategie werd pladijs verzameld tijdens het sorteerproces aan boord van boomkorvaartuigen (commerciële zeezeisen). Van de verzamelde vissen werd kort nadat de vangst is opgehaald de verhouding dode en levende vis bepaald. Vervolgens ging een deel van de opgevisste en nog levende vis gedurende de zeezeis in een bakkensysteem dat op het dek was gemonteerd. Dat systeem bestond uit een container die twee rekken bevat waarvan elk rek bestaat uit 8 schuiven met kunststofbakjes waarin de vissen werden gehouden. Elk bakje is gekoppeld aan een centrale instroom van zeewater, zodat de doorstroming en de waterkwaliteit optimaal blijven en extra stress geminimaliseerd werd. Aan het eind van de zeezeis werden alle nog levende vissen naar aquaria in het laboratorium te Oostende vervoerd om ze daar verder te kunnen monitoren. Op regelmatige tijdstippen werd de overleving van de vissen in die bakjes gecontroleerd. Tijdens het vangst- en sorteerproces werden zowel technische-, biologische- en omgevingsfactoren bijgehouden ten behoeve van de verdere analyse van de overlevingsdata.

Een tweede strategie bestond uit de toepassing van de "Reflex – Action – Mortality – Predictor" methode (RAMP). Deze methode gebruikt de aanwezigheid van reflexen en verwondingen als indicator voor de overlevingskans van de vis. Wanneer voor een soort het verband tussen RAMP-score en overlevingskans vaststaat, zal het in de toekomst mogelijk zijn om de overleving van (plat)vissen direct te voorspellen op basis van reflexmetingen zonder een tijdrovend en duur monitoringsproces uit te voeren, onder voorbehoud dat het vangstproces aan boord onder vergelijkbare omstandigheden gebeurt.

De resultaten uit dit project moeten wetenschappelijk onderbouwde schattingen opleveren over de overlevingskans van pladijs die overboord werd gezet. De resultaten zullen worden opgenomen in de regionale discardplannen en dienen als ondersteuning bij de eventuele aanvragen van een uitzonderingsmaatregel.

6.1 Europees beleid en de aanlandplicht

Artikel 13 van het Gemeenschappelijke Visserijbeleid beschrijft de specifieke voorwaarden van de aanlandplicht. De aanlandplicht wordt gefaseerd ingevoerd vanaf januari 2015. Vanaf 1 januari 2016 zijn de volgende demersale métiers onderhevig aan de regel: OTB, OTT, OT, PTB, PT, TBN, TBS, OTM, PTM, TMS, TM, TX, SDN, SSC, SPR, TB, SX en SV; met maaswijdte van >100 mm voor alle vangsten van koolvis (wanneer doelsoort), pladijs en schelvis. Boomkorvaartuigen: TBB, >120 mm voor alle vangsten van pladijs en alle bijvangsten van Noorse garnaal. Paragraaf 2(b) in Artikel 15 beschrijft welke soorten voor een uitzondering in aanmerking komen op de aanlandplicht: “species for which scientific evidence demonstrates high survival rates, taking into account the characteristics of the gear, of the fishing practices and of the ecosystem”. Artikel 15 van het Gemeenschappelijke Visserijbeleid (EEC, 2013) zegt dat als de overlevingskans voor een bepaalde soort hoog genoeg is en dit op een wetenschappelijke manier kan aangetoond worden, dan is deze soort uitgezonderd voor de aanlandplicht en mag deze teruggegooid worden na vangst. Helaas zijn er geen criteria gedefinieerd om ‘hoge overleving’ te bepalen. De schattingen die van overleving verzameld werden in deze en andere recente studies zouden als basis kunnen dienen voor een antwoord op de cruciale vraag wat ‘hoge overleving’ inhoud. Daarbij moeten zowel de socio-economische en ecologische consequenties en risico’s voorzichtig overwogen worden in bestandsevaluaties, ecosysteem modellen en socio-economische kosten-batenanalyses. Op verzoek van STECF zijn er verkennende literatuur studies gedaan om een inzicht te verkrijgen in welke cijfers al reeds zijn verzameld door veldonderzoek (tabel 1). Het STECF heeft de samengestelde informatie echter niet kritisch genoeg beoordeeld. Door het minimum- en maximum bereik te presenteren zonder te specificeren of deze schattingen daadwerkelijk waarnemingen representeren nadat visserij gerelateerde mortaliteit is afgenomen en noch het type variantie te specificeren (standaardfout, standaardafwijking of betrouwbaarheidsinterval), worden deze onbruikbaar voor beleidsadvies. De aanlandplicht heeft een focus op visserijen waarbij meerdere vistechnieken gedefinieerd worden, terwijl het STECF in de context van overleving zegt dat het zowel een milieuvraagstuk is, om soorten (conditie) en om vistuig gaat.

De overleving van teruggegooid vis wordt meestal beïnvloed door de gebruikte vistechniek, natuurlijke omstandigheden en biologische kenmerken zoals de fysieke gezondheid, lengte en geslacht. Bij wild gevangen vis kunnen verschillende stressoren de mortaliteitskans van de vis beïnvloeden waarbij het niet optreden van reflexen (EN: ‘impairment’) en/of de aanwezigheid van verwondingen mogelijk in een lineaire verband staat met de grootte van de stressoren (Davis, 2007). In een dergelijk geval kunnen reflex- en verwondingsscores voorspellend zijn voor mortaliteit na vrijlating in een RAMP evaluatie (Davis, 2010; Barkley en Cadrin, 2012). Als reflex impairment en aanwezigheid van verwonding in commercieel gevangen en teruggegooid pladijs indicatief is voor hun overleving na vrijlating, dan zou van een groot aantal individuen onder veel verschillende visserijcondities de vitaliteit gemeten kunnen worden tijdens bestaande initiatieven voor data verzameling programma’s

op zee (Benoît et al., 2012; ICES, 2015). Deze vitaliteitsdata zou gebruikt kunnen worden als een indicatie voor overleving wanneer ze gecombineerd wordt met waarnemingen van gevangen of gemerkte dieren en zou de implementatie van de aanlandplicht kunnen faciliteren.

Veel boomkorvissers zijn ervan overtuigd dat platvis zoals pladijs voldoende robuust zijn om de vangst en teruggooi bij deze vistechiek te overleven. Een uitzondering op basis van een hoge 'overlevingskans' in plaats van de verplichting om alle maten aan boord te houden zou de haalbaarheid voor de industrie kunnen faciliteren. Er is bewijs dat sommige pladijs de boomkorvisserij overleven, alhoewel de eerste onderzoeken een lage kans inschatten (15%, van Beek et al., 1990; tabel 1). Zoals bij andere platvissen is ook bij pladijs een zwemblaas afwezig en zou er enige tolerantie voor stress en fysieke schade zijn bij vangst en teruggooi, zelfs bij zware boomkorvisserij (Revill et al., 2013; Depestele et al., 2014a).

Tabel 1. Relevante soorten waarvoor geschatte teruggooi cijfers beschikbaar zijn, het gebruikte materiaal en plaats van de studie, de literatuurreferenties, de tijdsperiode waarin teruggooi geregistreerd werd en de minimum en maximum niveaus van overleving die waargenomen werden in deze studie (genomen uit tabel 4-3, STECF, 2014, pp. 16-19).

Table 4-3 Relevant species for which discard survival estimates are available, the gear and location of the study, the literature reference, the time period of observation from the point of discarding and the minimum and maximum levels of survival observed in the study.

Species	Common name	Gear	Location	Reference	Observation period	Min of Discard survival lower limit	Max of Discard survival rate higher limit
Elasmobranch	Other demersal elasmobranchs	Longline	Canada	Benoit and Hurlbut (2010)	2 days	96	96
Elasmobranch	Rays and skates	Otter trawl	U.K.	Enever et al. (2009)	3 days	55	55
Elasmobranch	Rays and skates	Beam trawl	U.K.	Revill et al. (2005)	2.5 days	92	100
Elasmobranch	Rays and skates	Fish trawl	Spain	Rodriguez-Cabello et al. (2005)	1 hour	78	78
Elasmobranch	Rays and skates	Gillnet	U.S.A.	Hueter et al. (2006)	Tagging	60	69
Elasmobranch	Rays and skates	Hook and line	U.S.A.	Gurshin and Szedlmayer (2004)	6 hours	90	90
Elasmobranch	Rays and skates	Otter trawl	U.K.	Enever et al. (2010)	2 days	55	67
Elasmobranch	Rays and skates	Otter trawl	U.S.A.	Mandelman and Farrington (2006)	3 days	80	100
Elasmobranch	Rays and skates	Squid trawl	Falkland Islands	Laptikhovsky (2004)	3 hours	0	71
Gadus morhua	Cod	Beam trawl ("eurocutter")	Belgium	Depestele et al. (2014)	88h	66	72
Gadus morhua	Cod	Otter trawl	Canada	Benoit et al. (2012)	14-110 hours	19	45
Gadus morhua	Cod	Otter trawl	Canada	Jean (1963)	1 hour	0	100
Gadus morhua	Cod	Hand line	Iceland	Pálsson et al. (2003)	8 days	43	43
Gadus morhua	Cod	Hand line	Iceland	Pálsson et al. (2003)	9 days	68	68

Species	Common name	Gear	Location	Reference	Observation period	Min of Discard survival lower limit	Max of Discard survival rate higher limit
<i>Gadus morhua</i>	Cod	Longlines & Jigging	U.S.A.	Milliken et al., 2009	3 days	31	100
<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	Witch	Otter trawl	Canada	Benoit et al. (2012)	14-110 hours	0	0
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	Atlantic halibut	Otter trawl	Canada	Neilson et al. (1989)	Predicted	7	89
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	Atlantic halibut	Longline	Canada	Benoit and Hurlbut (2010)	2 days	96	96
<i>Limanda limanda</i>	Common dab	Otter trawl	Germany	Berghahn (1990)	5 days	65	100
<i>Limanda limanda</i>	Common dab	Otter trawl	Germany	Kelle (1976)	7 days	1	58
<i>Limanda limanda</i>	Common dab	Otter trawl	North Sea	Berghahn et al. (1992)	5 days	33	100
<i>Limanda limanda</i>	Common dab	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	133-158h	33	33
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Haddock	Otter trawl	Canada	Beamish (1966)	12 hours	22	93
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Haddock	Otter trawl	Denmark	Hilop and Hemmings (1971)	12 days	35	88
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Haddock	Pelagic long line	Norway	Huse and Soldal (2002)	7-11 days	47	61
<i>Merlangius merlangus</i>	Whiting	Otter trawl	North Sea	Berghahn et al. (1992)	5 days	0	35
<i>Microstomus kitt</i>	Lemon sole	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	133-158h	0	0
<i>Nephrops norvegicus</i>	Norway lobster	Otter trawl	Irish sea	Symonds and Simpson (1971)	1 hour	44	88
<i>Nephrops norvegicus</i>	Norway lobster	Otter trawl	Portugal	Castro et al. (2003)	5-9 days	12	60
<i>Nephrops norvegicus</i>	Norway lobster	Otter trawl	U.K.	Evans et al. (1994)	4 hours	21	85
<i>Nephrops norvegicus</i>	Norway lobster	Otter trawl	U.K.	Wileman <i>et al</i> (1999)	11-25 days	27	33

Species	Common name	Gear	Location	Reference	Observation period	Min of Discard survival lower limit	Max of Discard survival rate higher limit
<i>Nephrops norvegicus</i>	Norway lobster	Otter trawl	Bay of Biscay	Méhault et al. (2011)	3 days	45	65
<i>Platichthys flesus</i>	Flounder	Otter trawl	North Sea	Berghahn et al. (1992)	5 days	34	100
<i>Platichthys flesus</i>	Flounder	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	133-158h	0	0
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Beam trawl	English Channel	Revill et al. (2013)	3 days	37.3	79.6
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Beam trawl ("eurocutter")	Belgium	Depestele et al. (2014)	77h	48	69
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Otter trawl	Germany	Kelle (1976)	7 days	12	70
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Otter trawl	North Sea	Berghahn et al. (1992)	5 days	0	100
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Otter trawl	The Netherlands	van Beek et al. (1990)	3.5 days	0	48
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	71h; 133-158h;157h	0	80
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2005)	192h	12	59
<i>Pollachius virens</i>	Saithe	Otter trawl	U.S.A.	Ross and Hokenson (1997)	2 hours	48	89
<i>Psetta maxima</i>	Turbot	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	133-158h	0	0
<i>Solea solea</i>	Sole	Otter trawl	North Sea	Berghahn et al. (1992)	5 days	71	100
<i>Solea solea</i>	Sole	Beam trawl	English Channel	Revill et al. (2013)	3 days	53.1	76.4
<i>Solea solea</i>	Sole	Beam trawl ("eurocutter")	Belgium	Depestele et al. (2014)	91h	14	29
<i>Solea solea</i>	Sole	Demersal trawl	Germany	Kelle (1976)	7 days	33	59
<i>Solea solea</i>	Sole	Demersal trawl	North Sea	Berghahn et al.	5 days	71	100

Species	Common name	Gear	Location	Reference	Observation period	Min of Discard survival lower limit	Max of Discard survival rate higher limit
				(1992)			
Solea solea	Sole	Demersal trawl	The Netherlands	van Beek et al. (1990)	3.5 days	4	37
Solea solea	Sole	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2013)	36h; 72h; 133-158h; 204h	27	70
Solea solea	Sole	Pulse beam trawl	North Sea	van Marlen et al. (2005)	192h	17	54
Squalus acanthias	Spurdog	Otter trawl	U.S.A.	Mandelman and Farrington (2006)	3 days	80	100

In combinatie met operationele karakteristieken en de gegeven weerscondities kan pladijs verschillen in fysieke conditie, lengte en leeftijdsopbouw afhankelijk van het seizoen en de locatie. Het energie budget wordt beïnvloed door activiteitspatronen en de reproductie cycli (Hunter et al., 2004; Rijnsdorp en Ibeling, 1989). De Noordzee pladijs schiet zijn kuit van eind december tot begin april (Harding et al., 1978).

Er wordt geschat dat in de gehele Noordzee jaarlijks ongeveer 26 ton pladijs teruggegooid wordt (~43% van alle aangelande pladijs) door de boomkorvisserij (STECF, 2014). Veel boomkorvissers vrezen dat de aanlandplicht hun activiteit niet meer rendabel zal maken als grote hoeveelheden (ondermaatse) pladijs aan boord bewaard moeten worden naast de meer waardevolle maatse vis. Er zijn, vooral voor het vlootsegment vissend op tong met 80 mm maaswijdte, momenteel geen technische maatregelen die de selectiviteit kunnen verbeteren om de bijvangst van pladijs te vermijden (STECF, 2014), hoewel er wel enkele hoopgevende resultaten zijn geboekt (van Craeynest et al., 2013; van Marlen et al., 2009; van Marlen et al., 2013a). Regionale adviesgroepen zouden daardoor kunnen zoeken naar een uitzondering voor pladijs op grond van ‘*de minimis*’ of ‘hoge overleving’. Als de selectiviteit niet verbeterd kan worden tot op wat geschat wordt als de gemiddelde overlevingskans voor deze soort, zou deze visserij beter af zijn zonder teruggooi verbod, dan in een aanlandplicht scenario (D.C.M. Miller, pers. com.).

6.2 Doelstellingen

De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

- a) Het kwantificeren van verwonding, reflex impairment en overleving op korte termijn van teruggegooid pladijs in de commerciële boomkorvisserij;
- b) Het identificeren van de belangrijkste factoren die geassocieerd zijn met de overleving en;
- c) Het aanbevelen van operationele en technische aanpassingen die de overlevingskans van teruggegooid pladijs kunnen verhogen

Het doel van de producentenorganisatie (Rederscentrale) is om tot een uitzonderingsaanvraag voor de aanlandplicht te komen op basis van ‘hoge overleving’.

7 Materiaal en Methodes

7.1 Visserij

In 2015 waren 88 vaartuigen actief in de Belgische boomkorvisserij (tabel 2). Binnen de boomkorvisserij worden hier vier kilo Watt (kW)- klassen onderscheiden (tabel 2) waarbij de eerste twee klassen behoren tot het klein vlootsegment (kW \leq 221, inclusief kustvissers). Deze klassen omvatten de kustvissers en het klein vlootsegment (KVS), maar alleen de kustvissers mogen binnen de twaalfmijlszone vissen. Kustvissers mogen wettelijk maximum 48 uur aansluitend op zee zijn. Vaartuigen binnen het klein vloot segment zijn polyvalente boomkorvaartuigen en zijn technisch geschikt of kunnen aangepast worden om te vissen op tong, pladijs en garnaal en desnoods zelfs op rondvis en kreeftjes. De overige twee klassen behoren tot het grote vlootsegment (GVS) (kW \geq 221). De grote boomkorvaartuigen (\geq 810 kW) zijn gespecialiseerd in het vangen van platvis en zijn verantwoordelijk voor 55% van de totale Belgische aanvoer (Tessens et al., 2014). In 2014 werden door het KVS bijna driemaal zoveel zeereizen ondernomen als door het GVS, maar de gemiddelde duur van een reis varieerde van 1 à 2 dagen voor kustvissers, tot 3 à 4 dagen voor kotters uit het klein vlootsegment, en tot 6 à 8 dagen voor de boomkorvaartuigen uit het groot vlootsegment.

De belangrijkste aangevoerde soorten in de Belgische visserij zijn pladijs en tong. In 2014 bereikte pladijs met een aanvoer van 8449 ton de hoogste waarde van de afgelopen vijf jaar. Bij tong valt er daarentegen een variabele trend waar te nemen: van 3815 ton in 2009 tot 2768 ton in 2013, om dan weer te stijgen tot 3.471 ton in 2014. Pladijs en tong nemen in 2014 respectievelijk 35% en 14% van de aanvoerwaarde voor hun rekening (Tessens et al., 2014). In dit project ligt de focus op pladijs, de belangrijkste aangevoerde Belgische vissoort in hoeveelheid.

De belangrijkste visgronden in 2014 waren qua volume in dalende volgorde: Noordzee Centraal (IVb), Kanaal Oost (VIb), Noordzee Zuid (IVc), Bristol Kanaal (VIIf) en de Keltische Zee (VIIg). Ook qua aanvoerwaarde was de Noordzee het belangrijkste gebied (IVbc), gevolgd door het Oostelijk Kanaal (VIb), Bristol Kanaal (VIIf) en Keltische zee (VIIg) (Tessens et al., 2014).

Voor het project 'Overleving' werd pladijs verzameld tijdens commerciële zeereizen met Belgische boomkorvaartuigen. Om die reden werd bij begin van het project een rondbrief (bijlage 1) verstuurd naar alle leden van de Rederscentrale met de vraag tot participatie in het project indien de aangeschreven vaartuigen aan de gestelde eisen voldeden, zoals voldoende ruimte voor personeel en materiaal. Van alle aangeschreven vaartuigen dienden vijf vaartuigen zich aan als kandidaat. Door beschikbaarheid gedurende het jaar werden zeereizen uitgevoerd met drie van deze vijf vaartuigen: een kustvaartuig (\leq 221 kW motorvermogen), een vaartuig uit het klein vlootsegment (\leq 221 kW) en een vaartuig van het GVS. Met het laatst vermelde vaartuig werden twee zeereizen uitgevoerd in de zomer van 2015, wat overeenkomt met 0.2% van het totaal aantal zeereizen in deze kW-klasse, gebaseerd op reizen die uitgevoerd zijn in 2015 (tabel 2). Met zowel het kustvaartuig als het vaartuig uit het klein vlootsegment (200-221 kW) werden vijf zeereizen uitgevoerd in een periode van november 2014 tot september 2015. Dit aantal komt overeen met 0.4% van het totaal aantal zeereizen in deze kW-klasse, uitgevoerd in 2015 (tabel 2).

Tabel 2. Totaal aantal Belgische boomkorvaartuigen, zeereizen en zeedagen ten opzicht van aantal deelnemende vaartuigen, zeereizen en zeedagen in project 'Overleving' opgedeeld in kW-klassen en geldig voor het jaar 2015.

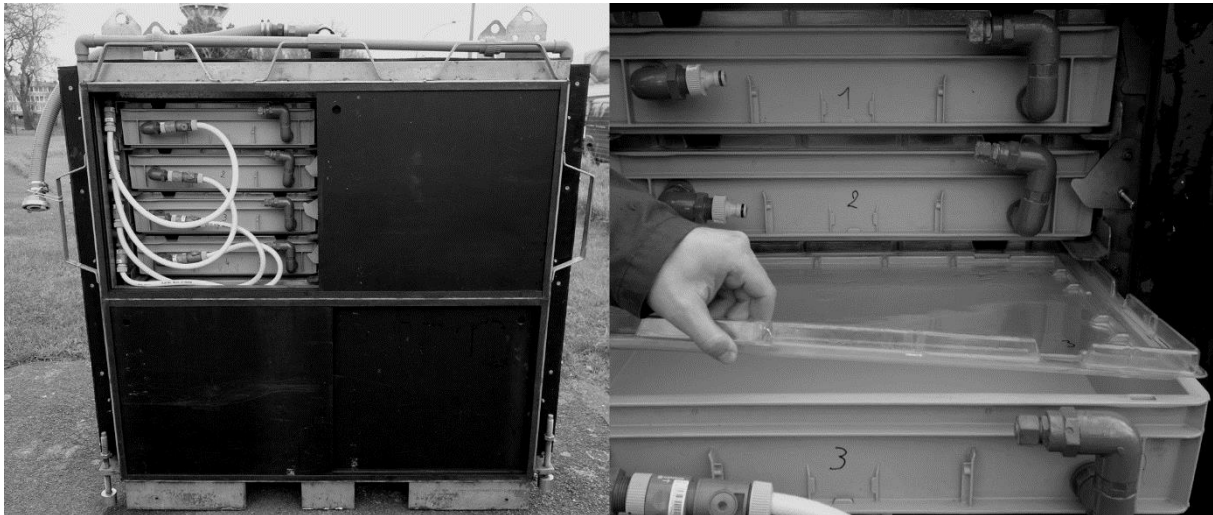
Vloot segment	kW-klasse	Aantal Vaartuigen		Aantal Zeereizen		Aantal Zeedagen	
		België	Project	België	Project	België	Project
<221 kW	<200	4	0	373	0	719	0
	200 – 221	42	2	2687	10	6872	25
>221 kW	222 – 809	7	0	188	0	1420	0
	> 809	35	1	1054	2	6711	16

De 12 experimentele zeereizen werden uitgevoerd op drie verschillende visgronden: IVc (kustvaartuig), IVb (GVS) en VIIb (vaartuig uit klein vlootsegment). Deze drie visgronden zijn ook de drie belangrijkste visgronden qua volume en aanvoer voor de Belgische visserij in 2014 (Tessens et al., 2014).

7.2 Materiaal

7.2.1 Materiaal aan boord

Voor elke zeereis werd een bakkenrek (152 cm L x 59 cm D x 160 cm H) geïnstalleerd op het middendek of het achterdek van het vaartuig. Twee bakkenrekken werden gebruikt tijdens de tweede reis met het vaartuig uit het groot vlootsegment. De bakkenrek unit werd gebruikt om de vissen gedurende de zeereis in onder te brengen en de sterfte van de vissen te volgen. De uiteindelijke uitvoering bestond uit een container rek unit, die bestond uit twee kolommen. Elke kolom bestond uit 8 schuiven, waarin 30-L PVC-kunststofbakjes (60 cm L x 40 cm W x 12 H cm) met transparante deksels werden geschoven (figuur 1). In elk bakje werden pladijzen geplaatst afkomstig van dezelfde sleep en sorteerplaats (stortbak, start-, midden-, einde van het sorteerproces) met een dichtheid van <math><5 \text{ kg/m}^2</math> in groepjes van vijf pladijzen per 30-L bak. Om op een efficiënte manier de toestand van de vissen te kunnen monitoren, werden in elke schuif glijprofielen aangebracht, waardoor de bakjes eenvoudig in- en uitgeschoven konden worden. Verder had elk bakje twee tankaansluitingen: een instroomaansluiting die gekoppeld was aan een centrale instroom van zeewater en een uitstroomaansluiting. Alle bakjes werden zo voorzien van doorstromend water waardoor de waterkwaliteit optimaal bleef en extra stress van de vissen geminimaliseerd werd. Tenslotte was de buitenwand van de container voorzien van schuifdeuren. Deze beschermen de bakjes tegen externe factoren zoals zonnestraling, golfslag, trilling en het geluid van de motoren. Het totale gewicht van één unit bedroeg ~800 kg met en ~355 kg zonder vis en zeewater.



Figuur 1. Afbeelding van een bakkenrek (152 cm L x 59 cm D x 160 cm H) die wordt gebruikt om vissen in elk van de 16 30-L PVC-kunststofbakjes (60 cm L x 40 cm W x 12 H cm) op te volgen aan boord.

7.2.2 Materiaal labo

Wanneer het vaartuig de haven binnen voer werd in elk bakje de waterafvoer geblokkeerd en de watertoevoer stopgezet om het risico van een nadelig effect van potentieel vervuild zee(haven)water op de pladijzen te vermijden. In elk bakje wordt een Oxytab zuurstoftablet toegevoegd zodat geen zuurstoftekort kon optreden in de periode van aanmeren (tussen 30 en 60 min). Eénmaal aan wal werd de bakkenrek binnen de 10 minuten getransporteerd naar de onderzoeksfaciliteiten. De pladijzen uit een 30-L kunststofbakje van het bakkenrek werden verplaatst naar een 124-L monitoringsbak in het labo. De temperatuur van het zeewater in deze monitoringsbakken was zo goed mogelijk aangepast aan de temperatuur van het zeewater in de Noordzee en elk bakje was voorzien van een aparte zuurstofaanvoer. Na 7 dagen monitoring werden de pladijzen gevoederd met garnaal (*Crangon crangon*). Tijdens het monitoren werd dode vis en het overschot aan garnaal uit de bakken verwijderd. Met een YSI meter werd de temperatuur, zuurstof- en zoutgehalte tijdens de monitoringsperiode gecontroleerd. Het water recirculatie systeem van de monitoringsbakken is beschreven door Soetaert et al. (2015a).

7.3 Ethische verklaring

Dit onderzoek werd verricht in een onderzoekslaboratorium in België en aan boord van commerciële boomkorvaartuigen die actief zijn in het zuidelijke gedeelte van de Noordzee conform de vergunningen voor onderzoek van het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO). Dienst Zeevisserij en de Zeevaartinspectie verleenden toelating aan de onderzoekers om mee te varen en ondermaatse vis aan boord te houden. In deze studie zijn geen bedreigde of beschermde diersoorten betrokken. De goedkeuring voor dierenethiek werd verleent door de Ethische Commissie voor Dierenwelzijn van het ILVO (EC2014/226).

7.4 Controlevis

De huisvesting van vis in de bakkenrekken mag geen fatale effecten hebben op de opgeslagen vis. Daarom zijn de bakkenunits conform internationale eisen (ICES, 2014a) ontworpen en uitvoerig getest met kweekvis in het labo. Verder werden, indien het praktisch mogelijk was, bij

elke zeereis controlevissen meegenomen. Deze pladijzen werden gevangen met korte slepen (<40min) door een 3-m garnalen boomkor in de Noordzee aan boord van de RV 'Simon Stevin' in april, augustus, september 2014 en mei 2015. Deze vissen werden binnen 30 min overgebracht naar de ILVO-monitoringsbakken waar ze gevoederd werden en konden acclimatiseren voor ten minste 4 weken.

Net voor het inschepen bij een nieuwe reis met een deelnemend vaartuig werden 20 controlevissen verdeeld over 5 plasticen zakken gevuld met zeewater en voorzien van 2 zuurstoftabletten. Bij het verlaten van de haven werd het bakkenrek van zeewater voorzien. Vervolgens werden de pladijzen uit de zakken gehaald en verdeeld over vier bakken in het bakkenrek. Om de invloed van omgevingsvariabelen op de pladijzen in de unit niet te onderschatten werden controles geplaatst in bakjes bovenaan, onderaan en in het midden van het bakkenrek.

7.5 Experimentele opzet en protocol

Om i) verwonding, reflex impairment en de sterfte bij teruggooi te kwantificeren en ii) de belangrijkste factoren te identificeren werd gekozen voor een experimentele *in situ* opzet met een "factorial design". De sleeptijd werd voor alle trips aangepast binnen het bereik van de commerciële visserij condities. Er werd tenminste één korte (<40 min) sleep gedaan naast de conventionele slepen van een reis, met als doel het effect van de sleepduur op overleving te kunnen analyseren. De blootstelling van elke bemonsterde vis aan lucht varieerde en geeft het bereik weer van de gehele periode waaraan vissen gedurende het sorteerproces werden blootgesteld. Door het aanpassen van een operationele factor zoals sleeptijd en de behandeling aan boord (i.e., blootstelling aan lucht) kon het relatieve belang van werkzaamheden gedurende de vangst of behandeling aan dek op overleving gekwantificeerd worden.

Tijdens iedere trip werd data verzameld, zoals beschreven staat in het protocol (bijlage 2). Van elke bemonsterde sleep werden de volgende technische-, omgevings- en biologische data genoteerd op de datasheets (treklijst, bijlage 3a): visgebied, sleepduur, windsterkte, gemiddelde waterdiepte en gewicht van de totale vangst. Deze gewichten werden geschat in kg en indien nodig werden het aantal manden omgerekend naar gewichten door middel van een factor van 35 kg. Bijkomende metingen zoals golfhoogte, lucht- en zeewatertemperatuur werden door de schipper genoteerd of verkregen door registraties van de dichtstbijzijnde gelegen weerstations (Vlaamse Overheid, 2015; Uhlmann et al., 2016).

Van elke bemonsterde sleep werden telkens groepjes van vijf pladijzen willekeurig verzameld en in een 10-L emmer met zeewater geplaatst. De eerste vijf pladijzen werden willekeurig verzameld uit de stortbak waarin de vangst gelost werd. De overige drie keer, werden 5 pladijzen willekeurig verzameld van de sorteerband in het begin, midden en einde van het sorteerproces. Tijdstippen werden genoteerd wanneer pladijs werd verzameld en getest. De blootstelling aan lucht is het tijdsinterval tussen het tijdstip dat pladijs aan dek kwam en in een emmer, gevuld met zeewater kwam. Bij dit interval werd nog één derde van de 60 sec reflextesttijd toegevoegd, omdat één derde van de reflexen niet in water werd uitgevoerd.

Na het verzamelen werd elke pladijs door dezelfde waarnemer ingedeeld in een schadeklasse (genoemd "A/B/C/D", gebaseerd op van Beek, 1990; Benoit et al., 2010, ICES, 2014a; tabel 3) en gescoord op reflextesten en verwondingen (zie 7.6 'Vitaliteitsonderzoek', datasheet 'reflexen',

bijlage 3b) binnen een met zeewater gevulde 30-L PVC-kunststofbak (60 cm L x 40 cm W x 12 H cm).

Tabel 3. Beschrijving van codes gebruikt om uiterlijke beschadiging en conditie van een vis te kunnen aantonen (gemodificeerd van Beek et al., 1990; Benoit et al., 2010; zie ook ICES, 2014a, p; 21, tabel 4.1; en ICES, 2014b, p. 31, tabel 4).

Vitaliteit	Code	Beschrijving
Uitstekend	A	Krachtige lichaamsbeweging; geen of enkel kleine externe verwondingen.
Goed/redelijk	B	Flauwe lichaamsbeweging; reageert op aanraking en prikken; kleine externe verwondingen.
Minder goed	C	Geen lichaamsbeweging, maar de vis kan het kieuwdeksel bewegen; kleine of grote externe verwondingen.
Stervende	D	Geen lichaams- of kieuwdeksel bewegingen (geen reactie op aanraking of prikken).

Alle vissen die getest werden op reflexen, verwondingen en opgevolgd voor hun overleving werden ook gemeten en gemerkt met een Bano'k® gun T-bar (29 mm x 28 mm) onder de rugvin voor individuele herkenning vooraleer ze in de bakken terechtkwamen (McKenzie et al., 2012). Deze tags werden vóór de zeereis gemerkt met een letter en een cijfer. De letter geeft de zeereis aan en het cijfer kenmerkt de pladijs. Op de plaats waar de tag is geschoten kan een puntbloeding ontstaan. Een uitgevoerde labotest aan het begin van het project (Uhlmann et al., niet gepubliceerde gegevens) gaf aan dat het merken van pladijs geen sterfte veroorzaakt.

Na het scoren werden de vijf pladijzen overgebracht naar het bakkenrek om de overleving verder op te volgen. De schuif waarin de pladijzen zijn geplaatst werd genoteerd. Op regelmatige tijdstippen werd ook de temperatuur en het zuurstofgehalte genoteerd (datasheet 'water kwaliteit', bijlage 3c).

In één bakkenrek werden 80 pladijzen geplaatst die gemonitord werden op sterfte. Alleen tijdens de reizen met het groot vlootsegment vaartuig werd zodra 30-L bakken van het bakkenrek vrij kwamen (door sterfte binnen de eerste dagen van monitoring) opnieuw pladijzen uit een sleep verzameld. Dit gebeurde voor 4 bakken, in totaal 20 vissen. Indien controlevis (n = 20) aanwezig was dan konden er maximaal nog 60 pladijzen overgebracht worden naar de unit. Aangezien per sleep 20 pladijzen verzameld werden, konden drie slepen bemonsterd worden voor pladijzen per bakkenrek. Deze drie slepen werden meestal opgedeeld in twee conventionele slepen en één korte sleep (<40 min, tabel 5). Vanaf het tijdstip wanneer het bakkenrek vol was begon de bemonsteringsperiode. In het geval van een dagreis (kustvisser) werd er enkel in het labo bemonsterd en dus niet aan boord. Indien het een meerdaagse reis was werd om de acht uur aan boord bemonsterd. Alvorens de start van de monitoring werd de aanvoer van zeewater naar het bakkenrek afgesloten. Dit vereenvoudigd de zichtbaarheid door de transparante deksels. Alle 16 bakjes werden afzonderlijk uit het bakkenrek geschoven en gecontroleerd. Indien het water niet transparant genoeg was of er was twijfel of een pladijs dood of levend was werd het deksel van de bak gehaald. Indien de vis niet reageerde op de staartgreep reflex ('tailgrab') werd hij uit

het water gehaald. Indien zijn kieuwdeksel binnen de 20 seconden geen beweging vertoonde werd de vis als dood beschouwd. Zijn ID-tag werd samen met het tijdstip van sterfte genoteerd, de lengte werd telkens naar het dichtstbijzijnde getal (cm) afgerond. Alle overleden vissen werden bewaard in kisten met ijs in het visruim en vervolgens naar het labo gebracht.

Nadat de 20 pladijzen waren overgebracht naar het bakkenrek werden een aantal pladijzen alleen op vitaliteit gescoord en een aantal op onmiddellijke sterfte. Daarvoor werd tijdens het sorteerproces continu pladijzen overgebracht van de sorteerband naar een witte PVC 244-L opvangbak (94 cm L x 53 cm B x 50 cm H) gevuld met zeewater. Tussen elk bemonsterde sleep werd het water verversd. De verzameltijd en het zuurstofgehalte van het zeewater in de bak werd genoteerd. Uit deze opvangbak werden tien levende pladijzen gemeten en gescoord op verwondingen en reflexen en werden van twintig pladijzen de verhouding levend/dood bepaald om zo de onmiddellijke sterfte te schatten (datasheet 'catch', bijlage 3d). Een vis werd als dood beschouwd wanneer er geen beweging in het lichaam en/of kieuwdeksel/mond (hoofdgedeelte) zichtbaar was bij behandeling.

Wanneer het bakkenrek vol was werden enkele slepen (ook tijdens de volgende dagen) op dezelfde manier bemonsterd en een vijftal pladijzen aan het begin, midden en eind van de sorteerproces en uit de opvangbak gepakt, en alleen op beschadiging en reflexen bemonsterd. Van deze werd er geen pladijs meer gemerkt of overgebracht naar de unit. De verhouding van levende/dode vis werd ook bepaald door vissen uit de opvangbak te nemen.

Na het aflopen van de zeereis werden de levende vissen overgebracht van in het bakkenrek naar het ILVO waar het monitoren verder liep tot maximaal drie weken (afhankelijk van de bezetting van aquaria binnen het labo). Nadat de monitoring werd stopgezet werden de overblijvende levende vissen geëuthanaseerd. In het labo werden van alle vissen, die oorspronkelijk in het bakkenrek werden geplaatst, het gewicht en het geslacht bepaald om meer informatie over hun fysieke conditie te kunnen achterhalen.

Binnen de eerste week werden de vissen in het labo om de 4 uur gecontroleerd (indien mogelijk, rekening houdend met rust tijden voor de zeegaande waarnemers), in de tweede week dagelijks. Vanaf de tweede week werd de vis met garnalen gevoederd. Bij elke monitoringscontrole werden voedselresten en/of dode vis verwijderd.

7.6 Vitaliteits- en mortaliteitsonderzoek

Het wordt aangenomen dat er een verband bestaat tussen de stress en verwondingen die een vis heeft opgelopen tijdens het vangst- en sorteerproces en de kans op overleving. Daarom werd er gekozen om innerlijke en uiterlijke fysieke kenmerken en gedragskenmerken te registreren om nauwkeurig de conditie van een vis te kunnen bepalen. Dit werd bereikt middels het scoren van de afwezigheid van een aantal reflexen en de aanwezigheid van verwondingen volgens Depestele et al., 2014a en Uhlmann et al., 2016 (bijlage 4). Er werd gekozen voor reflexen en verwondingen die een belangrijke indicator zijn van vitale organen. Er werd ook initiatief genomen om reflexen en andere gegevens uit andere gelijkaardige projecten omtrent overleving van andere lidstaten op een gelijkaardige manier te verzamelen. Op deze manier konden de gezamenlijke gegevens beter geïnterpreteerd en verbeterd worden (bijlage 5).

De tijdens een assessment gewonnen score is de gemiddelde afwezigheid van de geteste aantal reflexen en de aanwezigheid van verwondingen (Davis, 2010) – een reflex impairment score is gebaseerd op alleen reflexen, een vitaliteitsscore op reflexen en verwondingen (Uhlmann et al., 2016). De set van reflexen en verwondingen die in dit project geëvalueerd werden is het resultaat van labonderzoek en experimentele zeereizen (Depestele et al., 2014a,b; Uhlmann et al., 2016).

7.6.1 Bepalen van types verwondingen en kandidaat reflexen

In deze stap werden eerst de geschikte kandidaat reflexen bepaald aan de hand van vis in aquaria. Dit werd gedaan om reflexen te kiezen die op een gestreste vis duidelijke samenhangende reacties tonen. Verwondingen werden gekozen op basis van eerder onderzoek (Depestele et al., 2014a) waar een verband met sterfte optrad.

Alle mogelijke verwondingen en kandidaat reflexen werden getest en gescoord op pladijs. Slechts de reflexen die consistent en duidelijk zichtbaar waren bij pladijs werden behouden (figuur 5). Dit resulteerde in een set reflexen en verwondingen waarmee gestart werd tijdens het project voor de bemonstering van vissen aan boord van de commerciële reizen.

Alle mogelijke kandidaat reflexen werden getest op 18 gezonde pladijzen in een labo op het ILVO (Uhlmann et al., 2016). Deze pladijzen werden enkele weken voor deze tests gevangen door korte slepen (< 20min) uit te voeren in de Noordzee aan boord van de RV 'Simon Stevin' in april 2014. De 18 vissen werden door twee onderzoekers getest en gescoord op reflexen op opeenvolgende dagen, onder de veronderstelling dat de vissen na 24 uur hersteld zijn en dus geen nadelig effect ondervinden van de geteste reflexen. De volgende reflexen werden getest: buik, omdraaien, oogbeweging, kopgreep, wegzwemmen, stabiliseren, weerstand, kieuwdeksel, mond, hoofdcomplex, vinprikkel en startgreep (tabel 4). Tijdens en na het testen trad geen sterfte op.

Tabel 4. Lijst van geschikte kandidaat reflexen en reacties bij gezonde pladijs.

Naam (name)	Stimulus action / Actie	Response / Reactie
Buik ('Body flex')	Fish is held outside the water on the palm of a hand with its belly facing up	Actively trying to move head and tail towards each other, or actively gliding/slipping/ struggling off the hand.
Omdraaien ('Righting')	Fish is held on its back at the surface and then released.	Actively righting itself under water.
Oogbeweging ('Eye roll'/vestibular ocular reflex')	Fish is held between two hands and rotated along its longitudinal axis while closely looking at its eyes.	Determine whether the eyes remain focused in plane or whether they passively follow the movement of the body.
Kopgreep ('Head')	The head is held firmly between thumb and index finger, with its belly facing up.	The fish attempts to curl its body up-or downwards around the index finger.
Wegzwemmen ('Evasion')	Fish is held at the water surface and gently released.	The fish swims actively away.

Naam (name)	Stimulus action / Actie	Response / Reactie
Stabiliseren ('Stabilise')	The free-swimming fish tries to find a good position on the bottom.	Rhythmic and swift movement of the fins as if it would burry into sand.
Weerstand ('Resistance')	One hand is placed flat on top of the fish, so that it cannot swim away.	Body movement in an attempt to struggle free.
Kieuwdeksel ('Operculum')	The operculum of the fish is gently opened with a blunt object.	Ability to tightly close its operculum after being opened, or resistance to open it.
Mond ('Mouth')	The mouth of the fish is gently opened with a blunt object.	Ability to tightly close its mouth after being opened, or resistance to open it.
Hoofdcomplex ('Headcomplex')	The fish is held out of water and its head and operculum observed for 5 s.	Any movement of the mouth and/or operculum.
Vinprikkel ('Startle touch')	With a blunt object the outer rim of the dorsal fins is struck 3 times. The animal is resting, but not held down.	Body movement or evasion.
Staartgreep ('Tail grab')	The fish is grabbed by its tail and held between two fingers.	Actively struggles free and swims away.

Tijdens overlevingsproeven op de RV 'Belgica', werden 35 slepen uitgevoerd in de Zuidelijke Noordzee om pladijs te verzamelen (Depestele et al., 2014a,b). Wanneer de vangst aan dek kwam werden vissen gescoord op verwondingen volgens een protocol van Esaiassen et al. (2012) voor ze in tanks werden geplaatst. De overleving werd voor 60 uur opgevolgd. Om in te schatten welke verwondingen het meest verbonden zijn aan sterfte werd enkel pladijs bekeken die tijdens de monitoring stierf. Vervolgens werden de scores van elke verwonding afzonderlijk opgeteld. Intraveneuze kneuzingen van het hoofd en lichaam ("bruising head" en "bruising body") en puntbloedingen van hoofd en lichaam ("point head" en "point body") bleken verwondingen te zijn die het meest in verband te brengen waren met sterfte.

Op basis van dit onderzoek naar de geschikte kandidaat reflexen en type verwondingen die een verband hebben met sterfte werden vissen op de meest praktische manier aan boord van een commercieel vaartuig gescoord op de aanwezigheid van reflexen en de mate van beschadiging.

7.7 Statistische analyse

Op basis van het gewicht en de lengte van elke vis, die gebruikt werd om te bemonsteren, kan de Fulton's conditie-factor (K) berekend worden waarbij W het gewicht van de vis is in kg en L de lengte in cm aangeeft:

$$K = \frac{W}{L^3}$$

Een linear-gemengd model ('linear mixed model', LMM) werd gebruikt voor de totale lengte van reflex geteste en bemonsterde pladijs, inclusief de sleeptijd (als continue variabele in minuten) en sorteerplaats (categoriaal, hetzij rechtstreeks vanuit de stortbak of de transportband) als vaste ("fixed") effecten en sleep als willekeurig 'random' effect.

Alle pladijzen die in de bakkenrekken terecht komen hebben een merk en zijn gescoord op reflexen en verwondingen. Hierdoor kan de relatie tussen overleving van pladijs en reflex impairment en vitaliteitsscores onderzocht worden. Indien een reflex duidelijk aanwezig is komt dit overeen met een 0-score. Vertoont de pladijs binnen een tijdspanne van 3 seconden na de stimulus een zwakke of afwezige reflex, dan komt het overeen met een 1-score (Davis, 2010). Indien een verwonding afwezig is krijgt deze een 0-score en indien de verwonding optreedt komt dit overeen met een 1-score.

Voor elke pladijs afzonderlijk werd zowel de reflex impairment- als ook de vitaliteitsscore berekend. Dit is de som van de scores van een individuele pladijs gedeeld door het aantal gescoorde reflexen (en verwondingen voor de impairment score). Voor reis 1 met het kustvaartuig worden de afwezige scores van hoofdcomplex vervangen door de scores van kieuwdeksel. Dit geeft de volgende impairment-scores voor trip 1 tot en met trip 12:

Reflex impairment – score

$$= \frac{\text{Body flex} + \text{Righting} + \text{Head Complex} + \text{Evasion} + \text{Stabilise} + \text{Tail Grab}}{6}$$

Vitaliteit – score

$$= \frac{\text{Body flex} + \text{Righting} + \text{Head Complex} + \text{Evasion} + \text{Stabilise} + \text{Tail Grab} + \text{Bodybruises} + \text{Headbruises} + \text{Point.head} + \text{Point.body}}{10}$$

Van elke zeereis werden overlevingscurves (Kaplan-Meier) opgemaakt die opgesplitst zijn in de overleving van de controlepladijs, pladijs afkomstig uit ~60 of ~120 min (conventionele) slepen en pladijs afkomstig uit <40 min (korte) slepen. De Kaplan-Meier schatter is een niet-parametrische methode om de overlevingsfunctie te schatten op basis van experimentele data. In deze methode wordt er rekening gehouden met vissen die niet sterven binnen de periode van monitoring. Zulke observaties zijn rechts gecensureerd, 'right-censored'.

Iedere vis waarvan de overleving bepaald is werd mee opgenomen in de experimentele data om de overlevingsfunctie te schatten. Deze functie is niet alleen afhankelijk van de vissen in de bakkenrek, maar ook van de onmiddellijke sterfte. Deze werd bepaald door de verhouding levend en dood te bepalen van twintig pladijzen (zie 8.1 'Experimentele opzet en protocol'). Om deze informatie mee te nemen in de overlevingsfunctie moet deze verhouding omgezet worden naar een hoeveelheid vissen. Op basis van de levende vissen (20 tot 30) waarop reflexen en verwondingen gescoord zijn worden dode vissen toegevoegd aan de dataset. Deze dode vissen vertonen geen reflexen, en worden met een 1-score voor reflex impairment voorzien. Deze vissen zijn niet gescoord op aanwezigheid van verwondingen. Het aantal dode vissen wordt als volgt berekend:

A = aantal dode/totaal (uit de verhouding die bepaald is voor onmiddellijke sterfte)

$n1$ = aantal levende vissen waar wel vitaliteit assessments worden op uitgevoerd in diezelfde sleep

$n2$ = aantal dode vissen die hier de onbekende is

Deze relatie kennen we:

$$A = \frac{n2}{n1 + n2}$$

Om nu de onbekende $n2$ te vinden wordt het volgende bekomen:

$$n2 = \frac{n1 \cdot A}{(1 - A)}$$

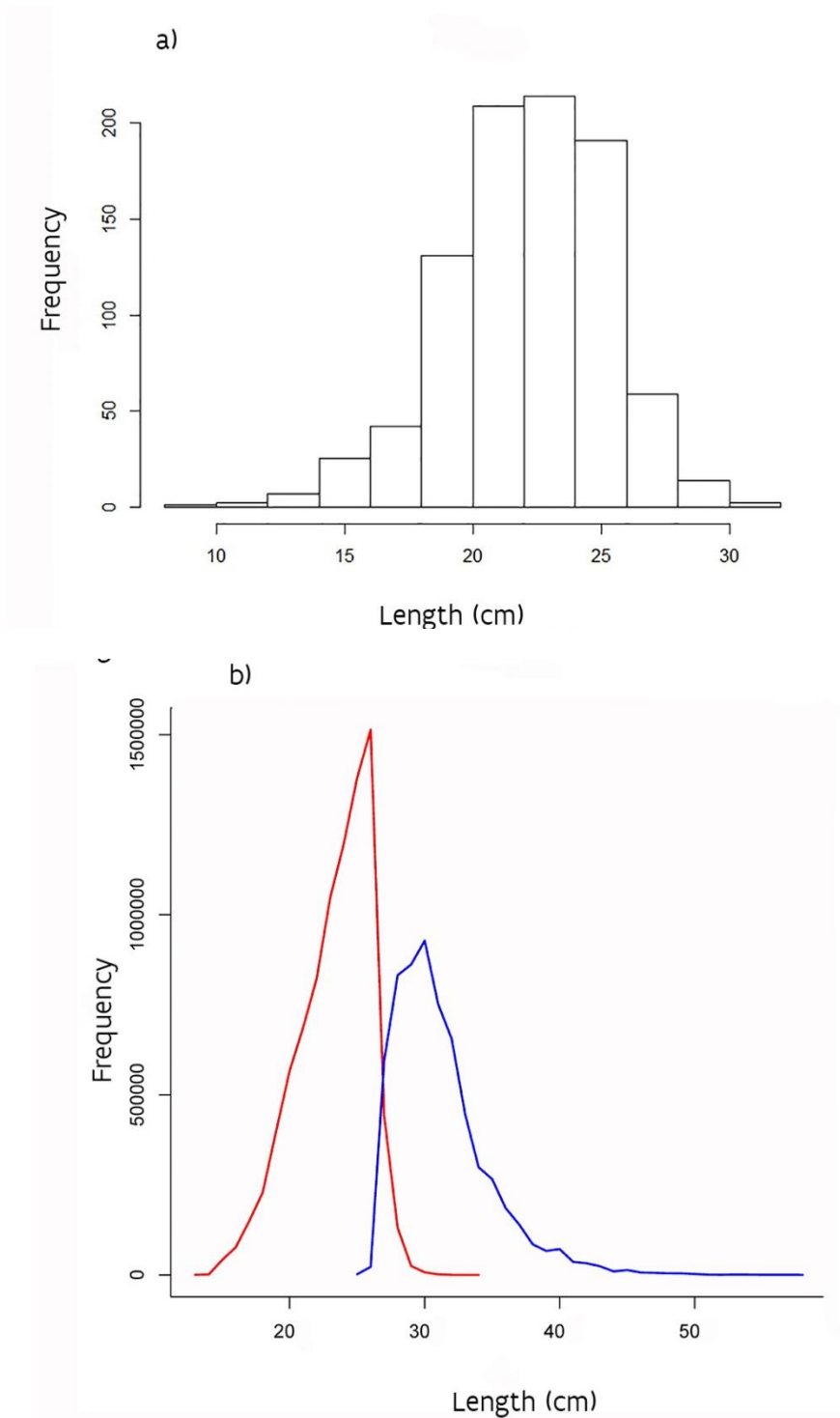
Het effect van belangrijke omgevingsvariabelen op overleving wordt in een eerste stap bestudeerd met behulp van Kaplan-Meier curves op te stellen per omgevingsvariabele. In een tweede stap, wordt er een analyse toegepast zoals beschreven door Uhlmann et al. (2016). Om te bepalen of de vitaliteitsscore naast andere relevante technische, milieu en biologische factoren geassocieerd werd met de overlevingskans werd gekozen voor een transversale (cross-sectional) benadering van gegevens. Voor de overlevingstoestand van vis na bemonstering van 9 dagen (om de trips van grote boomkorvaartuigen mee te kunnen nemen waarbij bemonstering werd beëindigd op de laatste dag van de trip) te bepalen werd een 'generalized linear mixed model' (GLMM) gebruikt met een willekeurige intercept voor het sleepnummer. Alle gegevens werden onderzocht aan de hand van het protocol van Zuur et al. (2010) met controle op uitschieters en relaties tussen variabelen. Om de optimale aantal covarianten te vinden werd een benadering gebruikt uit de informatietheorie (Burnham and Anderson, 2002). Na controle op collineariteit werden in *a priori* modellen voor een vis die tot 9 dagen na teruggooi overleefde de volgende variabelen overwogen: vitaliteitsscore, lengte van de vis (cm) (TL), sleeptijd, blootstelling aan lucht (of de sorteerplaats, omdat deze factor collineair was met luchtblootstelling), golfhoogte en zeewatertemperatuur. Alle combinaties van deze covarianten werden getest in 64 modellen. Om het best passende model te vinden werden tweezijdige ("two-way") interacties buiten beschouwing gelaten. Het best passende model werd gevalideerd aan de hand van hoe betrouwbaar het model de mortaliteit van één derde van de willekeurige gesplitste data voorspelde. Om het gepaste model te gebruiken en toe te passen werd het lmer4 pakket (Bates et al., 2015) gebruikt in R. Er werd een significantieniveau gebruikt van $p = 0.01$.

8 Resultaten

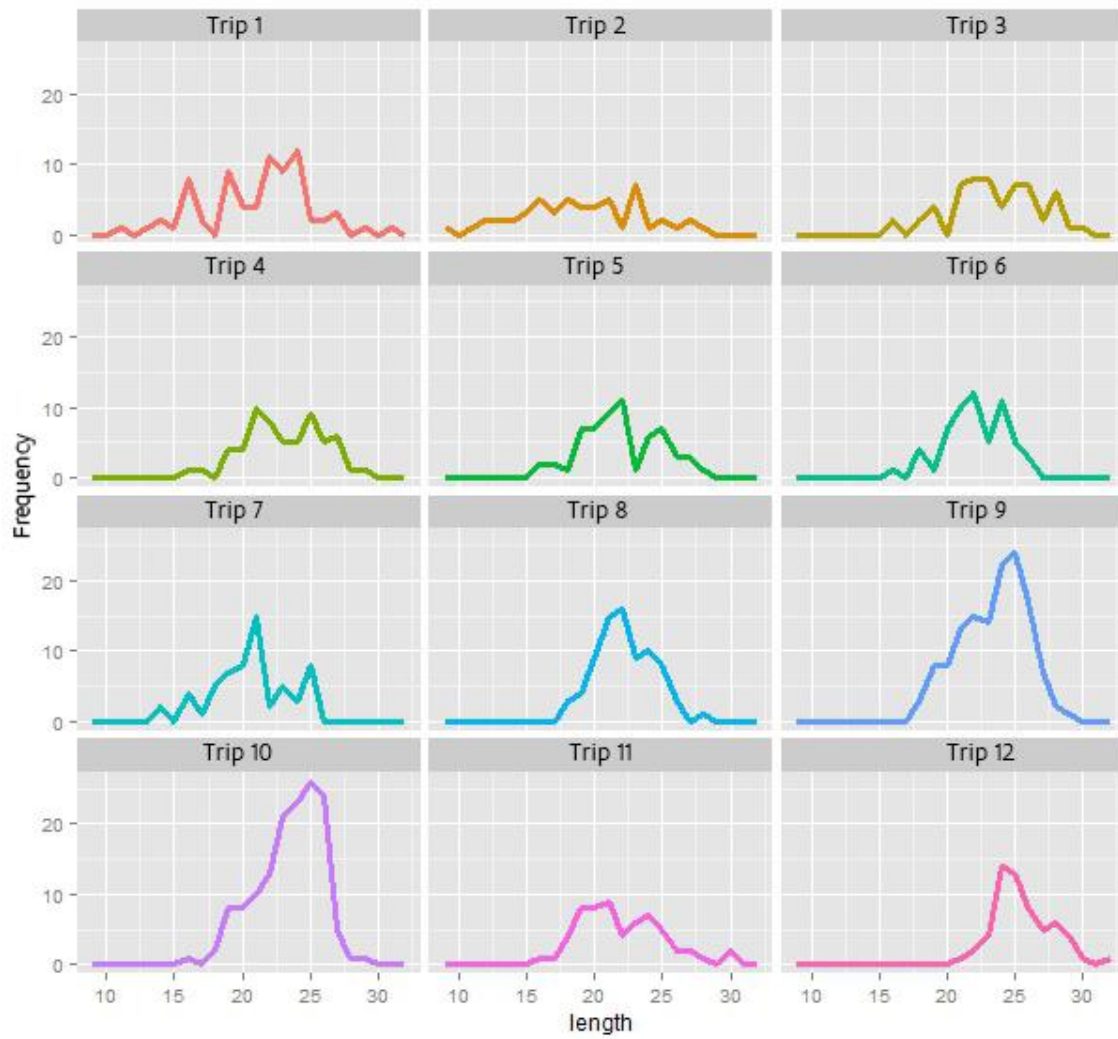
In de 12 reizen werden 908 pladijzen ($22.6 \text{ cm} \pm 3.1 \text{ TL}$, gemiddelde \pm standaardafwijking) gescoord op hun vitaliteit uit 53 slepen. Deze werden opgeslagen in de bakkenrekken en gemiddeld voor 15 dagen gemonitord (tabel 5). Gemiddeld werden één korte (<40 min) sleep, 5 conventionele ~60 min (kustvaartuig en vaartuig uit klein vlootsegment) en ~120 min (GVS) per reis bemonsterd (tabel 5). Verspreid over negen reizen werden 160 controlevissen ($22.9 \text{ cm} \pm 3.1 \text{ TL}$, gemiddelde \pm standaardafwijking) gemonitord. Een spectrum aan maatse en ondermaatse lengtes gevangen in de boomkorvisserij zijn bemonsterd waarvan vooral vissen rond de 23 cm (figuur 2). De pladijs bemonsterd van de sorteerbak ($n = 650$) was significant groter ($22.9 \text{ cm} \pm 0.1$, gemiddelde \pm standaardfout) dan de pladijs afkomstig uit de stortbak ($n=249$) ($21.8 \text{ cm} \pm 0.2$, gemiddelde \pm standaardfout; LMM, $p < 0.001$). Er was geen significant verschil in de lengte tussen korte ($n=236$) of conventionele slepen ($n=672$) ($22.1 \text{ cm} \pm 0.2$ vs $22.6 \text{ cm} \pm 0.1$, respectievelijk, LMM; $p > 0.05$). De lengteverdeling van bemonsterde pladijzen per reis staat weergegeven in figuur 3.

Behalve het verschil in gewicht en configuratie van vistuig, verschilden ook technische parameters en weers- en milieu omstandigheden. Drie van de twaalf reizen werden uitgevoerd in ruwe weersomstandigheden waarbij de golfhoogte groter was dan 1 meter (trips 2, 11 en 12; tabel 5). Ten opzichte van het andere vaartuig uit het klein vlootsegment sleepte het kustvaartuig korter (~55 vs ~70 min) en in ondieper water (~15 m vs ~30 m). De operationele condities bij het vaartuig uit het groot vlootsegment waren meer extreem; slepen van ≥ 120 min in ~60 m diep water met soms bijna 10 keer grotere vangst in gewicht (tabel 5). Er was een minder groot verschil ten opzichte van de andere twee vaartuigen in de periode van blootstelling aan lucht tijdens het sorteerproces. Ondanks de langere sorteertijd om de grotere vangsten te verwerken was de tijd van blootstelling voor de derde batch van de sorteerbak vergelijkbaar met de andere reizen en was deze korter dan de eigenlijke eindtijd van het sorteerproces (tabel 5).

Gedurende het jaar werden vooral vaartuigen uit het kustsegment en het KVS bemonsterd. Hierbij werden verschillen in lucht- en watertemperatuur geregistreerd: voor lucht (was de temperatuur tussen $7 \text{ }^\circ\text{C}$ en $20 \text{ }^\circ\text{C}$) en zeewater (varieerde de temperatuur tussen $8 \text{ }^\circ\text{C}$ en $16 \text{ }^\circ\text{C}$) (tabel 5; figuur 4a). De sonde voor het meten van de temperatuur van het zeewater werkte onvoldoende en moest twee keer terug naar de fabrikant. Daardoor ontbreken er metingen van het temperatuurprofiel van de waterkolom tijdens het vangstproces voor alle reizen. Het verschil tussen het zeewater aan boord in de containers met het zeewater in de laboratoria was voor de eerste twee reizen $>2^\circ\text{C}$ (figuur 4a). Hoewel zuurstof gehalte niet regelmatig werd gemeten voor elke bak waar vis werd gehouden, was het verschil tussen labo en de bakken aan boord meestal binnen 1 mg/L , behalve bij reis 8, waar de zuurstof meting in de bakken aan boord duidelijk lager was (figuur 4b).



Figuur 2. Frequentieverdeling van lengteklassen van alle a) bemonsterde pladijs binnen het project 'overleving' ten opzicht van b) de geschatte totale hoeveelheid van teruggooi (rode lijn) en aanlanding (blauwe lijn) van pladijs in de Belgische boomkorvisserij (80 mm) in de Noordzee, gebaseerd op waarnemers reizen in 2014.



Figuur 3. Frequentieverdeling van lengteklassen van bemonsterde pladijs die per zeereis in het bakkenrek is geplaatst en gemonitord voor hun overleving.

Tabel 5. Observaties van relevante technische, omgevings-, en biologische variabelen (gemiddelde ± standaard variatie) verzameld tijdens elke bemonsterde sleep van de uitgevoerde zeereizen binnen project 'Overleving'. n/a, niet gemeten.

Variabele KUSTVAARTUIG (O.190)	Trip 1	Trip 2	Trip 3	Trip 7	Trip 11
Maand'jaar	Mid. November'14	Mid. December'14	Eind Februari'15	Begin Juni'15	Begin September'15
Slepen					
Totaal uitgevoerde slepen	16	15	15	15	15
Totaal bemonsterde slepen	6	6	3	4	4
Bemonsterde slepen voor overleving	6	6	3	3	3
<i>Bemonsterde korte slepen</i>	2	1	1	1	1
Aantal pladijs	30	10	19	20	20
<i>Bemonsterde conventionele slepen</i>	4	5	2	2	2
Aantal pladijs	49	47	40	40	40
Extra bemonsterde slepen voor vitaliteit	0	0	0	1	1
Aantal pladijs	0	0	0	20	20
Technische variabelen					
Diepte Sleep (m)	8.8 ± 2.7 (16)	16.1 ± 4.1 (15)	9.6 ± 3.6 (15)	9.7 ± 3.6 (15)	7.8 ± 4.2 (15)
Sleepduur (min)					
Conventionele Slepen	48.5 ± 4.9 (4)	50.0 ± 2.5 (5)	69.4 ± 13.1 (2)	50.8 ± 7.7 (3)	50.8 ± 3.5 (3)
Korte slepen	17.8 ± 2.9 (2)	19.0 (1)	14.0 (1)	22.0 (1)	14.0 (1)
Blootstelling lucht (min)					
Hopper	4.8 ± 1.6	7.2 ± 2.5	5.9 ± 0.9	3.5 ± 0.9	4.4 ± 2.2
Begin sorteerproces	8.3 ± 2.3	15.2 ± 3.2	7.0 ± 3.0	7.7 ± 3.0	6.0 ± 1.8
Midden sorteerproces	16.5 ± 3.3	19.6 ± 0.2	10.0 ± 2.7	9.2 ± 2.7	7.7 ± 1.3
Eind sorteerproces	n/a	n/a	12.7 ± 2.4	10.7 ± 2.4	9.7 ± 1.3
Sorteerduur (min)	23.2 ± 6.2 (6)	25.9 ± 6.8 (6)	13.0 ± 2.4 (3)	18.0 ± 10.3 (4)	11.7 ± 0.5 (3)
Omgevingsvariabelen					
Windsterkte (Bft)	2.1 ± 0.7 (16)	4.8 ± 1.4 (15)	2.6 ± 0.8 (15)	2.7 ± 0.8 (15)	3.9 ± 0.8 (15)
Golfhoogte (cm)	62.4 ± 9.9 (9)	106.8 ± 45.9 (5)	50.6 ± 14.2 (12)	36.4 ± 6.01 (4)	117.4 ± 18.9 (3)
Luchttemperatuur (°C)	10.9 ± 0.1 (6)	8 ± 0.4 (6)	8.1 ± 0.4 (3)	12.8 ± 0.2 (4)	17.0 ± 0.2 (3)
Zeewatertemperatuur (°C)	11.7 ± 0.1 (6)	7 ± 0.1 (6)	5.3 ± 0.1 (3)	14.4 ± 0.2 (4)	16.9 ± 0.1 (3)

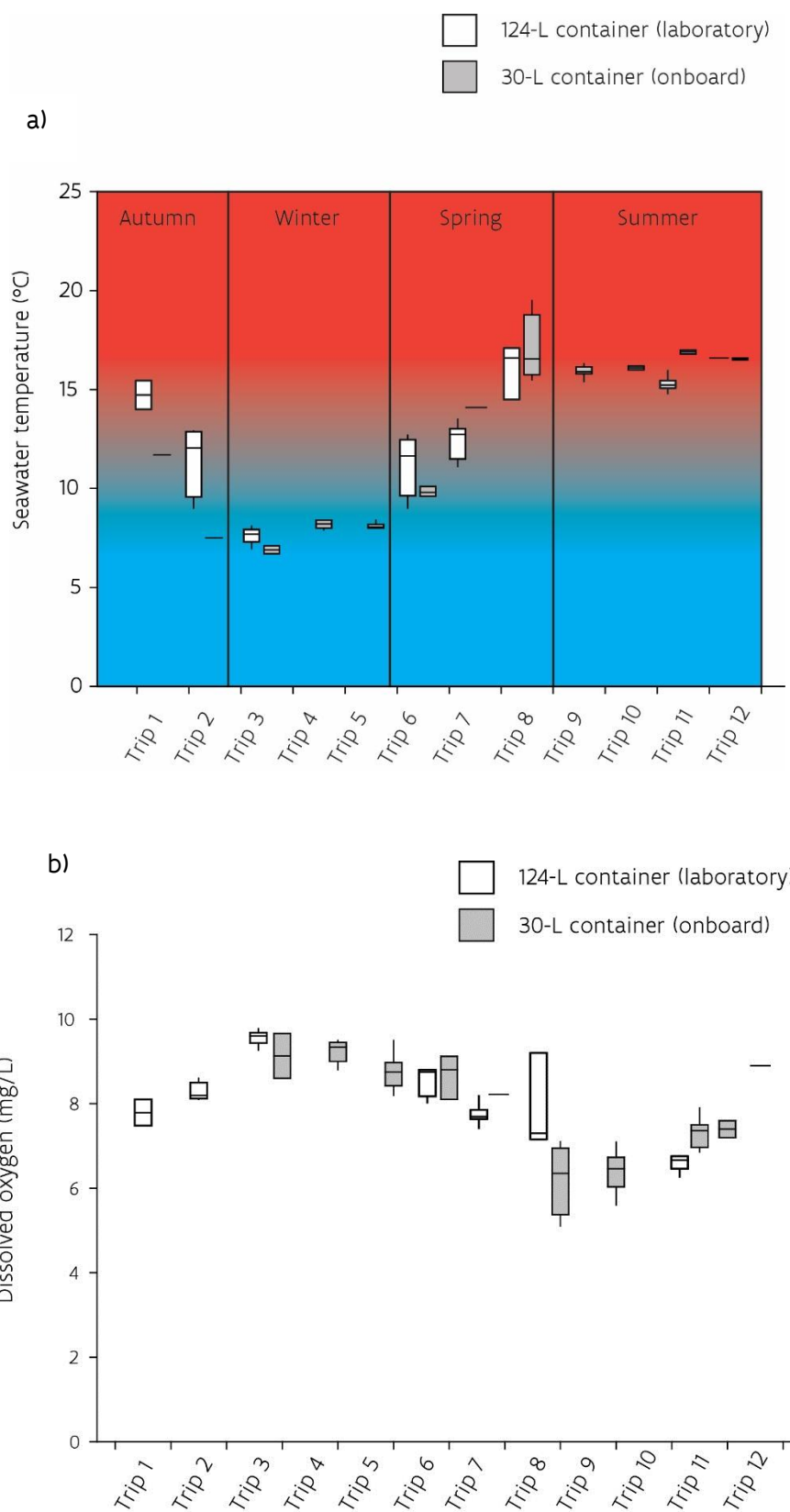
Variabele KUSTVAARTUIG (O.190)	Trip 1	Trip 2	Trip 3	Trip 7	Trip 11
Biologische variabelen					
Totale vangst (kg)	2012.3 ± 1854.8 (6)	n/a	481.3 ± 440.9 (3)	333.5 ± 233.7 (4)	349.1 ± 105.1 (3)
Lengte pladijs (cm)	21.5 ± 3.7 (79)	19.5 ± 4.2 (57)	23.6 ± 3.2 (59)	20.6 ± 2.8 (60)	23.0 ± 3.1 (60)
Lengte pladijs (cm) – controles	n/a	22.6 ± 4.0 (20)	23.2 ± 2.9 (20)	n/a (20)	n/a

Variabele KVS (Z.201)	Trip 4	Trip 5	Trip 6	Trip 8	Trip 12
Maand'jaar	Begin Maart'15	Eind Maart'15	Mid. April'15	Begin Juli'15	Eind September'15
Slepen					
Totaal uitgevoerde slepen	52	55	47	43	45
Totaal bemonsterde slepen	7	7	12	9	5
Bemonsterde slepen voor overleving	3	3	3	4	3
<i>Bemonsterde korte slepen</i>	1	1	1	1	1
Aantal pladijs	20	20	20	20	20
<i>Bemonsterde conventionele slepen</i>	2	2	2	3	2
Aantal pladijs	40	40	39	58	39
Extra bemonsterde slepen voor vitaliteit	4	4	9	5	2
Aantal pladijs	79	80	206	88	34
Technische variabelen					
Diepte Sleep (m)	43.1 ± 12.4 (7)	36.3 ± 4.4 (7)	36.3 ± 15.9 (12)	35.8 ± 6.5 (9)	31.8 ± 7.6 (5)
Sleepduur (min)					
Conventionele Slepen	75.7 ± 11.8 (6)	72.6 ± 8.2 (6)	86.4 ± 9.6 (11)	69.2 ± 9.4 (8)	69.7 ± 10.5 (4)
Korte slepen	25.0 (1)	26.0 (1)	25.0 (1)	36.0 (1)	24.0 (1)
Blootstelling lucht (min)					
Hopper	3.4 ± 1.5	1.4 ± 0.6	2.2 ± 0.9	2.9 ± 0.9	1.6 ± 1.0
Begin sorteerproces	5.9 ± 1.8	5.3 ± 1.8	4.6 ± 1.6	4.7 ± 0.7	2.9 ± 1.1
Midden sorteerproces	8.3 ± 1.8	6.7 ± 1.6	5.7 ± 1.5	6.3 ± 0.8	4.8 ± 1.2
Eind sorteerproces	10.3 ± 2.3	7.8 ± 1.9	7.2 ± 1.8	7.9 ± 1.1	6.5 ± 1.5
Sorteerduur (min)	18.6 ± 5.6 (7)	12.4 ± 2.6 (7)	10.8 ± 2.1 (12)	14.9 ± 5.1 (9)	7.4 ± 1.7 (5)
Omgevingsvariabelen					
Windsterkte (Bft)	3.0 ± 0.8 (7)	3.4 ± 0.5 (7)	2.0 ± 1.9 (12)	3.6 ± 0.7 (9)	5.8 ± 0.8 (5)
Golfhoogte (cm)	67.9 ± 31.3 (7)	57.1 ± 18.9 (7)	20.8 ± 25.7 (12)	37.8 ± 18.6 (9)	190.0 ± 41.8 (5)
Luchttemperatuur (°C)	7.6 ± 1.7 (7)	8.6 ± 1.2 (7)	10.1 ± 1.7 (12)	20.3 ± 3.0 (9)	15.5 ± 1.5 (5)
Zeewatertemperatuur (°C)	8.1 ± 0.2 (7)	8.1 ± 0.2 (7)	9.9 ± 0.2 (12)	16.2 ± 0.7 (9)	16.6 ± 0.1 (5)

Variabele KVS (Z.201)	Trip 4	Trip 5	Trip 6	Trip 8	Trip 12
Biologische variabelen					
Totale vangst (kg)	466.2 ± 270.2 (7)	515.1 ± 299.9 (7)	291.7 ± 296.9 (12)	726.7 ± 481.6 (9)	270.0 ± 163.1 (5)
Lengte pladijs (cm)	22.6 ± 3.1 (138)	22.4 ± 3.0 (170)	22.8 ± 2.8 (256)	22.7 ± 2.4 (196)	25.9 ± 2.1 (123)
Lengte pladijs (cm) – controles	22.6 ± 2.4 (20)	n/a (20)	n/a (20)	n/a (20)	n/a (20)

Variable GVS (Z.483)	Trip 9	Trip 10
Maand'jaar	Mid. Juli'15	Eind Augustus'15
Slepen		
Totaal uitgevoerde slepen	88	61
Totaal bemonsterde slepen	19	17
Bemonsterde slepen voor overleving	7	9
<i>Bemonsterde korte slepen</i>	1	1
Aantal pladijs	20	17
<i>Bemonsterde conventionele slepen</i>	6	8
Aantal pladijs	114	126
Extra bemonsterde slepen voor vitaliteit	12	8
Aantal pladijs	230	149
Technische variabelen		
Diepte Sleep (m)	63.4 ± 15.1 (19)	61.0 ± 16.7 (17)
Sleepduur (min)		
Conventionele Slepen	132.3 ± 17.5 (18)	141.3 ± 18.5 (16)
Korte slepen	31.0 (1)	24.0 (1)
Blootstelling lucht (min)		
Hopper	1.5 ± 1.5	2.6 ± 3.1
Begin sorteerproces	5.5 ± 1.6	6.5 ± 2.7
Midden sorteerproces	9.2 ± 2.3	10.3 ± 3.1
Eind sorteerproces	14.0 ± 4.4	15.9 ± 5.6
Sorteerduur (min)	45.9 ± 10.9 (19)	33.5 ± 7.3 (17)
Omgevingsvariabelen		
Windsterkte (Bft)	2.4 ± 1.7(19)	2.6 ± 1.1 (17)
Golfhoogte (cm)	43.2 ± 39.0 (19)	53.5 ± 27.6 (17)
Luchttemperatuur (°C)	17.8 ± 4.1 (19)	16.4 ± 2.2 (17)
Zeewatertemperatuur (°C)	16.0 ± 0.3 (19)	16.2 ± 0.6 (17)

Variable GVS (Z.483)	Trip 9	Trip 10
Biologische variabelen		
Totale vangst (kg)	2600.0 ± 1032.8 (19)	1665.9 ± 487.6 (17)
Lengte pladijs (cm)	23.9 ± 2.3 (546)	23.6 ± 2.4 (511)
Lengte pladijs (cm) - controles	n/a	n/a



Figuur 4. Registraties van zeewatertemperatuur (a) en opgeloste zuurstof (b) tussen het 10de en 90ste percentiel in laboratorium-water (124-L; witte balken) en in 30-L PVC kunststofbakken (grijze balken) aan boord. De lijn in het midden is de mediaan.

8.1 Controlevissen

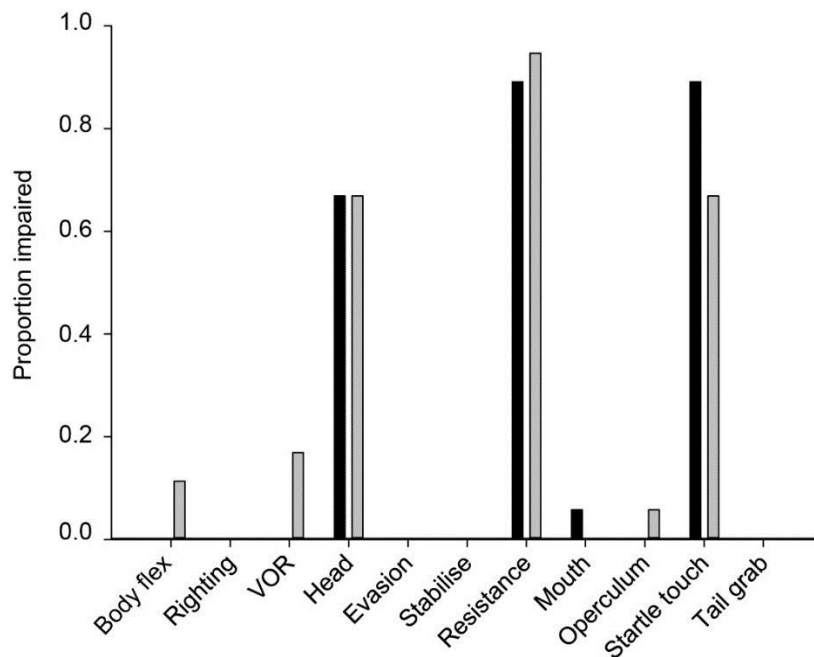
Er stierven 3 van de 160 controlevissen. Vier van de twaalf zeereizen werden uitgevoerd zonder controlevissen. De twee reizen met het groot vlootsegment startten vanuit Den Helder (NL). Het vervoeren van controlevis van Oostende naar Den Helder zou meer dan 4 uren duren, waardoor de vissen stress konden ondervinden en niet meer als controlevissen beschouwd konden worden. Verder werd door het langdurig in gevangenschap houden en het verplaatsen van vissen binnen de aquaria op het ILVO in Oostende geobserveerd dat hun lichamelijke conditie niet geschikt was om ze mee te nemen op een van de reizen met het vaartuig uit het klein vlootsegment. Op de eerste reis met het kustvaartuig werd geen controlevis meegenomen.

8.2 Vitaliteitsonderzoek

8.2.1 Bepalen van types verwondingen en reflex impairment

Uit de hele set van mogelijke reflexen werden volgende reflexen behouden die bij gezonde, laboratorium-geacclimatiseerde pladijs een duidelijke reflex vertoonden (<0.5 aandeel impaired; figuur 5): buik, omdraaien, oogbeweging, wegzwemmen, stabiliseren, mond, kieuwdeksel, en staartgreep). Wanneer de scores tussen de twee onderzoekers werden vergeleken bleek de oogbeweging het moeilijkst te scoren van de reflexen die met <0.5 aandeel impaired zijn geweest. Gezien dat de oogbeweging moeilijk te scoren is op een vaartuig in beweging en gezien voor andere platvissen deze reflex niet geschikt bleek te zijn werd de oogbeweging samen met kopgreep, weerstand, en vinprikkel (>0.5 aandeel impaired) verder niet beschouwd als geschikte kandidaat reflexen.

Op basis van het uitgevoerde labo onderzoek werd de volgende set van reflexen getest op pladijs: buik, omdraaien, kieuwdeksel, wegzwemmen, stabiliseren en staartgreep. Behalve de reizen met het vaartuig uit het groot vlootsegment zijn alle vitaliteitsevaluaties door dezelfde waarnemer gebeurd om een vooroordeel door ervaring en subjectieve interpretatie van scoringscriteria te vermijden. Tijdens de eerste testreis (trip 1) werd ondervonden dat de reflexen mond en kieuwdeksel moeilijk te testen waren aan boord. Kieuwdeksel werd vervangen door de reflex hoofdcomplex waarbij men nagaat of het kieuwdeksel op en neer beweegt wanneer de pladijs uit het water wordt gehouden. Op de daaropvolgende zeereizen (trips 2 tot 12) werd een vaste set reflexen behouden: buik, omdraaien, kopgreep, wegzwemmen, stabiliseren en staartgreep. Deze set werd aangevuld met vier verwondingen: punt bloeding kop ('point head'), punt bloeding lichaam ('point body'), intraveneuze bloeding kop ('bruising head') en intraveneuze bloeding lichaam ('bruising body'; tabel 6).



Figuur 5. Consistentie van één waarnemer (zwarte balken) met een collega waarnemer (grijs) in het herkennen van reacties van kandidaat reflexen van gezonde laboratorium-geacclimatiseerde pladijs (n = 18 vis). Reflexen zoals weerstand ('resistance'), schrikreactie ('startle touch') en hoofd ('head') met aandeel impairment >0.5 werden beschouwd als ongeschikte kandidaat reflexen.

Tabel 6. Overzicht van de reflexen en verwondingen die worden gescoord tijdens elke uitgevoerde zeereis; n/a, niet gemeten.

Uitgevoerde Zeereis	Reflexen							Verwondingen				Controles
	Buik	Omdraaien	Kieuwdeksel	Hoofdcomple x	Wegzwemme n	Stabiliseren	Staartgreep	Point Head	Point Body	Bruising Head	Bruising Body	
Trip 1	X	X	X		X	X	X			X	X	n/a
Trip 2	X	X		X	X	X	X			X	X	X
Trip 3	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 4	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 5	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 6	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 7	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 8	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip 9	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	n/a
Trip 10	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	n/a
Trip 11	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	n/a
Trip 12	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X

Reflex impairment- en vitaliteitsscores werden berekend van elke vis waarvan de overleving bepaald is tijdens de 12 zeereizen. De dode vissen die zijn toegevoegd aan de dataset voor de berekening van de onmiddellijke sterfte zijn voor zowel de reflex impairment als de vitaliteit met "1" gescoord. Dit verklaart waarom de overlevingscurve van score 1 op tijdstip 0 start op 2.4% (RAMP; figuur 6a) en 8.3% (vitaliteit; figuur 6b).

Voor zowel de reflex impairment- als ook de vitaliteitsscore is er een duidelijk verband tussen de 6 scores en overleving. Hoe meer reflexen afwezig zijn en meer verwondingen de vis heeft of hoe hoger de reflex impairment-score, hoe minder pladijs overleeft (tabel 7). Voor de vitaliteitsscores hebben de klassen met de meeste aanwezige reflexen en afwezige verwondingen (klasse 0 en 0.2) bijna dezelfde overlevingspercentages. Samen met de score 0.4 en 0.6 scoren deze vitaliteitsklassen beter voor overleving in vergelijking met de overeenkomstige reflex impairment scores (tabel 7).

Tabel 7. Overzicht van overlevingspercentages per score tussen 0 en 1 (reflex impairment of vitaliteit).

Score	Overlevingspercentages per score (%)					
	0 (n=97)	0.2 (n=583)	0.4 (n=144)	0.6 (n=80)	0.8 (n=80)	1 (n=1146)
Reflex impairment	63.5	51.0	37.5	19.6	19.6	0.2
Vitaliteit	76.7	76.0	44.2	25.9	13.3	0.2

8.3 Mortaliteitsonderzoek

Voor pladijs bemonsterd uit conventionele slepen werd een overlevingskans tussen $3.5\% \pm 2.4$ en $92.5\% \pm 4.1$ (geschatte gemiddelde \pm standaardfout) waargenomen tijdens de geobserveerde twaalf reizen met ten minste van 8 dagen monitoring (tot er geen sterfte meer werd waargenomen voor een aantal dagen, tabel 8; bijlagen 6, 7 en 8). Gemiddeld over alle reizen per vaartuig en vlootsegment varieerde overleving van pladijzen bij conventionele slepen tussen 43-57%, 10-26% en 3-5% (95% betrouwbaarheid interval) voor respectievelijk reizen met het kust-, klein- en groot vlootsegment (bijlage 8). Behalve bij enkele reizen (bijlage 6) is overleving hoger bij pladijzen uit korte (<40 min) slepen dan uit conventionele slepen (figuur 6i). Voor pladijzen uit korte <40 min slepen varieert overleving tussen 0 en $95.0\% \pm 4.9$ (tabel 8, bijlage 6). Gebaseerd op de zogenoemde "odds ratios", hebben pladijzen uit korte <40 min slepen tot 18 keer meer kans om te overleven dan deze uit conventionele slepen (tabel 9), maar soms overleefden ook meer pladijzen bij de conventionele slepen (bijlage 6). Vissen die uit de stortbak werden gepakt doen het beter dan vissen verzameld op het eind van het sorteerproces (KM per batch) met een verschil van 16% in overleving (figuur 6n).

De pladijs die uit de witte 244-L opvangbak werd bemonsterd was steeds in leven, dit was niet altijd het geval bij de reizen met het groot vlootsegment vaartuig. Daar werd geobserveerd dat er 88-90% al dood was voor dat ze weer over boord gingen. Bij het toepassen van deze verhouding van onmiddellijke sterfte op het aantal levende vis voor observatie komt het er op neer dat ~80% van alle gevangen pladijs al dood moet zijn geweest vóór dat het monitoren was begonnen (bijlagen 6 en 8). Er werd geen visserij gerelateerde sterfte meer waargenomen na 9 dagen. Het risico voor pladijs om het vangst-en-verwerkingsproces niet te overleven is het hoogst binnen de eerste vijf dagen na het teruggooien (figuur 6, bijlagen 6, 7, 8).

Tabel 8. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen (gemiddelde \pm standaardfout) van overleving bij teruggegoide pladijs tijdens op het einde van de monitoring per trip, sleep en behandeling (korte vs conventionele sleeptijden). n/a, niet beschikbaar.

	TripID	Maand	Jaar	Monitorings- periode	Overlevingspercentages (%)		
					Korte sleep	Normale sleep	Controles
Trip 1	a.O190	November	2014	20 dagen	55.0 \pm 4.8	59.2 \pm 3.5	n/a
Trip 2	b.O190	December	2014	22 dagen	80.0 \pm 17.9	14.9 \pm 5.2	100.0
Trip 3	c.O190	Februari	2015	14 dagen	84.2 \pm 8.4	92.5 \pm 4.1	100.0
Trip 4	d.Z201	Maart	2015	3 dagen	80.0 \pm 8.9	72.5 \pm 7.1	100.0
Trip 5	e.Z201	Maart	2015	3 dagen	95.0 \pm 4.9	54.8 \pm 8.9	100.0
Trip 6	f.Z201	April	2015	17 dagen	60.0 \pm 10.9	7.7 \pm 4.3	100.0
Trip 7	g.O190	Juni	2015	23 dagen	80.0 \pm 8.9	50.0 \pm 7.9	100.0
Trip 8	h.Z201	Juli	2015	14 dagen	0.0	3.5 \pm 2.4	90.0 \pm 2.7
Trip 9	i.Z483	Juli	2015	8 dagen	15.0 \pm 8.0	3.9 \pm 0.8	n/a
Trip 10	j.Z483	Augustus	2015	8 dagen	11.8 \pm 8.0	4.2 \pm 0.9	n/a
Trip 11	k.O190	September	2015	34 dagen	85.0 \pm 7.9	35.0 \pm 7.5	n/a
Trip 12	l.Z201	September	2015	15 dagen	25.0 \pm 9.6	17.9 \pm 6.2	95.0 \pm 5.0

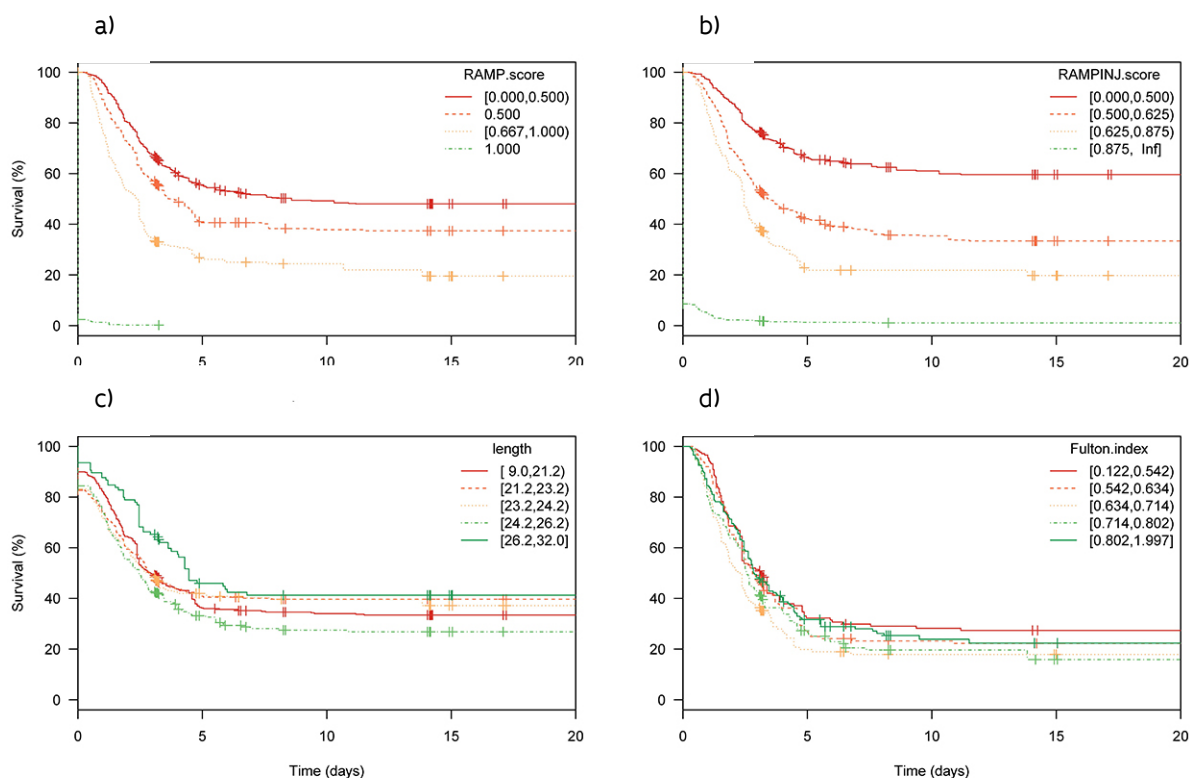
Tabel 9. "Odds ratios" van pladijs die een sleep overleven bij zowel korte als conventionele sleeptijden. "Odds ratios" zijn berekend uit de verhouding van de aantallen levende vissen tegenover dode vissen voor zowel korte als conventionele slepen.

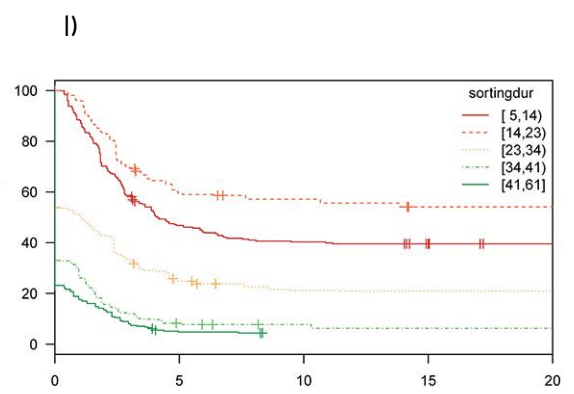
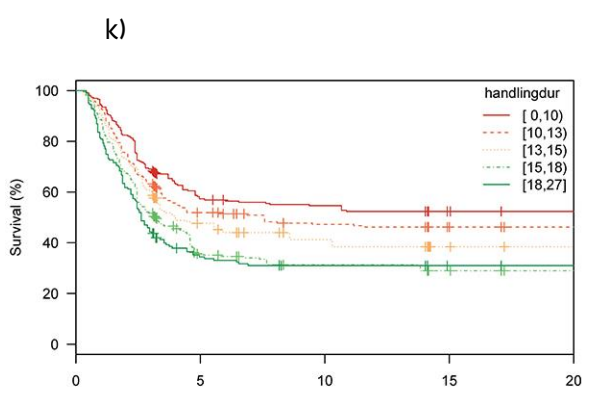
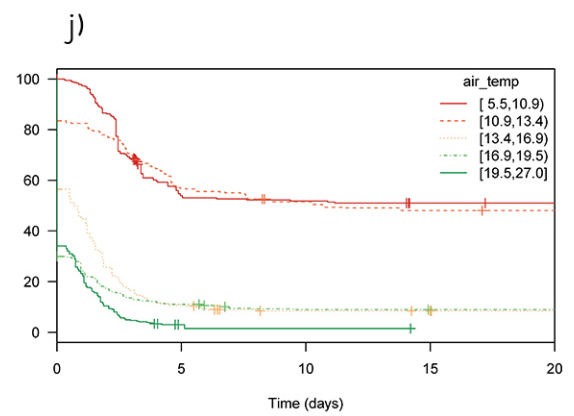
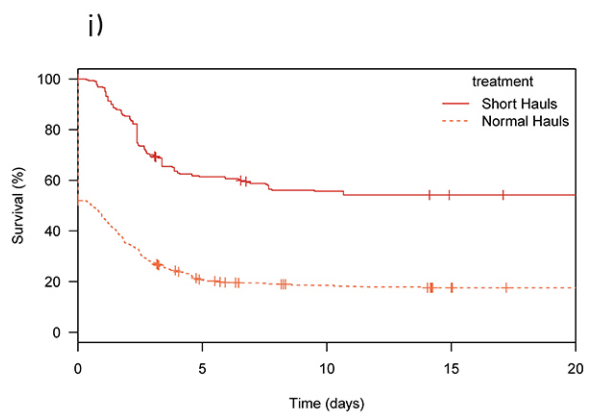
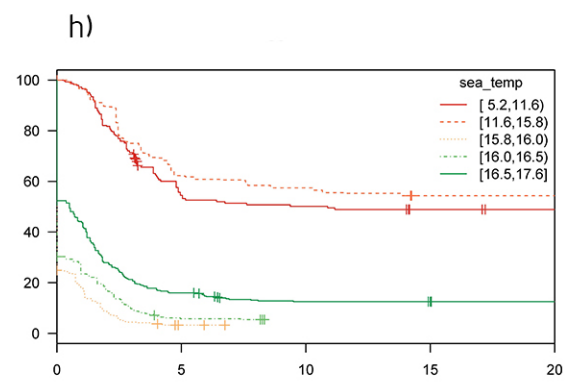
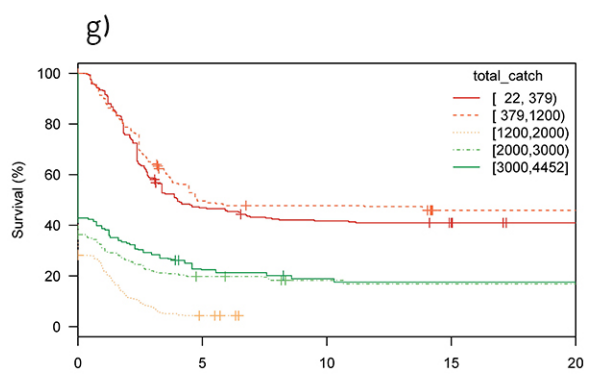
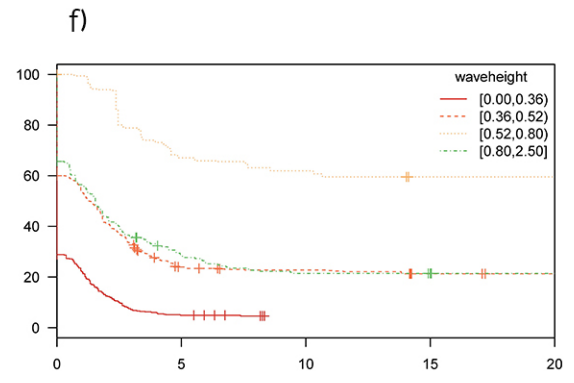
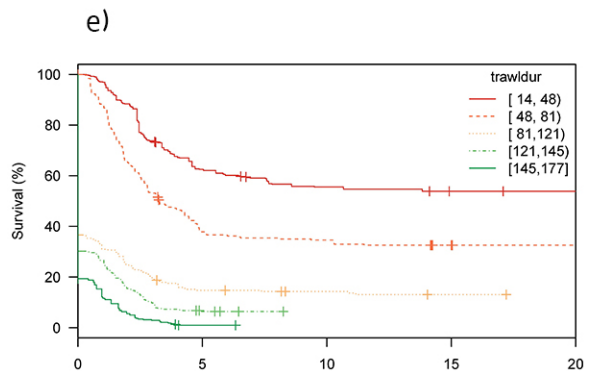
Behandeling	Trip 1	Trip 2	Trip 3	Trip 4	Trip 5	Trip 6	Trip 7	Trip 8	Trip 9	Trip 10	Trip 11	Trip 12
Kort	1.31	0.43	5.33	4.00	19.00	1.50	4.00	0.00	0.18	0.13	5.67	0.33
conventionele	1.45	0.18	12.33	2.64	1.50	0.08	1.00	0.04	0.24	0.18	0.54	0.22
odds ratio	0.90	2.45	0.43	1.52	12.67	18.00	4.00	0.00	0.74	0.75	10.52	1.52

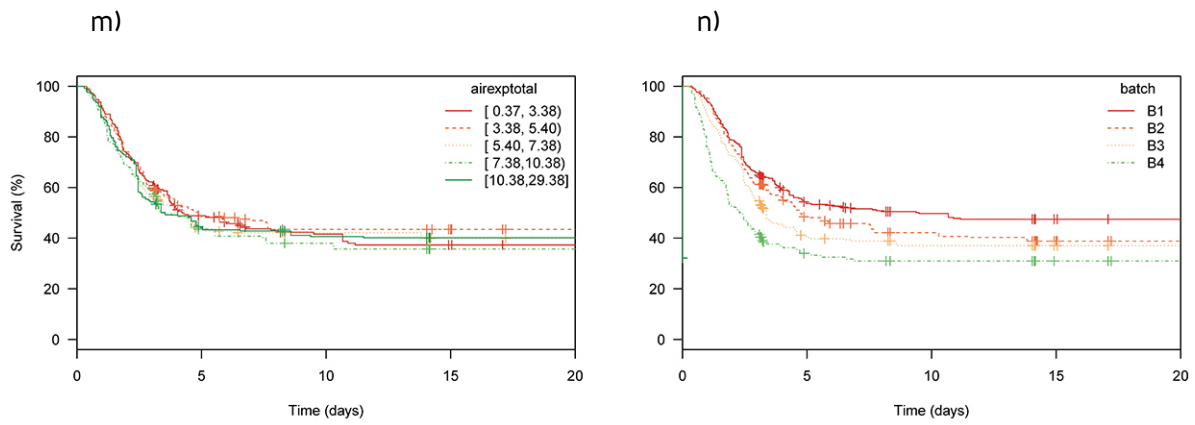
8.3.1 Relevante factoren

Gebaseerd op Kaplan-Meier overlevingscurves blijken reflex impairment (figuur 6a), vitaliteit (figuur 6b), sleepduur (figuur 6e,i), zeewatertemperatuur (figuur 6h), luchttemperatuur (figuur 6j) en sorteertijd (figuur 6l) in verband te staan met overleving. Dit omdat de overlevingskansen duidelijk verschillen tussen de verschillende niveaus van deze verklarende factoren. De resultaten van de statistische analyse bevestigen de waargenomen observaties. Vanwege het ontbreken van gegevens voor enkele parameters zoals lengte en Fulton indices moesten enkele observaties worden verwijderd en zijn er respectievelijk in totaal 772 of 706 observaties mee genomen voor

de statistische analyse van belangrijke factoren (aantal is afhankelijk van het aantal ontbrekende observaties per factor). Sleepduur is collineair getest met sorteertijd en vangstgewicht; diepte met vangstgewicht; blootstelling aan lucht en behandelingstijd met bemonsteringsplaats; en de Fulton index marginaal met zeewatertemperatuur. Vanwege deze intercorrelaties wordt er bij de analyse van de factoren rekening gehouden met verschillende modellen en verschillende combinaties van factoren getest (tabellen 10-12). Op basis van de GLMM blijkt vitaliteitsscore de belangrijkste variabele te zijn om de overlevingskans te schatten. Gevolgd door zeewatertemperatuur, sleeptijd en totale lengte van de vis. De effecten van blootstelling aan lucht (of sorteerplaats) en golfhoogte (als een indicatie voor de weersomstandigheden) waren minder belangrijk (tabel 11 en 12). De Fulton index had een significant effect op de overlevingskans in de modellen waar Fulton index werd gebruikt in plaats van zeewatertemperatuur (tabel 12). Vissen met een vitaliteitsscore van >0.43 hadden meer kans te sterven (gemiddelde \pm standaardfout van dode vis: 0.57 ± 0.01 , vitaliteitsscore van levende vis: 0.43 ± 0.01 , $p < 0.001$; tabel 10, 11 en 12; figuur 6b). Met inbegrip van bovenvermelde variabelen resulteerde de analyse in modellen met gelijkaardige “explanatory power” (Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$; tabel 10). In 28% van de gevallen was model M6, inclusief de belangrijkste effecten voor vitaliteitsscore, TL, sleeptijd en zeewater temperatuur, het optimale model (tabel 10). Dit model was in staat om de waargenomen sterfte correct te voorspellen in 80% van de gevallen wanneer ze toegepast werd aan de validatie dataset. Vitaliteitsscore en zeewatertemperatuur waren significant verschillend van 0 op het 1% niveau in alle modellen (waar toepasbaar, tabel 11 en 12); sleeptijd in de meeste modellen, behalve bij M13 en M14 (GLMM; $p < 0,01$; $p < 0,01$, tabel 12).







Figuur 6. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overlevingskansen (%) tijdens monitoring voor de aangegeven niveaus van impairment (a), vitaliteit (b), lengte (c), Fulton index (d), sleeptijd (e), golfhoogte (f), totale vangst (g), zeewater temperatuur (h), behandeling (i), luchttemperatuur (j), behandelingstijd (k), sorteertijd (l), blootstelling aan lucht (m) en batch (n).

Tabel 10. Lijst van 'generalized linear mixed models' (GLMM) die geschikt zijn voor de overlevingsdata van teruggegooide pladijs die in gevangenschap bemonsterd werd voor tenminste 9 dagen. De modellen (M1-M20) zijn weergegeven met Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$, berekend op basis van Δ_i AIC waarden. Modellen met hogere Akaike gewichten ω_i hebben meer empirische ondersteuning. Alle modellen bevatten de belangrijkste en willekeurige effecten van de gegeven variabelen bij het slepen.

Model (variables included)	Δ_i AIC	ω_i
Main effects: Vitality score (VS) and total length (TL), trawl duration, air exposure, wave height, seawater temperature		
M1 VS, TL, trawl duration, air exposure, sea temperature	0	0.20
M2 VS, TL, trawl duration, trawl duration, sea temperature	0.01	0.20
M3 VS, TL, air exposure, sea temperature	1.85	0.08
M4 VS, TL, trawl duration, wave height, sea temperature	1.86	0.08
M5 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, sea temperature	1.92	0.08
Main effects: VS, TL, trawl duration, picking location, wave height, seawater temperature		
M6 VS, TL, trawl duration, sea temperature	0	0.28
M7 VS, TL, trawl duration, picking location, sea temperature	1.62	0.13
M8 VS, TL, trawl duration, waveheight, sea temperature	1.85	0.11
M9 VS, TL, trawl duration, sea temperature	2.48	0.08
M10 VS, TL, sea temperature	2.62	0.08
Main effects: VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, and Fulton index		
M11 VS, trawl duration, air exposure, Fulton index	0	0.21
M12 VS, TL, trawl duration, trawl duration, air exposure, Fulton index	0.07	0.20
M13 VS, trawl duration, air exposure, wave height, Fulton index	2.00	0.08
M14 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, Fulton index	2.05	0.07
M15 VS, trawl duration, Fulton index	2.14	0.07
Main effects: VS, TL, trawl duration, picking location, wave height, and Fulton index		
M16 VS, trawl duration, Fulton index	0.00	0.20
M17 VS, TL, trawl duration, Fulton index	0.51	0.15
M18 VS, trawl duration, picking location, Fulton index	1.27	0.10
M19 VS, length, trawl duration, picking location, Fulton index	1.51	0.09
M20 VS, trawl duration, picking location, wave height, Fulton index	1.99	0.07

Tabel 11. Significantie van variabelen (blijvende effecten) en hun interacties van 'generalized linear mixed model' (GLMM, models M1-M10) met de meeste empirische ondersteuning (Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$). GLMM's werden aangepast aan de overlevingsdata van teruggegooiden pladijs die in gevangenschap bemonsterd werden voor tenminste 9 dagen. Opgenomen factoren: vitaliteitsscore, totale lengte, sleeptijd, golfhoogte, zeewatertemperatuur en blootstelling aan lucht of sorteerplaats.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Vitaliteitsscore	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Totale lengte	*	*	*	*	–	*	*	*	–	*
Sleeptijd	*	*	○	○	*	*	*	○	*	–
Golfhoogte	–	–	○	○	–	–	–	○	–	–
Zeewater temperatuur	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Blootstelling aan lucht	○	–	–	○	–	–	–	–	–	–
Sorteerplaats	–	–	–	–	–	–	○	–	–	–

○ $p > 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; –, niet toepasbaar.

Tabel 12. Significantie van variabelen (blijvende effecten) en hun interacties van 'generalized linear mixed models' (GLMM, models M1-M10) met de meeste empirische ondersteuning (Akaike gewichten $\omega_i > 0.05$). GLMM's werden aangepast aan de overlevingsdata van teruggegooid pladijs die in gevangenschap bemonsterd werden voor tenminste 9 dagen. Opgenomen factoren: vitaliteitsscore, totale lengte, slaaptijd, golfhoogte, Fulton index en blootstelling aan lucht of sorteerplaats.

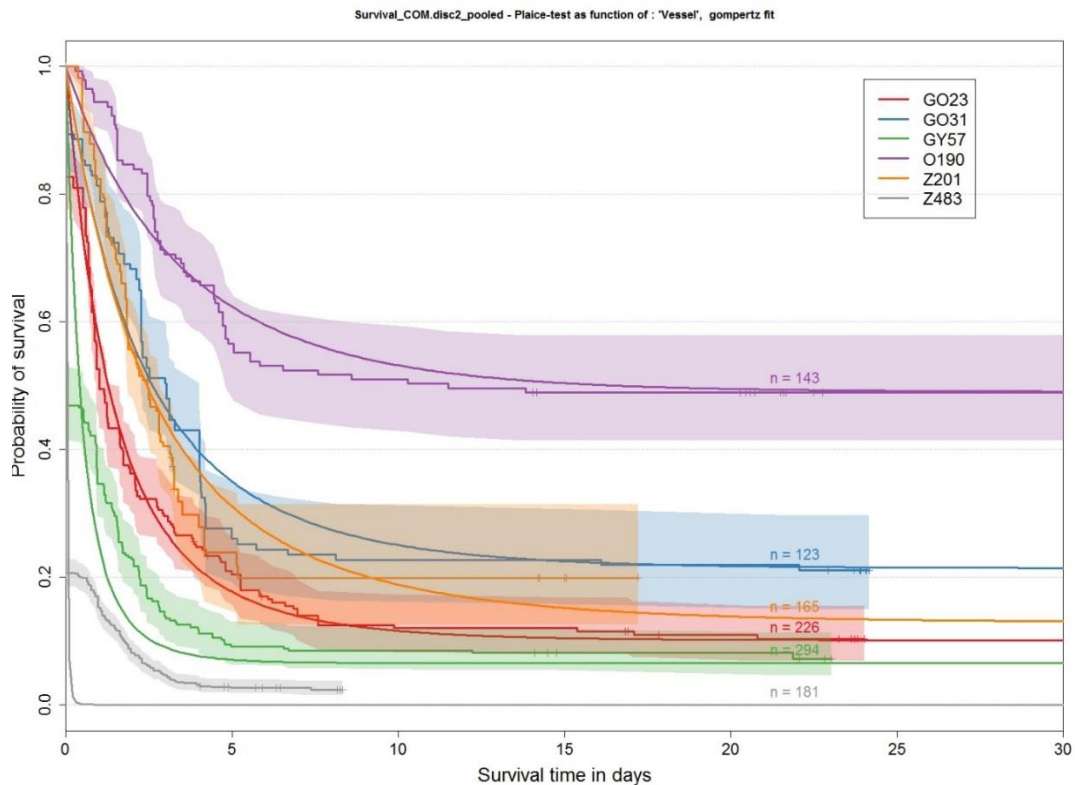
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Vitaliteitsscore	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Totale lengte	–	○	–	○	–	–	○	–	○	–
Slaaptijd	**	**	*	*	**	**	**	**	**	**
Golfhoogte	–	–	○	○	–	–	–	–	–	○
Fulton index	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Blootstelling aan lucht	*	*	*	*	–	–	–	–	–	–
Sorteerplaats	–	–	–	–	–	–	–	○	○	–

○ $p > 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; –, niet toepasbaar.

9 Discussie

De overlevingskans van pladijs was binnen hetzelfde schattingsbereik als in eerdere studies met vergelijkbare bemonsteringsperiodes (31-52% na 7 d, Kelle 1976; 3-27% na 3 d, van Beek et al., 1990; 20-57% na 3 d, Revill et al., 2013; 48-69% na ≤ 3 d, Depestele et al., 2014a; 27-47% na 3 d, Catchpole et al., 2015). Er werd een hoge overlevingskans van >90% geregistreerd bij een trip in de winter met het kustvaartuig die qua overlevingspercentages vergelijkbaar was met een kleinschalige Deense twinrigger (Madsen et al., 2015). Bij sommige trips van Belgische boomkorvaartuigen bereikte de mortaliteit ongeziene lage cijfers, wat kan toegewezen worden aan de uitgebreide bemonsteringsperiode ten opzichte van eerdere studies (e.g. van Beek et al., 1990). De langdurige bemonstering zorgde ervoor dat de gevangen vis en de controlevis geobserveerd werden tot dat de sterfte stopte en niet verder doortrok tot 100%, wat vervolgens kan aanduiden dat sommige vis minder beïnvloed wordt door het vangst-en-teruggooi proces (Benoît et al., 2012; Benoît et al., 2015). De waargenomen resultaten zijn echter tijdelijk en ruimtelijk (expliciet) beperkt tot drie geselecteerde (niet willekeurig) vaartuigen, die niet representatief zouden kunnen zijn voor de gehele Belgische boomkorvloot. De twee ≤ 221 kW vaartuigen maakten slepen van ~60 minuten met een vangst van ongeveer ~1 ton. Deze condities kunnen als mild beschouwd worden in vergelijking met slepen van 120 min (Poos en Rijnsdorp, 2007) en vangsten van 5 ton (Ulleweit et al., 2010) die typisch zijn voor de meeste boomkorvaartuigen in de Noordzee (inclusief het derde participerende vaartuig). De overleving van teruggegooide pladijs bij conventionele slepen (>120 min) van zowel Nederlandse en Belgische boomkorvaartuigen werd meestal geschat tussen de 10 en 30% dan op 50% voor het kustvaartuig (figuur 7). Ondanks het bovenstaande zijn onze resultaten indicatief voor effecten van relevante stressoren op de vitaliteit en korte-termijn afloop van de teruggegooide vis (uitgezonderd de effecten van predatie, Raby et al., 2014).

Cumulatieve stress tijdens het vangstproces bij een boomkor kan ernstiger zijn dan wanneer passieve vistechnieken zoals schakelnetten gebruikt worden (Catchpole et al., 2015; Uhlmann en Broadhurst, 2015) of sommige bordennetten met grote mazen (Madsen et al., 2015). Er werden bijvoorbeeld grotere proporties pladijs, gevangen met schakelnetten, levendiger en vitaler bevonden wanneer deze aan dek gehaald werden dan pladijs gevangen in de boomkorvisserij in een Engelse studie (Catchpole et al., 2015). In onze studie hier hadden stressoren tijdens het vangstproces zoals sleeptijd en zeewatertemperatuur een aanzienlijk effect op overleving. Vergeleken met slepen van ~60 tot ~120 minuten overleefde tot 18 keer meer pladijs in korte <40 minuten slepen. Zoals waargenomen bij Depestele et al. (2014a) resulteerde het vangstproces niet in een onmiddellijk sterfte, behalve voor twee trips met het grotere boomkorvaartuig. Het grotere boomkorvaartuig sleepte tweemaal zo lang als de andere twee kleinere boomkorvaartuigen, daarnaast werden beide trips bemonsterd in de zomer waarbij de zeewatertemperatuur piekte, wat de effecten van sleeptijd vergroot zou kunnen hebben. Eerdere studies hebben aangetoond dat vis tracht te ontsnappen wanneer ze een gesleept vistuig waarnemen. Afhankelijk van hun zwemcapaciteit (grootte, watertemperatuur en fysiologie; Beamish, 1978) kunnen ze ontsnappen of worden ze geleidelijk ingehaald door het net en gevangen in de kuil (Wardle, 1983). Eenmaal in de kuil komt de vis samen, worden ze gedesorienteerd en botsen ze herhaaldelijk met elkaar en het net (Watson, 1989). Afhankelijk van het uithoudingsvermogen van de soort wordt de zwemmende vis vermoeid en tegen het net of andere vissen gedrukt.



Figuur 7. Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overleving van teruggegooide pladijs bij conventionele slepen (>60 en >120 min) van zowel Nederlandse puls en Belgische wekkerketting boomkorvaartuigen (figuur van Marlen et al., 2016). De GY157 is een Nederlandse twinrigger met een sleeptijd van ~4 uur.

Naast uitputting veroorzaakt het vangstproces een reeks van verwondingen door het schurende effect van sediment en andere dieren en het samenpersen in het net op de zeebodem met daaropvolgend sterfte die typisch en positief gecorreleerd is met de sleeptijd en/of de volume van de vangst. De samenstelling van dit volume kan de impact erger maken (Berghahn et al., 1992; Colura en Bumguardner, 2001). Als vangstprocessen minder schadelijk zijn (e.g. minder botsingen en samenpersing) kan sleeptijd een minder effectieve maatstaf zijn voor nadelige gevolgen. Madsen et al. (2015) heeft bijvoorbeeld <10% mortaliteit van pladijs waargenomen bij een 120 mm twinrigger met sleeptijd van ~3 uur (~180 min). Bij een Nederlandse 100 mm twinrigger met sleeptijd van ~4 uur wordt gemiddeld 90% mortaliteit geobserveerd (Marlen et al., 2016), wat aantoont dat andere stressoren, bijvoorbeeld bordenspreiding (10 m bij het Deense ten opzicht van 140 m bij het Nederlandse twinrig vaartuig) en daarmee vangst volumes een wisselwerking kunnen hebben en tenslotte kunnen bijdragen aan deze uiteenlopende bevindingen.

Sommige van deze processen kunnen erger worden tijdens slecht weer. Het analyseren van mogelijke interacties tussen verschillende verklarende factoren is nodig om de relatieve effecten van elke individuele factor te onderscheiden. Bijvoorbeeld onthulde een analyse van de verzamelde data van de vijf trips met het kustvaartuig een significante interactie tussen golfhoogte en sleeptijd (Uhlmann et al., 2016). Bij grote golven en sterke scheepsbewegingen kan het net van de grond worden getild wat de mechanische impact van het schuren en persing op de gevangen vis in het net erger maakt. Niet alle interacties werden als onderdeel van de

analyses voor dit rapport onderzocht, een interactie die meer aandacht en onderzoek vereist is het effect van veranderende temperaturen (in de waterkolom en in de lucht) met de periode van blootstelling aan de lucht. Uhlmann et al. (2016) vond echter geen significante wisselwerking tussen zeewatertemperatuur en blootstelling aan lucht op dek. Alleen de temperatuur van zeewater blijkt een belangrijke factor te zijn bij mortaliteit. Vergelijkbaar met de studie van Beek et al. (1990) werd herhaaldelijk hogere overleving waargenomen op koelere dagen in de winter dan in de zomertrips met het vaartuig uit het klein vlootsegment. Het is echter onduidelijk of hogere temperatuur *per se* of een temperatuursprong de gevangen vis op een gelijke wijze stress. Het is welbekend dat een hogere temperatuur de fysiologische respons bij commerciële vangst kan verergeren (Davis, 2002; Broadhurst et al., 2006; Gale et al., 2011; Gale et al., 2013). Dit effect kan binnen het bereik en niet noodzakelijk voorbij de gekende temperatuurstolerantie optreden (Gale et al., 2013). Er is echter weinig bekend over welke temperatuursvoorkeur pladijs heeft. Onze resultaten bevestigen dat de stress ervaren bij warmere (zomer) tegenover koelere (winter) temperaturen bijdragen aan sterfte na vrijlating (Giomi et al., 2008).

Een verhoogde (absolute) temperatuur kan de fysiologische tolerantiedrempel overschrijden en acute stress veroorzaken onder temperatuurgevoelige soorten (Gale et al., 2013). Tijdens de zomer zal vis een hogere metabolisme hebben zodat er minder energie over is voor extra verbruik (i.e. in het net worstelen) of zal de vis beroep doen op anaerobe energie productie (C Methling, pers.com.) Dit effect zou zich kunnen voordoen binnen en niet noodzakelijk buiten de gekende temperatuurstolerantie grenzen voor een bepaalde soort (Gale et al., 2013). Ondanks dat er voor pladijs maar weinig bekend is over temperatuursvoorkeuren, bevestigen onze resultaten, samen met eerder onderzoek, wel dat ervaren stress tijdens warmere (zomer) tegenover koelere (winter) temperaturen bijdraagt aan de sterfte na vrijlating (van Beek et al., 1990; Giomi et al., 2008).

Ondanks het bovenstaande kunnen snelle temperatuursveranderingen een stress respons veroorzaken bij koudbloedige vis. Helaas werden in dit project geen metingen gemaakt van eventueel aanwezige thermoclines in de waterkolom, ten gevolge van een storing aan de datalogger. Desondanks tonen verslagen in de literatuur aan dat gevangen vis abrupte temperatuursverandering van $>5^{\circ}\text{C}$ kunnen ervaren bij het ophalen vanuit kouder bodemwater naar warmer oppervlaktewater om vervolgens terecht te komen in warmere of koudere lucht afhankelijk van het seizoen en het gebied. Sommige temperatuurprofielen van gemerkte roggen suggereren dat bij het onmiddellijk terug keren naar de zeebodem na hun vrijlating ze een verschil kunnen ondervinden van meer dan 5°C binnen 5 minuten (Catchpole et al., 2015; E. Hunter, pers. comm.).

Het effect van temperatuur kan ook gekoppeld zijn aan het seizoen en geassocieerd zijn met condities voor of na de paaitijd (Revill et al., 2013). Dit kan in verband gebracht worden met de lichamelijke conditie zoals de Fulton index. Waarnemingen van gelabelde pladijs, welke bewust in en uit thermoclines zwemmen lijkt te wijzen op gedragsaanpassingen om het metabolisme te reguleren (E. Hunter, pers. com.). Ook is er bijvoorbeeld gevonden dat kabeljauw naar koudere waters zwemt om energie te besparen of een korte tijd in warmer water doorbrengt om spijsvertering te faciliteren (Neuenfeldt et al., 2009; Sandblom et al., 2014).

Stress die gerelateerd is aan temperatuur zou dodelijker kunnen zijn dan effecten van blootstelling aan lucht en hypoxie (Gale et al., 2013). Alhoewel reflexen zwakker werden bij

langdurige periodes van blootstelling aan lucht (Uhlmann et al., 2016) zou pladijs in staat zijn om daarvan te herstellen. Ook vanwege hun vermogen om te ademen via de huid (Steffensen et al., 1981). De blootstelling aan lucht is zelden boven de 15 minuten en zou dus binnen de tolerantiegrenzen kunnen liggen voor deze soort. Een andere Pleuronectidae soort, de zandschar (*Limanda ferruginea*), was gevoelig voor sterfte na vangst met sleeptuig bij blootstelling aan lucht voor 15 tot 30 minuten (Barkley en Cadrin, 2012).

Naast vangst- en behandelingsstressoren zoals sleeptijd, temperatuursveranderingen, blootstelling aan lucht en andere, kunnen niet vermelde potentiële stressoren nog steeds relevant zijn in de bijdrage aan sterfte. De mate waarin individuen in staat zijn om stressoren te tolereren tijdens het vangstproces is afhankelijk van verschillende biologische karakteristieken, maar vooral van hun fysieke veerkracht (Davis, 2002). Indicatoren om de toestand te bepalen zoals reflex impairment en vitaliteitsscores of de Fulton index kunnen de fysieke of meer specifiek de fysiologische veerkracht meten. De effecten van alle stressoren die ervaren werden tijdens het vangst- en behandelingsproces manifesteren zich in een verzwakking van reflex reacties (bijlage 7) en/of een grotere omvang van de verwondingen. Terwijl de Fulton index de effecten van temperatuur en lengte kan integreren, kunnen reflex impairment of vitaliteitscore alle interactieve, synergetische effecten van sleeptijd, temperatuursveranderingen en andere minder significante milieu, technische en operationele stressoren (zoals golfhoogte en hypoxie) tijdens commerciële visserij integreren. Minder vitale pladijs had meer kans om te sterven. Er werden vergelijkbare relaties vastgesteld voor met sleeptuig gevangen zandscharren (Barkley en Cadrin, 2012) en Pacific heilbot (*Hippoglossus stenolepis*, Davis, 2007) met vitaliteitsscores die de variabiliteit verklaren en de waargenomen overlevingskansen. Op basis van de relatie tussen vitaliteit en overleving van pladijs kunnen de resultaten van deze studie gebruikt worden om overlevingskansen te extrapoleren van de bemonsterde vissen tot sleep, trip, vaartuig of zelfs vlootniveau zolang een representatief aantal dieren geëvalueerd worden op hun impairment en verwonding bij vergelijkbare visserij- en milieu condities (Benoît et al., 2012; Yochum et al., 2015). In Canada werd er bijvoorbeeld bij een langlopend monitoringsprogramma opdracht gegeven aan waarnemers om semi-kwantitatieve informatie te verzamelen over de status van de vitaliteit van 25 willekeurig geselecteerde individuen van een bepaalde soort per bemonsterde sleep tijdens trips in 2005/06, zonder het meten van de overleving op korte termijn na vrijlating (Benoit et al., 2010; Benoit et al., 2012). Hun vitaliteitsscores werden dan verbonden aan individuen met de gekende overleving van gevangen waarnemingen om op schaal van het vlootsegment de overleving te kunnen schatten (Benoit et al., 2010; Benoit et al. 2012). Om een vitaliteitsprofiel te verkrijgen van alle gevangen pladijs werd in deze studie de vitaliteit gemeten van aanvullende exemplaren pladijs die niet in de containers voor het monitoren van overleving geplaatst werden. In verder onderzoek moet deze data gecombineerd worden met overlevingskansen die afhankelijk zijn van de vitaliteit door middel van 'bootstrapping' technieken beschreven door Benoit et al., (2012).

Alhoewel we niet geëvalueerd hebben of de vitaliteitstoestand negatief werd beïnvloedt door vis in gevangenschap te houden was de sterfte van de controlevis laag. Waaruit geconcludeerd kan worden dat de stress door gevangenschap minimaal is. De bakkenunits en andere opslag tanks die werden gebruikt hebben niet bijgedragen aan de sterfte tot 4 weken na de vangst. Er stierven slechts 3 van de 160 controlevissen. Het gebruik van wild gevangen vis als controlevis impliceerde dat het mogelijk was om te acclimatiseren aan de laboratorium condities na een

bepaalde periode. Enkel de sterke, minst gevoelige individuen overleefden, wat niet representatief kan zijn voor een populatie waar zwakke en sterke individuen naast elkaar kunnen leven (ICES, 2014). Hoewel er weinig controlevis is gestorven kunnen de condities onder gevangenschap wel voor stress bij de dieren gezorgd hebben (Portz et al., 2006). Of deze stress zo groot was dat sommige met sleeptuig gevangen en in een container gehouden vis hierdoor stierf is moeilijk te kwantificeren, maar niet onwaarschijnlijk. Niettemin overleefde meer vis in gevangenschap de condities in plastieken containers tegenover gesleepte pladijs in onderwater kooien (van Marlen et al., 2013b). Aangezien aan de ene kant de bescherming tegen de waarschijnlijke predatie bijgedragen hebben aan een overschatting van de overleving, kan de stress door gevangenschap geleid hebben tot een onderschatting van de echte overlevingskans. Om zowel predatie en effecten door gevangenschap te kwantificeren van de vis die in containers gehouden wordt zijn compleet verschillende protocollen nodig (Berghahn en Rösner, 1992; Garthe et al. 1996; Garthe en Hüppop, 1998; Madsen et al., 2015; Uhlmann et al., 2015; Depestele et al., 2016) of markering en terugvangst experimenten (Catchpole et al., 2015), wat buiten het tijdsbestek en budget van dit project was.

Er werden meeuwen geregistreerd welke in grote aantallen vissersvaartuigen volgen om te jagen op de teruggooi in zowel deze studie als elders (Depestele et al., 2016; Ommo en Hüppop, 1996). In recente studies over teruggooi en overleving van pladijs in het VK is echter nog geen rekening gehouden met de predatie door zeevogels op pladijs (Catchpole et al., 2015). In deze studie kon niet (door logistieke en budgettaire beperkingen) bepaald worden of zeevogels die het vissersvaartuig volgen succesvol op pladijs jagen. Maar oudere studies suggereren dat sommige momenten tot 50% van de teruggegooide pladijs opgegeten zou kunnen worden in de Noordzee (Garthe en Hüppop 1996; Garthe et al., 1996), maar gemiddeld over alle visreizen wordt er minder pladijs opgegeten. Camphuysen (1994) schatte dat de totale consumptie van teruggegooide platvis bij een commerciële boomkvisser in de zuidelijk Noordzee 30% bedraagt, waarvan voornamelijk tong (~22 cm in lengte), pladijs (~23 cm), schar (~18 cm) en dwergtong (~10 cm). Het werd geschat dat van 10 vissen, elasmobranchen of ongewervelden teruggegooide-en-opgevreten in de Noordzee ongeveer 1 daarvan een platvis zou kunnen zijn (Garthe et al., 1996); wat er op wijst dat teruggegooide platvis minder in de smaak ligt bij zeevogels die het vaartuig volgen (Garthe en Hüppop, 1996). Een lange, stekelige bot rond de maag en een grote omtrek in verhouding met de breedte van de bek van veel zeevogels maakt het moeilijk voor hun om pladijs in te slikken (Garthe et al., 1996). De predatiedruk zou afhankelijk kunnen zijn van teruggegooide soorten compositie, abundantie, samenstelling van de vogelsoorten die het vaartuig volgen, gebied en seizoen (Garthe et al., 1996; Sotillo et al., 2014; Depestele et al., 2016). Depestele en Stienen (2016) toonden aan dat de consumptiesnelheid van teruggegooide vis vaak een verband heeft met de soortencompositie die teruggegooid wordt. De kans dat pladijs werd opgegeten nam af tot minder dan 10% wanneer ze teruggegooid werd samen met tong, een platvis die makkelijker in te nemen is dan pladijs. Als pladijs samen met wijting en steenbolk werd teruggegooid was die kans ongeveer 50%.

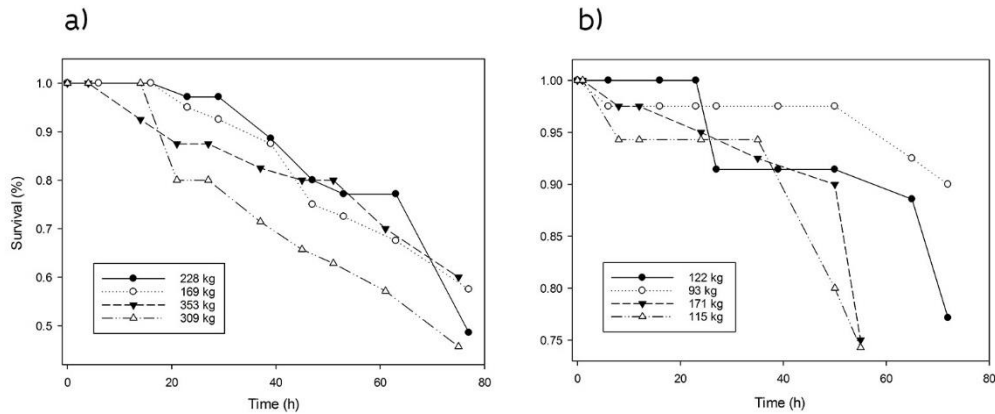
Hoewel predatiedruk op teruggegooide pladijs door zeevogels die het vaartuig volgen plaatselijk zou kunnen voorkomen, maar over alle teruggegooide platvissen niet frequent zou gebeuren, is de predatie van andere toppredatoren zoals zeehonden, vis, roggen, haaien of bentische aaseters meer waarschijnlijk (Bergmann et al., 2002). Er is nog verder onderzoek vereist om de

predatie hoeveelheden van pladijs te kwantificeren en de relaties met de vitaliteitstoestand van teruggegooide organismen te verduidelijken.

9.1 Aanbevolen aanpassingen voor vistuig naast reeds bestaande configuraties

De effecten van blootstelling aan lucht, temperatuursverandering en -schokken, sorteertijd en/of de impact van mechanische sortering resulteerden in een lagere overleving van de bemonsterde vis na de transportband en sortering in tegenstelling tot vis die rechtstreeks vanuit de stortbak bemonsterd werd. Er werden vergelijkbare effecten gekwantificeerd bij teruggegooide pladijs bij Nederlandse puls vissers waarbij een reductie waargenomen werd in overleving tussen vis rechtstreeks vanuit de stortbak vs vis van de sorteerband (van Marlen et al., 2016). Alhoewel een kortere sorteertijd kan bijdragen tot een reductie in sterfte na teruggooi, bevestigen onze resultaten eerdere bevindingen dat de stressoren tijdens de sleep het meest bijdragen aan de sterfte (Broadhurst et al., 2006; Uhlmann en Broadhurst, 2007; Broadhurst et al., 2008). Daarom zouden aanpassingen naast bestaande configuraties die stressoren verzachten tijdens zowel de vangst als het behandelings- en vrijlatingsproces de meest belovende resultaten kunnen genereren. Op basis van onze analyses van de bijdragende factoren kan de reductie van de sleeptijd prioritair zijn, doordat dit een effect heeft op alle processen die individuen kunnen verwonden of stressen door het samendrukken in de kuil (Uhlmann en Broadhurst, 2007). Het is echter niet altijd praktisch mogelijk om de sleeptijd aan te passen (e.g. te weinig mankracht of onvoldoende rust van de bemanning die ongewenst en niet verantwoord is). Technische aanpassingen aan het vistuig kunnen een alternatieve optie zijn om de impact van het vangstproces te reduceren en overleving na vrijlating te maximaliseren (Broadhurst et al., 2006; Uhlmann en Broadhurst, 2015). Dergelijke aanpassingen veroorzaken echter vaak nadelige effecten op vangstvolumes (wat typisch gecorreleerd is met sleeptijd; Uhlmann en Broadhurst, 2007; Broadhurst et al., 2008).

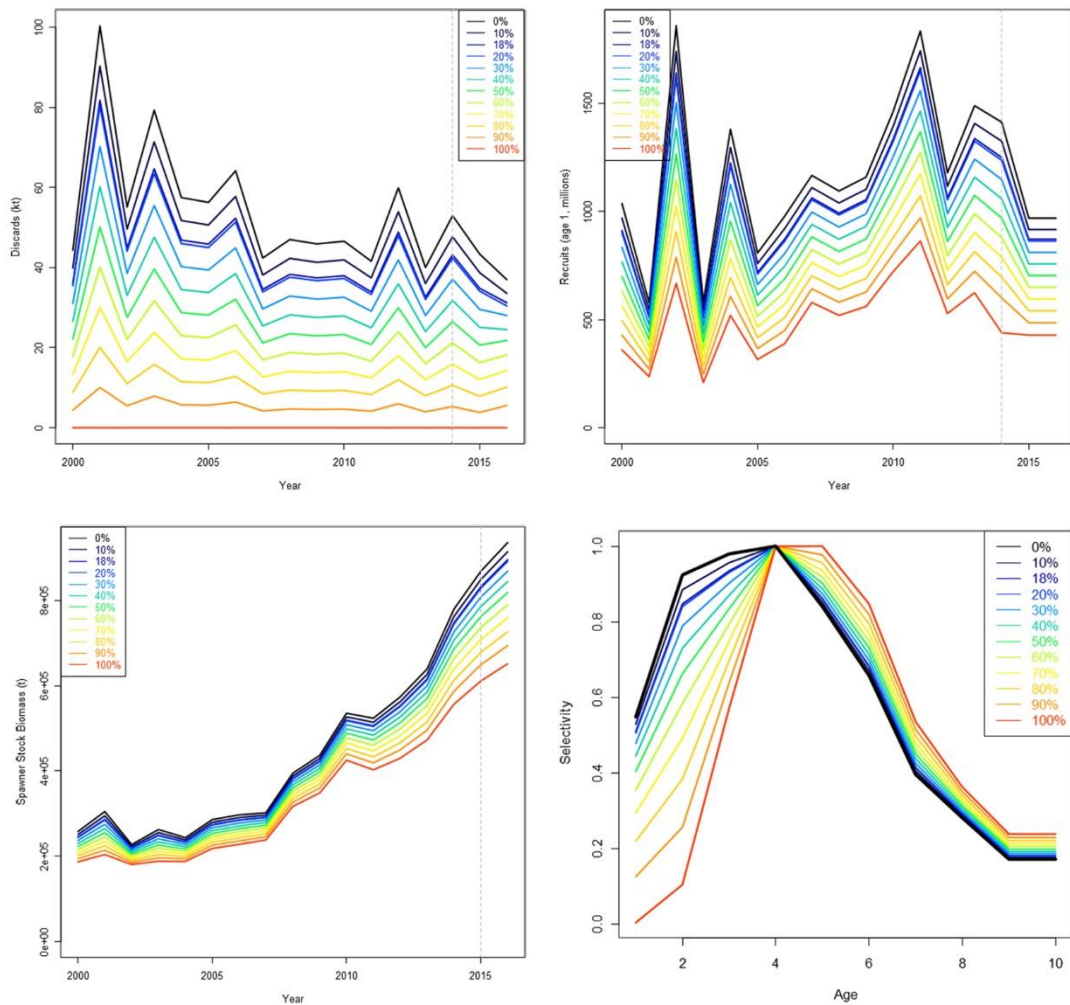
Om te testen of de reductie in vangstvolumes voordelige effecten heeft op teruggegooide pladijs werden een paar voorafgaande testen gedaan aan boord van de RV 'Belgica' tijdens twee wekelijkse campagnes in januari 2016 (M. Soetaert en B. Verschueren, niet gepubliceerde gegevens). Hierbij werden de bovengenoemde bemonsteringstechnieken gebruikt (i.e. bemonsteren van vangst in batch van vijf over de gehele sorteringsperiode) waarna de vis werd verdeeld in 30-L bakken van twee bakkenrekken. Er werd een elektrisch ontsnappingspaneel met 200 mm mazen (eBRP, in detail beschreven door Soetaert et al., 2016) in een boomkor van 4 meter geïnstalleerd in het midden van het net voor de kuil om ongewenste ongewervelden zoals zee-egels, buikpotigen, schelpen en andere ongewenste restanten te laten ontsnappen. De pulsen verkrampen de tong en voorkomen dat ook maatse tong ontsnapt en in de kuil terecht komen. Het andere net was geconfigureerd volgens een typische commerciële boomkor met 80 mm mazen. Hoewel de gemiddelde vangstvolumes $37\% \pm 19$ (gemiddelde \pm standaardafwijking) kleiner waren bij het net met het ontsnappingspaneel, waren de positieve effecten op overleving na vrijlating niet sluitend/overtuigend (figuur 8). Bij iedere reis werd onder verschillende omstandigheden zoals het weer, de visgrond en de puls configuratie gevist. Hierdoor zijn de vangst observaties tussen het net met het ontsnappingspaneel en het conventionele net in verschillende mate beïnvloed. Enkel bij de eerste sleep van de tweede reis was de overleving van pladijs beter bij het net met het elektrisch ontsnappingspaneel.



Figuur 8. Overleving van pladijs na teruggooi (%) tijdens reis 1 (a) en reis 2 (b) na 3 dagen (72 uur) monitoring aan boord van het onderzoekvaartuig (R/V 'Belgica'). Met twee boomkorren van 4 meter waar aan één kant het (elektrisch) ontsnapingspaneel (eBRP, witte symbolen) geïnstalleerd is en aan de andere kant een conventioneel net zonder dergelijke installatie (donkere symbolen). Tijdens elke reis worden twee slepen bemonsterd (sleep 1 – cirkel symbool; sleep 2 – driehoek symbool). Voor elke behandeling en sleep werd de vangsthoeveelheid in kilo gegeven.

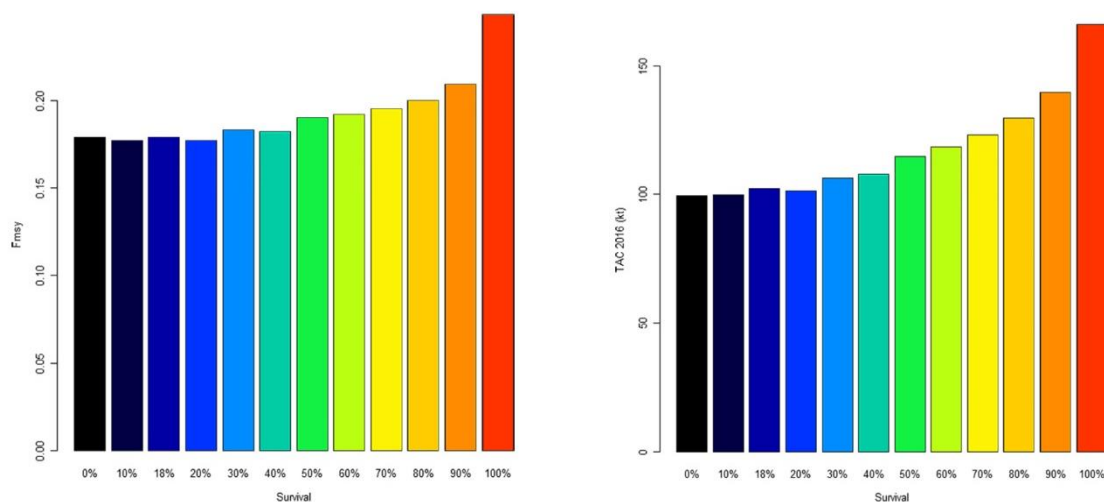
9.2 Implicaties van dit onderzoek

In dit onderzoek wordt bevestigd dat een proportie van de teruggewoide pladijs het vangstproces en het overboord zetten overleeft bij commerciële boomkorvaartuigen. Deze bevindingen zijn in tegenstelling met de veronderstelde 0% overlevingskans van teruggewoide pladijs in de huidige bestandsevaluaties. Dat wil zeggen dat de visserijsterfte (teruggooi + aangelande vis = vangst) momenteel als dusdanig wordt overschat, samen met schattingen van het paaibestand en de rekrutering (Miller en Verkempynck, 2015). Om de gevolgen van deze overschatting te evalueren werd de huidige bestandsevaluatie voor pladijs in de Noordzee herhaald door middel van enkele simulaties (STECF, 2013; Miller en Verkempynck, 2015). In de studie van Miller en Verkempynck (2015) werden de gevolgen geëvalueerd voor een overlevingskans voor teruggewoide pladijs tussen 0 en 100%. Hierbij werd geen rekening gehouden met de variabiliteit van overleving in verband met de lengte en leeftijd van pladijs, het seizoen of de gebruikte vistuigen. Het effect van overleving bij teruggewoide pladijs resulteerde in lagere schattingen van de teruggooi, de rekrutering, en het paaibestand (figuur 9, Miller en Verkempynck, 2015).



Figuur 9. Geschatte teruggooi van pladijs (a); rekrutering (miljoenen) (b); paaibestand (c); en selectiviteit (d) van de veronderstelde overleving van teruggegooide pladijs waarvan het bereik ligt tussen de 0 en 100% (Miller en Verkempynck, 2015).

Er was een positief effect op de visserijsterfte onder het “Maximum Sustainable Yield” (MSY) paradigma merkbaar bij de overleving van teruggooi op of boven de 50. De effecten onder de 50% overleving na teruggooi zijn relatief gering en bijna verwaarloosbaar. De schattingen van overleving na teruggooi van de huidige overlevingsexperimenten liggen echter binnen dit bereik. Als een groter aandeel jongere vis niet behouden blijft en dus niet overleeft zou vissen op het zelfde niveau (gelijke F) meer jonge vis toelaten om te overleven en een oudere leeftijd te bereiken. Vandaar dat de geschatte F_{MSY} hoger is voor een hogere overlevingskans (figuur 10; Miller en Verkempynck, 2015). Op dezelfde manier kan advies voor de ‘Total Allowable Catch’ (vangstquota) veranderen met een relatieve hoge overlevingskans na teruggooi (figuur 10, Miller en Verkempynck, 2015).



Figuur 10. Geschatte visserijsterfte bij de maximale duurzame oogst (MSY) (a, F_{MSY}) en totale vanstquota (b, TAC) voor de overleving van teruggegooide pladijs met een bereik tussen 0 en 100% (Miller en Verkempynck, 2015).

Hoewel er kan worden gesteld dat een aanlandplichtscenario voor pladijs geen verschil zou maken met scenario's waarbij de overleving na teruggooi tussen de 0 en 40% ligt, worden de effecten van teruggegooide vis in het ecosysteem, zoals als voedsel voor aaseters, niet in rekening gebracht in dit bestandsevaluatiemodel met één soort. Het verwijderen van grote hoeveelheden nutriëntrijke biomassa (discards) uit het ecosysteem zoals verwacht wordt onder de aanlandplicht, zou het voedselweb in die mate kunnen verstoren met een ongewenst effect (Fondo et al., 2015).

Een analyse van een bestandsevaluatiescenario is nodig om de trade-offs tussen de potentiële aanwinst van verbeterde selectiviteit of gedeeltelijke rekrutering in rekening te kunnen brengen. Als bijvoorbeeld in het tweede scenario een verbeterde selectiviteit minder is dan verwacht van het totale aandeel overleefde teruggooi, zou een uitzondering voor de aanlandplicht met een hoge overlevingskans vanzelfsprekend lijken.

Tabel 13. Overzicht van mogelijke scenario's die in toekomstig onderzoek zouden moeten worden gesimuleerd in de bestandsevaluaties voor pladijs.

Scenario	Status quo selectiviteit	Verbeterde selectiviteit
Ja – aanlandplicht	1)	2)
Nee – aanlandplicht	3)a – met overleving 3)b – geen overleving	4)

Het is echter wel bekend dat bij boomkorvaartuigen met veel teruggooi en tong als belangrijkste doelsoort de selectiviteit moeilijk te verbeteren is (Soetaert et al., 2015b). Daardoor is het mogelijk dat de huidige overleving meer positieve effecten heeft op de populatie dan eventuele verbeteringen in de selectiviteit.

9.3 Conclusies

In deze studie werd de overleving van teruggegooide pladijs in de boomkor visserij gekwantificeerd. Gegeven dat een bepaalde fractie (tijdens reizen met het kust vlootsegment, zelfs de helft) van teruggegooide pladijs overleeft is een vervolgonderzoek naar de potentiële implicaties op het visbestand gerechtvaardigd. Zoals eerder van een Europese experten groep gesteld is het voor managers belangrijk om niet alleen te vragen “Mogen we deze soorten teruggooien?”, maar ook “Wanneer, waar en onder welke condities mogen bepaalde individuen van een bepaalde soort teruggegooid worden?” (STECF, 2013).

De overlevingskans daalt bij een verhoogde intensiteit van stressoren bij het vissen zoals >60 min sleeptijd en tijdens minder gunstige weersomstandigheden zoals sterke winden, hoge golven en hogere watertemperatuur in de zomer. Ondanks de relatief kleine bemonsterde fractie van alle teruggegooide pladijs van Belgische boomkorvaartuigen, suggereren onze resultaten dat boomkorvisserij in minder gunstige condities meer sterfte veroorzaakt bij teruggooi. Niettemin is er op het individueel niveau een (variabele) hoeveelheid vis niet aangetast door het hele vangst- en-teruggooi proces. Deze hoeveelheid is afhankelijk van de fysieke conditie van de gevangen vis, operationele parameters en geldende omgevingscondities. Het inventariseren van de visserij inspanning van de Belgische boomkorvisserij, met inbegrip van waar en wanneer de activiteit plaats vindt en onder welke technische en relevante milieuomstandigheden, zou het mogelijk maken om een indicatie te geven over hoe frequent pladijs teruggegooid wordt onder minder in tegenstelling tot meer extreme condities.

Semi-kwantitatieve status indicatoren zoals reflex impairment en vitaliteitsscore waren indicatief voor de overlevingskans na vrijlating. Deze schattingen van overleving werden, in het belang van de stakeholders, gegenereerd door de vangst te bemonsteren en vis in gevangenschap te houden in plaats van een merk en terugvangst studie uit te voeren. In vergelijking met historische activiteiten heeft technologische vooruitgang zoals lichtere vistuigen het effect van boomkorvisserij op teruggooi verminderd. De overlevingskans van pladijs door van Beek et al. (1990) was steeds lager in vergelijking met recente schattingen van vooral Nederlandse boomkorvaartuigen. De monitoring bij van Beek et al. duurde maar 4 dagen, waardoor de sterfte ook nog niet gestabiliseerd was. De overlevingskans ligt hierdoor mogelijk nog lager. Hoewel dergelijke vergelijkingen alleen robuust kunnen zijn als verschillende vistuigtypes gelijktijdig onder stabiele condities getest worden, om bijvoorbeeld invloeden van temperaturen en sleeptijden te vermijden.

De boomkor visserij heeft een impact op een wisselende proportie van teruggegooide vis terwijl het sommige vis niet aantast. Alhoewel meer vis voor vitaliteit onder representatieve condities gescoord zou moeten worden voor een schatting op vlootsegment is het duidelijk dat meer dan 50% overleving eerder een uitzondering is dan de regel voor de krachtigere en grotere boomkorvaartuigen. Desondanks zou door gecombineerde aanpassingen aan het vistuig, visgedrag en behandeling aan dek overleving kunnen verhogen.

Als >50% van teruggegooide pladijzen overleven is er een voordelig effect te zien bij bestandsschatting en advies voor vangst quota (Miller en Verkempynck, 2015). De overlevingskans was beduidend hoger voor minder verwonde en verzwakte individuen van meer dan 22 cm in lengte, ook voor diegene met een groter lichaamsgewicht/lengte³ Fulton index ratio en de gevangen-en-vrijgelaten tijdens koudere en kalme winterdagen. In plaats van willekeurige en niet precieze doelstellingen van 'hoge' overleving op te maken zou het gespecificeerd kunnen worden voor vis van een bepaalde lengte en toestand die nog steeds teruggegooid zou kunnen worden, of voor vis gevangen door bepaalde vistuig subtypes, of in bepaalde gebieden en op bepaalde tijdstippen. De controle op naleving van dergelijke uitzonderingsregels wordt daarmee echter moeilijk.

10 Dankwoord

Onze dank aan Christian Vanden Berghe, Eddy Buyvoets, Jochen Depstele, Fernand Delanghe, Marieke Desender, Maarten Soetaert, Bart Verschueren, David Vuylsteke, Coenraad Deputter, en Jan Ranson voor hun technische ondersteuning; Agentschap Maritieme Dienstverlening en Annelies Goffin van het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) voor het verstrekken van hydrografische data; Annelies de Backer, Bart Vanelslander, Russell Millar en Bob Clarke voor statistisch advies; Matt Broadhurst voor het nalezen van het experimentele protocol, Noëlle Yochum, Michael Davis, Sara Vandamme, en leden van de ICES workshops voor de waardevolle opmerkingen en discussies over de methoden om overleving van teruggooi in te schatten (WKMEDS). Hartstikke bedankt aan Nicolas Derudder voor de uitstekende Nederlandse taal aanpassingen en vertaling uit het Engels. Deze studie zou ook niet tot een goed einde zijn gebracht zonder de bijstand van de schippers en bemanningsleden van de deelnemende vaartuigen, vertegenwoordigers van de Rederscentrale en de RV 'Belgica' en RV 'Simon Stevin'.

11 Referenties

- Barkley, A. S., Cadrin, S. X. 2012. Discard mortality estimation of yellowtail flounder using reflex action mortality predictors. *Transactions of the American Fisheries Society*, 141: 638–644.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., and Walker, S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67: 1–48.
- Beamish, F. W. H. 1978. Swimming capacity. In *Fish Physiology Volume VII, Locomotion*, pp. 101–187. Ed. by W. S. Hoar and D. J. Randall. Academic Press, New York.
- Benoît, H. P., Capizzano, C. W., Knotek, R. J., Rudders, D. B., Sulikowski, J. A., Dean, M. J., Hoffman, W., et al. 2015. A generalized model for longitudinal short- and long-term mortality data for commercial fishery discards and recreational fishery catch-and-releases. *Ices Journal of Marine Science*: 1–14.
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., Chasse, J., Jonsen, I. D. 2012. Estimating fishery-scale rates of discard mortality using conditional reasoning. *Fisheries Research*, 125: 318–330.
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., Chasse, J. 2010. Assessing the factors influencing discard mortality of demersal fishes using a semi-quantitative indicator of survival potential. *Fisheries Research*, 106: 436–447.
- Berghahn, R., Rösner, H. U. 1992. A method to quantify feeding of seabirds on discard from the shrimp fishery in the North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 28: 347–350.
- Berghahn, R., Waltemath, M., Rijnsdorp, A. D. 1992. Mortality of fish from the by-catch of shrimp vessels in the North Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 8: 293–306.
- Bergmann, M., Wieczorek, S. K., Moore, P. G., Atkinson, R. J. A. 2002. Utilisation of invertebrates discarded from the *Nephrops* fishery by variously selective benthic scavengers in the west of Scotland. *Marine Ecology Progress Series*, 233: 185–198.
- Broadhurst, M. K., Suuronen, P., Hulme, A. 2006. Estimating collateral mortality from towed fishing gear.
- Broadhurst, M. K., Uhlmann, S. S., Millar, R. B. 2008. Reducing discard mortality in an estuarine trawl fishery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364: 54–61.
- Broadhurst, M. K., Millar, R. B., Uhlmann, S. S. 2009. Using a double codend to reduce discard mortality. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 2077–2081.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R. 2002. *Model selection and multi-model inference: a practical information theoretic approach*. Springer, New York.
- Camphuysen, C. J. 1994. Flatfish selection by herring gulls *Larus argentatus* and lesser black-backed gulls *Larus fuscus* scavenging at commercial beamtrawlers in the southern North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 32: 91–98.

- Catchpole, T, Randall, P., Forster, R., Smith, S., Santos, A. R., Armstrong, F., Hetherington, S., Bendall, V., Maxwell, D. 2015. Estimating the discard survival rates of selected commercial fish species (plaice – *Pleuronectes platessa*) in four English fisheries (MF1234). Cefas report, pp 108.
- Colura, R. L., Bumguardner, B. W. 2001. Effect of the salt-box catch-bycatch separation procedure, as used by the Texas shrimp industry on short-term survival of bycatch. *Fishery Bulletin*, 99: 399–409.
- Davis, M. W. 2002. Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1834–1843.
- Davis, M. W. 2007. Simulated fishing experiments for predicting delayed mortality rates using reflex impairment in restrained fish. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1535–1542.
- Davis, M. W. 2010. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish and Fisheries*, 11: 1–11.
- Depestele, J., Desender, M., Benoît, H. P., Polet, H., Vincx, M. 2014a. Short-term survival of discarded target fish and non-target invertebrate species in the 'eurocutter' beam trawl fishery of the southern North Sea. *Fisheries Research*, 154: 82–92.
- Depestele, J., Buyvouets, E., Calebout, P., Desender, M., Goossens, J., Lagast, E., Vuylsteke, D., et al. 2014b. Calibration tests for estimating reflex action mortality predictor for sole (*Solea solea*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO) Communication Report No. 158. Ostend, Belgium. 30 pp.
- Depestele, J., Dorémus, G., Laffargue, P., Stienen, E., Rochet, M. J. (2016). Favorites and leftovers on the menu of scavenging seabirds: modelling spatio-temporal variation in discard consumption. *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science*.
- Depestele, J; Stienen, E. W. M. 2016 . Blijven meeuwen in de toekomst op hun honger zitten? Presentatie op de Studiedag Meeuwen aan de kust. 23 februari 2016. Oostende, België.
- Esaiassen, M., Akse, L., Joensen, S. 2013. Development of a Catch-damage-index to assess the quality of cod at landing. *Food Control*, 29: 231–235.
- European Union. 2013. Regulation (EU) No 1380/201308 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and Council Decision 2004/585/EC. *Official Journal of the European Union*, L 354: 22–61.
- Flemish Government 2015. Metnet Vlaamse Banken. Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, Maritieme Dienstverlening en Kust. Last accessed 10 November 2015.
- Gale, M. K., Hinch, S. G., Donaldson, M. R. 2013. The role of temperature in the capture and release of fish. *Fish and Fisheries*, 14: 1–33.

- Gale, M. K., Hinch, S. G., Eliason, E. J., Cooke, S. J., Patterson, D. A. 2011. Physiological impairment of adult sockeye salmon in fresh water after simulated capture-and-release across a range of temperatures. *Fisheries Research*, 112: 85–95.
- Garthe, S., Hüppop, O. 1996. Nocturnal Scavenging by Gulls in the Southern North Sea. *Colonial Waterbirds*, 19: 232–241.
- Garthe, S., Camphuysen, K., Furness, R. W. 1996. Amounts of discards by commercial fisheries and their significance as food for seabirds in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 136: 1–11.
- Gilman, E., Suuronen, P., Hall, M., Kennelly, S. 2013. Causes and methods to estimate cryptic sources of fishing mortality. *Journal of Fish Biology*, 83: 766–803.
- Giomi, F., Raicevich, S., Giovanardi, O., Pranovi, F., Di Muro, P., Beltramini, M. 2008. Catch me in winter! Seasonal variation in air temperature severely enhances physiological stress and mortality of species subjected to sorting operations and discarded during annual fishing activities. *Hydrobiologia*, 606: 195–202.
- Harding, D., Nichols, J. H., Tungate, D. S. 1978. The spawning of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern North Sea and English Channel. *ICES Journal of Marine Science*, 172: 102–113.
- Heath, M. R., Cook, R. M. 2015. Hind-casting the quantity and composition of discards by mixed demersal fisheries in the North Sea. *PLoS ONE*, 10 (3): e0117078. doi:10.1371/journal.pone.0117078.
- Hunter, E., Metcalfe, J. D., O'Brien, C. M., Arnold, G. P., Reynolds, J. D. 2004. Vertical activity patterns of free-swimming adult plaice in the southern North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 279: 261–273.
- International Council for the Exploration of the Seas (ICES) 2014a. Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival (WKMEDS). ICES Advisory Science Committee. ICES CM 2015\ACOM:51, Copenhagen. 116 pp.
- International Council for the Exploration of the Seas (ICES) 2014b. Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival (WKMEDS). ICES Advisory Science Committee. ICES CM 2015\ACOM:35, Copenhagen. 66 pp.
- International Council for the Exploration of the Seas (ICES). 2015. Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival 3 (WKMEDS 3). ICES Advisory Science Committee. ICES CM 2015\ACOM:39, Copenhagen. 47 pp.
- Kelle, W. 1976. Sterblichkeit untermaßiger Plattfische im Beifang der Garnelenfischerei. *Meeresforschung*, 25: 77–89.
- Madsen, N., Methling, C., Eskelund, M., Nielsen, A. B., Skov, V. 2015. Discard overlevelse. DTU Aqua Report, Hirtshals, Denmark. 24 pp.
- McKenzie, J., Parsons, B., Seitz, A. C., Kopf, R. K., Mesa, M., and Phelps, Q. Ed. 2012. Advances in fish tagging and marking technology. American Fisheries Society, Symposium 76, Bethesda, MD. 572 pp.

- Miller, D. C. M., Verkempynck, R. 2015. The effect of discard survival on the North Sea plaice assessment. Presentation at a bilateral meeting between Dutch and Belgian delegates, Den Haag, September, 2015.
- Neuenfeldt, S., Andersen, K. H., Hinrichsen, H. H. 2009. Some Atlantic cod *Gadus morhua* in the Baltic Sea visit hypoxic water briefly but often. *Journal of Fish Biology*, 75: 290–294.
- Perrings, C., Naeem, S., Ahrestani, F., Bunker, D. E., Burkill, P., Canziani, G., Elmqvist, T., et al. 2010. Ecosystem Services for 2020. *Science*, 330: 323–324.
- Poos, J. J., Rijnsdorp, A. D. 2007. The dynamics of small-scale patchiness of plaice and sole as reflected in the catch rates of the Dutch beam trawl fleet and its implications for the fleet dynamics. *Journal of Sea Research*, 58: 100–112.
- Portz, D. E., Woodley, C. M., Cech, J. J. jr. 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16: 125–170.
- Raby, G. D., Packer, J. R., Danylchuk, A. J., Cooke, S. J. 2014. The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. *Fish and Fisheries*, 15: 489–505.
- Revill, A. S., Broadhurst, M. K., Millar, R. B. 2013. Mortality of adult plaice, *Pleuronectes platessa* and sole, *Solea solea* discarded from English Channel beam trawlers. *Fisheries Research*, 147: 320–326.
- Rijnsdorp, A. D., Ibelings, B. 1989. Sexual dimorphism in the energetics of reproduction and growth of North-Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology*, 35: 401–415.
- Sandblom E, Grans A, Axelsson M, Seth H. 2014 Temperature acclimation rate of aerobic scope and feeding metabolism in fishes: implications in a thermally extreme future. *Proc. R. Soc. B* 281: 20141490. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1490>
- Soetaert, M., Chiers, K., Duchateau, L., Polet, H., Verschueren, B., and Decostere, A. 2015a. Determining the safety range of electrical pulses for two benthic invertebrates: brown shrimp (*Crangon crangon* L.) and ragworm (*Alitta virens* S.). *ICES Journal of Marine Science*, 72: 973–980.
- Soetaert, M., Decostere, A., Polet, H., Verschueren, B., and Chiers, K. 2015b. Electrotrawling: a promising alternative fishing technique warranting further exploration. *Fish and Fisheries*, 16: 104–124. <http://dx.doi.org/10.1111/faf.12047>.
- Soetaert, M., Lenoir, H., Verschueren, B. 2016 (under review). Reducing bycatch in beam trawls and electrotrawls with (electrified) benthos release panels. *ICES Journal of Marine Science*.
- Sotillo, A., Depestele, J., Courtens, W., Vincx, M., Stienen, E. W. M. 2014. Discards consumption by Herring gulls *Larus argentatus* and Lesser Black-backed gulls *Larus fuscus* off the Belgian coast in the breeding season. *Ardea* 102, 195-205.
- Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) 2013. Landing Obligations in EU Fisheries – part 1. STECF-13-23. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 118 pp.

- Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) 2014. Landing Obligations in EU Fisheries - part 4. STECF-14-19. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 96 pp.
- Steffensen, J. F., Lomholt, J. P., Johansen, K. 1981. The relative importance of skin oxygen uptake in the naturally buried plaice, *Pleuronectes platessa*, exposed to graded hypoxia. *Respiration Physiology*, 44: 269–275.
- Tessens, E. 2014. De Belgische Zeevisserij in 2013: Aanvoer en besomming, vloot, quota, vangsten, visserijmethoden en activiteit. Report No. D/2014/3241/135. Dienst Zeevisserij, Oostende, Belgium.
- Uhlmann, S. S., Theunynck, R., Ampe, B., Desender, M., Soetaert, M., Depestele, J. 2016. Injury, reflex impairment, and survival of beam-trawled flatfish. – *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093/icesjms/fsv252.
- Uhlmann, S. S., Broadhurst, M. K., Millar, R. B. 2015. Effects of modified handling on the physiological stress of trawled-and-discarded yellowfin bream (*Acanthopagrus australis*). *PLoS ONE* 10(6): e0131109. doi:10.1371/journal.pone.0131109
- Uhlmann, S. S., Broadhurst, M. K. 2015. Mitigating unaccounted fishing mortality from gillnets and traps. *Fish and Fisheries*, 16: 183–229.
- Uhlmann, S. S., Broadhurst, M. K. 2007. Damage and partitioned mortality of teleosts discarded from two Australian penaeid fishing gears. *Diseases of Aquatic Organisms*, 76: 173–186.
- Ulleweit, J., Stransky, C., and Panten, K. 2010. Discards and discarding practices in German fisheries in the North Sea and Northeast Atlantic during 2002-2008. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 54–66.
- van Beek, F. A., Van Leeuwen, P. I., Rijnsdorp, A. D. 1990. On the survival of plaice and sole discards in the otter-trawl and beam-trawl fisheries in the North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 26: 151–160.
- van Craeynest, K., Polet, H., Depestele, J., Stouten, H., Verschueren, B. 2013. ADVIS II: Alternatieven voor de boomkor visserij. ILVO Mededeling nr 134. Oostende. 172 pp.
- van Marlen, B., van Helmond, A. T. M., Buyvoets, E. 2009. Reduction of discards by technical modifications of beam trawls. IMARES Wageningen UR (University & Research center) rapport C003/09. IJmuiden. 69 pp.
- van Marlen, B., Bol, R., Groeneveld, K., Nijman, R., Rink, G., Buyvoets, E. 2013a. Vermindering discards door technische aanpassingen in de netten (VIP - VDTN). IMARES Wageningen UR (University & Research center) rapport C127/13. IJmuiden 52 pp.
- van Marlen, B., Nijman, R; Groeneveld, K., Goudswaard, Uhlmann, S. 2013b. Praktijk netwerk zuid – verkennend onderzoek aan visies omtrent discardvermindering en overleving van ondermaatse vis. IMARES Wageningen UR (University & Research center) rapport C126/13. IJmuiden. 53 pp.
- van Marlen, B., Molenaar, P., Reijden, van der K. J., Goudswaard, P. C., Bol, R. A., Glorius, S. T., Theunynck, R., Uhlmann, S. S. 2016. Overleving van discard platvis; Vaststellen en verhogen.

Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research center), IMARES rapport C180/15. IJmuiden. 116 pp.

Vlaamse Overheid 2015. Metnet Vlaamse Banken. Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, Maritieme Dienstverlening en Kust. Ostend, Belgium. <http://www.meetnetvlaamsebanken.be/> (last accessed 10 November 2015).

Wardle, C. S. 1983. Fish reactions to towed fishing gears. In *Experimental Biology at sea*, pp. 167–195. Academic Press, New York.

Watson, J. 1989. Fish behaviour and trawl design: potential for selective trawl development. In *Proceedings of the world symposium on fishing gear and fishing vessels*, pp. 25–29. Ed. by C. M. Campell. Marine Institute, St Johns, Newfoundland, Canada.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Elphick, C. S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 3–14.

12 Bijlagen

Bijlage 1:

Rondbrief aan reders

REDERSCENTRALE C.V.
Producentenorganisatie der Reders ter Zeevisserij



(H. Baelskaai 25, 8400 Oostende)

Postadres: Ierse Zeestraat 50
8380 ZEEBRUGGE
Tel. 059 32 35 03 / 050 37 72 57
Fax 059 32 28 40 / 050 37 72 58
E-mail: rederscentrale@online.be

SM/14-35

Zeebrugge, 4 juli 2014

Geachte,

Om uw mogelijke medewerking binnen het overlevingsproject beter te kunnen bepalen, vragen wij u graag nog wat extra informatie over uw visserij activiteiten. Gelieve bijgaand invulformulier te vervolledigen en terug te bezorgen aan het secretariaat van de Rederscentrale tegen vrijdag 11 juli 2014. Op basis van deze informatie zal de Rederscentrale samen met het ILVO nog voor het einde van de maand juli de definitieve planning van het project opmaken.

Hoogachtend,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Sander Meyns', written over a horizontal line.

Sander Meyns
Consulent Rederscentrale

Vaartuig:

Naam:

Adres/ Tel. werk/ Tel. vaartuig / Fax / Email:

1. Aantal slaapruijnte voor waarnemers?

2. Max. ruimte voor opslag overlevingsbakjes? (zie schets)

Achterdek:	cm breedte x	cm hoogte x	cm diepte
Naast sorteer band:	cm breedte x	cm hoogte x	cm diepte
Tussen de luiken:	cm breedte x	cm hoogte x	cm diepte

3. Mogelijkheid om vangst op te vangen achter de sorteerband (ja/nee; indien ja, gelieve een korte beschrijving toe te voegen):

4. Wateraansluiting (ja/nee):

Achterdek:

Voordek:

5. Max. debiet wateraansluiting: klein – gemiddeld – groot, evt. aantal m³:

Achterdek:

Voordek:

Leuken:

6. Wateraansluiting dag en nacht in gebruik voor overlevingsbakjes (ja/nee):

Achterdek:

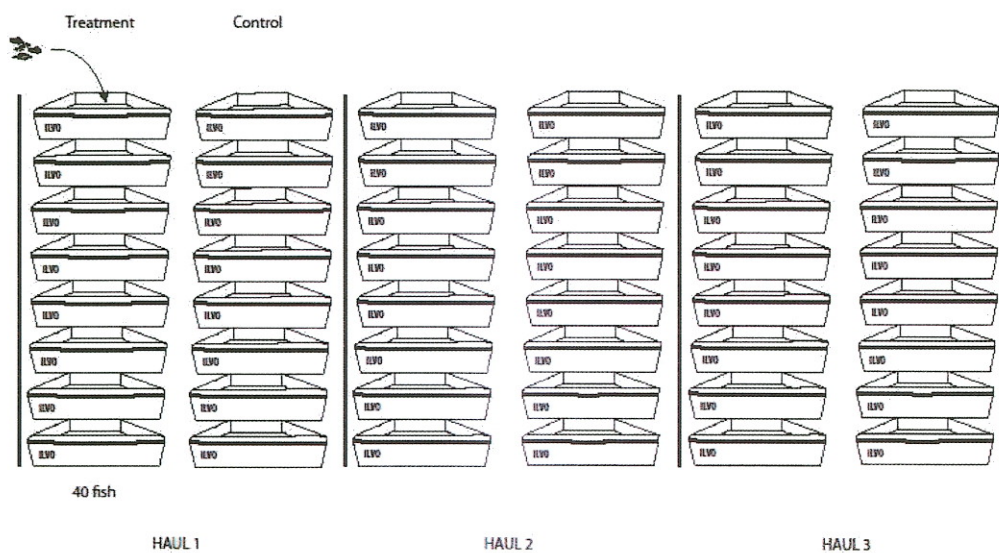
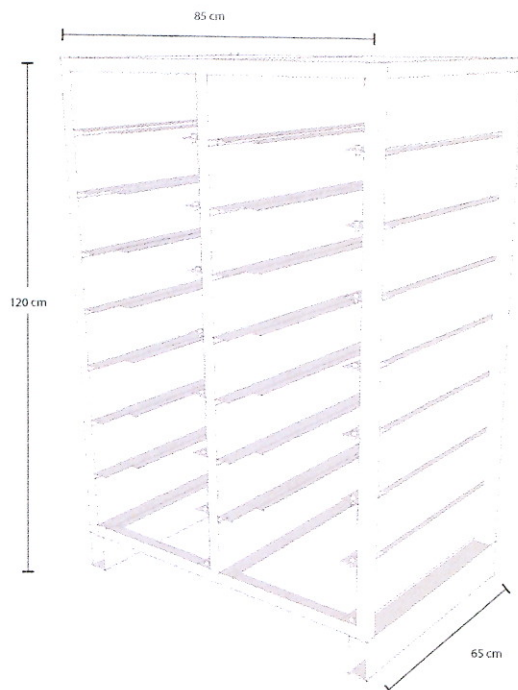
Voordek:

Leuken:

7. Enkele of dubbele sorteerband:

8. Bereid tot het uitvoeren van slepen met kortere duur (15-30 min; max. 3 per reis, ja/nee):

9. Motivatie van de bemanning zelf om mee te werken, b.v. 15 min extra tijd voor bemonsterde slepen voor het bepalen van de verhouding van discards ten opzigt van de commerciële vangst (ja/nee):



Schets boven: rek met plaats voor 16 overlevingsbakjes

Schets beneden: minimale plaatsvereiste (3 x oppervlakte schets boven)

Gebied	Kwartaal	Doelsoort	Tuig ¹	Maaswijdte (mm)	Vertrek haven	Haven binnenkomst	Gemiddelde treksduur (dagen)	Gemiddelde treksduur (min)	Verwacht aantal kisten totaal vangst / en alleen schol en tong.	Gemiddelde diepte (m)	Hoofd bodem type	Overleving bepalen mogelijk? ² ja / eventueel / neen
VB: Noordzee, IVc	Aug. 2014	Tong	12 m sunwving	80	Lowestoft	Oostende	4 dagen	120	420 / 120	20	Zand	ja
Zuidelijke Noordzee	Aug.-Sept. 2014											
Zuidelijke Noordzee	Okt.-Dec. 2014											
Zuidelijke Noordzee	Jan.-Maart 2015											
Zuidelijke Noordzee	April-Juni 2015											
Zuidelijke Noordzee	Juli-Sept. 2015											
Noordzee (> 56° IVb Oost)	Aug.-Sept. 2014											
Noordzee (> 56° IVb Oost)	Okt.-Dec. 2014											
Noordzee (> 56° IVb Oost)	Jan.-Maart 2015											
Noordzee (> 56° IVb Oost)	April-Juni 2015											
Noordzee (> 56° IVb Oost)	Juli-Sept. 2015											
Bristol Kanaal en Ierse Zee (7fg)	Aug.-Sept. 2014											
Bristol Kanaal en Ierse Zee (7fg)	Okt.-Dec. 2014											
Bristol Kanaal en Ierse Zee (7fg)	Jan.-Maart 2015											
Bristol Kanaal en Ierse Zee (7fg)	April-Juni 2015											
Bristol Kanaal en Ierse Zee (7fg)	Juli-Sept. 2015											
Engels Kanaal, oost (7d)	Aug.-Sept. 2014											
Engels Kanaal, oost (7d)	Okt.-Dec. 2014											
Engels Kanaal, oost (7d)	Jan.-Maart 2015											
Engels Kanaal, oost (7d)	April-Juni 2015											
Engels Kanaal, oost (7d)	Juli-Sept. 2015											

¹ Geschat gewicht, afmeting, breedte en type boomkor, bijv. 12 m sunwving

² Mogelijkheid om het begin van de reis ondermaatse schol te vangen?

Bijlage 2:

Protocol voor bemonstering

Protocol voor vangst bemonstering

In chronologisch volgorde

Vooraf:

- Het bakkensysteem wordt gespoeld met zeewater en afgeregeld. Zowel in bovenste als onderste bakje even grote aanvoer water.
- Het opvang tub wordt gespoeld met water
- Het aquaria systeem wordt op zeewater temperatuur van het vang gebied gezet
- Afspraken maken met bemanning en schipper: “wat wordt verwacht van hen?”
- Invullen logbook door schipper

Voor de vangst op het dek komt (10min):

- Bemanning wordt op de hoogte gebracht dat deze sleep zal bemonsterd worden.
- Opvangbak wordt voorzien van vers zeewater, alsook de twee testbakjes op de tafel. Ideaal is een slang met vers zeewater in de opvangbak. Netjes moeten dan voorzien worden in de uitstroomgaten van de opvangbak.
- Meet water kwaliteit in opvang tub voor dat er vis in zit
- Juiste tags worden in de tagging gun gestoken + één wordt reeds afgeschoten zodat de volgende perfect klaarzit voor tagging. (Tagging gun wordt met zoetwater gespoeld en schoon gemaakt)
- Één of twee (bij grote vangst volumes) manden worden naast de opvangbak, waar vangst in terechtkomt, gezet + 1 emmer met water gevuld.
- Twee manden worden in de nog lege opvangbak met water gezet. Eenvoudig om later de schollen uit opvangbak te halen.

Vangst komt op het dek (5 min):

Tijd noteren vangst op dek

Noteren comments over de vangst (wat de overleving kan schaden)

Tijd noteren wanneer vissen in eerste emmer terechtkomen

- Één of twee manden worden gevuld met vangst uit de last.
- Één emmer (#1) wordt rap gevuld met 5 ondermaatse schollen uit de last.
- Enkele comments over vangstsamenstelling (veel zand, veel debris, ...) worden genoteerd

Start sorteerproces – RAMP eerste 5 schollen (10 min):

Tijd noteren wanneer vissen in tweede emmer terechtkomen (van sorteerband)

Tijd start + end handling van elke vis noteren uit emmer 1 (reflexen + 2 injuries + damage class)

- Een bemanningslid vult rap binnen 1 minuut aan het begin van het sorteerproces een emmer (#2) (met water) met 5 schollen die van de sorteerband komen en geeft deze aan een onderzoeker
- De overige ondermaatse schollen worden door de bemanning in de opvangbak gegooid dat naast de onderzoekers staat.

- Eén onderzoeker voert eerst injury assessment en dan reflexen+ tag uit op de 5 verzamelde vissen uit de last.
- Andere onderzoeker noteert tijden, injury en scores en tags nummers. Ook opmerkingen bij voorbeeld als schol voor meer dan een keer met de naad was gestoken.

Tijdens transport eerste vijf schollen naar bakkensysteem (5 min)

Tijd noteren wanneer vissen in derde emmer terechtkomen (van sorteerband)

- Eén onderzoeker transporteert de eerste vijf schollen naar het bakkensysteem.
- De andere onderzoeker geeft ondertussen een nieuwe emmer (#3), gevuld met water, aan bemanningslid. Deze vult de emmer terug met 5 schollen en wordt aan de kant gezet.
- Indien de ene onderzoeker nog niet terug is van het transport, weegt hij reeds de manden die gevuld zijn met vangst uit de last.
- Onderzoeker meet zuurstofgehalte in opvangbak met YSI2030.

RAMP tweede keer vijf schollen (10 min)

Tijd start + end handling van elke vis noteren van emmer 2 (reflexen + 2 injuries + damage class)

- De emmer die gevuld is met vijf schollen door bemanningslid aan begin sorteerproces wordt nu gescoord op reflexen + injuries en getagd.
- Ondertussen wordt de emmer (#3) met nieuwe schollen teruggegeven aan onderzoekers.

Transport tweede keer vijf schollen (5 min)

Tijd noteren wanneer vissen in vierde emmer terechtkomen (van sorteerband)

- Eerste onderzoeker transporteert de tweede emmer (#2) met 5 schollen en plaats die in bakkensysteem (binnen enkele minuten), de bak nummer wordt vermerkt
- De andere onderzoeker geeft ondertussen een nieuwe emmer (#4), gevuld met water, aan bemanningslid (bij grote vangst volumes)
- De sorteerders blijven nog steeds ondertussen ondermaatse schol in de opvangbak gooien.
- Onderzoeker meet zuurstofgehalte in opvangbak met YSI2030.

RAMP derde keer vijf schollen (10 min)

Tijd start + end handling van elke vis noteren van emmer 3 (reflexen + 2 injuries + damage class)

- De emmer (#3) die gevuld is met vijf schollen door bemanningslid in het midden van het sorteerproces wordt nu gescoord op injuries + reflexen + en gemerkt.
- Emmer (4) wordt door bemanningsleden terug aan onderzoekers gegeven.

Transport derde keer vijf schollen (5 min)

- Eerste onderzoeker transporteert de derde emmer (#3) met 5 schollen en plaats die in bakkensysteem.

- Bij grote vangst volumes, blijven de sorteerdere blijven ondertussen ondermaatse schol in de opvangbak gooien (als zij nog niet klaar zouden zijn). Indien teveel schol moet een fractie maar in de opvangbak komen. Overleg met bemanningsleden.
- Onderzoeker meet zuurstofgehalte in opvangbak met YSI2030.

RAMP vierde keer vijf schollen (10 min) – alleen bij grote vangst volumes (waar het sorteer proces lang duurt

Tijd start + end handling van elke vis noteren van emmer 4 (reflexen + 2 injurries + damage class)

- De emmer(#4) die gevuld is met vijf schollen door bemanningslid ongeveer op het einde van het sorteerproces wordt nu gescoord op reflexen + injurries en gemerkt.

Transport vierde keer vijf schollen (5 min)

- Eerste onderzoeker transporteert de vierde emmer(4) met 5 schollen en plaats die in bakkensysteem.

RAMP op fractie uit opvangbak (10 min):

Tijd start + end handling van vis ad random gehaald uit opvangbak (reflexen + 2 injurries + damage class + lengte)

- Uit de opvangbak wordt telkens ad random een nog levende schol geselecteerd en gescoord op injurries en reflexen + gemeten. Dit wordt herhaald voor ongeveer 15 individuen.

Bepaling directe sterfte in opvangbak (15 min):

Noteren lengtes 20/50 schollen uit opvangbak+ levend of dood

Noteren hoeveel schollen in opvangbak

Noteren gewicht van alle schollen

- Een onderzoeker kiest ad random een schol uit opvangbak. Deze wordt gemeten en in de testbakjes geplaatst. Op die manier kan snel een uitspraak worden gedaan of deze schol leeft of niet. Zowel de lengte als zijn status (levend of dood) wordt genoteerd. Dit wordt genoteerd voor een groot aantal schollen. Hoeveel juist? Min. 20 en max. 50?
- De schollen worden uit de opvangbak in een mand overgebracht (mand die zich reeds in de opvangbak bevond) + ondertussen geteld.
- Deze mand wordt gewogen.

Bepaling vangstsamenstelling (15 min):

Noteren lengte landings in de twee/één manden + gewicht

Noteren gewicht discards

Noteren lengte discard-visjes

Noteren samenstelling+ aantal overige discards

- Bemanning heeft nadat ze klaar zijn geweest met hun regulier werk de ene of twee manden reeds gesorteerd naar landings en discards.
- De landings worden gewogen en gesorteerd op soort, gemeten en teruggegeven aan de bemanning.
- De discards worden gewogen en uit deze discards worden alle soorten visjes geselecteerd.
- Deze discard-visjes worden ook gesorteerd op soort en gemeten.
- Van de overige discards wordt ongeveer een kilo over de tafel gespreid en gesorteerd. Het aantal wordt genoteerd van elke soort (en gewicht met nieuwe 1kg of 5kg weegschaal)

Opruimen + afspraken maken

- Het water wordt uit de opvangbak gegoten, testbakjes en manden worden uitgekuist en tafel wordt schoon gemaakt.
- Een afspraak wordt gemaakt met de schipper wanneer er eventueel een korte (controle)sleep doorgaat.

Bijlage 3a:

Treklijst

Bijlage 3b:

Reflexen

Bijlage 3c:

Water kwaliteit

Bijlage 4:

Training protocol voor het bemonsteren van reflexen en verwonding



Institute for Agricultural and Fisheries Research

Candidate reflexes for plaice and sole

Depestele, J., Buyvouets, E. , Calebout, P. , Desender, M. , Goossens, J. , Lagast, E. , Vuylsteke, D. , Vanden Berghe, C. , Uhlmann, S.

Reflex and engineering workshop

Oostende, Belgium

4/5 Juni 2014

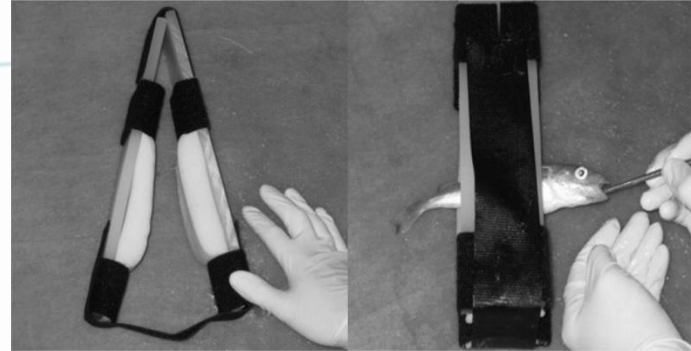
How?

- Look for clear and obvious responses to a reflex stimulus
- Response visible within 0 and 5 seconds
- Score response=1; no, weak or doubtful response=0
- Look for responses as described below
- Test fish of all sizes (incl. a few small and big ones)

Relevant body reflexes

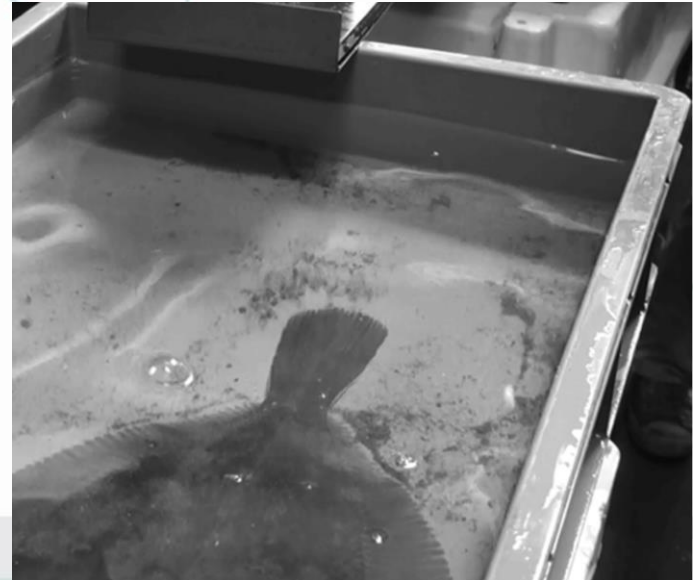
Reflex	Description
Belly bend	Bending head towards tail*
Righting	Righting itself when belly up**
VOR	Eye movement when rotated*
Head	Curling around when head is held*
Evasion	Swims actively away after release**
Stabilise	Fin movement as if digging into sand**
Operculum	Ability to close its operculum**
Mouth	Ability to close its mouth**
Tail grab	Struggling free to escape from grab**

Restrained fish in air*



Reproduced from Davis 2007

Free swimming fish under water**



Belly bend



Action:

Fish is being held outside the water with the belly side facing up on the palm of the hand.



Response:

Actively trying to move head and tail together; or jumping off the flat surface.

Righting



Action:

Fish is being held belly side up at the water surface and released.



Response:

Actively righting itself within 5 sec.

VOR (eye roll)

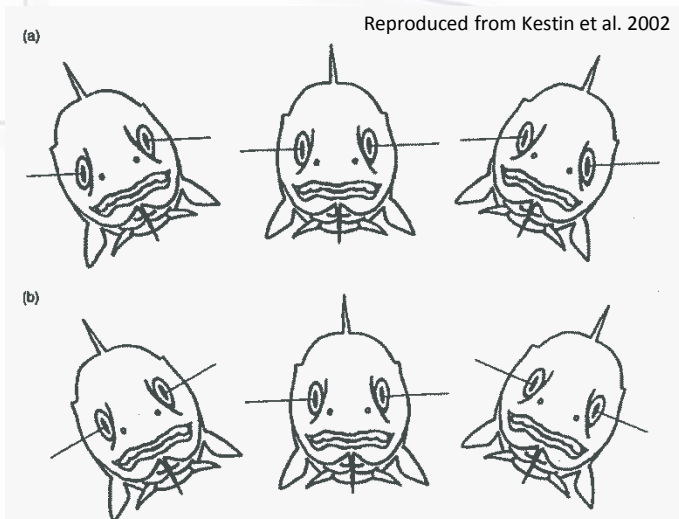


FIG 1: Diagram illustrating vestibulo-ocular reflex ('Eye roll') (a) in a live cod and (b) its absence in a dead cod. Note the plane of the ocular axis in each image

Action:

Hold fish between two hands, look at the eyes and rotate the fish along its longitudinal axis.



Response:

Eye movement when rotated along long axis (i.e. plaice); retracting eyes into cavity (i.e. sole).



Head



Action:

Fish is being held out of water by its head (either with dorsal or ventral side facing up) between thumb and fingers.



Response:

Curling of the body (either upward or downwards).

Evasion



Action:

Fish is being held just above the water surface and let gently go.



Response:

Active swimming away when released; not just drifting.

Stabilise

Action:

The free-swimming fish tries to find a good position, rests on the bottom.

Response:

Flatfish such as sole and plaice move their fins and/or body rhythmically as if they were digging into sand.

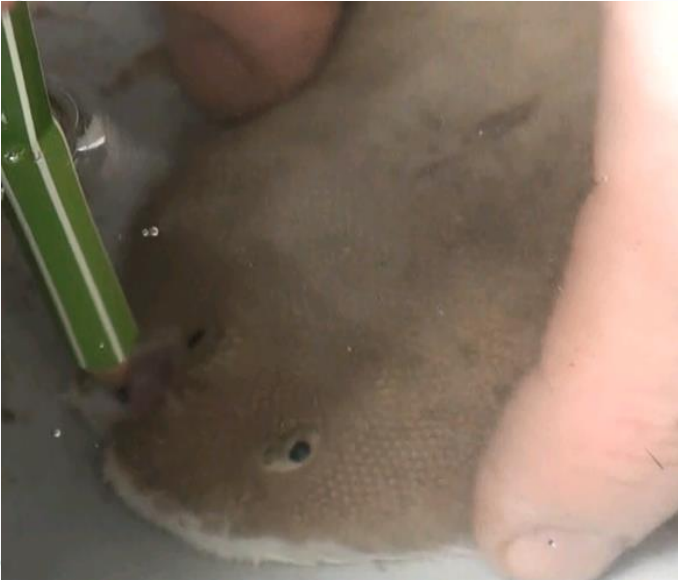


Mouth



Action:

Gently attempt to open mouth with a blunt object (i.e. pencil). Hold the body of the fish restrained.



Response:

Ability to tightly close its mouth after being opened (i.e. plaice) or resistance to open it (i.e. sole).

Operculum



Action:

Gently attempt to open operculum with a blunt object (i.e. pencil). Hold the body of the fish restrained.



Response:

Operculum clamps closed when lifted open.

Tail grab

Action:

The fish is being grabbed by its tail gently between two fingers.

Response:

Active swimming and struggling free to escape from the grab.



Training Injuries



Catch Damage Index (CDI)

Datum:	Sleepnr:	LENGTE (cm)					
Tijdstip:	Soort:	NR FOTO:					
Schubbenverlies rugzijde		niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% schubbenverlies	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% schubbenverlies	3	3	3	3	3
échte bloedingen (rode stippen)	kop	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de kop	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de kop	3	3	3	3	3
	Lichaam	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
	Staat	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
(achtereinde lichaam, NIET vinnen)	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
	<10% van de lichaam	1	1	1	1	1	
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
	>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3	
Vinnen	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
	<10% van de vinnen en staart	1	1	1	1	1	
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
	>=50% van de vinnen en staart	3	3	3	3	3	
intraveneuze bloedingen (rode gloed)	kop	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de kop	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de kop	3	3	3	3	3
	lichaam	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
	staart	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
(achtereinde lichaam, NIET vinnen)	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
	<10% van de lichaam	1	1	1	1	1	
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
	>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3	
vinnen	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
	<10% van de vinnen en staart	1	1	1	1	1	
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
	>=50% van de vinnen en staart	3	3	3	3	3	
Vinnen: (excl staartvin)	Beschadigd?	Geen beschadiging	0	0	0	0	0
	(niet gesplitst)	<30% beschadigd (niet gesplitst)	1	1	1	1	1
	(vb. uitgerafeld)	>=30% beschadigd (niet gesplitst)	2	2	2	2	2
	Gesplitst?	Niet gesplitst	0	0	0	0	0
Staat	Beschadigd?	Geen beschadiging	0	0	0	0	0
	(niet gesplitst)	<30% beschadigd (niet gesplitst)	1	1	1	1	1
	(vb. uitgerafeld)	>=30% beschadigd (niet gesplitst)	2	2	2	2	2
	Gesplitst?	Niet gesplitst	0	0	0	0	0
Zweren:	Beschadigd?	Geen zweren	0	0	0	0	0
	(niet gesplitst)	<30% gesplitst	1	1	1	1	1
	(vb. uitgerafeld)	>=30% gesplitst	2	2	2	2	2
	Gesplitst?	Niet gesplitst	0	0	0	0	0
Zweren:	Oude zweren (witte rand)	1	1	1	1	1	
	Jonge zweren (gn witte rand)	2	2	2	2	2	

CDI: Scale Loss

Schubbenverlies rugzijde	niet aanwezig	0	0	0	0	0
	<10% schubbenverlies	1	1	1	1	1
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
	>=50% schubbenverlies	3	3	3	3	3



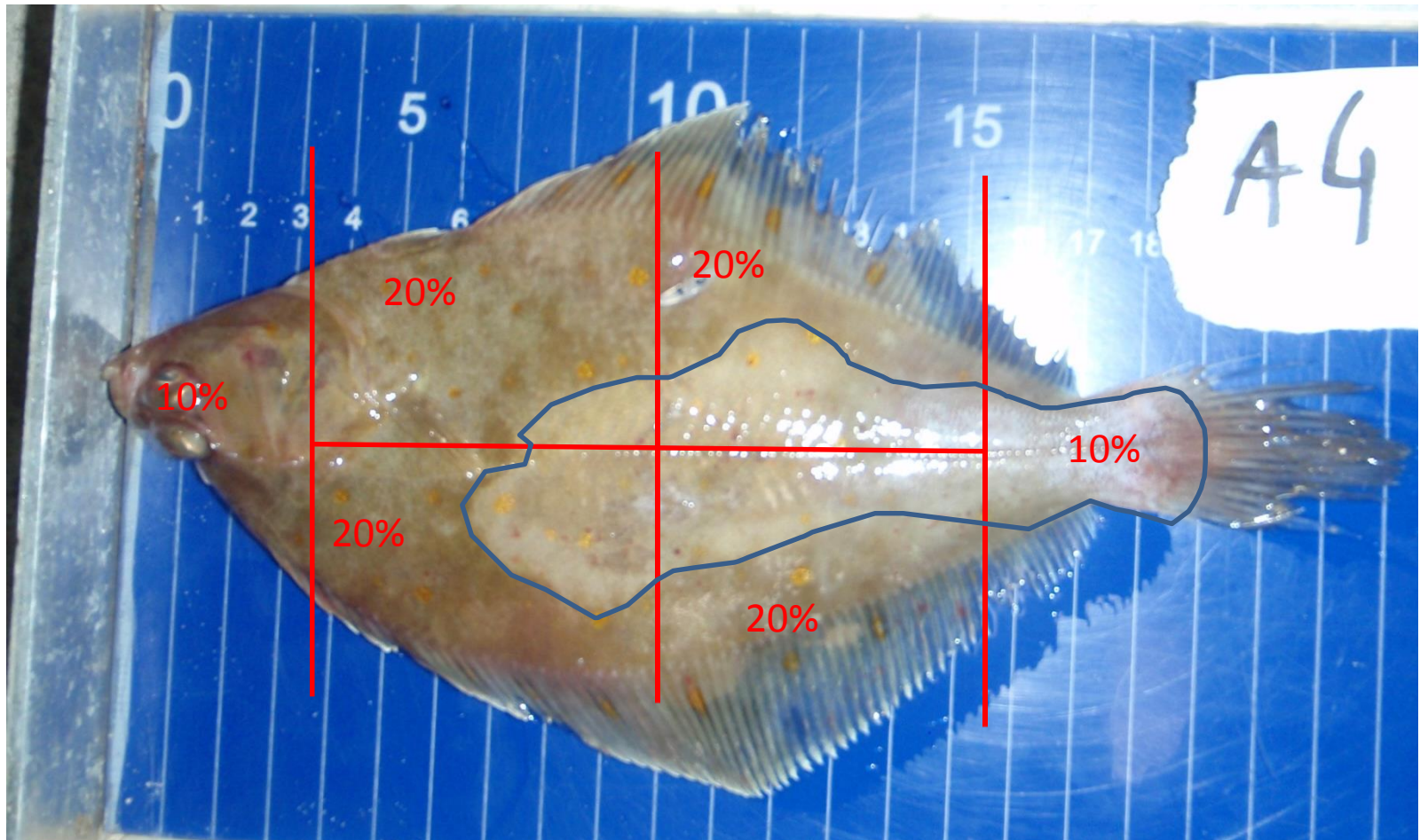
CDI: Scale Loss

Schubbenverlies rugzijde	niet aanwezig	0	0	0	0	0
	<10% schubbenverlies	1	1	1	1	1
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
	>=50% schubbenverlies	3	3	3	3	3



CDI: Schubbenverlies

Schubbenverlies rugzijde	niet aanwezig	0	0	0	0	0
<10% schubbenverlies		1	1	1	1	1
tussen >=10% en <50%		2	2	2	2	2
>=50% schubbenverlies		3	3	3	3	3



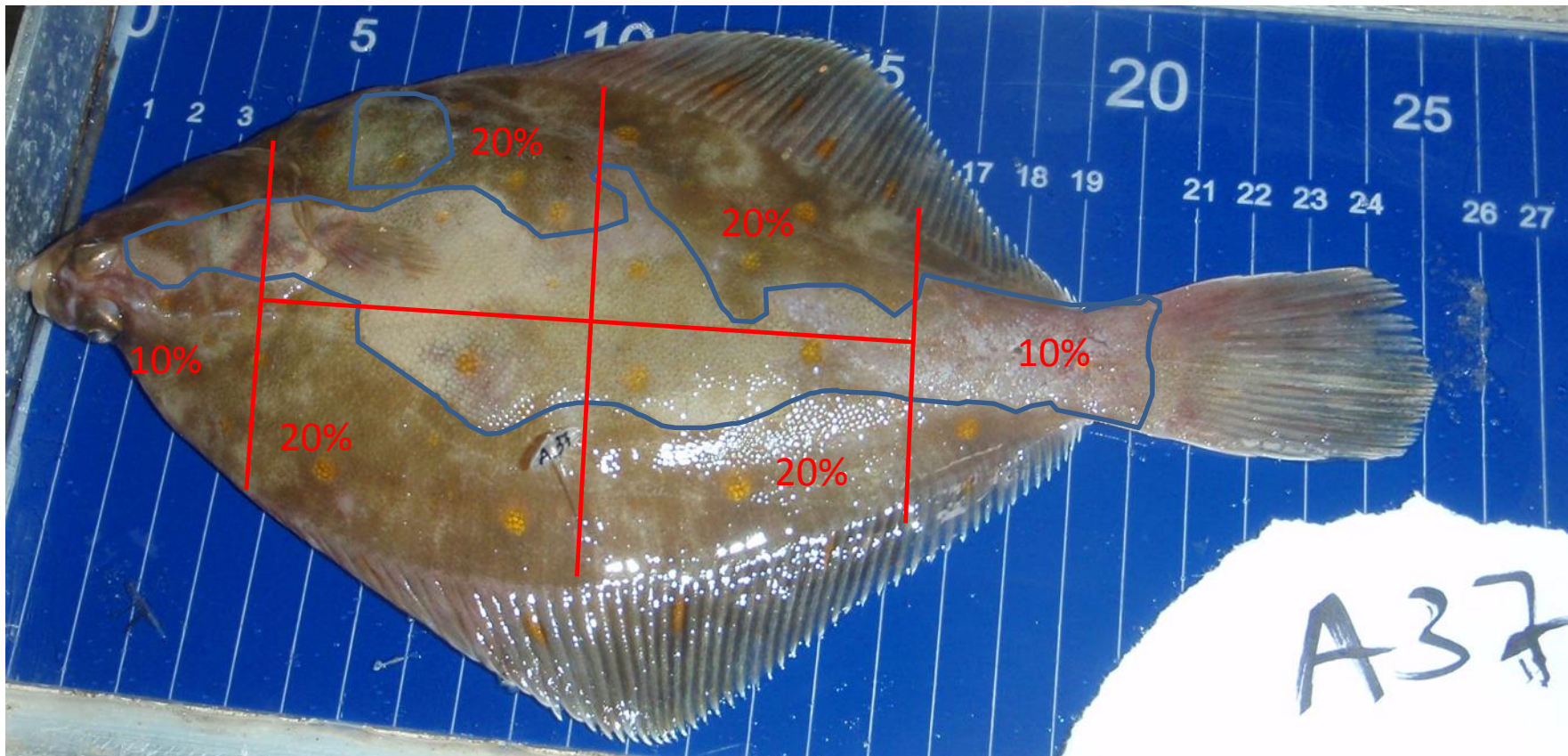
CDI: Schubbenverlies

Schubbenverlies rugzijde	niet aanwezig	0	0	0	0	0
	<10% schubbenverlies	1	1	1	1	1
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
	>=50% schubbenverlies	3	3	3	3	3



CDI: Schubbenverlies

Schubbenverlies rugzijde	niet aanwezig	0	0	0	0	0
<10% schubbenverlies	1	1	1	1	1	1
tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	2
>=50% schubbenverlies	3	3	3	3	3	3

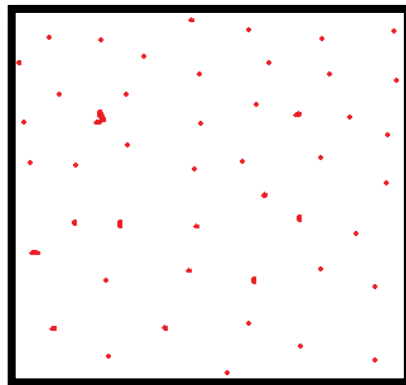


CDI: Echte Bloedingen

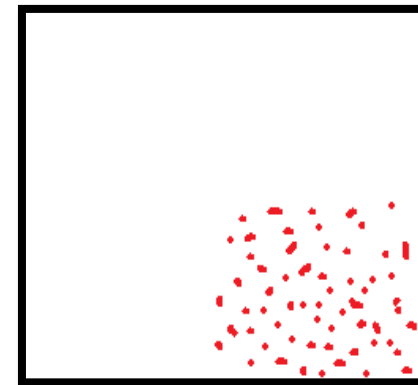


échte bloedingen (rode stippen)	kop	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
		<10% van de kop	1	1	1	1	1	
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
			>=50% van de kop	3	3	3	3	3
	Lichaam	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1	
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
			>=50% van de lichaam	3	3	3	3	
	Staart (achtereinde lichaam, NIET vinnen)	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1	
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
			>=50% van de lichaam	3	3	3	3	
Vinnen	niet aanwezig	0	0	0	0	0		
	<10% van de vinnen en staart	1	1	1	1	1		
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2		
		>=50% van de vinnen en staart	3	3	3	3		

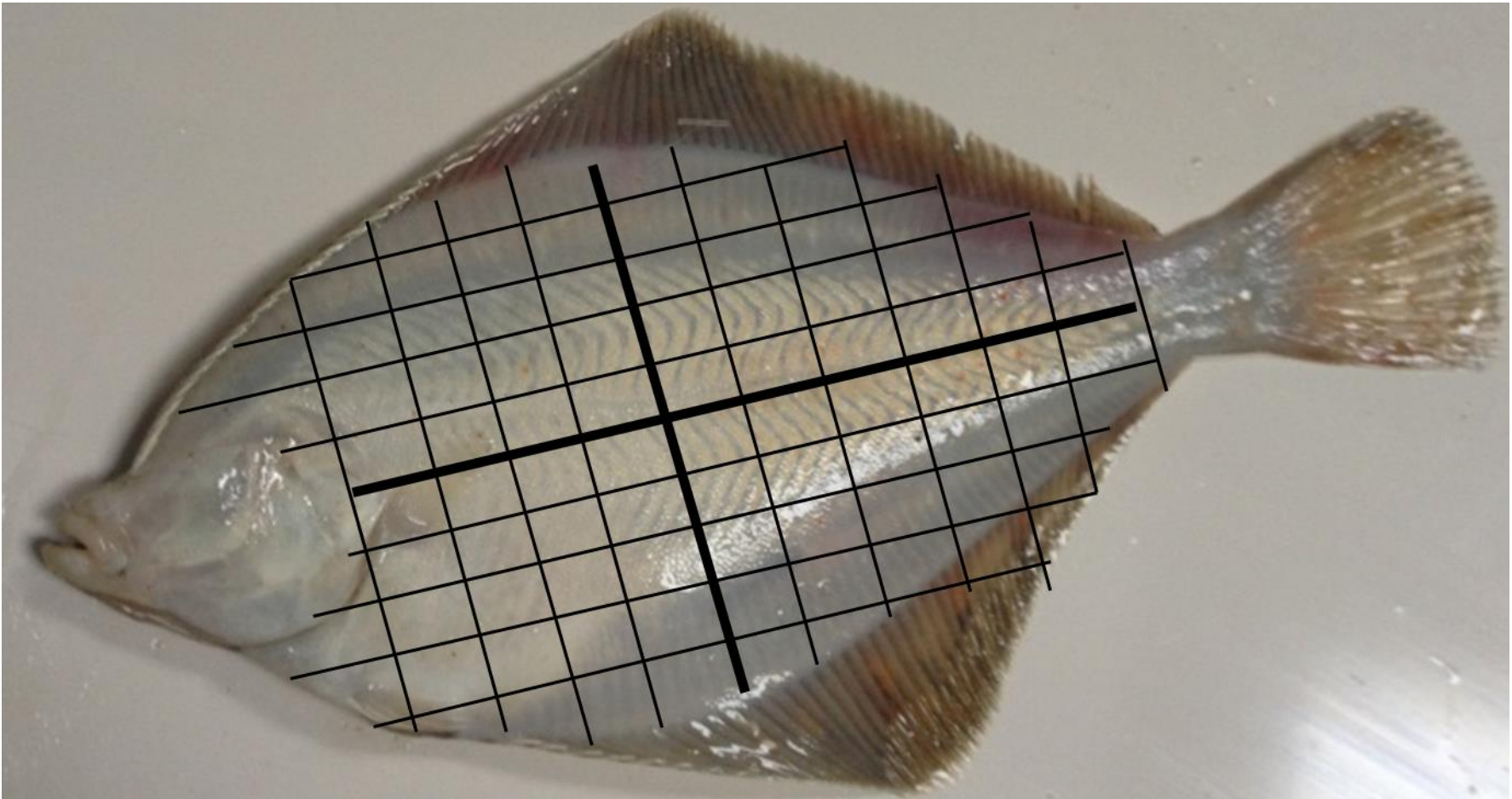
Scoren puntbloedingen → Scoren **verspreiding** rode stippen



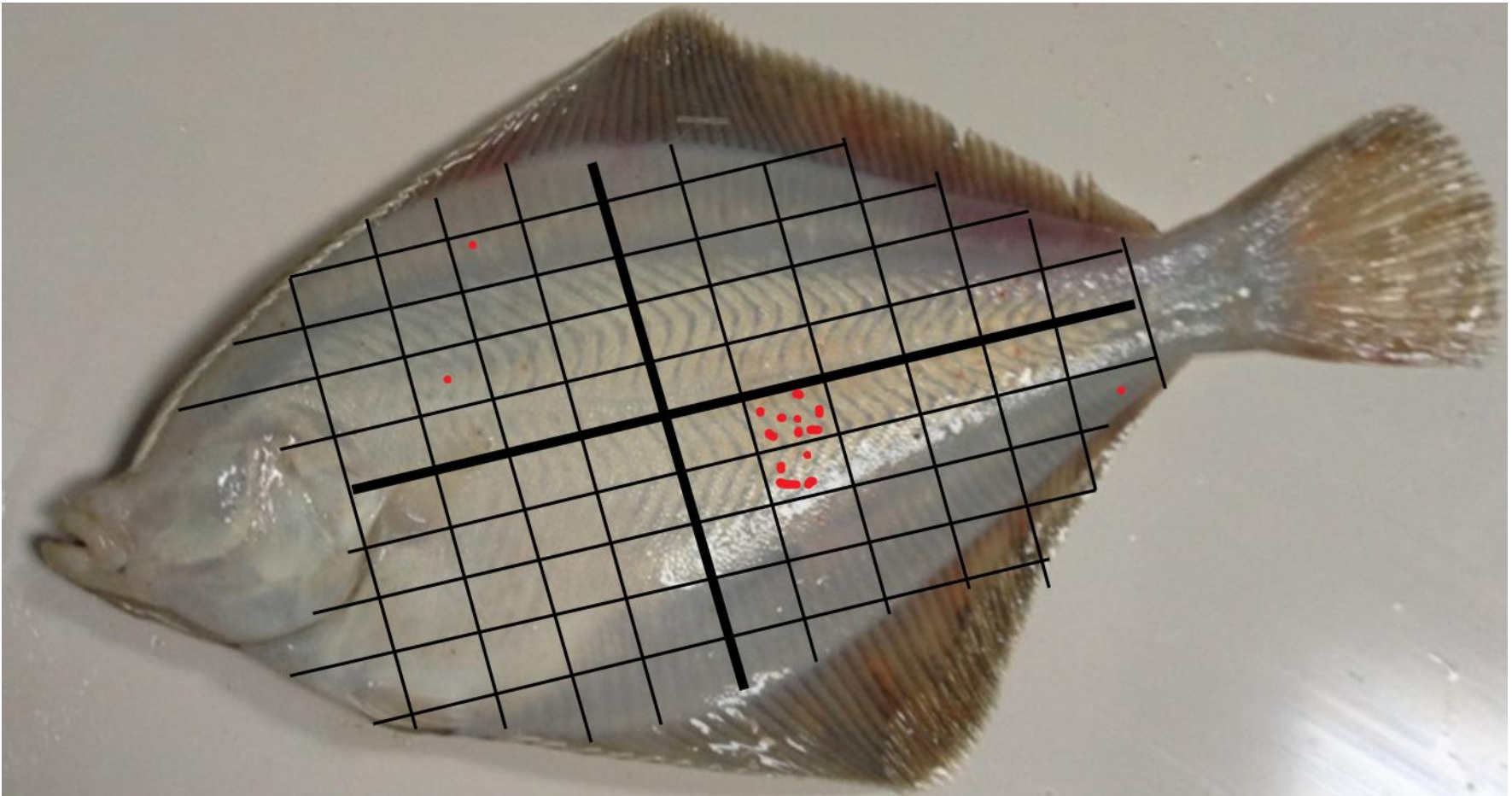
Zelfde aantal
puntbloedingen, maar
niet zelfde score



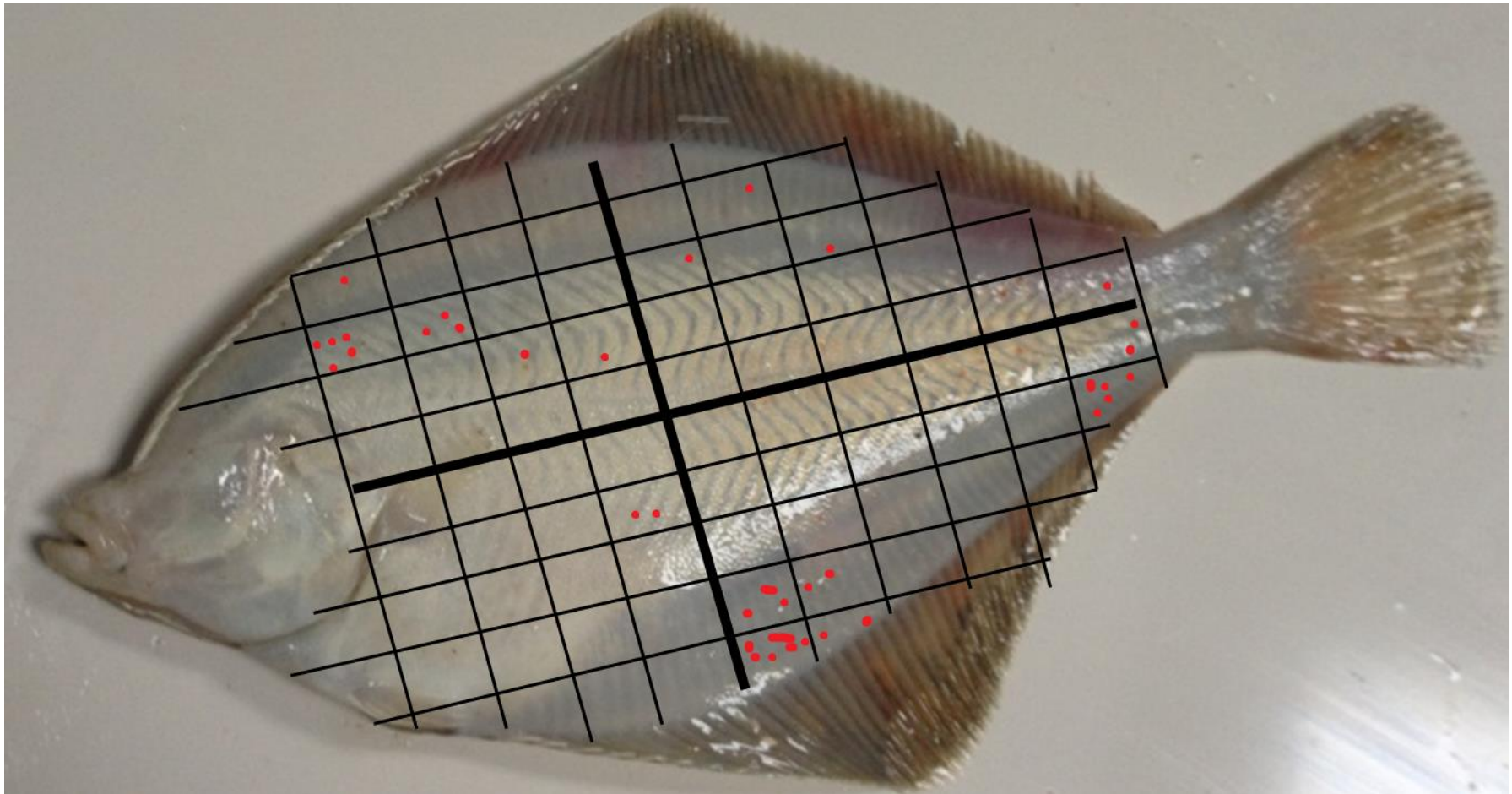
CDI: Echte bloedingen, lichaam



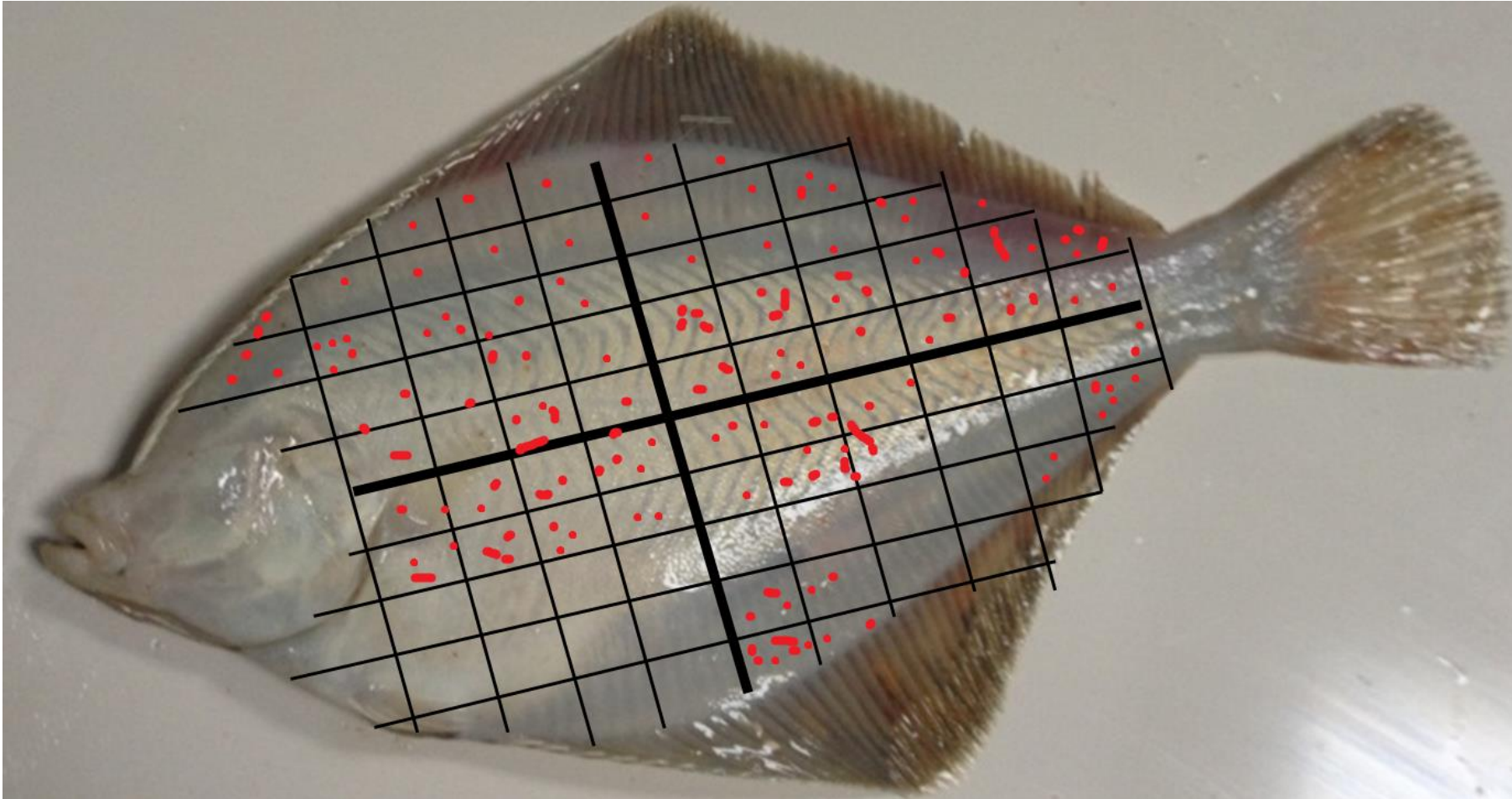
CDI: Echte bloedingen, lichaam



CDI: Echte bloedingen, lichaam



CDI: Echte bloedingen, lichaam



CDI: Echte bloedingen lichaam



CDI: Intraveneuze bloedingen

intraveneuze bloedingen (rode gloed)	kop	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de kop	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de kop	3	3	3	3	3
	lichaam	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
	staart (achtereinde lichaam, NIET vinnen)	niet aanwezig	0	0	0	0	0
		<10% van de lichaam	1	1	1	1	1
		tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2
		>=50% van de lichaam	3	3	3	3	3
vinnen	niet aanwezig	0	0	0	0	0	
	<10% van de vinnen en staart	1	1	1	1	1	
	tussen >=10% en <50%	2	2	2	2	2	
	>=50% van de vinnen en staart	3	3	3	3	3	



Relatieve oppervlakte (%)
van buikzijde met
paars/blauwe/rode vlekken

CDI: Vinnen (excl staartvin)

Vinnen: (excl staartvin)	Beschadigd?	Geen beschadiging	0	0	0	0	0
	(niet gesplitst) (vb. uitgerafeld)	<30% beschadigd (niet gesplitst)	1	1	1	1	1
		>=30% beschadigd (niet gesplitst)	2	2	2	2	2
	Gesplitst?	Niet gesplitst	0	0	0	0	0
		<30% gesplitst	1	1	1	1	1
		>=30% gesplitst	2	2	2	2	2




Beschadigd = stukken uit vinnen,
stukken vlies weg



Gesplitst = Vin intact maar vlies
tussen 2 vinstralen gescheurd

CDI: Staartvin

Staartvin 	Beschadigd?	Geen beschadiging	0	0	0	0	0
	(niet gesplitst)	<30% beschadigd (niet gesplitst)	1	1	1	1	1
	(vb. uitgerafeld)	>=30% beschadigd (niet gesplitst)	2	2	2	2	2
	Gesplitst?	Niet gesplitst	0	0	0	0	0
		<30% gesplitst	1	1	1	1	1
		>=30% gesplitst	2	2	2	2	2



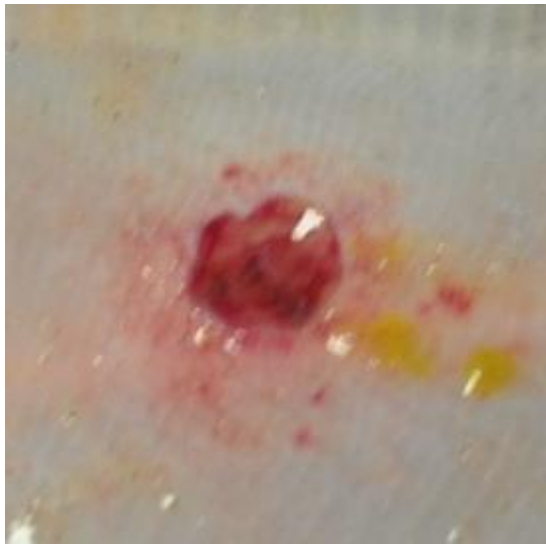
Beschadigd = stukken uit vinnen, stukken vlies weg



Gesplitst = Vin intact maar vlies tussen 2 vinstralen gescheurd

CDI: Zweren (dit wordt weggelaten)

Zweren:		Geen zweren	0	0	0	0	0
		Oude zweren (witte rand)	1	1	1	1	1
		Jonge zweren (gn witte rand)	2	2	2	2	2



Geen witte rand
→ Jonge zweer



Witte rand
→ Oude zweer

Dank u wel



Bijlage 5:

Uhlmann, S. S. (2014). Harmonizing European discard survival assessments. In: Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival 2 (edited by M. Breen and T. Catchpole), 24-28 November 2014, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2014\ACOM:66. Pp. 23-31.

Annex 6: Harmonizing European discard survival assessments

Background

To reduce the risk under the European landing obligation of bringing ashore and killing large numbers of organisms that may have otherwise survived their discarding, member states have funded research to assess how likely fish survive the capture-and-discard process. However, doing this type of research at sea is expensive and logistically challenging, so the number of trips and hauls that can be monitored are often limited and may not capture in their full extent the conditions typically experienced by the fisheries.

Nevertheless, if discard mortality assessments are being done for the same species and fisheries by different member states, there is a unique opportunity to increase the power of inference of national approaches by *a priori* harmonizing methodology, so that observations can be pooled from a larger number of trips.

The idea would be to treat this as a single study with different executing parties. Such an approach will make estimates also more comparable between national case studies. This requires, however, that agreement can be reached on the same or at least similar assessment methodology (e.g. onboard observations in captivity with controls - combined with (semi-) quantitative vitality assessments using scores of damages and reflexes), standardized recording of influential factors (e.g. collecting the same information of a suite of factors in an agreed way). Sourcing controls from either wild or captive populations, and accounting for any mortality in this group in a similar way is important.

Harmonizing sampling designs

Encouraged by national fishery representatives and the first ICES workshop on 'Methods for Estimating Discard Mortality' (WKMEDS) in February 2014, several, multi-lateral meetings were held to discuss the harmonization process.

- April 30, 2014: Teleconference, Oostende, Belgium (Participating parties: Cefas, DTU-AQUA, IMARES, and ILVO)
- May 19, 2014: In-house meeting, Rijswijk, The Netherlands (IMARES, Reederscentrale, Centrale Visserij Organisatie - CVO, and ILVO)
- June 4-5, 2014: RAMP and engineering workshop, Oostende, Belgium (IMARES and ILVO, CVO, Dutch fishers, and Maaskant shipyards)
- October 21/23, 2014: Teleconference and in-house meeting, Oostende, Belgium (DTU- AQUA, IMARES, and ILVO)

Expertise from stakeholders, engineers and scientists were brought to the table to tackle the challenges of estimating discard survival at a fleet scale (see ICES, 2014, p.16, Table 3.1). At the first two meetings in April and May, the overall approach was agreed on in using a partitioned assessment of immediate vitality and short-term mortality by monitoring the condition of fish onboard commercial vessels and in captivity (onboard and possibly also on land in shore-based holding tanks). The third and fourth meetings were useful to exchange experience gathered in specific assessment techniques, decide on the appropriate properties of the shore-based holding units and exchange details of sometimes fishery-specific sampling protocols.

There are definitive commonalities among the various discard projects (Table 1). Five different projects have been initiated which focus all on flatfish, with priority for

plaice caught by Danish seines, demersal otter and beam trawls ranging from the Celtic Sea to the Bay of Biscay (Table 1). Four have opted for an approach to monitor a fraction of fish in captivity, either onboard or in the laboratory. One is a tagging study (Table 1). Most commonly, fish are sampled out of the catch in a stratified random way based on vitality classes and in one case also length to be able to profile mortality for the entire catch of a species of interest.

England (led by Cefas)

The full size spectrum of plaice, among other species found in demersal otter and beam trawls and inshore gillnets will be monitored for survival in six regions. Species of interest include plaice, sole, rays, monkfish and gadoids. Fish are held onboard in water and then transported to holding tanks ashore. Vitality is assessed by scoring damage classes semi-quantitatively and also reflexes (Table 1, ICES SharePoint).

- Number of sampled trips (planned): 12 (days at sea) – Welsh gillnet; 12 (days at sea), NE England otter trawler
- Monitoring facility: onboard and shore-based holding tanks
- Monitoring period: 3 days (Welsh gillnet), 5 days (NE England otter trawler)

Denmark (led by DTU-AQUA)

Discard mortality of plaice is assessed onboard a Danish otter trawler with an emphasis on the study of sublethal, physiological effects and its recovery. Fish are held in captivity and at regular intervals sampled for reflexes, blood, and tissue (Table SharePoint).

- Number of sampled trips (planned):
- Monitoring facility: onboard and laboratory 400-L holding tanks

France (led by Ifremer)

Discard mortality is assessed via a mark-recapture approach by tagging thousands of discards from various demersal fixed and mobile gears (trammelnets, demersal otter trawls) active in the English Channel and Gulf of Biscay. Anchor/T-bar tags were used for fish, and streamer tags for Norway lobster. Tagged animals are scored for injuries and damage.

- Number of sampled trips (planned);
- Monitoring facility: none, mark-recapture study: tagged animals are released immediately onboard;
- Monitoring period: 1 year.

The Netherlands (led by IMARES)

Flatfish (plaice, sole, and dab) discard immediate and short-term survival from beam trawls (including sumwing and pulse trawls), Scottish seines (fly-shooters), and twin trawls is assessed both onboard commercial vessels and in shore-based holding facilities. Beyond the quantification of representative mortality rates for various beam trawl gears, another project will investigate the utility of modified practices and technical adaptations of the fish processing line in maximizing discard survival. For individual recognition all monitored animals will be PIT tagged. Vitality will be also scored for reflexes and damage (injuries).

- Number of sampled trips (originally planned): max. 18

- Monitoring facility: onboard with continuing observation in laboratory tanks
- Monitoring period: onboard maximum 3 days, at shore at least 14 days thereafter (until cumulative mortality curves flatten out).

Belgium (led by ILVO)

Flatfish (plaice, sole and possibly dab) discarded from beam trawlers will be assessed for immediate and short-term mortality, and vitality (damage and reflexes). The last three of 15 planned trips will trial modifications to maximize survival. Fish are tagged with anchor/T-bar tags to keep them apart inside the holding tanks and trace their fate individually.

- Number of sampled trips (planned): 15 (including 3 pilot trips)
- Monitoring facility: onboard and laboratory tanks
- Monitoring period: 4-14 days

Table 1. Overview of sampling approaches of various discard mortality assessments.

Country	Area	Fleet/gear type	Species	Method	Sampling strategy
UK-England	North Sea IVb	Otter Trawl	Plaice, sole, lemon sole, rays	Partitioned mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	Stratified random based on length and vitality class
UK-England	VIIId	Beam Trawl	Plaice, sole, monk, rays	Partitioned mortality mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	Stratified random based on length and vitality class
UK-England	VIIe	Gillnetter	Plaice, sole, dab, rays	Partitioned mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	Stratified random based on length and vitality class
UK-England	VIIe	Otter Trawl	Plaice, sole, monk, rays	Partitioned mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	Stratified random based on length and vitality class
France	VIIe	Trammelnet	Sole and plaice	Mortality from mark-recapture, Vitality of tagged fish (injuries and reflexes)	
Denmark	VIc	Otter trawl	Plaice	Partitioned mortality, vitality (injuries, reflexes and stress) by captive monitoring	
The Netherlands	VIb,c	Beam and twin trawl, Scottish seine	Plaice, sole and dab	Partitioned mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	Stratified random based on vitality class
Belgium	VIIa,g,e	Beam trawls	Plaice, sole and dab	Partitioned mortality, vitality (injuries and reflexes) by captive monitoring	(Stratified) random based on vitality class

Harmonizing data collection protocols

Despite the above commonalities, data collection protocols may differ between studies and may be specific to vessels or fisheries. For example, there are differences between studies in the use of controls, duration of monitoring periods, and transport trajectory of fish from vessels to shore-based holding tanks. Although sometimes the prevailing circumstances of the fishing and/or monitoring operation may dictate *ad-hoc* adaptations to a sampling protocol, measurements of key technical, environmental and biological stressors (ICES, 2014) shall be at least collected in a consistent way (see below) with minimal bias and measurement error.

To harmonize the uniform collection of biological parameters or correlates of mortality that describe the condition of monitored fish, best practice approaches on how to score injury and reflexes were discussed (see below) and definitions of technical and environmental parameters compiled (Table 2). The following key factors commonly associated with discard mortality were previously identified as (ICES, 2014):

Technical

- Gear configuration (mesh size, weight of trawl gear, materials)
- Gear deployment duration
- Handling duration

Environmental

- Air exposure
- Water salinity (changes between bottom and surface)
- Air and water temperature
- Dissolved oxygen
- Water depth

Biological

- Body size, reflex scores, presence and severity of certain injury types
- Catch volume and composition

While measurement error for water quality measurements may be minimal assuming the appropriate use of functional and calibrated measuring devices, considerable bias may be introduced in measuring air exposure and handling times or in estimating catch volumes and composition. Some suggestions have been made to measure some of the above-listed variables as follows in Table 2.

Table 2. Names and measurement definitions of some key variables onboard.

VARIABLE NAME	DEFINITION
Vessel	Vessel name or ID
Date	Date of the trawl (DD/MM/YYYY)
TrawlID	Consecutive number of the trawl
Start trawl	Start time trawling (HH:MM) – when net reaches the bottom
End trawl	End time trawling (HH:MM) – when net reaches the water surface
Deployment duration	Difference between end and start time of trawling in min
On Deck	Time catch on deck (HH:MM)
End Sorting	End time of the sorting process – conveyor belt stops or last fish goes overboard (HH:MM)
Deck time	Difference between time on deck and end of sorting in min
In Batch time	Time when a subsample of fish was collected (HH:MM)
Duration in air before Handling	Difference between time on deck and time in batch in min
Begin Handling	Start time handling process (= testing for reflexes and injuries) (HH:MM)
End Handling	End time handling process (= testing for reflexes and injuries) (HH:MM)
Duration in air during handling	Difference between end and start time of handling in min per fish, expressed as the fraction of time of reflexes tested in air (total handling time per fish divided by the number of reflexes tested in air)
Air Exposure	minutes (Duration in air before handling) + minutes (duration in air during handling)

Reflex measurements

Candidate reflexes were identified for sole and plaice during from some pilot field-work onboard the RV Belgica (March 2014; Depestele *et al.*, 2014). These were tested further and some confirmed as suitable during various laboratory (ILVO, IMARES, Cefas, and DTU-AQUA) or aquaria (Ifremer) trials. The sensitivity of candidate reflexes towards a gradient of increasing stress (e.g. increasing periods of air exposure) were tested onboard two commercial vessels in Belgium in June 2014 (Depestele *et al.*, unpubl. data).

Based on these experiences, all possible candidate reflexes were reviewed here step-by-step to agree upon their utility. Reflexes were classified as essential where both handling stimulus and response measurements were clear and obvious. Others which were less obvious and not considered by all parties were considered optional.

Equipment, set up and procedure

- All reflex tests should be done close to where fish are discarded onboard.
- A water-filled tank that is deep enough to facilitate the turning of an animal around its axes (as deep as the animal is wide for flatfish).
- 1 fish should be reflex-tested and held in the experimental tank at a time
- Water should be refreshed after a batch of 5 fish.

- All reflexes should be scored for response presence or absence within 5 s

Minimizing any additional handling stress and air exposure beyond what fish would normally experience during the catch-and-discarding process is important. Providing a stable place for the test tanks with clean water will limit confounding effects from swaying movement during rough seas, and low visibility. Submerging fish in water before beginning with reflex testing may be necessary, but should be minimal to not allow for a recovery that is not representative of the catch-and-discarding process. There are, however, trade-offs to be made, because either a small number of fish can be measured in real time as opposed to large numbers which require delays in the begin of sampling and their storage in water-filled tanks. Fish that are already “discarded” and in the queue for measurement may experience a cumulative stress (or recover from capture stress?). Recording the batch number and sequence number will account for an autocorrelation effect in the analysis. If fish that spent longer time in a bucket of water before being reflex tested will be less impaired, this will show up if it is consistent. Notwithstanding the above, damage and stress of fish from the catching process may be dominating the degree of impairment.

Key reflexes:

Righting, evasion, tail grab and stabilize were identified as clear, consistent and obvious reflexes (Table 3). For the righting reflex a deep enough tank should be used. An attempt to right itself should not be scored as unimpaired, because it cannot be clear whether it is a methodological effect due to not enough water in the tank or an impairment. For the evasion reflex it is important to hold the fish by two hands around the body (not around the head or tail) and releasing it at the water surface. The tail grab should not be influenced for how long or how hard someone squeezes the tail between thumb and index finger. The ‘stabilize’ reflex should be scored within 5 s once the fish reaches the bottom for the first time. Because this could happen after the righting, evasion and tail grab test, it should only be scored once.

Optional reflexes:

These include belly bend/body flex, eye roll (VOR), head, mouth and operculum. From several aquaria and field trials contrary results have been collected. The head reflex may depend on how hard someone squeezes the head. The operculum reflex has been scored either above or under the water. A clamping response is not obvious, mostly a movement has been noted. However, dead fish may also still close their operculum after it has been opened. For the mouth and operculum reflex it will be useful to see what the non-response actually is. Opening of the operculum with a blunt object is considered too invasive by some. An alternative may be the ‘head-complex’ reflex, which does not require a stimulus and is based on observing a breathing/gasping for air, in response to being exposed held out of water. Observing no movement of the operculum or mouth within 5 s means it is impaired;

Table 3. List of reflexes with descriptions of stimulus actions and expected responses. Experiences from several, replicated field and laboratory trials at different institutes have been summarized. The order of listed reflexes reflects their practicality under field condition to minimize handling time. Shading indicates classification as a key reflex.

Name	Stimulus action	Response	Experience
Belly bend	Fish is held outside the water on the palm of a hand with its belly facing up	Actively trying to move head and tail towards each other. This reflex is specific to plaice.	Optional. Gave inconsistent responses. Not useful for sole.
Righting	Fish is held on the palm of two hands on its back at the surface and then released.	Actively righting itself underwater.	Clear. Tank needs to be deep enough. Attempts should not be scored.
Eye roll/VOR	Fish is held between two hands and rotated along its longitudinal axis while closely looking at its eyes.	Determine whether the eyes remain focused in plane or whether they passively follow the movement of the body.	More obvious among larger fish. Difficult in smaller fish.
Head	The head is held firmly between thumb and index finger, with its belly facing up.	The fish attempts to curl its body up-or downwards around the index finger. This reflex is specific to sole.	Response may depend on how hard you squeeze. Useful for sole, but not consistent across trials.
Evasion	Fish are held by two hands at the water surface and gently released.	The fish swims actively away.	Clear
Stabilize	The free-swimming fish tries to find a good position flat on the bottom.	Rhythmic and swift movement of the fins as if it would burry into sand.	Clear. May not be visible in a deep, dark bucket, and during swaying movement in rough seas. Some fish swim to the surface and do not stay flat on the bottom. Score after it first reaches the bottom (either after belly bend/body flex, righting or evasion reflex test).
Operculum	The operculum of the fish is gently opened with a blunt object.	Ability to tightly close its operculum after being opened.	Optional (opt for either operculum or mouth)
Mouth	The mouth of the fish is gently opened with a blunt object.	Ability to tightly close its mouth after being opened or resistance to open it.	Optional (opt for either operculum or mouth)
Head complex	None, pure observation within 5s	Operculum and/or mouth movements	Not tested yet
Tail grab	The fish is grabbed by its tail and held between two fingers.	Actively struggles free and swims away.	Clear

Injuries:

Presence and severity of injuries have the potential to be strongly correlated with mortality probabilities. While binary injury scores may be included within reflex assessments, more detailed assessments (e.g. catch-damage-index; REF) may complement the description of fish condition. The selection of injury types should be based on either expert judgment or empirical data to choose those with the most predictive power of mortality. Preferably, injury information must be unambiguous, mutually exclusive, reliable and easy to determine and collect.

In all of the discard mortality assessments, fish are scored for their injuries. The semi-quantitative assessment of categorizing fish condition into four or five classes is most common.

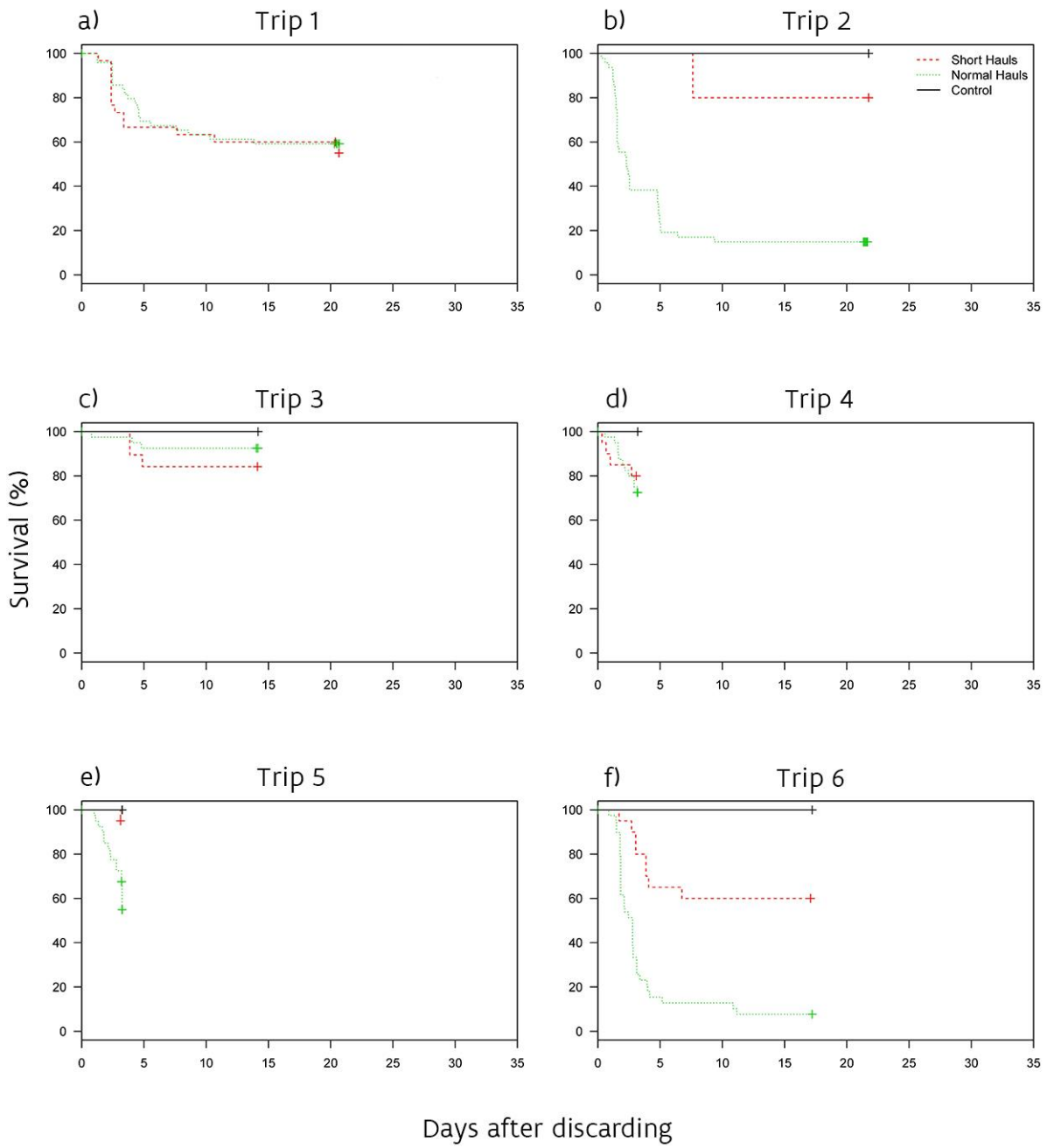
Table 4. List of external injury classes and their definitions adopted by each national research institute (see ICES, 2014, p. 21, Table 4.1).

Class	also called	also called	Definition	CEFAS	DTU-AQUA	IFREMER	ILVO	IMARES
1	excellent	A	no injuries, body movement	Y		Y	Y	Y
2	moderate	B	some minor injuries, body movement	Y		Y	Y	Y
3	poor	C	minor or major injuries, operculum movement	Y		Y	Y	Y
4	moribund	D	major injuries, no operculum movement	Y		N	Y	Y
5	dead	DD	dead	N		Y	N	Y

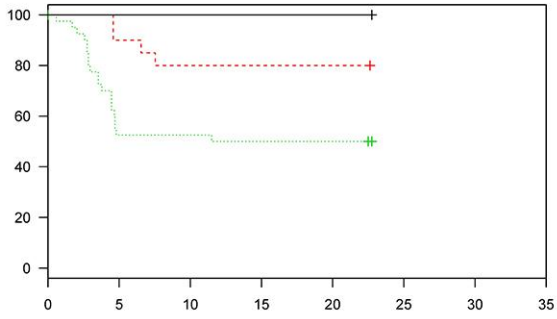
Based on empirical data (Depestele *et al.*, 2014), plaice frequently died with bruising either to their head or body, whereas scale damage was most frequently present among dead sole. Barotrauma injuries (stomach eversion and collapsed cloaca) have rarely been observed among swimbladder-lacking flatfish. It is important that injuries are scored as close as possible to the time of death.

Bijlage 6:

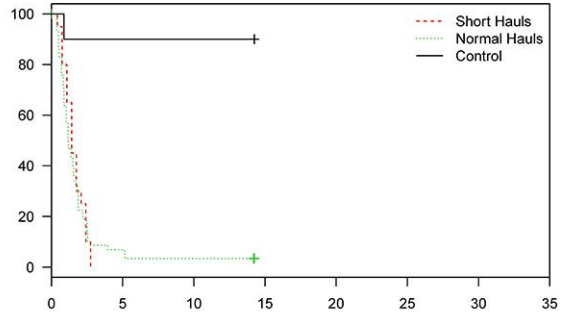
Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overleving bij teruggegooide pladijs per reis en sleeptijd (controls, korte, <40 min [short] en conventionele, ~60 of ~120 min [normal] slepen).



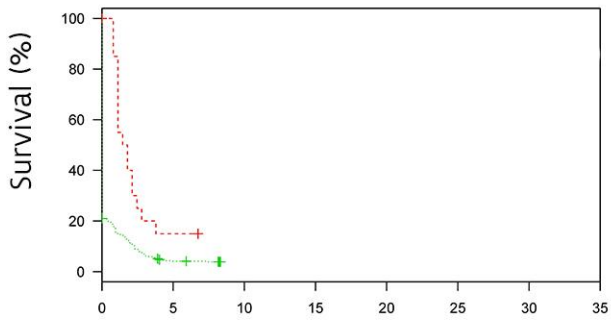
g) Trip 7



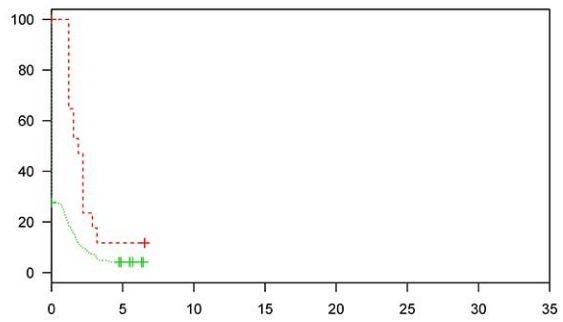
h) Trip 8



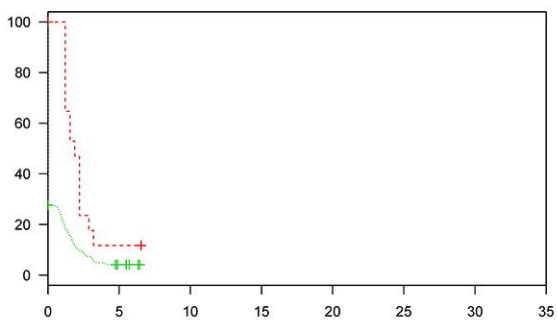
i) Trip 9



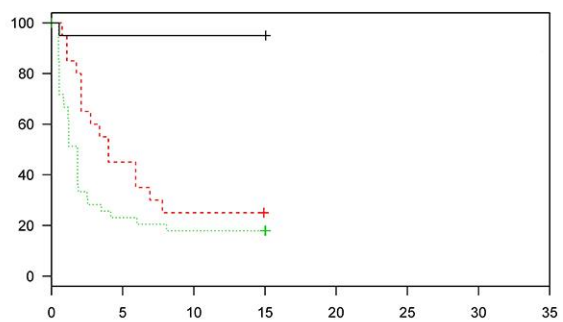
j) Trip 10



k) Trip 11



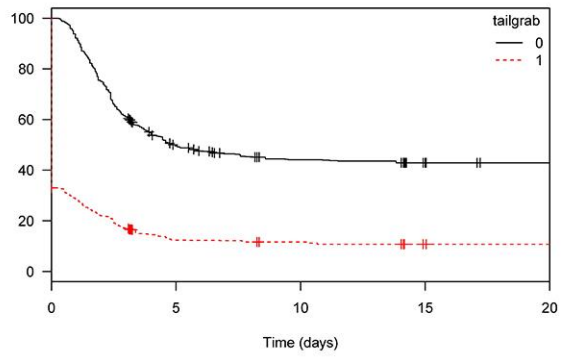
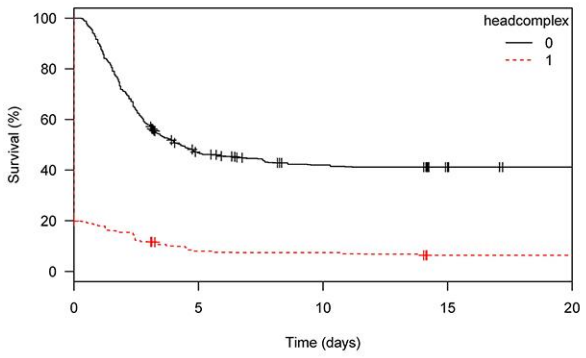
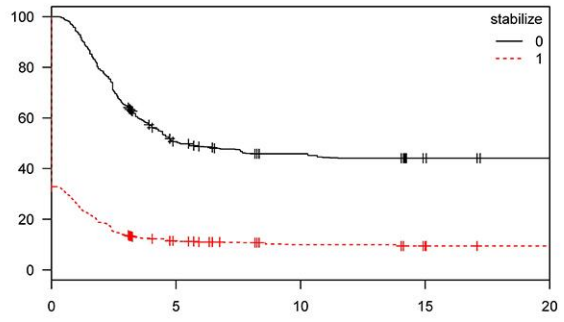
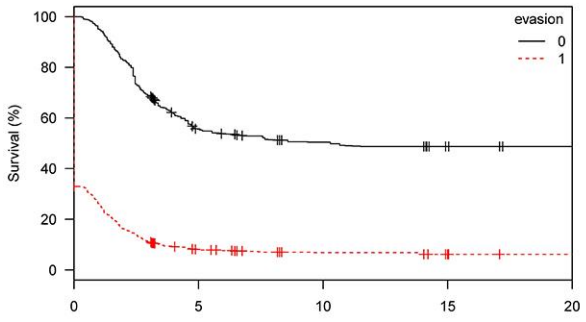
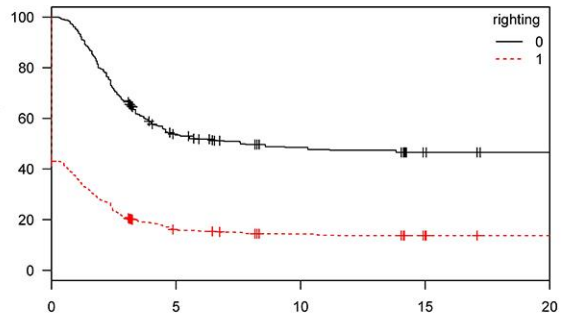
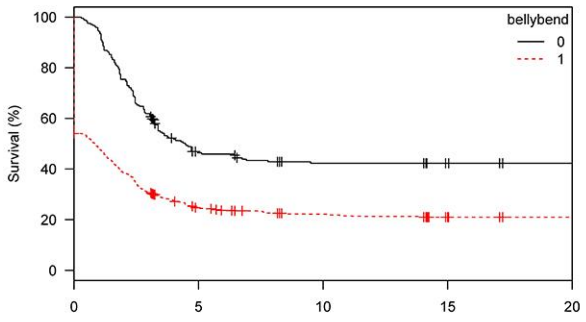
l) Trip 12

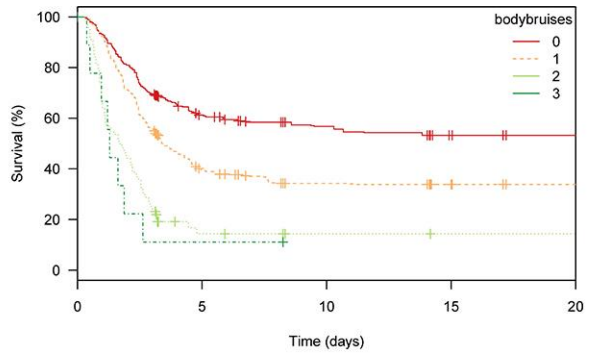
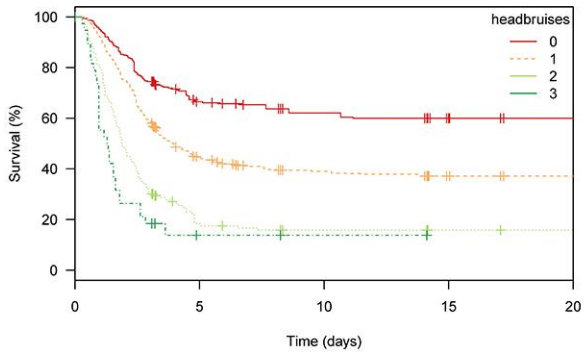
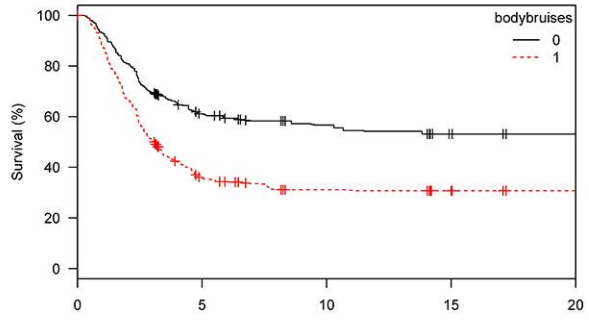
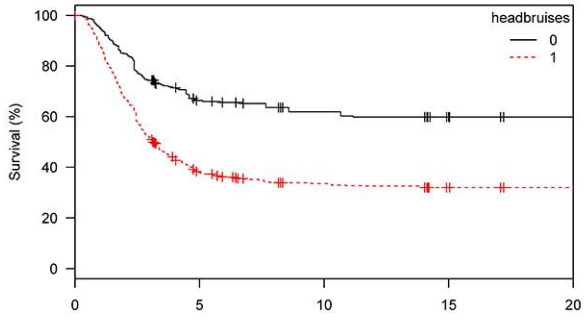


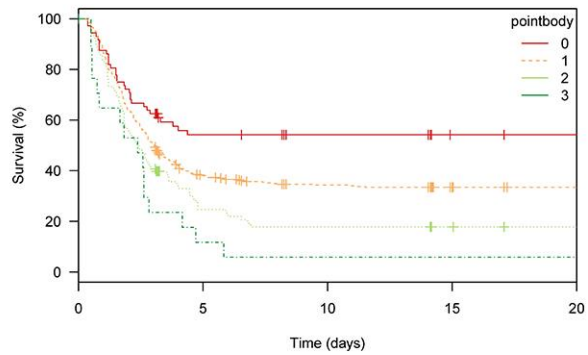
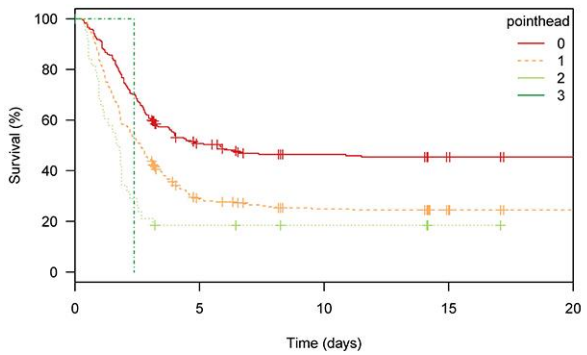
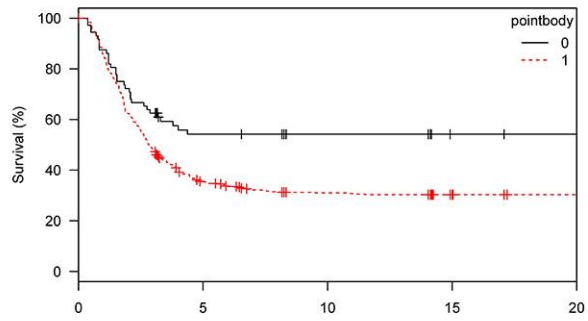
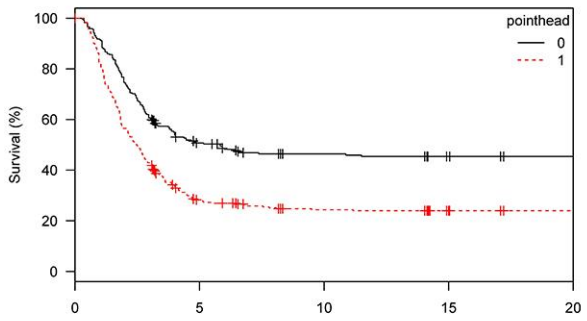
Days after discarding

Bijlage 7:

Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overleving bij teruggegooide pladijs per reflex en verwonding types.

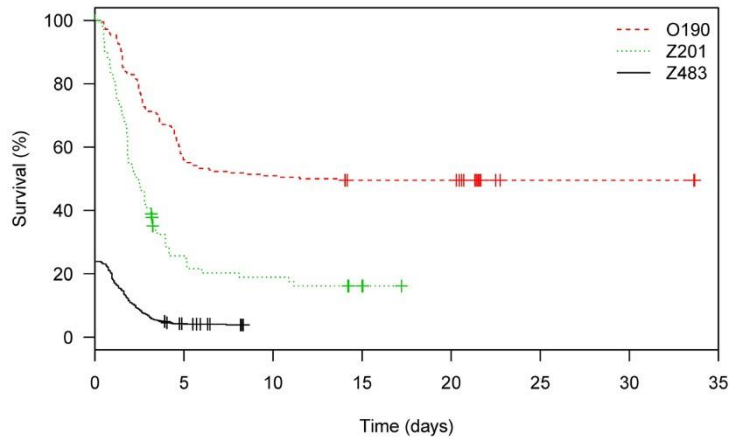






Bijlage 8:

Niet-parametrische Kaplan-Meier schattingen van overleving bij teruggegooide pladijs per vaartuig.



Bijlage 9:

Uhlmann, S. S., Depestele, J; (2016). Heet van de naald. ILVO facebook pagina "Innoverend vissen".
https://www.facebook.com/ILVOinnoverendvissen/posts/1638495123083194?notif_t=scheduled_post_publication, last accessed 21 januari, 2016.



The screenshot shows a Facebook post from the page 'ILVO - Innoverend Vissen'. The post title is 'Heet van de naald'. The text of the post discusses a scientific article from the ICES Journal of Marine Science regarding the 'Heet van de naald' (heat of the needle) phenomenon. It details how a vital score and fish length are used to assess survival, and mentions a study by Sven Uhlmann and Jeroen Depestele. The post includes a link to the full article and a small image of a fish.

ILVO - Innoverend Vissen
4 min. · 🌐

Heet van de naald:
Het ICES Journal of Marine Science publiceerde net een wetenschappelijk artikel van ILVO waaruit blijkt dat:
Het ICES Journal of Marine Science publiceerde net een wetenschappelijk artikel van ILVO waaruit blijkt dat:
- Er een sterk verband is tussen overleving, een vitaliteit score en de lengte van de teruggegooide vis. Scholien <22 cm en deze met vitaliteit scores >0.39 (op een schaal van 0 – niet verzwakt en beschadigd, tot 1 – volledig verzwakt en beschadigd) hadden een grotere kans om te overleven.
- De invloed van het weer een kleine maar significante rol lijkt te spelen, nl. het temperatuurverschil tussen de lucht en het zee water en de duur van het slepen in interactie met de golfhoogte
- Een vitaliteitscore de verschillende stressfactoren integreert die een vis tijdens het vangst en sorteerproces doorloopt - vitaliteit wordt bepaald door het scoren van aan- of afwezigheid van reflexgedrag en verwondingen.
- Er soort-specifieke verschillen zijn – schol blijkt gevoeliger te zijn voor blootstelling aan lucht dan tong, terwijl tong in betere conditie blijkt te zijn in vangsten met een pulsring dan met een gewone sumwing (onderzoek tijdens het Benthis project, June 2014)
- Het verband bepaald werd tussen vitaliteit en overleving voor vissen opgevisst door de O190, een Belgische koter uit de kustvloot die vist met een 4 m boomkor. De vissen werden steeds gescoord door eenzelfde waarnemer (om variatie in waarnemingen te voorkomen).
Het volledige artikel kan je downloaden via <http://icesjms.oxfordjournals.org/.../06/icesjms.fsv252.abstr...> of verkrijgen via email aan de auteurs (sven.uhlmann@gmx.net)



Bijlage 10:

Theunynck, R., Uhlmann, S., Vanderperren, E. Update overlevingsproject ILVO. Infoblad Rederscentrale, Oktober 2015: 16-17.



Binnen het project TECHVIS wordt door ILVO het initiatief genomen om een Kenniskring “Innoverend vissen” op te richten, dit om samen met de brede visserijsector het informeren, verbeteren, ontwikkelen en toepassen van duurzame visserijtechnieken en werkwijzen in de praktijk te brengen. Deze Kenniskring wil de ervaring en kennis die reeds aanwezig is in de visserijsector en de wetenschap samenbrengen en verder aanscherpen om deze vervolgens te vertalen in concrete en realistische acties die bijdragen tot het verduurzamen en rendabeler maken van de sector.

*Vragen, ideeën, samenwerken, ... ?
Laat het de Kenniskring “Innoverend Vissen” weten!*

www.facebook.com/ILVOinnoverendvissen
els.vanderperren@ilvo.vlaanderen.be,
bart.verschueren@ilvo.vlaanderen.be, 059/56 98 75



Update overlevingsproject ILVO

In verschillende Europese lidstaten zijn projecten opgestart naar aanleiding van de aanlandingsplicht – ook wel Discard Ban genoemd – die door de EU gefaseerd wordt ingevoerd in de demersale visserij vanaf januari 2016. De aanlandingsplicht houdt in dat alle vangsten van gequoteerde soorten moeten worden aangeland, en dat geldt zowel voor maatse als ondermaatse vissen. De aanlandingsverplichting mag echter in geen geval leiden tot het verhogen van de vissterfte. Als wetenschappelijk kan aangetoond worden dat door vissers bepaalde ongevenste vissen de vangst, het sorteren en het overboord gooien kunnen overleven, dan voorziet de wetgeving in een uitzonderingsmaatregel voor de aanlandingsplicht. Het doel van de opgestarte projecten is dan ook om na te gaan hoe groot de overlevingskansen zijn van belangrijke commerciële soorten na vangst- en verwerkingsproces in de demersale visserij.

Door het ILVO wordt een onderzoeksproject van de Rederscentrale uitgevoerd. In visserijnieuws en in de Rederscentrale hebben al meerdere artikelen gestaan over dit project. Nu is het weer tijd voor een nieuwe update. Hoe loopt het project en kunnen er reeds conclusies getrokken worden?

Voortgang ILVO

ILVO heeft inmiddels 11 reizen uitgevoerd, waarvan de laatste begin september. Deze reizen vonden plaats aan boord van een vaartuig van het groot vlootsegment (2), een kustvaartuig (5) en een eurokotter (4). Bij alle reizen

werd vastgehouden aan de commerciële praktijk van het vaartuig. Tijdens deze zeereizen werd schol onderzocht op overleving en varieerde de trekduur tussen 50 en 157 min, afhankelijk van het type vaartuig. Naast het bemonsteren van deze slepen werden ook enkele korte slepen (14-30min) uitgevoerd om de impact van sleepduur op de overleving van schol te onderzoeken.

Voor het overlevingsproject staat nog één zeereis met de eurokotter gepland. Op die manier zijn er, voor zowel de eurokotter als het kustvaartuig, zeereizen uitgevoerd tijdens elk seizoen. Zo kan het effect op overleving van factoren die veranderen doorheen het jaar (oa temperatuur, paaiperiodes) onderzocht worden.

Bakkenunit en controlevis

Internationaal (binnen de ‘Workshop on Methods for Estimating Discard Survival – WKMEDS’ van de ‘International Council for the Exploration of the Sea’ - ICES) zijn afspraken gemaakt over wat nodig is om iets te zeggen over de overleving op lange termijn. Een belangrijk punt hierin is dat de huisvesting van vis geen (schadelijke) effecten mag hebben op de overleving van de vis. De bakkenunits die ILVO gebruiken zijn daarom conform WKMEDS-eisen ontworpen en uitvoerig getest met kweekvis in het lab. Daarnaast worden op alle overlevingsreizen (indien praktisch mogelijk) controlevissen meegenomen. Deze vissen

zijn al een aantal weken eerder op de visgronden gevangen en sindsdien in het lab in leven gehouden.

Voor de zeereizen met het kustvaartuig en de eurokotter werden telkens controlevissen meegenomen. Deze vissen vertoonden voor deze negen reizen geen sterfte tijdens de overlevingsproeven waar, indien logistiek mogelijk, voor tenminste veertien dagen wordt verder gemonitord. Hierdoor kunnen we voorlopig aannemen dat de sterfte in de testvissen wordt veroorzaakt door het vangst- en sorteerproces en niet door de huisvesting.

Voor elke zeereis werd, wegens plaatsgebrek op de vaartuigen, één bakkenunit gevuld met schol. De capaciteit van deze unit is 80 schollen, waarvan reeds 20 schollen controlevissen zijn. Omdat er per sleep 20 schollen worden verzameld op verschillende momenten tijdens het verwerkingsproces (direct uit de stortbak en op drie tijdstippen op einde van de verwerkingsband), kunnen drie slepen bemonsterd worden voor het vullen van de unit. Nadien worden nog extra slepen verwerkt met als doel extra data te verzamelen over vissen die niet meer in de bakken terecht kunnen komen. Aan de hand van de gemonitorde vis wil men door middel van deze extra data een uitspraak kunnen maken over hun vitaliteit, om uiteindelijk ofwel op staalname als ook op reisiniveau overleving van teruggooi te kunnen becijferen. Voor de laatste reis met het groot vlootsegment werden twee bakkenunits meegenomen.

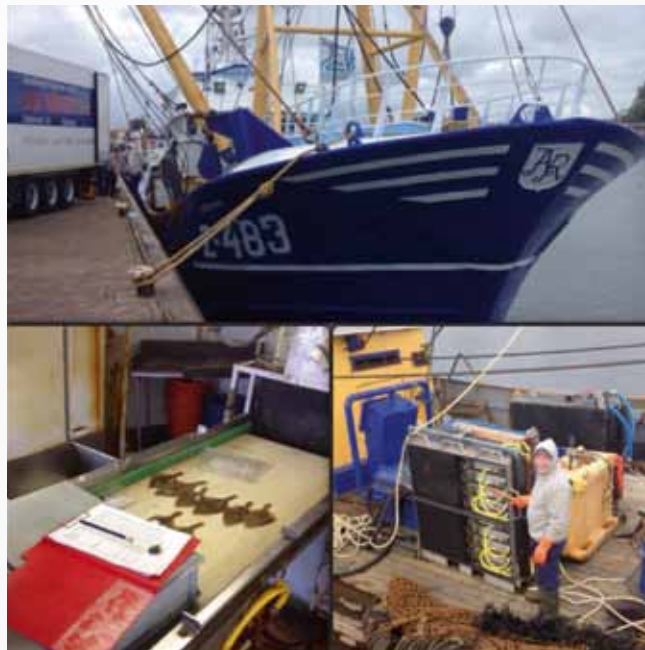
Monitoringsperiode en reflextesten

Een belangrijk punt dat internationaal naar voren komt is dat de monitoringsperiode lang genoeg moet zijn om alle aan visserij gekoppelde sterfte te registreren. Als een vis beschadigd en/of gestrest raakt door het vangst- en verwerkingsproces en dan overboord gaat, is hij in de meeste gevallen (bijvoorbeeld aan boord van het kustvaartuig) nog in staat om zelfstandig weg te zwemmen. Dit betekent echter niet dat de vis altijd zal overleven. De inwendige en uitwendige beschadigingen kunnen mogelijk op lange termijn leiden tot infecties en sterfte. Doormonitoren tot er meerdere dagen aaneengesloten geen vissen meer doodgaan is dus essentieel om iets te zeggen over de overleving op lange termijn. Uit observaties komt naar voren dat de meeste sterfte plaatsvindt in de eerste 7 dagen. Na twee tot drie weken is er geen sterfte meer. De vissen die dan nog leven, blijven in leven. De impact op reproductie en groei kunnen met een monitoringsperiode van twee tot drie weken echter niet onderzocht worden.

Omdat stress en beschadigingen een belangrijke rol lijken te spelen in de overleving van de vis, worden belangrijke beschadigingstypes en reflextesten gescoord van elke gemonitorde vis om hun mate van vitaliteit te kunnen bepalen. Voor deze reflextesten wordt bijvoorbeeld gekeken of de vis in staat is om zich te draaien nadat hij op zijn rug is losgelaten in een bak met water. Ook wordt getest of de vis wegzwemt als zijn staart wordt vastgepakt. Een verband tussen de vitaliteit van de vis en deze reflextesten, samen met het scoren van enkele belangrijke beschadigingstypes, wordt om die reden onderzocht. Omdat alle vissen, die in de bakkenunits terechtkomen, zijn gescoord op deze manier, is een correlatie tussen vitaliteit en sterfte haalbaar.

Voorlopige resultaten

Binnen enkele weken wordt de dataverzameling beëindigd en wordt een uitgebreide en gedetailleerde analyse uitge-



Figuur 1: Overlevingsproeven op Z483 (foto C.Vanden Berghe)

voerd. Eerste resultaten, ook over de toepassing van de reflexmethode, zijn al beschikbaar. De uitgebreide analyse van alle reizen wordt eind dit jaar of begin volgend jaar verwacht. Echter zijn er wel voorlopige conclusies:

Eerdere studies tonen reeds aan dat hoe langer gesleept wordt, hoe groter de kans op beschadigingen, stress en sterfte. Het huidig onderzoek lijkt dit te bevestigen. De overleving van schol, afkomstig uit korte slepen, is meestal hoger dan deze van vissen afkomstig uit normale, langere slepen. In samenwerking met andere stressfactoren zou het negatieve effect van sleepduur onder anderen versterkt kunnen worden.

Ook de weersomstandigheden waarin gevestigd wordt, lijken een rol te spelen. Tijdens warme (zomer)dagen is er een groot verschil tussen de lucht- en zeewater temperatuur, wat nadelig is voor de schol die gevoelig is aan temperatuurveranderingen. Ook speelt de golfhoogte een rol: hoe groter de golven, hoe meer invloed dit heeft op de beweging van het net in het water. Stenen, krabben en andere organismen kunnen daardoor de schol in de kuil meer schade en stress toebrengen. Naast de samenstelling van de vangst zal het vistuig ook een rol te spelen in het overlevingsverhaal.

Verder geeft een eerste verwerking van de reflex- en beschadigingscores aan dat deze scores een indicator zijn voor de overlevingskansen van de vis.

Tenslotte speelt de lengte van de schol ook een rol. Kleine vissen zijn gevoeliger voor schade, stress en sterfte in vergelijking met grotere vissen.

Vervolg

Om een algemeen beeld te kunnen vormen van de overleving van schol is het noodzakelijk om de verzamelde gegevens te verwerken en gedetailleerd te bestuderen. Naast inzicht te krijgen in de overlevingskansen van schol, worden ook de factoren onderzocht die een cruciale rol spelen in dit overlevingsproject. Onderzoekers van ILVO en IMARES (Nederland), die dezelfde methode volgen, zullen tijdens deze analyse samenwerken en resultaten vergelijken. Met behulp van deze resultaten is het mogelijk om in de toekomst aanpassingen door te voeren in het vangst- en sorteerproces met als doel de overleving te verbeteren.



IMMERBIJ COÖPERATIE – De hoge visserijkosten vormen een negatieve prikkel voor de oprichting van een coöperatieve visserijorganisatie. In de wijk van IJburg wordt de visserijorganisatie Immerbij opgezet. De coöperatie zal de visserijactiviteiten van de visserijorganisatie IJburg (IJCO) overnemen. De coöperatie zal de visserijactiviteiten van de visserijorganisatie IJburg (IJCO) overnemen. De coöperatie zal de visserijactiviteiten van de visserijorganisatie IJburg (IJCO) overnemen.

Vallen en opstaan



De partij wordt in handen van de visserijorganisatie Immerbij. De partij wordt in handen van de visserijorganisatie Immerbij. De partij wordt in handen van de visserijorganisatie Immerbij.

In de wereldwijde visserijsector is de concurrentie steeds vaker een kwestie van overleving. De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt. De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt. De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt.

Bakkerij van de toekomst – De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie.

Woningbouw in de toekomst – De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie.

Meerwaarde van de toekomst – De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie.

De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt. De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt. De visserijorganisatie Immerbij is een van de weinige die het hoofd boven water houdt.

De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie. De bakkerij van de toekomst is een kwestie van innovatie.

De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie. De woningbouw van de toekomst is een kwestie van innovatie.

De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie. De meerwaarde van de toekomst is een kwestie van innovatie.

Bijlage 11:

Van der Reijden, K., Theunynck, R. 2015. Vallen en opstaan. Visserijnieuws. April 28, 2015.

<http://www.visserijnieuws.nl/component/content/article/70-archief-2011/9068-vallen-en-opstaan.html>,

last accessed January 13, 2016

Bijlage 12:

Theunynck, R., Uhlmann, S. S., Vanderperren, E. 2014. Overleving van ondermatse platvis bepalen. Informatieblad Rederscentrale, August 2014: 16-17.

Het TECHVIS project

Via het TECHVIS-project "Technische innovaties voor een transitie naar een duurzame zeevisserijsector" hopen IWT, SDVO en ILVO de sector te ondersteunen bij de uitdagingen van de nabije toekomst. TECHVIS is technisch en praktijkgericht en wil via concrete, realistische, door de sector gedragen en toepasbare technische innovaties bijdragen aan de transitie naar een duurzame visserijsector. Het project loopt vier jaar en is opgebouwd rond vier verschillende modules, nl. Module Havenran (doel: 2 kustvaartuigen vissen met een Havenran pulsvisnet voor garnal), Module Selectief (doel: 20 waartuigen vissen met selectiever vistuig), Module Gas (doel: 2 concrete doosers voor een motor op gas uitwerken) en de Module Innovatieplatform (verder uitbouwen van een interactieve communicatie). Samenwerking met de sector is essentieel voor het welslagen van het project, waardoor opnieuw een warme oproep aan de sector om samen innovatieve ideeën in de praktijk te brengen!

Voor informatie of om actief deel te nemen kan U steeds contact opnemen met Els Vanderperren of Bart Verschuren (els.vanderperren@ilvo.vlaanderen.be, bart.verschuren@ilvo.vlaanderen.be) of op het telefoonnummer 059 569 840.

Hartelijk dank aan de sponsors van TECHVIS



Overleving van ondermatse platvis bepalen

Ruben Theunynck, Sebastian Uhlmann, Els Vanderperren

Aanlandingsplicht



— houdt in dat vissers voor vissoorten waarvoor vangstquota zijn opgesteld zowel de minste en ondermatste vis aan land moeten brengen. Vanaf 2015 geldt dit voor de pelagische visserij en vanaf 2016 voor de demersale visserij. In de huidige visserijpraktijk worden bijvangsten zo snel mogelijk overboord gezet, zodat ze verder kunnen leven of als voedsel kunnen dienen voor andere soorten in het ecosysteem. Het idee achter deze nieuwe regel is het bekommen van een selectievere visserij, minder ecologische impact en betere visbestanden.

De Vlaamse visserijsector zet al jaren in op het vermijden van teruggooi door een verhoogde selectiviteit in o.a. de boomkorvisserij. De ervaring van de vissers toont echter aan dat ten allen tijde ongewenste bijvangsten vermijden zo goed als onmogelijk is. Regering bodende met de stelling dat een aanlandingsverplichting niet mag leiden tot het verhogen van de vissterfte, vindt de Rederscentrale dat er nu ook volop dienst ingezet te worden op het vaststellen van overleving. Immers, indien wetenschappelijk kan aangetoond worden dat een soort een hoge overlevingskans heeft, zou toestemming gegeven kunnen worden om deze soort terug in zee te zetten, zoals beschreven staat in de uitzonderingsmaatregel op de aanlandingsplicht.

Het project Overleving wordt vanwege deze uitzonderingsmaatregel opgestart met als doelstelling de overleving te gaan kwantificeren voor enkele belangrijke platvissen nadat deze zijn gedood door commerciële boomkorschepen. Er wordt in eerste instantie gefocust op schol en mogelijk in een latere fase ook op tong en schar.

Niet alleen in België wordt aandacht besteed aan deze uitzonderingsmaatregel. Ook IMARIS (Nederland) en CEFAS (Engeland) voeren gelijkaardige projecten uit. Door internationale samenwerking worden de methodes op elkaar afgestemd om zo de bekomen resultaten te kunnen vergelijken.

Methodie

In het verleden werden reeds toetsen naar overleving gedaan. Experimenten werden uitgevoerd met vissen die na vangst getuigd en terug overboord werden gezet. Door monitoring op afstand kan zo de overleving opgevolgd worden (biolumines-

ties). Andere experimenten gebruikten containers aan boord of kooien die op de zeebodem werden geplaatst om zo de vissen op regelmatige tijdstippen te kunnen monitoren. Voor dit project wordt ondermatse schol verzameld tijdens het sorteerproces aan boord van een vaartuig en vervolgens in een bakkersysteem (15m breed x 145cm) overgebracht. Dit systeem, ontworpen in samenwerking met IMARIS en Maas-kant Shippards, wordt gebruikt om de vissen gedurende 72 uren in onder te brengen en de overlevingssterfte van de vissen te kunnen opvolgen. De finale uitvoering bestaat uit een container, die bestaat uit twee rekken. Elk rek bestaat uit 8 schuiven, waar kunststofbakjes (40x60x12cm) met dakfels worden ingeschoven, waarin de vissen worden gehouden. Dit resulteert in 80 vissen per container. ILVO zal over drie containers beschikken, waardoor 240 vissen gemiddeld kunnen worden per zeereis.



Om op een efficiënte manier de toestand van de vissen te kunnen monitoren, werden in elke schuif glijprofielen aangebracht, waardoor de bakjes eenvoudig in- en uitgeschoven kunnen worden. Verder heeft elk bakje twee lokaal aansluitingen: een instroomaansluiting die gekoppeld is aan een centrale instroom van zeewater en een uitstroomaansluiting. Op die manier worden alle bakjes voorzien van doorstroming waardoor de waterkwaliteit optimaal blijft en extra stress van de vissen geminimaliseerd wordt. Tenslotte is de buitenwand van de container voorzien van vier witte schuifdeuren met isolatie. Dit beschermt de bakjes tegen externe factoren zoals zonnestraling, golfslag, trilling en het geluid van de motoren. Naast de eenvoud en de robuustheid van het ontwerp, is het

minimaliseren van extra stress en verwondingen bij de vissen tijdens de huisvesting ook een belangrijke vereiste. Om dit na te gaan worden in de bakjes controlevissen uitgezet. Deze schollen worden met behulp van korte sleepen (< 30 min) opgevisst en ondergaan geen sorteerproces. Uit voorgaande experimenten is gebleken dat deze vissen door de korte sleep weinig of geen stress en/of verwondingen hebben in vergelijking met de andere heil die verzameld wordt uit gewone sleepen (> 60min). Indien deze controlevissen geen directe sterfte vertonen in de bakkersystemen dan wordt er vanuit gegaan dat de huisvesting geen fatale stress oproept.

Op getegelde tijdstippen worden vervolgens de vissen in de bakjes gecontroleerd op sterfte. Belangrijk is dat doornaden de zeevissen relevante externe variabelen (b.v. temperatuur, sorteerijd, totale vangst) nauwkeurig worden bijgehouden. Op die manier kunnen de verzamelde data later accuraat worden geanalyseerd.

De ondermatse schol wordt voor dit project verzameld tijdens commerciële zeezeizen. Hiervoor werden, door de Rederscentrale, Belgische boomkorvaartuigen aangeschreven om mee in het project te stappen. De ingevulde vragenlijsten van de gelatereceente vaartuigen, waaronder de Z.201, Z.121, Z.483, Z.510 en de O.190, werden op dit moment door het ILVO geanalyseerd. Een planning zal vervolgens worden opgesteld met als uitgangspunt vanaf september 2014 te kunnen starten met drie zeezeizen (methode testen + bijtussen). Hierna volgen twaalf zeezeizen die toelaten om voldoende schol te verzamelen verspreid over de Noordzee en over het jaar. Tijdens de laatste drie zeezeizen zullen technische en operationele veranderingen, die de overleving van de vis kunnen verbeteren, worden uitgetest.

Reflex-Action-Mortality-Predictors (RAMP)

Naast de hierboven beschreven monitoringmethode wordt ook de RAMP-methode getest. Deze methode linkt de vitaliteit van vissen aan het meten van reflectie (inwendige schade) en verwondingen (uitwendige schade). De aan- of afwezigheid van reflecties en verwondingen wordt tenslotte gecorreleerd met de waargenomen sterfte van de vissen in de bakkersystemen. Met deze correlatie is het mogelijk om in de toekomst de scholsterfte direct te voorspellen uit reflexmetingen zonder een tijdrovend monitoringproces uit te voeren.

Doelstelling

Met dit project hopen de Rederscentrale en het ILVO resultaten te verkrijgen over de overlevingskans van schol die overboord worden gezet. Deze resultaten zullen opgenomen worden in de regionale discardsplannen en dienen als ondersteuning bij het eventueel aanpassen van de uitzonderingsmaatregel.

VALDUVIS is een EVF as4-project, lopend van juli 2012 t.e.m. september 2014.



KIM SYS
Onderzoek duurzame visserij - VALDUVIS
Tel: +32 59 56 58 54
kim.sys@ilvo.vlaanderen.be

ARNE KINDS
Onderzoek duurzame visserij - VALDUVIS
Tel: +32 59 56 58 26
arne.kinds@ilvo.vlaanderen.be

Bijlage 13:

Theunynck, R., Uhlmann, S. S., Vanderperren, E. 2014. Project overleving aan boord van de O.190. Informatieblad Rederscentrale, December 2014: 18-19.



Binnen het project TFCHEVIS wordt door ILVO het initiatief genomen om een Kenniskring "Innovierend Vissen" op te richten, dit om samen met de brede visserssector het informeren, verbeteren, ontwikkelen en toepassen van duurzame visserijtechnieken en werkwijzen in de praktijk te brengen. Deze Kenniskring wil de ervaring en kennis die reeds aanwezig is in de visserssector en de wetenschap samenbrengen en verder aanscherpen om deze vervolgens te vertalen in concrete en realistische acties die bijdragen tot het verduurzamen en rendabeler maken van de sector.

Vragen, ideeën, samenwerken, ...? Laat het de Kenniskring "Innovierend Vissen" weten! www.facebook.com/ILVOInnovierendVissen els.vanderperren@ilvo.vlaanderen.be bart.verschuuren@ilvo.vlaanderen.be 059/56 98 75

Gedrive voor de praktische organisatie een seintje te geven als je komt via els.vanderperren@ilvo.vlaanderen.be.

1 Via het TFCHEVIS project "Technische innovatie voor een vissen met een duurzame toeristische sector" tussen TFCHEVIS en ILVO de sector te ondersteunen bij de ontwikkeling van de rederscentrale TFCHEVIS en de praktische en pedagogische en/of de concrete realisatie, door de sector gelidgen en te organiseren technische innovatie bijdragen aan de transitie naar een duurzame visserijsector.

Hartelijk dank aan de sponsors



Project Overleving aan boord van de O.190

Hoer hoog is de overlevingskans van schol na vangst op een Belgisch boomkorsvaartuig? Deze vraag dingt zich op met het oog op de aanlandingsplicht die vanaf januari 2016 wordt ingevoerd voor de demersale visserij. Om op deze vraag antwoord te bieden werd enkele maanden geleden door het ILVO, in samenwerking met de Rederscentrale, het project "Overleving" opgestart. Omdat ook andere Europese landen zoals Nederland, Engeland, Frankrijk en Denemarken vergelijkbaar onderzoek voeren, werd recent bij ICES in Kopenhagen overleg gevoerd om de verschillende methodes op elkaar af te stemmen. Door deze harmonisatie verzekeren de verschillende landen zich dat de onderzoeksresultaten goed met elkaar vergeleken kunnen worden.

Na de voorbereidingsfase, werd eind november de eerste experimentele reis uitgevoerd. Aan boord van de O.190 werd een fractie van de ondermaatse schol van verschillende slepen overgebracht naar een bakkensysteem. Dit systeem, ontwikkeld in samenwerking met Maaslant Shipyards en IMARIS is zodanig ontworpen dat de vissen een minimale stress ervaren wanneer ze in deze bakken gehouden worden. Tijdens de zee reis worden deze schollen gemonteerd op overleving en dit wordt vervolgd na de reis wanneer het bakkensysteem getransporteerd wordt naar



het ILVO. Op die manier kan een eerste beeld gevormd worden van de overlevingskansen van schol na vangst op een kustvaartuig.

Bakkensysteem met de 16 nitschiffbare bakjes met transparante dekvels zonder schuifkleuren en isolatieclaus
Voordat deze vissen in het bakkensysteem terecht komen wordt elke vis afzonderlijk gescoofd op reflexen en verwondingen. Het bespelen van deze vis reflecten en verwondingen was onder meer een onderdeel van het harmonisatieproces in Kopenhagen. Door vervolgens de vis te merken, kan de overleving van de vis getuigd worden aan de set van reflexen en verwondingen. Indien hertrussen een relatie bestaat dan kan op die manier het gebruik van de bakken in de toekomst overbodig worden.

Installatie bakkensysteem op het achterdek van O.190 met schuifkleuren en isolatieclaus

Begin december staat de volgende zee reis op de agenda. Aanpassingen die na de eerste zee reis werden uitgevoerd, worden tijdens deze zee reis getest. Begin 2015 wordt het experiment uitgereid door de levering van twee extra bakkensystemen. Meerdere zee reizen kunnen vanaf dan ingepland worden om op die manier genoeg data te verzamelen om de overleving van schol te bepalen. Volg na ook het

project Overleving op facebook, regelmatig zal een update gepost worden op: www.facebook.com/ILVOInnovierendVissen



Installatie bakkensysteem op het achterdek van O.190 met schuifkleuren en isolatieclaus

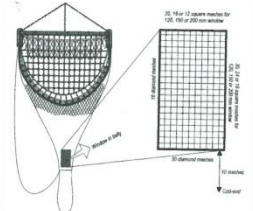
Kenniskring "Innovierend Vissen" op 7/11 – voorgestelde netaanpassingen

Helen Lenoir, Bart Verschuuren, Hans Polet, Jochen Depestele, Els Vanderperren

Zoals eerder gemeld werd er tijdens de eerste Kenniskring "Innovierend Vissen" op 7 november in de kantine van de Vlaamse Visserij in Zeebrugge gefocust op het verbeteren van de selectiviteit van het vistuig. Als aanloop naar de discussie stelden ILVO wetenschappers een aantal netaanpassingen voor. We zetten ze nog even op een rijtje.

Het Benthos ontsappingsvenster

Een benthos ontsappingsvenster is een paneel in vierkante maten dat in de buik van het net geplaatst wordt om ongewenste bodemdieren te lozen. Met een venster met een maaswijdte van 150mm kan gemiddeld 70% van het benthos (in gewicht) getoosd worden.



Benthos ontsappingsvenster

Wijzigingen in het bovenpaneel

Grote ontsappingszones in de rug van het net laten rondvis ontsnappen. Zowel panelen met vierkante maten als een net met teruggesloten rug werden uitgetest. Rondvissoorten zoals schelvis en wijting bevinden zich doorgaans bovenaan en centraal in het net tijdens het slepen. Deze soorten kunnen succesvol ontsnappen doorheen allerlei openingen in de rug (tot 40% minder schelvis en wijting in gewicht). Kabeljauw blijft doorgaans onderaan in het net en heeft minder kans om te ontsnappen doorheen deze openingen.



T90 kuil

T90 maten zijn klassieke ruitvormige maten die over 90° getoosd worden. Uit experimenten blijkt dat wanneer een T90 kuil gebuikt wordt er meer ondermaatse tong ont-

Bijlage 14:

The screenshot shows a web browser window displaying the ILVO website. The address bar shows the URL: <http://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/Pers-en-media/Nieuwsbrief/Nieuwsverzicht/articleType/ArticleView/articleId/2089/>. The page title is "ILVO Nieuwsgolf januari 2015".

The website header includes the ILVO logo (Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek) and the Vlaanderen logo (is landbouw & visserij). The navigation menu contains: Home, Onderzoek, Diensten en producten, Over ILVO, Pers en media, Agenda, Werken bij ILVO, and Contact.

The main content area features a sidebar on the left with a menu: Nieuwtjes, Persberichten, Nieuwsbrief (selected), Nieuwsverzicht, Archief nieuwsbrieven, Abonneren, ILVO mededelingen, Boeken, brochures en rapporten, Activiteitenverslag, ILVO in VILT, Foto's, Presentaties, and Video's.

ILVO nieuwsgolf januari 2015

De overgang van oud naar nieuw is in vele gevallen ook een start- of afsluimoment van ILVO-onderzoeksprojecten. In deze Nieuwsgolf kan u dan ook nalezen welke belangrijke onderzoeksresultaten werden geogost eind 2014 en welke nieuwe doelstellingen we in het prille begin van 2015 hebben gezaaid. Spartelende platvissen, cosmetica uit de zee, gezonde voeding en fris ruikende varkens. Laat de lente nu maar komen...

Nieuw onderzoek

[Als een vis in het water? Het inschatten van de overlevingskansen van platvis na teruggooi in de boomkorvisserij in het kader van de uitzonderingsmaatregel van de aanlandingsplicht.](#)

Het project Overleving werd opgestart naar aanleiding van de aanlandingsplicht – ook wel discard ban genoemd – die door de EU gefaseerd wordt ingevoerd in het Gemeenschappelijk Visserijbeleid vanaf januari 2015. De aanlandingsplicht houdt in dat alle vangsten van soorten waarvoor een quotum wordt vastgelegd moeten worden aangeland, en dat geldt zowel voor maate als ondermaate vissen. De aanlandingsverplichting mag echter in geen geval leiden tot het verhogen van de vissterfte. Als wetenschappelijk kan aangetoond worden dat ondermaate vissen de vangst, het sorteren en het overboord gooien kunnen overleven, dan voorziet de wetgeving in een uitzonderingsmaatregel voor de aanlandingsplicht. Het doel van het project was dan ook om na te gaan hoe groot de overlevingskansen zijn van de belangrijkste doelsoorten van de Belgische visserij, de platvissen.

[Vlaamse Vis in Vlaanderen Verwerken? De Vlaamse visserijsector en de visverwerkende nijverheid: status, noden en kansen](#)

Een lokale verwerking van visserijproducten kan een meerwaarde betekenen voor zowel de Vlaamse vissers als de visverwerkende bedrijven. Om beide sectoren op elkaar af te stemmen wordt door ILVO een "roadmap" gemaakt waarbij noden, knelpunten en opportuniteiten worden opgelijst op gebied en logistiek en waarbij concrete

The screenshot also shows a Windows taskbar at the bottom with the system clock displaying 12:30 on 13/01/2016.

Bijlage 15:

Youtube clips detailing the methodology and concept behind reflex impairment assessments.



<https://www.youtube.com/watch?v=pXFiwpNxdwE>

<https://www.youtube.com/watch?v=n0WIM8ZKgt0>

Bijlage 16:

Uhlmann, S. S., Quirijns, F., Depestele, J., Strehlow, H., Ferter, K., Weltersbach, S., Nilsson, H., Mehault, S. (2014). Explanatory variables. In: Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival (edited by M. Breen and T. Catchpole), 17-21 February 2014, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2014\ACOM:51. Pp. 49-61.

7 Explanatory variables

The fish capture processes can disturb, stress and damage an organism which can result in its mortality. Thereby, any mortality of discards may be influenced by a range of biological (e.g. species, physiology, size, and catch composition), technical (e.g. gear design, deployment duration and speed) and environmental (e.g. temperature, hypoxia, sea state and availability of light) stressor factors (Figure 7.1; Davis, 2002, Broadhurst *et al.*, 2006; Broadhurst and Uhlmann, 2013). In other words, these factors determine conditions during fishing and influence/affect the stress, injury and possibly survival of captured-and-discarded individuals (Davis, 2002). Mortality associated with capture can occur prior to the point of discarding (immediate discard mortality) (Braccini *et al.*, 2012), or after the point at which the subject is discarded (delayed discard mortality).

When designing experiments to estimate discard survival, it is important to measure the main factors influencing the stress, injury and ultimately survival of discards, to attribute sources of variability. By conceptually tracing an organism's pathway of being i) captured, ii) handled above the water surface, and iii) released back overboard and eventually returning to its habitat, some of the relevant technical, environmental and biological variables can be identified (Figure 7.1). The ability of an organism to survive the capture and discard pathway will be dependent on its innate capability to tolerate changes in conditions (Davis, 2002; Broadhurst *et al.*, 2006). While individuals may be able to tolerate certain changes, they may be 'pushed over the edge' through a combination of stressors.

The following section provides a brief overview of these factors by i) conceptually conceiving key factors potentially affecting a captured-and-discarded animal and ii) by reviewing primary literature of experiments that have demonstrated predominant effects.

7.1 Stressor

A stressor can be defined as a factor which induces a stress response. Isolating a single stressor variable is difficult, particularly in field environments, due to the need to control for effects of all other variables. Laboratory experiments may be useful to for this aim (section 5) (Kennelly *et al.* 1990; Uhlmann *et al.* 2009).

There is an array of different stressors experienced by a discarded fish and these will compound with each other. The compounded effects can lead to the mortality of the subject, but the way in which they interact may not be simply additive or multiplicative but synergistic or antagonistic. Unravelling the precise individual and combined influences of multiple stressors is challenging, but so long as survival estimates are based on a range of stressors that reflect the fishery, then they can be considered representative. So monitoring the different stressors is essential to determine the representativeness of the discard survival estimates, but they can also be used to inform on potential mitigation measures that may increase survival. The first step in a framework to assess and potentially mitigate discard mortality is to describe in detail the ranges of technical, environmental and biological conditions and characteristics pertinent to a particular fishery and the discarded species of interest.

HANDLING

Technical

Hauling/towing speed, vessel/deck configuration, crew experience, behaviour, handling, mechanical impact

Environmental

Thermo-, halocline, weather, sea state, light, air temperature, air exposure, humidity, air pressure

Biological

Evasion response, catch composition, volume

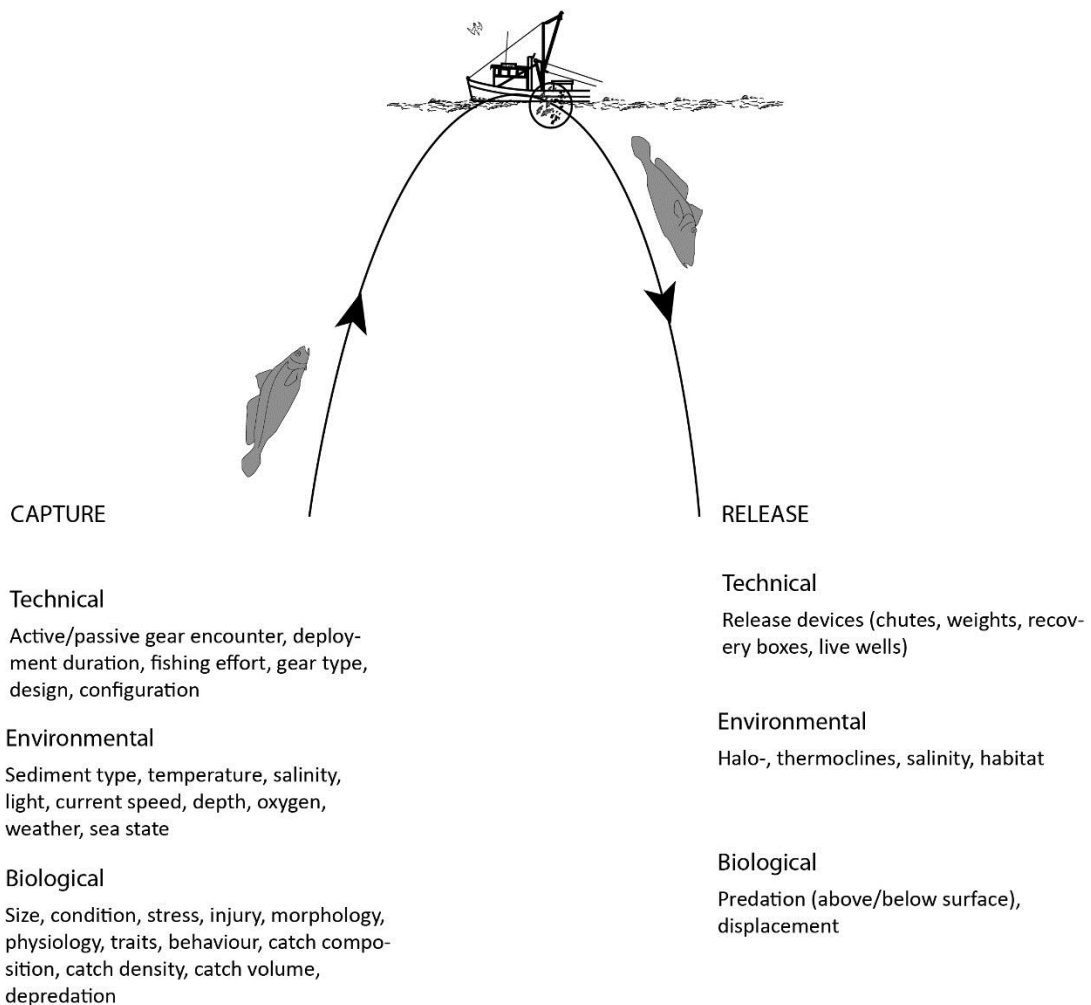


Figure 7.1. Stressors influencing captured-and-discarded organisms during fishing resulting in either synergistic, antagonistic or cumulative stress responses (reproduced with permission from Davis, 2002).

7.2 Literature review identifying key explanatory variables

A literature review was undertaken which identified all explanatory variables that have been linked with a measurable stress, injury or mortality of discarded animals. The outputs are categorized by conventional gear types i) trawls and dredges; ii) gillnets and traps; iii) hook and line; iv) longlines and jigging or v) pelagic seines and trawls. For each of these gear groups, available key literature (reviews, if available) of both marine and freshwater fisheries was scanned for cases where a stressor effect was demonstrated or not detected. The number of primary literature studies for each demonstrable effect, indicated the potential relevance of such a factor across or within gear groups (Table 7.1). For trawls and dredges, existing reviews by Broadhurst *et al.*, (2006), Revill *et al.*, (2013), and Suuronen and Erickson (2010) were used. For gillnets and traps the recent review by Uhlmann and Broadhurst (2013) was used.

The factors which have been studied for hook and line angling gear are based on two relatively recent reviews that covered both freshwater and marine fisheries, i.e. Bartholomew and Bohnsack (2005, pages 134–136) and Arlinghaus *et al.* (2007, pages 115–125); thus excluding studies published after 2007. The factors which have been studied for long lines and jigging machines are based on an online database search. For pelagic seines and trawls no review existed, therefore, available primary literature studies, mainly on purse-seines, were scanned for relevant factors (Hall and Roman, 2013; Huse and Vold, 2010; Tenningen *et al.*, 2012; Olsen *et al.*, 2012, Marçalo *et al.*, 2008; 2010; 2013).

7.3 Selection of variables

The review of primary literature studies identified that among technical and environmental factors, gear configuration, handling, deployment duration, water temperature and air exposure were the most studied, and frequently associated with discard survival (Table 7.1). Body size was also very important (Table 7.1). For active gears, increasing deployment duration, air exposure and air temperature reduced survival of many species (Table 7.1). Among passive gears, gear materials, gear configuration (i.e. use of selective devices), together with an organism's physical injury were relevant in explaining variation among discard mortality.

Several factors were rarely associated with discard mortality, such as sediment type and salinity (Table 7.1). This was either because they were measured but not relevant, or because they were rarely mentioned. For the latter, this may also apply to factors such as predation, catch composition and behaviour.

Table 7.1. Count of primary literature (N= number of reviewed studies per gear type) that demonstrated significant effects of technical, environmental, and biological factors during demersal trawling and dredging, gillnetting and trapping, hook and line fishing, longlining and jigging, and pelagic purse seining associated with discard mortality. The factors are sorted by relevance in descending order. --, not available; ns, not significant.

	Demersal trawls and dredges (N ¹ =60)	Gillnets and traps (N ² =85)	Hook and lines (N ³ =XX)	Longlines and Jigging (N ⁴ =XX)	Purse-seines (N ⁵ =6)	Count	ns
Gear configuration	1	40	29	20	--	69	21
Handling	8	8	29	6	--	45	6
Deployment duration	17	8	13	9	--	36	11
Body size	10	10	15	12	2	35	14
Water temperature	11	4	22	7	1	35	10
Air exposure	23	5	12	--	--	34	6
Injury	8	9	13	--	3	30	3
Depth	1	6	9	4	--	17	3
Air temperature	14	1	--	1	--	15	1
Gear operation	--	1	6	--	7	13	1
Gear type	--	5	12	--	--	11	6
Physical condition	2	2	3	--	4	10	1
Season	4	3	3	1	--	9	2
Catch volume	8	--	--	--	1	8	1
Depredation	--	10	--	--	--	8	2
Predation	4	--	1	--	1	6	0
Sex	4	1	--	2	1	4	4
Behaviour	1	2	--	--	--	3	0
Dissolved oxygen	--	1	2	--	--	3	0
Light	2	1	--	--	1	3	1
Catch composition	--	1	--	--	1	2	0

Infection	--	2	--	--	--	2	0
Location	--	1	--	1	--	2	0
Catch density	--	1	--	--	--	1	0
Recapture	--	--	1	--	--	1	0
Salinity	1	--	--	--	--	1	0
Sediment type	1	--	--	--	--	1	0
Species	--	1	--	--	--	1	0
Stress	1	1	--	--	--	1	1
Weather	--	--	1	1	--	1	1
Year	--	1	--	--	--	1	0

¹ Broadhurst *et al.*, (2006); Revill *et al.*, (2013); Suuronen and Erickson (2010)

² Uhlmann and Broadhurst, (2013)

³ Arlinghaus *et al.*, 2007 (pp. 115-125); Bartholomew and Bohnsack, 2005 (pp. 134-136)

⁴ Web of Science search

⁵ Hall and Roman, (2013); Marçalo *et al.*, 2008, 2010, 2013; Huse and Vold, (2010); Tenningen *et al.*, (2012); Olsen *et al.*, (2012)

7.4 Measurement of variables

The majority of the factors listed in Table 7.1 and Appendix IV can be measured by simple means via observations, time recording, or electronic data logging of (e.g. water quality such as temperature, dissolved oxygen, salinity, as well as light levels). Different configurations of gear and fishing practices often require specific methods. For example, deployment duration may be measured as the time period between (i) winch starts (e.g. trawlers), (ii) complete submergence of the gear underwater (e.g. gillnets or traps), or (iii) during bottom contact (trawls, traps or gillnets). Load cells can be used to measure pulling force on trawl wires (drag force, Broadhurst *et al.*, 2013) and acoustic transmitters and receivers for trawl shape and catch size. Remote monitoring may also require specific technologies to measure and document factor interactions (Bryan *et al.*, 2014; Mallet *et al.*, 2014). Emerging technologies to remotely monitor fishing operations may provide effective means to record data automatically (Mangi *et al.*, 2013).

The measurement of relevant factors is not limited to natural conditions. Study organisms may also be stressed from research-related handling (e.g. measurement, tagging, or holding in captivity). Thus, animal sensitivities towards stressors found in their natural environment may also extend to artificial conditions. For example, the conditions under which subjects are contained will be important to measure for species sensitive to changes in light.

To identify which factors may be relevant to measure, it will be necessary to look at the sensitivities of the study species, the path that it travels and stressors it is experiencing during a given capture-and-release process (Figure 7.1), and the experimental method that was chosen to assess discard mortality. While the *a priori* choice of potential and quantifiable explanatory factors may benefit from an organism's 'path analysis' (Figure 7.1), the drafting of data recording sheets (Appendix V) may also assist the process of "thinking through" all relevant stages of data collection, its replicability and feasibility under experimental conditions.

The majority of studies that were reviewed here were done in an applied fisheries context and illustrated that gear configuration can have a significant effect on the fate of discards (Table 7.1; Appendix IV). However, in several cases no significant effects were found (Table 7.1). Due to a potential publication bias and different emphasis of the considered reviews (e.g. mitigation, gear selectivity), comparisons of why certain factors seemed more relevant to one gear type than another, were not done. After a selection has been made of factors to be measured, it may be necessary to prioritize among them how these shall be measured depending on a desirable level of accuracy with minimal measurement error. For example, measuring the time of air exposure for individual fish accurately with a stop watch may provide better data than roughly estimating air exposure (as the time period between start and end of sorting); whereas the accuracy gained from measuring catch volumes using expensive scales may not contribute much in explaining variability of mortality.

A more detailed description of the key factors, their effects and how some of these can be measured is given in the following section and in Appendix IV. Thereby, factors are discussed in the order of their association with an organism during the three different phases of: capture, handling on board and release (Figure 7.1). Not all factors are pertinent to all fisheries, some may be more important than others for a particular gear type. Wherever this was the case, it was highlighted. For example, towing

speed does not apply to passive gillnet fisheries. Or crowding and herding are phenomena pertinent to seines and trawls.

Although factors have been classified as above in Table 7.1, potential inter-correlations may exist between them. For example, the way catches are handled on board may also determine the time period of air exposure. A similar correlative relationship between factors exists where a given environmental or technical factor provokes a measurable response from the organism. For example, among species with swimbladders, depth determines the occurrence and severity of the various known barotrauma injuries. In pelagic purse-seines, depleted dissolved oxygen concentrations during crowding and herding may trigger an evasion response which causes fatigue. Hence, there is a potential to measure either the cause or the effect.

7.5 Conceptually identifying key variables

Conceptually conceiving factors that could potential affect the survival of a captured-and-discarded animal is a useful method to identify key stressors. By tracing an organism's pathway of being i) captured, ii) handled above the water surface, and iii) released back overboard and eventually returning to its habitat, relevant technical, environmental and biological variables can be identified.

7.5.1 Capture phase

Technical stressors

The **configuration of the fishing gear** plays an important role in how animals are caught and interact with gear, with what components they come into contact and what the intensity of this contact is.

In trawl fisheries, the interaction starts with a stimulus by the gear such as otter boards and sweeps (Wardle, 1993), tickler chains (Van Beek *et al.*, 1990; Kaiser and Spencer, 1995), and groundgear (for trawls) which can cause physical contact and possible injury (Chapman, 1981). Next, the animals pass through the gear towards the codend. During that process, further physical contact can occur, resulting injuries such as abrasion. The characteristics of the netting material (i.e. stiffness, yarn surface, knot thickness, mesh shape;) are important in that process (Millner *et al.*, 1993; Evans *et al.*, 1994). Physical barriers in the net, such as guiding panels can inflict additional injury (Lundin *et al.* 2012). In hook and line fisheries, the design of the hook has an effect on survival (Grixti *et al.*, 2007; Cooke and Suski, 2005) and the type of lure can be important (Arlinghaus *et al.*, 2008; Appendix IV). In static net fisheries the design of net is important, for example, fish are more likely to get entangled in trammelnets than in single layered gillnets (Uhlmann and Broadhurst, 2013).

A negative relationship typically exists between **deployment duration** and survival. The longer gears are deployed, the longer animals are exposed to the capture process, whereby crushing and injury may confound exhaustion effects. For example, both Wassenberg *et al.* (2001) and Uhlmann and Broadhurst (2007) showed that in penaeid prawn trawls, survival probabilities for discarded organisms decreased with longer tow duration (Appendix IV). In trap fisheries, discard species may be trapped and are not able to feed or move as needed (Barber and Cobb, 2007). For hook and line fisheries, longer fighting times have been shown to increase the occurrence of sublethal effects and post-release mortalities (Tomasso *et al.*, 1996; Meka and McCormick, 2005).

Towing speed is another technical factor which is shown to influence discard mortality, although not identified by any of the reviewed studies (Table 7.1). Higher towing speeds can lead to exhaustion and increased risk of injury, due to increased likelihood and intensity of contact with the gear and other parts of the catch. The movement of the fishing gear, as determined by its design, the nature of the seabed, depth range (Milliken *et al.*, 2009; Benoît *et al.*, 2013) and currents, can affect the type and likelihood of injuries to organisms.

The process of **hauling of fishing gear** on board, the movement of parts of the fishing gear containing the catch, physical interactions with hard parts of the vessel (which can be exacerbated by poor weather conditions), the size and composition of the catch, and the time before emptying the catch affect animal vitality in the catch. The **speed of hauling** will also affect how quickly gases in the animal's body expand, and how it can cope with this physical change (see **baro-trauma** below).

Environmental stressors

The effects of **temperature changes** (from ambient temperature at deeper depth to surface/air temperature) are well known for some freshwater and marine fish, where physiological stress and changes in behaviour have been observed (Brett, 1970; Fry, 1971; Schreck *et al.*, 1997; Davis *et al.*, 2001). A series of experiments on marine fish (Barton and Iwama, 1991; Muoneke and Childress, 1994; Ross and Hokenson, 1997) demonstrated species-specific differences in mortality associated with temperature change. Swimming performance and the ability of fish to maintain position in the net can be influenced by temperature change (Beamish, 1966; Breen *et al.*, 2004; He and Wardle, 1988; Winger *et al.*, 1999) and thus the likelihood of physical injury, through contact with the gear or the catch.

Over a longer time-scale, temperature changes may contribute to observed seasonal effects, although few studies have taken **seasonality** into account. Other more crucial parameters may be 'masked' by this variable, but strongly correlated to it, such as ambient temperature and spawning. Cicia *et al.* (2010) demonstrated significant seasonal differences in the mortality rates of skates captured between February and July, mostly associated with variations in surface temperature. Revill *et al.* (2013) found differences in the survival of plaice in different seasons. Mediterranean swordfish also demonstrated lower vitality during the post-spawning season compared to pre-spawning, a finding attributed to the poor health condition of the spawners (De Metrio *et al.*, 2001; Damalas and Megalofonou, 2009).

With increasing depth, natural **light** levels are reduced through attenuation, which can also influence the behaviour during the capture process (Johnson, 2012). Observations and measurements of fish behaviour under conditions of low light and darkness have been carried out both in the field and in the laboratory (Batty, 1983; Olla and Davis, 1990; Ryer and Olla, 1998; Olla *et al.*, 2000), confirming that effects of light are species-specific. In some trawl fisheries, certain fish species under low light conditions, swam less, passed along the trawl faster, and did not orient themselves to the long axis of the trawl resulting in more injury and mortality. At very low light intensities, fish do not detect an approaching net (Wardle, 1993). At the other extreme, bright surface light may cause disorientation and bleaching of sensory pigments in the eye, reducing the animals' ability to make avoidance responses if released at sea

(Pascoe, 1990). For some species, short-term or permanent blindness may also occur (Frank and Widder, 1994).

Differences in **salinity** result in varying osmotic pressures, which requires aquatic species to regulate their body water. Marine stenohaline species (e.g. *Nephrops norvegicus*) may suffer haemodilution and rapid mass gain, even after a brief exposure to non-preferred salinity ranges (Harris and Ulmestrand, 2004). Another relevant environmental factor during the capture phase is **water depth** (Table 7.1). The negative effect of a change in depth on fish vitality is mainly due to the rapid decrease of hydrostatic pressure (see Biological stressors section below).

Biological stressors

Significant variation in discard mortalities has been documented not only between studies but also within studies for some **species** (Frick *et al.* 2010; Revill, 2012). In general, sedentary species and those lacking a swimbladder (e.g. flatfish, sharks and rays) have a higher likelihood of survival (Benoît *et al.*, 2013). Several crustacean species (crabs, lobsters) and bivalve molluscs (scallops) are relatively robust and are likely to survive when discarded (Mesnil, 1996).

Fish that are captured, brought to the surface and discarded encounter depressurization (**barotrauma**; Stewart 2008), which can cause mortality (Campbell *et al.*, 2010; Hochhalter and Reed, 2011; Nichol and Chilton, 2006; Rudershausen *et al.*, 2014). The presence and type of a swimbladder is an important biological determinant of survival (Benoît *et al.*, 2013; Rudershausen *et al.*, 2014). The most frequently observed barotrauma symptom in fish is an overinflated or ruptured swimbladder, with associated gas release into the body cavity. However, swimbladder healing after a short period of time has been described for some species, e.g. Atlantic cod (Midling *et al.*, 2012).

The size and structure of the swimbladder varies considerably in different teleosts; some taxa, particularly those living in the deep sea or benthic habitats have lost the swimbladder altogether (McCune and Carlson, 2004). Physoclistous (i.e. closed bladder) fish are most susceptible to the effects of barotrauma, (Broadhurst *et al.*, 2006). Physostomous (i.e. open bladder) fish can more readily regulate the amount of gas in their swimbladders by venting it, but may be more susceptible to barotraumatic effects compared to fish lacking a gas bladder (Benoît *et al.*, 2013). This may account for the proportionally higher survival often observed for discarded elasmobranchs and some benthic teleosts that lack closed gas bladders (Depestele *et al.*, 2014; Enever *et al.*, 2008; Laptikhovsky, 2004). A list of marine fish with physoclistous (closed) or physostomous (open) swimbladders is given in Benoît *et al.* (2013).

The **composition and size of the catch** (Robinson *et al.*, 1993) determine how severe the interaction between different animals in the catch will be. It influences the nature and intensity of injuries and thus the associated mortality. For example, Mandelmann and Farrington (2007) observed that larger catch volumes caused greater mortalities among discarded spiny dogfish (*Squalus acanthias*, Appendix IV). Moreover, the crowding density of the catch prior to release (e.g. during slipping in purse-seines) (Tenningen *et al.*, 2012, Appendix IV), and the herding effect that may lead to exhaustion of the fish can result in lower survival (Robinson *et al.*, 1993; de Veen, 1975; Berghahn *et al.*, 1992; Colura and Bumguardner, 2001; Wardle, 1993). It has been suggested that abrasive objects such as spiny fish may cause scale loss among teleosts

confined in a codend (Pranovi *et al.*, 2001; Broadhurst *et al.*, 2006) and stinging jellyfish that cannot be excluded from the catch can potentially cause harm (Uhlmann and Broadhurst, 2013). Catch size and composition can also affect handling practices and duration, in turn affecting survival (see Section 7.5.2).

Depredation is the killing and total or partial removal of an animal from a fishing gear by a predator. It has been recognized as an influential factor, especially in gill-nets and traps (and also baits)(Uhlmann and Broadhurst, 2013). Where partial removal of an individual has occurred, the remainder will often be discarded. The inclusion of these individuals in estimating a discard survival rate will depend on whether they are being classified as discards.

7.5.2 Handling phase

Technical stressors

Once the catch is brought on deck, the handling phase will influence discard survival. The path of the catch after removal from the fishing gear through the infrastructure onboard can have a major effect on the survival of fish (Berghahn *et al.*, 1992). Different methods exist to haul individual fish on board. Whether the catch is released into a hopper, whether it is pumped or gaffed, the speed, technique and conditions of handling affect animal vitality in the catch. Since exposure to air affects survival (Castro *et al.*, 2003), a quick sorting of the catch generally improves survival. The design of the vessel, and the skills and number of individual crew members on the processing line will therefore have an influence. De-hooking and removing from static nets is easier and faster for experienced fishers. Discards can be temporarily stored on deck, and can be released through a tube above or under the water. This can affect the exposure time to air, altered temperature and light, as well as exposure to seabird predation (Chapman, 1984).

Environmental stressors

Many aquatic organisms suffer from **hypoxia** during **air exposure** (Chapman, 1984) or during **confinement**. The time of air exposure is typically measured as the period between pulling the catch out of the water, until discarding back to the water (Appendix IV). By sorting the catch in water, MacBeth *et al.* (2006) demonstrated that minimizing air exposure reduced discard mortality of undersized prawns (Appendix IV). Hypoxia effects can be confounded with temperature changes to negatively affect survival (e.g. van Beek *et al.*, 1990; Gamito and Cabral, 2003; Giomi *et al.*, 2008; Hyvärinen *et al.*, 2008). Irrespective of the gear type, species-specific and size-dependent tolerances to hypoxia are important biological factors in determining susceptibility to discard survival (Barber and Cobb, 2007; Gisbert and López, 2008; Stewart, 2008). Effects of air exposure may be exacerbated by simultaneous exposure to direct sunlight which can lead to heating and rapid **dehydration**. Exposure to wind or freezing temperature may also increase **dehydration**.

Biological stressors

Within species, **size** matters, with larger fish generally showing higher survival (Neilson *et al.*, 1989; Sangster *et al.*, 1996; Milliken *et al.*, 1999). Increased sensitivity of smaller fish is attributed to greater mass-specific respiration demands (Benoît *et al.*, 2013), to fatigue from swimming during capture (Wardle, 1993) and a reduced ability

to avoid injurious contact with the gear and catch (Suuronen *et al.*, 1995, 1996c; Sangster *et al.*, 1996; Wileman *et al.*, 1999; Breen *et al.*, 2007). In addition, body core temperature increases faster in smaller fish (Davis *et al.*, 2001; Davis and Olla, 2001, 2002); an inverse relationship between the rate of body core temperature increase and fish size has been documented (Spigarelli *et al.*, 1977). The mechanisms behind sensitivity towards changing temperatures have not been resolved yet for many species. For example, while flatfish can be both tolerant of hypoxia and temperature change, sablefish are tolerant of hypoxia, but sensitive towards changes in temperature (M. Davis, pers. com.). Salmonids are very sensitive towards temperature changes (Gale *et al.*, 2013), as are clupeids (Lundin *et al.*, 2012).

Injuries will influence survival during the handling phase. For example, removing fish from hooks has a high potential of inflicting tears or puncture to mouthparts or the oesophagus.

As discussed above, the extent of physiological responses to air exposure is species-specific (Benoît *et al.*, 2013). The lack of gas exchange during **hypoxia** triggers a cascade of metabolic products that can be measured in the haemolymph, blood and tissue (McMahon, 2001; Davis, 2002). Owing to different respiratory mechanisms, crustaceans are favourably adapted to tolerate anoxic conditions compared to teleost fish. Benoît *et al.* (2013) identified some biological traits such as the presence of deciduous scales, mucus production, body softness and presence of sedentary lifestyles which are indicative of hypoxia sensitivity (Appendix IV). The degree to which such biological resilience occurs may be very specific and associated with certain biological traits (Table 7.2). To illustrate the relationship between stressors and stress responses for discarded organisms, sensitivities towards changes in anoxic conditions, temperature and water depth and their measurable responses have been listed in Table 7.2.

Table 7.2 - List of biological traits and measurable effects associated with sensitivity to hypoxia, changes in temperature and depth.

Sensitivity	Traits	Effect	Species	Reference
Hypoxia	Presence of deciduous scales	Fish with soft scales are sensitive towards desiccation	Atlantic herring, capelin, rainbow smelt	Suuronen et al., (1996); Benoît et al., (2012)
	High mucus production	Mechanism to prevent desiccation	Hagfish, eel	Benoît et al., (2012)
	Body softness or fragility	Measured with a durometer	Atlantic halibut, mackerel	MacDonald et al., (1996); Benoît et al., (2012)
	Sedentariness	Signs of low metabolic activity (e.g. anaerobic)	Shorthorn sculpin, hagfish	MacCormack and Driedzic (2004); Cox et al., (2011); Benoît et al., (2012)
Temperature	Ventilation rate	Fish under temperature stress breathe faster	Salmonids, Clupeids, Percidae	Gale et al., (2013) Lundin et al., (2012)
	Metabolic rate	Fish below thermal optimum have a reduced metabolism		
Decompression	Presence and type of gas bladder	Fish with a closed gas bladder are more sensitive towards pressure changes		

7.5.3 Release phase

Technical stressors

The mechanisms by which individuals are released into the water will influence survival. To reduce adverse impacts from discarding, release chutes or recovery boxes may facilitate a less stressful release process (Appendix IV). Allowing species to recover prior to being released has shown to reduce predation (Farrell *et al.*, 2001)

Biological stressor

Successfully evading **predation** depends on the responsiveness of the prey (Fuiman *et al.*, 2006). If reflex responses are impaired (e.g. reduced swimming speed, loss of orientation), then responsiveness will be reduced (Ryer, 2004; Raby *et al.*, 2013). Injuries can affect not only a fish's ability to evade predators (see below), but also shelter seeking and feeding abilities. Open wounds can facilitate infections by pathogens, particularly in fish already stressed by their interaction with the fishing gear. This can be a direct cause of mortality or result in an increased probability of predation.

7.5.1.1 Environmental stressors

The environment into which the individuals are discarded, and the distance from their natural habitat (**displacement**), will also affect survival chances. Predation rates of discarded fish also depend on variables such as the type of predators present, predator density (Cooke and Philipp, 2004) and predator avidity (Campbell, 2008). Vulnerability to predators is species- and size-specific, for example, large pelagic

sharks are shown to have substantial survival rates (>90%), due to their robust nature, their ability to recover quickly from exhaustion, and the low probability of being attacked by larger predators (Megalofonou *et al.*, 2005; McLoughlin and Eliason, 2008).

7.6 Variables : Conclusion

Once a fishery and species has been selected for survival assessment, it is important to identify the relevant stressors that the organisms will be subjected to. This is so that it can be demonstrated that the resultant survival estimates are representative of the fishery and to identify the main influencing factors on survival, which may be useful in developing mitigation tools. The stressors can be categorized as either technical, environmental or biological.

There are two approaches suggested here to identify relevant stressors for a survival assessment:

- 5) conceptually tracing an organism's pathway of being i) captured, ii) handled above the water surface, and iii) released back overboard and eventually returning to its habitat; and
- 6) conduct a literature search on relevant material.

In the first, with sufficient knowledge of the fishery, it is possible to think through the catch and discard process, and identify stressors at each phase. In the second, relevant literature can provide pertinent factors that have been shown to be influential for survival.

The literature search presented here identified that, among the technical and environmental factors, gear type and configuration, handling, deployment duration, water temperature, depth, and air exposure frequently influenced discard survival levels (Table 7.1). Body size and physical injury were also relevant in explaining variation among discard survival estimates. It should be noted that some important stressors and factors may not have been measured in previous studies. For many stressors taking measurements is straightforward, however, for some, for example, physical condition, predator abundance, distance from suitable habitat, these are more difficult and consequently have been studied to a lesser extent.

There are many variables that can be measured. So the investigator must make a choice as to which will be measured and also the accuracy to which they need to be measured, based on the benefits that will be gained. Quantifying the vitality of the subjects should always be part of the survival assessment; this is covered in detail in Section 4.

Bijlage 17:

Uhlmann, S. S., Theunynck, R., Ampe, B., Desender, M., Soetaert, M., and Depestele, J. Injury, reflex impairment, and survival of beam-trawled flatfish. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsv252.



Injury, reflex impairment, and survival of beam-trawled flatfish

Sebastian S. Uhlmann^{1*}, Ruben Theunynck¹, Bart Ampe², Marieke Desender^{1,3}, Maarten Soetaert^{1,4}, and Jochen Depestele¹

¹Fisheries and Aquatic Production, Animal Sciences Unit, Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Ankerstraat 1, Ostend 8400, Belgium

²Animal Husbandry and Welfare, Animal Sciences Unit, Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Scheldeweg 68, Melle 9090, Belgium

³Department of Morphology, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisburylaan 133, Ghent 9820, Belgium

⁴Department of Pathology, Bacteriology and Poultry Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisburylaan 133, Ghent 9820, Belgium

*Corresponding author: tel: +32 59 569 897; fax: +32 9 272 25 01; e-mail: sven.uhlmann@gmx.net

Uhlmann, S. S., Theunynck, R., Ampe, B., Desender, M., Soetaert, M., and Depestele, J. Injury, reflex impairment, and survival of beam-trawled flatfish. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsv252.

Received 9 September 2015; revised 28 November 2015; accepted 30 November 2015.

Under the “high survival” exemption of the European landing obligation or discard ban, monitoring vitality and survival of European flatfish becomes relevant to a discard-intensive beam trawl fishery. The reflex action mortality predictor (RAMP) method may be useful in this context. It involves scoring for the presence or absence of natural animal reflexes to generate an impairment score which is then correlated with post-release or discard mortality. In our first experiment, we determined suitable candidate reflexes for acclimated, laboratory-held European plaice (*Pleuronectes platessa*) and common sole (*Solea solea*). In a second experiment, we quantified reflex impairment of commercially trawled-and-handled plaice and sole in response to commercial fishing stressors. In a third experiment, we tested whether a combined reflex impairment and injury (vitality) score of plaice was correlated with delayed post-release mortality to establish RAMP. Five-hundred fourteen trawled-and-discarded plaice and 176 sole were assessed for experimentally confirmed reflexes such as righting, evasion, stabilise, and tail grab, among others. Of these fish, 316 plaice were monitored for at least 14 d in captivity, alongside 60 control plaice. All control fish survived, together with an average of 50% (± 29 SD) plaice after being trawled from conventional, 60 min trawls and sorted on-board a coastal beam trawler. Stressors such as trawl duration, wave height, air, and seawater temperature were not as relevant as a vitality score and total length in predicting post-release survival probability. In the second experiment where survival was not assessed, reflex impairment of plaice became more frequent with prolonged air exposure. For sole, a researcher handling-and-reflex scoring bias rather than a fishing stressor may have confounded results. Scoring a larger number of individuals for injuries and reflexes from a representative selection of trawls and trips may allow for a fleet-scale discard survival estimate to facilitate implementation of the discard ban.

Keywords: animal behaviour, common sole (*Solea solea*), discard mortality, European plaice (*Pleuronectes platessa*), reflex action mortality predictor, vitality.

Introduction

Despite a ban dictated by the European Common Fisheries Policy (European Union, 2013), discarding fish and crustaceans at sea may still be allowed if they have a high chance to survive. Reliable methods are needed to quantify this (unaccounted) survival or mortality probability to facilitate implementation of the landing obligation. One promising method may be the reflex action mortality predictor (RAMP; Davis, 2005, 2010; Davis and Ottmar, 2006); an approach that has revealed strong correlations between an organism's innate capability to respond to reflex stimuli (an index of its

vitality) and its probability of surviving fishing capture and release (Barkley and Cadrin, 2012; Raby *et al.*, 2012).

Reflex assessments cover the neuro-muscular response system of an organism's body, and are independent of gender, size, or context-specific behaviours such as competition. They can also integrate relevant injury types by scoring symptoms of barotrauma, skin damage, bleeding, or bruising (Davis, 2010; Cooke *et al.*, 2013; Nguyen *et al.*, 2014; Benoît *et al.*, 2015). Mainly for these reasons, and also for being less invasive, costly, and laborious than other methods such as bio-acoustic telemetry and blood sampling,

RAMPs have been applied in the field to fish (Davis, 2010; Barkley and Cadrin, 2012), crustaceans (Stoner, 2012; Yochum et al., 2015), and reptiles (Ledain et al., 2013; Stacy et al., 2013). Another advantage is their practicality in being taught to researchers (Cooke et al., 2013). Responses to reflex stimuli and occurrence of injury types are scored as either present or absent and coded as binary variables (i.e. “0” or “1”; Kestin et al., 2002, Davis, 2010). This removes more subjective interpretations of reflex strength or severity of injury.

Scoring fish responsiveness to reflex stimuli as an index of vitality had been practiced in veterinary medicine to assess brain function (Kestin et al., 2002) and in biological sciences in search for reliable proxies of stress and post-release mortality (Davis, 2007, 2010; Barkley and Cadrin, 2012). Impairment may be expressed as the proportion of impaired reflexes over all those assessed (Davis, 2010; termed impairment score); including injuries in this score generates a vitality score. Failure of reflex actions such as the ability to roll eyes or lift the operculum, may be an indication that the brainstem has become insensible (Kestin et al., 2002). Whereas, disorientation or inability of the body to move may be due to muscular fatigue and metabolic deficits as a consequence of a fish being chased, crowded and exhausted during capture (Wardle, 1983), or being stressed during on-board handling from hypoxia, thermal, or haline shocks (Broadhurst et al., 2006).

In wild capture fisheries, multiple stressors may influence fish mortality probability and the proportion of reflex impairment and injury may change over a linear gradient of stressors (Davis, 2007). In such a case, reflex and injury scoring may be predictive of post-release mortality once important stressors are included in RAMP assessment (Davis, 2010; Barkley and Cadrin, 2012). If reflex impairment and injury presence of commercially caught-and-discarded European flatfish was indicative of their post-release fate than a large number of individuals from a wide range of fishing conditions may be scored for their vitality during existing at-sea data collection programmes (ICES, 2015). These data may be used as a proxy for survival when combined with observations from captive or tagged animals and may facilitate implementation (or otherwise) of the discard ban.

Many beam trawl fishers are confident that European flatfish such as European plaice (*Pleuronectes platessa*) and common sole (*Solea solea*) are sufficiently robust to survive beam-trawl capture and discarding. A “high survival” exemption from the otherwise obligatory retention of all sizes may facilitate industry viability. Indeed, there is evidence that some plaice and sole do survive beam trawling, although some of the earlier estimates have been low (<15%, Van Beek et al., 1990). Both species lack a swimbladder and may tolerate some stress and physical damage from capture and discarding, even by heavy beam trawls (Revill et al., 2013; Depestele et al., 2014a). As found for other flatfish species for which reflex tests were successfully carried out (e.g. Northern rock sole [*Lepidopsetta polyxystra*], Davis and Ottmar, 2006; yellow-tail flounder [*Limanda ferruginea*], Barkley and Cadrin, 2012), we hypothesized that plaice and sole exhibit reflexes that are sensitive to some common stressors during the capture-and-handling process of commercial beam trawling, and that the probability of post-release survival is associated with the degree of reflex impairment and presence of certain injury types such as scale loss, bruising, and point bleeding.

Based on the logic above, our objectives here were to (i) identify suitable candidate reflexes for plaice and sole in the laboratory (Experiment 1), (ii) test *in situ* their sensitivity towards gradients of stressors (differentiated by two beam trawl gear types and three

air exposure periods during commercial trawling and handling; Experiment 2), and (iii) describe the relationship between vitality scores and fishing stressors (e.g. trawl duration) with the observed post-release survival of plaice (Experiment 3).

Material and methods

Ethics statement

This research was done in a research laboratory in Belgium (Experiment 1) and on-board commercial beam trawlers in the Southern North Sea (Experiments 2 and 3) in accordance with the Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO) scientific research permits. Relevant maritime authorities issued further permits for researchers to board commercial vessels and to keep undersized fish on-board. This study did not involve endangered or protected species. Animal ethics approval was granted by ILVO’s Animal Care and Ethics Committee (EC2014/226).

Experiment 1

In Experiment 1, plausible candidate reflexes (Depestele et al., 2014b; and P. Randall, pers. comm.; Supplementary Video S1) were tested on 18 healthy individuals of each plaice and sole (both males and females) for consistent reflex responses at a research laboratory in Ostend, Belgium (see Supplementary Video S1). Fish were sourced from <20 min research beam trawls on-board the RV Simon Stevin and during shore-based sampling (following Beyst et al., 2001) in the North Sea during April 2014. The full size range found in the Belgian beam-trawl fishery (between 5 and 40 cm total length [TL]) were represented. All fish were acclimated in lab-based 124-l monitoring tanks (75 cm L × 55 cm W × 30 cm H) with a seawater recirculation system at ambient temperature (described by Soetaert et al., 2015a) for at least 3 weeks. All 18 fish from each species were scored by two researchers on consecutive days; under the assumption of complete recovery within 24 h.

Candidate reflexes were tested in this order: (i) body flex, (ii) righting, (iii) vestibular-ocular response (i.e. eye roll), (iv) head, (v) evasion, (vi) stabilize, (vii) resistance, (viii) operculum, (ix) mouth, (x) startle touch, and (xi) tail grab (following Depestele et al., 2014b; Supplementary Video S1). First, fish were held ventral side up on the palm of the experimenter’s hands above a 30-l water-filled container, and scored for an upwards flexing of the head and tail (body flex). Then, they were released into the container to see whether they swam to the bottom by righting themselves. Next, the movement of the eye ball was closely monitored while the fish was rotated around its lengthwise axis out of water. A healthy fish kept the eyes focused in a plane, whereas eyes of an impaired fish followed the movement of the body (eye roll). The head reflex was scored as impaired, when the fish dangled motionless while being held by its head between thumb and index finger with its belly side up. In contrast, an unimpaired fish actively curled its body around the experimenter’s fingers. For the evasion reflex, fish were held at the water surface between both hands with the dorsal side facing up to see whether it was able to actively swim away upon release. Once the fish reached the bottom of the container, the stabilize reflex was scored as unimpaired when its dorsal fins and/or its body moved rhythmically as if it was digging itself into sand. Placing a hand flat across the fish on the bottom any resistance movement to the constraint was scored as unimpaired. Its head complex was examined using a blunt object (such as a pencil) to gently lift the operculum on a restrained fish. Resistance to lift it or a clamping movement to close it were signs

of an unimpaired fish. Similarly, the mouth was opened and any resistance or closing movement was scored as unimpaired. Startle touch was assessed by striking the dorsal fins with the pencil to elicit a reaction. For the tail grab, fish were gently grabbed by their tails between thumb and index finger. An unimpaired fish struggled free and actively swam away. All fish were monitored daily for at least 10 d thereafter.

Experiment 2

Two field experiments were done involving commercial beam trawlers in the Southern North Sea. The aim of Experiment 2 was to evaluate the sensitivity of those candidate reflexes selected from Experiment 1 when exposed to stressor gradients. We tested the influence of air exposure during sorting and impact from trawl capture either with tickler chain or pulse trawl gears. This experiment was done in June 2014 on-board two commercial Dutch beam trawlers targeting sole with double-rigged 12-m sumwing beam trawls with a 80 mm stretched mesh opening. One vessel used 20 conventional metal tickler chains (4.5–26 m in length, and 16–24 mm chain link diameter), whereas the other vessel used 12 HFK-engineered electric pulse electrodes (60 Hz pulsed bipolar current at 45–50 V with a 0.36 ms pulse duration; Soetaert *et al.*, 2015b). The following technical, environmental, and biological data were recorded for each trawl: start and end positions, trawl duration; wind force; average water depth; and catch weight. Catch weights were estimated in kg and where necessary “number of boxes” converted to weights by a factor of 35 kg. Additional measurements such as maximum wave heights, air, and surface seawater temperatures were received from nearby weather stations “Trapegeer”, “Westhinder”, and “Wandelaar”, respectively (Flemish Government, 2015). For each sampled trawl, batches of between 8 and 12 plaice or sole across their size range (including specimens > MLS) were collected from the sorting conveyor at the beginning, mid-, and end-points of the sorting process, placed into a 10-l ambient seawater-filled PVC bucket and within ~5 min tested for their reflexes (by two different observers); except for the resistance and startle touch reflexes. Species-specific reflexes included body flex that was exclusively tested on plaice and head on sole. Air exposure for

each fish was expressed as the minutes between the time the catch was decked and a fish being placed inside the water-filled bucket plus one-third of the handling time during reflex testing (because one-third of the reflex tests were done in air out of the water-filled container).

Experiment 3

The aim of Experiment 3 was to establish whether combined reflex impairment and injury (i.e. vitality) of plaice or any other relevant fishing stressor was associated with survival. Five <16-h trips were done with a commercial Belgian beam trawler (Eurocutter fleet segment) targeting sole in shallow (average depths of $12 \text{ m} \pm 5 \text{ m}$, SD) coastal waters of the Southern North Sea between November 2014 and September 2015 following the same data collection protocols as described for Experiment 2 (Table 2). Controls were sourced from the RV Simon Stevin in August/September 2014 and May 2015 as in Experiment 1 above. The beam trawler was conventionally rigged with two 4-m beam trawls with chain mats (each weighing ~1300 kg) and 80 mm diamond mesh codends. Plaice were assessed for their delayed mortality inside stacks of independently arranged, water-filled, and on-board 30-l monitoring containers (60 cm l × 40 cm W × 12 cm H; Figure 1) for ~15 h and then transferred within <2 h to laboratory-based, 124-l monitoring containers for 14 d of at least daily monitoring. On-board each monitoring container was stocked with five fish from the same picking location and trawl at a density <5 kg m⁻². To study the effect of trawl duration, during each trip, one or two short (15–20 min) trawls were done in between conventional trawls (typically ~60 min, but ranging between 15 and 120 min depending on conditions, D. Torcq, pers. comm.). Plaice were randomly picked in batches of five fish from the sorting conveyor as described in Experiment 2, except for an extra batch collected straight from the hopper (a large container holding the discharged catch after the codend was emptied). Each plaice was scored by the same observer on all trips for the body flex, righting, evasion, stabilize, and tail grab reflexes, and a presence/absence of injury (e.g. extent of bruising around head or body). These injuries were associated with mortality in earlier work (Depestele *et al.*, 2014a;

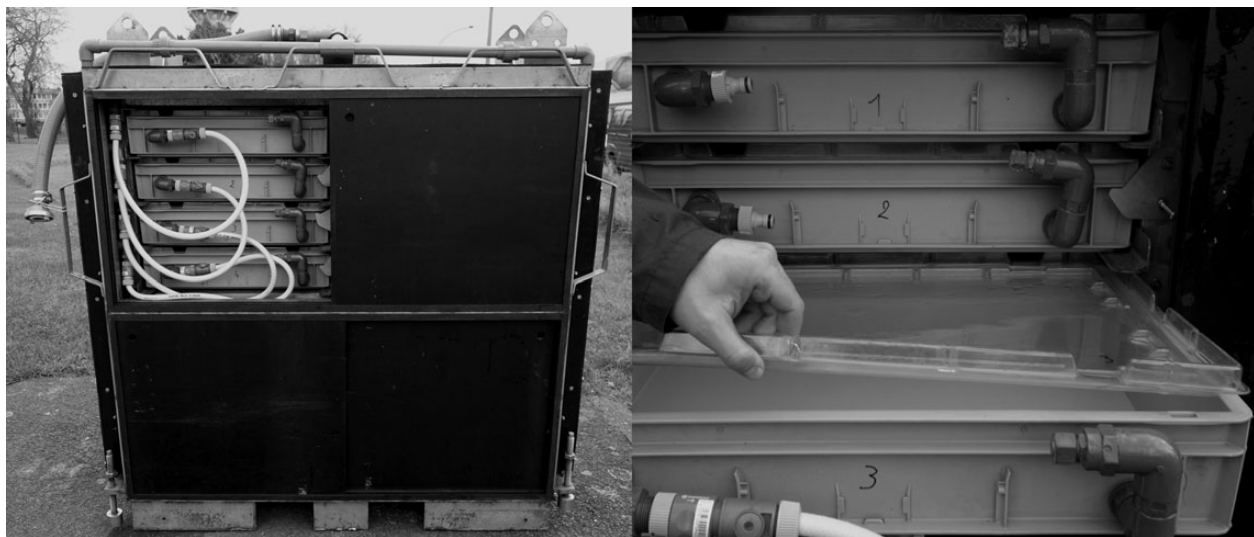


Figure 1. On-board monitoring rack (152 cm l × 59 cm W × 160 cm H) with 16 independently mounted, flow-through 30-l monitoring containers (60 cm l × 40 cm W × 12 cm H).

J. Depestele, pers. comm.). All reflex-tested fish were length measured to the nearest cm of TL and T-bar (29×8 mm) anchor tagged with Bano[®] guns in the dorsal musculature following McKenzie *et al.* (2012). Fish were offered defrosted brown shrimp (*Crangon crangon*) as food at <5% of their biomass after 7 d of monitoring. Any food remains and/or dead fish were removed and the time to mortality noted. Fish were monitored three times per day within the first and daily within the second week of monitoring.

Analyses

Following Davis (2010), a response to a reflex stimulus was scored as present (unimpaired, 0) when clearly visible, or absent (impaired, 1) when not visible, weak or in doubt within 5 s of observation. The corresponding impairment score for each fish was calculated as the mean score of impaired reflexes (and present injuries—in Experiment 3). Reflex and injury assessments took ~30 s per fish.

In Experiment 2, the TLs of reflex-tested plaice and sole were compared between gear types with a linear-mixed model (LMM) with gear as fixed effect and trawl as random effect. In Experiment 3, an LMM was fitted to the TL of sampled plaice including trawl duration (continuous) and picking location (categorical) as either directly from the hopper or sorting conveyor as fixed effects and trawl as random effect.

For the data of Experiment 2, gear type and air exposure (i.e. sampling at the beginning, mid-, and endpoints of the sorting process) were used as categorical explanatory variables (fixed effects) in a multivariate permutational ANOVA (PERMANOVA) analysis to test for their influence on all measured binary reflex responses using the Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research (PRIMER) programme, version 6.1.12 with PERMANOVA add-on software (Anderson *et al.*, 2008). To construct a similarity matrix, the simple matching similarity index was used, because it includes joint absences of reflex impairment. A univariate PERMANOVA was done with reflex impairment score as the response variable with the same two-factorial design building a similarity matrix based on Euclidean distance. Statistical significance of results were considered at $p < 0.05$.

In Experiment 3, survival as a function of time was visualized using a non-parametric Kaplan–Meier function. The effect of vitality score and length was analysed using a semi-parametric Cox-proportional hazards model with vitality score and length as fixed effects using the `coxph`-function in the survival package (Therneau, 2015) from the freely available R software (version R 3.2.2, R Core Development Team, 2015).

To determine whether vitality score among other relevant technical, environmental, and biological factors were associated with survival probability, a cross sectional approach to data analysis was chosen. A generalized linear-mixed model (GLMM) with a random intercept for trawl and monitoring container was fitted to the survival status of fish after 14 d of monitoring in Experiment 3. All data were explored following the protocol by Zuur *et al.* (2010) checking for outliers and relationships between variables. Wave height was log-transformed to account for the rather extreme peaks of 1.8 m waves during the second trip. To find the optimal set of covariates an information theory approach was followed (Burnham and Anderson, 2002). After checking for collinearity, the following variables were considered in *a priori* models for a fish surviving for up to 14 d after being discarded: vitality score, TL, trawl duration, air exposure, wave height, and the temperature difference between seawater and air. All combinations of these covariates, including biologically plausible two-way interactions, except for impairment score and TL, were tested in 78 candidate models. The most parsimonious model was validated by checking how reliably it would predict mortality events from one-third of the randomly split dataset. To obtain the fits, the `lmer4` package (Bates *et al.*, 2015) was used in R. A significance level of $p = 0.01$ was used.

Results

Experiment 1

Consistent reflex responses were identified among healthy plaice (Figure 2a) and sole (Figure 2b) from the original candidate reflexes, including the body flex, righting, head, evasion, stabilize, mouth, operculum, and tail grab reflexes. None of the fish died. Some species-specific differences were observed: in contrast to sole,

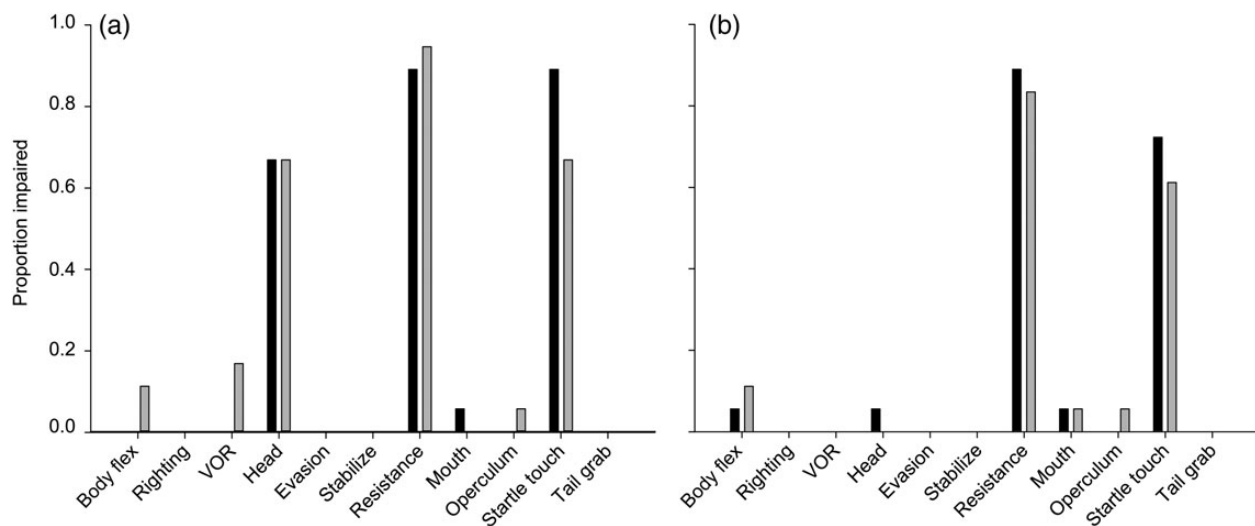


Figure 2. Consistency of one observer (black bars) and a fellow observer (grey) in recognizing impaired candidate reflexes of healthy, lab-acclimated (a) plaice (*P. platessa*; $n = 18$ fish) and (b) sole (*S. solea*; $n = 18$ fish). Reflexes such as resistance, startle touch (both species), and head (plaice only) with proportions of impairment > 0.5 were considered unsuitable candidate reflexes.

plaice were unresponsive to the head reflex. The eye roll seemed to be the most difficult one to consistently recognize between the two initial observers. Due to some deviation in agreement between researchers and foreseen difficulties to test the eye roll reflex under unstable conditions on-board moving vessels, it was excluded from the reflex data of Experiment 2.

Experiment 2

One hundred ninety-eight plaice and 176 sole were scored for reflex impairment from 16 trawls. According to the LMM, TL (mean \pm standard error [SE]) of pulse-caught plaice ($n = 110$) and sole ($n = 85$; 25.4 cm \pm 0.5 cm and 24.8 cm \pm 0.5 cm, respectively) were significantly smaller compared with reflex-tested plaice ($n = 88$) and sole ($n = 91$) caught by the tickler-chain gear (28.0 cm \pm 0.5 cm and 27.7 cm \pm 0.5 cm TL, respectively; $p < 0.001$). Fishing conditions on both vessels were similar, apart from catch volumes (Table 1). On-board the pulse trawler, catches were on average at least half that of tickler-chain trawls, resulting in quicker sorting times and hence, shorter air exposures (Table 1; Figure 3a and b). Each fish spent 3.3 \pm 2.5 (mean \pm standard deviation, SD) min inside the bucket before being reflex tested, but compared with the tickler-chain-equipped trawler on-board the pulse trawler sole remained on average 1 min longer inside the 10-l bucket before being tested for reflexes (Table 1), because incidentally more sole were sampled per batch on-board the pulse compared with the tickler-chain-equipped trawler, delaying processing times of the fish.

For plaice, reflex impairment significantly increased with increasing air exposure on both vessels, but was independent of gear type. Median reflex impairment scores increased with a collection from the sorting conveyor towards the mid- or endpoint of the sorting process (d.f. = 2, $p < 0.01$; Figure 3a). Further, individual

Table 1. Summary of mean \pm SD key technical, environmental, and biological variables collected on-board the tickler-chain equipped or pulse trawler (n observations) in Experiment 2.

Variable	Tickler-chain trawls	Pulse trawls
Month	June	June
Total no. of deployments	30	21
Deployments sampled		
For plaice	7	4
For sole	8	4
No. of plaice sampled	88	110
No. of sole sampled	91	85
Technical		
Trawl		
Depth (m)	23 \pm 1 (9)	25 \pm 2 (7)
Duration (min)	107 \pm 5 (9)	111 \pm 8 (7)
Environmental		
Wind force	2 \pm 1 (9)	2 \pm 1 (7)
Air exposure (min)		
Begin of sorting	13 \pm 4 (60)	4 \pm 0 (65)
Midpoint of sorting	21 \pm 5 (59)	14 \pm 2 (67)
Endpoint of sorting	30 \pm 10 (60)	19 \pm 1 (63)
Handling time for plaice (min)	3 \pm 2 (92)	3 \pm 2 (110)
Handling time for sole (min)	3 \pm 2 (91)	4 \pm 4 (85)
Biological		
Total catch (kg)	1599 \pm 439 (9)	601 \pm 203 (7)
Trawled plaice total length (cm)	28 \pm 4 (92)	25 \pm 5 (110)
Trawled sole total length (cm)	28 \pm 4 (91)	25 \pm 5 (85)

reflexes were more frequently impaired among fish being collected later in the sorting process (d.f. = 2, $p < 0.01$; Figure 4a). For sole, reflex impairment scores (of both individual and all reflexes combined) were less affected by air exposure during sorting. Instead impairment was significantly different between tickler-chain and pulse trawls, with fewer fully impaired fish sampled on-board the pulse vessel (d.f. = 1, $p < 0.01$ and $p < 0.05$ for individual and combined reflexes, respectively; Figures 3 and 4b).

Experiment 3

Three hundred and seven plaice (22 \pm 4 cm TL, mean \pm SD) scored for reflex impairment and the presence of injuries and monitored for at least 14 d after being “discarded” into monitoring containers during five trips (Figure 1) were analysed. Fish that lost their tag ($n = 3$) and which were not measured for reflexes (5) nor length (1) were excluded. During three trips, 60 controls (with 40 length-measured fish, 22.9 \pm 0.6 cm TL, mean \pm SE) were monitored alongside treatment fish (Table 2). Plaice sampled from the sorting conveyor ($n = 205$) were significantly larger (21.9 \pm 0.2 cm, mean \pm SE) than fish ($n = 102$) taken straight from the hopper (20.8 \pm 0.4 cm, mean \pm SE) (LMM, $p < 0.05$). Seawater temperature and wave height varied between trips and to account for potential temperature shocks for fish being hauled from the bottom to the surface and being exposed to air during sorting, the difference between sea surface and air temperature was considered as an additional explanatory variable (Table 2). Environmental conditions in the laboratory-based monitoring tanks were comparable to those during trawling with 1 \pm 3°C (mean \pm SD) differences in seawater temperatures between the on-board and laboratory-based containers. Due to adverse weather during the second trip, air exposure was approximated for 14 plaice, assuming that sampling at the beginning, mid-, and endpoints of sorting occurred 5, 12, and 19 min after the net came on deck, which was the average delay in collecting other fish during sorting on this trip. An average of 50% (\pm 29 SD) of 217 fish sampled from conventional trawls survived for 14 d, compared with 75% (\pm 13) of 99 plaice from ≤ 20 -min short trawls (Figure 5). None of the 60 control fish died (Figure 5). Mortalities began to cease within 5–14 d after capture (Figure 5). Except for the third trip, there were fewer mortalities (up to 10 times) among fish sampled from short compared with conventional trawls (Figure 5). Mortality increased with increasing vitality score, mortality decreased with increasing length. The corresponding hazard ratio of the vitality score and length from the Cox-proportional hazard model was 85 (95% confidence interval: [34.5; 210.3]) and 0.88 (95% confidence interval: [0.83; 0.92]).

Based on the GLMM, the most important variables to estimate the survival probability were a vitality score and TL (Tables 3 and 4). Fish < 22 cm and those with vitality scores > 0.39 were more likely to die (mean \pm SE of dead fish: 20.7 \pm 0.3 cm TL and 0.56 \pm 0.02 vitality score vs. alive fish: 22.1 \pm 0.3 cm TL and 0.39 \pm 0.02 vitality score; GLMM, $p < 0.001$; Table 4; Figure 6). Including any of the other above variables resulted in models with similar explanatory power (Akaike weights $\omega_i > 0.05$; Table 3). In 52% of the cases, model M1 including the main effects for vitality score, TL, trawl duration, wave height, temperature difference, and an interaction between trawl duration and wave height was the optimal model (Table 3). This model was able to correctly predict observed mortality in 83% of the cases when applied to the validation dataset. Vitality scores, TL, trawl duration, and the interaction between trawl duration and wave height was

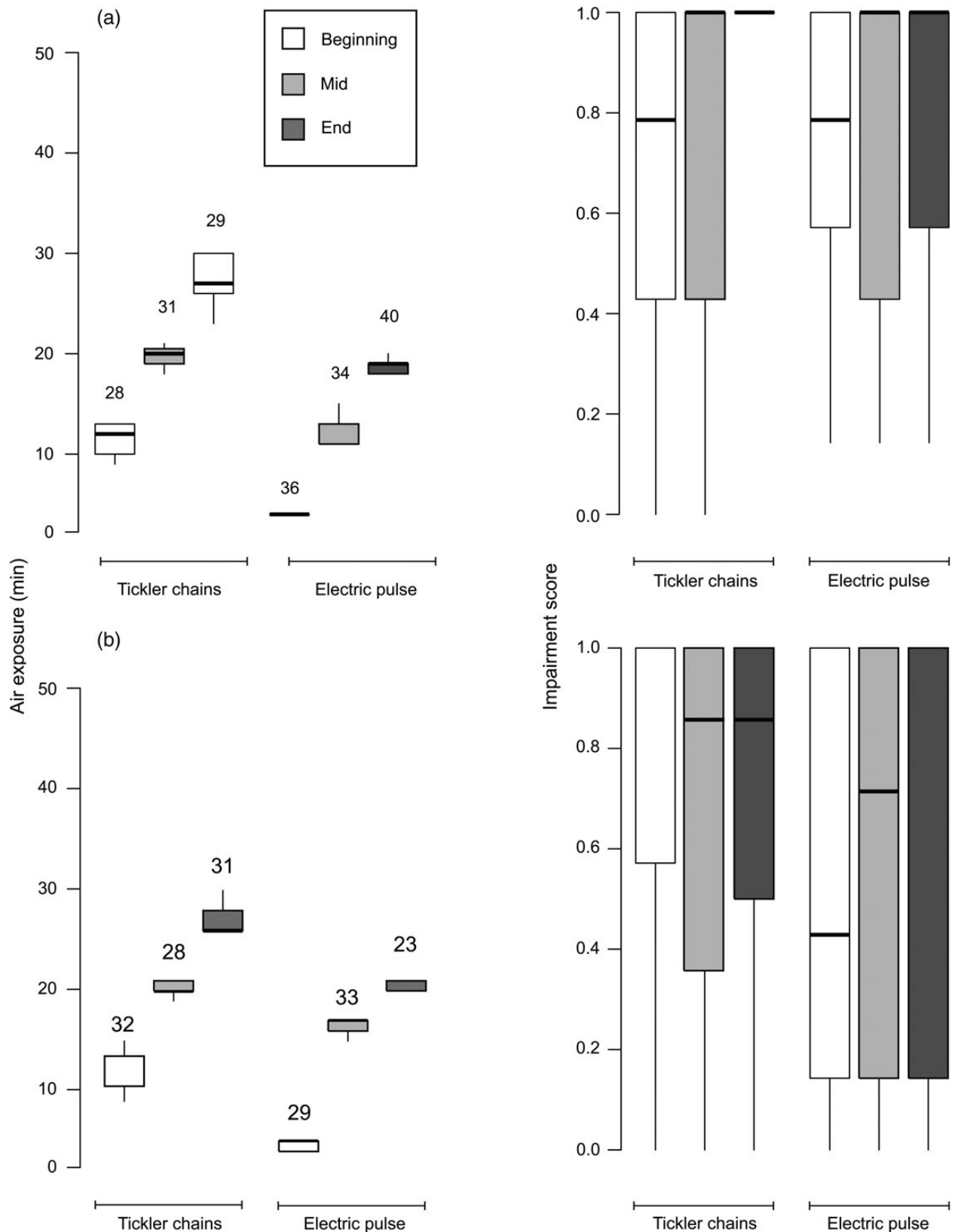


Figure 3. Air exposure (in min) and reflex impairment scores of (a) plaice (*P. platessa*; $n = 198$ fish) and (b) sole (*S. solea*; $n = 176$ fish) between the 10th and 90th percentile sampled at the beginning (white), mid- (light grey), or end-point (dark grey) of the sorting process on-board the tickler-chain equipped or electric pulse beam trawler in Experiment 2. The impairment score of fully impaired individuals equals 1.

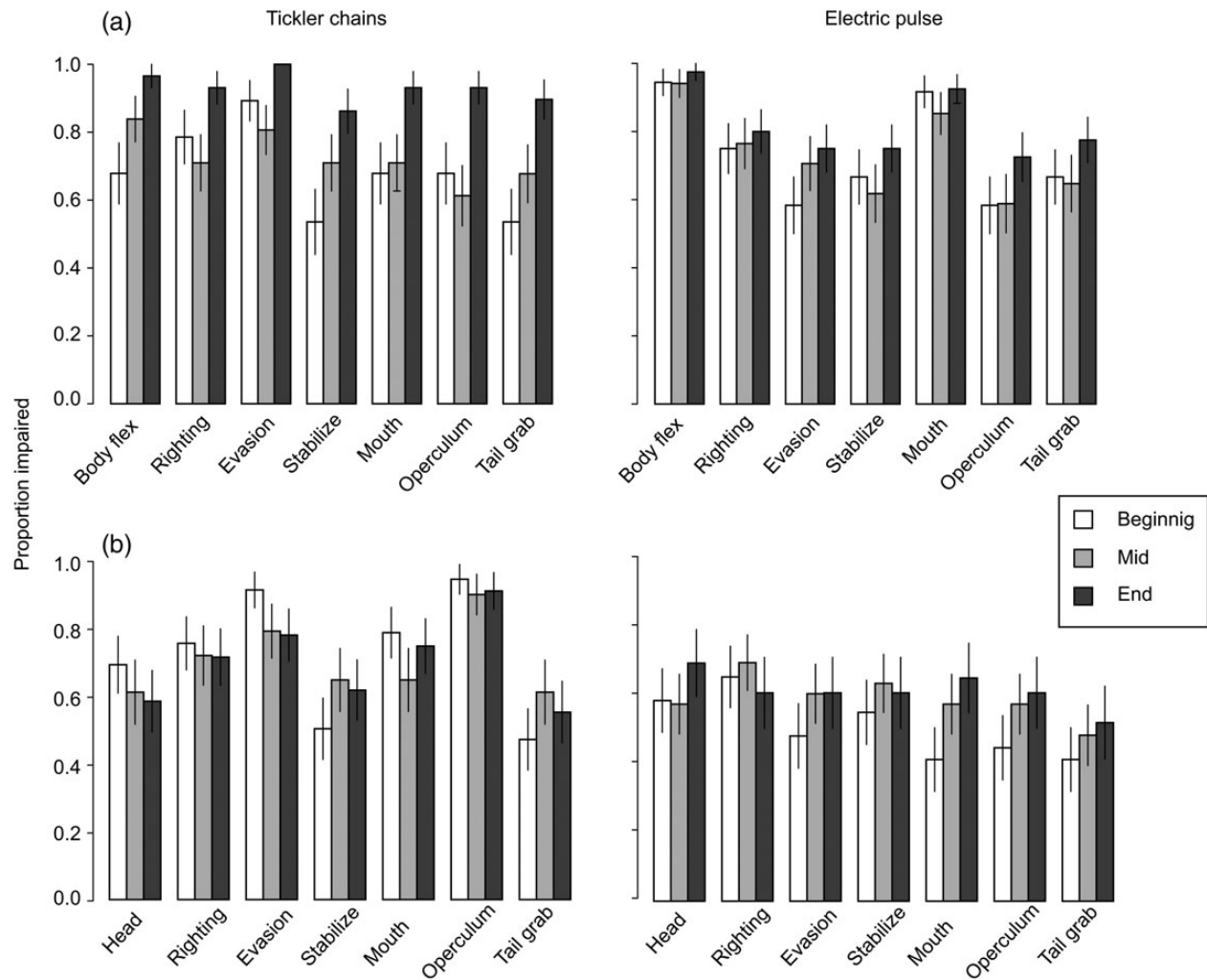


Figure 4. Proportion (mean \pm SE) of impaired reflex responses of (a) plaice (*P. platessa*; $n = 198$ fish) and (b) sole (*S. solea*; $n = 176$ fish) sampled at the beginning (white), mid- (light grey), or end-point (dark grey) of the sorting process on-board the tickler-chain equipped or electric pulse beam trawler in Experiment 2.

significantly different from 0 at the 1% level in all models; temperature difference in models M1 and M2 (GLMM; $p < 0.01$; Table 4).

Discussion

The identified candidate reflexes of plaice and sole were sensitive to commercial fishing stressors, and a vitality score for plaice was significantly correlated with their post-release mortality. This finding supports the utility of RAMP as a predictor of flatfish post-release mortality (Barkley and Cadrin, 2012) and descriptor of fish vitality after commercial fishing capture (Raby *et al.*, 2012; Nguyen *et al.*, 2014). Survival probabilities of plaice were within upper ranges of earlier estimates for this species from studies with comparable monitoring periods (31–52% after 7 d, Kelle 1976; 20–57% after 3 d, Revill *et al.*, 2013; 48–69% after ≤ 3 d, Depestele *et al.*, 2014a). The observed results are temporally and spatially explicit and restricted to a coastal vessel which deployed its gear for ~ 60 min with < 1 t catch weights. These conditions may be considered mild compared with ~ 120 min trawls (Poos and Rijnsdorp, 2007) and > 5 t catch weights (Ulleweit *et al.*, 2010) that are typical for the majority of the beam-trawl fleet in the North Sea. Nevertheless, our results are indicative of the effects of relevant

stressors on the vitality and short-term fate of discards (excluding effects of predation, Raby *et al.*, 2014).

Survival probability was highly variable between trips and also between short, < 20 -min and conventional, ~ 60 -min trawls owing to synergistic or cumulative effects of prevailing technical, environmental, and biological conditions. Except for the interaction between trawl duration and wave height, most of the individual technical and environmental stressors (e.g. air exposure) were not clearly correlated with survival probability (comparable with results by Van Beek *et al.*, 1990; Revill *et al.*, 2013). Trawling in adverse weather exacerbated effects, and contributed to observed variability in survival probabilities between trips (e.g. wave heights exceeded 1 m during the second and fifth trip). However, recorded conditions during the third trip did not explain fewer mortalities from conventional compared with the short (i.e. 15 min) trawl. Thus, synergistically, the above and possibly some unrecorded factors affected fish vitality: less vital plaice were more likely to die. Similar relationships were established for trawl-caught yellow-tail flounder (Barkley and Cadrin, 2012) and Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*; Davis, 2007) with vitality scores explaining the variability among observed survival rates. Based on the

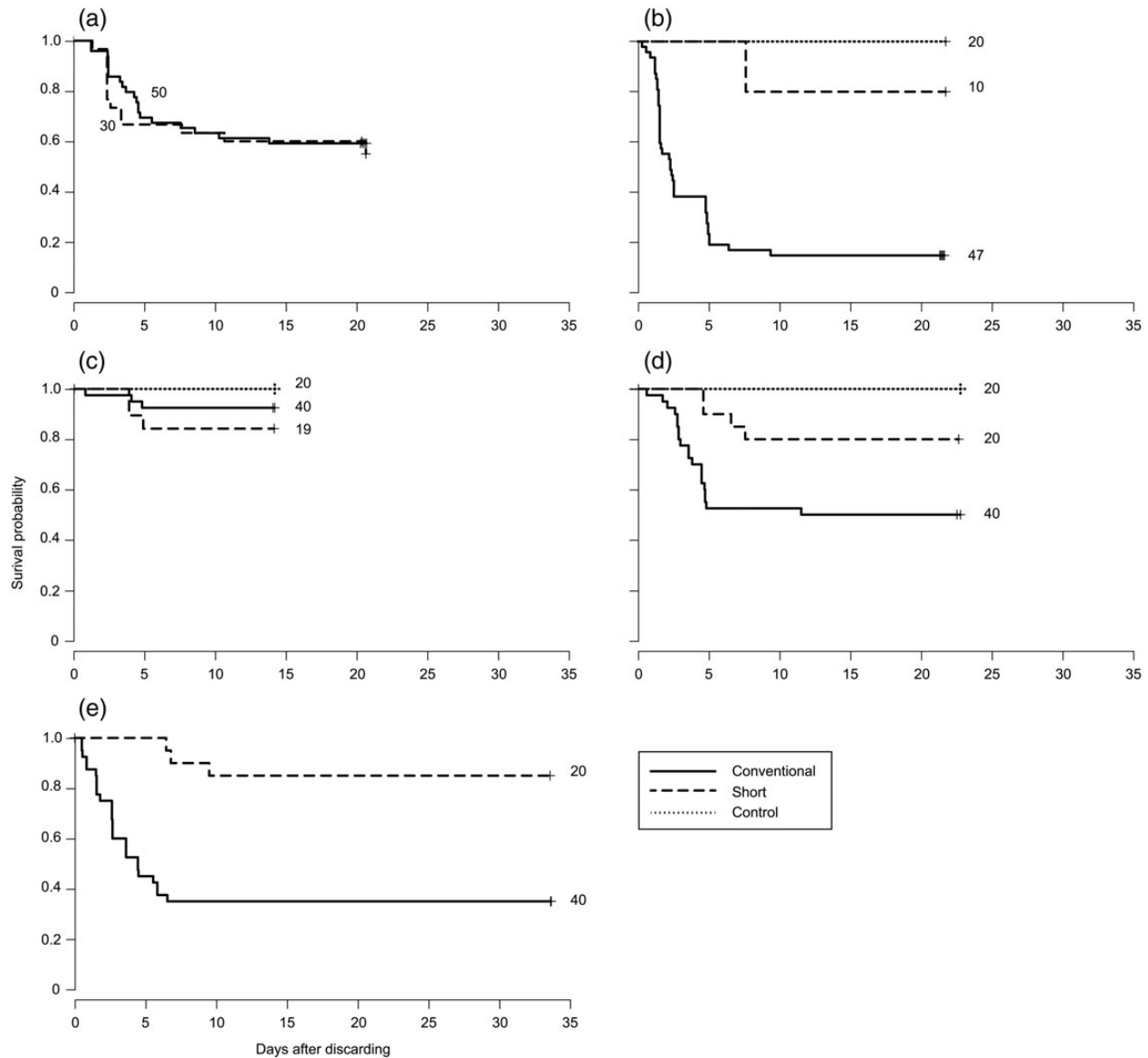


Figure 5. Non-parametric Kaplan–Meier survival probability estimates over days of monitoring of discarded plaice (*P. platessa*) collected during five trips (a–e) from conventional, 60-min (solid line), or short, <20 min (dashed line) trawls by a coastal beam trawler in Experiment 3. None of the control fish died (dotted line, b–d). Numbers indicate sample sizes.

relationship between vitality and plaice survival, results from the current study may be used to extrapolate survival rates from sample to trawl, trip, vessel, or even fleet level, as long as representative numbers of animals can be assessed for their impairment and injury during comparable fishing and environmental conditions (Benoît *et al.*, 2012; Yochum *et al.*, 2015).

While vitality was negatively correlated with post-release survival, TL had a positive relationship with the latter. In the current study, for instance, larger fish were more resilient towards capture stress than smaller conspecifics. Individuals with an average TL of 22 cm were less likely to die, supporting previous observations for plaice (Kelle, 1976; Revill *et al.*, 2013) and sole (Depestele *et al.*, 2014a). Larger fish may handle the herding and capture process inside the trawl better physically, become less exhausted than small fish and reserve energy (Wardle, 1978). Likewise, these larger plaice may also be able to handle confinement stress at a

physiological level better than smaller fish. In turn, smaller fish may be more prone to suffer from their injuries given their lower mass in relation to body size (Broadhurst *et al.*, 2006; Revill *et al.*, 2013).

Notwithstanding the above, the relationship between vitality, fish size, and survival probability may be species specific (Davis, 2010). Compared with plaice, the aforementioned relationship among sole may be different owing to species-specific traits, adaptations, and physiological mechanisms to cope with any injury and stress experienced during commercial beam trawling (Shephard, 1994; Benoît *et al.*, 2013; Glover *et al.*, 2013). For example, compared with plaice, sole seemed more resilient towards hypoxia during on-deck sorting in Experiment 2, showing no increase in impairment despite prolonged air exposure times. In contrast, anecdotal observations by Kelle (1976) suggested that sole rather than plaice were less tolerant towards air exposure on deck. The reduction of

Table 2. Summary of mean \pm SD key technical, environmental, and biological variables collected during each monitored trip of a commercial coastal beam trawler (*n* observations) in Experiment 3.

Variable	Trip 1	Trip 2	Trip 3	Trip 4	Trip 5
Month	November	December	February	June	September
Total no. of deployments	16	15	15	15	15
Short deployments sampled	2	1	1	1	1
No. plaice sampled	30	10	19	20	20
Conventional deployments sampled	4	5	2	2	2
No. plaice sampled	50	47	40	40	40
Technical					
Trawl					
Depth (m)	8.8 \pm 2.7 (16)	16.1 \pm 4.1 (15)	9.6 \pm 3.6 (15)	9.7 \pm 3.6 (15)	7.8 \pm 4.2 (15)
Duration (min)	44.9 \pm 12.9 (16)	51.2 \pm 9.1 (15)	52.3 \pm 9.6 (15)	42.9 \pm 14.4 (15)	48.4 \pm 10.8 (15)
Air exposure (min)					
Hopper	4.8 \pm 1.6	7.2 \pm 2.5	5.9 \pm 0.9	3.5 \pm 0.9	4.4 \pm 2.2
Begin of sorting	8.3 \pm 2.3	15.2 \pm 3.2	7.0 \pm 3.0	7.7 \pm 3.0	6.0 \pm 1.8
Mid	16.5 \pm 3.3	19.6 \pm 0.2	10.0 \pm 2.7	9.2 \pm 2.7	7.7 \pm 1.3
End	n/a	n/a	12.7 \pm 2.4	10.7 \pm 2.4	9.7 \pm 1.3
Sorting time (min)	23.2 \pm 6.2 (6)	25.9 \pm 6.8 (6)	13.0 \pm 2.4 (3)	18.0 \pm 10.3 (3)	11.7 \pm 0.5 (3)
Environmental					
Wind force (Bft)	2.1 \pm 0.7 (16)	4.8 \pm 1.4 (15)	2.6 \pm 0.8 (15)	2.7 \pm 0.8 (15)	3.9 \pm 0.8 (15)
Wave height (cm)	62.4 \pm 9.9 (9)	106.8 \pm 45.9 (5)	50.6 \pm 14.2 (12)	36.4 \pm 6.01 (4)	117.4 \pm 18.9 (3)
Air temperature ($^{\circ}$ C)	10.9 \pm 0.1 (6)	8 \pm 0.4 (6)	8.1 \pm 0.4 (3)	12.8 \pm 0.2 (4)	17.0 \pm 0.2 (3)
Seawater temperature ($^{\circ}$ C)	11.7 \pm 0.1 (6)	7 \pm 0.1 (6)	5.3 \pm 0.1 (3)	14.4 \pm 0.2 (4)	16.9 \pm 0.1 (3)
Biological					
Total catch (kg)	2012.3 \pm 1854.8 (6)	n/a	481.3 \pm 440.9 (3)	333.5 \pm 233.7 (4)	349.1 \pm 105.1 (3)
TL of plaice (cm)	21.5 \pm 3.7 (79)	19.5 \pm 4.2 (57)	23.6 \pm 3.2 (59)	20.6 \pm 2.8 (60)	23.0 \pm 3.1 (60)
TL of plaice (cm)—controls	n/a	22.6 \pm 4.0 (20)	23.2 \pm 2.9 (20)	n/a (20)	n/a

n/a, not available.

catch volumes in pulse trawls may have resulted in reduced codend compression underwater, in shorter sorting times and reduced air exposures on deck, all of which may have had a positive influence on sole vitality (Depestele *et al.*, 2014a). However, deviations from the sampling protocol may have confounded results in Experiment 2. Sole that were collected on-board the pulse trawler may have recovered from any impairment by being kept longer in a water-filled bucket than sole sampled on-board the conventional trawler before reflex testing. Holding organisms in water can contribute to their recovery (Yochum *et al.*, 2015). For example, impairment of sockeye salmon after 2-min air exposure was significantly reduced by holding fish for 15 min inside a flow-through container (Nguyen *et al.*, 2014).

Apart from this difference in on-board handling, the two different observers may have inconsistently scored reflexes. Despite having received laboratory-based training in what makes a reflex clear and strong (“present”) as opposed to a weak, doubtful, or “absent” reflex response, observers may have interpreted protocol criteria differently in the field. Nevertheless, both scorers consistently recorded an increase in reflex impairment of plaice with increased air exposure periods. Despite a flatfish’s capacity to breathe via their skin (Steffensen *et al.*, 1981), yellowtail flounder, another Pleuronectid species, was susceptible to death after trawl capture if exposed to air for 15 or 30 min (Barkley and Cadrin, 2012).

Our findings highlight the cumulative effects of capture-and-handling stress (Davis, 2002). For example, while unstressed plaice may be capable of withstanding 15–30 min air exposure, combination of air exposure with being exhausted from trawl capture may have cumulative detrimental effects. Abrupt

Table 3. List of candidate GLMM fitted to the survival data of discarded plaice (*P. platessa*) monitored in captivity for at least 14 d.

Model (variables included)	Δ_i AIC	ω_i
M1 VS, TL, trawl duration, wave height, Δ temperature, Interaction: trawl duration : wave height	0	0.52
M2 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, Δ temperature Interactions: trawl duration : air exposure, trawl duration : wave height	2.37	0.16
M3 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, Δ temperature Interactions: trawl duration : air exposure, trawl duration : wave height, Δ temperature : air exposure	2.84	0.12
M4 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, Δ temperature Interactions: trawl duration : wave height, air exposure : wave height, Δ temperature : air exposure	4.35	0.06
M5 VS, TL, trawl duration, air exposure, wave height, Δ temperature	4.46	0.06

Models (M1 – M5) are shown with Akaike weights $\omega_i > 0.05$, calculated based on Δ_i AIC values. Models with higher Akaike weights ω_i have more empirical support. All models included the given variables’ main effects (vitality score—VS and total length—TL, difference between surface seawater and air temperature— Δ , among others), and random effects for trawl and container. Interactions: trawl duration: air exposure, trawl duration: wave height, air exposure: wave height, and Δ temperature: air exposure.

Table 4. Significance of variables (fixed effects) and their interactions of generalized linear mixed models (GLMM, models M1–M5) with most empirical support (Akaike weights $\omega_i > 0.05$).

	M1	M2	M3	M4	M5
Vitality score	***	***	***	***	***
TL	***	***	***	***	***
Trawl duration (DU)	**	**	**	**	**
Wave height (WH)	○	○	○	○	○
Temperature difference (TD)	**	**	○	○	○
Air exposure (AE)	—	○	○	○	○
DU × WH	**	**	**	**	**
DU × AE	—	○	○	—	○
TD × WH	—	*	—	○	—
TD × AE	—	—	○	○	○
AE × WH	—	—	—	○	○

GLMMs were fitted to the survival data of discarded plaice (*P. platessa*) which were monitored in captivity for at least 14 d.

○ $p > 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

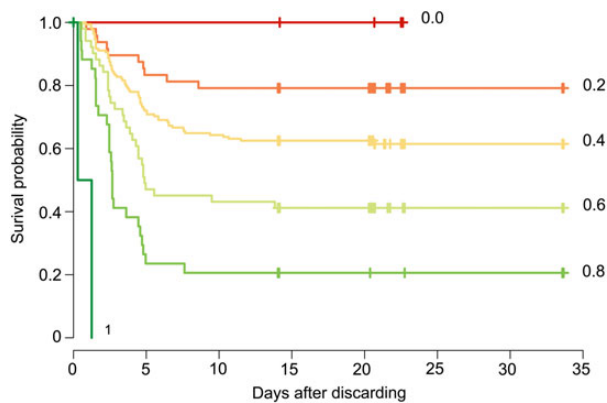


Figure 6. Non-parametric Kaplan–Meier survival probability estimates over days of monitoring of discarded plaice (*P. platessa*) at 0.2 vitality score intervals. The vitality score of injured and fully impaired individuals equals 1.

temperature changes by being hauled out of water into air seemed another relevant factor. Van Beek *et al.* (1990) observed higher survival at cooler days in winter when temperature differences between air and water are small. Such cumulative effects exemplify why interactions between, for example, trawl duration and wave height have greater explanatory power than just air exposure by itself.

Our results illustrate that a vitality score and TL were the most relevant explanatory variables to predict post-release survival probability of plaice. In agreement with other post-release survival studies (Yochum *et al.*, 2015), 14 d of post-release monitoring was appropriate to capture almost all fishing-related mortality events. Although one fish died after 21 d, >60% of mortalities occurred within the first 4 d. Reflexes of both plaice and sole were sensitive to capture stress, in particular air exposure, although some of the differences may have been related to an observer effect. As with other animal behaviour scores, reducing a continuous spectrum of responses to presence/absence observations to improve practicality (Cooke *et al.*, 2013) require a well-defined protocol, and assessments of bias, especially when multiple observers are involved (i.e. inter-observer reliability, Tuytens *et al.*, 2014). Although scoring binary as opposed to ordinal or continuous responses removes some subjectivity in interpretation (Tuytens *et al.*, 2009), it may still persist by abstracting from a continuous scale (Tuytens *et al.*,

2014). Further research is needed to disentangle the effects of observer, and expectation bias on reflex impairment scores, especially in studies where more than one scorer is involved. Accuracy of scores may also be improved, if researcher handling periods before reflex (and injury) assessments are kept consistently as short as possible. Finally, the utility of RAMP as a proxy to predict post-release survival will depend on both laboratory-based and field calibration studies where key technical, environmental, and biological drivers of post-release survival are included.

Supplementary data

Supplementary material is available at the ICESJMS online version of the manuscript.

Acknowledgements

Our thanks are extended to Fernand Delanghe, Christian Vanden Bergh, David Vuylsteke, Coenraad Deputter, and Jan Ranson for their technical support; Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust and Flanders Marine Institute (VLIZ) for providing hydrographical data; Annelies de Backer for statistical advice; Noëlle Yochum, Michael Davis, Sara Vandamme, two referees, and members of the ICES workshop on methods for estimating discard survival (WKMEDS) for valuable comments or discussion. The work would not have been possible without the assistance of the skippers and crew of the participating commercial vessel, and RV Simon Stevin.

References

- Anderson, M. J., Gorley, R. N., and Clarke, K. R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER–E, Plymouth, UK. 214 pp.
- Barkley, A. S., and Cadrin, S. X. 2012. Discard mortality estimation of yellowtail flounder using reflex action mortality predictors. *Transactions of the American Fisheries Society*, 141: 638–644.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., and Walker, S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67: 1–48.
- Benoît, H. P., Capizzano, C. W., Knotek, R. J., Rudders, D. B., Sulikowski, J. A., Dean, M. J., Hoffman, W., *et al.* 2015. A generalized model for longitudinal short- and long-term mortality data for commercial fishery discards and recreational fishery catch-and-releases. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 1834–1847.
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., Chasse, J., and Jonsen, I. D. 2012. Estimating fishery-scale rates of discard mortality using conditional reasoning. *Fisheries Research*, 125: 318–330.
- Benoît, H. P., Plante, S., Kroiz, M., and Hurlbut, T. 2013. A comparative analysis of marine fish species susceptibilities to discard mortality: effects of environmental factors, individual traits, and phylogeny. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 99–113.
- Beyst, B., Hostens, K., and Mees, J. 2001. Factors influencing fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium: temporal variation. *Journal of Sea Research*, 46: 281–294.
- Broadhurst, M. K., Suuronen, P., and Hulme, A. 2006. Estimating collateral mortality from towed fishing gear. *Fish and Fisheries*, 7: 180–218.
- Burnham, K. P., and Anderson, D. R. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information Theoretic Approach*. Springer, New York.
- Cooke, S. J., Donaldson, M. R., O'Connor, C. M., Raby, G. D., Arlinghaus, R., Danylchuk, A. J., Hanson, K. C., *et al.* 2013. The physiological consequences of catch-and-release angling: perspectives on experimental design, interpretation, extrapolation and relevance to stakeholders. *Fisheries Management and Ecology*, 20: 268–287.
- Davis, M. W. 2002. Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1834–1843.

- Davis, M. W. 2005. Behaviour impairment in captured and released sablefish: ecological consequences and possible substitute measures for delayed discard mortality. *Journal of Fish Biology*, 66: 254–265.
- Davis, M. W. 2007. Simulated fishing experiments for predicting delayed mortality rates using reflex impairment in restrained fish. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1535–1542.
- Davis, M. W. 2010. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish and Fisheries*, 11: 1–11.
- Davis, M. W., and Ottmar, M. L. 2006. Wounding and reflex impairment may be predictors for mortality in discarded or escaped fish. *Fisheries Research*, 82: 1–6.
- Depestele, J., Buyvouets, E., Calebout, P., Desender, M., Goossens, J., Lagast, E., Vuylsteke, D., *et al.* 2014b. Calibration tests for estimating reflex action mortality predictor for sole (*Solea solea*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO) Communication Report No. 158. Ostend, Belgium. 30 pp.
- Depestele, J., Desender, M., Benoît, H. P., Polet, H., and Vincx, M. 2014a. Short-term survival of discarded target fish and non-target invertebrate species in the “eurocutter” beam trawl fishery of the southern North Sea. *Fisheries Research*, 154: 82–92.
- European Union. 2013. Regulation (EU) No 1380/201308 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and Council Decision 2004/585/EC. Official Journal of the European Union, L 354: 22–61. Brussels, Belgium.
- Flemish Government. 2015. Metnet Vlaamse Banken. Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, Maritieme Dienstverlening en Kust. Ostend, Belgium. <http://www.meetnetvlaamsebanken.be/> (last accessed 10 November 2015).
- Glover, C. N., Bucking, C., and Wood, C. M. 2013. The skin of fish as a transport epithelium: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 183: 877–891.
- International Council for the Exploration of the Seas (ICES). 2015. Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival 3 (WKMEDS 3). ICES Advisory Science Committee. ICES CM 2015\ACOM:39, Copenhagen. 47 pp.
- Kelle, W. 1976. Sterblichkeit untermaßiger Plattfische im Beifang der Garnelenschifferei. *Meeresforschung*, 25: 77–89.
- Kestin, S. C., van de Vis, J. W., and Robb, D. H. F. 2002. Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, 150: 302–307.
- Ledain, M. R. K., Larocque, S. M., Stoot, L. J., Cairns, N. A., Blouin-Demers, G., and Cooke, S. J. 2013. Assisted recovery following prolonged submergence in fishing nets can be beneficial to turtles: an assessment with blood physiology and reflex impairment. *Chelonian Conservation and Biology*, 12: 172–177.
- McKenzie, J., Parsons, B., Seitz, A. C., Kopf, R. K., Mesa, M., and Phelps, Q. Ed. 2012. Advances in fish tagging and marking technology. American Fisheries Society, Symposium 76, Bethesda, MD. 572 pp.
- Nguyen, V. M., Martins, E. G., Raby, G. D., Donaldson, M. R., Lotto, A. G., Willmore, W. G., Patterson, D. A., *et al.* 2014. Disentangling the roles of air exposure, gill net injury, and facilitated recovery on the postcapture and release mortality and behaviour of adult migratory sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in freshwater. *Physiological and Biochemical Zoology*, 87: 125–135.
- Poos, J. J., and Rijnsdorp, A. D. 2007. The dynamics of small-scale patchiness of plaice and sole as reflected in the catch rates of the Dutch beam trawl fleet and its implications for the fleet dynamics. *Journal of Sea Research*, 58: 100–112.
- Raby, G. D., Donaldson, M. R., Hinch, S. G., Patterson, D. A., Lotto, A. G., Robichaud, D., English, K. K., *et al.* 2012. Validation of reflex indicators for measuring vitality and predicting the delayed mortality of wild coho salmon bycatch released from fishing gears. *Journal of Applied Ecology*, 49: 90–98.
- Raby, G. D., Packer, J. R., Danylchuk, A. J., and Cooke, S. J. 2014. The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. *Fish and Fisheries*, 15: 489–505.
- R Development Core Team. 2015. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/> (last accessed 10 November 2015).
- Revill, A. S., Broadhurst, M. K., and Millar, R. B. 2013. Mortality of adult plaice, *Pleuronectes platessa* and sole, *Solea solea* discarded from English Channel beam trawlers. *Fisheries Research*, 147: 320–326.
- Shephard, K. L. 1994. Functions for fish mucus. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4: 401–429.
- Soetaert, M., Chiers, K., Duchateau, L., Polet, H., Verschuere, B., and Decostere, A. 2015a. Determining the safety range of electrical pulses for two benthic invertebrates: brown shrimp (*Crangon crangon* L.) and ragworm (*Alitta virens* S.). *ICES Journal of Marine Science*, 72: 973–980.
- Soetaert, M., Decostere, A., Polet, H., Verschuere, B., and Chiers, K. 2015b. Electrotrawling: a promising alternative fishing technique warranting further exploration. *Fish and Fisheries*, 16: 104–124.
- Stacy, N. I., Innis, C. J., and Hernandez, J. A. 2013. Development and evaluation of three mortality prediction indices for cold-stunned Kemp’s Ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*). *Conservation Physiology*, 1: cot003.
- Steffensen, J. F., Lomholt, J. P., and Johansen, K. 1981. The relative importance of skin oxygen uptake in the naturally buried plaice, *Pleuronectes platessa*, exposed to graded hypoxia. *Respiration Physiology*, 44: 269–275.
- Stoner, A. W. 2012. Evaluating vitality and predicting mortality in spot prawn, *Pandalus platyceros*, using reflex behaviors. *Fisheries Research*, 119–120: 108–114.
- Therneau, T. M. 2015. A Package for Survival Analysis in S. R package version 2.37-7 ed2014. Rochester, Minnesota.
- Tuytens, F. A. M., de Graaf, S., Heerkens, J. L. T., Jacobs, L., Nalon, E., Ott, S., Stadig, L., *et al.* 2014. Observer bias in animal behaviour research: can we believe what we score, if we score what we believe? *Animal Behaviour*, 90: 273–280.
- Tuytens, F. A. M., Sprenger, M., Van Nuffel, A., Maertens, W., and Van Dongen, S. 2009. Reliability of categorical versus continuous scoring of welfare indicators: lameness in cows as a case study. *Animal Welfare*, 18: 399–405.
- Ulleweitt, J., Stransky, C., and Panten, K. 2010. Discards and discarding practices in German fisheries in the North Sea and Northeast Atlantic during 2002–2008. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 54–66.
- Van Beek, F. A., Van Leeuwen, P. I., and Rijnsdorp, A. D. 1990. On the survival of plaice and sole discards in the otter-trawl and beam-trawl fisheries in the North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 26: 151–160.
- Wardle, C. S. 1978. Non-release of lactic acid from anaerobic swimming muscle of plaice *Pleuronectes platessa* L.: a stress reaction. *The Journal of Experimental Biology*, 77: 141–155.
- Wardle, C. S. 1983. Fish reactions to towed fishing gears. In *Experimental Biology at Sea*, pp. 167–195. Ed. by A. Macdonald, and I. G. Priede. Academic Press, New York.
- Yochum, N., Rose, C. S., and Hammond, C. F. 2015. Evaluating the flexibility of a reflex action mortality predictor to determine bycatch mortality rates: a case study of Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) bycaught in Alaska bottom trawls. *Fisheries Research*, 161: 226–234.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., and Elphick, C. S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 3–14.

Contact

Sebastian Uhlmann, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Dier
Ankerstraat 1
8400 Oostende
T +32 59 56 98 97
sebastian.uhlmann@ilvo.vlaanderen.be

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding

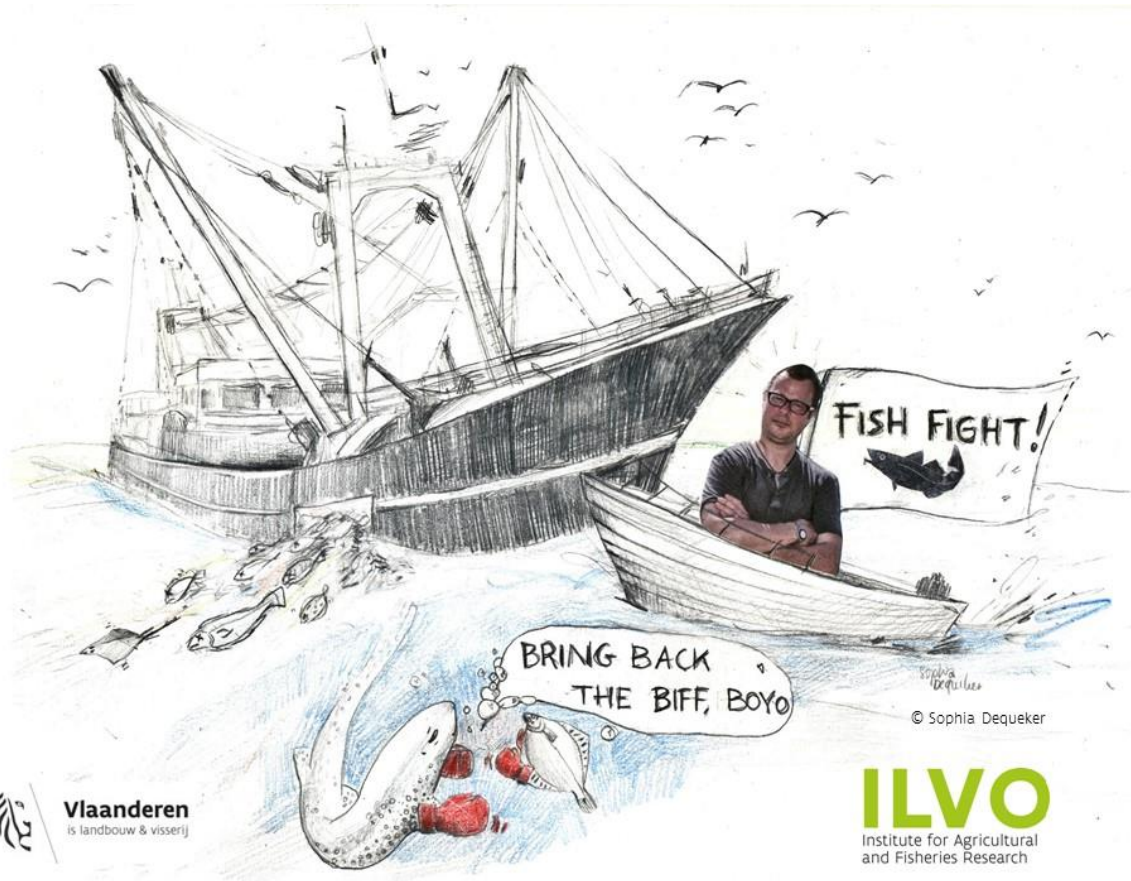
Uhlmann, S. S., Theunynck, R., Ampe, B., Verkempynck, R., Miller, D. C. M., van Marlen, B., van der Reijden, K., Molenaar, P., Vanderperren, E., Polet, H. 2016. Overleving door boomkor gevangen pladijs – survival of beam-trawled European plaice (*Pleuronectes platessa*). ILVO Mededeling 210. Institute for Agricultural and Fisheries Research, Oostende, Belgium. 172 pp.

ILVO

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.



© Sophia Dequeker

 **Vlaanderen**
is landbouw & visserij

ILVO
Institute for Agricultural
and Fisheries Research

The logo for ILVO, consisting of the letters 'ILVO' in a bold, green, sans-serif font.

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 92
9820 Merelbeke - België

T +32 9 272 25 00
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be