

# Vidensyntese om effekter af catch and release-lystfiskeri på fiskens trivsel og overlevelse

Martin Hage Larsen, Jacob Günther Schmidt, Finn Sivebæk, Christian Skov og Anders Koed

DTU Aqua-rapport nr. 435-2023







# **Vidensyntese om effekter af catch and release-lystfiskeri på fiskens trivsel og overlevelse**

Martin Hage Larsen, Jacob Günther Schmidt, Finn Sivebæk, Christian Skov og Anders Koed

DTU Aqua-rapport nr. 435-2023

## Kolofon

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Titel:                   | Vidensyntese om effekter af catch and release-lystfiskeri på fiskens trivsel og overlevelse  |
| Forfattere:              | Martin Hage Larsen, Jacob Günther Schmidt, Finn Sivebæk, Christian Skov og Anders Koed   |
| DTU Aqua-rapport nr.:    | 435-2023   |
| År:                      | Det videnskabelige arbejde er afsluttet december 2022. Første udgave udgivet januar 2024. Anden udgave udgivet november 2024   |
| Reference:               | Larsen, M.H., Schmidt, J.G., Sivebæk, F., Skov, C. & Koed, A. (2024). Vidensyntese om effekter af catch and release-lystfiskeri på fiskens trivsel og overlevelse. DTU Aqua-rapport nr. 435-2023. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 71 pp. + bilag |
| Forsidefoto:             | Genudsætning af laks ( <i>Salmo salar</i> ). Foto: Timon Thimme  |
| Udgivet af:              | Institut for Akvatiske Ressourcer, Vejlsvøvej 39, 8600 Silkeborg   |
| Download:                | <a href="http://www.aqua.dtu.dk/publikationer">www.aqua.dtu.dk/publikationer</a>   |
| ISSN:                    | 1395-8216  |
| ISBN:                    | 978-87-7481-368-2 (1. udgave)<br>978-87-7481-411-5 (2. udgave)   |
| Supplerende information: | I denne 2. udgave er der foretaget ændringer i afsnit 2.1, afsnit 4 og Appendiks 1   |

**DTU Aqua-rapporter** er afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, redegørelser til myndigheder o.l. Medmindre det fremgår af kolofonen, er rapporterne ikke fagfællebedømt (peer reviewed), hvilket betyder, at indholdet ikke er gennemgået af forskere uden for projektgruppen.

# Indholdsfortegnelse

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Indledning</b> .....   | 4  |
| <b>2. Faktorer og aktiviteter, der kan påvirke fiskens trivsel og overlevelse i catch and release-lystfiskeri</b> .....          | 6  |
| 2.1. Fisketeknik og endegrej .....   | 6  |
| 2.1.1. Cirkelkroge versus J-kroge .....  | 8  |
| 2.1.2. Enkeltkroge versus trekroge .....   | 9  |
| 2.1.3. Kroge med og uden modhager .....  | 10 |
| 2.1.4. Krogstørrelse .....   | 11 |
| 2.1.5. Kunstig versus naturlig agn .....   | 12 |
| 2.2. Fight .....   | 13 |
| 2.3. Landing .....   | 14 |
| 2.4. Håndtering.....   | 16 |
| 2.4.1. Afkrogning .....  | 16 |
| 2.4.2. Lufteksponering .....   | 17 |
| 2.5. Opbevaring af fisk inden genudsætning .....   | 19 |
| 2.6. Genudsætning.....   | 19 |
| 2.7. Miljømæssige faktorer .....   | 21 |
| 2.7.1. Vandtemperatur .....  | 21 |
| 2.7.2. Vanddybde.....  | 22 |
| 2.8. Fiskens størrelse .....   | 22 |
| <b>3. Danske fiskearter i catch and release-lystfiskeri</b> .....  | 24 |
| 3.1. Laksefamilien (Salmonidae).....   | 27 |
| 3.1.1. Laks ( <i>Salmo salar</i> ) .....   | 27 |
| 3.1.2. Ørred ( <i>Salmo trutta</i> ) .....   | 33 |
| 3.1.3. Stalling ( <i>Thymallus thymallus</i> ) .....   | 37 |
| 3.2. Geddefamilien (Esocidae).....   | 37 |
| 3.3. Aborrefamilien (Percidae) .....   | 42 |
| 3.4. Karpefamilien (Cyprinidae) .....  | 44 |
| 3.5. Torskefamilien (Gadidae).....   | 45 |
| 3.6. Fladfiskeordenen (Pleuronectiformes) .....  | 48 |
| 3.7. Øvrige almindelige fiskearter i catch and release-lystfiskeri .....   | 48 |
| 3.7.1. Havbars ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) .....   | 48 |
| 3.7.2. Ål ( <i>Anguilla anguilla</i> ) .....   | 49 |
| 3.7.3. Blåfinnet tun ( <i>Thunnus thynnus</i> ).....   | 50 |
| <b>4. anbefalinger til skånsomt lystfiskeri i forbindelse med catch and release</b> .....  | 52 |
| <b>5. Sammenfatning</b> .....  | 56 |
| <b>6. Referencer</b> .....   | 59 |
| <b>Appendiks 1. Opsummering af faktorer der kan påvirke fiskens trivsel og overlevelse i catch and release-lystfiskeri</b> ..... | 72 |

# 1. Indledning

Formålet med denne rapport er at lave en opsamling af viden, der belyser de dyrevelfærdsmæssige konsekvenser af catch and release (herefter kaldet C&R) i forbindelse med lystfiskeri.

Genudsætning af fisk foregår i de fleste typer af fiskerier, herunder bl.a. kommercielt fiskeri, fritidsfiskeri med redskaber som ruser og garn og lystfiskeri med stang og snøre. Betegnelsen C&R anvendes generelt i forbindelse med lystfiskeri, hvor fangsten genudsættes. Det er udelukkende denne type af fiskeri, der behandles i denne rapport. Overordnet kan der være flere årsager til at fisk genudsættes, herunder lovmæssige, i) fisken opfylder ikke målkrauet (den kan f.eks. være under målet og skal derfor genudsættes), ii) arten er fredet (pga. fredningstid eller kvoten er opbrugt) eller frivillige hvor iii) fiskeren, af forskellige årsager, ønsker at genudsætte fisken, selvom det lovmæssigt er tilladt at hjembringe den<sup>1,2</sup>.

Parametrene sult, ubehag, frygt, sygdom/skade samt udtryk af normal adfærd anvendes ofte til at beskrive dyrevelfærd<sup>3</sup>. Hvorvidt fisk føler ubehag og frygt debatteres fortsat<sup>4-9</sup>, bl.a. fordi der er et vist kognitivt element involveret i dette, og det er således ikke noget, der os bekendt er undersøgt i forbindelse med C&R. Flere studier måler på stressfaktorer, og det er antageligvis disse undersøgelser, der kommer tættest på en estimering af ubehag og frygt. Sult er ligeledes en vanskelig parameter at måle på fisk, men da de fleste fiskearter vokser hele livet, er det et godt alternativ at måle på væksten. Flere undersøgelser kigger således på, om C&R påvirker fiskenes vækst.

Den skade, der evt. påføres fisken i forbindelse med C&R kan både komme fra krogen (fysisk skade), fighten (fysiologisk udmatning) og håndteringen (både fysisk skade og fysiologisk effekt). Er denne skade tilstrækkelig alvorlig, kan fisken dø. Da overlevelse er relativt let målbar, fokuserer mange C&R-studier på denne parameter<sup>10</sup>. Effekterne af C&R kan også manifestere sig i efterfølgende adfærdændringer hos fisken. I princippet kan disse tænkes at være en effekt af både fysisk skade og fysiologiske ændringer i forbindelse med fangst og genudsætning.

Den eksisterende videnskabelige litteratur om effekten af C&R kan således opgøres i to grupper: En gruppe, der omhandler *trivsel* (f.eks. målt som stressrelaterede blodparametre, adfærd og vækst) og en gruppe, der omhandler *dødelighed*. Selvom der er generelle mønstre på tværs af fiskearter, peger undersøgelser på, at forskellige arter har forskellige reaktioner på C&R<sup>10,11</sup>. Beskrivelse af effekten af C&R ved lystfiskeri kræver derfor, at fiskearter (eller i det mindste grupper af beslægtede arter) behandles hver for sig. Dertil kræver det et indgående kendskab til, hvordan fiskeriet efter arterne bliver udøvet, f.eks. hvilken agn og andet udstyr, der bliver anvendt. Dette er en udfordring, da mange personer (anslået > 300.000) i Danmark dyrker lystfiskeri i større eller mindre grad, og disse personer fisker samlet set efter en lang række af arter, og på meget forskellig vis<sup>12,13</sup>.

Rapporten er afgrænset til, at de mest forekommende typer af lystfiskerier er behandlet (dvs. arter og måden, der fiskes på). Det sker på baggrund af eksisterende undersøgelser (primært Kromand *et al.*<sup>13</sup>) samt en analyse af dataudtræk fra "Fangstjournalen", et elektronisk citizen science-indrapporeringssystem udviklet af DTU Aqua med mere end 14.000 tilmeldte brugere. Denne tilgang betyder forventeligt, at størstedelen af de forskellige former for lystfiskeri i Danmark er dækket i nærværende rapport.

Rapporten beskriver først de faktorer og aktiviteter, der især er betydende for fiskes trivsel og overlevelse i forbindelse med C&R (afsnit 2). Herefter følger et hovedafsnit, hvor de undersøgelser, der er

lavet specifikt på et udvalg af de fiskearter, der hyppigst indgår i C&R-fiskeri i Danmark, bliver analyseret (afsnit 3). Endelig kommer rapporten med anbefalinger til skånsomt lystfiskeri i forbindelse med C&R (afsnit 4).

Rapporten er finansieret af Fiskeplejen, projekt nr. 38234 og 113755.

## 2. Faktorer og aktiviteter, der kan påvirke fiskens trivsel og overlevelse i catch and release-lystfiskeri

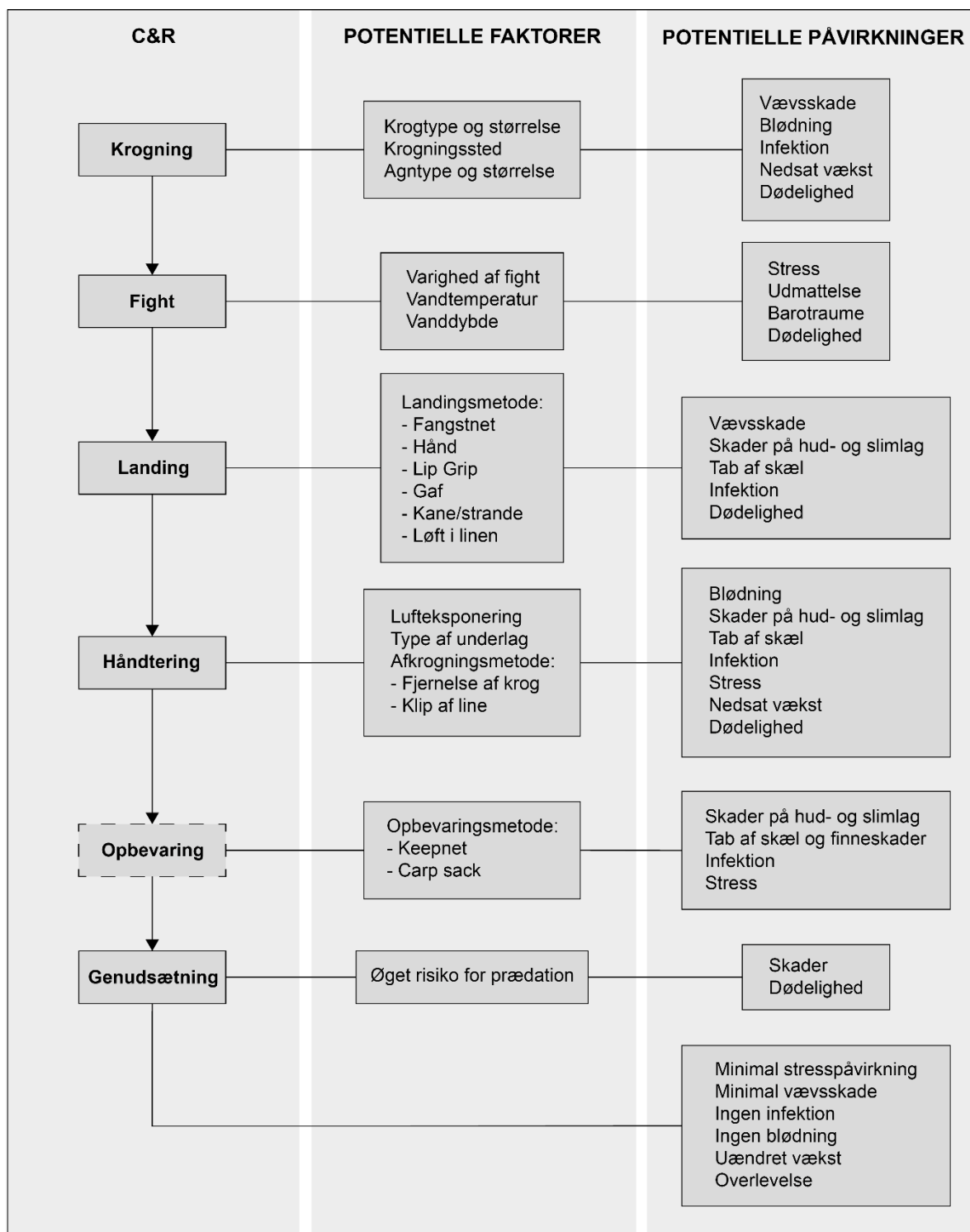
I de følgende afsnit opsummeres nogle af de væsentligste aktiviteter og faktorer, som har potentiale til at påvirke fiskens trivsel (fysiologiske stressmekanismer, adfærd og vækst) og overlevelse fra krogning til genudsætning (Figur 1). Denne opsummering inkluderer eksempler fra både danske og udenlandske fiskearter.

### 2.1. Fisketeknik og endegrej

Den første fase i C&R er krogning af fisken (Figur 1). Krogningen vil uundgåeligt påføre fisken fysisk skade, men omfanget afhænger typisk af, hvor den bliver kroget<sup>14,15</sup>. Dybe krogninger i svælg, spiserør, gælle og mave er generelt forbundet med øget dødelighed efter genudsætning på tværs af fiskearterne<sup>10,16–18</sup>. Det skyldes, at dybe krogninger ofte fører til alvorlige vævsskader og blødninger. Derimod er graden af vævsskade og hyppigheden af blødning typisk væsentligt mindre i tilfælde, hvor fisken bliver kroget yderligt i munden, f.eks. i kæben, hvilket kan nedsætte risikoen for at fisken dør efter genudsætning<sup>10,14,15</sup>. Derfor er krogningsstedet blandt de vigtigste faktorer for fiskens efterfølgende trivsel og overlevelse i C&R.

Valg af endegrej har som regel stor betydning for, hvor fisken bliver kroget. Endegrej er det, lystfiskeren sætter for enden af fiskelinen for at lokke fisken til at hugge på. Overordnet set kan endegrej inddeles i naturlig agn og kunstagn. Naturlig agn omfatter bl.a. orm, maddiker, rejer og fisk. Kunstagn fås i mange forskellige størrelser og typer, herunder flue, spinner, blink, wobler, pirk, shad og jig (Figur 2). Agnen monteres med én eller flere kroge. Krogtypen og størrelsen kan ligeledes påvirke krogningsstedet og fiskens overlevelschancer efter genudsætning<sup>10,19</sup>. I denne rapport inddrages J-kroge, cirkelkroge og trekroge med eller uden modhager, som er blandt de mest anvendte krogtyper (Figur 3).

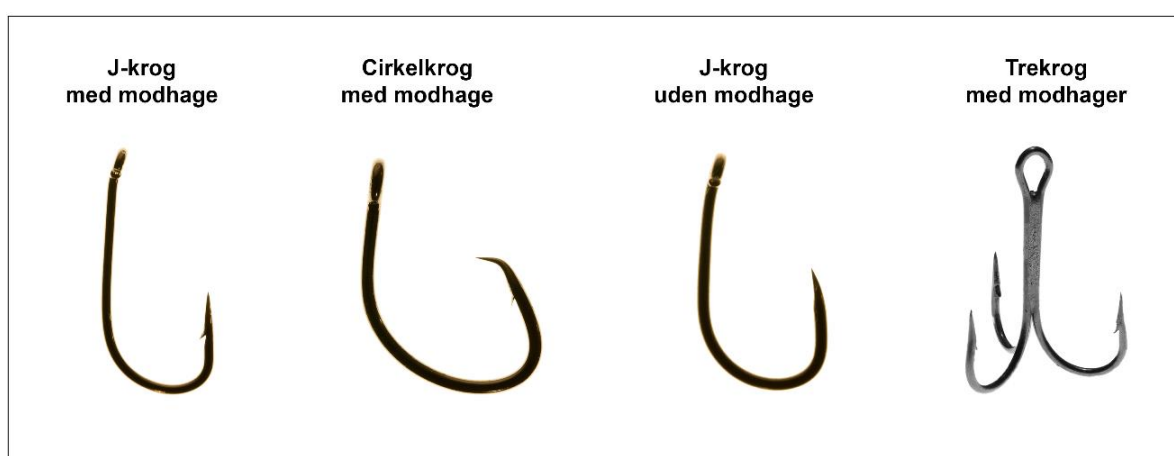




Figur 1. Oversigt over de væsentligste aktiviteter i catch and release (C&R) lystfiskeri fra krogning til genudsætning af fisken og potentielle faktorer, som kan påvirke fiskens trivsel og overlevelse. Midlertidig opbevaring af fisken (f.eks. i keepnet eller carp sack) inden genudsætning er omkranset af en stilet kasse, fordi denne aktivitet kun i nogle tilfælde praktiseres i C&R. Diagrammet er generaliseret og kan tilpasses en bestemt fiskemetode (f.eks. mede-, flue-, spinnefiskeri) eller fiskeart (efter Arlinghaus *et al.* <sup>10</sup>).



Figur 2. Eksempler på forskellige typer kunstagn.



Figur 3. Eksempler på forskellige krogtyper. Krogtyperne findes i mange forskellige størrelser og kan være med eller uden modhage.

### 2.1.1. Cirkelkroge versus J-kroge

Cirkelkroge adskiller sig fra traditionelle J-kroge ved at krogspidsen peger ind mod krogskafte (Figur 3). Dette design bevirker, at cirkelkroge er mere tilbøjelige til at kroge fisken yderst i munden eller kæbevinklen sammenlignet med traditionelle krogtyper, hvor krogspidsen er orienteret mere parallelt med krogskafte<sup>20-23</sup>. For at nedsætte risikoen for dybe krogninger kræver fiskeri med cirkelkroge desuden en særlig teknik, hvor lystfiskeren holder relativ stram line, så der er kontakt med agnen. Fisken skal dog kunne tage agnen, uden at mærke modstand lige med det samme, så cirkelkrogen kommer helt ind i munden. Når fisken har indtaget agnen, skal lystfiskeren umiddelbart herefter foretage et jævnt træk i fiskelinen. Herved trækkes cirkelkrogen gradvis ud gennem fiskens mundhule, indtil krogøjet er ude af munden, hvorved krogen begynder at dreje, og krogspidsen arbejder sig ind i fisken, så den i langt de fleste tilfælde bliver kroget i kæbevinklen og nogle gange yderst i munden<sup>20</sup>. Fisken kan også kroge sig selv, når den vender i vandet, hvorved krogen trækkes ud gennem mundhulen indtil krogspidsen rammer vævet i fiskens yderste del af munden eller kæbevinkel, og linen strammes helt op<sup>20</sup>.

Cirkelkroge er designet til fiskeri med naturlig agn<sup>20,23–27</sup> og bliver sjældent anvendt til flue- og spinnefiskeri<sup>28</sup>. Lystfiskeri med naturlig agn på cirkelkroge har vist at kunne nedsætte risikoen for dybe krogninger sammenlignet med naturlig agn på J-kroge hos en række forskellige fersk- og saltvandfisk<sup>22,26,27,29–31</sup>. En undersøgelse af aborre (*Perca fluviatilis*) viste eksempelvis, at andelen af dybe krogninger var 3,7 og 4,8 gange højere for J-kroge end cirkelkroge agnet med hhv. døde fisk og regnorm<sup>27</sup>. High & Meyer<sup>26</sup> fandt, at dybe krogninger af regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) og cutthroat trout (*Oncorhynchus clarkii*) var op til seks gange hyppigere ved fiskeri med regnorm på J-kroge i forhold til cirkelkroge. Dødeligheden blandt ørreder fanget på J-kroge blev samlet set estimeret til 25 % ca. ti uger efter genudsætningen, hvorimod 7 % af ørrederne fanget på cirkelkroge døde i den samme periode. Alós *et al.*<sup>30</sup> viste ligeledes, at fiskeri med naturlig agn (reje) på cirkelkroge fra båd efter forskellige saltvandfisk i Middelhavet sydvest for Mallorca generelt nedsatte risikoen for dybe krogninger sammenlignet med J-kroge. I overensstemmelse med disse undersøgelser fandt Cooke *et al.*<sup>32</sup>, at cirkelkroge agnet med powerbait (en type kunstig duftagn) nedsatte frekvensen af dybe krogninger hos to mindre ferskvandsarter, almindelig solaborre (*Lepomis gibbosus*) og blågællet solaborre (*Lepomis macrochirus*). Undersøgelsen viste imidlertid, at andelen af krogninger i fiskenes øjne var dobbelt så høj for cirkelkroge i forhold til J-kroge. Overlevelsen var høj (> 98 %) for begge arter 72 timer efter fangst og statistisk ens for krogtyperne. Forskerne udelukkede dog ikke, at øjenskaderne eller de dybe krogninger kunne nedsætte fiskenes overlevelse på længere sigt. På baggrund af disse resultater anbefalede forskerne ikke cirkelkroge frem for traditionelle J-kroge, eller vice versa, til fiskeri efter solaborre.

I forlængelse af ovenstående findes der andre undersøgelser, hvor cirkelkroge ikke har vist at nedsætte forekomsten af dybe krogninger og dødeligheden i forhold til traditionelle krogtyper<sup>24,25,33</sup>. Ostrand *et al.*<sup>25</sup> fandt eksempelvis, at krogningedybden hos muskellunge (*Esox masquinongy*) var ens for J-kroge og cirkelkroge agnet med levende fisk. Muskellunge er udbredt i Nordamerika og en nær slægtning til gedden (*Esox lucius*). Desuden viste undersøgelsen ingen forskel mellem de to krogtyper på fiskenes overlevelse, graden af krogningsskader eller hyppigheden af blødninger.

Samlet set viser de fleste undersøgelser, at fiskeri med naturlig agn på cirkelkroge kan nedsætte risikoen for dybe krogninger og derved øge fiskens overlevelschancer efter genudsætning, men at det ikke altid er tilfældet (Appendiks 1). Omvendt har vi ikke fundet undersøgelser, som peger på øget dødelighed ved brug af cirkelkroge i forhold til J-kroge.

### 2.1.2. Enkeltkroge versus trekroge

Sammenlignende undersøgelser af enkeltkroge og trekroge i forhold til deres indflydelse på fiskens trivsel og overlevelse i C&R-fiskeri har ikke vist entydige resultater. Nogle undersøgelser viser, at enkeltkroge er mere tilbøjelige til at kroge fisken dybt end trekroge af nogenlunde samme størrelse<sup>17,34–37</sup>. Derved konkluderede disse undersøgelser, at enkeltkroge kan øge risikoen for alvorlige vævsskader og ultimativt nedsætte fiskens overlevelse<sup>17,34,36,37</sup>. Andre undersøgelser finder derimod, at brugen af trekroge er forbundet med højere dødelighed, særligt hvis fisken bliver kroget dybt<sup>38,39</sup>. Endelig viser en række undersøgelser ingen forskel på dødeligheden blandt fisk fanget på hhv. enkeltkrog eller trekrog<sup>18,40–45</sup>. Eksempelvis viste DuBois & Dubielzig<sup>42</sup> ingen forskel på overlevelsen af bækørred (*Salmo trutta*), regnbueørred og kildeørred (*Salvelinus fontinalis*), som blev fanget på spinner monteret med enten enkeltkrog eller trekrog. Jenkins<sup>46</sup> viste ligeledes ingen forskel i andelen af dybe krogninger hos regnbueørred fanget på enkeltkrog eller trekrog agnet med powerbait. Endelig fandt Taylor & White<sup>41</sup> og Hühn & Arlinghaus<sup>18</sup> i deres metastudier, at dødeligheden hos en række forskellige fiskearter ikke var relateret til, om de blev fanget på enkeltkrog eller trekrog.

Det er derfor ikke muligt at generalisere, hvorvidt enkeltkroge eller trekroge er mindst skadelige for fisken<sup>18</sup>. Dette forhold kan afhænge af en række faktorer, herunder fiskearten, fiskens størrelse, fiske-teknik, krogens dimensioner (f.eks. krogstørrelse samt krogspidsens længde og størrelse), krogmon-tage samt typen og størrelse af agnen de to krogtyper er monteret på<sup>10,44,47</sup>.

### 2.1.3. Kroge med og uden modhager

Mange studier har vist, at kroge uden modhage er lettere og hurtigere at fjerne fra fisken i forhold til kroge med modhage<sup>28,44,48-50</sup>. Denne sammenhæng er fundet for både enkeltkroge og tre-kroge<sup>28,42,44,50,51</sup>. Tiden, hvor fisken eventuelt eksponeres for luft i forbindelse med afkrogning ude af vandet kan derfor reduceres i nogle situationer ved at bruge kroge uden modhage<sup>48</sup>. Lufteksponering er skadelig for fisk og en betydende faktor for fiskens overlevelseschancer efter genudsætning (se af-snit 2.4.2). Kroge uden modhage har desuden vist at kunne mindske risikoen for vævsskader og blød-ninger<sup>17,23,50,52</sup>, hvilket i visse tilfælde kan øge overlevelsen hos genudsatte fisk<sup>18,35,41</sup>. Eksempelvis fandt Hühn & Arlinghaus<sup>18</sup> i deres metastudie på forskellige arter tilhørende lakse-, aborre-, karpe- og geddefamilien, at overlevelsen var højere ved brug af kroge uden modhage end kroge med modhage. På tværs af fiskearterne var dødeligheden hhv. 14,6 % og 8,2 % for kroge med og uden modhage<sup>18</sup>. En anden undersøgelse på vilde kildeørreder viste også, at dybt krogede individer var mere tilbøjelige til at dø, hvis den anvendte enkeltkrog havde modhage<sup>53</sup>. Stein *et al.*<sup>54</sup> fandt desuden, at J-kroge uden modhage lettere løsede sig selv fra dybt krogede individer af bonefish (*Albula vulpes*) over tid end samme krogtype med modhage. På trods af disse ovennævnte fordele ved at bruge kroge uden modhage er det ikke altid, hvor dette afspejler sig i overlevelsen efter fisken er genudsat<sup>16,44,49,52,55,56</sup>.

I forlængelse af ovenstående viser nogle studier ingen forskel i afkrogningstid for kroge med og uden modhage<sup>23,53,57,58</sup>. En undersøgelse af walleye (*Sander vitreus*), som er beslægtet med sandarten (*Sander lucioperca*) og udbredt i Nordamerika, fandt f.eks. ingen signifikant forskel i håndteringstiden blandt fisk fanget på J-kroge med og uden modhage inden de blev genudsat<sup>58</sup>. Desuden viste under-søgelsen ingen forskel i intensiteten af krogskader for J-kroge med og uden modhage. Det skal også nævnes, at kroge uden modhage ikke i altid løsner sig selv lettere fra fisken over tid i forhold til kroge med modhage, i tilfælde hvor krogen efterlades i fisken af lystfiskeren ved klip af fiskelinen<sup>59</sup>.

Det er muligt, at afkrogningstiden og læsioner omkring krogsåret for meget små kroge ( $\leq$  str. 12) med mikro-modhage ikke adskiller sig væsentligt fra kroge uden modhage, netop fordi krogene er små og er forsynet med en meget lille modhage. Under litteratursøgningen har vi fundet et par studier der sammenligner effekter af meget små kroge med og uden modhage<sup>23,57</sup>. Czarkowski & Kapusta<sup>57</sup> fandt ingen forskel i afkrogningstiden på tværs af en række forskellige arter tilhørende karpefamilien, herunder skalle, rudskalle og flire, ved fiskeri med meget små J-kroge (str. 14 og 22) med og uden mikro-modhage. Undersøgelsen antydede dog en højere forekomst af blødning fra krogsåret blandt fisk, der blev fanget på kroge med mikro-modhage sammenlignet med modhagløse kroge. Intensi-ten af blødning fra krogsåret blev imidlertid ikke angivet. I en anden undersøgelse på forskellige arter i karpefamilien, fandt de samme forskere en tendens til at små J-kroge (str. 10-12) uden modhage var hurtigere at fjerne fra fisken end samme type krog med modhage<sup>23</sup>. Denne forskel var dog relativ lille og ikke statistisk signifikant. Forekomsten af synlige læsioner ved krogsåret var højere for kroge med modhage i forhold til kroge uden modhage (hhv. 16,5 % og 8,5 %). Derimod var forekomsten af blød-ning fra krogsåret stort set identisk for kroge med (37,6 %) og uden (37,4 %) modhage på tværs af fiskearterne. Samlet set peger resultaterne fra disse undersøgelser på, at afkrogningstiden ikke er signifikant forskellig for meget små kroge med eller uden modhage. Der er dog behov for flere sam-menlignende undersøgelser for at vurdere om dette mønster er generel gældende. Disse undersøgel-

ser bør også omfatte arter fra forskellige fiskefamilier for at opnå en bredere forståelse af hvorvidt meget små kroge med eller uden modhage har forskellig betydning for intensiteten og forekomsten af vævsskader og blødning fra krogsåret.

Selvom kroge uden modhage generelt anses for at være mindre skadelige for fisken<sup>10,56</sup>, bliver kroge med modhage oftest valgt af lystfiskere, hvis reglerne ikke forbyder det, idet landingsraten typisk er højere med denne krogtype<sup>23,28,42,49,60</sup>. Schaeffer & Hoffman<sup>49</sup> fandt, at lystfiskere, ved kystfiskeri i den Mexicanske Golf, landede 22 % flere fisk ved brug af J-kroge med modhage end kroge uden modhage. Alós *et al.*<sup>60</sup> rapporterede ligeledes markant højere landingsrate på J-kroge med modhage under lystfiskeri efter forskellige saltvandsfisk i det vestlige Middelhav. Landingsraten af forskellige ørredarter er som regel også større på enkeltkroge og trekroge med modhage end modhageløse kroge<sup>28,61</sup>, men der findes undtagelser<sup>53</sup>.

Samlet set viser mange studier, at kroge uden modhage er lettere at fjerne fra fisken end kroge med modhage, hvilket kan nedsætte håndteringstiden og omfanget af de fysiologiske forstyrrelser i forbindelse med eventuel lufteksponering<sup>14</sup>. Endelig kan kroge uden modhage mindske krogsårets størrelse. Det er dog ikke altid, at disse fordele ved at bruge modhageløse kroge afspejler sig i fiskens overlevelse efter genudsætning. Flere studier viser derved ingen forskel på overlevelsen mellem fisk fanget på kroge med og uden modhage. Det er vigtigt at understrege, at vi under litteratursøgningen ikke har fundet studier, som viser nedsat trivsel og overlevelse hos fisk ved brug af kroge uden modhage i forhold til samme type krog med modhage.

#### 2.1.4. Krogstørrelse

Krogstørrelsen er typisk tilpasset størrelsen på agnen ved traditionelle fiskemetoder, hvor små kroge bruges til mindre agn, mens store kroge anvendes til større agn. Mindre agn bliver generelt slugt lettere af fisk end større agn, fordi en lille agn fysisk har nemmere ved at komme ind i fiskens mund<sup>56,62</sup>. Flere studier peger også på, at fisk lettere kan sluge mindre kroge end større kroge, hvilket kan øge hyppigheden af dybe krogninger i svælg, spiserør eller gælle<sup>29,60,62-65</sup>. Idet størstedelen af disse studier bruger små kroge til de mindre agn, er det dog vanskeligt at adskille effekten af krogstørrelsen fra størrelsen på agnen<sup>17,60</sup>. Derved er det muligt, at de mindre kroge sluges lettere af fisken, fordi de i virkeligheden er monteret på/med små agn.

På den anden side har andre undersøgelser vist, at store kroge kan lave et relativt større krogår sammenlignet med mindre kroge<sup>17,66,67</sup>. Desuden peger nogle undersøgelser på, at risikoen for at fisken fejlkroges (dvs. fisken bliver kroget andre steder end i mund og svælg) øges ved brug af større kroge<sup>35,68-71</sup>. Derved kan store kroge også føre til større vævsskader<sup>17,71</sup>. Der er imidlertid flere undersøgelser, som ikke viser en sammenhæng mellem krogstørrelsen og fiskens chance for at overleve efter genudsætningen. Taylor & White<sup>41</sup> fandt eksempelvis ingen effekt af krogstørrelsen på overlevelsen af flere forskellige ørredarter i deres metaanalyse.

Samlet set er det svært at generalisere effekten af krogstørrelsen på fiskens trivsel og overlevelse, idet dette forhold kan være påvirket af mange andre faktorer, herunder fisketeknik, krogmontager, afkrogningsmetoder, agntype og størrelse, fiskeart, fiskens størrelse og mundanatomien<sup>10,62</sup>. Anbefalingen er at bruge små kroge på agnen for at minimere krogsårets størrelse og samtidig vælge så tilpas store agn, at risikoen for at fisken sluger agnen dybt nedsættes.

### 2.1.5. Kunstig versus naturlig agn

Typen af agn har ofte stor betydning for krogingsstedet, og er dermed en vigtig faktor for trivsel og overlevelsen hos genudsatte fisk<sup>10,14,16,17,72</sup>. Mange studier har vist, at fiskeri med naturlig agn resulterer i dybere krogninger og højere dødelighed sammenlignet med kunstagn<sup>26,73–76</sup>. En undersøgelse af torsk (*Gadus morhua*) viste eksempelvis, at fiskeri med sandorm og børsteorm på J-kroge øgede hyppigheden af dybe krogninger i gælle, spiserør eller mave (24 %) i forhold til jig (8 %), pirk (8 %) og shad (2 %)<sup>77</sup>. Forekomsten af alvorlige blødninger var også højere med naturlig agn (26 %) end de øvrige typer af kunstagn (12-13 %). Overlevelsen af torskene blev ikke evalueret i undersøgelsen. I en anden undersøgelse sammenlignede Warner & Johnson<sup>78</sup> overlevelsen af laks (*Salmo salar*) fanget på regnorm og flue i en 3-årig undersøgelse, som blev udført i en nordamerikansk flod. Ved begge af disse fiskemetoder blev der anvendt J-kroge med modhage og laksenes overlevelse blev fulgt 2-5 dage efter fangst i lukkede netbure placeret i floden. Omkring 37 % af laksene fanget med regnorm var kroget i spiserøret, hvorimod fiskeri med flue ikke resulterede i dybe krogninger. Dødeligheden var også markant højere for laks fanget på regnorm (35 %) end flue (4 %). Tre metastudier over en række forskellige fersk- og saltvandsfisk konkluderede også, at dødeligheden var højere ved fiskeri med naturlig agn end kunstagn pga. øget risiko for dybe krogninger<sup>16,18,41</sup>.

Flere studier viser imidlertid ingen forskel på dødeligheden mellem fisk fanget på naturlig agn og kunstagn<sup>45,79–81</sup>. Matlock et al.<sup>45</sup> fandt eksempelvis ingen signifikant forskel på overlevelsen hos både red drum (*Sciaenops ocellatus*) og spotted weakfish (*Cynoscion nebulosus*) efter genudsætning ved fiskeri med kunstagn og naturlig agn. Endelig findes der studier, som dokumenterer øget risiko for dybe krogninger og blødning fra krogsåret ved fiskeri med kunstagn i forhold til naturlig agn<sup>82</sup>. Det er også vist, at risikoen for at fejlkroge fisken i nogle tilfælde er højere for kunstagn end naturlig agn<sup>15,47,83</sup>.

Fisketeknikken, der bliver anvendt ved lystfiskeri med naturlig agn og kunstagn kan have stor betydning for fiskens trivsel og overlevelseschancer efter genudsætning<sup>15</sup>. I litteraturen skelnes der typisk mellem to forskellige fisketeknikker: aktivt og passivt<sup>15,16,56</sup>. Ved aktivt lystfiskeri bliver fisken som regel kroget umiddelbart efter den har hugget, og i nogle tilfælde kroges fisken af sig selv, hvorved risikoen for at kroge fisken dybt ofte nedsættes (f.eks. ved fiskeri med bolt-rigs)<sup>19,62</sup>. Derimod har fisken bedre tid til at sluge agnen ved passivt lystfiskeri, inden den bliver kroget. Denne fisketeknik øger derfor ofte hyppigheden af dybe krogninger i fiskens gæller, svælg eller mave, hvilket kan nedsætte fiskens trivsel og overlevelse efter genudsætning<sup>21,43,62,65,84–86</sup>.

Størrelsen på agnen er en anden vigtig faktor, der kan påvirke, hvor fisken bliver kroget, og dermed have betydning for fiskens trivsel og overlevelseschancer i C&R-lystfiskeri<sup>15,47,56,72,76</sup>. Mindre agn har som tidligere nævnt større tilbøjelighed til at resultere i dybe krogninger af fisken end større agn, fordi fisken lettere kan sluge de mindre agn<sup>47,62</sup>, selvom der også her findes undtagelser<sup>87</sup>. En undersøgelse på gedde fandt f.eks., at mindre (< 75 mm) kunstagn resulterede i flere dybe krogninger i gæller og svælg end større kunstagn<sup>47</sup>. Det samme mønster blev fundet ved fiskeri med døde agnfisk efter gedderne<sup>47</sup>. Grixti et al.<sup>62</sup> viste tilsvarende at fiskeri med større børsteorme reducerede risikoen for dybe krogninger hos black bream (*Acanthopagrus butcheri*) i forhold til mindre børsteorme. Undersøgelsen viste desuden, at fiskeri med løs fiskeline øgede andelen af dybe krogninger, fordi fisken havde bedre tid til at sluge agnen inden modhugget<sup>62</sup>.

Samlet set har agntypen og størrelsen typisk afgørende betydning for, hvor fisken bliver kroget, hvilket er væsentligt for fiskens trivsel og overlevelse i C&R-lystfiskeri<sup>10,15</sup>. Dybe krogninger kan forlænge håndteringstiden i forbindelse med afkrogning og påføre fisken kritiske vævsskader, som kan øge dødeligheden efter genudsætning. Mindre agn sluges ofte lettere af fisken end større agn, et aspekt

hvor både forholdet mellem agnens og fiskens størrelse samt fiskens mundanatomi spiller en vigtig rolle<sup>15,30,62</sup>. Fisketeknikken (aktivt vs. passivt) har også stor betydning for krogingsstedet og fiskens overlevelseschancer efter genudsætning, hvor fiskeri med løs fiskeline generelt øger risikoen for dybe krogninger i forhold til fiskeri med stram line<sup>15,62,85</sup>. Der er også andre forhold ved fiskeri med kunstagn og naturlig agn, som kan påvirke krogingsstedet og intensiteten af blødning fra krogsåret, herunder lystfiskerererfaring, krogmontage, krogtype og -størrelse samt antallet af kroge på agnen<sup>10,17,44,87,88</sup>. Alle disse ovennævnte forhold understreger kompleksiteten i C&R-lystfiskeri, hvilket gør det vanskeligt at vurdere den generelle effekt af kunstagn og naturlig agn på fiskens trivsel og overlevelse efter genudsætning.

## 2.2. Fight

Varigheden af fighten (dvs. tiden fra fisken er blevet kroget, og til den er landet) kan have betydning for i hvor høj grad fiskens fysiologiske processer forstyrres<sup>79,89</sup>. Under fighten udfører fiskens muskler typisk intensivt fysisk arbejde. I denne fase forbruger fisken ofte mere ilt, end den kan nå at optage, hvorved der oparbejdes en såkaldt iltgæld. Ved iltmangel skifter cellerne fra aerob (med ilt) til anaerob (uden ilt) metabolisme. Herved bliver der produceret laktat (også kaldet mælkesyre) i muskulaturen, som er slutproduktet i den anaerobe metabolisme. Laktat kan påvirke fiskens syre-base balance og nedsætte pH niveauet i blodet. Ophobning af laktat i både blodplasmaet og muskelvævet stiger generelt med fightens tidsmæssige varighed<sup>90-94</sup>. Derved øges risikoen for alvorlig metabolisk acidose, dvs. potentielt livstruende lav pH niveau i blodet<sup>95,96</sup>. Endvidere aktiveres fiskens akutte fysiologiske stressrespons under fighten. Den fysiologiske stressrespons er en kompleks hormonel reaktion, hvorved der frigives stresshormoner til blodet, primært adrenalin og kortisol. I denne sammenhæng fandt Gustavson *et al.*<sup>91</sup> eksempelvis, at længere tidsmæssig fight øgede koncentrationen af kortisol og laktat i blodplasmaet hos largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Osmotiske forstyrrelser og udtømming af energidepoter er ligeledes korreleret med varigheden af fighten<sup>19,94,97,98</sup>. Ikke alle undersøgelser finder en klar sammenhæng mellem fightens varighed og intensiteten af fiskens stressrespons<sup>56</sup>. Det kan skyldes, at det ofte er vanskeligt at adskille effekten af fightens varighed fra andre faktorer, som ligeledes kan påvirke fiskens fysiologiske respons under og efter fangst, herunder vandtemperatur og lufteksposering.

Ekstreme fysiologiske forstyrrelser i forbindelse med langvarig og intensiv fight kan nedsætte fiskens chancer for at overleve efter genudsætning<sup>95,99,100</sup>. Thompson *et al.*<sup>101</sup> viste, at dødeligheden hos striped bass (*Morone saxatilis*) tredobledes, hvis fighten blev øget fra 60 til 180 sekunder ved 26 °C. Ved 8 °C var der dog ingen sammenhæng mellem fightens varighed og dødeligheden, hvilket viser, at kombinationen af vandtemperatur og fightens varighed kan være vigtig for fiskens overlevelseschancer. Det skyldes til dels, at det ophobede laktat omdannes til glukose efter genudsætningen, hvilket er en energi- og iltkrævende proces. I denne periode har fisken derfor et ekstra stort iltbehov og samtidig falder mængden af ilt, der kan opløses i vand, med stigende vandtemperatur. Samlet set betyder det, at fisken har sværere ved at indfri iltgælden ved høj end ved lav vandtemperatur. Derfor er dødeligheden som udgangspunkt altid højere i varmt end i koldt vand (se afsnit 2.7.1).

Fightens varighed for en given fiskeart kan afhænge af flere faktorer, herunder fiskens størrelse, fiskeudstyr (f.eks. typen og størrelsen af fiskestang og brudstyrke på linen), lystfiskerens erfaring og vanddybden<sup>56,67,87,90</sup>. Eksempelvis viste Thorstad *et al.*<sup>102</sup>, at fighten var længere for større laks i forhold til mindre artsfæller. Meka<sup>28</sup> fandt, at erfarne lystfiskere brugte længere tid på at fichte regnbueørreder, idet de generelt fangede større individer sammenlignet med nybegyndere.

For at opsummere vil fighten forstyrre fiskens fysiologiske processer. Omfanget af de fysiologiske forstyrrelser afhænger typisk af fightens varighed og vandets temperatur. Flere undersøgelser peger på, at fiskens overlevelseschancer kan forbedres efter genudsætning, hvis fighten gøres kort.

### 2.3. Landing

Efter fighten skal fisken afkroges, inden den kan genudsættes. Dette indebærer oftest at fisken skal landes og/eller håndteres, men i visse tilfælde kan kroge dog løsnes og fjernes uden at fisken berøres fysisk eller forlader vandet. Særligt fiskens hud- og slimlag er i risiko for at blive beskadiget i forbindelse med afkrogingen, hvis fisken bliver landet og/eller håndteret<sup>15,103</sup>. Fiskens hud består af læderhuden (dermis) og overhuden (epidermis). Hos de fleste benfisk er læderhuden dækket af skæl. Skæl er i deres typiske form benplader dannet i læderhuden og dækket af overhud<sup>104</sup>. Derved vil tab af skæl medføre skade på overhuden. Overhuden hos fisk er opbygget af særlige hudceller i flere lag oven på hinanden. I det øverste lag celler er indlejret kirtelceller, som udskiller et tyndt slimlag<sup>104</sup>. Fisk har ikke, som landlevende dyr, et beskyttende hornagtigt lag yderst, bestående af døde hudceller, hvilket betyder at fiskens overhud lettere kan blive skadet ved berøring. Overhuden og slimlaget danner en ydre beskyttende barriere mod infektioner. Slimet indeholder en række stoffer (f.eks. forskellige immunglobuliner, lysozymer og proteaser), som beskytter fisken mod fremmede organismer<sup>105,106</sup>. Skader på huden bryder dermed fiskens ydre barriere og øger risikoen for infektion og sygdom<sup>107-110</sup>. Både på grund af risikoen for infektion, men også af hensyn til opretholdelse af den osmotiske balance, er det vigtigt, at fisken hurtigt får genetableret den ydre barriere. Forsøg har vist, at overhuden under optimale forhold kan regenerere sig med en hastighed af op til 2 mm i timen hos visse fiskearter<sup>111</sup>. Dermed vil mindre, overfladiske skader i forbindelse med landing og håndtering hele forholdsvis hurtigt, modsat skader på et større område. Sårhelingen kan dog nedsættes, hvis fisken er stresset<sup>112</sup>. Typen og størrelsen af skæl samt tykkelsen på fiskens overhud varierer mellem fiskearterne<sup>104</sup>. Desuden kan hudens tykkelse og arkitektur variere mellem køn og forskellige livsstadier hos en fiskeart. Eksempelvis får visse arter tilhørende laksefamilien et tykkere hudlag, samt mere fastsiddende skæl i gydesæsonen, hvilket gør dem mere modstandsdygtige over for fysisk påvirkning i forbindelse med territorialkampe, gydegravning og forcering af forhindringer<sup>113-117</sup>. Det betyder samlet set, at både art, køn og livsstadie kan have betydning for fiskens sårbarhed i forbindelse med landing og håndtering<sup>15</sup>.

Landing af fisken kan ske med et redskab, herunder fangstnet, gaf (en stor fangstkrog på en stang) og såkaldte "Lip Grips"<sup>10,14,56</sup>. Landing af fisk med gaf bør ikke foregå, hvis fisken skal genudsættes. Det er uvist i hvilket omfang, gaf bliver anvendt i C&R, men dette landingsredskab vil forventeligt forringe fiskens overlevelse ved genudsætning betydeligt, og vil ikke blive behandlet yderligere her. Fisk kan også landes med hånden, kanes direkte på land (f.eks. ved kystfiskeri) eller løftes op i linen (f.eks. ved molefiskeri).

Afhængig af fiskearten foregår landing med hånden typisk ved at gribe fat i fiskens halerod, underkæbe eller forreste del af gællelåget. Mindre fisk gribes ofte rundt om hele kroppen. Håndlanding er relativt skånsom med den rette teknik<sup>118-121</sup>. Tab af skæl og skader på fiskens hud- og slimlag kan mindskes ved at gøre hænderne våde, før fisken berøres<sup>119,120,122</sup>. Håndtering med handsker eller tørre hænder kan omvendt øge risikoen for at hud- og slimlag bliver beskadiget hos nogle fiskearter<sup>118,122,123</sup>. Hvis fisken skal løftes helt fri af vandet, er det vigtigt at understøtte den for at undgå skader på rygsøjlen<sup>124,125</sup>. Endelig kan landing med hænderne i stedet for fangstnet øge risikoen for, at fisken bliver tabt på jorden og dermed får skader<sup>119</sup>.

Anvendelse af fangstnet kan forkorte fightens varighed, men håndteringstiden kan øges, hvis krog eller line bliver viklet ind i nettet<sup>15,119</sup>. Landing med fangstnet kan desuden føre til tab af skæl og skade



fiskens finner samt hud- og slimlag<sup>103,119–121,126</sup>. Fangstnettets materiale har generelt betydning for, hvorvidt og i hvilket omfang fiskens hud- og slimlag skades. Knudeløse fangstnet er typisk mere skånsomme for hud- og slimlag i forhold til net med knuder. Eksempelvis fandt Barthel *et al.*<sup>120</sup>, at fangstnet af polypropylen med små eller store knuder forårsagede større tab af slimlag og skæl hos blågælllet solaborre end nylonnet og gumminet uden knuder. Endvidere fik halefinnerne flere skader ved brug af net med knuder sammenlignet med de knudeløse net. I løbet af undersøgelsens næste syv dage døde 4-6 % af solaborrerne landet med de knudeløse net, mens dødeligheden var 10-14 % blandt artsfæller håndteret i polypropylen-net med knuder. Alle døde fisk var inficeret med *Saprolegnia* spp. på de skadede områder, som i nogle tilfælde havde spredt sig til andre dele af fiskens krop. Hos visse fiskearter kan fangstnet fremstillet af gummi påføre færre skader på slimlaget end nylonnet<sup>119</sup>. Lizée *et al.*<sup>119</sup> viste eksempelvis, at knudeløse fangstnet af gummi nedsatte tabet af slim og skæl hos kildeørred sammenlignet med nylonnet uden knuder.

Colotelo & Cooke<sup>121</sup> undersøgte, hvordan forskellige landings- og håndteringsmetoder kan påvirke hud- og slimlaget hos gedde og largemouth bass. I forsøget sammenlignede de canadiske forskere bl.a. intensiteten af skader på hud- og slimlaget efter fiskene var håndteret 30 sekunder i et knudeløst fangstnet af gummi eller nylonnet med knuder. Gedderne i det knudeløse gumminet havde gennemsnitligt skader på 2 % af hud- og slimlaget, hvorimod artsfællerne i nylonnettet med knuder fik ødelagt mere end en fjerdedel af hud- og slimlaget. Til sammenligning fik de undersøgte largemouth bass gennemsnitligt skader på mindre end 1 % af hud- og slimlaget skadet efter ophold i nylonnettet med knuder. Forskerne evaluerede også hvorvidt, og i hvilket omfang, underlaget i bunden af en båd kan skade hud- og slimlaget. Gedder og largemouth bass fik lov at ligge og sprælle i 30 sekunder på en ruffet overflade svarende til et skridsikkert gulvtæppe, som bliver anvendt i mange både. Desuden blev en gruppe af gedder lagt på en glat metaloverflade i 30 sekunder. Gedderne på gulvtæppet havde gennemsnitligt skader på mere end 30 % af hud- og slimlaget, mens individerne på metaloverfladen fik ødelagt mindre end 10 % af slimlaget. Largemouth bass på gulvtæppet fik gennemsnitligt skader på mindre end 1 % af hud- og slimlaget. Forsøget understreger dermed, at landingsmetoden og underlaget ved håndtering kan påvirke fiskearter forskelligt, enten fordi de har mere eller mindre skrøbelige hud- og slimlag, og/eller fordi de har en mere eller mindre rolig adfærd i forbindelse med landing og håndtering. Forskerne testede også det såkaldte "gællegreb", som ofte bliver anvendt ved landing og håndtering af gedder. Ved denne metode føres fingrene forsigtigt ind i den forreste del af gællelåget lige under hagen, hvorefter geddens hoved kan løftes forsigtigt. Gællegrebet påførte ikke skader på geddernes gæller eller hud- og slimlag i undersøgelsen. Brugen af Lip Grip i forbindelse med håndtering og afkrogning af gedderne forårsagede heller ingen skader på underkæbens hud- eller slimlag.

Lip Grip er et mekanisk redskab, som er udstyret med en gribetang i den ene ende. Når fisken er klar til at blive landet, føres en af tangens to kæber ind i munden, således at den griber fat i fiskens underkæbe, når lukkemekanismen udløses. Tangen kan for de fleste modellers vedkommende dreje om sin egen akse, hvorved kontrollen bevares over fisken, selvom den spræller. Lip Grip kan bidrage til en skånsom landing og håndtering, hvis fisken bliver afkroget i vandet og ikke løftes direkte op med gribetangen<sup>15,125</sup>. Landing med Lip Grip kan dog føre til mundskader hos nogle fiskearter<sup>124,127</sup>. En undersøgelse af bonefish viste eksempelvis, at 90 % af fiskene fik skader på munden, efter de var håndteret med Lip Grip<sup>127</sup>. De enkelte forsøgsfisk fik typisk flere forskellige skader, primært huller og sår på underkæben (forekomsten var 80 %). I nogle tilfælde brækkede underkæben (20 %), og tungen blev revet over hos 30 % af forsøgsfiskene. Alle fisk var i live 48 timer efter håndteringen, men forskerne mente, at skaderne i nogle tilfælde var så alvorlige, at de kunne nedsætte overlevelsen på længere sigt<sup>127</sup>.

For at opsummere er særligt fiskens hud- og slimlag i risiko for at blive beskadiget under landingen og håndteringen. Skader på hud- og slimlag kan give lettere adgang for patogener, og dermed øge risikoen for at fisken dør efter genudsætning pga. infektion. Tykkelsen af hudlagene varierer typisk mellem fiskearter og livsstadier. Derfor kan arterne og deres livsstadier påvirkes forskelligt af de forskellige landingsmetoder. Lip Grip kan beskadige underkæben hos visse fiskearter. Gaf bør ikke anvendes, hvis fisken skal genudsættes. Håndlanding med våde hænder kan skåne fiskens hud- og slimlag med den rette teknik. Knudeløse fangstnet eller gumminet er generelt mere skånsomme end net med knuder. Konsekvenserne ved at kane fisken ind på land eller løfte den op med linen er endnu ikke belyst.

## 2.4. Håndtering

### 2.4.1. Afkrogning

Krogen kan løsnes og fjernes fra fisk vha. fingrene eller et afkrogningsværktøj, herunder krogløser eller tang. Krogløser og tænger findes i mange forskellige modeller. De er designet til hurtigt og effektivt at fjerne krogen fra fisken. Cooke *et al.* <sup>128</sup> fandt, at det i gennemsnit tog mindre end ti sekunder at afkroge smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) med tang og krogløser, når de var kroget yderligt i munden med en jig. Forsøget viste imidlertid, at det var hurtigere at afkroge fiskene med fingrene. I andre tilfælde, hvor krogen sidder dybere og bedre fast, er det ofte mere effektivt, hvis ikke nødvendigt, at fjerne krogen med tang eller krogløser<sup>15,50,56</sup>. Hos fiskearter med skarpe tænder (f.eks. gedde og muskellunge) er det, af hensyn til lystfiskerens sikkerhed, næsten umuligt at fjerne krogen uden brug af afkrogningsværktøj.

Hvis krogen sidder dybt begravet i spiserør, mave eller gælle er afkrogning af fisk generelt forbundet med høj dødelighed pga. de resulterende vævsskader og blødninger<sup>14,129</sup>. Samtidig er det ofte mere tidskrævende at løsne krogen, når den sidder dybt i fisken<sup>47,56,87</sup>. Mason & Hunt <sup>129</sup> fandt eksempelvis høj dødelighed hos regnbueørred, som var kroget dybt i spiserøret ved fiskeri med regnorm på enkeltkrog, inden for det første døgn efter krogen blev fjernet med fingrene (93 %) eller krogløsertang (79 %). Samlet set døde hhv. 95 og 83 % af ørrederne i løbet af forsøgsperioden på fire måneder, når krogen blev fjernet med fingrene eller krogløsertang.

Klip af linen, hvorved krogen efterlades i fisken, er et alternativ til at fjerne krogen, når den sidder dybt for at undgå at skade fisken yderligere<sup>56,130</sup>. I nogle tilfælde kan krogen løsne sig selv efter fisken er genudsat<sup>85,99,130-132</sup>. Det gælder særligt for krogtyper uden modhage, som er fremstillet i et ikke-rustfrit materiale<sup>85,133</sup>. Klip af linen kan desuden nedsætte håndteringstiden i situationer, hvor fisken er kroget dybt<sup>134</sup>.

Flere undersøgelser viser da også, at dybt krogede fisk har bedst chance for at overleve efter genudsætningen, hvis linen bliver klippet og krogen efterladt i fisken<sup>130,133,135,136</sup>. I det føromtalt forsøg af dybt krogede regnbueørreder fandt Mason & Hunt <sup>129</sup>, at klip af linen nedsatte dødeligheden til 34 % (dødeligheden var 83-95 %, når krogen blev fjernet fra ørrederne). Schill <sup>85</sup> sammenlignede ligeledes overlevelsen hos dybt krogede regnbueørreder, hvor krogen enten blev fjernet med fingrene eller efterladt i fisken ved at klippe linen. Forsøget blev udført på et nordamerikansk dambrug med opdrættede regnbueørreder og i et nærliggende vandløb med en naturlig bestand (dvs. vilde regnbueørreder). Alle forsøgsfisk blev fanget med regnorm på enkeltkrog med modhage og fiskenes overlevelse blev fulgt i op til to måneder efter de blev genudsat. Resultaterne viste, at klip af linen, frem for at fjerne krogen, reducerede dødeligheden med hhv. 36 og 58 % hos de opdrættede og vilde regnbueørreder. Blandt de overlevende ørreder, hvor krogen ikke var fjernet manuelt, løsenede krogen sig selv blandt 74 % af de vilde ørreder, mens krogtabet var 60 % hos de opdrættede ørreder. Endelig fandt

Cooke & Danylchuk<sup>136</sup> en dødelighed på 94 % hos smallmouth bass inden for det første døgn efter krogen (enkeltkrog med modhage) blev fjernet vha. krogløser fra dybt krogede individer. Der var ingen dødelighed, når linen blev klippet og krogen efterladt i fisken.

Nogle undersøgelser viser imidlertid, at overlevelsen af dybt krogede fisk ikke er høj, selvom linen klippes. Margenau<sup>137</sup> lod den nordamerikanske muskellunge sluge levende agn monteret med en ikke-rustfri enkeltkrog. Derefter blev fiskene fightet, og inden genudsætning blev linen klippet og krogen siddende i fiskens mave. Ved genudsætningen virkede alle fiskene friske og aktive, og ingen af forsøgsfiskene døde i løbet af de første 24 timer. Efter 50 dage var 22 % døde, mens i alt 83 % af fiskene døde i løbet af den første vinter. Til sammenligning døde 33 % af fiskene fra en kontrolgruppe uden krog i maven. Et år efter genudsætningen var der stadig krogrester i maven på de 17 % overlevende fisk. Forsøget understreger, at dybe krogninger kan påvirke overlevelsen af genudsatte fisk på lang sigt.

Få undersøgelser har evalueret, hvorvidt dybe krogninger og efterfølgende klip af linen kan påvirke fiskens fødeindtag og vækst<sup>129,130,134,135</sup>. Jenkins<sup>46</sup> fandt lavere vækst hos dybt krogede regnbueørreder under opdrætsforhold, hvis enkeltkrogen blev efterladt i fisken ved klip af linen. Derimod fandt en gruppe amerikanske forskere ingen forskel på væksten hos largemouth bass 40-137 dage efter krogen enten blev fjernet med krogløsertang fra dybt krogede individer eller efterladt i fisken ved klip af linen<sup>134</sup>. Fødeindtaget var også ens for fiskene i de to forsøgsgrupper. I forsøget blev fiskene fanget på enkeltkrog agnet med levende fisk eller orm. Fobert *et al.*<sup>130</sup> undersøgte ligeledes vækst hos blågælllet solaborre efter krogen var fjernet eller efterladt ved klip af linen. Solaborrerne blev fanget på regnorm med enkeltkrog, og de canadiske forskere lod fiskene sluge krogen. Ved eksperimentets afslutning ti dage senere var der ingen forskel på væksten blandt de overlevende fisk i forsøgsgrupperne.

Fisk kan afkroges på land eller mens de er i vandet. Ideelt set bør krogen fjernes, mens fisken holdes i vandet for at skåne slimlaget og mindske eksponeringstiden i luft<sup>138</sup>. I visse situationer kan det være nødvendigt at afkroge fisken, mens den er ude af vandet, særligt hvis krogen sidder dybt i fisken. Risikoen for at skade fiskens hud- og slimlag øges betydeligt, hvis den bliver placeret direkte på jord, sten, græs eller i bunden af båden under afkrogningen<sup>15,121</sup>. Derfor anbefaler flere forskere, at afkrogning af fisken ude af vandet sker på en våd afkrogningsmåtte, som kan skåne slimlaget<sup>14,15</sup>. Desuden lever fisk i et miljø, der stiller andre krav til anatomi, end et liv på land. En sprællende fisk på et hårdt underlag kan dermed være udsat for kontusioner og anden vævsskade.

Opsummeret kan kroge fjernes fra fisk vha. flere forskellige metoder. I tilfælde, hvor krogen er nem at komme til, kan den fjernes med fingrene. Sidder den lidt bedre fast, er det ofte en fordel at anvende en tang. Ved dybere krogninger f.eks. i midten af munden eller svælg er det ofte bedst at bruge en krogløser (disgorger). Er det ikke muligt at anvende en krogløser, hvis krogen sidder dybt begravet i gælle, spiserør eller mave, kan linen med fordel klippes, så krogen efterlades i fisken. Flere undersøgelser peger på, at dybt krogede fisk har bedst chance for at overleve, hvis linen bliver klippet, selvom det ikke altid er tilfældet. Den bedste strategi er derfor at undgå dybe krogninger.

#### 2.4.2. Lufteksponering

Lufteksponering er skadelig for alle fiskearter<sup>139</sup>. Fisk løftes ofte fri af vandet, når lystfiskeren fjerner krogen og eventuelt vejer, måler og/eller fotograferer fisken<sup>139,140</sup>. Når fisk er ude af vandet, forhindres gasudvekslingen over gællerne, hvilket fører til en række fysiologiske og biokemiske forstyrrelser<sup>141</sup>. Iltindholdet i blodet falder, mens koncentrationen af kuldioxid stiger<sup>96,139</sup>. Cellerne skifter fra aerob til

anaerob metabolisme ved iltmangel, hvorved der kan ske en ophobning af laktat i blodet og muskula-  
turen<sup>95,96,142</sup>.

Lufteksponering kan også føre til forstyrrelser i fiskens kardiovaskulære system<sup>139</sup>. Cooke *et al.*<sup>48</sup> mo-  
nitorerede hjerterytmen hos rock bass (*Ambloplites rupestris*), som blev udsat for luft i 30 eller 180 se-  
kunder. Hjerterefrekvensen faldt markant (bradykardi), mens fiskene var på land, hvorimod pulsen var  
unormalt hurtig (takykardi) i en periode, efter de var blevet returneret til vandet. Tiden, fisken var ude  
af vandet, påvirkede restitutionstiden. Ved 30 sekunders lufteksponering var hjerterytmen normal efter  
to timer, mens det tog fire timer ved 180 sekunders lufteksponering<sup>48</sup>.

Under fighten og ved lufteksponering aktiveres fiskens akutte stressrespons, hvorved der frigives  
stresshormoner, primært kortisol, til blodet<sup>139,143,144</sup>. En undersøgelse af gilthead seabream (*Sparus  
aurata*) viste eksempelvis, at koncentrationen af plasma kortisol var 50 gange højere en halv time ef-  
ter de blev udsat for 180 sekunders lufteksponering<sup>144</sup>. Fast *et al.*<sup>145</sup> fandt tilsvarende, at koncentra-  
tionen af plasma kortisol steg markant hos laks efter blot 15 sekunders lufteksponering. Akut stress  
kan i nogle tilfælde påvirke fiskens adfærd, vækst og overlevelse<sup>146-148</sup>. Cook *et al.*<sup>148</sup> viste eksempel-  
vis, at stress i forbindelse med 120 sekunders lufteksponering kan nedsætte overlevelsen af rødlaks  
(*Oncorhynchus nerka*) under deres opstrøms vandring til gydeområderne.

Intensiteten af de fysiologiske og biokemiske forstyrrelser øges generelt i takt med tiden, fisken er ude  
af vandet<sup>139,149,150</sup>. Derfor har eksponeringstiden i luft som regel betydning for fiskens adfærd og over-  
levelseschance efter genudsætning<sup>96,103,150,151</sup>. Schreer *et al.*<sup>152</sup> udtrættede kildeørreder i et bassin  
ved at jage dem rundt med hånden i 30 sekunder for at simulere stresspåvirkninger i forbindelse med  
C&R. Efterfølgende blev grupper af ørreder holdt ude af vandet i enten 0, 30, 60 eller 120 sekunder.  
Efter lufteksponeringen blev ørredernes maksimale svømmehastighed testet i en svømmetunnel og  
deres overlevelse fulgt de efterfølgende tre måneder i et indendørs bassin. Kildeørredernes svømme-  
egenskaber var markant nedsat umiddelbart efter 120 sekunders lufteksponering. Næsten halvdelen  
af ørrederne var ikke villige eller i stand til at svømme under testen. Fiskenes svømmeegenskaber var  
uændrede efter 30 eller 60 sekunders lufteksponering i forhold til kontrolgruppen. Alle ørreder var i  
live ved forsøgets afslutning. Forskerne vurderede dog, at nedsatte svømmeegenskaber efter længe-  
revarende lufteksponering kan føre til øget dødelighed i naturen pga. prædation.

Tolerancen over for lufteksponering er artsspecifik<sup>139,153</sup>. Hverken White *et al.*<sup>151</sup> eller Thompson *et al.*  
<sup>149</sup> fandt dødelighed blandt smallmouth og largemouth bass efter de var udtrættet og udsat for ti mi-  
nutters lufteksponering. Restitutionsperioden var dog kortere for largemouth bass efter de blev genud-  
sat. Det tog bl.a. længere tid for smallmouth bass at genfinde balancen i vandet og inden deres venti-  
lationsrate (dvs. gællelågsbevægelser) var normal. Arlinghaus & Hallermann<sup>154</sup> viste øget dødelighed  
hos sandart, efter de var udtrættet i to minutter og efterfølgende eksponeret for luft i 60-240 sekunder.  
Karper (*Cyprinus carpio*) kan i modsætning hertil overleve i flere timer ude af vandet, så længe de  
holdes fugtige, idet længerevarende lufteksponering kan resultere i permanente vævsskader pga. ud-  
tørring<sup>153</sup>. Gingerich *et al.*<sup>103</sup> fandt lav dødelighed (< 12 %) hos blågælllet solaborre efter de var udsat  
for luft i op til 16 minutter ved vandtemperaturer på mellem 18 og 23 °C. Ved 27 °C steg dødeligheden  
markant (op til 80 %) efter fire minutters lufteksponering. Disse eksempler viser, at tolerancen over for  
luft ikke alene varierer mellem fiskearter, men også afhænger af miljømæssige faktorer under fiske-  
riet, herunder vandtemperaturen<sup>103,139</sup>.

Samlet set fører lufteksponering til forstyrrelser af fiskens fysiologiske processer, hvilket kan påvirke  
fiskens adfærd og overlevelse efter genudsætning. Intensiteten af de fysiologiske ændringer afhæn-  
ger af tiden, fisken er ude af vandet og fiskearterne har forskellige tolerancer over for lufteksponering.

Overlevelseschancerne efter genudsætning forbedres generelt, når fiskens tid ude af vandet minimeres.

## 2.5. Opbevaring af fisk inden genudsætning

I visse typer af lystfiskeri opbevares fiskene nogle gange, inden de bliver genudsat (Figur 1). Midlertidig opbevaring af fisk praktiseres hovedsageligt i medefiskeri efter karpfisk, f.eks. skalle (*Rutilus rutilus*), brasen (*Abramis brama*), suder (*Tinca tinca*) og karpe. Medefiskeri er en form for passivt fiskeri, hvor lystfiskeren typisk kaster en krog med naturlig (f.eks. regnorm og maddiker) eller vegetabilsk (f.eks. majs-korn og brød) agn ud i vandet og lader den være, indtil fisken bider på. Efter fangst bliver fisken i visse tilfælde opbevaret i såkaldte "keepnets" eller "carp sacks" over en relativ kort periode (nogle få minutter til timer) inden den genudsættes<sup>155</sup>. Formålet med at opbevare fiskene er primært at kunne opgøre og dokumentere fangsten ved afsluttet fiskeri<sup>155,156</sup>. Karper i "trofæstørrelse" bliver ofte opbevaret i carp sacks, hvis de fanges om natten, indtil det er muligt at tage et billede af fisken under bedre lysforhold<sup>156</sup>.

Opbevaring af fisk i keepnets kan skade fiskens slimlag og føre til tab af skæl pga. berøring med nettet<sup>157-159</sup>. Derved kan risikoen for infektioner med bakterier, virus og svampe øges<sup>107,108,110</sup>. Opbevaring af fisk i keepnets kan også forårsage skader på fiskens finner<sup>155,157</sup>. Forekomsten og intensiteten af slimtab og finneskader kan afhænge af nettets materiale og maskestørrelse<sup>155</sup>. Gallardo *et al.*<sup>157</sup> sammenlignede slimtab og finneskader hos sudere efter 24 timers opbevaring i keepnets fremstillet af blødt tekstil uden knuder (1 mm maskestørrelse) eller nylon med fine knuder (1,7 cm maskestørrelse). Resultaterne fra undersøgelsen viste, at knudeløse keepnets fremstillet af blødt tekstil med lille maskestørrelse reducerede hyppigheden af skader på fiskenes slimlag og finner.

Midlertidig opbevaring af karper i carp sacks efter fangst kan forlænge varigheden af den fysiologiske stressrespons og påvirke fiskens adfærd i de første timer efter genudsætning<sup>156,160</sup>. En undersøgelse viste eksempelvis, at karperne havde lavere svømmeaktivitet og primært var stationære i op til én time efter de blev genudsat<sup>156</sup>. Pottinger<sup>161</sup> og Gallardo *et al.*<sup>157</sup> fandt dog, at opbevaring af hhv. karper og suder i keepnets ikke påførte fiskene yderligere stress efter fangst.

Forskning peger på, at kortvarig opbevaring af karpfisk i keepnets og carp sacks ikke påvirker deres vækst og overlevelse efter genudsætning<sup>155,156,160</sup>. Raat *et al.*<sup>155</sup> undersøgte eksempelvis vækst og overlevelse hos brasen, skalle, rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*), rimte (*Leuciscus idus*) og karpe, efter de var opbevaret i knudeløse keepnets fremstillet af nylon i op til fire timer. Efter opbevaringen blev fiskene genudsat i nogle drænbare damme (0,2-0,4 ha). Ved forsøgets afslutning to måneder senere var væksten og dødeligheden blandt de fem fiskearter (1-11 %) ikke forskellig i forhold til artsfæller, som ikke blev opbevaret i keepnets. Rapp *et al.*<sup>156,160</sup> fandt tilsvarende, at opbevaring af karper i carp sacks i op til ni timer ikke påvirkede overlevelsen. Alle karper var i live ved forsøgets afslutning to måneder efter genudsætningen.

Det tyder derfor på, at midlertidig opbevaring af karpfisk i keepnets og carp sacks kan skade slimlaget samt finner og i visse tilfælde have en kortvarig effekt på fiskens adfærd og stressrespons. Den efterfølgende vækst og overlevelse lader dog ikke til at være påvirket.

## 2.6. Genudsætning

Den sidste fase i C&R er genudsætning af fisken. Ved genudsætningen er det vigtigt, at lystfiskeren vurderer fiskens tilstand<sup>56</sup>. Hvis fisken er udmattet og har svært ved at genfinde balancen i vandet, kan den støttes med et løst greb om haleroden med den ene hånd og under bugen med den anden, indtil den selv kan holde sig oprejst og forsøger at svømme væk<sup>56,162</sup>. I strømmende vand anbefales

det generelt at holde fiskens hoved op mod strømretningen for at øge vandstrømningen hen over gællerne<sup>162,163</sup>. Robinson *et al.*<sup>164,165</sup> fandt dog ingen effekt ved at anvende denne teknik i forbindelse med genudsætning af rødlaks på deres overlevelse og vandrings succes mod gydeområderne frem for at genudsætte laksene uden at holde dem op mod strømretningen. I stillestående vand kan fisken bevæges forsigtigt rundt i ottetaller med hovedet rettet fremad for at øge vandstrømningen hen over gællerne<sup>162,163</sup>. Der findes dog meget begrænset videnskabelig dokumentation for, hvorvidt denne teknik har en positiv indflydelse på fiskens restitution og overlevelseschancer. En canadisk undersøgelse på largemouth bass og kildeørred fandt ingen effekt af at bevæge fiskene rundt med hovedet fremad ved genudsætningen på deres evne til at genfinde balancen i vandet efter 8-10 minutters lufteksponering sammenlignet med en kontrolgruppe<sup>163</sup>. Fiskene i kontrolgruppen blev tilsvarende udsat for luft, men ikke manøvreret rundt i vandet i forbindelse med genudsætningen. Forskeren bevægede også individuelle fisk skiftevis frem og tilbage i vandet og fandt ligeledes ingen effekt af denne støttende ventilationsteknik. Endelig blev der taget blodprøver fra largemouth bass én time efter de havde genfundet balance. Blodets koncentration af laktat og glukose var ikke statistisk forskellig mellem kontrolgruppen og fisk, som enten blev bevæget frem og tilbage eller ført kontinuerligt rundt med hovedet fremad ved genudsætningen. Overlevelsen af largemouth bass blev fulgt i flydende netbure de næste 24 timer efter blodprøven var taget, og der var ingen dødelighed i denne periode. Kildeørredernes overlevelse blev ikke undersøgt.

Generelt anbefales det ikke føre fisken skiftevis frem og tilbage i vandet ved genudsætningen<sup>162</sup>. Det skyldes, at fiskens respiration (dvs. gasudveksling af ilt og kuldioxid) er tilpasset til at fungere bedst, når der løber en ensrettet vandstrømning ind gennem munden, videre hen over gællerne og ud af gællelågene<sup>166</sup>. Det bør undgås at genudsætte fisken, hvor der lokalt vis er forhøjet koncentration af suspenderede partikler, f.eks. dødt organisk materiale, okker eller sediment, idet visse typer af partikler kan sætte sig fast på gællerne og nedsætte respirationen. Det kan eksempelvis være i områder, hvor lystfiskeren har trådt organisk materiale op fra bunden eller brinken.

Fiskens restitutionstid efter genudsætning forlænges typisk i takt med intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser, som opstår i forbindelse med fight og håndtering<sup>10,167</sup>. Perioden indtil de fysiologiske processer vender tilbage til baselineniveau, dvs. niveauerne før fisken blev fanget, og fisken udviser normal adfærd efter genudsætning er artsspecifik og kan afhænge af miljømæssige faktorer, herunder vandets iltindhold og temperatur. I de fleste tilfælde er de fysiologiske parametre (f.eks. stresshormoner og metabolisme) og adfærden tilbage på normalt niveau inden for de første 48 timer efter genudsætningen<sup>150,168-170</sup>.

Flere studier peger på, at fisk er særlig sårbare over for prædation i restitutionsperioden, indtil deres fysiologi og adfærd er normaliseret<sup>171-173</sup>. Dette gælder især i områder med højt prædationstryk<sup>171,174-176</sup>. Eksempelvis fandt Danylchuk *et al.*<sup>172</sup> øget dødelighed (17 %) hos genudsatte bonefish pga. prædation fra citronhaj (*Negaprion brevirostris*) og barracuda (*Sphyraena barracuda*). Risikoen for prædation var seks gange højere blandt bonefish, som havde problemer med at genfinde balancen efter genudsætningen. Cooke & Philipp<sup>173</sup> observerede ingen prædation på bonefish efter genudsætning i områder med lav tæthed af citronhajer, hvorimod 39 % blev præderet i områder med høj tæthed af hajer. I alle tilfælde blev fiskene præderet inden for den første halve time efter genudsætningen. På baggrund af undersøgelsen anbefalede forskerne at mindske C&R-fiskeri i områder med høj risiko for prædation.

Opsummeret findes der, os bekendt, ikke videnskabelig dokumentation for at støttende ventilation af fiskens gæller ved at bevæge fisken rundt i vandet kan forbedre overlevelseschancerne efter genudsætningen. Omvendt peger de få tilgængelige undersøgelser heller ikke på, at støttende ventilation

skader fisken. Hvis er fisken udmattet, anbefales det at lystfiskeren støtter fisken i vandet, indtil den selv forsøger at svømme væk.

## 2.7. Miljømæssige faktorer

### 2.7.1. Vandtemperatur

Vandtemperaturen har generelt afgørende betydning for fiskens trivsel og overlevelse i C&R<sup>11,17,177</sup>. Fisk er vekselvarme (poikiloterme), og deres krop har nogenlunde samme temperatur som det omgivende vand. Ændringer i vandtemperaturen har derfor stor betydning for fiskens fysiologiske og biokemiske processer, herunder celledfunktion<sup>178</sup>, proteinstruktur<sup>179</sup>, enzymaktivitet<sup>180</sup> og metabolisme<sup>181,182</sup>. En given fiskeart fungerer bedst ved en bestemt vandtemperatur, kendt som optimaltemperaturen. Fisk kan trives i et interval på begge sider af optimaltemperaturen, dog kun suboptimalt<sup>104,183,184</sup>. Fiskearter har forskellige fysiologiske temperaturløtolerancer og -optima<sup>182,185</sup>. Nogle fiskearter har et relativt snævert toleranceområde og er følsomme over for relativt små ændringer i vandtemperaturen (såkaldte stenoterme fisk), hvorimod andre arter kan tolerere store temperaturudsving (såkaldte euryterme fisk). Endvidere er nogle fiskearter tilpasset livet i forholdsvis koldt vand (f.eks. laks, ørred og torsk), mens andre arter trives bedst i varmere vand (f.eks. karpe og suder). Uden for fiskens toleranceområde findes den såkaldte letaltemperatur, som er den øvre og nedre temperaturgrænse, hvor fisken dør<sup>104,182</sup>. Fisk er generelt mere sårbare over for yderligere stresspåvirkninger, når vandtemperaturen nærmer sig den nedre og øvre fysiologiske tolerancegrænse<sup>182</sup>.

Ved C&R stiger dødeligheden af fisk som regel ved høje vandtemperaturer. Dette gælder for mange forskellige arter<sup>10,11,18,76,103,177,186,187</sup>. Det skyldes, at fisken er tættere på dens øvre temperaturgrænse, samtidig med at fighten og evt. efterfølgende lufteksponering uundgåeligt vil forstyrre de fysiologiske processer yderligere<sup>91,101,103,142,177,188</sup>. Derved er intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser som udgangspunkt altid højere i varmt end koldt vand, hvilket betyder at fisken får opbygget en større iltgæld<sup>189</sup>. Endvidere falder mængden af ilt der kan opløses i vandet gradvis med højere vandtemperatur, hvilket kan udtrætte fisken mere under fighten. De generelt lavere iltforhold ved højere vandtemperaturer betyder også, at fisken kan have sværere ved at indfri iltgælden ved høj end ved lav temperatur efter genudsætningen<sup>189-191</sup>. Samlet set betyder det, at dødeligheden typisk er højere i varmt vand.

Fangst og håndtering af fisk i frostvejr kan skade fiskens øjne, hud og gæller, hvis den løftes fri af vandet<sup>10,192-194</sup>. Fiskens hud og øjne er særligt i risiko for at blive skadet, hvis den bliver lagt/håndteret direkte oven på is eller sne, f.eks. i forbindelse med isfiskeri<sup>192,193</sup>. De få tilgængelige studier har dog rapporteret begrænset dødelighed hos én eller flere fiskearter under isfiskeri efter kortvarig luft-eksponering<sup>195-198</sup>. Det skal understreges, at langt de fleste af disse studier kun har fulgt fiskene en relativ kort periode efter genudsætningen<sup>192,198</sup>. Czarkowski & Kapusta<sup>198</sup> fandt eksempelvis en overlevelse på over 98 % blandt genudsatte skaller og aborrer, som blev fanget fra isen i to polske søer. Fiskenes overlevelse blev fulgt fire timer efter genudsætningen. Twardek *et al.*<sup>199</sup> og Logan *et al.*<sup>197</sup> undersøgte overlevelsen af walleye de første 24 timer efter genudsætningen ved at opbevare fiskene i netbure under isen og fandt overlevelser på hhv. 93 og 100 %.

Opsummeret stiger dødeligheden hos genudsatte fisk som regel ved høje vandtemperaturer. Det skyldes, at omfanget af de fysiologiske forstyrrelser efter fangst og håndtering typisk er højere i varmt end koldt vand. Fiskearter har forskellige temperaturløtolerancer, og derfor varierer den kritiske vandtemperatur i forbindelse med C&R mellem arterne.

### 2.7.2. Vanddybde

Hurtige trykændringer, der kan opstå, når fisken bliver kroget på dybt vand og fightet til overfladen, kan påføre fisken alvorlige skader kendt som barotraumer<sup>10,200,201</sup>. Det omgivende tryk falder i takt med at fisken bringes til overfladen, hvilket medfører, at fiskens svømmeblære udvides. Hvis trykket ikke udlignes tilstrækkeligt undervejs, kan svømmeblæren udvide sig så meget, at mavesækken og/eller svømmeblæren bliver presset ud i fiskens mundhule<sup>200,202,203</sup>. I nogle tilfælde kan svømmeblæren bryde<sup>203,204</sup>. Presset fra en udspilet svømmeblære kan samtidig skade fiskens indre organer<sup>10</sup>. Dannelse af gasbobler i fiskens indre organer og blodbaner, sprængning af blodkar, vævsskader, op-pustet bughule og udstående øjne er andre typer af skader, som kan opstå hos visse fiskearter, når de fightes hurtigt fra dybt vand til overfladen<sup>200,201,203–206</sup>.

Fiskearter med lukket svømmeblære (f.eks. aborre, sandart og torsk) er særlig sårbare over for hurtige trykændringer<sup>203,207</sup>. Det skyldes, at denne type svømmeblære kun forholdsvis langsomt kan udligne trykforskelle, idet blæren ikke har direkte forbindelse til tarmen. Reguleringen af gasser fra svømmeblæren sker i stedet ved passiv diffusion til blodet via et afsnit i svømmeblæren, der kaldes ovalen<sup>104,208</sup>. Fiskearter med åben svømmeblære (f.eks. laks, karpe, og gedde) kan derimod hurtigere udligne et overtryk i blæren ved at frigive gas til omgivelserne via tarmen. Barotraumer forekommer derfor sjældnere hos fisk med denne type svømmeblære.

Genudsætning af både fersk- og saltvandsfisk med barotraumer kan være forbundet med øget dødelighed<sup>10,205,209</sup>. I nogle tilfælde er fisken ikke i stand til at returnere til dybere vand og flyder rundt i overfladen pga. overtrykket i svømmeblæren og/eller overskydende gas i bughulen<sup>210–212</sup>, hvilket kan øge risikoen for prædation eller udsætte fisken for suboptimale temperaturforhold<sup>127,171,203,210,213</sup>. En række udenlandske forsøg har undersøgt, om overlevelsen af fisk med barotraumer kan forbedres efter genudsætning. En af de mest testede metoder er punktering af svømmeblæren med en injektionsnål for at frigive overskydende gas fra svømmeblæren<sup>207</sup>. Metoden har vist at kunne øge overlevelsen af flere fersk- og saltvandsarter efter genudsætning<sup>210,214</sup>. Der er dog også undersøgelser, som ikke finder en positiv effekt af denne metode på fiskens overlevelse<sup>207,215,216</sup>, og nogle fraråder endda at punktere svømmeblæren<sup>56,217</sup>. Punkteringen af svømmeblæren fjerner kun overtrykket fra svømmeblæren og afhjælper ikke andre typer skader forårsaget af hurtige trykændringer, eksempelvis blødninger og blodpropper i de indre organer<sup>207,218</sup>. Metoden efterlader desuden et sår, og der er risiko for at ramme andre vitale organer med nålen<sup>207,210,217,219</sup>. En anden metode er at montere fisken med et særligt synk, der hurtigt bringer fisken tilbage på dybt vand og herefter kan frigøres fra fisken<sup>219</sup>. Herved kan trykket i fisken udlignes, og den vil i nogle tilfælde kunne svømme væk og overleve<sup>207</sup>. Alternativt kan fisken bringes hurtigt tilbage på dybere vand i en perforeret kasse eller netpose forsynet med synk og en udløsningsmekanisme<sup>203,207,215,220,221</sup>. Fisken kan derved genudsættes på den ønskede vanddybde. Nogle undersøgelser rapporterer imidlertid, at disse metoder ikke altid forbedrer overlevelsen hos visse fiskearter med tegn på barotraumer efter genudsætningen<sup>215</sup>.

Samlet set kan hurtige trykændringer påføre fisk alvorlige barotraumer, når de fightes fra dybt vand til overfladen. Fiskearter har forskellig tærskel for, hvilke fangstdybder der er problematiske. Fisk med lukket svømmeblære er typisk mere sårbare over for hurtige trykændringer end arter med åben svømmeblære. Barotraumer kan nedsætte trivslen og overlevelsen hos genudsatte fisk.

### 2.8. Fiskens størrelse

Fiskens størrelse kan have indflydelse på trivslen og overlevelsen efter genudsætning<sup>14,16,17,222,223</sup>. Som tidligere nævnt er varigheden af fighten generelt længere for større fisk i forhold til mindre arts-fæller<sup>28,87,102</sup>. Derved er intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser ofte højere for større individer



umiddelbart efter fighten<sup>87,90</sup>. Derudover er store fisk typisk ude af vandet længere tid end mindre artsfæller inden de bliver genudsat<sup>14,56,224,225</sup>. Det skyldes til dels, at store fisk bliver målt, vejede og fotograferet hyppigere, end mindre individer<sup>56,224</sup>. Udover at denne ekstra håndtering kan forlænge eksponeringstiden i luft, øges risikoen for at fiskens hud- og slimlag bliver beskadiget undervejs (se afsnit 2.3). Endvidere viser en række artsspecifikke undersøgelser, at store fisk ofte kroges dybere end mindre artsfæller, idet de har en større mund og dermed lettere kan sluge agnen<sup>22,33,38,60,84,86</sup>. Dette forhold kan også øge eksponeringstiden i luft, fordi det som regel tager længere tid at fjerne krogen, hvis den sidder dybt i fisken<sup>47,87</sup>. Samtidig er dybe krogninger ofte forbundet med øget risiko for blødning og vævsskade<sup>16,47</sup>. Alle ovennævnte forhold kan nedsætte fiskens overlevelseschancer, og sandsynligvis forklare hvorfor nogle C&R-studier finder højere dødelighed for større individer hos visse fiskearter<sup>17,39,41,222</sup>. Omvendt har andre artspecifikke undersøgelser rapporteret højere dødelighed efter genudsætningen blandt mindre individer inden for en fiskeart<sup>17,99,226,227</sup>. Denne sammenhæng skyldes formentlig, at en given krogstørrelse i nogle tilfælde laver et relativt større krogår i de mindre individer sammenlignet med større artsfælder, hvilket kan resultere i øget blødning<sup>223,228</sup>. En stor krog i forhold til fiskens størrelse kan også øge risikoen for fejkrogning hos visse arter og dermed skade fisken<sup>70,71</sup>. Det er imidlertid ikke alle undersøgelser, som finder en relation mellem fiskens størrelse og overlevelse efter genudsætning<sup>47,85</sup>. Dette forhold kan afhænge af mange faktorer, herunder fiskearten og måden hvorpå fisken fanges og håndteres<sup>14</sup>.

### 3. Danske fiskearter i catch and release-lystfiskeri

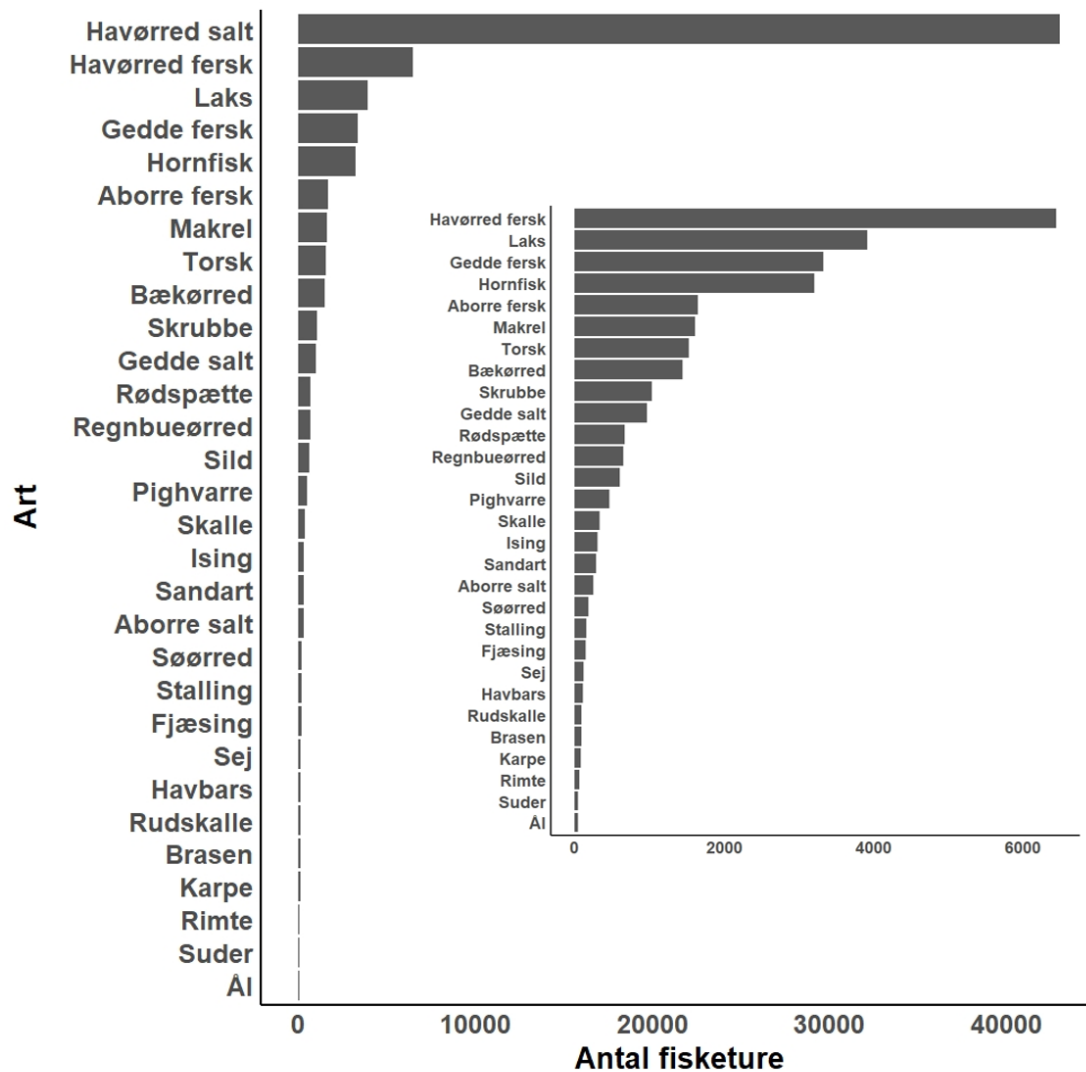
I de følgende afsnit kigges nærmere på undersøgelser om C&R-effekter, der er lavet på nogle af de fiskearter, som hyppigst indgår i C&R-fiskeri i Danmark.

For at kortlægge, hvilke fiskearter der især lystfiskes efter i Danmark og i hvilket omfang fisk inden for disse arter genudsættes, har vi fulgt to spor. Det første spor tager udgangspunkt i en undersøgelse fra 2010, hvor 1.558 deltagere i et brugerpanel (svarrate 44 %) blev bedt om at angive, hvilke typer af lystfiskeri, de dyrkede (Tabel 1). Denne undersøgelse kiggede dog ikke specifikt på fiskearter og heller ikke i hvilket omfang, de fangede fisk blev genudsat. For at supplere med viden om disse forhold blev data fra DTU Aquas citizen science-projekt "Fangstjournalen" inkluderet. I Fangstjournalen kan borgere/lystfiskere tilmelde sig projektet og bidrage med data fra deres fisketure, herunder målarter, fangster og hvorvidt fisken er genudsat eller hjemtaget. I skrivende stund er omkring 14.000 lystfiskere tilmeldt projektet og siden 2016 har omkring 2-3.000 lystfiskere årligt bidraget med data. Data repræsenterer sandsynligvis ikke den gennemsnitlige danske lystfisker, da deltagerne i citizen science-projektet typisk fisker oftere og går mere op i deres hobby end dem, der ikke deltager. Undersøgelser har vist, at denne gruppe lystfiskere er mere tilbøjelige til at genudsætte fisk, som lovligt kunne hjemtages. Dette vil forventeligt betyde, at andelen af genudsatte fisk som Fangstjournalens tal indikerer, er højere end, hvad man ville finde hos den gennemsnitlige lystfisker<sup>229,230</sup>. Tallene er dog stadig relevante i forhold til at få indsigt i den relative fordeling mellem målarter og genudsætningsrater. Samtidig er data fra Fangstjournalen de eneste tilgængelige, der kan give et indblik i disse forhold på tværs af fiskearter i det danske lystfiskeri (Figur 4-6).

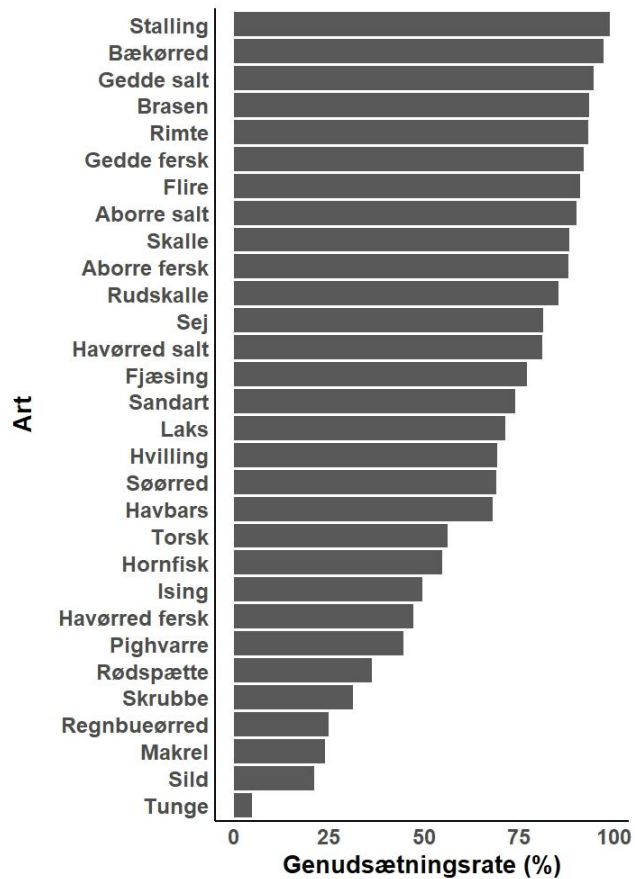
**Tabel 1. Fordeling (%) af lystfiskeri i Danmark på typer af fiskevande og fiskeformer.**

| Fiskeformer   | Andel (%) |
|---|-----------|
| Kystfiskeri - efter bl.a. havørred og hornfisk                      | 27        |
| Kystfiskeri - molefiskeri, fiskeri efter bl.a. fladfisk             | 8         |
| Surfcasting - medefiskeri fra kysten efter bl.a. torsk og fladfisk  | 2         |
| Samlet (kystfiskeri)  | 37        |
| Søfiskeri - efter rovfisk som gedde, sandart og aborre              | 8         |
| Søfiskeri - efter medefisk som bl.a. karpe, brasen og skalle        | 3         |
| Søfiskeri - efter udsatte ørreder (put & take)                      | 14        |
| Samlet (sø-fiskeri)   | 25        |
| Å-fiskeri - efter havørred og laks                                  | 8         |
| Å-fiskeri - efter bl.a. regnbueørred, bækørred, stalling og gedde   | 8         |
| Samlet (Å-fiskeri)  | 16        |
| Trollingfiskeri - efter havørred og laks                            | 6         |
| Havfiskeri - pirkefiskeri bl.a. efter torsk                         | 9         |
| Havfiskeri - medefiskeri bl.a. efter torsk, fladfisk, sej og makrel | 4         |
| Samlet (havfiskeri)   | 19        |
| Andre former for fiskeri  | 5         |

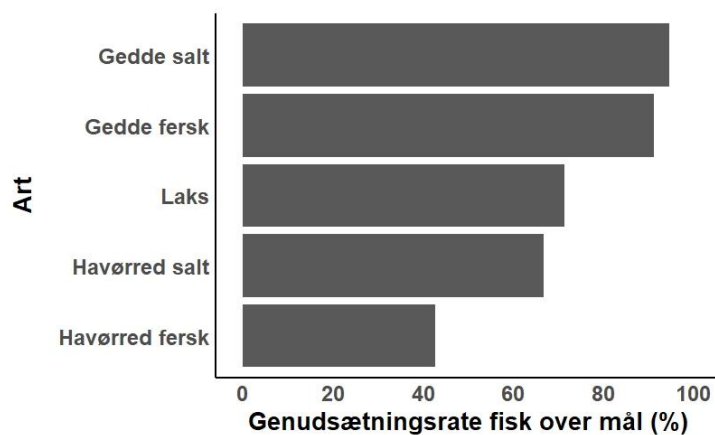
Kilde: Kromand *et al.*<sup>13</sup>.



Figur 4. Antallet af fisketure efter forskellige fiskearter i fersk- og saltvand indrapporteret af lystfiskere i DTU Aquas digitale citizen science-plattform "Fangstjournalen" i perioden 2016-2020. Fiskeri efter havørred i saltvand er den meste hyppige fiskeform. Den indlejrede figur viser fordelingen uden havørred i saltvand. Laks fanges både i ferskvand og saltvand, men tallene er i denne forbindelse slået sammen, da blot 2,5 % af fisketurene er indrapporteret fra saltvand.



Figur 5. Genudsætningsraten (%) for de 30 mest fangede fiskearter i fersk- og saltvand i perioden 2016-2020. Kilde: Fangstjournalen.



Figur 6. Genudsætningsraten (%) for gedde, laks og havørred over mindstemålet i perioden 2016-2020. Mindstemål: gedde 60 cm; havørred 40 cm (undtagen Odense Fjord); laks 40 cm i ferskvand og 60 cm i saltvand. Kilde: Fangstjournalen.

### 3.1. Laksefamilien (Salmonidae)

I Danmark består laksefamilien af seks naturligt forekommende ynglende fiskearter: snæbel (*Coregonus oxyrinchus*), helt (*Coregonus lavaretus*), heltling (*Coregonus albula*), laks (*Salmo salar*), ørred (*Salmo trutta*) og stalling (*Thymallus thymallus*). Der er importeret en række forskellige arter tilhørende laksefamilien til danske dambrug gennem tiden. Syv af disse arter er registreret i den danske natur som følge af udsætninger og udslip, herunder regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) og kildeørred (*Salvelinus fontinalis*)<sup>231</sup>.

Ørreden har forskellige livsformer og betegnes bækørred, søørred og havørred, når den tilbringer det meste af livet i hhv. vandløb, søer eller saltvand. Kystfiskeri efter havørred er den mest udbredte fiskeform i Danmark. Ifølge Kromand *et al.*<sup>13</sup> udgør kystfiskeri efter havørred 27 % af det samlede lystfiskeri (Tabel 1). Data fra Fangstjournalen peger tilsvarende på, at kystfiskeri efter havørred er den mest udbredte fiskeform (Figur 4). Fiskeriet udøves typisk som spinne- og fluefiskeri og foregår primært på de åbne kyster og i fjorde.

Å-fiskeri efter laks og havørred er ligeledes en populær fiskeform i Danmark (Tabel 1; Figur 4). Fiskeriet efter laks sker overvejende i de vestvendte vandløb, herunder Storå, Skjern Å, Varde Å, Sneum Å, Kongeå, Ribe Å, Brede Å og Vidå samt i den østvendte Gudenå. Ifølge Kromand *et al.*<sup>13</sup> udgør åfiskeri efter bækørred og stalling omkring 8 % af lystfiskeriet (Tabel 1). Det skal dog bemærkes, at fiskeri efter andre arter (f.eks. gedde og regnbueørred) også kan indgå i denne fiskeform. Stallingen er pt. totalfredet frem til den 15. maj 2026, og derfor skal alle stallinger genudsættes efter fangst (Figur 5). Trollingfiskeri efter laks og havørred udgør ca. 6 % af det samlede lystfiskeri i Danmark (Tabel 1). Fiskeriet foregår ved at agnen, ofte forholdsvis store blink, trækkes efter en båd med jævn fart i havområder. Der fiskes typisk efter store fisk, som ikke opholder sig kystnært<sup>13</sup>. Overordnet er ørred og laks er således nogle af de mest populære arter i det danske lystfiskeri (Figur 4).

Omkring 50-75 % af de lystfiskerfangne laks og ørred bliver genudsat ifølge tal fra Fangstjournalen (Figur 5). Genudsætningsraten er lavere for havørred fanget i ferskvand sammenlignet med artsfæller fanget i saltvand og laks (Figur 5). Dette mønster gælder også for fisk, som er over mindstemålet (Figur 6). I visse vandløb og fjorde er laks og havørreden totalfredet, herunder Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord. Derfor skal alle fisk genudsættes efter fangst i disse områder. Samtidig findes der i flere kystområder fangstbegrænsninger i form af daglige såkaldt "Bag limits", hvor kun et givent antal ørreder må hjemtages pr. person pr. dag (ofte 2-3 stk.). Det gælder på flere lokaliteter bl.a. på Sjælland, i Sønderjylland og på Bornholm.

#### 3.1.1. Laks (*Salmo salar*)

Laks er blandt de mest undersøgte arter i relation til C&R<sup>11</sup>. I de følgende afsnit opsummeres nogle af de væsentligste faktorer, som kan påvirke trivsel og overlevelsen af genudsatte laks fra udvalgte undersøgelser. Nogle studier vurderer effekten af C&R ved autentisk lystfiskeri under naturlige forhold (dvs. almindeligt lystfiskeri med stang og snøre), mens andre simulerer en fangst-genudsætning situation i laboratorieforsøg eller under semi-naturlige forhold. I en del studier bliver laksene eksempelvis kroget manuelt i munden af forskerne, hvorefter de fightes på stang for at simulere C&R. Andre studier udtrætter laksene ved at jage dem rundt i et bassin og/eller udsætter dem for luft i laboratoriet for at efterligne stresspåvirkninger i forbindelse med C&R.

Vandtemperaturen ved fangsttidspunktet har ofte en stor betydning for overlevelsen af genudsatte laks (Figur 7; Tabel 2). Dødeligheden efter genudsætning er generelt mindre end sammenlagt 12 % ved vandtemperaturer under 18 °C<sup>102,232-236</sup>. Ved højere vandtemperaturer stiger risikoen for dødelig-

hed ofte markant<sup>122,188,236–238</sup>. Et metastudie baseret på 18 uafhængige undersøgelser fandt eksempelvis en gennemsnitlig dødelighed på 18-27 % ved vandtemperaturer mellem 21-23 °C<sup>236</sup>. Ved 18-20 °C var den estimerede gennemsnitlige dødelighed 10-15 %, mens den var mindre end 8 % ved vandtemperaturer under 18 °C<sup>236</sup>. Et nyt canadisk studie, som ikke indgik i metaanalysen, har ligeledes undersøgt effekten af vandtemperaturen på overlevelsen af genudsatte laks<sup>122</sup>. Laksene blev fanget ved fluefiskeri på kroge uden modhage i en flod beliggende i Newfoundland og Labrador, Canada. Forsøget inkluderede samlet set 119 laks, som blev fanget fra juli til september, og de fleste laks i forsøget havde tilbragt én vintersæson i havet. I forbindelse med fangsten blev laksene mærket med radiomærker, og overlevelsen blev efterfølgende bestemt ved manuelle pejlinger efter de radiomærkede laks i kombination med stationære pejlingsstationer placeret langs floden. Baseret på disse data udførte forskerne modelberegninger på laksenes overlevelseschancer de første 30 dage efter genudsætningen ved forskellige vandtemperaturer. Modellen viste, at den gennemsnitlige overlevelseschance var 97 % ved vandtemperaturer under 18 °C på fangsttidspunktet. Ved 18 og 20 °C var den estimerede overlevelseschance på hhv. 89 og 78 %. Antallet af laks fanget ved vandtemperaturer over 20 °C var lav i undersøgelsen, hvilket øgede den statistiske usikkerhed på de modellerede overlevelseschancer under høje temperaturforhold. Med dette forbehold *in mente* var den gennemsnitlige overlevelseschance 58 % ved vandtemperaturer mellem 21-25 °C. Havn *et al.*<sup>234</sup> fandt også øget dødelighed hos genudsatte laks med stigende vandtemperatur i en norsk flod. Laksene i dette forsøg blev fanget på blink og flue og efterfølgende mærket med radiomærker for at undersøge overlevelsen efter genudsætning. Dødeligheden hos de genudsatte laks var 7 % ved 17 °C, mens 14 % af fiskene døde ved 20 °C (Tabel 2). Et par andre studier har fundet betydelig højere dødelighed ved vandtemperaturer omkring 20 °C. Anderson *et al.*<sup>237</sup> rapporterede en dødelighed på 80 % hos laks 72 timer efter simuleret C&R ved 20 ± 2 °C (Tabel 2). Laksene blev kroget manuelt i overkæben og efterfølgende fightet til udmattelse med en fluestang i en semi-naturlig kanal ved en canadisk forskningsstation. Resultaterne var baseret på fem laks og nogle få dage inden den simulerede fangst i kanalen, havde fiskene fået indopereret et mærke gennem bughulen, som monitorerede hjerterytmen, hvilket kan have øget deres stressniveau forud for forsøget. Wilkie *et al.*<sup>238</sup> fandt 40 % dødelighed blandt genudsatte laks ved 20 ± 2 °C. I denne undersøgelse blev forsøgsfiskene fanget vha. en fiskefælde og opbevaret i mindst 24 timer i en neddykket perforeret trækasse placeret langs bredden i en canadisk flod. Herefter blev laksene kroget manuelt i overkæben og fightet med en fluestang i floden. Efter fangst blev laksene flyttet til en anden opbevaringskasse forsynet med rindende vand fra floden for at bestemme deres overlevelse over de næste 12 timer. Forsøget var baseret på forholdsvis få laks (ti individer) og inkluderede ikke en kontrolgruppe for at teste, om opbevaringen i sig selv havde en effekt på laksenes overlevelsen. Derfor skal resultaterne fra de to sidstnævnte undersøgelser, som viser dødeligheder på hhv. 40 og 80 % ved 20 ± 2 °C, vurderes med stor forsigtighed<sup>237,238</sup>.

Den nedsatte overlevelse ved høj vandtemperatur skyldes sandsynligvis, at intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser i forbindelse med fight og håndtering stiger med vandtemperaturen<sup>235,237,238</sup>. Under fighten bruger laksen ofte mere ilt, end den kan nå at optage, hvilket fører til, at der opbygges iltgæld. Ved iltmangel skifter cellerne til anaerob metabolisme, hvorved koncentrationen af laktat stiger i blodet og muskelvævet, mens pH falder<sup>102,188,235,238</sup>. Samtidig falder mængden af ilt, der kan opløses i vandet gradvis med højere vandtemperatur. Det betyder, at laksen har sværere ved at indfri den opbyggede iltgæld i varmt end koldt vand, hvilket kan nedsætte overlevelseschancerne efter genudsætning<sup>237,238</sup>.

Et nyere metastudie baseret på 20 undersøgelser med i alt 512 laks fandt en gennemsnitlig overlevelse på 93 % efter genudsætning<sup>239</sup>. Den vigtigste faktor for laksenes overlevelse var, ud over vandtemperaturen, agntypen, med højeste overlevelsesprocent på fluefangede laks (96 %) og lavere på

kunstagn og naturlig agn (86 % hhv. 85 %). Krogningsstedet havde ingen betydning for laksens overlevelseschance i metaanalysen. Dette kan dog forklares ved, at metastudiet overvejende kiggede på langtidseffekter, og en dybere krogning i gæller og svælg fører oftere til, at fisken dør i forbindelse med eller kort tid efter genudsætning. Warner & Johnsson <sup>78</sup> fandt eksempelvis en dødelighed på 72 % blandt vilde laks, som var kroget dybt i svælg ved ormefiskeri i en nordamerikansk flod. Alle laks døde inden for de første 24 timer efter genudsætningen. Warner <sup>240</sup> fandt, at bevidst dyb krogning (i gæller og svælg) af opdrættede laks med naturlig agn (regnorm på enkeltkrog) resulterede i 73 % dødelighed efter 14 dage sammenlignet med 5 % dødelighed ved almindeligt lystfiskeri i opdrætsbassinerne på tværs af forskellige typer af agn (kunstagn, flue, regnorm). Dog overlevede flere af de bevidst dybtkrogede laks, hvis krognen blev efterladt i fisken ved klip af linen, end hvis krognen blev fjernet (43 % vs. 10 %). Studiet fandt desuden ingen signifikant forskel på dødeligheden blandt laks fanget med de undersøgte krog- (trekrog og enkeltkrog) og agntyper (kunstagn, flue, regnorm) ved almindeligt lystfiskeri i bassinerne.

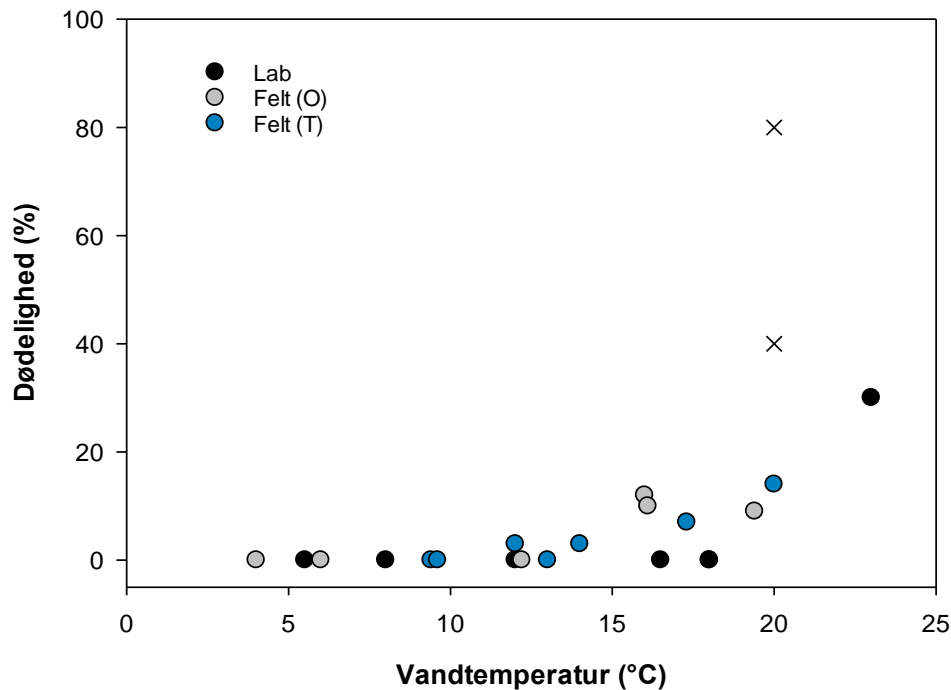
En anden undersøgelse i tre irske floder sammenlignede overlevelsen hos genudsatte laks fanget på flue og spinner<sup>67</sup>. Fiskeriet foregik fra august til september og alle laks (47-74 cm), som indgik i undersøgelsen havde tilbragt én vintersæson i havet. Efter fangst blev laksenes overlevelsen fulgt i floderne vha. radiotelemetri frem til januar det efterfølgende år. Overlevelsen for laks fanget på flue var 98 % (59 ud af 60 laks overlevede), mens den var 55 % for artsfæller fanget på spinner (6 ud af 11 laks overlevede). Forskerne bag undersøgelsen foreslog, at den højere dødelighed for laks fanget på spinner kunne skyldes, at spinnerne havde en større krog (str. 4 enkeltkrog eller trekrog) end fluerne (str. 10-14 enkeltkrog, dobbeltkrog eller trekrog). Denne antagelse skal dog vurderes med forsigtighed, idet der blev fanget relativt få laks (11 individer) på spinner. Det var heller ikke muligt at fastslå, om den højere dødelighed på spinner end flue skyldes forskelle i krogningssted pga. den forholdsvise lille prøvestørrelse. Blødning fra krogsåret blev observeret hos to laks, og der var ét tilfælde af dyb krogning i svælg. Disse laks blev fanget på spinner og døde efter genudsætning. Undersøgelsen anbefalede derfor mere forskning om effekten af krogstørrelse og angtype på laksenes overlevelse.

**Tabel 2. Dødelighed (%) hos laks efter simuleret eller autentisk C&R ved forskellige vandtemperaturer (efter Dempson *et al.* <sup>232</sup>, Van Leeuwen *et al.* <sup>236</sup>).**

| Oprindelse     | Type    | Forsøgstype | Metode    | N  | Forsøgets varighed | Vandtemperatur (°C) | Dødelighed (%) | Reference                             |
|----------------|---------|-------------|-----------|----|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|
| Vild           | 1SW     | Lab         | Udtrættet | 6  | 24 timer           | 18                  | 0              | Tuft <i>et al.</i> <sup>241</sup>     |
| Vild           | MSW     | Felt (O)    | Kroget    | 20 | 24 timer           | 6 ± 1               | 0              | Booth <i>et al.</i> <sup>242</sup>    |
| Vild           | NL      | Felt (O)    | Kroget    | 24 | 12 timer           | 4 ± 1               | 0              | Brobbel <i>et al.</i> <sup>235</sup>  |
| Vild           | 1SW     | Felt (O)    | Kroget    | 25 | 12 timer           | 16 ± 1              | 12             | Brobbel <i>et al.</i> <sup>235</sup>  |
| Vild           | 1SW     | Felt (O)    | Kroget    | 10 | 12 timer           | 20 ± 2              | 40             | Wilkie <i>et al.</i> <sup>238</sup>   |
| Opdrættet      | 1SW     | Lab         | Kroget    | 6  | 72 timer           | 8 ± 1               | 0              | Anderson <i>et al.</i> <sup>237</sup> |
| Vild           | 1SW     | Lab         | Kroget    | 5  | 72 timer           | 16,5 ± 1            | 0              | Anderson <i>et al.</i> <sup>237</sup> |
| Vild           | 1SW     | Lab         | Kroget    | 5  | 72 timer           | 20 ± 2              | 80             | Anderson <i>et al.</i> <sup>237</sup> |
| Opdrættet      | 1SW     | Lab         | Udtrættet | 10 | 72 timer           | 12                  | 0              | Wilkie <i>et al.</i> <sup>188</sup>   |
| Opdrættet      | 1SW     | Lab         | Udtrættet | 10 | 72 timer           | 18                  | 0              | Wilkie <i>et al.</i> <sup>188</sup>   |
| Opdrættet      | 1SW     | Lab         | Udtrættet | 10 | 72 timer           | 23                  | 30             | Wilkie <i>et al.</i> <sup>188</sup>   |
| Vild           | 1SW     | Felt (O)    | Fiskeri   | 8  | 14-40 dage         | 12,2 ± 1,7          | 0              | Dempson <i>et al.</i> <sup>232</sup>  |
| Vild           | 1SW     | Felt (O)    | Fiskeri   | 20 | 14-40 dage         | 16,1 ± 1,4          | 10             | Dempson <i>et al.</i> <sup>232</sup>  |
| Vild           | 1SW     | Felt (O)    | Fiskeri   | 21 | 14-40 dage         | 19,4 ± 1,3          | 9              | Dempson <i>et al.</i> <sup>232</sup>  |
| Vild           | 1SW     | Felt (T)    | Fiskeri   | 5  | Ukendt             | 9,4 ± 1             | 0              | Mäkinen <i>et al.</i> <sup>243</sup>  |
| Vild           | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 18 | Juli-marts         | 12-14               | 0              | Thorstad <i>et al.</i> <sup>233</sup> |
| Vild           | 1SW-MSW | Lab         | Kroget    | 20 | Indtil gydning     | 5-6                 | 0              | Davidson <i>et al.</i> <sup>244</sup> |
| Vild           | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 30 | Indtil gydning     | 10-14,5             | 3              | Thorstad <i>et al.</i> <sup>102</sup> |
| Vild           | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 52 | Indtil gydning     | 17,3 ± 0,7          | 7              | Havn <i>et al.</i> <sup>234</sup>     |
| Vild           | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 23 | Indtil gydning     | 20,0 ± 0,5          | 14             | Havn <i>et al.</i> <sup>234</sup>     |
| Vild           | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 39 | Juli-august        | 14 ± 1              | 3              | Lennox <i>et al.</i> <sup>245</sup>   |
| Vild/opdrættet | 1SW-MSW | Felt (T)    | Fiskeri   | 36 | 22-35 dage         | 9,6 ± 0,6           | 0              | Lennox <i>et al.</i> <sup>246</sup>   |

**Oprindelse:** Vild = vilde laks stammende fra naturlig gydning, Opdrættet = opdrættet laks. **Type:** 1SW = laks som har tilbragt én vintersæson i saltvand, MSW = laks som har tilbragt mere end én vintersæson i saltvand, NL = nedfaldslaks (dvs. laks som vandrer nedstrøms mod havet efter gydningen). **Forsøgstype:** Lab = laksenes overlevelse blev undersøgt i et laboratorieforsøg eller under semi-naturlige forhold, Felt (T) = laksene blev fanget og genudsat i et naturligt vandsystem og overlevelsen bestemt ved brug af radiotelemetri, Felt (O) = laksenes overlevelse blev undersøgt i lukkede bure placeret i de naturlige vandsystemer. **Metode:** Udtrættet = laksene blev udtrættet ved at jage dem rundt med hånden i et bassin for at simulere stresspåvirkninger i forbindelse med fighten i C&R, Kroget = laksene blev manuelt kroget i under- eller overkæben og efterfølgende fightet på en fiskestang, Fiskeri = laksene blev fanget på krog med fiskestang ved autentisk lystfiskeri. **N** angiver antallet af forsøgsk.





**Figur 7. Dødeligheden hos genudsatte laks ved forskellige vandtemperaturer baseret på undersøgelserne opsummeret i Tabel 2. Kryds angiver dødeligheder, som skal fortolkes med forsigtighed pga. væsentlige begrænsninger i forsøgsdesignet (se afsnit 3.1.1). Lab = laksenes overlevelse blev undersøgt i et laboratorieforsøg eller under semi-naturlige forhold, Felt (T) = laksene blev fanget under lystfiskeri og genudsat i et naturligt vandsystem og overlevelsen bestemt ved brug af radiotelemetri, Felt (O) = laksenes overlevelse blev undersøgt i lukkede bure placeret i de naturlige vandsystemer (efter Havn *et al.* <sup>234</sup>, Van Leeuwen *et al.* <sup>236</sup>).**

De få studier, der undersøger effekten af, hvor lang tid laksen holdes ude af vandet i forbindelse med C&R, kan ikke påvise en umiddelbar effekt af lufteksposering i op til 37 sekunder<sup>232</sup> eller i 60-120 sekunder på overlevelsen<sup>247</sup>. Papatheodoulou *et al.* <sup>247</sup> fandt dog, at hunner eksponeret for luft i op til 120 sekunder efter en udtrætningsprotokol (fisken blev jagtet i et bassin med hånden i 210 sekunder) producerede færre æg sammenlignet med artsfæller, som ikke blev udtrættet eller udsat for luft. Endvidere øgede lufteksposeringen og udtrætningsprotokollen risikoen for infektion med *Saprolegnia* spp.

De fleste undersøgelser af laksens adfærd efter genudsætning er mærkningsforsøg, hvor laksens vandring i vandløbet følges op til flere måneder efter fangst, primært vha. radiotelemetri. Mange af disse undersøgelser mangler desværre en relevant kontrolgruppe<sup>67,234,239</sup>, og desuden indgår relativt få fisk ofte i undersøgelserne (se eksempelvis Tabel 2). Studier, som inkluderer en kontrolgruppe, har enten fundet ingen<sup>248</sup> eller meget begrænset effekt af C&R på vandringsadfærden<sup>249-251</sup>. Richard *et al.* <sup>249</sup> fandt en langsommere opstrøms vandring i en canadisk flod hos genudsatte laks, men der var ikke forskel på, om laksene i de to grupper nåede gydeområderne. Ligeledes fandt Halttunen *et al.* <sup>250</sup>, at laks fanget efter gydning vandrede langsommere nedstrøms mod havet, end laks som ikke var udsat for C&R. Flere studier har desuden evalueret effekten af C&R på laksens reproduktionsparametre, såsom spermotilitet, fekunditet (dvs. antal æg pr. hun før gydningen) og ægoverlevelse<sup>242,244,247,252-254</sup>. Et par undersøgelser finder ingen effekt af simuleret C&R på ægoverlevelsen under laboratorieforsøg efter kunstig befrugtning<sup>242,244</sup>. Eksempelvis indsamlede Booth *et al.* <sup>242</sup> laks i det sene efterår i

en canadisk flod vha. fælder og vod. Efter indsamlingen blev laksen opbevaret i en neddykket perforeret kasse placeret ved flodens bred i mindst 24 timer. En gruppe af laks fra opbevaringskassen blev herefter kroget manuelt i overkæben og fightet individuelt i floden med en fluestang, indtil de var udmattet. Laksene blev efterfølgende transporteret til et opdrætsanlæg, hvor de blev strøget for æg og sæd. Ægoverlevelsen frem til klækningen var 98 %, mens den var 97 % for en anden gruppe af laks, der ikke blev udsat for simuleret C&R. Andre undersøgelser rapporterer derimod mulige effekter af C&R på laksens reproduktion. Papatheodoulou *et al.* <sup>247</sup> fandt som nævnt en lavere fekunditet hos hunner, som var udsat for en stressprotokol (udtrætning og lufteksponering) for at simulere C&R. Spermotilitet var dog ikke påvirket af denne stressprotokol. Et nyt studie udført i en canadisk flod fandt en lavere reproduktionssucces hos laks efter autentisk C&R<sup>253</sup>. Lystfiskeriet foregik fra juni til september og i forbindelse med fangsten blev der taget vævsprøver af laksene. Undersøgelsen inkluderede også en kontrolgruppe af laks, som ikke blev udsat for C&R. Reproduktionssuccesen blev bestemt ud fra forekomsten af lakseyngel, som blev indsamlet ved elektrofiskeri det efterfølgende år i gyde- og opvækstområderne. Der blev ligeledes taget vævsprøver af lakseynglen til senere DNA-analyser. Herved kunne forskerne sammenligne den relative andel af lakseyngel som stammende fra kontrolgruppen og laks udsat for C&R. Resultaterne viste, at reproduktionssuccesen var nedsat med 26 % hos laks (95 % konfidensinterval: 14-37 %), der blev udsat for C&R i forhold til kontrolgruppen. Selvom reproduktionssuccesen var lavere for de genudsatte laks, gydede mindst 83 % af laksene, som var udsat for C&R. Resultaterne viste desuden ingen effekt af, hverken vandtemperaturen (11-25 °C) ved fangsttidspunktet eller lufteksponeringen (< 30 sekunder) i forbindelse med håndteringen på laksenes reproduktionssucces. Disse resultater skal dog vurderes med forsigtighed, idet der kun blev fanget og genudsat fire laks ved vandtemperaturer over 20 °C. Det samlede antal laks, som blev udsat for C&R var også forholdsvis lav i undersøgelsen med 17 laks fordelt på 13 hunner og 4 hanner, hvilket kan øge de statistiske usikkerheder. En anden undersøgelse af Richard *et al.* <sup>252</sup> fandt derimod nedsat reproduktionssucces hos genudsatte laks, som blev fanget ved højere vandtemperatur og oplevede længere lufteksponering, formentligt pga. forhøjet stresspåvirkning under disse forhold. Studiet viste også, at større laks havde lavere reproduktionssucces end mindre artsfæller. Årsagen til denne sammenhæng blev ikke undersøgt, men ifølge forskerne kunne det skyldes højere stresspåvirkning blandt de større laks pga. længere tidsmæssig varighed af fighten. Denne antagelse var baseret på en tidligere undersøgelse, som fandt højere koncentration af laktat i blodet hos større laks umiddelbart efter fangst, fordi de fightede længere tid sammenlignet med mindre individer<sup>102</sup>.

Gentagende fangst af samme laks vil alt andet lige øge risikoen for, at den bliver skadet og ikke overlever efter genudsætningen<sup>255</sup>. Derfor har nogle studier kigget på genfangstraten af laks i forbindelse med lystfiskeri<sup>256,257</sup>. Thorstad *et al.* <sup>256</sup> mærkede 995 laks fordelt på otte norske elve, efter de var fanget ved lystfiskeri. Af disse laks blev 10 % genfanget én gang inden for samme fiskesæson, mens 3 % blev genfanget to gange af lystfiskere efter mærkningen. Lennox *et al.* <sup>257</sup> fandt, at genfangstraten var 14 % hos laks på tværs af fire norske elve. Studiet peger også på, at laks, der allerede har været fanget én gang, er omtrent lige så tilbøjelige til at tage en agn igen, som laks, der ikke har været fanget før. Resultaterne viste dog, at laksene var mindre tilbøjelige til at blive genfanget på den samme type agn<sup>257</sup>. Andre undersøgelser i Norge, Skotland, Rusland og Canada har fundet genfangstrater af laks mellem 4-20 % ved lystfiskeri<sup>102,252,258-260</sup>.

For at opsummere fandt et metastudie en gennemsnitlig overlevelse af laks på 93 % efter C&R på tværs af en række studier, som anvendte forskellige agntyper og fiskemetoder under varierende temperaturforhold<sup>239</sup>. Flere undersøgelser viser, at vandtemperaturen er en vigtig faktor for overlevelsen af laks efter genudsætning. Dødeligheden i forbindelse med C&R stiger ofte markant ved vandtemperaturer over 18 °C. Af denne årsag indstilles lystfiskeriet efter laks i de jyske vestvendte vandløb på

nuværende tidspunkt ved vandtemperaturer højere end 18 °C og lignende tiltag er lavet i flere nordamerikanske floder<sup>11,177</sup>. Dybe krogninger (f.eks. i gæller og svælg) er en anden vigtig faktor, som kan nedsætte overlevelsen hos genudsatte laks. Laksens gydevandring i ferskvand ser kun ud til at være påvirket af C&R i begrænset omfang, hvis overhovedet. Nogle studier finder ligeledes ingen effekt af C&R på forskellige reproduktionsparametre hos laks, herunder fekunditet, ægoverlevelse og spermotilitet. Andre undersøgelser peger derimod på, at C&R kan nedsætte hunnernes produktion af æg og reproduktionssuccesen (målt som antal levedygtigt afkom). De par undersøgelser, der har evalueret effekten af vandtemperaturen ved fangsttidspunktet og tiden, laksen er ude af vandet inden genudsætningen på reproduktionssuccesen, har også vist modstridende resultater. Derfor er der behov for mere forskning inden for dette område.

### 3.1.2. Ørred (*Salmo trutta*)

Mange undersøgelser af effekten af C&R på ørred er udført i Nordamerika, hvor C&R har en længere tradition end i Danmark. Her sameksisterer adskillige arter tilhørende laksefamilien, og en del undersøgelser inkluderer derfor flere arter af ørred. Disse finder generelt, at *S. trutta* er mere robust, og har højere overlevelse efter genudsætning sammenlignet med en del andre ørrearter<sup>41,187,261,262</sup>. Et af de mere omfattende studier af C&R-effekter er en nyligt publiceret undersøgelse i forbindelse med en to-dages fiskekonkurrence som blev afholdt tre år i træk ved et nordamerikansk vandløb<sup>262</sup>. Her blev over 800 ørreder (en blanding af *S. trutta*, *O. mykiss* og *S. fontinalis*) hvert år mærket og udsat umiddelbart inden konkurrencen. I alt blev 1504 mærkede ørreder fanget og indleveret, heraf 458 *S. trutta*. Over 600 lystfiskere deltog hvert år i konkurrencen, hvilket må formodes at udgøre et meget repræsentativt udsnit af fangst- og håndteringsmetoder. Fangede, mærkede ørreder blev indleveret levende og fulgt af forskerne i ni dage. Efter de ni dage havde *S. trutta* lavere fangstrelateret dødelighed (3,8 %) end de to andre arter (5,1 % hhv. 7,4 % for *S. fontinalis* og *O. mykiss*). Der blev bl.a. analyseret for effekt af agntype, krogtype, om kroge blev efterladt i fisken samt om fisken blødte. Disse analyser blev desværre ikke lavet separat for de tre ørrearter, der indgik i undersøgelsen, men samlet set var der ingen effekt af agntype (naturlig agn, kunstagn) eller krogstørrelse og type (J-krog, dobbeltkrog, trekrog, med/uden modhager). Derimod havde blødning samt kroge efterladt i fisken en negativ effekt på overlevelsen.

Et metastudie på tværs af flere ørrearter (heriblandt *S. trutta*) fandt i modsætning til sidstnævnte undersøgelse udført af Carline *et al.*<sup>262</sup>, at dødeligheden var højere på naturlig agn end kunstagn samt at modhage på kroge ligeledes førte til øget dødelighed<sup>41</sup>. Derimod var overlevelsen ikke påvirket af størrelsen på kroge eller antallet af krogender. Et andet studie på tre ørrearter (*S. trutta*, *O. mykiss* og *S. fontinalis*), hvor der kun blev fisket med spinner i et nordamerikansk vandløb, og hvor fiskene blev fulgt 48 timer efter genudsætning (i et netbur placeret i vandløbet) fandt ingen effekt af krogtypen (enkeltkrog, trekrog, med/uden modhager) på overlevelsen<sup>42</sup>. Til gengæld havde krogingsstedet indflydelse på overlevelsen. Overlevelsen for alle genudsatte fisk var over 96 %, men af de fisk (4 %), der blev kroget i gællerne døde 38 % i løbet af forsøget. Ingen fisk blev kroget dybere end gælleregionen. Forskerne estimerede også graden af krogningsskader og fandt øjenskader på 10 % af de fangede ørreder samt kæbeskader (ofte i forbindelse med kæbebenet) på 6 %. Disse skader var dog ikke associeret med dødeligheden, men alvorlige skader på øje og kæbeben må formodes at påvirke evnen til at lokalisere og fange bytte. Turunen & Suuronen<sup>263</sup> fandt en overlevelse på 99 % blandt genudsatte bækørreder fanget på flue (enkeltkrog med modhage) eller spinner (trekrog med modhage) i fire finske vandløb. Fiskenes overlevelse blev fulgt tre dage efter genudsætningen i netbure placeret i vandløbene. Alle ørreder, som døde i undersøgelsen (tre ud af 380 fisk), var kroget dybt i gællerne og blødte. Disse ørreder døde inden for få timer efter fangst og genudsætning.

Andre studier har undersøgt umiddelbare stresspåvirkninger af C&R hos ørred. Wedemeyer & Wydoski <sup>141</sup> målte på blodparametre relateret til stress, osmoregulering og metabolisme hos vilde ørreder. De konkluderede, at selve krogningen og fighten forårsagede begrænsede ændringer i disse parametre, og at den efterfølgende håndtering og lufteksponering var vigtigere faktorer. Cooke *et al.* <sup>264</sup> fandt, at simuleret C&R (fisken blev jagtet til udmatning og løftet ud af vandet) af *S. trutta* resulterede i en øjeblikkelig fordobling af hjertets slagvolumen. Dette faldt først til hvileniveau mere end én time senere (ved 12 °C). Preston *et al.* <sup>168</sup> udsatte opdrættede bækørreder for en stressprotokol (jagt i ti minutter) ved 10 og 19 °C, og målte på blodparametre (f.eks. laktat, glukose, pH og osmolalitet) efter 1, 4 og 24 timer. Efter én time fandt de forøgede laktatniveauer ved begge temperaturer, forøgede calcium- og glukoseniveauer ved 19 °C og lavere triglyceridniveau ved 10 °C. Alle disse blodparametre var returneret til hvileniveau ved næste måling fire timer efter stressprotokollen. Ingen af de andre undersøgte blodparametre (f.eks. pH, osmolalitet, magnesium, natrium og klorid) var signifikant påvirkede på noget tidspunkt. Boyd *et al.* <sup>187</sup> kiggede også på effekten af vandtemperatur ved C&R, men her udelukkende på bækørredernes overlevelse de første 72 timer efter fangst på flue i to nordamerikanske vandløb. De viste, at over 95 % af fiskene overlevede genudsætning selv ved meget høje vandtemperaturer (> 23 °C). Det er dog vigtigt at understrege, at der kun var dødelighed ved vandtemperaturer over 20 °C.

De fleste undersøgelser af C&R-effekter på ørreder er lavet i ferskvand, og der findes kun meget begrænset viden om potentielle effekter af C&R på ørreder i saltvand. I perioden 2018-2021 gennemførte DTU Aqua to større undersøgelser, som har set nærmere på C&R-effekter hos ørred i saltvand. I de følgende afsnit opsummeres resultaterne fra de to undersøgelser<sup>228,265</sup>.

I den første undersøgelse har DTU Aqua anvendt citizen science-plattformen Fangstjournalen til at indsamle information om krogningssted og omfanget af blødning hos havørred i forbindelse med C&R ved kystfiskeri<sup>228</sup>. I den forbindelse var antagelsen, at dybe krogninger og relateret blødning hos ørrederne alt andet lige giver anledning til øget dødelighed, hvilket er baseret på den tilgængelige viden fra forskellige ørredarter i ferskvand<sup>26,41,53,85,129</sup>. I undersøgelsen blev en række frivillige lystfiskere instrueret i at angive krogningssted og omfanget af blødning hos havørreder, de fangede og genudsatte. Lystfiskerne kunne i den forbindelse angive tre blødningskategorier: *Ingen blødning* (intet synligt blod), *blødning i mindre grad* (højst en dråbe blod), *betydelig blødning* (flere dråber blod). I undersøgelsen har 14 forskellige lystfiskere i løbet af mere end tre år indrapporteret krogningssted og blødning for mere end 1.400 havørreder. Undersøgelsen peger på, at størstedelen (75 %) af de fisk, som bliver fanget, ikke bløder mens en lille andel (2 %) har betydelig blødning og 23 % bløder i mindre grad. Undersøgelsen testede også, om der var forhold, som især spillede en rolle for om fisk blødte, herunder fiskens størrelse, krogningssted, lufttemperatur og fiskemetode (flue vs. spin). Baseret på disse analyser peger undersøgelsen på følgende forhold:

- Jo mindre fisk, desto oftere bløder fisken. Dette gælder især for fisk, som er kroget dybt. Længde spiller ingen rolle for blødning hos fisk kroget yderst i munden, formodentlig fordi blødning i den forbindelse er sjælden.
- Fisk kroget dybt i spiserør og gællerne bløder oftest og mest, mens fisk kroget yderst i munden og i mundkrogen bløder mindst.
- Jo højere lufttemperatur, desto hyppigere bløder fiskene, men effektstørrelsen er lille (0,6 % pr. grad, dvs. fra 0 til 20 °C stiger sandsynligheden for blødning med 12 %).
- Fisk fanget ved fluefiskeri bløder sjældnere end fisk fanget ved spinnefiskeri.

I forhold til sidstnævnte kan forskellen mellem fluefiskeri og spinnefiskeri formodentlig tilskrives, at der oftere blev benyttet enkeltkroge ved fluefiskeri, mens agnen i spinnefiskeri blandt de deltagende lystfiskere næsten udelukkende var trekrog. Lystfiskerne angav også, at alle kroge havde modhager. Undersøgelsen konkluderede også, at lystfiskerne, som deltog i dataindsamlingen, hjemtog blødende fisk oftere end de genudsatte dem. Andelen af genudsatte fisk, som blødte var 14,6 % (13,1 % blødte lidt og 1,5 % blødte meget) mens andelen af hjemtagne fisk som blødte var mere end fordoblet, dvs. 29,2 % (25,1 % blødte lidt mens 4,1 % blødte meget).

Citizen science-undersøgelsen indikerer, at blødning blandt havørreder, som genudsættes langs de danske kyster, ikke er usædvanlig, og herunder, at blødning, alt efter krogingssted, oftere finder sted blandt de undermålsfisk, som lovpligtigt skal genudsættes<sup>228</sup>. For at undersøge i hvilket omfang blødning hos havørred, og især undermålsfisk, er associeret med øget dødelighed og/eller reduceret vækst, gennemførte DTU Aqua i foråret 2021 et forsøg, som evaluerede netop overlevelse og vækst hos havørreder i saltvand i forbindelse med C&R<sup>265</sup>. Forsøget forgik i et udendørsbassin (396 m<sup>2</sup>) med en gennemsnitlig vanddybde på ca. 85 cm. I forsøgsperioden var vandtemperaturen i gennemsnit 7,3 °C (min: 3,4 °C, max: 10,6 °C), hvilket stemmer nogenlunde overens med vandtemperaturen ved kysten om foråret, dvs. det tidspunkt på året, hvor havørredfiskeri især er udbredt<sup>228</sup>. I begyndelsen af marts 2021 blev 520 ørreder (afkom fra vilde ørreder), som var opdrættet i et dambrug, udsat i bassinet. Ørrederne var forinden blevet individuelt mærket. Forsøget var specifikt rettet mod C&R hos ørred under mindstemålet, hvilket afspejler, at fiskene havde en gennemsnitlig vægt på 375 g (24-38 cm), da de blev udsat i bassinet. Inden udsætningen var fiskene langsomt blevet akklimatiseret til bassinets saltholdighed, som var omkring 25 promille. Fiskene blev fodret efter udsætning og tilset dagligt i ca. fire uger frem til starten af april, hvor der over to dage blev fisket med stang og snøre efter fiskene samt målt og vejte en kontrolgruppe. Der blev fisket med flue med en lille enkeltkrog og med små blink (spinnefiskeri) monteret med enten enkeltkrog eller trekrog. Ved fangst blev fangstens varighed, fiskens tid ude af vandet, krogingssted i fisken og blødning registreret. Efter krogen var fjernet fra ørrederne blev de genudsat efter 22-201 sekunders lufteksponering (gennemsnit: 72 sekunder). Efter de to dage med lystfiskeri fik fiskene fred frem til start maj (26-29 dage efter fangsttidspunktet), hvor forsøget blev afsluttet. I den mellemliggende periode blev fiskene fodret dagligt, og bassinet blev dagligt inspiceret for døde fisk. Ved afslutningen af forsøget blev alle overlevende fisk målt og vejte. Resultaterne fra undersøgelsen er opsummeret herunder:

- I alt indgik 127 ørreder i forsøget plus 52 kontrolfisk, som ikke blev udsat for C&R.
- 71 % af ørrederne blev kroget i mundkrogen eller yderligt i munden.
- Fisk, der var kroget dybt, var længere tid ude af vandet end fisk kroget yderligt i munden.
- Fisk kroget med trekrog på spinner var længere tid ude af vandet end fisk fanget på flue (lille enkeltkrog).
- Størstedelen af ørrederne blødte ikke (59 %) som følge af krogsåret. Blandt resten af fiskene havde 25 % blødning i mindre grad, mens 16 % havde betydelig blødning.
- Ørrederne, der var kroget dybt eller i gællerne, blødte mest.
- Ingen af de genudsatte fisk døde i forbindelse med forsøget, hverken i de tre grupper spin (enkeltkrog), spin (trekrog) og flue (lille enkeltkrog) eller i kontrolgruppen.
- Fiskene tog i gennemsnit på i vægt både før og efter de blev udsat for C&R, og der var ingen statistiske forskelle i vækst blandt de tre grupper samt kontrolgruppen.
- På tværs af forsøgsgrupperne var der ikke forskelle i vækst efter C&R mellem fisk, der blødte meget og fisk, der ikke blødte.

- En analyse af sårheling ved forsøgsafslutning viste, at 6 % (otte individer) af ørrederne havde ikke-helede og i visse tilfælde betændte sår. Væksten hos denne gruppe tenderede til at være dårligere end for de resterende fisk, uden dette dog var statistisk signifikant. Gruppen bestod udelukkende af fisk fanget ved spinnefiskeri.
- 14 ørreder blev fanget to gange under eksperimentet og var derfor ikke en del af de 127 fisk, som indgik i analyserne. Derudover blev en del af kontrolfiskene, fanget med vod, efterfølgende fanget på stang. Disse fisk blev tilsvarende udeladt fra undersøgelsen, da de havde gennemgået flere behandlinger. En enkelt af disse fisk døde kort efter genudsætning, hvilket således var den eneste fisk, som døde i de små otte uger, forsøget varede.

Undersøgelsen anvendte forsøgsfisk fra et opdrætsanlæg, som på visse områder adskiller sig fra vilde ørreder, man fanger på kysten, herunder at de ikke havde løse skæl. Undersøgelsen foregik i et semi-naturligt miljø og f.eks. var der ingen risiko for prædation på de genudsatte ørreder, hvilket ville være tilfældet på kysten. Desuden var gruppen af fluefangede fisk (18 individer) mindre end de to grupper af spinnefangede fisk (hhv. 51 og 58 individer), hvilket kan reducere den statistiske forklaringsgrad for de fluefangede ørreder. Med disse forbehold *in mente* peger undersøgelsen på, at dødelighed og vækst ikke blev påvirket af C&R i målbar grad de første fire uger efter genudsætningen. Det tyder samtidig på, at antagelsen fra førstnævnte citizen science-undersøgelse om, at blødning og især betydelig blødning oftest resulterer i dødelighed, ikke kan bekræftes. En mindre gruppe af ørreder (otte individer) havde dårlig sårheling og tendens til ringere vækst. Disse var alle fanget på spinnefiskeri, som inkluderede større kroge end ved fluefiskeri, og den dårligere sårheling kan være relateret til krogstørrelse. En forsigtig anbefaling, set i det lys, kunne være at lystfiskere generelt bør anvende mindre kroge uden modhage for at reducere krogsårets størrelse og derved mindske risikoen for dårlig sårheling. Men det skal igen understreges, at gruppen af fluefangede ørreder var relativ lille og antallet af fisk med dårlig sårheling endnu mindre, hvilket begrænser forklaringskraften. Undersøgelsen anbefaler derfor yderligere studier af krogstørrelsens rolle for sårheling og vækst hos havørreder.

I samme periode som undersøgelseerne ved DTU Aqua gennemførte svensk-canadiske forskere et studie, der ligeledes undersøgte påvirkningen af C&R på havørreder<sup>266</sup>. Forskerne var med en række lystfiskere på fisketur ved Gotland og i forbindelse med fangst og genudsætningsbegivenheden gennemførte de en række test på fiskene. Det lykkedes forskerne at måle på 162 havørreder af forskellig størrelse (34-87 cm) og ved forskellige vandtemperaturer (2-19 °C). Umiddelbart efter fiskene var landet i et fangstnet, blev deres balanceevne og flugtreksekser testet, mens de stadig var i vandet. Derudover blev havørredernes ventilationsrate og orienteringsevne observeret. Disse test bliver ofte anvendt som et mål for omfanget af stresspåvirkninger og fiskens overlevelseschancer i forbindelse med C&R<sup>56,267-269</sup>. Forskerne tog efterfølgende blodprøver fra havørrederne og målte på koncentrationen af glukose og laktat. Undersøgelsen peger overordnet på, at stresspåvirkningen af C&R var begrænset på de fleste havørreder, der indgik i forsøget. Der er dog forhold, hvor chancerne for negativ påvirkning er større. Det gælder især ved fiskeri, når vandtemperaturen er over 10 °C. Her blev havørreder, der var udsat for lang fight og/eller lufteksponering påvirket mere end artsfæller fanget ved vandtemperaturer under 10 °C. Undersøgelsen peger også på en tendens til at udgydte havørreder (nedfaldsfisk) kan blive mere påvirket af C&R end blanke fisk. Forskerne registrerede også håndterings-tiden, herunder hvor besværligt det var at afkroge havørrederne og fandt, at det generelt tog længere tid af fjerne trekroge end enkeltkroge fra fisken. På den baggrund vurderede Blyth & Bower<sup>266</sup>, at brugen af mindre enkeltkroge kan være mere skånsomt end brugen af større trekroge, men også, at der er brug for supplerende undersøgelser for at belyse dette bedre.

Overordnet set peger de tilgængelige undersøgelser på, at ørreden er ret robust over for C&R i både fersk- og saltvand. De fleste studier har fundet dødeligheder under 5 %, og at de stressrelaterede blodparametre kun er forhøjede i forholdsvis kort tid efter fangst og håndtering. Flere undersøgelser peger på, at dybe krogninger og blødning er vigtige faktorer for ørredernes overlevelseschancer efter genudsætning.

### 3.1.3. Stalling (*Thymallus thymallus*)

Vi har kun kendskab til få undersøgelser om C&R-effekter på stalling (*Thymallus thymallus*). To af disse studier evaluerede, hvorvidt lufteksponering efter fangst påvirker stallingernes ligevægt i vandet og flugtreffleks ved genudsætning<sup>267,270</sup>. Lennox *et al.*<sup>267</sup> fangede stallinger (32 cm i gennemsnit) ved fluefiskeri i en norsk elv, som blev eksponeret for luft i enten 0, 10 eller 120 sekunder, inden de blev genudsat. Resultaterne viste, at lufteksponering på 120 sekunder nedsatte flugtrefflekserne hos stalling ved genudsætningen. På den baggrund skønnede forskerne, at stallinger muligvis er særlig sårbare over for prædation i den første periode efter genudsætningen. I det andet forsøg fandt Pinder *et al.*<sup>271</sup> tilsvarende, at længere lufteksponering øgede tiden, inden de genudsatte stallinger genfandt ligevægten. Endvidere tog det længere tid for stallingerne at genfinde ligevægten ved høj (> 15 °C) end lav (< 10 °C) vandtemperatur. Derudover fandt undersøgelsen, at højere vandtemperatur under C&R øgede laktat- og glukoseniveauerne i blodet.

Turunen & Suuronen<sup>263</sup> undersøgte overlevelsen hos genudsatte stallinger (26,6 cm i gennemsnit) i et finsk vandløb. Størstedelen af stallingerne (95 %), som indgik i undersøgelsen blev fanget på flue (str. 10-12 J-kroge med modhage). Vandtemperaturen under fiskeriet var 9-22 °C, men de fleste stallinger blev fanget ved temperaturer mellem 11-15 °C. Efter fangst blev stallingerne straks flyttet til et netbur placeret i vandløbet, hvor overlevelsen blev fulgt de efterfølgende tre døgn. Samlet set blev der fanget 60 stallinger og alle fisk var i live ved undersøgelsens afslutning.

Overordnet peger undersøgelserne på, at vandtemperaturen og tiden, stallingerne er ude af vandet i forbindelse med håndtering, kan påvirke længden på restitutionperioden efter genudsætningen. En enkelt undersøgelse fandt ingen dødelighed hos stalling de første døgn efter genudsætningen.

## 3.2. Geddefamilien (Esocidae)

I Danmark er gedden (*Esox lucius*) den eneste art i geddefamilien. Geddefiskeriet er en udbredt fiskeform i Danmark (Figur 4; Tabel 1). Sammen med aborre og sandart udgør fiskeriet efter gedde i søer 8 % af det samlede danske lystfiskeri ifølge Kromand *et al.*<sup>13</sup>. Lystfiskeri efter gedde foregår også i visse af de større danske åer, og sammen med de øvrige arter (f.eks. bækørred) udgør denne fiskeform ligeledes 8 % (Tabel 1). Endelig bliver der fisket efter brakvandsgedder i visse områder, herunder blandt andet Stege Nor, Præstø Fjord, Stadil Fjord og Ringkøbing Fjord (Figur 4). Frivillig C&R-fiskeri er meget udbredt i geddefiskeriet, og derfor er genudsætningsraten på gedder højere i forhold til mange andre arter (Figur 5). I både fersk- og saltvand er det ikke usædvanligt, at mere end 90 % af gedderne over mindstemålet (60 cm) bliver genudsat (Figur 6). Der findes en del undersøgelser om effekten af forskellige aktiviteter og faktorer i C&R på fysiologien, adfærden og overlevelsen hos gedder. I de følgende afsnit opsummeres de væsentligste resultater fra udvalgte undersøgelser.

Flere undersøgelser peger på, at adfærden hos gedder bliver påvirket efter genudsætning, men også, at påvirkningen er kortvarig<sup>150,271-274</sup>. Baktoft *et al.*<sup>271</sup> undersøgte eksempelvis adfærden hos genudsatte gedder (64 cm i gennemsnit) fanget på kunstagn og levende fisk i en mindre dansk sø. Geddernes svømmeaktivitet var nedsat de første 48 timer efter genudsætning, hvorefter svømmeadfærden normaliserede sig. Klefoth *et al.*<sup>272</sup> fandt tilsvarende nedsat aktivitet hos gedder (45-76 cm) den første

uge efter de var genudsat. Gedderne i denne undersøgelse blev ligeledes fanget på agnfisk og forskellige typer kunstagn. Stålhammer *et al.* <sup>273</sup> undersøgte fourageringsadfærden hos genudsatte gedder (36 cm i gennemsnit) i et mesokosmos forsøg. Inden for 24 timer efter gedderne var fanget og genudsat, udviste de normal fourageringsadfærd.

Kortvarige ændringer af geddens adfærd efter genudsætning er sandsynligvis relateret til de fysiologiske forstyrrelser, som opstår i forbindelse med fangst og håndtering<sup>150,272</sup>. Eksempelvis aktiveres fiskens akutte stressrespons, hvorved der frigives stresshormoner til blodet<sup>90,170</sup>. Samtidig stiger koncentrationen af laktat i blod og muskler som regel under fighten og evt. efterfølgende lufteksponering<sup>150</sup>. De fysiologiske mekanismer vender typisk tilbage til normal tilstand nogle få timer eller dage efter forstyrrelsen<sup>150,170</sup>, hvilket kan forklare, at adfærdsændringerne oftest er forholdsvis kortvarige.

I forbindelse med ovennævnte fangede Arlinghaus *et al.* <sup>150</sup> 40 gedder (50 cm i gennemsnit) i en canadisk sø med kunstagn og eksponerede dem efterfølgende for luft i enten 0, 60, 180 eller 300 sekunder, inden de blev genudsat. Fightens varighed blev standardiseret til 60 sekunder. Koncentrationen af laktat i blodet var forhøjet efter fangst og ikke påvirket af de forskellige eksponeringstider i luft. Gedder eksponeret for luft i 300 sekunder havde nedsat svømmeaktivitet og var hovedsageligt stationære den første time efter genudsætningen. I samme periode var svømmeaktiviteten kun nedsat marginalt blandt gedderne, som blev eksponeret for luft i 60 eller 180 sekunder. Den næste dag var geddernes svømmeaktivitet normal igen. Forsøget i søen blev afsluttet efter tre uger, og ingen gedder døde i denne periode. I et laboratorieforsøg udtrættede forskerne en anden gruppe af gedder fra samme sø i 60 sekunder ved at jage dem rundt med hånden i et bassin for at simulere stresspåvirkninger i forbindelse med fighten i C&R lystfiskeri. Herefter blev gedderne udsat for luft i enten 0 eller 300 sekunder. Forskerne udtog blodprøver fra gedderne i op til seks timer efter denne protokol for at bestemme mængden af laktat i muskelvævet og koncentrationen af bl.a. glukose, klorid, natrium, og kalium i blodet over tid. Resultaterne viste en stigning af laktat i muskelvævet hos gedderne umiddelbart efter, de var udtrættet. Laktatniveauet vendte tilbage til normalt niveau en time senere. Efter seks timer var alle de øvrige målte fysiologiske parametre normale med undtagelse af glukoseniveauet i blodet. Lufteksponeringen havde ingen effekt på de fysiologiske parametre. Laboratorieforsøget viser dermed, at geddens fysiologiske parametre relativt hurtigt vender tilbage til normal tilstand, efter de er udtrættet og udsat for luft. Den forholdsvis hurtige normalisering af de fysiologiske processer kan samtidig forklare, hvorfor geddernes svømmeadfærd kun var påvirket kortvarigt efter genudsætning i søen. Samlet set peger undersøgelsen på, at gedder er forholdsvis robuste over for lufteksponering i forbindelse med C&R. Forskerne bag undersøgelsen anbefalede dog at lufteksponeringen ikke bør overstige 300 sekunder.

Typen og størrelsen af agn kan have indflydelse på, hvor gedden bliver kroget<sup>47,72</sup>. En tysk-canadisk undersøgelse evaluerede eksempelvis krogningssted og hyppighed af skader hos gedder (25-102 cm) fanget på naturlig agn (døde fisk) eller forskellige typer og størrelser af kunstagn, herunder spinner, blink, wobler, jig og shad<sup>47</sup>. Forsøget er tidligere kort omtalt i afsnit 2.1.5. Uanset agntype og størrelse blev omkring 75 % af gedderne kroget i under- og/eller overkæben. De resterende 25 % blev kroget i gællerne eller spiserøret. Resultaterne viste også, at fiskeri med naturlig agn øgede risikoen for dybe krogninger i spiserøret sammenlignet med kunstagn. Mindre agn (< 75 mm) var tilsvarende mere tilbøjelige til at kroge gedderne i gællerne og spiserøret. Det skyldes formentligt, at gedderne lettere kunne sluge de mindre agn. Blink krogede oftere geddernes gæller sammenlignet med spinner, wobler og gummiagn (jig/shad). Hyppigheden af dybe krogninger i spiserøret var omvendt højere med gummiagn i forhold til de andre typer af kunstagn. Forekomsten af blødninger efter afkrogningen var ikke relateret til agntype eller størrelse, men afhang af krogningsstedet. Omkring 71 og 63 % af gedderne kroget i hhv. gælle og spiserør blødte. Til sammenligning blødte ca. 9 % af gedderne, som



blev kroget i under- og/eller overkæben. Overlevelsen af gedderne blev fulgt én time efter fangst ved at opbevare dem i et kar. Ud af de 415 fangede gedder døde ti individer i denne periode, svarende til 2 %. Dødeligheden var ikke relateret til agntype eller størrelse, men afhængt derimod af, hvorvidt gedden blødte eller ej. Forskerne konkluderede, at umiddelbar dødelighed ved C&R kan begrænses, hvis man undgår at kroge gedderne dybt i gæller og spiserør.

I overensstemmelse med ovenstående fandt DuBois *et al.* <sup>275</sup>, at dybe krogninger af gedder i gælle, spiserør og mave nedsatte overlevelsen efter genudsætning. Gedderne (33-76 cm) blev fanget med levende agnfisk under isfiskeri på tre forskellige søer beliggende i den amerikanske delstat Wisconsin. Forskerne anvendte to typer kroge, nemlig trekroge med modhage og såkaldte "Swedish hooks" specialfremstillet til geddefiskeri med agnfisk. Disse specialfremstillede kroge er kendetegnede ved, at en del af krogskafet føres gennem agnfiskens ryg, således en stor del af krogen bliver skjult i fisken. Efter afkrogningen blev gedderne genudsat i et opbevaringsnet under isen for at følge deres overlevelse de næste 48 timer. Dødeligheden var under 1 % ved brugen af trekrog, hvorimod 33 % af gedderne døde efter fangst på de specialfremstillede kroge. Hyppigheden af dybe krogninger var 16 % med trekrogene, mens næsten halvdelen af gedderne fanget på de specialfremstillede kroge blev kroget dybt (46 %). Forskerne konkluderede, at dybe krogninger var den vigtigste årsag til dødeligheden hos de genudsatte gedder.

Flere andre undersøgelser rapporterer relativ lav dødelighed (0-10 %) hos genudsatte gedder fanget på mange forskellige typer agn <sup>276-279</sup>. I langt de fleste tilfælde døde gedderne pga. dybe krogninger i gæller eller spiserør. Omvendt fandt undersøgelserne høj overlevelse (> 98 %) blandt genudsatte gedder, der var kroget i kæben. Samlet set peger disse og ovennævnte undersøgelser på, at dødeligheden generelt er relativ lav hos gedder efter genudsætning, og i tilfælde hvor fisken dør, er dyb krogning ofte den primære årsag.

Fælles for flere undersøgelser om C&R-effekter er, at de, oftest af praktiske årsager, evaluerer dødelighed og andre effekter i et relativt kort tidsrum efter genudsætning. I et studie fra 2011, som bygger videre på resultaterne fra Arlinghaus *et al.* <sup>47</sup> og Klefoth *et al.* <sup>272</sup> nævnt tidligere, fulgte tyske forskere 25 gedder (45-75 cm) i en sø over syv måneder <sup>280</sup>. Forskerne anslog, at dette antal svarede til omkring 20 % af søens bestand af gedder > 45 cm. Forsøgsgedderne var forinden fanget ved elektrofiskeri og efterfølgende mærket med radiomærker, så geddernes adfærd kunne kortlægges. Først i undersøgelsesperioden blev gedderne udsat for intenst lystfiskeri og i alt 18 af forsøgsgedderne blev fanget og genudsat, heraf syv gedder mere end én gang. Dødeligheden relateret til C&R blev estimeret til 12,5 % og forskerne fandt desuden, at geddernes aktivitet var reduceret i en længere periode (ikke nærmere defineret) efter genudsætningen end først rapporteret i Klefoth *et al.* <sup>272</sup>. Samtidig observerede de, at en del af disse gedder skiftede levested og opsøgte sivskoven langs søens kant efter C&R. Undersøgelsen viste også, at vækstraten for en mindre gruppe af gedder (otte individer) udsat for C&R var lavere sammenlignet med en gruppe af gedder (seks individer), som ikke blev udsat for C&R. I den forbindelse fremsatte forskerne hypotesen om, at den reducerede vækst kan have konsekvenser for geddernes fitness, f.eks. i form af reduceret reproduktionsevne. De opfordrede samtidig til, at der laves flere tilsvarende undersøgelser for at bekræfte, om disse resultater kan overføres til andre søsystemer.

En anden nyere undersøgelse ser også på langtidseffekter af C&R <sup>281</sup>. Undersøgelsen peger på, at C&R umiddelbart før gydning ikke påvirker geddens reproduktionsevne. Forskerne fangede hundrede gedder (66,7 cm i gennemsnit) ved spinnefiskeri med kunstagn i tre forskellige bugter langs kysten på Öland beliggende i Østersøen. Efter afkrogning blev gedderne mærket og genudsat på fangstlokalite-

ten. I løbet af det tidlige forår vandrer denne bestand af brakvandsgedder fra kysten gennem et mindre vandløb (350 m langt) til et vådområde, hvor gydningen finder sted. Fiskeriet efter gedderne startede fire måneder før og var afsluttet en uge inden denne vandring blev påbegyndt. Geddernes ankomsttidspunkt til gydeområdet var ikke påvirket af, om de blev fanget og genudsat. Forskerne genfangede efterfølgende nogle af hun-gedderne i vådområdet med en ruse for at stryge dem for æg. Æggene blev befrugtet i et laboratorium kort tid herefter. Ægkvaliteten (æggenes tørvægt) og befrugtningssuccesen (antal levende æg 10-21 dage efter befrugtningen) blev sammenlignet med en kontrolgruppe af æg stammende fra gedder i samme vådområde, som ikke var fanget og genudsat. C&R påvirkede hverken ægkvaliteten eller befrugtningssuccesen (93 %). Forskerne konkluderede derfor, at flere vigtige reproduktionsforhold hos gedder er upåvirkede efter fangst og genudsætning.

Fiskelinen kan bryde under fighten, således at krogen(e) og agnen efterfølgende bliver siddende i fiskens mund. Dette er oftere tilfældet for fiskearter med skarpe tænder, hvis agnen ikke bliver monteret på et forfang (f.eks. stålwire eller kraftig fluorocarbon line). Enkelte studier har undersøgt adfærden og overlevelsen hos gedder i sådanne situationer, hvor linen brister og agnen bliver siddende i fiskens mund<sup>131,282,283</sup>. Arlinghaus *et al.*<sup>283</sup> krogede manuelt en gruppe af gedder (49 cm i gennemsnit) i munden med kunstagn lavet af gummi (14 cm lang shad monteret med én enkeltkrog og trekrog) vha. en tang. Enkeltkrogen og trekrogen blev placeret i geddernes underkæbe. Efterfølgende blev gedderne genudsat i deres oprindelige sø med kunstagn i munden. Denne protokol simulerede derved et scenarie, hvor linen brister under fighten, så krog og agn bliver siddende i fisken. Forskerne fandt en kortvarig ændring i adfærden hos gedderne sammenlignet med en kontrolgruppe bestående af artsfæller uden kroge og kunstagn i underkæben. Den første time efter genudsætningen var svømmeaktiviteten lavere blandt gedderne med kunstagn i munden sammenlignet med kontrolgruppen. I denne periode brugte gedderne med kunstagn i munden længere tid på at hvile sig, formentligt fordi de var mere stresset end artsfællerne i kontrolgruppen. De næste 23 timer ændrede adfærden sig blandt gedderne med kunstagn i munden og deres svømmeaktivitet var nu højere sammenlignet med kontrolgruppen. Forskerne mente, at den øgede svømmeaktivitet i denne periode kunne hænge sammen med, at tilstedeværelsen af kunstagn i munden aktiverede geddernes flugt adfærd, efter de var udhvilet. Ét døgn efter genudsætningen var svømmeadfærden hos gedderne med kunstagn i munden normaliseret i forhold til kontrolgruppen. Ingen af gedderne døde i løbet af de tre uger, som forsøget varede.

Pullen *et al.*<sup>131</sup> undersøgte ligeledes adfærden hos gedder (42-69 cm), som var kroget manuelt med én trekrog forskellige steder i munden (underkæbe, overkæbe, svælg bag tungens base eller både under- og overkæbe i mundviggen) ved brug af en tang. Trekrogen sad på en wobler (9 cm) og var enten med eller uden modhager. Fiskenes adfærd blev efterfølgende undersøgt i en canadisk sø, mens de svømmede rundt med wobleren i munden. Gedder kroget i svælget havde lavere svømmeaktivitet i forhold til en kontrolgruppe uden krog i munden. Derimod var svømmeaktiviteten højere blandt gedderne kroget i under- eller overkæben sammenlignet med kontrolgruppen. Næsten alle woblere (98 %) havde løsnet sig selv fra gedderne 14 dage efter de var genudsat uanset krogningsstedet. Woblere monteret med trekrog uden modhager løsenede sig generelt hurtigere end samme type wobler og krog med modhager. Geddernes adfærd var derfor påvirket af at svømme rundt med wobleren i en relativ kort periode. Dødeligheden var samlet set 6 % i forsøget og ikke forskellig blandt gedder med eller uden wobler i munden.

Endelig undersøgte Pullen *et al.*<sup>282</sup>, hvorvidt et efterladt blink i munden på gedder kan påvirke deres fysiologi, adfærd og overlevelse. Grupper af gedder blev kroget manuelt med blinkets trekrog forskellige steder i munden (underkæbe, svælg bag tungens base eller både under- og overkæbe i mundviggen). Trekrogen havde modhager og var monteret på et lille (5 cm lang, str. 6 krog) eller stort (12 cm

lang, str. 0/3 krog) blink. Geddernes adfærd og overlevelse blev fulgt de efterfølgende 24 timer i et laboratorium. Dødeligheden (4 %) og adfærden var ikke forskellig blandt gedder med eller uden blink i munden ved forsøgets afslutning. Blinket påvirkede heller ikke geddernes hvilestofskifte (iltforbrugsraten under hvile) eller fysiologiske status, målt som koncentrationen af plasma kortisol, glukose, natrium, kalium og klorid. I forsøget tabte 18 % af gedderne blinket. I alle disse tilfælde var gedden kroget yderligt i kæben.

Tilsammen peger de tre sidstnævnte undersøgelser på, at geddens overlevelse er upåvirket, hvis den er kroget yderligt i munden med kunstagn, og linen samtidig skulle bryde under fighten. Undersøgelserne viser tilsvarende, at adfærden og de fysiologiske processer kun bliver påvirket i begrænset omfang. Langtidsoverlevelsen af gedderne blev dog ikke evalueret, og undersøgelserne inkluderede ikke en gruppe af gedder, som blev kroget dybt i spiserør, gælle eller mave. En undersøgelse af geddens nære slægtning, den nordamerikanske muskellunge, viser høj dødelighed (83 %) i løbet af den første vinter, når krogen efterlades i dybt krogede individer ved klip af linen<sup>137</sup>. Dermed må det forventes, at dødeligheden er højere hos dybt krogede gedder, hvis linen brister under fighten. Det gælder også, selvom krogen ikke er rustfri og dermed forgår efter en periode pga. korrosion.

Krogtype kan spille en rolle for håndteringstiden af gedder i forbindelse med afkrogningsen. Dette er illustreret af en undersøgelse af Trahan *et al.* <sup>44</sup>, som viste kortere afkrogningsstid for kunstagn monteret med enkeltkroge uden modhage i forhold til trekroge med modhage. Geddernes dødelighed umiddelbart efter afkrogningsen var dog ikke påvirket af krogtypen og var samlet set lav (ca. 3 %).

I en anden undersøgelse af brakvandsgedder testede Bursell & Arlinghaus <sup>88</sup> om forskellig montage af kroge på kunstagn kan påvirke afkrogningsstiden og intensiteten af krogssår samt blødning. Undersøgelsen sammenlignede to forskellige former for krogmontering på swimbait og jerkbait, som begge er en speciel type wobler (herefter kaldet hardbait). Hardbaitet havde enten traditionel krogmontage (dvs. krogene er fastsiddende på agnen fra fabrikkens side) eller var monteret på et såkaldt "release-taklet", udviklet af førsteforfatteren bag undersøgelsen. I release-taklet monteres krogene ikke direkte på agnen, men i et kort forfang som fastgøres vha. såkaldte release-clips i agnens bug- og/eller haleøje. Denne montage bevirker, at krogene kan frigøres fra agnen under fighten. Derudover monteres agnen, så den kan "glide" op ad forfanget eller hovedlinen, mens krogene bliver siddende i fiskens mund, hvilket kan give bedre kroghold og øge landingsraten. Belastningen på krogene er også mindre med release-taklet under fighten, hvilket gør det muligt at anvende mindre kroge på agnen uden de brister i forhold til traditionel krogmontage. Hardbaits med traditionel krogmontage anvendte to store trekroge (str. 1/0-2/0) i undersøgelsen, mens release-taklet var monteret med to trekroge, der var 4-5 størrelser mindre. Fiskeriet foregik i brakvand hele året rundt med undtagelse af geddernes fredningsperiode. I de tilfælde, hvor krogene ikke kunne fjernes fra fisken med fingrene, foregik afkrogningsen med en tang. Ud over afkrogningsstiden blev omfanget af vævsskader forårsaget af krogene vurderet på en ordinal skala fra 1-3 i forbindelse med håndteringen af gedderne: (1) ingen synlig krogssår, (2) lille til moderat krogssår, som var 2-3 mm langt/bredt, (3) stort krogssår  $\geq 3$  mm langt/bredt. Intensiteten af blødning blev ligeledes inddelt i tre kategorier: (1) Ingen blødning, (2) blødning i mindre til moderat grad, (3) betydelig blødning. Resultaterne viste, at den gennemsnitlige afkrogningsstid var kortere for hardbaits monteret på release-taklet end hardbaits af samme type med traditionel krogmontage (hhv. 4 og 17 sekunder). Undersøgelsen fandt endvidere, at 83 % af gedderne fanget på hardbaits med traditionel krogmontage havde synlige krogssår, hvorimod 16 % havde synlige krogssår med release-taklet. Samtidig blev der ikke observeret tilfælde af store krogssår ved fiskeri med hardbaits på release-taklet, mens 25 % af gedderne fanget på hardbaits med traditionel krogmontage havde store krogssår. Langt størstedelen af gedderne kroget på release-taklet blødte ikke (96 %), og der var ingen tilfælde af betydelig blødning. Til sammenligning blev der registreret betydelig blødning hos 21 % af

gedderne fanget på hardbaits med traditionel krogmontage, mens 13 % af gedderne fanget på denne krogmontering blødte i mindre til moderat grad. Det var ikke muligt at adskille den relative effekt af krogmonteringen (traditionel vs. release-taklet) fra krogstørrelsen på omfanget af krogningsskader, idet hardbaits med traditionel krogmontage anvendte større trekroge end hardbaits på release-taklet. Derved kunne årsagen til den lavere intensitet af blødning og krogår blandt gedder fanget på release-taklet ikke fastsættes endeligt, men forfatterne foreslog, at det kunne skyldes de mindre kroge på dette rig. Uanset årsagen peger undersøgelsen på, at kunstagn monteret på release-taklet med mindre trekroge kan nedsætte afkrogningstiden samt hyppigheden og omfanget af krogår og blødning hos gedder i forhold til agn monteret med større trekroge på traditionel vis.

Landingsmetoden og håndteringen kan som nævnt i afsnit 2.3 have indflydelse på intensiteten af skader på geddens hud- og slimlag<sup>121</sup>. For at give en kort opsummering af undersøgelsen fandt de canadiske forskere, at brugen af knudeløse fangstnet fremstillet af gummi kan nedsætte graden af skader på hud- og slimlag i forhold til nylonnet med knuder. Omkring 2 % af geddernes hud- og slimlag blev gennemsnitlig beskadiget ved brug af det knudeløse gumminet, mens nylonnettet med knuder førte til skader på 29 % af hud- og slimlaget. Lip Grip påførte ingen skader på geddernes underkæbe. Forskerne var dog forsigtige med at anbefale Lip Grip til håndtering af gedder under afkrogningen, idet undersøgelser på andre arter har vist, at dette redskab kan føre til mundskader, herunder huller og sår på underkæben<sup>124,127</sup>. Håndtering af gedderne vha. gællegrebet resulterede ikke i skader på gæller eller slimlag. Undersøgelsen peger derfor på, at landing af gedder med knudeløst fangstnet og anvendelse af gællegrebet under håndteringen kan skåne hud- og slimlag.

Samlet set peger de tilgængelige undersøgelser på, at gedden er forholdsvis robust over for C&R. Dødeligheden blandt genudsatte gedder er generelt mindre end 10 %<sup>18</sup>, og i flere undersøgelser omkring eller lavere end 5 %<sup>44,47,279,284</sup>. Flere undersøgelser viser, at dødeligheden i betydelig grad bliver øget ved dybe krogninger<sup>47,275</sup>. De fleste undersøgelser har evalueret overlevelsen over en relativ kort periode, typisk nogle få dage eller uger efter genudsætningen. Selvom dødeligheden som regel er højst de første dage efter genudsætningen, er der behov for studier, der undersøger langtidsoverlevelse og vækst hos genudsatte gedder. De fysiologiske processer vender relativt hurtigt tilbage til normal tilstand efter fangst og håndtering, hvilket kan forklare, hvorfor geddens svømme- og fourageringsadfærd generelt kun er påvirket den første tid efter genudsætningen. Flere vigtige reproduktionsparametre hos gedde ser ikke ud til at blive påvirket af C&R, herunder ankomsttidspunktet til gydeområderne og ægkvaliteten<sup>281</sup>. Geddens hud- og slimlag kan tage skade under landingen og den efterfølgende håndtering. Fangstnet uden knuder fremstillet af gummi eller håndlanding vha. gællegrebet kan mindske omfanget af skader på geddens hud- og slimlag<sup>121</sup>.

### 3.3. Aborrefamilien (Percidae)

Aborrefamilien består af tre fiskearter i Danmark: hork (*Gymnocephalus cernua*), sandart (*Sander lucioperca*) og aborre (*Perca fluviatilis*). Ifølge Kromand *et al.*<sup>13</sup> udgør det samlede lystfiskeri efter sandart, aborre og gedde i søer omkring 8 % af det samlede fiskeri i Danmark (Tabel 1). Data fra Fangstjournalen viser, at lystfiskeri efter aborre i ferskvand er mere udbredt end sandartfiskeriet (Figur 4), hvilket sikkert afspejler, at aborre er mere udbredt end sandart<sup>285,286</sup>. Der foregår også lystfiskeri efter aborre i brakvand, og denne fiskeform er på nogenlunde samme niveau med fiskeriet efter sandart i ferskvand (Figur 4). Lystfiskeri efter sandart og aborre foregår både med kunstagn (f.eks. spinner, wobler, blink, jig, shad og flue) og naturlig agn (f.eks. regnorm, rejer og fisk). Hork bliver sjældent større end 20 cm, og der foregår kun i ringe omfang målrettet fiskeri efter denne art, hvis noget over-

hovedet. Hork bliver undertiden fanget som bifangst under lystfiskeri efter andre arter. Med de forbehold, der før er nævnt for Fangstjournalens data, så peger tallene på, at omkring 75 % af de fangne aborrer og sandarter bliver genudsat (Figur 5).

Der er på nuværende tidspunkt begrænset viden om C&R-effekter på aborre og sandart. Garner *et al.*<sup>27</sup> sammenlignede hyppigheden af dybe krogninger hos aborrer ved fiskeri med naturlig agn på hhv. J-kroge og cirkelkroge med modhager. Dette forsøg er tidligere blevet kort omtalt i afsnit 2.1.1. Dybe krogninger blev defineret som krogning i gælle eller spiserør. J-krogene og cirkelkrogene havde nogenlunde samme størrelse. Fiskeriet efter brakvandsaborrerene foregik med regnorm eller døde fisk på de to krogtyper omkring Ålandsøerne i den nordlige del af Østersøen ved indgangen til Den Botniske Bugt. Resultaterne fra forsøget viste, at andelen af dybe krogninger var 3,7 og 4,8 gange højere for J-kroge end cirkelkroge agnet med hhv. døde fisk og orm. Aborrerernes overlevelse blev ikke undersøgt i forsøget. På baggrund af resultaterne anbefalede forskerne cirkelkroge til fiskeri med naturlig agn efter aborrer, fordi de kan nedsætte risikoen for dybe krogninger.

En anden undersøgelse sammenlignede dødeligheden hos aborrer fanget på enkeltkroge med eller uden modhage under isfiskeri på to polske søer<sup>198</sup>. Fiskeriet foregik med såkaldte mormyska, som er en agn specialfremstillet til isfiskeri. Mormyskaen består af et relativt tungt hoved med indstøbt enkeltkrog og minder om en jig i udformning, bare uden gummikrop eller fjer. I stedet monteres kroge typisk med naturlig agn, og i undersøgelsen blev der anvendt myggelarver og maddiker. Hyppigheden af dybe krogninger og den gennemsnitlige afkrogningstid var ikke forskellig for kroge med eller uden modhage. Størstedelen (82-85 %) af aborrerne blev kroget i overkæben, hvilket formentligt skyldes at krogbøjningen vender opad under isfiskeri med mormyska. I gennemsnit var aborrerne ude af vandet i 32 sekunder under håndteringen. Aborrernes overlevelse blev fulgt i op til fire timer efter fangst i et opbevaringsnet under isen. Dødeligheden var lav (1 %) i denne periode, og var ikke påvirket af, om kroge var med eller uden modhage. Hverken vand- eller lufttemperaturen blev oplyst i undersøgelsen. Aborrerne blev fanget på ca. syv meters vand og fire aborrer viste tegn på barotraume. Disse individer havde svært ved at svømme ned i opbevaringsnettet umiddelbart efter genudsætningen. Symptomerne forsvandt dog igen i løbet af de fire timer, hvor fiskene blev opbevaret i nettet. Forsøget peger derfor på, at isfiskeri med små mormyska har begrænset effekt på dødeligheden af aborrer. Der er dog et behov for at undersøge aborrernes langtidsoverlevelse efter genudsætning. Forskerne undersøgte også overlevelsen af skaller i forsøget, og disse resultater vil blive gennemgået under karpefamilien i afsnit 3.4.

Arlinghaus & Hallermann<sup>154</sup> evaluerede effekten af lufteksponering på væksten og overlevelsen af sandart under mindstemålet. Forsøgsfiskene var 20-40 cm og stammede fra et opdrætsanlæg. For at efterligne stresspåvirkninger i forbindelse med fighten i C&R blev sandarterne udtrættet i et bassin ved at jage dem rundt med hånden i to minutter. Efterfølgende blev grupper af fisk holdt ude af vandet i enten 0, 60, 120 eller 240 sekunder, inden de blev udsat i to damme. Dammene blev drænet 40 dage senere for at evaluere fiskenes vækst og overlevelse. Lufteksponeringen havde ingen effekt på væksten hos de overlevende fisk. Dødeligheden var lavere blandt sandarterne, som ikke blev udsat for luft. Omkring 8 % af fiskene døde i denne gruppe, hvorimod 9-47 % døde efter 60-240 sekunders lufteksponering. Dødeligheden var dog ikke forskellig blandt individer, som var eksponeret for luft i enten 60, 120 eller 240 sekunder. Fiskene døde inden for de tre første dage efter de blev overført til dammene. Undersøgelsen viste dermed, at lufteksponering kan nedsætte overlevelsen af sandart efter genudsætning. Forskerne fremsatte dog hypotesen om, at opdrættede sandart muligvis er mere sårbare over for fysiologiske forstyrrelser i forbindelse med fangst og håndtering end vilde artsfælder. Derfor er det muligt, at dødeligheden ville være lavere, hvis forsøget blev lavet på vilde sandarter.

Samlet set viser de få tilgængelige undersøgelser, at fiskeri med naturlig agn på cirkelkroge kan nedsætte risikoen for dybe krogninger hos aborrer. Aborrernes overlevelse blev ikke undersøgt i forsøget, men dybe krogninger er generelt forbundet med øget dødelighed (se afsnit 2.1). Isfiskeri med små mormyska lader til at have begrænset effekt på dødeligheden af genudsatte aborrer, sandsynligvis fordi de overvejende blev kroget yderligt i overkæben. Endelig peger en undersøgelse på, at lufteksposering af 60 til 240 sekunders varighed efter udtrætning kan øge dødeligheden hos opdrættede sandarter. Fremtidige studier bør dog undersøge, om dette også er tilfældet for vilde artsfælder.

### 3.4. Karpefamilien (Cyprinidae)

Karpefamilien er den mest artsrige familie blandt de danske ferskvandsfisk. Familien indeholder 12 oprindelige ynglende arter og syv introducerede arter<sup>287</sup>. Danske fiskearter tilhørende denne familie inkluderer brasen (*Abramis brama*), skalle (*Rutilus rutilus*), rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*), strømskalle (*Leuciscus leuciscus*), løje (*Alburnus alburnus*), karpe (*Cyprinus carpio*), karusse (*Carassius carassius*), rimte (*Leuciscus idus*), flire (*Blicca bjoerkna*), grundling (*Gobio gobio*) og suder (*Tinca tinca*).

Lystfiskeri efter de forskellige fiskearter i karpefamilien sker næsten udelukkende ved medefiskeri, hvor der fiskes med vegetabilsk (f.eks. brød, majs-korn og dejkugler) eller naturlig agn (f.eks. regnorm og maddiker). Medefiskeri efter karpefisk er en af de mindst udbredte fiskeformer i Danmark og udgør ca. 3 % af det samlede lystfiskeri (Tabel 1). En meget stor andel af de fangne karpefisk bliver genudsat<sup>13</sup>. Data fra Fangstjournalen peger på, at over 80 % af de indrapporterede individer, tilhørende forskellige arter af karpefisk, bliver genudsat (Figur 5).

Der findes få undersøgelser om effekten af C&R på de danske arter i karpefamilien. Hovedparten af disse undersøgelser er tidligere nævnt i afsnit 2.5 og har fokus på at evaluere effekten af midlertidig opbevaring i keepnets og carp sacks på fiskens stressrespons, adfærd, vækst og overlevelse. Undersøgelserne viser samlet set, at midlertidig opbevaring af karpefisk i keepnets og carp sacks kan skade fiskens slimlag og have en kortvarig effekt på fiskens adfærd og stressrespons<sup>156,157,160</sup>. Et par undersøgelser viser imidlertid, at opbevaring ikke påfører fisken yderligere stress efter fangst<sup>157,161</sup>. Væksten og overlevelsen hos forskellige karpefisk lader ikke til at være påvirket af kortvarig opbevaring i keepnets eller carp sacks<sup>155,156,160,161</sup>. Det tyder derfor på, at karpefisk er forholdsvis robuste over for kortvarig opbevaring i keepnets og carp sacks.

Ud over disse undersøgelser har en gruppe tysk-canadiske forskere evalueret krogstørrelsens betydning for intensiteten af vævsskader og hyppigheden af blødninger hos store (49-93 cm) karper<sup>66</sup>. I forsøget blev der anvendt en lille (str. 6) eller stor (str. 1) J-formet enkeltkrog med modhage. Fiskeriet foregik med et såkaldt "hair-rig", som ofte anvendes i karpefiskeri. Med dette rig bliver agnen sat på en lille linetjavs umiddelbart bag krogen. Der fastgøres et relativt tungt lod til rigget, således fisken kroger sig selv, når den tager agnen og prøver at stikke af. I forsøget blev der fisket med tre majs-korn på hair-rigget i en mindre canadisk sø. Der var ingen tilfælde af dybe krogninger og alle karperne blev kroget i underkæben eller siden af munden. Den lille krogstørrelse forårsagede lidt mindre vævsskade i området omkring krogningsstedet i forhold til de større kroge. Hyppigheden af blødninger fra krog-såret var dog ens for de to krogstørrelser. Samlet set blødte mere end 50 % af karperne en smule fra krog-såret efter fangsten. På baggrund af undersøgelsen anbefalede forskerne de mindre kroge til karpefiskeri.

Et nyere studie har ligeledes undersøgt effekten af krogtypen på hyppigheden af blødninger og vævsskader hos forskellige karpefisk<sup>23</sup>. Ud over blødning og krog-sår undersøgte de polske forskere også

fiskenes flugtreksek og balanceevne umiddelbart efter de var fanget. Forsøget inkluderede traditionelle J-kroge med eller uden modhage og cirkelkroge med modhage. Dimensionerne var næsten ens for de tre krogtyper mht. til kroggab, krogskaf og krogdiameter. Fiskene blev fanget ved medefiskeri med maddiker eller majs-korn i seks naturlige søer og to vandløb beliggende i det nordøstlige Polen. Der blev i alt fanget otte forskellige arter af karp-fisk under fiskeriet, hvor skalle (48,6 %), flire (19,8 %), løje (16,3 %), rudskalle (11,1 %) og brasen (3,2 %) antalsmæssigt dominerede fangsten. Strøm-skalle, suder og grundling udgjorde sammenlagt 1 % af fangsten. På tværs af disse fiskearter viste resultaterne, at afkrognings-tiden var længst for J-kroge med modhage efterfulgt af J-kroge uden modhage og cirkelkroge med modhage. Fiskene blev hyppigst kroget i mundvigen med cirkelkroge, mens J-kroge med/uden modhage hovedsageligt krogede fiskene i overkæben. Frekvensen af dybe krogninger var dog signifikant højere for J-kroge sammenlignet med cirkelkroge. Samlet set blev hhv. 27,1 og 31,4 % af fiskene kroget dybt på J-kroge med og uden modhage, hvorimod forekomsten af dybe krogninger var 3,4 % ved brug af cirkelkroge. Blødning fra krog-såret var hyppigst blandt fisk fanget på J-kroge sammenlignet med cirkelkroge. Desuden var risikoen for nedsatte reflekser og balanceevne større for J-kroge end cirkelkroge. Dybe krogninger nedsatte også fiskens reflekser og balanceevne sammenlignet med krogninger i kæben eller mundvigen. Desuden var blødning over tre gange hyppigere blandt fisk med nedsatte reflekser og balanceevner. På baggrund af resultaterne fra undersøgelsen konkluderede forskerne, at medefiskeri med cirkelkroge er mere skånsomme over for en række karp-fisk sammenlignet med J-kroge.

Som nævnt under aborrefamilien (afsnit 3.3) undersøgte Czarkowski & Kapusta <sup>198</sup> også overlevelsen af skaller under isfiskeri på to polske søer. Fiskeriet foregik med små mormyska agnet med myggelærver og maddiker. Enkeltkrogen på mormyskaen var enten med eller uden modhage. Resultaterne viste, at 92 % af fiskene blev kroget i overkæben, uanset om krogen var med eller uden modhage. I forbindelse med håndteringen var skallerne ude af vandet i gennemsnitligt 26 sekunder. Ingen af de genudsatte skaller døde i løbet af den fire time lange opbevaringsperiode i nettet under isen. Dermed viste forsøget, at isfiskeri med små mormyska ikke påvirker overlevelsen hos genudsatte skaller på kort sigt.

Tilsammen peger de tilgængelige studier på, at karp-fisk er ret robuste over for kortvarig opbevaring i keepnets og carp sacks, når ilt og vandtemperatur svarer til det miljø, fisken blev fanget i. Opbevaringen lader kun til at påvirke fiskens stressrespons og adfærd i begrænset omfang. Slimlaget og finnerne kan i nogle tilfælde tage skade under opbevaringen pga. kontakt med nettet og/eller andre fisk. Væksten og overlevelsen hos en række forskellige karp-fisk ser imidlertid ikke ud til at være påvirket efter de har været opbevaret kortvarigt i keepnets eller carp sacks. Et par studier har undersøgt, om krogstørrelsen og typen kan påvirke graden af vævsskade i området omkring krog-såret og forekomsten af blødning hos forskellige karp-fisk. Resultaterne fra disse undersøgelser peger på, at cirkelkroge kan mindske risikoen for dybe krogninger og blødning sammenlignet med traditionelle J-kroge. Samtidig er J-kroge uden modhage generelt mere skånsomme for fisken end kroge med modhage. Endelig kan mindre kroge reducere størrelsen på krog-såret. Der er behov for mere viden om, hvordan forskellige faktorer og aktiviteter i C&R påvirker karp-fiskenes trivsel (f.eks. væksten og adfærden) og overlevelse.

### 3.5. Torsk-familien (*Gadidae*)

Almindeligt forekommende danske arter i torsk-familien omfatter bl.a. hvilling (*Merlangius merlangius*), kuller (*Melanogrammus aeglefinus*), lubbe (*Pollachius pollachius*), sej (*Pollachius virens*), lange (*Molva molva*) og torsk (*Gadus morhua*). Fiskeriet efter disse arter foregår typisk ved havfiskeri fra båd eller fiskeri fra kyst, moler og havne (Tabel 1). Fiskeriet kan også ske ved surfcasting, som er en

specialiseret form for medefiskeri direkte fra den åbne kyst<sup>13</sup>. Havfiskeriet fra båd bliver overvejende praktiseret med pirk eller naturlig agn. Over pirken bliver der ofte monteret flere kroge med gummiagn (såkaldt ophænger). Genudsætningsraten er lavere for torsk end hvilling og sej, som er de eneste arter i torskfamilien, der indtil videre findes betydelige mængder data på i Fangstjournalen (Figur 5). I den forbindelse peger en DTU Aqua undersøgelse under udarbejdelse på, at netop lystfiskere med torsk som mållart ikke er godt repræsenteret blandt Fangstjournalens deltagere.

Under litteratursøgningen omkring effekten af C&R på de danske arter i torskfamilien, blev der næsten udelukkende fundet undersøgelser af torsk. Samlet set er der dog lavet relativt få undersøgelser af torsk relateret til C&R.

Torsk har en lukket svømmeblære og er derfor særligt sårbare over for hurtige trykændringer<sup>203,204</sup>. Endvidere fanges torsk ofte på forholdsvis store vanddybder, og derfor er det ikke unormalt, at torsk får barotraumer under lystfiskeri<sup>203</sup>. En gruppe forskere undersøgte forekomsten af barotraumer hos torsk (22-85 cm), efter de var fanget i en norsk fjord på vanddybder ned til 90 meter<sup>203</sup>. Forsøget viste en klar sammenhæng mellem fangstdybden og risikoen for barotraumer. Den mest almindelige type barotraume var opsvulmning af bughulen, fordi svømmeblæren udvidede sig. Ved en fangstdybde på mindre end ti meter havde 50 % af torskene udspilet bughule, mens hyppigheden steg til 73 % i dybdeintervallet fra 11 til 20 meter. Brister på svømmeblæren blev observeret hos en enkelt torsk ved en fangstdybde på syv meter. På fangstdybder mere end 19 meter havde alle torsk brister på svømmeblæren. Dannelse af gasbobler i de venøse blodbaner (gasemboli) blev observeret fra en fangstdybde på ti meter. På dybder mere end 50 meter havde samtlige torsk gasbobler i blodet. Mere end 90 % af torskene frigav gasbobler fra området omkring gatåbningen ved en fangstdybde over 41 meter. Efter fangst blev torskene genudsat i et specialfremstillet netbur, så forskerne kunne følge deres overlevelse de efterfølgende 72 timer. Den første halve time efter genudsætningen var netburet placeret fra vandoverfladen ned til en dybde på seks meter. Denne test viste, at omkring 2 % af torskene flød rundt på vandoverfladen inde i netburet pga. overtryk i svømmeblæren. De resterende 98 % var i stand til at svømme ned på dybere vand. Herefter blev en del af netburet lukket og sænket ned under vandoverfladen til fangstdybden. Alle torsk var i live 72 timer senere, selv individer med tydelige tegn på barotraumer. Et delforsøg viste i forlængelse heraf, at stort set alle tegn på barotraumer var forsvundet en måned efter, torskene var fanget. De fleste torsk havde funktionsdygtige svømmeblærer tre dage efter genudsætning. Forskerne konkluderede på den baggrund, at torsk er forholdsvis robuste over for visse typer barotraumer, hvis de hurtigt returneres til fangstdybden. Det skal bemærkes, at forsøget kun blev lavet på torsk, som var kroget yderligt i munden og ikke blødte fra gællerne. Endvidere blev langtidsoverlevelse af torskene ikke undersøgt i forsøget. Endelig var torskene ikke udsat for prædation, idet de blev opbevaret i et lukket netbur under forsøget. Undersøgelser af andre fiskearter har vist stor dødelighed blandt individer, som flyder rundt i overfladen efter genudsætning pga. overtryk i svømmeblæren, fordi de bliver ædt af fugle eller udsat for suboptimale temperaturforhold (se afsnit 2.7.2).

Andre undersøgelser har vist, at torsk har en øjeblikkelig reparationsmekanisme, der kan forsegle små huller på svømmeblæren<sup>204,288</sup>. Svømmeblæren er opbygget af en indre (tunica interna) og ydre (tunica externa) membran. Hvis svømmeblæren punkterer, forskydes den indre membran i forhold til den ydre membran, således at hullet på svømmeblæren forsegles. Denne mekanisme kan forklare, hvordan torsk med bristet svømmeblære forårsaget af hurtige trykændringer i visse tilfælde er i stand til at overleve efter genudsætning<sup>204</sup>.

Agntypen kan påvirke, hvordan torsk bliver kroget. Weltersbach *et al.*<sup>77</sup> sammenlignede krogningsted og resulterende vævsskader hos torsk (10-82 cm) fanget på naturlig agn og forskellige typer kunstagn



under havfiskeri fra båd. Resultaterne fra denne undersøgelse er tidligere nævnt i afsnit 2.1.5. Fiskeri med sandorm og børsteorm på J-kroge resulterede i flere dybe krogninger i gælle, spiserør og mave sammenlignet med jig, pirk og shad. Hyppigheden af dybe krogninger var 24 % med naturlig agn og 2-8 % med kunstagn. Pirkene var monteret med trekrog, mens der blev anvendt J-formet enkeltkroge til fiskeri med jig og shad. Alle krogetyper i undersøgelsen havde modhage. Andelen af kritiske blødninger med naturlig agn (26 %) var også højere i forhold til de øvrige typer af kunstagn (pirk: 13 %, jig: 12 %, shad: 13 %). Overlevelsen af torskene blev ikke undersøgt.

I modsætning hertil fandt Capizzano *et al.* <sup>83</sup>, at pirk monteret med trekrog forårsagede større vævsskader på torsk (26-72 cm) i forhold til J-kroge agnet med musling. Det skyldes, at andelen af fejlkrogninger (dvs. krogning i hoved, bug, ryg eller halefinne) i denne undersøgelse var 11,8 gange højere ved fiskeri med pirk end naturlig agn. Over 75 % af torskene blev dog kroget i munden uanset agntype. Forekomsten af dybe krogninger (dvs. krogning i gælle, spiserør eller mave) var lav (0,5 %) og blev kun observeret ved fiskeri med naturlig agn. Dødeligheden efter genudsætning blev estimeret til 15,4 og 21,2 % blandt torsk fanget på hhv. naturlig agn og pirk.

Weltersbach & Strehlow <sup>289</sup> rapporterede en dødelighed på 0-27,3 % hos torsk under mindstemålet ( $\leq 45$  cm i dette tilfælde) fanget i den vestlige del af Østersøen på pirk, shad og jig i perioden fra april til juli. Efter fangst blev torskene overført til netbure for at følge overlevelsen over en periode på mindst ti dage. Dødeligheden blandt torskene skete primært inden for det første døgn efter fangst. Typen af kunstagn havde ikke betydning for krogningsstedet. Risikoen for at dø var 4,8 gange højere for torsk, som blødte pga. krogningen. Dødeligheden var også korreleret med vandtemperaturen i netburene, hvor højere vandtemperatur nedsatte torskens overlevelse. Den højeste dødelighed (27,3 %) blev observeret blandt torsk fanget i juni, hvor den gennemsnitlige vandtemperatur var ca. 16 °C i netburene. I april var den gennemsnitlige vandtemperatur ca. 7 °C, og alle torsk var i live ti dage efter fangst. Forskerne mente derfor, at dødeligheden blandt torskene i juni ville have været lavere, hvis de kunne opsøge koldere vand.

Adfærden hos torsk efter genudsætning er blevet undersøgt i en mindre norsk bugt beliggende i den nordlige del af Skagerrak<sup>290</sup>. Fiskene blev fanget på bløde gummiagn (jig og shad). Torskens daglige svømmeadfærd i forhold til bevægelser mellem forskellige dybder i vandsøjlen var ikke påvirket efter genudsætning.

Capizzano *et al.* <sup>291</sup> undersøgte overlevelsen af kuller efter genudsætning. Fiskeriet foregik fra båd med pirk og naturlig agn ca. 50 km ud fra kysten i New Hampshire, USA. Selvom kuller har en lukket svømmeblære og blev fanget på 45-65 meters dybde viste resultaterne fra undersøgelsen kun en forholdsvis lav andel (3 %) af kuller med synlige tegn på barotraumer. Størrelsen på kullerne og tidspunktet på året (forår eller efterår) havde betydning for overlevelsen efter genudsætning. Dødeligheden om foråret var 31 % for små kuller ( $< 50$  cm) og 11 % for større artsfæller ( $\leq 50$  cm). Om efteråret var dødeligheden 72 % for små kuller og 47 % for store individer. Den gennemsnitlige temperatur for overfladevandet om efteråret (18,5 °C) var 2,5 gange højere sammenlignet med vandtemperaturen i foråret (7,3 °C). Forskerne konkluderede, at den lavere overlevelse hos kuller genudsat om efteråret sandsynligvis skyldes de højere vandtemperaturer (se afsnit 2.7.1). Årsagen til den højere dødelighed blandt små kuller var ukendt i undersøgelsen, men forskerne mente, det kunne skyldes, at mindre individer var mere sårbare over for stress i forbindelse med fangst og håndtering. Baseret på data fra fiskeriet om foråret og efteråret blev den samlede dødelighed estimeret til 63 % efter genudsætning (95 % konfidensinterval: 52-74 %).

En undersøgelse på sej har fundet øget koncentration af laktat i blodet og nedsat pH i muskelvævet 4-5 minutter efter fiskene blev fanget ved pirkfiskeri fra båd på 100 meters dybde<sup>292</sup>. Overlevelsen

blev ikke evalueret i denne undersøgelse, men resultaterne understreger, at fight og håndtering kan forstyrre fiskens fysiologiske processer.

Samlet set viser de eksisterende undersøgelser, at dødeligheden hos torsk efter genudsætning ligger mellem 0-27 %. Torsk er sårbare over for hurtige trykændringer, fordi de har en lukket svømmeblære. Undersøgelser peger imidlertid på, at torsk er forholdsvis robuste overfor visse typer barotraumer, hvis de er i stand til at returnere eller hurtigt bringes tilbage til fangstdybden. Valg af agntype kan påvirke krogningstedet. Naturlig agn resulterer ofte i flere dybe krogninger end kunstagn, men fiskeri med pirk kan øge risikoen for fejlkrogninger. En undersøgelse af kuller fandt en dødelighed på 63 % efter genudsætning, hvilket er højere end for torsk. Der er dog et behov for flere studier for at kunne fastslå, om kuller generelt har lavere overlevelse end torsk i C&R. Undersøgelsen fandt også, at en relativ lille andel (3 %) af kullerne havde synlige tegn på barotraumer. Endelig peger undersøgelserne på, at høje vandtemperaturer kan nedsætte overlevelsen hos både kuller og torsk efter genudsætning.

### 3.6. Fladfiskeordenen (Pleuronectiformes)

Hjemmehørende arter af fladfiskeordenen inkluderer skrubbe (*Platichthys flesus*), rødspætte (*Pleuronectes platessa*), ising (*Limanda limanda*), tunge (*Solea solea*), pighvar (*Scophthalmus maximus*) og slethvar (*Scophthalmus rhombus*). Lystfiskeri efter fladfisk sker primært med naturlig agn og foregår bl.a. fra moler, havne, kyst eller båd (Tabel 1). Der er indrapporteret fisketure efter skrubbe, rødspætte, ising og pighvar i Fangstjournalen. Lystfiskeri efter skrubbe og rødspætte er mere udbredt sammenlignet med fiskeri efter pighvar og ising (Figur 4). For alle fladfiskearterne er genudsætningsraterne generelt lavere end for mange andre arter (Figur 5).

Under litteratursøgningen blev der ikke fundet undersøgelser om effekten af C&R på de ovennævnte fladfiskearter.

### 3.7. Øvrige almindelige fiskearter i catch and release-lystfiskeri

Vi har på nuværende tidspunkt ikke kendskab til C&R-relaterede undersøgelser på makrel (*Scomber scombrus*), sild (*Clupea harengus*) og hornfisk (*Belone belone*), som er andre populære arter i det danske lystfiskeri (Figur 4). Til gengæld blev der fundet nogle få C&R-studier på havbars (*Dicentrarchus labrax*), ål (*Anguilla anguilla*) og blåfinnet tun (*Thunnus thynnus*) under litteratursøgningen. Disse arter indgår i større eller mindre omfang i det danske lystfiskeri og i de følgende afsnit opsummeres de væsentligste resultater fra de tilgængelige C&R-undersøgelser.

#### 3.7.1 Havbars (*Dicentrarchus labrax*)

Havbars tilhører barsfamilien (Moronidae). I Danmark foregår fiskeriet efter havbars primært langs kysten fra land eller båd. Ifølge tal fra Fangstjournalen bliver næsten 75 % af de lystfiskerfangede havbars genudsat (Figur 5).

Under litteratursøgningen blev der fundet én undersøgelse, som har kigget på overlevelsen af havbars i forbindelse med C&R<sup>293</sup>. Undersøgelsen blev lavet på opdrættede havbars (28-36 cm) og fiskeriet foregik i et indendørs bassin med kunstagn (wobler og shad) eller naturlig agn (sandorm). Efter fangst blev fiskenes overlevelse fulgt de efterfølgende ti dage i mindre bassiner. Ingen havbars døde i denne periode efter de var fanget på kunstagn, hvorimod dødeligheden var 13,9 % med naturlig agn. Alle havbars, som døde i undersøgelsen, blødte kraftigt og havde alvorlige vævsskader i spiserør eller maven, fordi de var kroget dybt. Der var ingen tilfælde af dybe krogninger med kunstagn, mens 19,4 % af fiskene blev kroget dybt (dvs. i gæller, spiserør eller mave) med naturlig agn. Næsten 80 % af dødstilfældene skete inden for den første time efter genudsætningen. En anden gruppe af havbars

blev bevidst kroget dybt ved fiskeri med sandorm. Dødeligheden for denne gruppe var 76,5 % ved forsøgets afslutning ti dage senere, og resultaterne bekræfter dermed at dybe krogninger kan nedsætte fiskens overlevelseschancer markant i C&R. Forskerne udsatte også en helt tredje gruppe af havbars for luft i enten 180 eller 300 sekunder, efter de var fanget på sandorm. Denne del af undersøgelsen inkluderede kun havbars, som var kroget yderligt i munden. Ingen havbars døde efter 180 sekunders lufteksponering, mens 10 % døde efter 300 sekunders lufteksponering. Prøvestørrelsen var dog forholdsvis lille, og kun ti havbars blev udsat for 300 sekunders lufteksponering. På baggrund af dette resultat konkluderede forskerne, at havbars er relativt robuste over for kortvarig lufteksponering. Undersøgelsen anbefaler agntyper og fisketeknikker, som minimerer risikoen for dybe krogninger af havbars.

### 3.7.2. Ål (*Anguilla anguilla*)

Ål er en blandt de mindst populære målarter i det danske lystfiskeri ifølge tal fra Fangstjournalen (Figur 4). Fiskeriet efter ål foregår fortrinsvis med naturlig agn, herunder regnorm og døde fisk.

Der er lavet et par undersøgelser om C&R-effekter på ål<sup>132,294</sup>. Weltersbach *et al.*<sup>132</sup> fiskede efter ål i en norsk sø med regnorm og lod ålene sluge krogen. Forskerne anvendte små (str. 6) og store (str. 2) J-kroge med eller uden modhage. I alt lykkedes det forskerne at kroge 31 ål dybt i enten svælg (9,7 %), spiserør (16,1 %) eller mave (74,1 %). Efter fangst blev krogen efterladt i ålene ved at klippe linen så tæt på fiskens mund som muligt. Ålene blev herefter transporteret til bassiner i et laboratorium, hvor forskerne fulgte overlevelsen og tabet af kroge over de næste 23 uger. Resultaterne viste, at krogtabet samlet set var 41,2 % for de små kroge, hvorimod alle store kroge stadig sad i ålene ved forsøgets afslutning. Størstedelen (71 %) af de små kroge blev tabt inden for de første 24 dage efter fangst. Forskerne vurderede, at krogene blev frigivet fra ålene gennem munden, og mente det var mindre sandsynligt, at de blev udstødt via gatåbningen. Røntgenbilleder af krogene mens de stadig var i ålene viste meget begrænset tegn på korrosion, og derfor udelukkede forskerne, at krogene forsvandt, fordi de rustede op i fiskene. Der var ikke signifikant forskel på dødeligheden (27-50 %) blandt ål, som blev fanget på de to krogstørrelser med eller uden modhage. Forsøgsdesignet havde visse begrænsninger, idet der ikke indgik en kontrolgruppe af ål i undersøgelsen, og desuden var resultaterne baseret på forholdsvis få fisk.

En anden undersøgelse har tilsvarende fundet indikation på, at mindre kroge er mere tilbøjelige til at løsne sig fra dybt krogede ål efter de er efterladt i fisken ved klip af linen sammenlignet med større kroge af samme type<sup>294</sup>. Ålene i dette forsøg blev fanget i to jorddamme på regnorm ved brug af små (str. 6) eller store (str. 1) J-kroge med modhage. Forskerne klippede linen tæt på ålenes mund i tilfælde, hvor det ikke var muligt at fjerne krogen fra fisken, fordi den var kroget dybt i gæller eller spiserør. Ved forsøgets afslutning 43-65 dage senere var krogtabet for de store og små kroge hhv. 6,3 og 22,2 %. Forskellen var dog ikke statistisk signifikant. Forskerne undersøgte også ålenes overlevelsen de første 72 timer efter fangst ved at opbevare dem i keepnets inden de blev genudsat i dammene. Denne del af undersøgelsen inkluderede også ål fanget på de to krogstørrelser, hvor det var muligt at fjerne krogen, fordi de var kroget yderligt i munden. Dødeligheden (0-18,2 %) var ikke signifikant påvirket af krogstørrelsen eller om krogen blev fjernet eller efterladt i ålen ved klip af linen. Blødning fra krogsåret var den eneste variable i undersøgelsen, som nedsatte overlevelseschancerne for de genudsatte ål. Studiet indeholdt også en citizen science-undersøgelse, hvor 67 lystfiskere indrapporterede data fra deres fisketure efter ål. Lystfiskerne blev udstyret med små (str. 6) og store (str. 1) J-kroge samt cirkelkroge (str. 6) og noterede bl.a. hvor ålen blev kroget med de forskellige krogtyper. Resultaterne viste, at 46,5 % af ålene blev kroget dybt på tværs af de tre krogtyper. Risikoen for dybe krogninger var 2,6 gange højere med små J-kroge i forhold til store J-kroge. Hyppigheden af dybe krogninger var ikke statistisk forskelligt mellem store J-kroge (34,2 %) og cirkelkroge (41,2 %).

Tilsammen peger de to undersøgelser på, at mindre kroge oftere løsner sig selv med tiden end større kroge fra ålen i tilfælde, hvor krogen må efterlades ved klip af linen, fordi fisken er kroget dybt. Citizen science-undersøgelsen indikerer dog, at brugen af store J-kroge eller cirkelkroge generelt kan mindske risikoen for at kroge ål dybt sammenlignet med små J-kroge.

### 3.7.3. Blåfinnet tun (*Thunnus thynnus*)

Blåfinnet tun (herefter kaldet tun) er vendt tilbage til danske farvande efter mere end 50 års fravær<sup>295</sup>. Siden 2011 har tunen haft status som "truet" på International Union for Conservation Nature's (IUCN) rødliste over arters tilstand. En nyere vurdering fra 2015 placerer dog tunen i kategorien "næsten truet" i dens europæiske udbredelsesområde, hvilket er to kategorier bedre end "truet". Der er ikke lavet en vurdering af tunens status i danske farvande. I 2022 byttede Danmark sig til en kvote på fem tons tun, som udvalgte danske lystfiskere, fik tilladelse til at fange under særlige vilkår. Nogle få studier har undersøgt effekten af C&R-lystfiskeri på tun og disse har primært fokuseret på overlevelsen efter genudsætningen.

Skomal *et al.*<sup>31</sup> undersøgte, om fiskeri efter tun med naturlig agn (døde fisk) på cirkelkroge eller J-kroge kan påvirke, hvor fisken bliver kroget. Tunene blev fanget i Atlanterhavet ud for Virginia og Massachusetts, USA, fra drivende båd. Under fiskeriet var fiskestængerne placeret i stangholdere på båden og ved bid blev modstanden på fiskehjulet øget for at kroge fisken. Efter fangst blev tunene (63-131 cm) aflivet og dissekeret for at sammenligne krogingssted for de to krogtyper. Hyppigheden af dybe krogninger i svælg og spiserør var 4 % med cirkelkroge, mens 34 % af tunene blev kroget dybt ved fiskeri med J-kroge. De fleste tun fanget på cirkelkroge blev kroget i kæben eller mundvigen (94 %). Til sammenligning blev 52 % af tunene kroget i kæben med J-kroge. Undersøgelsen fandt dermed, at cirkelkroge er mere skånsomme end J-kroge i fiskeri efter tun med naturlig agn.

En anden gruppe forskere har undersøgt overlevelsen af genudsatte tun fanget i Saint Lawrencebugten ved Canadas østkyst<sup>296</sup>. I forbindelse med fangst blev tunene mærket med pop up-satellitmærker (PSAT), hvorved deres overlevelse kunne bestemmes de 30 første dage efter genudsætningen. Fiskeriet foregik fra drivende båd og der blev anvendt død sild monteret på cirkelkrog. Det lykkedes forskerne at mærke 59 tun, som blev estimeret til at veje mellem 114 og 455 kg. Alle tun blev kroget i mundvigen. To af de genudsatte tun døde inden for de 30 første dage efter fangst, svarende til en dødelighed på 3,4 %.

Marcek & Graves<sup>297</sup> anvendte ligeledes PSAT-mærker for at bestemme dødeligheden af mindre tun (91-119 cm) i forbindelse med C&R. Mærkerne var programmeret til at blive frigivet fra fisken 31 dage efter genudsætningen. Tunene blev fanget i Atlanterhavet ud for New Jersey and Massachusetts, USA, på kunstagn eller naturlig agn (døde fisk) monteret med J-kroge. I alle tilfælde blev agnene fisket bag en sejrende båd. Samlet set blev der fanget og mærket 20 tun. Tre PSAT-mærker løsrev sig fra fisken, før de planlagte 31 dage og ét mærke var defekt. Alle tun var i live, indtil mærket blev frigivet.

Goldsmith *et al.*<sup>298</sup> fandt tilsvarende 0 % dødelighed hos genudsatte tun (119-185 cm) fanget på kunstagn og naturlig agn (død makrel) ud for USA's østkyst. Overlevelsen blev igen fulgt vha. PSAT-mærker, som var programmeret til at blive frigivet 31 dage efter mærkningen. De døde makreller blev monteret på én J-krog, mens kunstagnene anvendte enkeltkroge og/eller trekroge. Der indgik i alt 22 tun i undersøgelsen, hvoraf 20 blev fanget på kunstagn. Forskerne modtog dog kun data fra 15 ud af de 22 PSAT-mærker. Derfor blev overlevelsen bestemt for 15 tun i undersøgelsen.

Endelig har et nyligt studie kigget på adfærden hos store tun (200-235 cm) de første timer efter genudsætningen vha. mærker, som kan måle fiskens acceleration i tre dimensioner og samtidig registrere

vanddybden<sup>299</sup>. Undersøgelsen blev lavet ud fra kysten af det nordvestlige Irland. Forskerne mærkede i alt ti tun, som alle blev fanget på kunstagn (med J-kroge) bag en sejrende båd. Data fra mærkerne viste, at tunene svømmede mod bunden de første 20 sekunder efter genudsætningen. Efter yderligere 40 sekunder begyndte tunene generelt at svømme mere horisontalt i dybder på 45-80 meter, svarende til den nederste halvdel af vandsøjlen. Resultaterne viste endvidere, at frekvensen af haleslag var forhøjet de første 3-7 timer efter genudsætningen, hvilket indikerer øget svømmeaktivitet i denne periode. Forskerne mente, at disse ændringer i svømmeadfærden den første tid efter genudsætningen kunne være relateret til forhøjet stressniveau pga. fangst og håndtering. Tun skal svømme konstant fremad med munden åben for at kunne optage ilt fra vandet ved at skabe en vandstrømning hen over gællerne, såkaldt ram-ventilation. Forskning har indikeret, at tun bruger mindre energi, når de passivt "glider" mod bunden frem for at svømme aktivt fremad i vandsøjlen<sup>300</sup>. På den baggrund foreslog forskerne også, at tunene søgte mod bunden umiddelbart efter genudsætningen for at bruge mindre energi på at genoptage respirationen over gællerne og dermed indfri en del af den opbyggede iltgæld mere effektivt.

Samlet set peger undersøgelserne på, at dødeligheden af blåfinnet tun er lav (< 5 %) i C&R. En undersøgelse peger på, at C&R kan påvirke tunens adfærd den første tid efter genudsætningen, men der er behov for mere forskning på dette område.

## 4. Anbefalinger til skånsomt lystfiskeri i forbindelse med catch and release

I 2016 lavede DTU Aqua anbefalinger til skånsomt lystfiskeri i forbindelse med C&R. Disse anbefalinger kan findes på [Fiskepleje.dk](http://Fiskepleje.dk) og bliver løbende opdateret i forhold til nyeste kendte viden om skånsomt lystfiskeri. Denne viden er desuden gjort tilgængelig i appen "Fangstjournalen". De fleste anbefalinger er generelle og gælder i udgangspunktet for alle fiskearter. Anbefalingerne er oplistet i nedenstående tabeller.

### VALG AF FISKEUDSTYR

#### Vælg agn og krogmontering, som er mest skånsom og minimerer dødeligheden, hvis fisken bliver genudsat

- Brug metoder, hvor du kan afkroge og håndtere fisken under vand og samtidig minimere håndteringstiden. Det øger overlevelsen og er derfor vigtigt, hvis fisken skal genudsættes.
- Pas på med små agn til store fisk. Mindre agn sluges ofte lettere end større agn - et aspekt, hvor forholdet mellem agnens størrelse og fiskens størrelse selvfølgelig spiller ind. Brug derfor ikke de mindste agn til målrettet C&R, hvis ikke der samtidig anvendes en metode, hvor kroge er monteret på en måde, som muliggør skånsom afkroging.
- Det er bedst at anvende kroge og krogmonteringer, der er nemme at afkroge, minimerer krogårets størrelse og gør det nemt at afklippe line eller krog, hvis det er nødvendigt. Her er det en fordel, at kroge er monteret direkte på et stykke line. Det gør det nemt at komme til kroge og eventuelt afkroge under vand med en krogløser eller afklippe linen, hvis det er nødvendigt.
- Vælg fiskestang, hjul, krogtype, linetykkelse og monteringer som matcher den art og fiskestørrelse, du fisker efter. Herunder er nævnt eksempler på kroge, der bidrager til at minimere skader og øge overlevelsen af genudsatte fisk:
  - Mindre kroge frem for større kroge betyder mindre krogår og gør det nemmere at få en krogløser (disgorger) ind til kroge. Krogløserens størrelse afhænger af krogens størrelse og jo mindre krogløser, desto lettere bliver det at få krogløseren ind i munden og foretage afkrogingen hurtigt og skånsomt under vand. Mindre kroge anbefales dog kun, når det indebærer, at agnen ikke sluges dybere end samme agn med en større krog.
  - Kroge uden modhage sikrer hurtigere og lettere afkroging og reducerer dermed håndteringstiden. Det gælder for alle typer af agn, f.eks. spinnere, woblere, blink og jigs. Der findes dog ikke mange af den slags agn, som er monteret med modhageløse kroge, så her må man selv bøje modhagen ned med en tang.
  - Brug af én enkelt krog (enkelt-, dobbelt- eller trekrog) frem for to eller flere kroge af samme størrelse i samme agn. Det medvirker til kort håndteringstid.
  - Anvend kroge, der med tiden kan ruste, hvis linen bliver klippet eller brister.

Fortsættes på næste side.

- Ved fiskeri med naturlig agn er cirkelkroge i kombination med den rette fisketeknik mindre tilbøjelige til at kroge fisken dybt sammenlignet med traditionelle J-kroge. Den rette fisketeknik er i dette tilfælde at fiske med relativt stram line, så der er kontakt med agnen. Fisken skal dog kunne tage agnen, så cirkelkrogen kommer helt ind i fiskens mund. Når fisken har indtaget agnen, skal lystfiskeren umiddelbart herefter foretage et jævnt træk i fiskelinen, f.eks. ved at spole fiskelinen ind eller "løfte" fiskestangen, for at kroge fisken med det samme. Ved at stramme linen op bliver cirkelkrogen gradvis trukket ud gennem fiskens mundhule, indtil krogspidsen rammer hjørnet af munden og arbejder sig ind i vævet. Herved bliver fisken typisk kroget i kæbevinklen og i nogle tilfælde yderst i munden. Fisken kan også kroge sig selv, når den vender i vandet, hvorved linen strammes helt op.

## FANGST, LANDING OG HÅNDTERING

### Vælg en fisketeknik, som forebygger dybe krogninger og muliggør afkroging under vand

- Den fisketeknik, du vælger, skal sigte mod, at fisken bliver kroget i munden og ikke i gæller, svælg eller mave. Fisketeknikker, der involverer løslin, hvor fisken lettere kan sluge agnen, medfører oftere dybe krogninger. Den mest skånsomme krogning sker, hvis fisken bliver kroget med det samme, og der samtidig bliver fisket med helt stram line, uden at give fisken friløb, idet den hugger. Hurtige modhug giver færre dybe krogninger.

### Minimér fight-tiden

- Når fisken er kroget, er det mest skånsomt for fisken, hvis du fighter og afkroger den, så snart den er klar til at blive håndteret.
- Det er vigtigt, at fisken ikke bliver stresset unødigt, men samtidig er så rolig, at afkroging og håndtering kan ske hurtigt uden fisken får følgeskader.

### Afkrog fisken i vandet, håndland fisken eller brug gumminet

- Det er mest skånsomt, at afkroge fisken mens den er i vandet.
- Det er også en mulighed at håndlande fisken, men husk at gøre hænderne våde først. Klem ikke fisken og undgå at berøre øjne og gæller.
- Du kan også anvende et fangstnet til at lande fisken - helst gumminet eller knudeløst net. Fangstnettet skal passe i størrelse til de fisk, som du fisker efter.
- Brug ikke gaf/fangstkrog til landing af fisk, som du vil genudsætte.

Fortsættes på næste side.

### **Undgå unødigt berøring af fisken, og beskyt fiskens slimlag**

- Fisk, der skal genudsættes, skal så vidt muligt blive i vandet for at beskytte slimlaget og gæller. Er det nødvendigt at tage fisken ud af vandet så undgå, at fisken ligger på sten, jord, i bunden af båden eller andet, mens den bliver afkroget. Afkrogning ude af vandet kan eksempelvis ske på en våd afkrogningsmåtte, som skåner slimlaget.

### **Brug krogløser**

- Medbring altid et redskab til at afkroge, så du hurtigt og effektivt kan afkroge fisk, som skal genudsættes. Gode krogløseredskaber er tang (peang), krogløser (disgorger) og saks/bidetang i tilfælde af, at du skal klippe linen eller krogen.
- Ved krogninger, hvor krogen er synlig og nem at komme til, kan du anvende fingrene. Sidder den lidt mere fast, kan du anvende en tang. Ved dybe krogninger f.eks. i midten af munden, svælg eller mave, anvendes en krogløser. Er det umuligt at anvende en krogløser, hvis krogen sidder dybt begravet i maven eller i gæller, klippes krogen af. Med små kroge under str. 10 er det oftest lettest at fjerne krogen med en kirurisk tang (pean), også selvom den sidder yderligt i fiskens mund.

### **Håndter, mål, vej og fotografer så vidt muligt fisken i/under vand**

- Skal du genudsætte en fisk, skal du undgå at få den over vandet. Det er derfor mest skånsomt at måle og fotografere fisken, mens den er i vandet. Vej kun fisken, hvis det er absolut nødvendigt, og brug i så fald en våd vejesæk/vejeslynge.

### **Understøt fiskens bug, hvis det er nødvendigt at løfte den fri af vandet**

- I de tilfælde, hvor det er nødvendigt at løfte fisken ud af vandet, f.eks. for at afkroge den, er det mest skånsomt, hvis du understøtter fiskens bug. Løft ikke fisken op i halen.

### **Ved genudsætning – hjælp fisken på vej**

- Observér fisken i vandet og genudsæt den, så snart den er kommet til kræfter og begynder at kunne svømme væk.
- Hvis fisken er udmattet, kan du hjælpe fisken ved at støtte den i vandet med et løst greb om haleroden med den ene hånd og under bugen med den anden hånd, indtil den forsøger at svømme væk. I strømmende vand anbefales det at holde fiskens hoved op mod strømretningen så vandet løber igennem munden og ilter gællerne. Undgå at føre fisken skiftevis frem og tilbage i vandet ved genudsætningen.

### **Opbevar levende fisk skånsomt**

- Er der brug for at opbevare fisken levende, f.eks. i et kar eller keepnet, så sørg for, at:
  - Fisken har tilstrækkelig med plads.
  - Vandkvalitet, ilt og temperatur svarer til det miljø, fisken blev fanget i.
  - Opbevaringstiden bliver så kort som muligt.



## Målrettet C&R-lystfiskeri

Fisk har størst chance for at overleve, hvis de hurtigt og skånsomt bliver afkroget under vand. Derudover har valg af fiskegrej, metoder, håndterings- og afkrognings teknik samt miljømæssige faktorer (f.eks. vandtemperaturen) også betydning for fiskens overlevelseschancer. Derfor er der en række andre forhold, du som lystfisker skal tage hensyn til. Ved målrettet C&R bør du undgå at fiske, når:

- Vandtemperaturen er høj.
- Fiskeriet foregår i fiskenes gydeperiode, eller hvis arten er fredet.
- De fangede fisk har tegn på dykkersyge (barotraumer), f.eks. udstående øjne, udspilet mave, synlig mavesæk i munden eller synlige tarme ved gattet.
- Der er øget risiko for, at den genudsatte fisk bliver ædt af andre dyr (fisk, fugle og pattedyr).
- Det er frostvejr, og det er nødvendigt at tage fisken op af vandet i lang tid, inden den bliver genudsat.

## 5. Sammenfatning

Denne litteraturgennemgang viser, at der på tværs af fiskearter er udført talrige undersøgelser om påvirkning af C&R på trivsel og overlevelse. Disse peger i de fleste tilfælde på nedenstående listede faktorer som særligt betydende. I litteraturen er der også divergerende observationer angående effekten af C&R, som kan skyldes en række forhold, herunder at forskellige arter har forskellige tolerancer over for C&R eller, at der inden for den enkelte art kan være forskelle i fiskens tolerance, f.eks. i forhold til fiskens størrelse og fysiologiske forhold. Observationerne i nogle studier kan også være påvirket af uhensigtsmæssige forsøgsdesign, f.eks. mangel på kontrolgruppe eller at et lille antal fisk har indgået i de udførte forsøg, hvilket kan have reduceret forsøgenes forklaringskraft.

De vigtigste faktorer, som kan påvirke fiskenes trivsel og overlevelse i C&R inkluderer:

- Krogningssted
- Varighed af fight
- Landingsmetode og håndtering
- Eksponeringstid i luft
- Vandtemperatur
- Vanddybde

Krogningen vil uundgåeligt påføre fisken fysisk skade. Omfanget af vævsskade afhænger i høj grad af krogningssstedet. I tilfælde, hvor fisken bliver kroget yderligt i munden, er graden af vævsskade ofte minimal og uden målbar betydning for fiskens trivsel og overlevelse efter genudsætning. Omvendt fører dybe krogninger i spiserør, gælle og mave ofte til alvorlige vævsskader og blødninger, hvilket kan nedsætte fiskens overlevelseschancer. En række forhold kan have indflydelse på krogningssstedet, herunder krogtype (f.eks. J-krog vs. cirkelkrog), krogstørrelse, montage af krog på agnen, agntype, størrelse på agnen og fisketeknikken (aktiv vs. passiv).

Efter krogning af fisken begynder fighten, som vil forstyrre fiskens fysiologiske processer i varierende grad. Fiskens akutte stressrespons aktiveres, hvorved der frigives stresshormoner til blodet, primært adrenalin og kortisol. Samtidig udfører fisken ofte intensivt fysisk arbejde under fighten. I denne fase forbruger fisken ofte mere ilt, end den kan nå at optage, hvilket fører til iltgæld. Ved iltmangel skifter cellerne fra aerob til anaerob metabolisme, hvorved der bliver produceret laktat i muskulaturen, som kan nedsætte pH-niveauet i blodet. Derudover udtømmes fiskens energidepoter gradvist. Intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser stiger som regel med fightens varighed. De fysiologiske ændringer kan påvirke fiskens adfærd og øge dødeligheden efter genudsætning (afsnit 2.2).

Efter fighten skal fisken afkroges. I denne fase er særligt fiskens hud- og slimlag i risiko for at blive beskadiget, f.eks. hvis fisken placeres direkte på jorden under håndteringen. Huden spiller en vigtig rolle for opretholdelsen af den osmotiske balance. Endvidere danner hud- og slimlaget en beskyttende barriere mod infektioner forårsaget af virus, bakterier og svampe. Skader på huden øger derfor risikoen for infektioner, som kan føre til, at fisken dør efter genudsætning (afsnit 2.3).

Fisk løftes ofte fri af vandet, når lystfiskeren fjerner krogen fra fisken og eventuelt vejer, måler og/eller fotograferer den. Når fisk er ude af vandet, forhindres gasudvekslingen over gællerne, hvilket vil forstyrre de fysiologiske processer yderligere. Eksponeringstiden i luft er derfor en vigtig faktor for fiskens overlevelseschancer efter genudsætning på tværs af alle arter (afsnit 2.4.2).

Vandtemperaturen under fiskeriet kan have stor betydning for fiskens overlevelse efter genudsætning. Da fisk er vekselvarme, øges iltbehovet med stigende vandtemperatur. Endvidere er fisk generelt mere følsomme over for stresspåvirkninger ved høje vandtemperaturer, idet de er tættere på deres øvre fysiologiske tolerancegrænse. Figheten og evt. efterfølgende lufteksponering i forbindelse med håndteringen vil uundgåeligt forstyrre fiskens fysiologiske processer. Derved er intensiteten af de fysiologiske ændringer som udgangspunkt altid højere i varmt end koldt vand, hvilket fører til en større iltgæld. Efter genudsætning har fisken et ekstra stort energi- og iltbehov, indtil de fysiologiske processer er normaliseret. Samtidig falder mængden af ilt, der kan opløses i vand med stigende temperatur. Derfor har fisk sværere ved at indfri iltgælden ved høj end lav vandtemperatur. Det betyder samlet set, at dødeligheden hos genudsatte fisk som regel er højere i varmt vand (afsnit 2.7.1).

I visse tilfælde kan hurtige trykændringer påføre fisken alvorlige fysiske skader, når den bliver kroget på dybt vand og fightet til overfladen, herunder brist af svømmeblæren, gasdannelse i blodkar, udstående øjne og sprængning af blodkar. Disse skader kan direkte påvirke fiskens trivsel og overlevelse. Overtryk i svømmeblæren og/eller bughulen kan desuden føre til, at fisken flyder rundt i vandoverfladen efter genudsætning, hvilket kan udsætte den for suboptimale temperaturforhold og øge risikoen for prædation (afsnit 2.7.2).

Der er altså mange forhold under de forskellige faser i C&R, som kan have betydning for fiskens trivsel og overlevelse. Disse forhold manifesterer sig ofte som kumulative effekter. Herved kan kombinationen mellem to eller flere faktorer have en større effekt på fiskens trivsel og overlevelse end de enkelte faktorer isoleret set. Kombinationen mellem høj vandtemperatur og lang lufteksponering kan f.eks. øge intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser og dermed risiko for dødelighed efter genudsætning.

Fiskearter har generelt forskellige toleranceniveauer over for flere aspekter i C&R. Eksempelvis kan tolerancen over for lufteksponering variere mellem arterne. Den fysiologiske temperatortolerance og -optima er ligeledes artsspecifik. Nogle arter har et relativt snævert toleranceområde og er sårbare over for små ændringer i vandtemperaturen, mens andre kan tolerere store udsving i vandtemperaturen. Endvidere er fiskearter med lukket svømmeblære generelt mere sårbare over for hurtige trykændringer end arter med åben svømmeblære. Det skyldes, at fisk med lukket svømmeblære kun forholdsvis langsomt kan udligne trykforskelle. Endelig varierer typen af skæl og hudens tykkelse mellem fiskearter. Derved kan arterne påvirkes forskelligt ved landing og håndtering, fordi deres hud- og slimlag er mere eller mindre robuste. Der kan også være forskellige toleranceniveauer inden for samme art, som blandt andet relaterer til størrelse og gydemodenhed. Selvom fiskearterne har forskellige toleranceniveauer, findes der generelle mønstre på tværs af arterne. Dyb krogning, høj vandtemperatur og lang lufteksponering vil i de fleste tilfælde have negative konsekvenser for trivslen og overlevelsen, uanset fiskeart.

Overordnet set er der begrænset viden om C&R-effekter på mange af de fiskearter, som indgår i det danske lystfiskeri (se afsnit 3). Dette gælder i særdeleshed for de danske arter af fladfisk, hvor der ikke blev fundet studier relateret til C&R under litteratursøgningen. Tilsvarende findes der få undersøgelser på danske arter tilhørende aborrefamilien og karpefamilien inden for dette område. I torskfamilien er der næsten udelukkende lavet undersøgelser om C&R-effekter på torske, og samtidig er der tale om relativt få studier. Omvendt findes der en del undersøgelser af gedde, som er den eneste hjemmehørende art i geddefamilien. I laksefamilien er der lavet forholdsvis mange studier om C&R-effekter på laks, mens der er færre på ørred og ganske få på stalling.

Den begrænsede viden og til tider divergerende observationer mellem de enkelte studier, gør det vanskeligt at vurdere den generelle effekt af C&R på trivslen og overlevelsen for de fleste arter. De fleste

studier viser at overlevelsen hos laks, ørred og gedde er højere end 90 % efter genudsætning (afsnit 3). Der er dog forhold, som kan nedsætte overlevelseschancerne markant. Eksempelvis har flere studier vist, at høje vandtemperaturer under laksefiskeri kan øge risikoen for at laksen dør efter genudsætning. Undersøgelser har dokumenteret overlevelsesrater på 73-100 % hos torsk ved havfiskeri fra båd med kunstagn og naturlig agn. For de øvrige danske arter findes kun få eller ingen C&R-studier, som evaluerer overlevelsen. De fleste studier har ligeledes undersøgt overlevelsen over en relativ kort periode, typisk nogle få dage eller uger efter genudsætningen. Selvom dødeligheden som regel er højst de første dage efter genudsætningen, er der behov for flere studier, som undersøger langtids-overlevelsen.

De fleste undersøgelser peger på, at de fysiologiske processer og fiskens adfærd er normaliseret inden for nogle få timer eller dage efter genudsætningen. Det skal dog understreges, at selv kortvarige adfærdsændringer kan nedsætte fiskens overlevelseschancer, særligt i områder med højt prædationstryk. Visse omstændigheder (f.eks. høj vandtemperatur og lang fight varighed) kan som nævnt også øge omfanget af de fysiologiske forstyrrelser.

Hovedparten af de tilgængelige C&R-studier har undersøgt fiskens fysiologiske stressrespons, adfærd og overlevelse efter de er fanget og genudsat. Relativt få studier har evalueret den potentielle påvirkning af C&R på fiskens vækst efter genudsætningen. Der er ligeledes behov for mere viden om, hvorvidt og i hvilket omfang C&R har forskellig effekt på køn og livsstadier inden for en fiskeart.

## 6. Referencer

1. Blyth, S. & Rönnbäck, P. To eat or not to eat, coastal sea trout anglers' motivations and perceptions of best practices for catch and release. *Fish. Res.* **254**, 1–11 (2022).
2. Skov, C. *et al.* *Lystfiskeri langs kysten på Fyn om foråret: Fiskeindsats, fangster, demografi, adfærd og holdninger.* (2019).
3. Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A. & van de Vis, H. *The welfare of fish.* (Springer, 2020).
4. Sneddon, L. U. Can fish experience pain? in *The welfare of fish* (eds. Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A. & van de Vis, H.) 229–249 (Springer Nature, 2020).
5. Rose, J. D. *et al.* Can fish really feel pain? *Fish Fish.* **15**, 97–133 (2014).
6. Lambert, H., Cornish, A., Elwin, A. & D'cruze, N. A kettle of fish: a review of the scientific literature for evidence of fish sentience. *Animals* **12**, 1–13 (2022).
7. Mason, G. J. & Lavery, J. M. What is it like to be a bass? Red herrings, fish pain and the study of animal sentience. *Front. Vet. Sci.* **9**, 1–19 (2022).
8. Key, B. Fish do not feel pain and its implications for understanding phenomenal consciousness. *Biol. Philos.* **30**, 149–165 (2015).
9. Chatigny, F. The controversy on fish pain: a veterinarian's perspective. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* **22**, 400–410 (2019).
10. Arlinghaus, R. *et al.* Understanding the complexity of catch-and-release in recreational fishing: an integrative synthesis of global knowledge from historical, ethical, social, and biological perspectives. *Rev. Fish. Sci.* **15**, 75–167 (2007).
11. Cooke, S. J. & Suski, C. D. Do we need species-specific guidelines for catch-and-release recreational angling to effectively conserve diverse fishery resources? *Biodivers. Conserv.* **14**, 1195–1209 (2005).
12. Skov, C., Berg, S., Eigaard, O. R., Jessen, T. K. & Skov, P. V. Danish fisheries and aquaculture: past, present, and future. *Fisheries* **45**, 33–41 (2020).
13. Kromand, R., Jordal-Jørgensen, J., Roth, E. & Rønne, A. *Analyse af adfærd, motiver og præferencer blandt danske lystfiskere.* (2010).
14. Casselman, S. *Catch-and-release angling: a review with guidelines for proper fish handling practices.* Ministry of Natural Resources (2005).
15. Ferter, K., Cooke, S. J., Humborstad, O. B., Nilsson, J. & Arlinghaus, R. Fish welfare in recreational fishing. in *The welfare of fish* (eds. Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A. & van de Vis, H.) 463–486 (Springer Nature, 2020).
16. Bartholomew, A. & Bohnsack, J. A. A review of catch-and-release angling mortality with implications for no-take reserves. *Rev. Fish Biol. Fish.* **15**, 129–154 (2005).
17. Muoneke, M. I. & Childress, W. M. Hooking mortality: a review for recreational fisheries. *Rev. Fish. Sci.* **2**, 123–156 (1994).
18. Hühn, D. & Arlinghaus, R. Determinants of hooking mortality in freshwater recreational fisheries: a quantitative meta-analysis. *Am. Fish. Soc. Symp.* **75**, 141–170 (2011).
19. Cooke, S. J. & Wilde, G. R. The fate of fish released by recreational anglers. in *By-catch reduction in the World's fisheries* (ed. Kenelly, S. J.) 181–234 (Springer, 2007).
20. Cooke, S. J. & Suski, C. D. Are circle hooks an effective tool for conserving marine and freshwater recreational catch-and-release fisheries? *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **14**, 299–326 (2004).
21. Lennox, R. J., Whoriskey, K., Crossin, G. T. & Cooke, S. J. Influence of angler hook-set behaviour relative to hook type on capture success and incidences of deep hooking and injury in a teleost fish. *Fish. Res.* **164**, 201–205 (2015).
22. Kazyak, D. C., Sell, M. T., Hilderbrand, R. H., Heft, A. A. & Cooper, R. M. A comparison of catchability and mortality with circle and J hooks for stream-dwelling brook trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **36**, 259–266 (2016).
23. Kapusta, A. & Czarkowski, T. K. Influence of hook type on performance, hooking location, injury, and reflex action mortality predictors in float recreational angling for cyprinids: a case study in northeastern Poland. *Fish. Res.* **254**, 1–10 (2022).
24. Jones, T. S. The influence of circle hooks on the capture efficiency and injury rate of walleyes. *North Am. J. Fish. Manag.* **25**, 725–731 (2005).

25. Ostrand, K. G., Siepker, M. J. & Cooke, S. J. Capture efficiencies of two hook types and associated injury and mortality of juvenile muskellunge angled with live baitfish. *North Am. J. Fish. Manag.* **26**, 622–627 (2006).
26. High, B. & Meyer, K. A. Hooking mortality and landing success using baited circle hooks compared to conventional hook types for stream-dwelling trout. *Northwest Sci.* **88**, 11–22 (2014).
27. Garner, S. B., Dahl, K. A. & Patterson, W. F. Hook performance and selectivity of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) in the Åland Archipelago, Finland. *J. Appl. Ichthyol.* **32**, 1065–1071 (2016).
28. Meka, J. M. The Influence of hook type, angler experience, and fish size on injury rates and the duration of capture in an Alaskan catch-and-release rainbow trout fishery. *North Am. J. Fish. Manag.* **24**, 1309–1321 (2004).
29. Beckwith, G. H. & Rand, P. S. Large circle hooks and short leaders with fixed weights reduce incidence of deep hooking in angled adult red drum. *Fish. Res.* **71**, 115–120 (2005).
30. Alós, J. *et al.* Performance of circle hooks in a mixed-species recreational fishery. *J. Appl. Ichthyol.* **25**, 565–570 (2009).
31. Skomal, G. B., Chase, B. C. & Prince, E. D. A comparison of circle hook and straight hook performance in recreational fisheries for juvenile Atlantic bluefin tuna. *Am. Fish. Soc. Symp.* **30**, 57–65 (2002).
32. Cooke, S. J. *et al.* Injury and mortality induced by four hook types on bluegill and pumpkinseed. *North Am. J. Fish. Manag.* **23**, 883–893 (2003).
33. Chiaramonte, L. V. & Meyer, K. A. Effect of hook type and hook setting method on deep-hooking rates when bait fishing for trout in lentic waters. *Fish. Manag. Ecol.* 1–8 (2021).
34. Klein, W. D. Mortality of rainbow trout caught on single and treble hooks and released. *Progress. Fish-Culturist* **27**, 171–172 (1965).
35. Gjernes, T., Kronlund, A. R. & Mulligan, T. J. Mortality of chinook and coho salmon in their first year of ocean life following catch and release by anglers. *North Am. J. Fish. Manag.* **13**, 524–539 (1993).
36. Diodati, P. J. & Richards, R. A. Mortality of striped bass hooked and released in salt water. *Trans. Am. Fish. Soc.* **125**, 300–307 (1996).
37. Stringer, G. E. Comparative hooking mortality using three types of terminal gear on rainbow trout from Pennask Lake, British Columbia. *Can. Fish. Cult.* **39**, 17–21 (1967).
38. Nuhfer, A. J. & Alexander, G. R. Hooking mortality of trophy-sized wild brook trout caught on artificial lures. *North Am. J. Fish. Manag.* **12**, 634–644 (1992).
39. Ayvazian, S. G., Wise, B. S. & Young, G. C. Short-term hooking mortality of tailor (*Pomatomus saltatrix*) in Western Australia and the impact on yield per recruit. *Fish. Res.* **58**, 241–248 (2002).
40. Warner, K. Hooking mortality of landlocked Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a hatchery environment. *Trans. Am. Fish. Soc.* **105**, 365–369 (1976).
41. Taylor, M. J. & White, K. R. A meta-analysis of hooking mortality of nonanadromous trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **12**, 760–767 (1992).
42. DuBois, R. B. & Dubielzig, R. R. Effect of hook type on mortality, trauma, and capture efficiency of wild stream trout caught by angling with spinners. *North Am. J. Fish. Manag.* **24**, 609–616 (2004).
43. Kerr, S. M. *et al.* Influence of hook type and live bait on the hooking performance of inline spinners in the context of catch-and-release brook trout *Salvelinus fontinalis* fishing in lakes. *Fish. Res.* **186**, 642–647 (2017).
44. Trahan, A., Chhor, A. D., LaRochelle, L., Danylchuk, A. J. & Cooke, S. J. Influence of artificial lure hook type on hooking characteristics, handling, and injury of angled freshwater gamefish. *Fish. Res.* **243**, 1–8 (2021).
45. Matlock, G. C., McEachron, L. W., Dailey, J. A., Unger, P. A. & Chai, P. Short-term hooking mortalities of red drums and spotted seatrout caught on single-barb and treble hooks. *North Am. J. Fish. Manag.* **13**, 186–189 (1993).
46. Jenkins, T. M. Evaluating recent innovations in bait fishing tackle and technique for catch and release of rainbow trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **23**, 1098–1107 (2003).
47. Arlinghaus, R., Klefoth, T., Kobler, A. & Cooke, S. J. Size selectivity, injury, handling time, and determinants of initial hooking mortality in recreational angling for northern pike: the influence of type and size of bait. *North Am. J. Fish. Manag.* **28**, 123–134 (2008).

48. Cooke, S. J., Philipp, D. P., Dunmall, K. M. & Schreer, J. F. The influence of terminal tackle on injury, handling time, and cardiac disturbance of rock bass. *North Am. J. Fish. Manag.* **21**, 333–342 (2001).
49. Schaeffer, J. S. & Hoffman, E. M. Performance of barbed and barbless hooks in a marine recreational fishery. *North Am. J. Fish. Manag.* **22**, 229–235 (2002).
50. Cooke, S. J. *et al.* Evaluating different hook removal gear for in-water dehooking of jaw-hooked fish captured with barbed or barbless hooks. *Fish. Res.* **248**, 1–7 (2022).
51. Falk, M. R., Gillmann, D. V. & Dahlke, L. W. *Comparison of mortality between barbed and barbless hooked lake trout.* (1974).
52. DuBois, R. B. & Pleski, J. M. Hook shedding and mortality of deeply hooked brook trout caught with bait on barbed and barbless hooks. *North Am. J. Fish. Manag.* **27**, 1203–1207 (2007).
53. DuBois, R. B. & Kuklinski, K. E. Effect of hook type on mortality, trauma, and capture efficiency of wild, stream-resident trout caught by active baitfishing. *North Am. J. Fish. Manag.* **24**, 617–623 (2004).
54. Stein, J. A. *et al.* The influence of hook size, type, and location on hook retention and survival of angled bonefish (*Albula vulpes*). *Fish. Res.* **113**, 147–152 (2012).
55. Schill, D. J. & Scarpella, R. L. Barbed hook restrictions in catch-and-release trout fisheries: a social issue. *North Am. J. Fish. Manag.* **17**, 873–881 (1997).
56. Brownscombe, J. W., Danylchuk, A. J., Chapman, J. M., Gutowsky, L. F. G. & Cooke, S. J. Best practices for catch-and-release recreational fisheries – angling tools and tactics. *Fish. Res.* **186**, 693–705 (2017).
57. Czarkowski, T. K. & Kapusta, A. The impact of angling experience on the efficiency of float fishing using different hook types. *Fish. Aquat. Life* **27**, 41–46 (2019).
58. Reeves, K. A. & Staples, D. F. Relative hooking mortality among walleyes caught on barbed and barbless octopus hooks and barbed jigs. *North Am. J. Fish. Manag.* **31**, 32–40 (2011).
59. Broadhurst, M. K., Butcher, P. A. & Millar, R. B. Fate of yellowfin bream, *Acanthopagrus australis* after ingesting offset and/or inline barbed and barbless J and circle hooks. *Fish. Res.* **211**, 183–190 (2019).
60. Alós, J., Palmer, M., Grau, A. M. & Deudero, S. Effects of hook size and barbless hooks on hooking injury, catch per unit effort, and fish size in a mixed-species recreational fishery in the western Mediterranean Sea. *ICES J. Mar. Sci.* **65**, 899–905 (2008).
61. Bloom, R. K. Capture efficiency of barbed versus barbless artificial flies for trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **33**, 493–498 (2013).
62. Gixti, D., Conron, S. D. & Jones, P. L. The effect of hook/bait size and angling technique on the hooking location and the catch of recreationally caught black bream *Acanthopagrus butcheri*. *Fish. Res.* **84**, 338–344 (2007).
63. Carbines, G. D. Large hooks reduce catch-and-release mortality of blue cod *Paraperis colias* in the Marlborough Sounds of New Zealand. *North Am. J. Fish. Manag.* **19**, 992–998 (1999).
64. Bachelier, N. M. & Buckel, J. A. Does hook type influence the catch rate, size, and injury of grouper in a North Carolina commercial fishery? *Fish. Res.* **69**, 303–311 (2004).
65. Sell, M. T., Kazyak, D. C., Hilderbrand, R. H., Heft, A. A. & Cooper, R. M. A comparison of circle hook size on hooking success, deep hooking rate, and postrelease mortality of hatchery-reared rainbow trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **36**, 254–258 (2016).
66. Rapp, T., Cooke, S. J. & Arlinghaus, R. Exploitation of specialised fisheries resources: the importance of hook size in recreational angling for large common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish. Res.* **94**, 79–83 (2008).
67. Gargan, P. G., Stafford, T., Økland, F. & Thorstad, E. B. Survival of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) after catch and release angling in three Irish rivers. *Fish. Res.* **161**, 252–260 (2015).
68. Davie, P. S. & Kopf, R. K. Physiology, behaviour and welfare of fish during recreational fishing and after release. *N. Z. Vet. J.* **54**, 161–172 (2006).
69. Hulbert, P. J. & Engstrom-Heg, R. Hooking mortality of worm-caught hatchery brown trout. *New York Fish Game J.* **27**, 1–10 (1980).
70. Cooke, S. J., Barthel, B. L., Suski, C. D., Siepker, M. J. & Philipp, D. P. Influence of circle hook size on hooking efficiency, injury, and size selectivity of bluegill with comments on circle hook conservation benefits in recreational fisheries. *North Am. J. Fish. Manag.* **25**, 211–219 (2005).
71. Mapleston, A. *et al.* Effect of changes in hook pattern and size on catch rate, hooking location, injury and bleeding for a number of tropical reef fish species. *Fish. Res.* **91**, 203–211 (2008).

72. Stålhammar, M. *et al.* Effects of lure type, fish size and water temperature on hooking location and bleeding in northern pike (*Esox lucius*) angled in the Baltic Sea. *Fish. Res.* **157**, 164–169 (2014).
73. Siewert, H. & Cave, J. Survival of released bluegill, *Lepomis macrochirus*, caught on artificial flies, worms, and spinner lures. *J. Freshw. Ecol.* **5**, 407–411 (1990).
74. Diggles, B. K. & Ernst, I. Hooking mortality of two species of shallow-water reef fish caught by recreational tackle. *Mar. Freshw. Res.* **48**, 479–483 (1997).
75. Payer, R. D., Pierce, R. B. & Pereira, D. L. Hooking mortality of walleyes caught on live and artificial baits. *North Am. J. Fish. Manag.* **9**, 188–192 (1989).
76. Wilde, G. R., Muoneke, M. I., Bettoli, P. W., Nelson, K. L. & Hysmith, B. T. Bait and temperature effects on striped bass hooking mortality in freshwater. *North Am. J. Fish. Manag.* **20**, 810–815 (2000).
77. Weltersbach, M. S., Lewin, W. C., Gröger, J. P. & Strehlow, H. V. Effect of lure and bait type on catch, size, hooking location, injury and bycatch in the western Baltic Sea recreational cod fishery. *Fish. Res.* **210**, 121–130 (2019).
78. Warner, K. & Johnson, P. R. Mortality of landlocked Atlantic Salmon (*Salmo salar*) hooked on flies and worms in a river nursery area. *Trans. Am. Fish. Soc.* **107**, 772–775 (1978).
79. Taylor, R. G., Whittington, J. A. & Haymans, D. E. Catch-and-release mortality rates of common snook in Florida. *North Am. J. Fish. Manag.* **21**, 70–75 (2001).
80. Bettoli, P. W. & Osborne, R. S. Hooking mortality and behavior of striped bass following catch and release angling. *North Am. J. Fish. Manag.* **18**, 609–615 (1998).
81. Malchoff, M. H. & Heins, S. W. Short-term hooking mortality of weakfish caught on single-barb hooks. *North Am. J. Fish. Manag.* **17**, 477–481 (1997).
82. Larsen, M. H. *et al.* Anatomical hooking location and bleeding occurrence in northern pike (*Esox lucius*) caught in recreational catch-and-release angling in a lake with reduced prey fish availability. *Fish. Res.* **273**, (2024).
83. Capizzano, C. W. *et al.* Estimating and mitigating the discard mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Gulf of Maine recreational rod-and-reel fishery. *ICES J. Mar. Sci.* **73**, 2342–2355 (2016).
84. Sullivan, C. L., Meyer, K. A. & Schill, D. J. Deep hooking and angling success when passively and actively fishing for stream-dwelling trout with baited J and circle hooks. *North Am. J. Fish. Manag.* **33**, 1–6 (2013).
85. Schill, D. J. Hooking mortality of bait-caught rainbow trout in an Idaho trout stream and a hatchery: implications for special-regulation management. *North Am. J. Fish. Manag.* **16**, 348–356 (1996).
86. Alós, J. Mortality impact of recreational angling techniques and hook types on *Trachynotus ovatus* (Linnaeus, 1758) following catch-and-release. *Fish. Res.* **95**, 365–369 (2009).
87. Clarke, S. H. *et al.* Do angler experience and fishing lure characteristics influence welfare outcomes for largemouth bass? *Fish. Res.* **233**, 1–10 (2021).
88. Bursell, J. J. & Arlinghaus, R. Citizen science data suggest that a novel rig improves landing rate and reduces injury and handling time in recreational angling with artificial lures in Baltic pike (*Esox lucius*). *PeerJ* **2018**, (2018).
89. Arlinghaus, R., Cooke, S. J., Schwab, A. & Cowx, I. G. Fish welfare: a challenge to the feelings-based approach, with implications for recreational fishing. *Fish Fish.* **8**, 57–71 (2007).
90. Meka, J. M. & McCormick, S. D. Physiological response of wild rainbow trout to angling: impact of angling duration, fish size, body condition, and temperature. *Fish. Res.* **72**, 311–322 (2005).
91. Gustavson, W. A., Wydoski, R. S. & Wedemeyer, G. A. Physiological response of largemouth bass to angling stress. *Trans. Am. Fish. Soc.* **120**, 629–636 (1991).
92. Wood, C. M. Acid-base and ion balance, metabolism, and their interactions, after exhaustive exercise in fish. *J. Exp. Biol.* **160**, 285–308 (1991).
93. Pankhurst, N. W. & Dedual, M. Effects of capture and recovery on plasma levels of cortisol, lactate and gonadal steroids in a natural population of rainbow trout. *J. Exp. Biol.* **45**, 1013–1025 (1994).
94. Tracey, S. R., Hartmann, K., Leef, M. & McAllister, J. Capture-induced physiological stress and postrelease mortality for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from a recreational fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **73**, 1547–1556 (2016).
95. Wood, C. M., Turner, J. D. & Graham, M. S. Why do fish die after severe exercise? *J. Fish*



- Biol.* **22**, 189–201 (1983).
96. Ferguson, R. A. & Tufts, B. L. Physiological effects of brief air exposure in exhaustively exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for 'Catch and Release' fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**, 1157–1162 (1992).
  97. Kieffer, J. D., Kubacki, M. R., Phelan, F. J. S., Philipp, D. P. & Tufts, B. L. Effects of catch-and-release angling on nesting male smallmouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* **124**, 70–76 (1995).
  98. Kieffer, J. D. Limits to exhaustive exercise in fish. *Comp. Biochem. Physiol. - A Mol. Integr. Physiol.* **126**, 161–179 (2000).
  99. Schisler, G. J. & Bergersen, E. P. Postrelease hooking mortality of rainbow trout caught on scented artificial baits. *North Am. J. Fish. Manag.* **16**, 570–578 (1996).
  100. Holder, P. E. *et al.* Are we any closer to understanding why fish can die after severe exercise? *Fish Fish.* **23**, 1400–1417 (2022).
  101. Thompson, J. A., Hughes, S. G., May, E. B. & Harrell, R. M. Effects of catch and release on physiological responses and acute mortality of striped bass. *Am. Fish. Soc. Symp.* **30**, 139–143 (2002).
  102. Thorstad, E. B., Næsje, T. F., Fiske, P. & Finstad, B. Effects of hook and release on Atlantic salmon in the River Alta, northern Norway. *Fish. Res.* **60**, 293–307 (2003).
  103. Gingerich, A. J. *et al.* Evaluation of the interactive effects of air exposure duration and water temperature on the condition and survival of angled and released fish. *Fish. Res.* **86**, 169–178 (2007).
  104. Carl, H. & Møller, P. R. Fisken. in *Atlas over danske ferskvandsfisk* (eds. Carl, H. & Møller, P. R.) 17–36 (Statens Naturhistoriske Museum, 2012).
  105. Pickering, A. D. & Pottinger, T. G. Biochemical effects of stress. in *Biochemistry and molecular biology of fishes* (eds. Hochachka & Mommsen) vol. 5 349–379 (Elsevier Science B.V, 1995).
  106. Wendelaar Bonga, S. E. The stress response in fish. *Physiol. Rev.* **77**, 591–625 (1997).
  107. Svendsen, Y. S. & Bøgwald, J. Influence of artificial wound and non-intact mucus layer on mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) following a bath challenge with *Vibrio anguillarum* and *Aeromonas salmonicida*. *Fish Shellfish Immunol.* **7**, 317–325 (1997).
  108. Alvarez-Rubio, N. C. *et al.* Influence of hand net mesh type and sex on experimental infection with *Aeromonas hydrophila* in Brazilian native fish *Astyanax altiparanae*. *Aquac. Reports* **16**, (2020).
  109. Chin, Y. K. *et al.* Effects of skin abrasion in immersion challenge with *Vibrio harveyi* in Asian seabass *Lates calcarifer* fingerlings. *Dis. Aquat. Organ.* **137**, 167–173 (2020).
  110. Lilley, J. H. *et al.* *Epizootic ulcerative syndrome (EUS) technical handbook. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* vol. 1 (1998).
  111. Ream, R. A., Theriot, J. A. & Somero, G. N. Influences of thermal acclimation and acute temperature change on the motility of epithelial wound-healing cells (keratocytes) of tropical, temperate and Antarctic fish. *J. Exp. Biol.* **206**, 4539–4551 (2003).
  112. Sveen, L., Karlsen, C. & Ytteborg, E. Mechanical induced wounds in fish – a review on models and healing mechanisms. *Rev. Aquac.* **12**, 2446–2465 (2020).
  113. Pickering, A. D. Seasonal changes in the epidermis of the brown trout *Salmo trutta* (L.). *J. Fish Biol.* **10**, 561–566 (1977).
  114. Witkowski, A., Kaleta, K., Kuryszko, J. & Kuszniery, J. Histological structure of the skin of artic charr, *Salvelinus alpinus* (L.) from Spitsbergen. *Acta Ichthyol. Piscat.* **34**, 241–251 (2004).
  115. Wilkins, N. P. & Jancsar, S. Temporal variations in the skin of Atlantic salmon *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.* **15**, 299–307 (1979).
  116. Johnson, S. P., Carlson, S. M. & Quinn, T. P. Tooth size and skin thickness in mature sockeye salmon: evidence for habitat constraints and variable investment between the sexes. *Ecol. Freshw. Fish* **15**, 331–338 (2006).
  117. Stoklosowa, S. Further observations on the sexual dimorphism in the skin of *Salmo trutta trutta* in relation to sexual maturity. *Copeia* **1970**, 332–339 (1970).
  118. Schwabe, M., Meinelt, T., Phan, T. M., Cooke, S. J. & Arlinghaus, R. Absence of handling-induced *Saprolegnia* infection in juvenile rainbow trout with implications for catch-and-release angling. *North Am. J. Fish. Manag.* **34**, 1221–1226 (2014).
  119. Lizée, T. W. *et al.* Influence of landing net mesh type on handling time and tissue damage of angled brook trout. *North Am. J. Fish. Manag.* **38**, 76–83 (2018).
  120. Barthel, B. L., Cooke, S. J., Suski, C. D. & Philipp, D. P. Effects of landing net mesh type on injury and mortality in a freshwater recreational fishery. *Fish. Res.* **63**, 275–282 (2003).

121. Colotelo, A. H. & Cooke, S. J. Evaluation of common angling-induced sources of epithelial damage for popular freshwater sport fish using fluorescein. *Fish. Res.* **109**, 217–224 (2011).
122. Keefe, D., Young, M., Van Leeuwen, T. E. & Adams, B. Long-term survival of Atlantic salmon following catch and release: considerations for anglers, scientists and resource managers. *Fish. Manag. Ecol.* **29**, 286–297 (2022).
123. Murchie, K. J. *et al.* Strategies for the capture and transport of bonefish, *Albula vulpes*, from tidal creeks to a marine research laboratory for long-term holding. *Aquac. Res.* **40**, 1538–1550 (2009).
124. Gould, A. & Grace, B. S. Injuries to barramundi *Lates calcarifer* resulting from lip-gripping devices in the laboratory. *North Am. J. Fish. Manag.* **29**, 1418–1424 (2009).
125. Skaggs, J. *et al.* Effects of common angler handling techniques on Florida largemouth bass behavior, feeding, and survival. *North Am. J. Fish. Manag.* **37**, 263–270 (2017).
126. De Lestang, P., Griffin, R., Allsop, Q. & Grace, B. S. Effects of two different landing nets on injuries to the barramundi *Lates calcarifer*, an iconic Australian sport fish. *North Am. J. Fish. Manag.* **28**, 1911–1915 (2008).
127. Danylchuk, A. J., Adams, A., Cooke, S. J. & Suski, C. D. An evaluation of the injury and short-term survival of bonefish (*Albula* spp.) as influenced by a mechanical lip-gripping device used by recreational anglers. *Fish. Res.* **93**, 248–252 (2008).
128. Cooke, S. J. *et al.* Efficacy of dehooking tools for the removal of hooks from the jaw region of angled fish. *Fish. Res.* **240**, 1–4 (2021).
129. Manson, J. W. & Hunt, R. L. Mortality rates of deeply hooked rainbow trout. *Progress. Fish-Culturist* **28**, 87–91 (1967).
130. Fobert, E., Meining, P., Colotelo, A. H., O'Connor, C. & Cooke, S. J. Cut the line or remove the hook? An evaluation of sublethal and lethal endpoints for deeply hooked bluegill. *Fish. Res.* **99**, 38–46 (2009).
131. Pullen, C. E., Arlinghaus, R., Lennox, R. J. & Cooke, S. J. Telemetry reveals the movement, fate, and lure-shedding of northern pike (*Esox lucius*) that break the line and escape recreational fisheries capture. *Fish. Res.* **211**, 176–182 (2019).
132. Weltersbach, M. S., Ferter, K., Sambraus, F. & Strehlow, H. V. Hook shedding and post-release fate of deep-hooked European eel. *Biol. Conserv.* **199**, 16–24 (2016).
133. Tsuboi, J., Morita, K. & Ikeda, H. Fate of deep-hooked white-spotted charr after cutting the line in a catch-and-release fishery. *Fish. Res.* **79**, 226–230 (2006).
134. DeBoom, C. S., VanLandeghem, M. M., Wahl, D. H. & Siepker, M. J. Effects of four hook removal techniques on feeding, growth, and survival of deeply hooked largemouth bass. *North Am. J. Fish. Manag.* **30**, 956–963 (2010).
135. Aalbers, S. A., Stutzer, G. M. & Drawbridge, M. A. The effects of catch-and-release angling on the growth and survival of juvenile white seabass captured on offset circle and J-type hooks. *North Am. J. Fish. Manag.* **24**, 793–800 (2004).
136. Cooke, S. J. & Danylchuk, A. J. Hook disgorgers remove deep hooks but kill fish: a plea for cutting the line. *Fish. Manag. Ecol.* **27**, 622–627 (2020).
137. Margenau, T. L. Effects of angling with a single-hook and live bait on muskellunge survival. *Environ. Biol. Fishes* **79**, 155–162 (2007).
138. Danylchuk, A. J., Danylchuk, S. C., Kosiarski, A., Cooke, S. J. & Huskey, B. Keepemwet Fishing—an emerging social brand for disseminating best practices for catch-and-release in recreational fisheries. *Fish. Res.* **205**, 52–56 (2018).
139. Cook, K. V., Lennox, R. J., Hinch, S. G. & Cooke, S. J. Fish out of water: how much air is too much? *Fisheries* **40**, 452–461 (2015).
140. Joubert, B. A., Sullivan, M. G., Kissinger, B. C. & Meinke, A. T. Can smartphones kill trout? Mortality of memorable-sized bull trout (*Salvelinus confluentus*) after photo-releases. *Fish. Res.* **223**, 1–8 (2020).
141. Wedemeyer, G. A. & Wydoski, R. S. Physiological response of some economically important freshwater salmonids to catch-and-release fishing. *North Am. J. Fish. Manag.* **28**, 1587–1596 (2008).
142. Twardek, W. M. *et al.* Consequences of catch-and-release angling on the physiology, behaviour and survival of wild steelhead *Oncorhynchus mykiss* in the Bulkley River, British Columbia. *Fish. Res.* **206**, 235–246 (2018).
143. Cockrem, J. F., Bahry, M. A. & Chowdhury, V. S. Cortisol responses of goldfish (*Carassius auratus*) to air exposure, chasing, and increased water temperature. *Gen. Comp. Endocrinol.*

- 270, 18–25 (2019).
144. Arends, R. J., Mancera, J. M., Muñoz, J. L., Wendelaar Bonga, S. E. & Flik, G. The stress response of the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) to air exposure and confinement. *J. Endocrinol.* **163**, 149–157 (1999).
  145. Fast, M. D., Hosoya, S., Johnson, S. C. & Afonso, L. O. B. Cortisol response and immune-related effects of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus) subjected to short- and long-term stress. *Fish Shellfish Immunol.* **24**, 194–204 (2008).
  146. Midwood, J. D. *et al.* Does cortisol manipulation influence outmigration behaviour, survival and growth of sea trout? A field test of carryover effects in wild fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **496**, 135–144 (2014).
  147. Peiman, K. S. *et al.* If and when: intrinsic differences and environmental stressors influence migration in brown trout (*Salmo trutta*). *Oecologia* **184**, 375–384 (2017).
  148. Cook, K. V. *et al.* The stress response predicts migration failure but not migration rate in a semelparous fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* **202**, 44–49 (2014).
  149. Thompson, L. A. *et al.* Physiology, behavior, and survival of angled and air-exposed largemouth bass. *North Am. J. Fish. Manag.* **28**, 1059–1068 (2008).
  150. Arlinghaus, R., Klefoth, T., Cooke, S. J., Gingerich, A. J. & Suski, C. Physiological and behavioural consequences of catch-and-release angling on northern pike (*Esox lucius* L.). *Fish. Res.* **97**, 223–233 (2009).
  151. White, A. J., Schreer, J. F. & Cooke, S. J. Behavioral and physiological responses of the congeneric largemouth (*Micropterus salmoides*) and smallmouth bass (*M. dolomieu*) to various exercise and air exposure durations. *Fish. Res.* **89**, 9–16 (2008).
  152. Schreer, J. F., Resch, D. M., Gately, M. L. & Cooke, S. J. Swimming performance of brook trout after simulated catch-and-release angling: looking for air exposure thresholds. *North Am. J. Fish. Manag.* **25**, 1513–1517 (2005).
  153. Chen, Y.-H., Chen, H.-H. & Jeng, S.-S. Rapid renewal of red blood cells in the common carp following prolonged exposure to air. *Fish. Sci.* **81**, 255–265 (2015).
  154. Arlinghaus, R. & Hallermann, J. Effects of air exposure on mortality and growth of undersized pikeperch, *Sander lucioperca*, at low water temperatures with implications for catch-and-release fishing. *Fish. Manag. Ecol.* **14**, 155–160 (2007).
  155. Raat, A. J. P., Klein Breteler, J. G. P. & Jansen, S. A. W. Effects on growth and survival of retention of rod-caught cyprinids in large keepnets. *Fish. Manag. Ecol.* **4**, 355–368 (1997).
  156. Rapp, T. *et al.* Physiological and behavioural consequences of capture and retention in carp sacks on common carp (*Cyprinus carpio* L.), with implications for catch-and-release recreational fishing. *Fish. Res.* **125–126**, 57–68 (2012).
  157. Gallardo, J. M., Alavi, S. M. H., Adámek, Z. & Drozd, B. External damage and changes in blood parameters in female tench, *Tinca tinca* (L.) retained in anglers' keepnets. *Rev. Fish Biol. Fish.* **20**, 403–408 (2010).
  158. Von Klausewitz, W. Über Schmerzempfinden und Leidensfähigkeit der Fische. *Fischökologie* 65–90 (1989).
  159. Schulz, D. Tierschutzrelevante Untersuchungen zur Lebendhaltung gefangener Rotaugen im Setzkescher. *Fischökologie Aktuell* 2–15 (1992).
  160. Rapp, T. *et al.* Consequences of air exposure on the physiology and behavior of caught-and-released common carp in the laboratory and under natural conditions. *North Am. J. Fish. Manag.* **34**, 232–246 (2014).
  161. Pottinger, T. G. Changes in blood cortisol, glucose and lactate in carp retained in anglers' keepnets. *J. Fish Biol.* **53**, 728–742 (1998).
  162. Pelletier, C., Hanson, K. C. & Cooke, S. J. Do catch-and-release guidelines from state and provincial fisheries agencies in North America conform to scientifically based best practices? *Environ. Manage.* **39**, 760–773 (2007).
  163. Brownscombe, J. W. *et al.* The efficacy of assisted ventilation techniques for facilitating the recovery of fish that are exhausted from simulated angling stress. *Fish. Res.* **186**, 619–624 (2017).
  164. Robinson, K. A. *et al.* Effects of post-capture ventilation assistance and elevated water temperature on sockeye salmon in a simulated capture-and-release experiment. *Conserv. Physiol.* **1**, 1–10 (2013).
  165. Robinson, K. A. *et al.* Influence of postcapture ventilation assistance on migration success of adult sockeye salmon following capture and release. *Trans. Am. Fish. Soc.* **144**, 693–704

- (2015).
166. Gilmour, K. M. Gas exchange. in *The physiology of fishes* (ed. Evams, D. H.) 101–127 (CRC Press, 1997).
  167. Schreer, J. F., Cooke, S. J. & McKinley, R. S. Cardiac response to variable forced exercise at different temperatures: an angling simulation for smallmouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* **130**, 783–795 (2001).
  168. Preston, A. C., Taylor, J. F., Fjellidal, P. G., Hansen, T. & Migaud, H. Effects of temperature on feed intake and plasma chemistry after exhaustive exercise in triploid brown trout (*Salmo trutta* L.). *Fish Physiol. Biochem.* **43**, 337–350 (2017).
  169. Suski, C. D., Killen, S. S., Kieffer, J. D. & Tufts, B. L. The influence of environmental temperature and oxygen concentration on the recovery of largemouth bass from exercise: implications for live-release angling tournaments. *J. Fish Biol.* **68**, 120–136 (2006).
  170. Barton, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr. Comp. Biol.* **42**, 517–525 (2002).
  171. Raby, G. D., Packer, J. R., Danylchuk, A. J. & Cooke, S. J. The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. *Fish Fish.* **15**, 489–505 (2014).
  172. Danylchuk, S. E. *et al.* Effects of recreational angling on the post-release behavior and predation of bonefish (*Albula vulpes*): the role of equilibrium status at the time of release. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **346**, 127–133 (2007).
  173. Cooke, S. J. & Philipp, D. P. Behavior and mortality of caught-and-released bonefish (*Albula* spp.) in Bahamian waters with implications for a sustainable recreational fishery. *Biol. Conserv.* **118**, 599–607 (2004).
  174. Stevenson, C. *et al.* High apex predator biomass on remote Pacific Islands. *Coral Reefs* **26**, 47–51 (2007).
  175. Lennox, R. J. *et al.* Factors influencing postrelease predation for a catch-and-release tropical flats fishery with a high predator burden. *North Am. J. Fish. Manag.* **37**, 1045–1053 (2017).
  176. Holder, P. E. *et al.* Stress, predators, and survival: exploring permit (*Trachinotus falcatus*) catch-and-release fishing mortality in the Florida Keys. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **524**, (2020).
  177. Gale, M. K., Hinch, S. G. & Donaldson, M. R. The role of temperature in the capture and release of fish. *Fish Fish.* **14**, 1–33 (2013).
  178. Prosser, C. L. *Environmental and metabolic animal physiology*. (New York: Wiley-Liss, Inc, 1991).
  179. Somero, G. N. & Hofmann, G. E. Temperature thresholds for protein adaptation: when does temperature change start to ‘hurt’? *Soc. Exp. Biol. Semin. Ser.* **16**, 1–24 (1996).
  180. Lehninger, A. L., Nelson, D. L. & Cox, M. M. *Principles of Biochemistry*. (Worth Publishers Inc, 1993).
  181. Fry, F. E. J. The effect of environmental factors on the physiology of fish. in *Fish Physiology* (eds. Hoar, W. S. & Randall, D. J.) 1–98 (Academic Press, 1971).
  182. Schmidt-Nielsen, K. *Animal physiology: adaptation and environment*. (Cambridge University Press, 1997).
  183. Farrell, A. P. Cardiorespiratory performance in salmonids during exercise at high temperature: insights into cardiovascular design limitations in fishes. *Comp. Biochem. Physiol. - A Mol. Integr. Physiol.* **132**, 797–810 (2002).
  184. Farrell, A. P., Gamperl, A. K., Hicks, J. M. T., Shiels, H. A. & Jain, K. E. Maximum cardiac performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at temperatures approaching their upper lethal limit. *J. Exp. Biol.* **199**, 663–672 (1996).
  185. Beitinger, T. L., Bennett, W. A. & Mccauley, R. W. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic change temperature. *Environ. Biol. Fishes* **58**, 237–275 (2000).
  186. Gale, M. K., Hinch, S. G., Eliason, E. J., Cooke, S. J. & Patterson, D. A. Physiological impairment of adult sockeye salmon in fresh water after simulated capture-and-release across a range of temperatures. *Fish. Res.* **112**, 85–95 (2011).
  187. Boyd, J. W., Guy, C. S., Horton, T. B. & Leathe, S. A. Effects of catch-and-release angling on salmonids at elevated water temperatures. *North Am. J. Fish. Manag.* **30**, 898–907 (2010).
  188. Wilkie, M. P., Brobbel, M. A., Davidson, K., Forsyth, L. & Tufts, B. L. Influences of temperature upon the postexercise physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **54**, 503–511 (1997).

189. Killen, S. S., Suski, C. D., Cooke, S. J., Philipp, D. P. & Tufts, B. L. Factors contributing to the physiological disturbance in walleyes during simulated live-release angling tournaments. *Trans. Am. Fish. Soc.* **135**, 557–569 (2006).
190. Prystay, T. S. *et al.* The influence of water temperature on sockeye salmon heart rate recovery following simulated fisheries interactions. *Conserv. Physiol.* **5**, 1–12 (2017).
191. McKenzie, D. J., Serrini, G., Piraccini, G., Bronzi, P. & Bolis, C. L. Effects of diet on responses to exhaustive exercise in Nile tilapia (*Oreochromis nilotica*) acclimated to three different temperatures. *Comp. Biochem. Physiol. - A Physiol.* **114**, 43–50 (1996).
192. Lawrence, M. J. *et al.* Catch-and-Release ice fishing: status, issues, and research needs. *Trans. Am. Fish. Soc.* **151**, 322–332 (2022).
193. Card, J. T., Louison, M. J., Bieber, J. F., Suski, C. D. & Hasler, C. T. An examination of freezing in yellow perch (*Perca flavescens*) following ice fishing using a histological approach. *J. Appl. Ichthyol.* **38**, 285–292 (2022).
194. LaRochelle, L. *et al.* Ice-fishing handling practices and their effects on the short-term post-release behaviour of largemouth bass. *Fish. Res.* **243**, 1–9 (2021).
195. Dextrase, A. J. & Ball, H. E. Hooking mortality of lake trout angled through the ice. *North Am. J. Fish. Manag.* **11**, 477–479 (1991).
196. Louison, M. J., Hasler, C. T., Fenske, M. M., Suski, C. D. & Stein, J. A. Physiological effects of ice-angling capture and handling on northern pike, *Esox lucius*. *Fish. Manag. Ecol.* **24**, 10–18 (2017).
197. Logan, J. M. *et al.* Consequences of winter air exposure on walleye (*Sander vitreus*) physiology and impairment following a simulated ice-angling event. *Fish. Res.* **215**, 106–113 (2019).
198. Czarkowski, T. K. & Kapusta, A. Catch-and-Release ice fishing with a Mormyshka for roach (*Rutilus rutilus*) and European perch (*Perca fluviatilis*). *Croat. J. Fish.* **77**, 235–242 (2019).
199. Twardek, W. M. *et al.* The postrelease survival of walleyes following ice-angling on Lake Nipissing, Ontario. *North Am. J. Fish. Manag.* **38**, 159–169 (2018).
200. Rummer, J. L. & Bennett, W. A. Physiological effects of swim bladder overexpansion and catastrophic decompression on red snapper. *Trans. Am. Fish. Soc.* **134**, 1457–1470 (2005).
201. Hannah, R. W., Rankin, P. S., Penny, A. N. & Parker, S. J. Physical model of the development of external signs of barotrauma in Pacific rockfish. *Aquat. Biol.* **3**, 291–296 (2008).
202. Burns, K. M. & Restrepo, V. Survival of reef fish after rapid depressurization: field and laboratory studies. *Am. Fish. Soc. Symp.* **30**, 148–151 (2002).
203. Ferter, K. *et al.* Dive to survive: effects of capture depth on barotrauma and post-release survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in recreational fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* **72**, 2467–2481 (2015).
204. Midling, K. Ø., Koren, C., Humborstad, O.-B. & Sæther, B. S. Swimbladder healing in Atlantic cod (*Gadus morhua*), after decompression and rupture in capture-based aquaculture. *Mar. Biol. Res.* **8**, 373–379 (2012).
205. Schreer, J. F., Gokey, J. & DeGhett, V. J. The incidence and consequences of barotrauma in fish in the St. Lawrence River. *North Am. J. Fish. Manag.* **29**, 1707–1713 (2009).
206. Althoff, A. L., Suski, C. D. & Louison, M. J. Depth-based barotrauma severity, reflex impairment and stress response in two species of ice-angled fish. *Fish. Manag. Ecol.* **28**, 383–392 (2021).
207. Eberts, R. L. & Somers, C. M. Venting and descending provide equivocal benefits for catch-and-release survival: study design influences effectiveness more than barotrauma relief method. *North Am. J. Fish. Manag.* **37**, 612–623 (2017).
208. Fänge, R. Gas exchange in fish swim bladder. in *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology* 111–158 (Springer, 1983).
209. Kerwath, S. E., Wilke, C. G. & Götz, A. The effects of barotrauma on five species of South African line-caught fish. *African J. Mar. Sci.* **35**, 243–252 (2013).
210. Shasteen, S. P. & Sheehan, R. J. Laboratory evaluation of artificial swim bladder deflation in largemouth bass: potential benefits for catch-and-release fisheries. *North Am. J. Fish. Manag.* **17**, 32–37 (1997).
211. Morrissey, M. B., Suski, C. D., Esseltine, K. R. & Tufts, B. L. Incidence and physiological consequences of decompression in smallmouth bass after live-release angling tournaments. *Trans. Am. Fish. Soc.* **134**, 1038–1047 (2005).
212. Hannah, R. W., Parker, S. J. & Matteson, K. M. Escaping the surface: the effect of capture

- depth on submergence success of surface-released Pacific rockfish. *North Am. J. Fish. Manag.* **28**, 694–700 (2008).
213. Jarvis, E. T. & Lowe, C. G. The effects of barotrauma on the catch-and-release survival of southern California nearshore and shelf rockfish (Scorpaenidae, *Sebastes* spp.). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **65**, 1286–1296 (2008).
  214. Collins, M. R., McGovern, J. C., Sedberry, G. R., Meister, H. S. & Pardieck, R. Swim bladder deflation in black sea bass and vermilion snapper: potential for increasing postrelease survival. *North Am. J. Fish. Manag.* **19**, 828–832 (1999).
  215. Gitschlag, G. R. & Renaud, M. L. Field experiments on survival rates of caged and released red snapper. *North Am. J. Fish. Manag.* **14**, 131–136 (1994).
  216. St. John, J. & Syers, C. J. Mortality of the demersal West Australian dhufish, *Glaucosoma hebraicum* (Richardson 1845) following catch and release: the influence of capture depth, venting and hook type. *Fish. Res.* **76**, 106–116 (2005).
  217. Wilde, G. R. Does venting promote survival of released fish? *Fisheries* **34**, 20–28 (2009).
  218. Roach, J. P., Hall, K. C. & Broadhurst, M. K. Effects of barotrauma and mitigation methods on released Australian bass *Macquaria novemaculeata*. *J. Fish Biol.* **79**, 1130–1145 (2011).
  219. Kerr, S. J. A review of “fizzing”-a technique for swim bladder deflation. (2001).
  220. Pribyl, A. L., Schreck, C. B., Kent, M. L., Kelley, K. M. & Parker, S. J. Recovery potential of black rockfish, *Sebastes melanops* Girard, recompressed following barotrauma. *J. Fish Dis.* **35**, 275–286 (2012).
  221. Runde, B. J. & Buckel, J. A. Descender devices are promising tools for increasing survival in deepwater groupers. *Mar. Coast. Fish.* **10**, 100–117 (2018).
  222. Meals, K. O. & Miranda, L. E. Size-related mortality of tournament-caught largemouth bass. *North Am. J. Fish. Manag.* **14**, 460–463 (1994).
  223. Reeves, K. A. & Bruesewitz, R. E. Factors influencing the hooking mortality of walleyes caught by recreational Anglers on Mille Lacs, Minnesota. *North Am. J. Fish. Manag.* **27**, 443–452 (2007).
  224. Lamansky, J. A. & Meyer, K. A. Air exposure time of trout released by anglers during catch and release. *North Am. J. Fish. Manag.* **36**, 1018–1023 (2016).
  225. Roth, C. J., Schill, D. J. & Quist, M. C. Fight and air exposure times of caught and released salmonids from the South Fork Snake River. *Fish. Res.* **201**, 38–43 (2018).
  226. Wertheimer, A., Celewycz, A., Jaenicke, H., Mortensen, D. & Orsi, J. Size-related hooking mortality of incidentally caught chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Mar. Fish. Rev.* **51**, 28–35 (1989).
  227. Hoxmeier, R. J. H. & Wahl, D. H. Factors influencing short-term hooking mortality of bluegills and the implications for restrictive harvest regulations. *North Am. J. Fish. Manag.* **29**, 1372–1378 (2009).
  228. Skov, C. *et al.* Catch and release angling for sea trout explored by citizen science: angler behavior, hooking location and bleeding patterns. *Fish. Res.* **255**, 1–8 (2022).
  229. Gundelund, C. *et al.* Insights into the users of a citizen science platform for collecting recreational fisheries data. *Fish. Res.* **229**, 1–8 (2020).
  230. Gundelund, C. *et al.* Evaluation of a citizen science platform for collecting fisheries data from coastal sea trout anglers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **78**, 1576–1585 (2021).
  231. Carl, H. & Møller, P. R. Laksefamilien, Salmonidae. in *Atlas over danske ferskvandsfisk* (eds. Carl, H. & Møller, P. R.) 384 (Statens Naturhistoriske Museum, 2012).
  232. Dempson, J. B., Furey, G. & Bloom, M. Effects of catch and release angling on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., of the Conne River, Newfoundland. *Fish. Manag. Ecol.* **9**, 139–147 (2002).
  233. Thorstad, E. B., Næsje, T. F. & Leinan, I. Long-term effects of catch-and-release angling on ascending Atlantic salmon during different stages of spawning migration. *Fish. Res.* **85**, 316–320 (2007).
  234. Havn, T. B. *et al.* The effect of catch-and-release angling at high water temperatures on behaviour and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* during spawning migration. *J. Fish Biol.* **87**, 342–359 (2015).
  235. Brobbel, M. A. *et al.* Physiological effects of catch and release angling in Atlantic salmon (*Salmo salar*) at different stages of freshwater migration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **53**, 2036–2043 (1996).
  236. Van Leeuwen, T. E. *et al.* Mortality of Atlantic salmon after catch and release angling:

- assessment of a recreational Atlantic salmon fishery in a changing climate. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **77**, 1518–1528 (2020).
237. Anderson, W. G. *et al.* Remote monitoring of heart rate as a measure of recovery in angled Atlantic salmon, *Salmo salar* (L.). *Hydrobiologia* **371/372**, 233–240 (1998).
  238. Wilkie, M. P. *et al.* Physiology and survival of wild Atlantic salmon following angling in warm summer waters. *Trans. Am. Fish. Soc.* **125**, 572–580 (1996).
  239. Lennox, R. J. *et al.* Pan-Holarctic assessment of post-release mortality of angled Atlantic salmon *Salmo salar*. *Biol. Conserv.* **209**, 150–158 (2017).
  240. Warner, K. Mortality of landlocked Atlantic Salmon hooked on four types of fishing gear at the hatchery. *Progress. Fish-Culturist* **41**, 99–102 (1979).
  241. Tufts, B. L., Tang, Y., Tufts, K. & Boutilier, R. G. Exhaustive exercise in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*): acid-base regulation and blood gas transport. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **48**, 868–874 (1991).
  242. Booth, R. K., Kieffer, J. D., Davidson, K., Bielak, A. T. & Tufts, B. L. Effects of late-season catch and release angling anaerobic metabolism, acid-base status, survival, and gamete viability in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**, 283–290 (1995).
  243. Mäkinen, T. S., Niemelä, E., Moen, K. & Lindström, R. Behaviour of gill-net and rod-captured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during upstream migration and following radio tagging. *Fish. Res.* **45**, 117–127 (2000).
  244. Davidson, K., Hayward, J., Hambrook, M., Bielak, A. T. & Sheasgreen, J. *The effects of late season angling on gamete viability and early fry survival in Atlantic salmon.* (1994).
  245. Lennox, R. J. *et al.* Use of simulation approaches to evaluate the consequences of catch-and-release angling on the migration behaviour of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecol. Modell.* **333**, 43–50 (2016).
  246. Lennox, R. J. *et al.* Behaviour and survival of wild Atlantic salmon *Salmo salar* captured and released while surveillance angling for escaped farmed salmon. *Aquac. Environ. Interact.* **9**, 311–319 (2017).
  247. Papatheodoulou, M., Závorka, L., Koeck, B., Metcalfe, N. B. & Killen, S. S. Simulated pre-spawning catch and release of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) results in faster fungal spread and opposing effects on female and male proxies of fecundity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **79**, 267–276 (2022).
  248. Jensen, J. L. A., Halttunen, E., Thorstad, E. B., Næsje, T. F. & Rikardsen, A. H. Does catch-and-release angling alter the migratory behaviour of Atlantic salmon? *Fish. Res.* **106**, 550–554 (2010).
  249. Richard, A., Bernatchez, L., Valiquette, E. & Dionne, M. Telemetry reveals how catch and release affects pre-spawning migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **71**, 1730–1739 (2014).
  250. Halttunen, E. *et al.* Impact of catch-and-release practices on behavior and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) kelts. *Fish. Res.* **105**, 141–147 (2010).
  251. Lennox, R. J. *et al.* Does catch-and-release angling alter the behavior and fate of adult Atlantic salmon during upriver migration? *Trans. Am. Fish. Soc.* **144**, 400–409 (2015).
  252. Richard, A., Dionne, M., Wang, J. & Bernatchez, L. Does catch and release affect the mating system and individual reproductive success of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)? *Mol. Ecol.* **22**, 187–200 (2013).
  253. Bouchard, R., Wellband, K., Lecomte, L., Bernatchez, L. & April, J. Effect of catch-and-release and temperature at release on reproductive success of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Rimouski River, Québec, Canada. *Fish. Manag. Ecol.* 1–9 (2022).
  254. Bouchard, R., Wellband, K., Lecomte, L., Bernatchez, L. & April, J. Captive-breeding and catch-and-release's effects on the reproductive success of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *bioRxiv* 1–62.
  255. Olsen, R. E., Næsje, T. F., Poppe, T., Sneddon, L. & Webb, J. *Risk assessment of catch and release.* (2010).
  256. Thorstad, E. B. *et al.* The risk of individual fish being captured multiple times in a catch and release fishery. *Fish. Manag. Ecol.* **27**, 248–257 (2020).
  257. Lennox, R. J. *et al.* Influence of gear switching on recapture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in catch-and-release fisheries. *Ecol. Freshw. Fish* **25**, 422–428 (2016).
  258. Webb, J. H. Catch and Release: the survival and behaviour of Atlantic salmon angled and returned to the Aberdeenshire Dee, in spring and early summer. 1–16 (1998).

259. Whoriskey, F. G., Prusov, S. & Crabbe, S. Evaluation of the effects of catch-and-release angling on the Atlantic salmon (*Salmo salar*) of the Ponoï River, Kola Peninsula, Russian Federation. *Ecol. Freshw. Fish* **9**, 118–125 (2000).
260. Thorley, J. L., Youngson, A. F. & Laughton, R. Seasonal variation in rod recapture rates indicates differential exploitation of Atlantic salmon, *Salmo salar*, stock components. *Fish. Manag. Ecol.* **14**, 191–198 (2007).
261. Anderson, R. M. & Nehring, R. B. Effects of a catch-and-release regulation on a wild trout population in Colorado and its acceptance by anglers. *North Am. J. Fish. Manag.* **4**, 257–265 (1984).
262. Carline, R. F., Jackson, M. F., Nale, M. A., Wijeyakulasuriya, D. A. & Niu, X. Hooking and handling mortality of trout captured in the Bald Eagle Creek Trout Tournament, Pennsylvania. *North Am. J. Fish. Manag.* **41**, 1465–1472 (2021).
263. Turunen, T. & Suuronen, P. Hooking mortality of small brown trout and grayling in Finnish rivers catch and release fisheries. *Boreal Environ. Res.* **1**, 59–64 (1996).
264. Cooke, S. J., Schreer, J. F. & McKinley, R. S. *Evaluating catch-and-release angling practices from the fish's perspective.* (1999).
265. Skov, C. *et al.* Post-release effects of catch and release angling for sea trout: mortality, growth and wound healing. *Fish. Res.* **261**, 1–13 (2023).
266. Blyth, S. A. & Bower, S. D. After the spawn and on the hook: sea trout *Salmo trutta* biophysical responses to different components of catch and release in a coastal fishery. *J. Fish Biol.* 1–14 (2022) doi:10.1111/jfb.15108.
267. Lennox, R. J. *et al.* Effects of recreational angling and air exposure on the physiological status and reflex impairment of european grayling (*Thymallus thymallus*). *Boreal Environ. Res.* **21**, 461–470 (2016).
268. Davis, M. W. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish Fish.* **11**, 1–11 (2010).
269. Raby, G. D. *et al.* Validation of reflex indicators for measuring vitality and predicting the delayed mortality of wild coho salmon bycatch released from fishing gears. *J. Appl. Ecol.* **49**, 90–98 (2012).
270. Pinder, A. C., Harrison, A. J. & Robert Britton, J. Temperature effects on the physiological status and reflex impairment in European grayling *Thymallus thymallus* from catch-and release angling. *Fish. Res.* **211**, 169–175 (2019).
271. Baktoft, H. *et al.* Effects of angling and manual handling on pike behaviour investigated by high-resolution positional telemetry. *Fish. Manag. Ecol.* **20**, 518–525 (2013).
272. Klefoth, T., Kobler, A. & Arlinghaus, R. The impact of catch-and-release angling on short-term behaviour and habitat choice of northern pike (*Esox lucius* L.). *Hydrobiologia* **601**, 99–110 (2008).
273. Stålhammar, M., Linderfalk, R., Brönmark, C., Arlinghaus, R. & Nilsson, P. A. The impact of catch-and-release on the foraging behaviour of pike (*Esox lucius*) when released alone or into groups. *Fish. Res.* **125–126**, 51–56 (2012).
274. Chhor, A. D. *et al.* Short-term behavioural impacts of air-exposure in three species of recreationally angled freshwater fish. *Fish. Res.* **253**, 1–9 (2022).
275. DuBois, R. B., Margenau, T. L., Stewart, R. S., Cunningham, P. K. & Rasmussen, P. W. Hooking mortality of northern pike angled through ice. *North Am. J. Fish. Manag.* **14**, 769–775 (1994).
276. Falk, M. R. & Gillman, D. V. *Mortality data for angled arctic grayling and northern pike from the Great Slave Lake area, Northwest Territories.* (1975).
277. Burr, J. *Effect of post-capture handling on mortality in northern pike.* (1998).
278. Burkholder, A. *Mortality of northern pike captured and released with sport fishing gear. Fishery Data Series No. 92-3* (1992).
279. Tomcko, C. M. A review of northern pike *Esox lucius* hooking mortality. **32**, 1–6 (1997).
280. Klefoth, T., Kobler, A. & Arlinghaus, R. Behavioural and fitness consequences of direct and indirect non-lethal disturbances in catch-and-release northern pike (*Esox lucius*) fishery. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 1–18 (2011).
281. Flink, H. *et al.* Examining the effects of authentic C&R on the reproductive potential of northern pike. *Fish. Res.* **243**, 1–9 (2021).
282. Pullen, C. E. *et al.* Consequences of oral lure retention on the physiology and behaviour of adult northern pike (*Esox lucius* L.). *Fish. Res.* **186**, 601–611 (2017).



283. Arlinghaus, R. *et al.* Behaviour and survival of pike, *Esox lucius*, with a retained lure in the lower jaw. *Fish. Manag. Ecol.* **15**, 459–466 (2008).
284. Burr, J. *Effect of post-capture handling on mortality in northern pike.* (1998).
285. Berg, S. Aborre, *Perca fluviatilis*. in *Atlas over danske ferskvandsfisk* (eds. Carl, H. & Møller, P. R.) 569–584 (Statens Naturhistoriske Museum, 2012).
286. Berg, S. Sandart, *Sander lucioperce*. in *Atlas over danske ferskvandsfisk* (eds. Carl, H. & Møller, P. R.) 585–599 (Statens Naturhistoriske Museum, 2012).
287. Carl, H. Karpefamilien, Cyprinidae. in *Atlas over danske ferskvandsfisk* (eds. Carl, H. & Møller, P. R.) 113 (Statens Naturhistoriske Museum, 2012).
288. Humborstad, O.-B. & Mangor-Jensen, A. Buoyancy adjustment after swimbladder puncture in cod *Gadus morhua*: an experimental study on the effect of rapid decompression in capture-based aquaculture. *Mar. Biol. Res.* **9**, 383–393 (2013).
289. Weltersbach, M. S. & Strehlow, H. V. Dead or alive-estimating post-release mortality of Atlantic cod in the recreational fishery. *ICES J. Mar. Sci.* **70**, 864–872 (2013).
290. Ferter, K., Hartmann, K., Kleiven, A. R., Moland, E. & Olsen, E. M. Catch-and-release of Atlantic cod (*Gadus morhua*): post-release behaviour of acoustically pretagged fish in a natural marine environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **72**, 252–261 (2015).
291. Capizzano, C. W. *et al.* Fishery-scale discard mortality rate estimate for haddock in the Gulf of Maine recreational fishery. *North Am. J. Fish. Manag.* **39**, 964–979 (2019).
292. Roth, B. & Rotabakk, B. T. Stress associated with commercial longlining and recreational fishing of saithe (*Pollachius virens*) and the subsequent effect on blood gases and chemistry. *Fish. Res.* **115–116**, 110–114 (2012).
293. Lewin, W. C. *et al.* Estimating post-release mortality of European sea bass based on experimental angling. *ICES J. Mar. Sci.* **75**, 1483–1495 (2018).
294. Weltersbach, M. S. *et al.* Estimating and mitigating post-release mortality of European eel by combining citizen science with a catch-and-release angling experiment. *Fish. Res.* **201**, 98–108 (2018).
295. Aarestrup, K. *et al.* First tagging data on large Atlantic bluefin tuna returning to Nordic waters suggest repeated behaviour and skipped spawning. *Sci. Rep.* **12**, 1–11 (2022).
296. Stokesbury, M. J. W., Neilson, J. D., Susko, E. & Cooke, S. J. Estimating mortality of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in an experimental recreational catch-and-release fishery. *Biol. Conserv.* **144**, 2684–2691 (2011).
297. Marcek, B. J. & Graves, J. E. An estimate of postrelease mortality of school-size bluefin tuna in the U.S. recreational troll fishery. *North Am. J. Fish. Manag.* **34**, 602–608 (2014).
298. Goldsmith, W. M., Scheld, A. M. & Graves, J. E. Performance of a low-cost, solar-powered pop-up satellite archival tag for assessing post-release mortality of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the US east coast light-tackle recreational fishery. *Anim. Biotelemetry* **5**, 1–13 (2017).
299. Dolton, H. R. *et al.* Short-term behavioural responses of Atlantic bluefin tuna to catch-and-release fishing. **10**, 1–9 (2022).
300. Gleiss, A. C., Schallert, R. J., Dale, J. J., Wilson, S. G. & Block, B. A. Direct measurement of swimming and diving kinematics of giant Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *R. Soc. Open Sci.* **6**, (2019).

# Appendiks 1. Opsummering af faktorer og aktiviteter, der kan påvirke fiskens trivsel og overlevelse i catch and release-lystfiskeri

Opsummering af væsentlige faktorer og aktiviteter, som kan påvirke fiskens trivsel (stress, vækst, adfærd) og overlevelse i C&R.

| <b>J-kroge versus cirkelkroge</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Cirkelkroge er designet til fiskeri med naturlig agn. Ved fiskeri med naturlig agn er cirkelkroge i kombination med den rette fisketeknik mindre tilbøjelige til at kroge fisken dybt sammenlignet med J-kroge.</li><li>• Flere undersøgelser peger på, at cirkelkroge kan nedsætte dødeligheden hos en række fersk- og saltvandsfisk, selvom det ikke altid er tilfældet. Omvendt findes der få undersøgelser, hvis nogen overhovedet, som viser øget dødelighed ved brug af cirkelkroge.</li></ul>  |
| <b>Enkeltkroge versus trekroge</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Sammenlignende undersøgelser af enkeltkroge og trekroge i forhold til deres indflydelse på fiskens trivsel og overlevelse har ikke vist entydige resultater. Dette forhold kan afhænge af flere faktorer, herunder fiskearten, fiskens størrelse, fisketeknik, krogens dimensioner, krogmontage samt typen og størrelse af agnen de to krogtyper er monteret på.</li></ul>  |
| <b>Kroge med og uden modhager</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Mange studier har vist, at kroge uden modhage er hurtigere og lettere at fjerne fra fisken end samme krogtype med modhage. Herved kan kroge uden modhage nedsætte håndteringstiden og den fysiologiske stressrespons i forbindelse med evt. lufteksponering.</li><li>• Kroge med modhage kan lave et større krogår end kroge uden modhage og nedsætte overlevelsen hos genudsatte fisk.</li><li>• Der er imidlertid flere studier, som ikke finder forskel på fiskens overlevelse efter genudsætning ved brug af kroge med og uden modhage.</li></ul>   |
| <b>Krogstørrelse</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Det er svært at generalisere effekten af krogstørrelsen på fiskens trivsel og overlevelse, idet dette forhold kan være påvirket af mange andre faktorer, herunder fisketeknik, krogmontager, afkrogningsmetoder, agntype og størrelse, fiskeart samt fiskens størrelse og mundanatomi. Desuden tilpasses krogstørrelsen i de fleste studier ofte til størrelsen på agnen ved traditionelle fiskemetoder, hvor små kroge bruges til mindre agn, og store kroge til større agn. Mindre agn bliver generelt lettere slugt af fisk end større agn, da en lille agn fysisk nemmere kan komme ind i fiskens mund. Derfor er det svært at adskille effekten af krogstørrelsen fra størrelsen på agnen.</li></ul> |

| <b>Kunstig versus naturlig agn</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er vanskeligt at vurdere den generelle effekt af kunstagn og naturlig agn på fiskens trivsel og overlevelse, idet dette forhold kan være påvirket af en række andre faktorer, herunder fiskeart og mundanatomi, størrelsesforholdet mellem fisk og agn, fisketeknik, krogmontage, krogtype og -størrelse samt antal kroge på agnen.</li> </ul>  |
| <b>Fisketeknik</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Foruden krog- og agntype er fisketeknikken vigtig i forhold til, hvordan fisken kroges.</li> <li>• Fisken har generelt bedre tid til at sluge agnen, hvis der bliver fisket med "løs" line, inden der gives tilslag (dvs. linen strammes hurtigt op for at kroge fisken). Denne fisketeknik øger typisk hyppigheden af dybe krogninger i gæller, svælg og mave.</li> <li>• Risikoen for at kroge fisken dybt reduceres typisk, når linen holdes stram under fiskeriet, og tilslaget gives hurtigt efter fisken hugger.</li> </ul>   |
| <b>Fight</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser stiger generelt i takt med varigheden af fighten.</li> <li>• Fysiologiske forstyrrelser kan påvirke fiskens adfærd og overlevelse.</li> <li>• Restitutionsperioden efter fangst stiger generelt i takt med omfanget af de fysiologiske forstyrrelser. Undersøgelser peger på, at fisk er særlig sårbare over for prædation i denne periode, indtil de fysiologiske processer og fiskens adfærd normaliseres.</li> </ul>   |
| <b>Landing</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landing af fisk kan foregå med hånden eller et redskab, herunder fangstnet, gaf, eller Lip Grip. Fisken kan også kanes direkte på land (f.eks. ved kystfiskeri) eller løftes op i linen med en jævn bevægelse (f.eks. ved molefiskeri).</li> <li>• Særligt fiskens hud- og slimlag er i risiko for at blive beskadiget under landingen og efterfølgende håndtering.</li> <li>• Typen og størrelsen af skæl samt tykkelsen på fiskens hud varierer mellem arterne. Derfor kan arterne påvirkes forskelligt af forskellige landingsmetoder.</li> <li>• Undersøgelser peger på, at landing med våde hænder eller knudeløse fangstnet generelt er de mest skånsomme metoder for fiskens hud- og slimlag.</li> </ul> |
| <b>Afkrogning</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krogen kan fjernes fra fisk vha. flere forskellige metoder. I tilfælde, hvor krogen er nem at komme til, kan den fjernes med fingrene. Sidder den lidt bedre fast, er det ofte en fordel at anvende en tang. Ved dybere krogninger f.eks. i midten af munden eller svælg er det ofte bedst at bruge en krogløser. Er det umuligt at anvende en krogløser, hvis krogen sidder dybt begravet i gælle, spiserør eller mave, kan linen afklippes, så krogen efterlades i fisken.</li> </ul>   |

| <b>Lufteksponering</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lufteksponering er skadelig for alle fisk, men tolerancen over for luft er artsspecifik.</li> <li>• Fiskens fysiologiske processer forstyrres, når den er ude af vandet, hvilket kan nedsætte fiskens overlevelse efter genudsætning.</li> </ul>   |
| <b>Opbevaring af fisk inden genudsætning</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Midlertidig opbevaring af karpfisk i keepnets og carsacks kan føre til tab af skæl og skade hud- og slimlag.</li> <li>• Opbevaring af fisk kan forlænge varigheden af den fysiologiske stressrespons og have en kortvarig effekt på fiskens adfærd efter genudsætning.</li> <li>• Undersøgelser peger på, at vækst og overlevelse hos karpfisk efter genudsætning ikke er påvirket af kortvarig opbevaring i keepnets eller carp sacks.</li> </ul>   |
| <b>Vandtemperatur</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisk er vekselvarme (poikiloterme) og deres krop har nogenlunde samme temperatur som det omgivende vand. Ændringer i vandtemperaturen har derfor stor betydning for fiskens fysiologiske og biokemiske processer.</li> <li>• I C&amp;R stiger dødeligheden af fisk generelt ved høj vandtemperatur. Det skyldes, fisken bliver mere udmattet under fighten samtidig med, at iltmængden i vand falder ved høje temperaturer. Samlet set betyder det, at fisken har sværere ved at indfri den opbyggede iltgæld i varmt end koldt vandt.</li> </ul>  |
| <b>Vanddybde</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hurtige trykændringer, der kan opstå, når fisken bliver kroget på dybt vand og fightet til overfladen, kan påføre fisken alvorlige skader. Disse skader omfatter brist af svømmeblæren, udstående øjne, gasdannelse i blodet, sprængning af blodkar og oppustet bughule.</li> <li>• Fiskearter med lukket svømmeblære er generelt mere sårbare over for hurtige trykændringer end arter med åben svømmeblære. Det skyldes, at en lukket svømmeblære kun forholdsvis langsomt kan udligne trykforskelle.</li> <li>• Genudsætning af både fersk- og saltvandsfisk med barotraumer kan være forbundet med øget dødelighed.</li> </ul> |

### Fiskens størrelse

- Fiskens størrelse kan have indflydelse på trivslen og overlevelsen efter genudsætning, selvom det ikke altid er tilfældet.
- Intensiteten af de fysiologiske forstyrrelser er ofte højere for større fisk end mindre individer inden for samme fiskeart i C&R. Det skyldes dels, at større fisk generelt kæmper i længere tid under fighten end mindre artsfæller. Desuden er store fisk typisk ude af vandet i længere tid end mindre individer i forbindelse med håndteringen inden genudsætningen. Endelig bliver store fisk ofte kroget dybere end mindre artsfæller, idet de har en større mund og dermed lettere kan sluge agnen. Dybe krogninger kan forlænge afkrognings-tiden og/eller øge risikoen for vævsskader samt blødning. Samlet set kan disse forhold nedsætte trivslen og overlevelsen i C&R.
- Omvendt har andre artsspecifikke studier fundet højere dødelighed for mindre individer inden for en fiskeart efter genudsætningen. Dette forhold skyldes formentligt, at en given krogstørrelse i nogle tilfælde kan lave et relativt større krogår i de mindre individer inden for en fiskeart. Desuden kan en stor krog i forhold til fiskens størrelse øge risikoen for fejkrogning hos visse fiskearter og dermed skade fisken.

Danmarks  
Tekniske  
Universitet

DTU Aqua  
Vejsøvej 39  
8600 Silkeborg

[www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk)