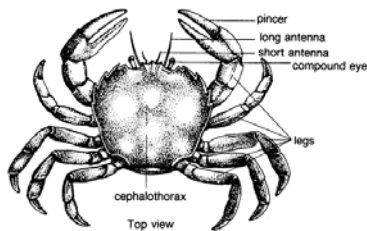


Welzijn en bedwelmen van krabben en kreeften: een literatuurstudie

Hans van de Vis¹, Marien Gerritzen², Gert Flik³ & Kees
Goudswaard¹

Rapport C068/15



¹ IMARES Wageningen UR

² Wageningen UR Livestock Research

³ Radboud Universiteit Nijmegen

IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Mw. drs. G. Mahabir
Ministerie van Economische Zaken
Bezuidenhoutseweg 30
2594 AV Den Haag

BO-20-010-108

Publicatiedatum:

Mei 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V14.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	6
2. Kennisvraag.....	6
3. Methoden.....	7
4. Resultaten.....	7
4.1 Aanlandingsvolume in Nederland.....	7
4.2 Import van levende krabben en kreeften.....	9
4.3. Verwerken van levende krabben en kreeften in Nederland.....	9
4.4 Welzijn van krabben en kreeften.....	9
4.5 Elektrofysiologie, bedwelmen en doden van krabben en kreeften.....	11
4.5.1 Elektrofysiologie en centraal zenuwstelsel.....	11
4.5.2 Bedwelmen en doden van krabben en kreeften en wetgeving.....	13
4.5.2.1 Bedwelmen en doden.....	13
4.5.2.2 Wetgeving.....	15
5. Conclusies en discussie.....	16
6. Kwaliteitsborging.....	17
7. Referenties.....	17
8. Verantwoording.....	20

Samenvatting

Kennisvraag

In 2014 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen, waarin de regering is verzocht, de mogelijkheid van elektrische verdoving van ongewervelde dieren, zoals kreeften en krabben, nader te onderzoeken en de Kamer te informeren over de voortgang.

Antwoord

Deze studie leidt tot de volgende bevindingen en aanbevelingen:

Krabben en kreeften betreffen een Orde van dieren, de decapoden, met een uitermate grote diversiteit. De dieren komen in verschillende niches voor, waardoor deze dieren voor wat betreft (neuro)anatomie, gedrag en fysiologie sterk van elkaar kunnen verschillen. Dit houdt in dat bij extrapolatie rond gedrag en (neuro)fysiologie tussen dieren van deze Orde grote voorzichtigheid betracht dient te worden.

De wetenschappelijke kennis rond de (neuro)fysiologie en het gedrag van decapoden is beperkt. Er is voornamelijk onvoldoende kennis om te concluderen dat het ervaren van pijn mogelijk of juist onmogelijk is bij deze dieren. Gezien de grote implicaties die al of niet ervaren van pijn door deze dieren met zich meebrengen, is het wenselijk de vraag te onderzoeken of decapoden wel of geen pijn kunnen ervaren.

Onderzoek naar het bedwelmen van krabben en kreeften is beperkt gedaan. Naast een beperkt aantal studies waarbij het bedwelmen met behulp van gedragsobservaties is getoetst, is er slechts één studie beschikbaar waarin de elektrische activiteit in het zenuwstelsel is geregistreerd in de strandkrab en Noorse kreeft. Daarbij zijn echter geen metingen aan het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex verricht, maar alleen aan de circum-oesofageale connecties, waarvan de rol in gedrag en fysiologie onvoldoende bekend is. Uit dit onderzoek is niet duidelijk geworden of bij de strandkrab en Noorse kreeft er sprake was het onmiddellijk intreden van (een vorm van) bewusteloosheid als gevolg van elektrisch verdoven.

Voor het vaststellen van (een vorm van) de bewusteloosheid door het toepassen van een bedwelmingmethode bevelen we aan om elektrofysiologische metingen uit te voeren aan circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex bij decapoden. Dit complex is een deel van het centrale zenuwstelsel en omvat het cerebrale ganglion ("hersenen") die door middel van een zenuwcomplex rond de slokdarm (de circum-oesofageale connecties) zijn verbonden met het overige deel van het centrale zenuwstelsel.

Het aantal krabben en kreeften dat in Nederland levend wordt aangevoerd door Nederlandse vissers is tenminste 700 000 tot 1100 000 dieren en betreft voor Nederland 8 soorten. Daarnaast worden nog vier soorten levend ingevoerd door Nederlandse bedrijven. Van deze laatste vier soorten zijn er twee soorten, waaronder de Canadese kreeft, die niet door Nederlandse vissers gevangen worden. De import van levende Canadese kreeft bedroeg 335 ton in 2014. Hierbij gaat het om 340 000 tot 1100 000 levende Canadese kreeften.

Voordat bedwelmen van krabben en kreeften kan worden geïmplementeerd, dient op basis van elektrofysiologische activiteit in het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex vastgesteld te worden of (een vorm van) bewusteloosheid is te realiseren voorafgaande aan het doden van de dieren. Enkele studies hebben laten zien dat meten van de elektrofysiologische activiteit in deze dieren mogelijk is, maar interpretatie ervan zal voor elektrisch verdoven verder moeten worden ontwikkeld. Hierbij zal aandacht geschonken moeten worden aan overeenkomsten en verschillen tussen hersenfilms van gewervelde dieren en de gemeten elektrische activiteit circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex in krabben en kreeften.

Omdat de beschikbare apparatuur om krabben en kreeften met stroom te verdoven niet is ontwikkeld op basis van registratie van elektrische activiteit van het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex, is niet bekend of deze apparatuur geschikt is om decapoden onmiddellijk te verdoven.

1. Inleiding

Krabben en kreeftachtigen zijn schaaldieren uit de Orde van de Decapoda. Het zijn ongewervelde dieren met een exoskelet. De diversiteit aan decapoden is bijzonder groot. De meeste soorten leven in het water (zoet en zout), terwijl enkele soorten op het land leven.

De vorm van decapoden kenmerkt zich door segmentatie, waarbij ieder segment een paar aanhangsels bezit die meer of minder ingewikkelde functionele adaptaties laten zien. In de meeste decapoden is het kop/thorax gebied sterk gespecialiseerd en zijn de segmenten gefuseerd tot de zogenaamde cefalothorax. De 10 thoraxaanhangsels (thorax is een fusie van 5 segmenten) zijn gespecialiseerd tot 8 looppoten en twee vaak grote scharen. De uitermate gespecialiseerde aanhangsels van het kopgedeelte worden met name gebruikt voor de voedselopname. Decapoden voorzien in hun zuurstofvoorziening door middel van kieuwen die 'verborgen' liggen onder de cefalothorax.

Er zijn naar schatting 10 000 soorten decapoden, die tezamen een Orde vormen binnen de Klasse van de Malacostraca. De Crustacea (ook wel schaaldieren genoemd) kunnen worden beschouwd als een Subfylum of Superklasse (J. Metz, pers. com.), waartoe bijvoorbeeld de Klasse van de Malacostraca behoort, maar de Klasse Insecta niet. De Klasse van de insecten (Insecta) behoren ook tot het fylum van de Arthropoda (Roskov et al., 2015). Hieronder is voor de Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) de taxonomische positie gegeven (J. Metz, pers. com.; Roskov et al., 2015):

Animalia

 Fylum (Arthropoda, geleedpotigen)

 Subfylum (Crustacea, schaaldieren)

 Klasse (Malacostraca)

 Orde (Decapoda)

 Superfamilie (Concroidae)

 Familie (Cancriidae)

 Geslacht (*Cancer*)

 Soort (*Cancer pagurus*)

Ook de bekende strandkrab (*Carcinus maenas*) behoort tot de Orde van de Decapoda, maar maakt deel uit van een andere superfamilie, familie en geslacht (respectievelijk Portunoidea, Portunidae en *Carcinus*). De complexe taxonomie is een reflectie van de enorme variatie in deze diergroep, die een gevolg is van de uiteenlopende habitatbenutting door deze dieren. De daarvoor benodigde adaptaties dragen een waarschuwing m.b.t. al te simpele extrapolaties tussen soorten rond fysiologie en gedrag. We verwachten daarom dat extrapolatie tussen soorten voor wat betreft specificaties voor het bedwelmen voorafgaand aan het doden niet zonder meer mogelijk is.

2. Kennisvraag

In 2014 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen, waarin de regering is verzocht de mogelijkheid van elektrische verdoving van ongewervelde dieren, zoals kreeften en krabben, nader te onderzoeken en de Kamer te informeren over de voortgang (Ouweland, 2013).

Er is niet voldoende bekend over de mogelijkheden voor het vaststellen van bewustzijn en bewusteloosheid tijdens verdoven van krabben en kreeften. In dit oriënterend literatuuronderzoek geven we een overzicht van hetgeen bekend is over het welzijn en het bedwelmen van krabben en kreeften.

3. Methoden

Om de kennisvraag te beantwoorden, hebben we gebruik gemaakt van de beschikbare wetenschappelijke literatuur, rapporten, gesprekken met deskundigen en informatie van internet. In de resultaten bespreken we het aanlandingsvolume van levend aangevoerde schaaldieren in Nederland, en ook wat er bekend is over het welzijn van deze dieren. Ook gaan we in op gerapporteerde studies rond elektrofysiologische metingen in relatie tot het bedwelmen en doden van krabben en kreeften; hierbij bespreken we beknopt de neuroanatomie van deze dieren. We besluiten dit rapport met conclusies en discussie.

4. Resultaten

4.1 Aanlandingsvolume in Nederland

Voordat we ingaan op de vraag rond het welzijn en het bedwelmen van krabben en kreeften geven we eerst een overzicht van de soorten die levend worden aangevoerd in Nederland en de hoeveelheden. Krabben en kreeften die in Nederland levend door vissers worden aangevoerd zijn strandkrab (*Carcinus maenas*), de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*), de Oosterschelde kreeft (*Homarus gammarus*), diverse soorten rivierkreeften en sinds kort Noorse kreeften (*Nephrops norvegicus*), ook wel langoustines genoemd.

Ook Noordzeekrabben (*Cancer pagurus*) worden levend aangevoerd. Daarnaast worden van deze soort eveneens afgebroken losse scharen aangeland (Steenbergen et al., 2012). De Noordzeegarnaal of grijze garnaal (*Crangon crangon*) wordt direct na de vangst aan boord gekookt en daardoor altijd dood aangevoerd. Noorse kreeftjes (langoustines, *Nephrops norvegicus*) worden voor het grootste deel dood aangevoerd.

In Nederland komen acht soorten rivierkreeften voor die, met uitzondering van de inheemse Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*), allemaal exoten zijn. De zeven invasieve soorten hebben hun areaal in Nederland in recente jaren snel en fors uitgebreid en hebben de inheemse soort overal verdrongen (<http://www.iucnredlist.org/details/2191/0>). Een aantal van deze invasieve rivierkreeften, met name de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes virilis*) en de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) kunnen zeer massaal voorkomen en vormen vaak een plaag in de binnenwateren (Roessink et al., 2009). Deze soorten waren aanvankelijk een bijvangst in de palingvisserij maar bij voldoende bestand, afzet en goede marktprijs ontwikkelt zich de laatste jaren een op deze soorten gerichte visserij. Het gewicht voor volwassen dieren van beide soorten is 80-130 g (Anoniem, 2015b). Rivierkreeften worden levend aangevoerd. Productiecijfers over de aanlanding van rivierkreeften zijn niet beschikbaar; een jaarlijkse productie van 100 ton lijkt mogelijk (Anoniem, 2015e).

Tussen 2000-2010 landden vissers in Nederland 130 tot 490 ton Noordzeekrab per jaar aan; hierbij is er geen onderscheid gemaakt tussen de hele levende krab (800-1200 g per dier (Anoniem, 2015b)) en losse krabbenscharen; deze gegevens zijn in Nederland geregistreerd in VISSTAT. Een deel van de aangelande Noordzeekrab wordt in Nederland geconsumeerd en een groot deel daarvan exporteren bedrijven naar Italië (met name de scharen van de krab).

In 2012 bedroeg de aanvoer van strandkrab 1 ton (Anoniem, 2015c). Het volume is naar verwachting hoger door niet-geregistreerde onderhandse verkoop, omdat voor deze soort geen verplichting geldt. Het gewicht van de volwassen strandkrab ligt tussen de 40 en 60 gram (Anoniem, 2015d). Met name mensen met een niet-Europese (Afrikaanse/Caribische/Aziatische) herkomst consumeren in Nederland strandkrabben.

Voor de Europese kreeft (alleen afkomstig uit Oosterschelde en Grevelingen) bedraagt de aanvoer 30 tot 40 ton per jaar bij een gewicht van 800 tot 1200 gram (Anoniem, 2011; 2015b). Deze Europese kreeft, die in de handel Oosterschelde kreeft wordt genoemd, wordt alleen levend aangevoerd.

De aanvoer van wolhandkrab was in 2012 100 ton, waarvan 10-15% bestemd is voor de binnenlandse markt; de rest wordt geëxporteerd. Ook hier is waarschijnlijk sprake van een niet-geregistreerde onderhandse markt met een onbekend volume. De wolhandkrab, geschat gewicht 100 tot 150 g per stuk (Bakker, 2012), wordt met name gegeten door mensen in Nederland met een Aziatische afkomst (Van Leeuwen et al., 2013). De wolhandkrab wordt als een delicatessen beschouwd door hen.

Op basis van bovenstaande gegevens kunnen we een schatting maken van het aantal krabben en kreeften dat levend wordt aangevoerd; een overzicht staat in tabel 1.

Tabel 1: Schattingen levend aangevoerde krab en kreeft door Nederlandse visserij

Soort	Hoeveelheid (ton/jaar)	Gemiddeld gewicht per dier (kg)	Aantal dieren (miljoen)	
			minimum	maximum
Noordzeekrab (<i>Cancer pagurus</i>)	niet bekend	0,8-1,2		
strandkrab (<i>Carcinus maenas</i>)	1	0,04-0,06	0.017	0.025
Oosterschelde kreeft (<i>Homarus gammarus</i>)	30-40	0,8-1,2	0.025	0.050
Chinese wolhandkrab (<i>Eriocheir sinensis</i>)	100	0,1-0,15	0.667	1.000
rode Amerikaanse rivierkreeft (<i>Procambarus clarkii</i>)	niet bekend	0,08-0,13		
geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (<i>Orconectes virilis</i>)	niet bekend	0,08-0,13		
Noorse kreeft of langoustine (<i>Nephrops norvegicus</i>)	niet bekend	0.05-0.080		
TOTAAL			0.708	1.075

Voor de Noordzeekrab zijn aanvoergegevens voor 2009-2011 (240-290 ton/jaar) niet in deze tabel opgenomen. De totale aanvoer van de som van krabbenscharen en hele krabben werd wel geregistreerd, maar niet de hoeveelheid levende krabben. Om die reden is het aantal levende krabben dat werd aangevoerd niet vermeld in deze tabel. Het totaal aantal levend aangevoerde krabben en kreeften is daarom hoger dan in deze tabel is vermeld.

Er is wel een schatting te maken van de totale hoeveelheid krabben en kreeften van tabel 1 die al of niet levend wordt aangeland. Die hoeveelheid bedraagt ongeveer 500 tot 600 ton per jaar. Het aantal levend aangevoerde krabben en kreeften ligt tenminste tussen de 700 000 en één miljoen; aannemelijk is het aantal levende dieren hoger is dan de genoemde range in tabel 1. Ter vergelijking, het aantal kweekvissen dat in Nederland wordt geproduceerd, bedroeg 17 miljoen dieren in 2014 (Kamstra et al., 2015). Wat overige Nederlandse visserij betreft, gaat het om dood aangelande dieren. Voor 2014 is het aantal geraamd op 265 000 ton (zie <http://www.agrimatie.nl/?subpubID=2526>), wat neerkomt op 88 miljoen (3,0 kg per dier) tot 2,1 miljard vissen (0,13 kg per dier). In het volume van 265 000 ton zijn de dood aangevoerde Noordzeegarnalen (raming 2014: 16000 ton) en deels dood aangevoerde Noorse kreeften (raming 2014: ≤ 1500 ton) niet meegenomen.

In tabel 2 staan de vangstgegevens van de zogenaamde European Economic Area voor 2009 weergegeven voor de soorten in tabel 1 (zie <http://knoema.com>). Behalve voormalig Joegoslavië, Zwitserland, en de voormalige Sovjet Unie vormen alle Europese landen de European Economic Area; het betreft in totaal 30 landen. Een onderscheid tussen levend of dood aangelande dieren is in tabel 2 niet gemaakt.

Tabel 2: Schattingen aangelande krabben en kreeften door visserij door de European Economic Area in 2009 (levend en dood aangevoerd)- beperkt tot soorten van tabel 1

Soort	Europese productie (in 2009 ton/jaar)
noordzeekrab (<i>Cancer pagurus</i>)	38683
strandkrab (<i>Carcinus maenas</i>)	8
Europese kreeft (<i>Homarus gammarus</i>)	170
Chinese wolhandkrab (<i>Eriocheir sinensis</i>)	niet bekend
rode Amerikaanse rivierkreeft (<i>Procambarus clarkii</i>)	203
geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (<i>Orconectes virilis</i>)	niet bekend
Noorse kreeft of langoustine (<i>Nephrops norvegicus</i>)	79000
TOTAAL	118064

4.2 Import van levende krabben en kreeften

Nederlandse bedrijven importeren ook levende krabben en kreeften. Na aankomst worden de dieren in zeewatersystemen gehouden voorafgaand aan de (door)verkoop. Het betreft de volgende soorten: de Canadese of Amerikaanse kreeft (*Homarus americanus*), de red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) de Europese kreeft (*Homarus gammarus*) en de bovengenoemde Noordzeekrab. De import van levende Canadese kreeft bedroeg 335 ton in 2014 (R. Beukers, pers. com.). Het gewicht van een Canadese kreeft varieert tussen de 300 en 1000 g per stuk. Dit houdt in dat het om 340 000 tot 1100 000 levende dieren gaat. Dit houdt in dat het grootste deel van de levende kreeften in Nederland afkomstig zijn van de import (zie ook tabel 1).

4.3. Verwerken van levende krabben en kreeften in Nederland

De verwerking van kreeften vindt plaats in diverse restaurants, waar de dieren levend worden gekookt. Verwerking op bedrijfsniveau van levende kreeften/krabben vindt in Nederland nauwelijks plaats. Levende kreeften worden ook geleverd aan de groothandel in Nederland.

In Nederland werd twee jaar geleden bij één bedrijf onder hoge druk (pascalisatie) het exoskelet van kreeften losgemaakt van het vlees. Als gevolg van de hoge druk werden de dieren gedood, maar er is geen elektrofysiologisch onderzoek gedaan om te bepalen om hierbij (een vorm van) de bewusteloosheid al of niet onmiddellijk intreedt. Inmiddels wordt pascalisatie niet meer bedrijfsmatig toegepast in Nederland (Sander Verbeke, pers. com.).

4.4 Welzijn van krabben en kreeften

Veel methoden om gewervelde consumptiedieren te doden zijn waarschijnlijk pijnlijk en stressvol. Om pijn te vermijden worden slachtdieren voorafgaand aan het doden meestal bedwelmd (verdoofd). Voor bijvoorbeeld varkens, runderen en kippen is bedwelmen voorafgaand aan het doden in een EU verordening vastgelegd, met uitzondering van religieuze slachtingen (Council Regulation (EC) 1099/2009, 2009). Bedwelmen is hier gedefinieerd als "iedere bewust gebruikte methode die een dier pijnloos in een staat van bewusteloosheid en gevoelloosheid brengt, met inbegrip van methoden die onmiddellijk de dood tot gevolg hebben". Wanneer het dier gevoelloos is, betekent dit dat de bewusteloosheid zodanig is dat het dier niet bijkomt als gevolg van toegediende prikkels.

Krabben en kreeften zijn niet in een EU-verordening aangaande verdoving of doding opgenomen. Vissen zijn wel opgenomen in de verordening, maar er worden geen nadere eisen gesteld aan de wijze waarop deze dieren worden bedwelmd/gedood, omdat "de Raad behoefte heeft aan meer wetenschappelijke, sociale en economische informatie" (Council Regulation (EC) No 1099/2009, 2009). Kweekvissen worden

de laatste jaren in Noorwegen, Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Nederland, Zweden steeds vaker voorafgaand aan het doden bedwelmd. Een van de redenen om vis te bedwelmen is dat diverse studies laten zien dat cognitie en emoties een rol spelen in het gedrag (voor een overzicht zie Braithwaite et al. (2013)). Het is aannemelijk dat vissen net als alle andere gewervelde dieren stress, angst en pijn kunnen ervaren.

De laatste jaren is er in Nederland sprake van een toegenomen aandacht voor de manier waarop ook krabben en kreeften gedood worden. Een belangrijke vraag is dan ook of krabben en kreeften pijn zullen ervaren als er geen geschikte methoden worden gebruikt om deze dieren te bedwelmen alvorens ze worden gedood. Om dit te kunnen beantwoorden geven we in deze paragraaf een beknopt overzicht van de studies die de laatste 15 jaar zijn gedaan naar het ervaren van pijn bij krabben kreeften.

Voordat we nader ingaan op deze studies is het van belang om te beschrijven hoe pijn is gedefinieerd en wat het verschil is tussen pijn en nociceptie. Pijn wordt gedefinieerd als "een onplezierige sensorische en/of emotionele ervaring veroorzaakt door feitelijke of mogelijke weefselschade of die beschreven wordt in termen van weefselbeschadiging" (IASP, 1979). De IASP (International Association for the Study of Pain) geeft op haar website de volgende beschrijving van het begrip nociceptie: "Nociception is the neural process of encoding noxious stimuli. Consequences of encoding may be autonomic (e. g. elevated blood pressure) or behavioral (motor withdrawal reflex or more complex nocifensive behaviour). Pain sensation is not necessarily implied." Het is dus van belang om een onderscheid te maken tussen het ervaren van pijn en nociceptie. Het is lastig om pijn en nociceptie vast te stellen en het verschil daartussen, met name omdat voor het bepalen van pijn het nodig is om complexe (neuro)fysiologische metingen en gedragsobservaties uit te voeren en uit de verkregen resultaten af te leiden of er sprake is van *ervaring* van pijn, nociceptie of een combinatie van beide door het dier (Broom, 1998).

In dit verband is het nuttig om aan te geven dat een nociceptor een zenuwuiteinde is, gespecialiseerd in het waarnemen van prikkels die een schadelijke invloed op het organisme kunnen hebben. Nociceptoren komen bij de meeste dieren vrijwel overal in het lichaam voor, met uitzondering van het centrale zenuwstelsel. Ook het begrip 'ongerief' wordt in het kader van bedwelmen van slachtdieren vaak gebruikt. Greeve en De Leeuw (2000) verstaan onder ongerief "een omstandigheid waardoor of waarbij de gezondheid van een dier wordt benadeeld dan wel noemenswaardige pijn, letsel of ander ernstig ongemak aan het dier wordt berokkend."

In het overzichtsartikel van Sneddon et al. (2014) zijn 17 criteria opgesteld om te kunnen vaststellen of (gewervelde en ongewervelde) dieren pijn kunnen ervaren. Deze criteria zijn in twee categorieën gegroepeerd: 1) responsen van het gehele dier, die verschillen van reacties op onschadelijke prikkels, zoals fysiologische veranderingen en effecten van lokale anesthesie en pijnstillende middelen en 2) aanwijzing voor langdurige veranderingen in motivatie in het dier. Voor het onderzoek aan criteria die onder beide categorieën vallen, maakt men gebruik van (neuro)fysiologisch en neuro-anatomisch onderzoek in combinatie met gedragsobservaties. Het is mogelijk dat onderzoeksresultaten onder beide categorieën vallen.

Op basis van de beschikbare literatuur is vastgesteld of krabben en kreeften voldoen aan de opgestelde criteria. Het is belangrijk om te benadrukken dat de gerapporteerde studies vaak met een beperkt aantal dieren is uitgevoerd en dat niet alle criteria voor alle relevante soorten zijn onderzocht. De onderzochte soorten betreffen onder meer de strandkrab, gewone heremietkreeft (*Pagurus bernhardus*), gewone steurgarnaal (*Palaemon elegans*), Noordzeekrab, blaasjeskrab (*Hemigrapsus sanguineus*), zuiderzeekrabbetje of zwart krabbetje (*Chasmagnathus granulatus*) en de Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*).

Sneddon et al. (2014) geven aan dat krabben en kreeften niet aan alle door hen opgestelde criteria voor het ervaren van pijn voldoen. Met name kennis over het neurale substraat van decapoden ontbreekt. Die kennis is van belang om vast te kunnen stellen of deze dieren pijn kunnen ervaren. Voor een andere criteria ontbreekt ook de kennis om aan te geven of al of niet aan het opgestelde criterium wordt voldaan. Het gaat hierbij om de volgende drie criteria relief-learning, zelf toedienen van pijnstillers en moeite doen door de krab of kreeft om toegang te krijgen tot pijnstillers (typisch paradigma's uit

pijnonderzoek aan gewervelden). Zoogdieren zijn wel tot relief-learning in staat; wanneer een stimulus wordt gegeven die het dier in verband kan brengen met het beëindigen van de onaangename prikkel, dan kent het dier aan de stimulus een positieve betekenis toe. Het dier geeft de voorkeur aan een dergelijke stimulus boven een neutrale (Gerber et al., 2014).

Er zijn aanwijzingen dat de heremietkreeft een afweging kan maken tussen behoeften of vereisten. De heremietkreeft heeft een zacht achterlijf en daarom zoekt het dier bescherming in een lege schelp. Het dier bleek na blootstelling aan een elektrische schok een lege schelp van tweede keus eerder te verlaten, dan een lege schelp van de eerste keus (Appel and Elwood, 2009; Elwood and Appel, 2009). Een andere bevinding die in dit verband relevant is, is dat sommige schaaldieren in hun centrale zenuwstelsel kaarten aanleggen om gericht gedrag te realiseren, dat vergt onder meer een (soort van) geheugen (Vannini and Cannicci, 1995).

De auteurs van het overzichtsartikel (Sneddon et al., 2014) doen geen uitspraak of decapoden wel of juist geen pijn kunnen ervaren. Rose et al. (2014) zijn stilliger; zij geven aan dat het onwaarschijnlijk is dat decapoden pijn kunnen ervaren. Elwood (2011) houdt daarentegen een slag om de arm: "Clearly, a start has been made on some of these approaches, but much more is needed. Recently, Braithwaite (2010) was confident enough to state that fish feel pain but invertebrates do not. I (=Elwood, auteurs van dit rapport) do not share the confidence to make that discrimination. Neither do I feel confident in stating unequivocally that some of them do feel pain, although it is clear that the responses described above cannot be explained just by nociceptive reflexes. While awaiting the results of further relevant studies, perhaps all who use invertebrates should consider the possibility that at least some might suffer pain and, as a precaution, ensure humane care for these animals." Sneddon et al (2014) stellen ook voor het voorzorgprincipe (Shriver, 2006) te hanteren. Sneddon et al. (2014) meldden "...Nevertheless, the 'precautionary principle', the idea that it is better to err on the side of more protection for a group of animals if it is beyond reasonable doubt that they experience pain (e.g. Andrews, 2011), proposes that we should act as if at least some animals experience pain....However, even if we cannot be certain that some species experience pain, they should be treated with respect for reasons that do not hinge on whether or not they experience pain."

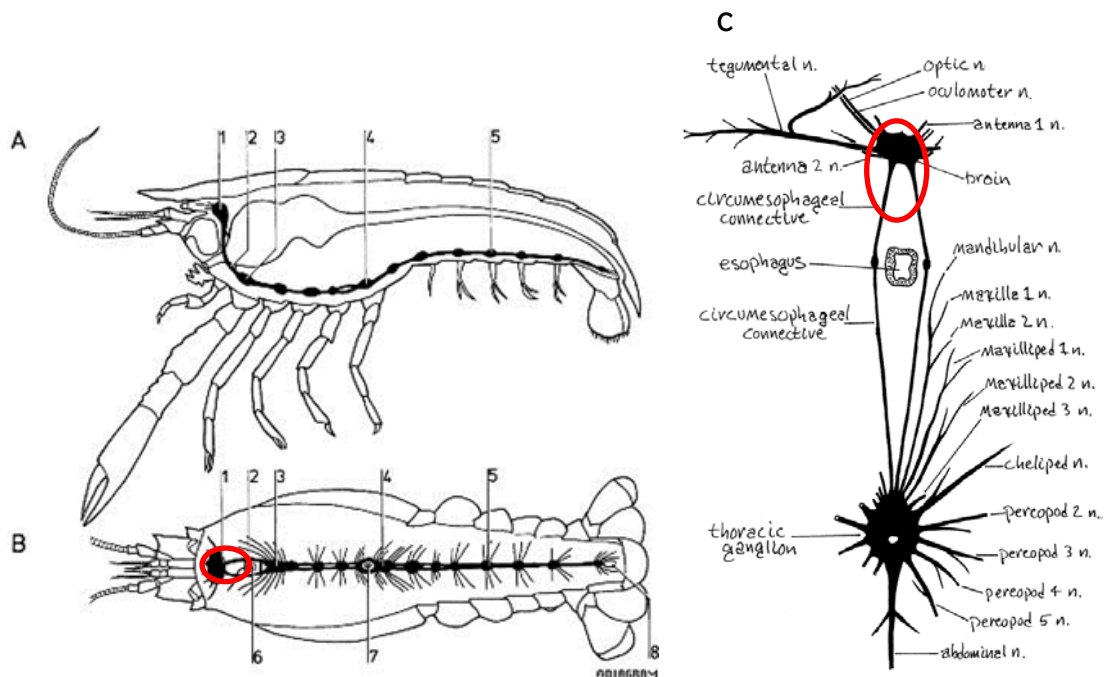
4.5 Elektrofysiologie, bedwelmen en doden van krabben en kreeften

4.5.1 Elektrofysiologie en centraal zenuwstelsel

Voordat we een beschrijving geven van hetgeen bekend is over het bedwelmen en doden van krabben en kreeften, geven we eerst een beknopt overzicht van voor deze studie relevante literatuur over elektrofysiologische metingen in krabben en kreeften. Deze metingen zijn van belang, omdat bij gewervelde slachtdieren de bewusteloosheid en gevoelloosheid worden vastgesteld met behulp van elektrofysiologische metingen in de hersenen (EEGs).

Voor bijvoorbeeld varkens (Wageneder and Schuy, 1967; Hoenderken, 1978) en ook vissen (Van de Vis et al., 2014) is bekend dat bewusteloosheid en gevoelloosheid met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld door de elektrische activiteit van de hersenen te registreren, het elektro-encefalogram (EEG, hersenfilm). Op basis van alleen gedragsobservaties is dit niet mogelijk. Op basis van deze kennis over het bedwelmen en doden van gewervelde dieren nemen we aan dat ook voor krabben en kreeften registraties van elektrofysiologische activiteit nodig is om met voldoende zekerheid te kunnen vaststellen dat ook bij deze dieren (een vorm van) bewusteloosheid kan worden opgewekt. We verwachten dat daartoe bij decapoden in het rostrale deel van het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex (zie rode ellips in figuur 1) de elektrofysiologische activiteit moet worden geregistreerd. In dit deel van het zenuwstelsel vinden bij de decapoden de exteroceptie (waarnemen/registratie van prikkels van buiten het organisme) en enteroreceptie (waarnemen/registratie van prikkels in het lichaam) plaats (zie onder meer Mendoza-Angeles et al., 2007; Sullivan and Herberholz, 2013).

Bij krabben zijn abdominale en thoracale ganglia gefuseerd. Vanwege deze fusie sluiten we niet uit dat het nodig is om ook bij krabben behalve van het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex ook de elektrofysiologische activiteit te meten van de gefuseerde thoracale en abdominale ganglia.



Figuur 1: Het zenuwstelsel van een zoetwaterkreeft: aanzicht vanaf de laterale zijde (A) en aanzicht vanaf de dorsale zijde (B) (bron: www.student.loretto.org/zoology/Graphic%20webs/Crayfish-%20nervous%20system.htm) en de blauwe krab (*Callinectes sapidus*) (bron: <http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/callinectes.html>)

- 1 Cerebrale ganglion (of supraoesofageale ganglion of "hersenen")
- 2 Circum-oesofageale commissuur
- 3 Suboesofageaal ganglion
- 4 Thoracaal ganglion
- 5 Abdominal ganglion
- 6 Oesofagus (slokdarm)
- 7 Sternal artery
- 8 Anus

Het rostrale deel van het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex bestaat uit het cerebrale ganglion en de circum-oesofageale connecties (aangeduid met een rode ellips).

Een commissuur verbindt twee ganglia die tegenover elkaar liggen in de zenuwstrengen van het laddervormig zenuwstelsel. Circum-oesofageaal= rondom de slokdarm. Abdominaal= de buik betreffend. Sternal artery= de belangrijkste slagader die het hart verbindt met het centrale zenuwstelsel.

Een complicerende factor is dat het cerebrale ganglion in krabben en kreeften geen hersenen zijn *sensu stricto* (zoals voor gewervelde dieren), en dat over de registratie van de elektrische activiteit daarvan en de interpretatie weinig bekend is. Om die reden spreken we in dit rapport over de elektrofysiologische activiteit in het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex en niet over een EEG bij decapoden. Opmerkelijk is dat het cerebrale ganglion van krabben en kreeften in een aantal publicaties ten onrechte wordt aangeduid als "hersenen".

Het centrale zenuwstelsel van decapoden is laddervormig van aard. Het cerebrale ganglion is door middel van circum-oesofageale (rondom de slokdarm) connectie verbonden met beide zenuwstrengen van het laddervormig zenuwstelsel, dat zich aan de ventrale kant van het dier bevindt (figuur 1). Het cerebrale ganglion bestaat uit drie regio's, te weten het protocerebrum, deutocerebrum en tritocerebrum (Sullivan and Herberholz, 2013). Bij krabben zijn posterior van de circum-oesofageale connectie de thoracale en abdominale ganglia gefuseerd tot het thoracale ganglion (figuur 1C). Binnen het bestek van dit rapport gaan we niet verder in op de neuroanatomie van de blauwe krab (figuur 1C).

Een onderzoeksgroep in Mexico heeft de elektrofysiologische activiteit op meerdere plaatsen in het cerebrale ganglion van de rode Amerikaanse rivierkreeft gemeten (Mendoza-Angeles et al., 2010). Zij laten zien dat er duidelijk veranderingen optreden in de elektrofysiologische activiteit in het cerebrale ganglion wanneer het dier in rust is dan wel actief is. De elektrofysiologische activiteit is hoog in het frequentiegebied van 20 tot 45 Hz bij een actieve rode Amerikaanse rivierkreeft. Wanneer het dier in rust is, is de activiteit afgenomen in het gebied van 30 tot 45 Hz (Ramon et al., 2012) en is een verschuiving opgetreden van de dominante frequenties van 35 tot 45 Hz naar 15-20 Hz (Ramon et al., 2012; Mendoza-Angeles et al., 2007). Bij slapende zoogdieren is er een duidelijk ander patroon van de elektrofysiologische activiteit van de hersenen. De elektrofysiologische activiteit in het cerebrale ganglion van een actieve rode Amerikaanse rivierkreeft verschilt ook van de elektrofysiologische activiteit in de hersenen van zoogdieren die actief en dus wakker zijn (Mendoza-Angeles, et al., 2010).

4.5.2 Bedwelmen en doden van krabben en kreeften en wetgeving

4.5.2.1 Bedwelmen en doden

Net als voor vissen (Van de Vis et al., 2014) zijn in het proces van bedwelmen en doden van krabben en kreeften in de praktijk de volgende stappen te onderscheiden:

1 Onderbrengen: houden van dieren in tanks in een stal of kooien (en afhankelijk van de soort al dan niet) in het water. De tanks of kooien zijn verbonden aan of maken deel uit van slachthuisactiviteiten

2 Fixeren: het gebruik van een methode die erop is gericht de bewegingen van het dier te beperken en tevens vermijdbare pijn, vermijdbare angst of vermijdbare opwinding te vermijden en zo het doeltreffend bedwelmen en doden mogelijk te maken

3 Bedwelmen: een methode waarmee een dier pijnloos in een staat van bewusteloosheid en gevoelloosheid wordt gebracht, inclusief methoden die onmiddellijk de dood tot gevolg hebben" (Council Regulation (EC) No 1099/2009, 2009). Wanneer er een methode wordt gebruikt die potentieel pijnlijk is (stroom bijvoorbeeld), dient de bewusteloosheid onmiddellijk te worden opgewekt. Dit uitgangspunt hanteren we voor elektrisch bedwelmen van kweekvissen en andere gewervelde dieren.

Omdat de kennis over de neurofysiologie van krabben en kreeften in vergelijking met gewervelde dieren, beperkt is, spreken we in dit verband van het opwekken van (een vorm van) bewusteloosheid bij deze dieren

4 Slachten: dieren bestemd voor menselijke consumptie doden. Dit dient te gebeuren zonder dat het dier bijkomt na de bedwelming.

Als er geen sprake is van bedwelmen van krabben en kreeften, dan betekent dat dat alleen bovenstaande stappen 1, 2 en 4 worden uitgevoerd. Een overzicht van praktijkmethoden om krabben en kreeften te doden staat in tabel 3. Behalve de Crustastun (www.crustastun.com) (Sparrey, 2005) voor de horeca is er ook apparatuur, gemaakt door SeaSide in Noorwegen (www.stansas.no), op de markt voor het elektrisch bedwelmen van krabben na ontwateren. Onderstaand zal worden besproken op welke wijze deze apparaten zijn getoetst en wat daarvan de resultaten zijn.

Omdat een juiste toetsing essentieel is, gaan we hier eerst op in. Zoals eerder beschreven, nemen we aan dat het proces van bedwelmen en doden van krabben en kreeften het best kan worden getoetst aan de hand van de elektrofysiologische activiteit in circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex en voor krabben mogelijk ook in het thoracale ganglion.

Tabel 3 laat zien dat alleen voor elektrisch bedwelmen elektrofysiologische metingen zijn uitgevoerd in de circum-oesofageale connecties waarvan de rol in gedrag en fysiologie onvoldoende bekend is, maar niet in circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex. Voor de andere methoden in tabel 3 zijn, met uitzondering van de pascalisatie (zie paragraaf 4.3) en het doorsnijden van een kreeft over de lengte met een mes, alleen gedragsobservaties gebruikt. Over deze laatste twee methoden hebben we geen informatie gevonden of en op welke wijze deze getoetst zijn.

Roth en Øines hebben onderzoek gedaan naar het bedwelmen/doden van Noordzeekrabben (Roth and Øines, 2010). Deze auteurs onderzochten verschillende methoden: verwarmen in water van 40 °C, koelen in ijs, invriezen bij -37 °C, invriezen bij -60 °C, koken in water, een priem door het cerebrale ganglion en het thoracale ganglion te steken, plaatsen in een pekeloplossing (17% NaCl en 5% KCl of alleen 20% KCl), gebruik van koolzuurgas en bedwelmen met stroom in zeewater met een geleidbaarheid van 54 mS/cm (gedurende 1 s een veldsterkte van 530 V_{rms}/m en daarna gedurende 2 min 170 V_{rms}/m). In tegenstelling tot Sparrey (2005) concludeerden Roth and Øines (2010) dat niet alle Noordzeekrabben waren gedood door de blootstelling aan de elektriciteit. Een verschil in benadering is dat Sparrey (2005) de krabben na ontwateren blootstelde aan de stroom, terwijl de Noorse onderzoekers (Roth en Øines, 2010) deze dieren in zeewater hadden bedwelmd. Sparrey (2005) meldt dat de Crustastun bij een blootstelling van 10 s voor krabben en 5 s voor kreeften het beste werkt bij een spanning van 110 V_{rms} (50 Hz ac). Zijn studie laat zien dat hierdoor met de Crustastun $6,1 \pm 2,3$ A_{rms} door iedere Noordzeekrab werd gevoerd en $8,1 \pm 0,6$ A_{rms} door iedere kreeft; een nadere specificatie van het soort kreeft is niet vermeld. Sparrey (2005) observeerde reacties in het gedrag van de krabben en kreeften op toegediende prikkels om vast te stellen of deze dieren al of niet waren bedwelmd. Op basis van de studie van Sparrey (2005) kan niet worden vastgesteld of (een vorm van) de bewusteloosheid onmiddellijk was ingetreden.

Roth en Øines (2010) komen tot de conclusie dat onder productieomstandigheden elektrisch bedwelmen de voorkeur heeft en bevelen deze methode aan, voordat het dier wordt gedood door het te koken of met een mes over de lengte doormidden te snijden, maar hun conclusie is alleen gebaseerd op gedragsobservaties en niet op registratie van de elektrofysiologische activiteit in circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex.

De eerder genoemde methode waarbij Noordzeekrabben mogelijk snel worden gedood door het uitschakelen van het cerebrale ganglion en de thoracale ganglia met een priem is onder praktijkomstandigheden niet eenvoudig uitvoerbaar, omdat niet meteen alle noodzakelijke ganglia kunnen worden uitgeschakeld (Roth and Øines, 2010).

Alleen in onderzoek naar elektriciteit om strandkrabben en Noorse kreeften na ontwateren te verdoven, zijn elektrofysiologische metingen (tabel 3) uitgevoerd. Hierbij werden de dieren 10 s aan de elektriciteit waren blootgesteld door gebruik te maken van het bedwelminsapparaat, de zogenaamde Crustastun (Neil, 2010). Op grond van de laatste studie is het niet mogelijk om vast te stellen of bij de onderzochte dieren (een vorm van) de bewusteloosheid onmiddellijk werd opgewekt.

Met de eerder genoemde apparatuur van SeaSide wordt ongeveer 30-40% van de in Noorwegen aangelande Noordzeekrabben na ontwateren met stroom verdoofd (F. Kjølås, pers. comm.). Deze apparatuur is ontwikkeld op basis van een studie door Roth en Grimsbø (Roth and Grimsbø, 2013); ook in deze studie werden alleen gedragsobservaties gedaan. Dit betekent dat niet duidelijk is of (een vorm van) de bewusteloosheid onmiddellijk intreedt. In hun onderzoek naar elektrisch bedwelmen van Noordzeekrab na ontwateren gebruikten Roth en Grimsbø (2013) een spanning van 220 V_{rms} (50 Hz ac); hierbij werd tussen de 0,65 en 2,2 A_{rms} door iedere krab gevoerd. Deze condities verschillen van de Crustastun; een blootstelling aan 110 V_{rms} waarbij $6,1 \pm 2,3$ A_{rms} door iedere ontwaterde Noordzeekrab

werd gevoerd (Sparrey, 2005). Een ander verschil is dat volgens Roth and Grimsbø, (2013) de Noordzeekrabben niet met stroom konden worden gedood.

Tabel 3: Stand van zaken rond methoden voor bedwelmen/doden van krabben en kreeften (EU project Crustasea, 2006, Neil, 2010; Roth and Øines, 2010^{*}; Roth and Grimsbø, 2013; Sander Verbeke, pers. com.; Sparrey, 2005)

Methoden	Opmerkingen
Onderkoelen in koud water (T < 4 °C)	gedragsobservaties
Onderkoelen in een slurry van ijs en water	gedragsobservaties
Invriezen buiten het water	gedragsobservaties
Met een mes over de lengte van het dier doorsnijden (alleen voor kreeft)	
Met een priem het cerebrale ganglion en de thorax ganglia bij krabben uitschakelen	gedragsobservaties
Koken	gedragsobservaties
Pascalisatie	
Elektrisch bedwelmen	elektrofysiologische metingen circum-oesofageale connectie

^{*}Alleen de studie van Roth and Øines (2010) is een verschenen in een peer-reviewed journal.

4.5.2.2 Wetgeving

Binnen Europa is er alleen in Noorwegen en Duitsland sprake van wetgeving rond het bedwelmen en doden van decapoden.

In Noorwegen valt het slachten van decapoden, net zoals voor gewervelde slachtdieren het geval is, onder de dierenwelzijnswet (2010 Animal Welfare Act, <https://www.animallaw.info/statute/norway-cruelty-norwegian-animal-welfare-act-2010#s12>). Maar de Noorse wetgever schrijft niet expliciet voor dat decapoden verdoofd moeten worden voordat ze worden gedood. De Noorse wet kan in de praktijk als volgt uitpakken: de Noorse voedsel en warenautoriteit kan een bedrijf wel of niet toestaan om krabben of kreeften zonder voorafgaande bedwelming te doden (B. Roth, pers. com.). Voor Noorse bedrijven is het ook van belang dat bedwelmden krabben makkelijker in line gescand kunnen worden; de dieren bewegen nl. niet meer. Dit is van belang omdat een bedrijf krabben met weinig vlees in het lichaam wil kunnen onderscheiden van de dieren die wel een lichaam hebben dat goed gevuld is. Zo is het mogelijk om krabben met weinig vlees in het lichaam uit de proceslijn te halen.

Ook in Duitsland is er wetgeving ten aanzien van het bedwelmen en doden van decapoden (Abschnitt 4 TierSchIV, 2012). De Duitse wet vereist dat 1) decapoden gedood worden door ze in heftig kokend water volledig onder te dompelen. Ook staat de Duitse wet toe dat 2) de Noordzeekrab wordt gedood door de cerebrale en thoracale ganglia uit te schakelen of 3) kreeftachtigen met stroom worden verdoofd of gedood.

Omdat er geen elektrofysiologische metingen zijn uitgevoerd aan decapoden die volgens het voorschrift van de Duitse wetgeving in kokend water zijn gekookt, is niet bekend of hierbij sprake is van een onmiddellijk intreden van (een vorm van) de bewusteloosheid onmiddellijk intreden van (een vorm van) de bewusteloosheid. In de praktijk is het niet eenvoudig om bovengenoemde ganglia onmiddellijk uit te schakelen (Roth and Øines, 2010). Specificaties om decapoden onmiddellijk te bedwelmen met stroom ontbreken, zoals beschreven in paragraaf 4.5.2.1. van dit rapport.

5. Conclusies en discussie

Kennisvraag

In 2014 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen, waarin de regering is verzocht de mogelijkheid van elektrische verdoving van ongewervelde dieren zoals kreeften en krabben nader te onderzoeken en de Kamer te informeren over de voortgang.

Het doel van de uitgevoerde studie was om een overzicht te geven van hetgeen bekend is over het welzijn van krabben en kreeften en de stand van zaken rond het bedwelmen en doden/slachten van deze dieren voorafgaand aan het doden.

Antwoord

Deze studie leidt tot de volgende bevindingen en aanbevelingen:

Krabben en kreeften betreft een Orde van dieren met een grote diversiteit. De dieren komen in verschillende niches voor, waardoor deze dieren voor wat betreft (neuro)anatomie, gedrag en fysiologie sterk van elkaar kunnen verschillen. Dit houdt in dat extrapolatie rond gedrag en (neuro)fysiologie tussen dieren met voorzichtigheid betracht dient te worden uitgevoerd.

De wetenschappelijke kennis rond de (neuro)fysiologie en het gedrag van decapoden is zeer beperkt. Er is vooralsnog onvoldoende kennis om te veronderstellen dat het ervaren van pijn mogelijk of juist onmogelijk is. Gezien de grote implicaties die al of niet ervaren van pijn door deze dieren met zich meebrengen, is het wenselijk de vraag te beantwoorden of decapoden wel of geen pijn kunnen ervaren. Om deze vraag te beantwoorden is onderzoek nodig, dat 4-5 jaar zal duren.

Onderzoek naar het bedwelmen van krabben en kreeften is zeer beperkt gedaan. Er is slechts 1 studie beschikbaar waarin de elektrische activiteit in het zenuwstelsel is uitgevoerd, maar er waren geen metingen aan het circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex verricht. De metingen waren verricht aan de circum-oesofageale connecties, waarvan de rol in gedrag en fysiologie onvoldoende bekend is en daarom is niet duidelijk of (een vorm van) de bewusteloosheid bij de onderzochte dieren onmiddellijk was ingetreden.

Het aantal krabben en kreeften dat in Nederland levend wordt aangevoerd is tenminste 700 000 tot 1100 000 dieren. Het betreft voor Nederland acht soorten uit wildvang en vier soorten die levend worden ingevoerd. In 2014 bedroeg de import van levende Canadese kreeft 335 ton; dit zijn 340 000 tot 1100 000 dieren.

Omdat de beschikbare apparatuur om krabben en kreeften met stroom te verdoven niet is ontwikkeld op basis van registratie van elektrische activiteit van circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex, is niet bekend of deze apparatuur geschikt is om decapoden onmiddellijk te verdoven.

Voordat bedwelmen van krabben en kreeften kan worden geïmplementeerd is het nodig om op basis van elektrofysiologische activiteit in circum-oesofageale cerebraal ganglioncomplex vast te stellen of (een vorm van) bewusteloosheid is te realiseren voorafgaande aan het doden van de dieren. Het meten van deze activiteit in deze dieren is mogelijk, maar interpretatie ervan zal verder moeten worden ontwikkeld, gezien de verschillen met de informatie die uit hersenfilms van gewervelde dieren kan worden gehaald. Onderzoek naar bedwelmen van decapoden voor het ontwikkelen van een methode zal 4 tot 5 jaar in beslag nemen; een selectie van het aantal soorten is hierbij van belang.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

7. Referenties

Abschnitt 4 TierSchIV (2012): Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung und zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates (Tierschutz-Schlachtverordnung - TierSchIV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2012, Teil 1 Nr. 63, ausgegeben zu Bonn am 31. December 2012.

Anoniem (2011):

www.pvis.nl/fileadmin/user_upload/pvis/Documenten/Verantwoorde_vis/Visfeiten_Oosterscheldekreft.pdf, website bezocht februari 2015.

Anoniem (2015a): http://tolweb.org/treehouses/?treehouse_id=4455, website bezocht februari 2015.

Anoniem (2015b): <http://passie.horeca.nl/fav/Schaal-%20en%20weekdieren.pdf>, website bezocht maart 2015.

Anoniemb (2015c): <http://data.fao.org/dataset-data-filter?entryId=af556541-1c8e-4e98-8510-1b2cafba5935&tab=data&type=Dimensionmember&uuidResource=559e840f-9688-40c6-9e0c-f84cc065934b>, website bezocht februari 2015.

Anoniem (2015d): <http://www.prinsendingemanse.nl/nl/producten/product:strandkrabben.htm>, website bezocht februari 2015.

Anoniem (2015e): <https://rivierkreft.wordpress.com/about/>, website bezocht maart 2015.

Appel, M. and Elwood, R. W. (2009): Motivational trade-offs and the potential for pain experience in hermit crabs. *Applied Animal Behaviour Science*, **119**, 120-124.

Bakker, T (2012): De wolhandkrab: een marktstudie. Website www.wageningenur.nl/upload_mm/6/f/9/822fabd2-c6f0-49f5-a2d7-ed8dc61e9fce_Presentatie%20LEI%20marktstudie%20wolhandkrab.pdf, bezocht februari 2014.

Braithwaite V. (2010): Do Fish Feel Pain? Oxford: Oxford University Press.

Braithwaite, V., Huntingford, F. and Van den Bos, R. (2013): Variation in emotion and cognition among fishes. *J. Agric. Environ. Ethics*, **26**, 7-23

Broom, D. M. (1998): Welfare, stress, and the evolution of feelings. *Advances in the Study of Behaviour*, **27**, 371-403.

Council Regulation (EC) No 1099/2009 (2009): On the protection of animals at the time of killing. *Official Journal of the European Communities*, **L 303**, 1-30.

Crustasea EU project (2006) Deliverable Report 6.2 : European guideline for quality of live crustaceans in retail and HORECA segments, 57 pp.

Elwood, R.W. (2011): Pain and Suffering in Invertebrates? *ILAR Journal*, **52**, 175-184.

Elwood, R. W. and Appel, M. (2009): Pain in hermit crabs? *Animal Behaviour*, **77**, 1243-1246.

Gerber, B., Yarali, A., Diegelmann, S., Wotjak, C. T., Pauli, P., and Fendt, M. (2014): Painrelief learning in flies, rats, and man: basic research and applied perspectives. *Learning and Memory*, **21**, 232-252.

Greeve, P.C.M. en De Leeuw, W.A. (2000): Wettelijke aspecten van dierproeven. In *Proefdieren en dierproeven* Van Zutphen, L.F.M., Baumans, V. en Beyen, A.C. (editors), Elsevier, Maarssen, Nederland. p. 10-19.

Hoenderken, R., 1978. Elektrische bedwelming van slachtvarkens. PhD thesis University of Utrecht.

IASP (International Association for the Study of Pain) (1979): Pain terms: a list with definitions and notes on usage. *Pain*, **6**, 249-252.

ISAP (2014): <http://www.iasp-pain.org/Taxonomy#Nociception>, website februari 2015 bezocht.

Kamstra, A., Van Hoof, L., Kotterman, M., Palstra, A., Schelvis, R., Schram, E. en Van de Vis, H. (2015): AquaOptima: optimalisatie RAS en product kwaliteit kweekvis. IMARES rapport C019/15, 107 pp.

Mendoza-Angeles, K., Cabrera, A. Hernández-Falcón, J. and Ramón F. (2007): Slow waves during sleep in crayfish: A time-frequency analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, **162**, 264-271.

Mendoza-Angeles, K., Cabrera, A. Hernández-Falcón, J. and Ramón F. (2010): Slow waves during sleep in crayfish: origin and spread. *Journal of Experimental Biology*, **213**, 2154-2164.

Neil, D. (2010): The effect of the Crustastun on nerve activity in crabs and lobsters. 20 pp. Report published on [www. crustastun.com](http://www.crustastun.com). website bezocht februari 2015.

Ouwehand, E. (2013): Motie 28 286, nr. 705. Gewijzigde motie van het lid Ouwehand ter vervanging van die gedrukt onder nr. 694, 1pp. Website <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-28286-705.html> bezocht in juli 2014.

Ramón, F., Mendoza-Angeles, K. and Hernández-Falcón, J. (2012): Sleep in vertebrates: crayfish. *Frontiers in Bioscience*, **S4**, 1190-1200.

Roessink, I, Hudina, S en Ottburg, F.G.W.A. (2009); Literatuurstudie naar de biologie, impact en mogelijke bestrijding van twee invasieve soorten: de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) en de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes virilis*). Alterra rapport 1923 ISSN 1566-8197, 61 pp.

Rose, J. D., Arlinghaus, R., Cooke, S. J., Diggles, B. K., Sawynok, W., Stevens, E. D. and Wynne, C.D.L.. (2014). Can fish really feel pain? *Fish and Fisheries*, **15**, 97-133.

Roth, B. and Grimsbø, E. (2013): Electrical stunning of edible crabs. 8 pp. <http://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2018-2013.pdf>, website bezocht februari 2015.

Roth, B. and Øines, S. (2010): Stunning and killing of edible crabs (*Cancer pagurus*). *Animal Welfare*, **19**, 287-294.

Roskov, Y., Abucay, L., Orrell, T., Nicolson, D., Kunze T., Culham, A., Bailly, N., Kirk, P., Bourgoïn, T., DeWalt, R.E., Decock, W. and De Wever, A., eds. (2015): *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2015 Annual Checklist*. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2015. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands.

Sneddon, L., Elwood, B., Adamo, S.A. and Leach, M.C. (2014): Defining and assessing animal pain. *Animal Behaviour*, **97**, 201-212.

Shriver, A. (2006): Minding animals. *Philosophical Psychology*, **19**, 433–442.

Sparrey, J. (2005): Testing of Crustastun single crab and lobster stunner.
http://crustastun.com/assets/files/Sparrey_2005-Crustastun_tests.pdf, website visited januari 2015.

Steenbergen, J., Rasenberg, M., Van der Hammen, T en Biermans, S. (2012): Gerichte visserij op Noordzeekrab IMARES rapport C153/12, 27 pp.

Sullivan, J.M. and Herberholz, J. (2013): Structure of the nervous system: general design and gross anatomy. In *The natural history of the crustacean- functional morphology and diversity Vol 1* (eds. L. Watling and M. Thiel), Oxford University Press, Oxford, UK, 451-484.

Van Leeuwen, S.P.J., Stouten, P., en Hoogenboom, L.A.P. (2013) : Consumptie van Chinese wolhandkrab in Nederland. RIKILT rapport 2013.018, 48 pp.

Van de Vis, H., Abbink, W., Lambooj, B., and Bracke, M. (2014): Stunning and Killing of Farmed Fish: How to put It into Practice? In: *Carrick Devine & Michael Dikeman, editors-in-chief. Encyclopedia of Meat Sciences 2e, Vol. 3*, Oxford: Elsevier; pp. 421-426

Vannini, M. and Cannicci, S. (1995): Homing behaviour and possible cognitive maps in crustacean decapods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **193**, 67-91

Wageneder, F.M., and Schuy, St. (1967): Electro-therapeutic sleep and electro-aneesthesia. *Proc. First Int. Symp. Graz, Austria*, 1966. Excerpta Medica Foundation, Amsterdam.

8. Verantwoording

Rapport Rapport C068/15

Projectnummer: 4314810004-01

Akkoord: dr. W. Abbink
Onderzoeker Afdeling Aquacultuur IMARES Wageningen UR

Handtekening:



Datum: 29 mei 2015

Akkoord: dr. ing. R. Trouwborst
Afdelingshoofd Afdeling Delta en Aquacultuur IMARES Wageningen UR

Handtekening:



Datum: 29 mei 2015