

Kennisnetwerk OBN

Bureauonderzoek naar het effect van uitheemse rivierkreeften, andere grazers en biobouwers op de ontwikkeling van jonge verlanding met een doorkijk naar potentiële maatregelen



Bureauonderzoek naar het effect van uitheemse rivierkreeften, andere grazers en biobouwers op de ontwikkeling van jonge verlanding met een doorkijk naar potentiële maatregelen

Witteveen + Bos



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

© 2019 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Rapport nr. 2019/OBN228-LZ
Driebergen, 2019

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12 en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Daarnaast heeft de provincie Utrecht subsidie ter beschikking gesteld en is uit het Gebiedsakkoord Oostelijke Vechtplassen, dat gefinancierd wordt door Waternet en de Provincie Noord-Holland subsidie ter beschikking gesteld.

Wijze van citeren: Jong, de, B., L. Bovend'aerde, J. Mandemakers, R. van de Haterd, J. Kampen & C. Cusell (2019). Bureauonderzoek naar het effect van uitheemse rivierkreeften, andere grazers en biobouwers op de ontwikkeling van jonge verlandingsgebieden met een doorkijk naar potentiële maatregelen. Tussenrapportage OBN228-LZ. VBNE, Driebergen

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave is online gepubliceerd op www.natuurkennis.nl

Samenstelling Barend de Jong, Witteveen+Bos
 Lisa Bovend'aerde, Witteveen+Bos
 Jeroen Mandemakers, Witteveen+Bos
 Rob van de Haterd, Bureau Waardenburg
 Jouke Kampen, Milieuadviesbureau ATKB
 Casper Cusell, Witteveen+Bos

Foto voorkant Foto: Lucas Doef, Milieuadviesbureau ATKB

Productie Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)
 Adres : Princenhof Park 7, 3972 NG Driebergen
 Telefoon : 0343-745250
 E-mail : info@vbne.nl

Inhoud

Samenvatting

1 Inleiding	12
1.1 Doel van de literatuurstudie	12
1.2 Onderzoeksvragen	12
2 Rivierkreeften	14
2.1 De ontwikkeling van Nederlandse literatuur over rivierkreeften	14
2.2 De vestiging van uitheemse rivierkreeften in Nederland	15
2.3 Biologie en ecologie	18
2.3.1 Kenmerken per soort rivierkreeft	18
2.3.2 Levenscyclus	19
2.3.3 Graafgedrag	20
2.3.4 Dieet	22
2.3.5 Dispersie	22
2.3.6 Predatie	23
2.3.7 Milieucondities	24
2.3.8 Populatie dynamiek	25
2.4 Ecologische en economische impact	27
2.4.1 Ecologische impact	29
2.4.2 Economische impact	33
2.5 Maatregelen tegen exotische rivierkreeften	34
2.5.1 Juridische maatregelen	35
2.5.2 Bestrijdingsmaatregelen	36
3 Overige grazers	43
3.1 Inleiding	43
3.2 Rol van overige grazers in ontwikkeling van verlandingsvegetatie	43
3.2.1 Rol van begrazing door watervogels	44
3.2.2 Begrazing door muskusratten	46
3.2.3 Graasdruk 'overige grazers' versus graasdruk rivierkreeften	47
3.3 Maatregelen tegen overige grazers	48
4 Referenties	52

Samenvatting

Voorliggende bureaustudie is uitgevoerd in het kader van het OBN-onderzoek Stimulering jonge verlanding tot nieuw trilveen: biobouwers en vraat. Er is al veel kennis beschikbaar over de belemmerende rol van de abiotiek bij de ontwikkeling van jonge verlandingsvegetaties (verzuring, verdroging, eutrofiëring, stikstofdepositie, beheer), maar over de rol van de biotiek is minder bekend. De hoofdvraag van het genoemde OBN-onderzoek is dan ook: "Welke concrete grootschalige beheermaatregelen kunnen 1) de negatieve invloed van vraat en 2) het ontbreken van positieve ecosysteembouwers oplossen, waardoor jonge mesotrofe verlanding en vorming van trilveenkraggen op landschapsschaal gestimuleerd worden?" De studie bestaat uit veldexperimenten, aangevuld met een literatuurstudie. De voorliggende literatuurstudie richt zich op de effecten van de belangrijkste grazers, namelijk rivierkreeften, watervogels en muskusratten en op maatregelen om de negatieve effecten van vraat tegen te gaan.

Uitheemse rivierkreeften in Nederland

De aandacht voor rivierkreeften in Nederland, maar ook in Europa, is sinds het eind van de vorige eeuw gestaag toegenomen. Aanvankelijk is er in de literatuur vooral aandacht voor de Europese rivierkreeft en de achteruitgang van de populatie van deze soort door onder andere de kreeftenpest. Als compensatie voor de achteruitgang van de Europese rivierkreeft, wordt in Europa geëxperimenteerd met de introductie van kreeften uit Amerika. De eerste Amerikaanse rivierkreeften bereikten Nederland vermoedelijk via goed gevestigde populaties van gevlekte Amerikaanse rivierkreeft in Frankrijk en Duitsland. De gevlekte Amerikaanse rivierkreeft is sinds 1968 (al 50 jaar dus) in Nederland aanwezig en bevolkt ondertussen alle provincies. De Turkse rivierkreeft, Californische rivierkreeft en later nog andere soorten, waaronder de geknobbelde en rode Amerikaanse rivierkreeft, volgen de eerste exoot op. Een overzicht van de soorten met hun specifieke kenmerken, gedrag en habitatvoorkeuren is opgenomen in paragraaf 2.3.1.

Aanvankelijk verwachtte men dat de uitheemse rivierkreeften zich niet blijvend zouden vestigen. Men hoopte op een strenge winter en op vraat door paling. Aan het begin van de 21^e eeuw verdubbelt het aantal uitheemse soorten echter en begint men zich zorgen te maken. Uit onderzoek blijkt dat heel Nederland voor één of meerdere uitheemse rivierkreeften geschikt is, behalve in wateren in pleistoceen Nederland en hoogvenen die als gevolg van de lage zuurgraad in deze systemen ongeschikt habitat zijn. Door hun brede habitatvoorkeur, hoge reproductiegraad, ongevoeligheid voor de kreeftenpest rukken de kreeften gestaag op (enkele kilometers per jaar), waarbij ze geholpen worden door uitzettingen of ontsnappingen vanuit aquaria en restaurants. Het is niet onwaarschijnlijk dat ons 'open' water- en baggerbeheer de verspreiding een handje helpt. Daarbij komt dat soorten als de rode en gestreepte Amerikaanse rivierkreeft ook over land lopen. Ondertussen zijn er in Nederland zes soorten uitheemse rivierkreeften, die al voor langere tijd voorkomen. De verwachting is dat ze nog niet aan hun maximale verspreidingsgrenzen zitten, waarbij vooral de rode Amerikaanse rivierkreeft zich nog behoorlijk kan uitbreiden. Nog eens zes andere soorten zijn ooit waargenomen, maar hebben zich vooralsnog niet blijvend gevestigd. Wereldwijd zijn circa 638 soorten zoetwaterkreeften bekend, waartussen soorten die voor Nederland schadelijk zouden kunnen zijn. Aandacht voor overige soorten in wetgeving en beleid (proactief verbod op handel en bezit) blijft dus nodig.

Ecologische schade

De ecologische en economische schade die toegebracht kan worden door de uitheemse rivierkreeften is aanzienlijk. De rode Amerikaanse rivierkreeft staat zelfs in de top drie van de lijst van '100 worst alien species in Europe' vanwege de negatieve economische en ecologische impact die de soort heeft. Een soort als de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft lijkt minder schadelijk. Deze soort is al 50 jaar in Nederland aanwezig en kreeg aanvankelijk maar beperkt aandacht.

In paragraaf 2.4 is een overzicht gegeven van de ecologische en economische schade die de uitheemse rivierkreeften met hun gedrag aanrichten. De ecologische impact komt door verschillende aspecten zoals graasdruk (eten en knippen van watervegetatie), competitie met inheemse soorten, verspreiding van de kreeftenpest en amfibieschimmels, vertroebeling van het watersysteem, bemoeilijken van verlanding in laagvenen en predatie van eieren en larven van andere soorten. Op deze manier worden verschillende met elkaar interacterende componenten van het ecosysteem beïnvloed. Alhoewel het overall effect vaak moeilijk voorspelbaar is, is het wel duidelijk dat hoge kreeftendichtheden een negatieve invloed kunnen hebben op de aanwezigheid van waterplanten. Schade aan de waterplanten, gecombineerd met de opwerveling van sediment (en de daaraan gekoppelde grotere nutriëntenbelasting), kan vermoedelijk leiden tot een omslag van een helder naar een troebel watersysteem en dus tot een achteruitgang van de biodiversiteit.

In verschillende studies heeft men onderzocht bij welke kritische kreeftendichtheid de invloed van rivierkreeften op het ecosysteem waarneembaar is. Effecten lijken significant bij een dichtheid van 1 kreeft/m² oever, maar deze waarde zal per watersysteem verschillen. De genoemde dichtheid van 1 kreeft/m² oever wordt in verschillende Nederlandse wateren overschreden: er zijn gemiddelde kreeftdichtheden tot wel 5 kreeften/m² waargenomen. Met een gewicht van circa 25 gram per individu betekent dit dat er ruim 1000 kg/ha aan kreeften voor kan komen. Ter vergelijking, een visbiomassa van 600 kg/ha is heel erg hoog. Dit toont nogmaals aan dat de soort zeer efficiënt gebruik maakt van zijn leefgebied en vrijwel alle voedselbronnen kan benutten.

Het optreden van bovengenoemde ecologische effecten is bekend vanuit het buitenland. De effecten zijn voorsnog maar in beperkte mate aangetoond voor de Nederlandse situatie. Over effecten van kreeften op specifiek de biobouwers van verlandingsvegetaties, zoals krabbenscheer, is helemaal weinig bekend. Er zijn waarnemingen bekend van kreeften op krabbenscheerplanten. Ze kunnen dus samen voorkomen. De vraag is of, en zo ja, hoe uitheemse rivierkreeften krabbenscheer vervolgens kunnen aantasten. In de literatuur wordt daar niet op ingegaan. Gericht onderzoek is nodig om hier meer zicht op te krijgen.

Een aandachtspunt dat niet eerder in de literatuur is vermeld, is het mogelijke effect van rivierkreeften op de verspreiding van invasieve waterplanten. Met hun knipgedrag zouden ze namelijk kunnen bijdragen aan de verspreiding van plantendelen die elders weer kunnen uitgroeien. Aangezien er door de waterschappen veel geld gestopt wordt in de bestijding van deze exoten, verdient dit nader onderzoek.

Maatregelen tegen uitheemse rivierkreeften

Gezien de negatieve effecten van de uitheemse rivierkreeften, is er veel onderzoek gedaan naar maatregelen tegen de rivierkreeften. De United Nations Convention on Biological Diversity (CBD) heeft daarvoor een drietrapsraket ontwikkeld die door de EU is overgenomen: 1) voorkom dat een nieuwe soort zich vestigt; 2) detecteer nieuwe populaties vroegtijdig; 3) onderneem snel actie door de populatie te elimineren.

De eerste maatregel (het voorkomen dat invasieve soorten in het land komen) is de beste maatregel en kan ook toegepast worden op soorten die wel al in Nederland voorkomen, maar nog net overal in ons land voorkomen (zoals de rode Amerikaanse rivierkreeft). Om hier gehoor aan te geven, is de Europese exotenverordening opgesteld met bijbehorende Unielijst

van invasieve exoten. Voor rivierkreeften op de Unielijst (Californische rivierkreeft, geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft, gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, marmerkreeft en rode Amerikaanse rivierkreeft) geldt een verbod op import en export, bezit, handel, kweek, transport en op het vrijlaten in het milieu. De Europese exotenverordening moet in Nederland nog geïmplementeerd worden en vertaald naar werkprotocollen/ draaiboeken en gedragscodes voor overheidsinstanties en natuurorganisaties. Het ministerie van LNV, de provincies en de waterschappen werken momenteel nog aan deze vertaalslag.

Voor de locaties waar de gevestigde soorten al voorkomen, komt de wetgeving echter te laat. Ook doet de wetgeving niets tegen nieuwe soorten of soorten die zich al in buurlanden gevestigd hebben en op eigen kracht naar Nederland kunnen komen. Als soorten er eenmaal zijn, dan komt bestrijding en beheer om de hoek kijken. Er zijn verschillende beheer- en bestrijdingsopties bekend, die apart of in combinatie kunnen worden uitgevoerd (zie voor een uitgebreide beschrijving paragraaf 2.5.2). Uit een aantal literatuurreviews lijkt echter te volgen dat eigenlijk geen enkele bestrijdingsmethode volledig effectief is voor het elimineren van populaties van uitheemse rivierkreeften. Het grootschalig wegvangen van rivierkreeften mislukt in de meeste gepubliceerde onderzoeken, omdat de uitheemse rivierkreeften (en vooral de rode Amerikaanse rivierkreeft) een enorm hoge reproductiesnelheid heeft. In een recent experiment dat ATKB in opdracht van waterschap Amstel, Gooi en Vecht en provincie Utrecht uitvoert in de Distelvinkplas (onderdeel van de Molenpolder in het Natura 2000-gebied Oostelijke vechtplassen) leidt intensief afkreeften overigens in eerste instantie wel tot positieve effecten. Na één jaar intensief afkreeften is de biomassa aan volwassen kreeften circa gehalveerd, is het doorzicht toegenomen van zeer troebel naar bodemzicht en is de onbegroeide situatie veranderd in een kranswierbedekking (*Nitella flexilis*) van 60 - 80%. Het is wel de vraag wat dit voor de lange termijn ontwikkeling betekent, en wat er gebeurt als er gestopt wordt met het intensief afkreeften. Uit de literatuur blijkt dat de kreeften dan vaak op termijn weer gaan domineren, waarbij het onduidelijk is of dit ook gebeurt als de rest van het watersysteem ook is verbeterd. Daarnaast is het de nog de vraag of een dergelijke intensieve vangstmethode ook grootschalig en kostenefficiënt in het Nederlandse laagveen- en veenweidegebied kan worden uitgevoerd.

Kansen voor bestrijding op kleinere schaal zijn er wel. Verschillende auteurs adviseren een combinatie van methoden toe te passen, bijvoorbeeld een combinatie van wegvangen, stimuleren van (vis)predatie en het robuuster maken van ecosystemen. De effectiviteit van dergelijke gecombineerde maatregelen is echter nog niet goed onderzocht. De hypothese is dat een robuuster ecosysteem (met helder water en veel zichtjagers) beter met de schadelijke rivierkreeften kan omgaan en/of dat de rivierkreeften zelf benadeeld worden (bijvoorbeeld doordat er meer predatoren zijn in een robuust watersysteem). Wanneer een watersysteem via systeemmaatregelen robuuster gemaakt zou kunnen worden, dan zou het wegvangen van kreeften in dergelijke watersystemen mogelijk wel effectief kunnen zijn omdat ze meer weerstand kunnen bieden tegen de hoge reproductiesnelheid van de uitheemse rivierkreeften. Voor de Nederlandse situatie is echter nog niet aangetoond dat het robuuster maken van watersystemen daadwerkelijk de schade van uitheemse rivierkreeften kan beperken. Ook is er weinig bekend over de predator-prooi relatie en de wederzijdse beïnvloeding van populaties. Vooralsnog zijn er in Nederland geen signalen dat de populatiegrootte van volwassen rivierkreeften sterk gedrukt wordt door predatie, waterkwaliteitsverbetering of wegvangen.

Vanwege de onduidelijkheden benadrukken veel studies de noodzaak voor vervolgonderzoek en structurele monitoring. Veel informatie komt nu uit het buitenland. Aanbevelingen uit buitenlandse onderzoeken zijn echter niet zomaar toepasbaar op de Nederlandse situatie doordat de watersystemen, het klimaat en de bodemgesteldheid verschillen. Wat monitoring betreft, is er op lokale veldmonitoringen na in de afgelopen 10 jaar vrijwel geen sprake geweest van structurele monitoring door bijvoorbeeld waterschappen of RWS. Het zou een onderdeel kunnen worden van de KRW-monitoring om zo invulling te geven aan de

ecologische systeemanalyse die nodig is voor het afleiden van de KRW-doelen en opstellen van maatregelen.

Overige grazers

Hoewel deze studie zich vooral richt op het effect van uitheemse rivierkreeften op de verlanding van laagveenvegetaties, kunnen ook andere grazers een rol spelen in deze verlanding. Zo is bekend dat vraat van ganzen, zwanen, meerkoeten en muskusratten een effect kan hebben op de laagveenverlanding. Al de genoemde soorten kunnen zich voeden met biobouwers van de verlanding zoals fonteinkruiden, krabbenscheer, zeggen en riet. Muskusratten en ganzen doen zich daarnaast ook te goed aan de meer stevige oeverplanten zoals lisdodde. Het dieet van deze soorten overlapt dus gedeeltelijk met het dieet van rivierkreeften, waarbij de nadruk bij de rivierkreeften ligt op de onderwatervegetaties en dat van vogels en muskusratten op de oevervegetaties.

Effecten door vogels treden op door begrazing, betreding en eutrofiëring. In dat kader krijgen ganzen veel aandacht, omdat ze groot zijn en er sprake is van 'verganzing'. De ganzenstand voor alle in Nederland voorkomende ganzen is toegenomen in de afgelopen 2 decennia, en daarmee ook de schade aan oever- en verlandingsvegetaties. Vraat door ganzen beperkte zich vroeger vooral tot de winter, maar tegenwoordig is ook sprake van zomervraat. In elk seizoen worden andere plantendelen gegeten. Overigens grazen niet alle soorten op oever- en verlandingsvegetaties. De kolgans bijvoorbeeld niet.

Niet alleen de ganzen brengen schade aan, ook andere watervogels begrazen oeverplanten (helofyten) en ook waterplanten (submers, emers en drijvend). Met name knobbelzwaan, meerkoet en (duik)eeenden kunnen jaarrond een begrazingsdruk uitoefenen op watervegetaties. Naast stengels, wortels en bladeren worden zaden en vruchten gegeten. Net als voor riet, blijkt de begrazingsdruk voor waterplanten over de seizoenen te verschillen, afhankelijk van de populatiedichtheden, de beschikbaarheid en eetbaarheid van de gewenste plantendelen. Boven een kritische graasdruk kan een omslag optreden van een helder en plantenrijk watersysteem naar een troebel en plantenarm systeem, zoals dat mogelijk ook kan optreden bij begrazing door rivierkreeften.

Ook krabbenscheer, een belangrijke biobouwer, zou volgens mondelinge mededelingen van experts te lijden hebben van vraat door zwanen, meerkoeten, ganzen, muskusratten en uitheemse rivierkreeften. Bij experimenten waarbij krabbenscheer werd uitgezet, bleek het succes van het experiment zeer sterk af te hangen van vraat (vermoedelijk door watervogels) en de bescherming daartegen.

De muskusrat is sinds 1941 in Nederland aanwezig en heeft zich snel over heel Nederland verspreid. Het laagveen- en veenweidegebied wordt daarbij niet gemedend. De soort is bijna overal in de oeverzones van de zoete wateren aanwezig. Samen met de beverrat is de muskusrat vooral berucht om haar graverij. Een muskusrat kan zo'n dertien kruiwagens grond per jaar verplaatsen. Hij vormt daarmee een bedreiging voor de waterveiligheid bij kades en dijken. Over effecten van muskusratten op specifiek verlandingsvegetaties wordt in de literatuur weinig concreets gezegd. In de literatuur zijn wel duidelijke aanwijzingen te vinden dat muskusratten invloed kunnen hebben op de soortensamenstelling van oever- en waterplanten en op de kolonisationsnelheid van open water. Proeven met exclusies tonen duidelijk een effect aan. Zowel oeverplanten (riet, grote egelskop) als waterplanten (drijvend, glanzig en doorgroeid fonteinkruid, smalle waterpest en krabbenscheer) deden het beter in de exclusies dan erbuiten.

Graasdruk 'overige grazers' versus graasdruk rivierkreeften

Dat rivierkreeften en overige grazers een effect kunnen hebben op oever- en waterplanten (en dus op verlandingsvegetaties) is duidelijk. In studies waar exclusies zijn gebruikt, zijn effecten tussen wel en niet begraasde oeverdelen overduidelijk. Wat echter de relatieve bijdrage van begrazing door vogels en muskusratten is ten opzichte van de begrazing van

uiteemse rivierkreeften is niet duidelijk, evenals de afzonderlijke effecten van de soorten op verschillende biobouwers. In paragraaf 3.2.3 zijn verschillende redenen genoemd. Een heel basale reden is dat meestal niet bekend is wat de populatiegroottes zijn van de verschillende grazers in de directe omgeving van een veldexperiment. Verder wordt naast vraat de ontwikkeling van vegetatie nog door andere aspecten beïnvloed (zoals waterdiepte, waterdoorzicht, waterkwaliteit en golfslag) die in de onderzoeken niet altijd zijn te scheiden van effecten door vraat. Een derde reden is dat onderzoek naar begrazing door de drie soortgroepen (en het effect daarvan op de verlanding) gewoon ook zeldzaam is. Het is daarom moeilijk om effecten te kwantificeren en relaties te leggen tussen populatiegroottes en effecten. Bovendien zijn er interactie effecten, bijvoorbeeld het uitdunnen van een rietkraag door muskusratten met als gevolg dat watervogels gemakkelijker toegang hebben tot de oever. Dit vraagt om aanvullend onderzoek.

Voor muskusratten zijn er wel wat getallen beschikbaar. Een muskusrat eet per dag circa 82 - 140 g aan droog plantmateriaal, oftewel circa 820-1400 g nat plantmateriaal. Muskusratten eten echter vooral de onderste stengeldelen waardoor de bovenste delen van de plant verloren gaan. Hierdoor kan de verwijderde biomassa wel twee tot driemaal hoger zijn dan de geconsumeerde biomassa (en tot wel 6 kg per dag bedragen). Ook van de droge stof consumptie per dag van grauwe gans en meerkoet zijn getallen bekend (onder meer uit een studie in het Volkerak-Zoommeer, Boudewijn 1997). Zij eten respectievelijk 200 en 45-100 gram droge vegetatie per dag, wat dus minder is dan de muskusrat. Het uiteindelijke effect van deze begrazing op de vegetatie is uiteraard afhankelijk van de populatieomvang.

Hoe het ook zij, bij herstelmaatregelen door bijvoorbeeld de aanleg van natuurvriendelijke oevers of het graven van nieuwe petgaten is het in ieder geval zaak om terdege met vraat rekening te houden.

Maatregelen tegen overige grazers

Het effect van overige grazers (vogels en muskusratten) kan verminderd worden door:

- Het verkleinen van de aanwezige populatie;
- Het aanbrengen van fysieke barrières;
- Het vergroten van de robuustheid van de vegetatie door grote oppervlakten met vitale verlandingsgemeenschappen te creëren (de verhouding tussen randlengte en areaal dient klein gehouden te worden);
- Habitatbeheer, dat wil zeggen het ongeschikt maken van nest- en opgroei-habitat door middel van ingrepen in de vegetatie en/of het watersysteem.

Vanwege de oplopende aantallen ganzen en de schade aan landbouwgewassen worden ganzen al een tijdje bestreden. Daarbij dient de Wet Natuurbescherming gevolgd te worden en spelen de faunabeheereenheden van de provincies een belangrijke rol. Niet alle bestrijdingsmethoden zijn echter op langere termijn duurzaam. Men is op het moment het meest hoopvol over habitatbeheer. Bij habitatbeheer wordt er ingegrepen op factoren die een gebied meer of minder aantrekkelijk maken voor de soorten zodat ze het gebied niet aantrekkelijk vinden of een naastgelegen gebied juist aantrekkelijker.

De waterschappen zijn bij wet verplicht om zo goed mogelijk zorg te dragen voor het voorkomen van schade aan waterstaatswerken die veroorzaakt worden door muskus- en beverratten (Waterwet, art. 3.2a). Dit wordt gedaan door de populatie muskusratten zo klein mogelijk te krijgen. Een kleinere populatie betekent dat er minder dieren gevangen en gedood hoeven te worden waarmee het dierenleed zoveel mogelijk beperkt wordt. Voor de beverrat is uitroeiing het doel. De populaties nemen landelijk in aantal sterk af. Met het oog op de vermindering van dierenleed, de aantallen bijvangsten, de doelmatigheid en de kosten wordt er momenteel gediscussieerd over het nut en noodzaak van muskusrattenbestrijding. Wellicht dat het beheer in de nabije toekomst dus gaat veranderen.

Alternatieve vormen van bestrijding en het onaantrekkelijk maken van het leefgebied voor muskusratten zijn onderzocht, maar dan vooral met het oog op het voorkomen van graafschade en verminderen van risico's voor de waterveiligheid. Voor het tegengaan van vraatschade is dit, voor zover bekend, niet onderzocht en zeker niet voor het tegengaan van negatieve effecten op verlandingstypen. Het onaantrekkelijk maken van oevers of watergangen als leefgebied is vrijwel niet mogelijk. Muskusratten zijn erg opportunistisch.

Dankwoord

Dit rapport is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (via het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN)), de provincie Utrecht en het Gebiedsakkoord Oostelijke Vechtplassen dat gefinancierd wordt door Waternet en de Provincie Noord-Holland. Wij danken hen hartelijk voor de financiële bijdragen. Verder bedanken wij Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten voor de toestemming voor het onderzoek in hun gebieden.

Behalve de auteurs van dit project hebben verscheidene mensen een bijdrage geleverd aan de rapportage. Wij willen graag het Deskundigenteam Laagveen- en Zeekleilandschap (OBN) en in het bijzonder de leden van de begeleidingscommissie bedanken voor hun inhoudelijke bijdragen. Daarnaast willen we de geïnterviewde kreeftdeskundigen Bram Koese en Ivo Roessink hartelijk danken voor de interessante en zeer nuttige gesprekken. Tevens bedanken wij Mark Groen en Bart Grutters voor hun inbreng in het project, evenals Bob Brederveld.

1 Inleiding

1.1 Doel van de literatuurstudie

Het bureauonderzoek betreft een literatuurstudie en interviews met twee experts op het gebied van uitheemse rivierkreeften, te weten dr. ir. I. Roessink (Wageningen University & Research) en drs. B. Koese (EIS kenniscentrum insecten en andere ongewervelden)¹. De literatuurstudie heeft tot hoofddoel om de potentiële effectiviteit van verschillende maatregelen te onderbouwen op basis van (a) wetenschappelijke kennis over de ecologische, hydrologische en biogeochemische processen die in laagveensystemen een rol spelen en (b) de kennis over praktisch toepasbare en betaalbare maatregelen die binnen onze projectgroep (inclusief experts) aanwezig is. De focus ligt op de rol van uitheemse rivierkreeften, maar ook andere fauna die voor vraat zorgen en de effectiviteit van biobouwers komt aan bod.

1.2 Onderzoeksvragen

De volgende vragen komen terug in onderstaande bureaustudie, waarbij expliciet vermeld moet worden dat de vragen richtinggevend zijn. Op basis van de literatuur konden namelijk niet al deze vragen volledig worden beantwoord. Het niet vinden van antwoorden geeft overigens direct inzicht in de kennishiaten die er zijn.

A. Uitheemse rivierkreeften

- 1 Wat is de huidige stand van kennis over rivierkreeften (vooral de uitheemse soorten) voor wat betreft het habitat, levensloop, voedsel en predatie in Nederland. Er wordt daarbij tevens nationale en internationale literatuur gebruikt over de habitatvoorkeuren van de soorten in hun land van herkomst;
- 2 Hoe is de vestiging en uitbreiding van uitheemse rivierkreeften in Nederland verlopen en wat kunnen we verwachten in de toekomst?
- 3 Wat is sturend voor de populatiegrootte en verspreiding van uitheemse rivierkreeften in Nederland (voeding, habitat (klimaat, waterkwaliteit, bodemstructuur, vegetatie), predatie, migratie, vangst, etc.)?
- 4 Wat kunnen we leren van watersystemen die de uitheemse rivierkreeften succesvol gekoloniseerd hebben en van watersystemen waar dit (nog) niet het geval is? Welke stuurfactoren spelen hierbij mogelijk een belangrijke rol?
- 5 Welke schade richt kreeftenvraat aan (planten, vis, Europese rivierkreeft, graverij)?
- 6 Welke rol spelen rivierkreeften in het vertragen/tegen houden van verlanding in laagveengebieden? Zijn zij bijvoorbeeld in staat om oeververlandingen tegen te houden, of kunnen zij een omslag veroorzaken van een toestand met helder en plantenrijk water naar een troebele toestand zoals bijvoorbeeld door bodemwoelende vis gebeurt? En is er in dat geval sprake van een kritische graasdruk, waarbij een omslag plaatsvindt?
- 7 Worden alle wateren waar in potentie verlanding kan optreden bedreigd? Zo ja/nee, waarom is dat het geval?
- 8 Welke bestrijdingsmethoden van uitheemse rivierkreeften zijn al onderzocht in Nederland en buitenland, en wat is hun effectiviteit?

¹ Verslagen van de interviews zijn opgenomen in bijlage 2 en 3. Waar dat van toepassing is, wordt in de tekst verwezen naar deze bijlage.

B. Overige grazers

De focus in de bureaustudie ligt vooral op de uitheemse rivierkreeften. Overige grazers, zoals watervogels en muskusratten, krijgen echter wel degelijk aandacht, om zo een compleet beeld van vraateffecten te schetsen. Vragen die voor de overige grazers relevant zijn, zijn:

- 9 is er, analoog aan de vraag voor kreeften, iets bekend over een kritische graasdruk van andere soorten waarbij de vegetatie net wel tot verlanding over kan gaan? Wat is het gezamenlijke effect van alle grazers samen?
- 10 Wat is de rol van de andere grazers specifiek voor de ontwikkeling van verlandingsvegetaties? Zijn ze wel of niet een probleem?
- 11 Eten kreeften, muskusratten en watervogels dezelfde biobouwers?
- 12 Zijn er op systeemniveau (beheer)methoden bekend voor het voorkomen van vraat door watervogels, specifiek ganzen? Kunnen we op voorhand verlandingslocaties kiezen die minder gevoelig zijn voor vogelvraat door een geschikte ligging ten opzichte van foerageer-, rust- en/of ruigebieden?

2 Rivierkreeften

2.1 De ontwikkeling van Nederlandse literatuur over rivierkreeften

De aandacht voor rivierkreeften in Nederland, maar ook in Europa, is sinds het eind van de vorige eeuw gestaag toegenomen. Aanvankelijk is er in de literatuur vooral aandacht voor de Europese rivierkreeft en de achteruitgang van de populatie van deze soort (Geelen 1978). In 1950 wordt al beschreven dat de kreeftenpest (in samenhang met de aantasting van het leefgebied) een belangrijke rol speelt bij deze achteruitgang (Holthuis 1950). Met de komst van Amerikaanse rivierkreeften in Europa en Nederland komen ook deze exoten in de literatuur voor. In Nederland wordt in eerste instantie aandacht besteed aan de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, die sinds 1968 in Nederland is, gevolgd door de Turkse rivierkreeft, Californische rivierkreeft en later nog andere soorten waaronder de geknobbelde en rode Amerikaanse rivierkreeft (Higler 1991; Van den Brink & Van der Velde 1998).

Aanvankelijk verwachtte men dat de exoten zich niet blijvend zouden vestigen. Men hoopte op een strenge winter en op vraat door paling (Soes & Van Eekelen 2006). Aan het begin van de 21^e eeuw verdubbelt het aantal exotische soorten echter en begint men zich zorgen te maken. Soes & Van Eekelen (2006) pleiten dan voor een betere monitoring door de waterschappen en een betere wet- en regelgeving, waaronder een importverbod, om nieuwe soorten en verdere verspreiding van exoten te voorkomen.

De populaties van Amerikaanse rivierkreeften nemen echter gestaag toe in de afgelopen 10 - 15 jaar en negatieve effecten op waterplanten en waterkwaliteit beginnen steeds meer op te vallen. Dit is niet vreemd, aangezien Soes & Koese (2010) en Koese & Evers (2011) concluderen dat **heel Nederland voor één of meerdere uitheemse rivierkreeften geschikt is**, met uitzondering van de wateren in pleistoceen Nederland en hoogvenen als gevolg van de lage zuurgraad in deze systemen. De problemen worden tevens duidelijk besproken in een literatuurstudie van Roessink et al. (2009) naar de biologie, impact en mogelijke bestrijding van twee invasieve soorten, te weten de rode en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft. Zij gaan op basis van vooral buitenlandse referenties en veldonderzoek onder meer in op de levenscyclus van de uitheemse kreeften, hun verspreiding, de problemen in andere landen en de mogelijkheden voor bestrijding. Zij concluderen **dat geen enkele bestrijdingsmethode volledig effectief is voor het oplossen van problemen met invasieve kreeften**. Zij zijn overigens niet de eerste die dit aangeven. Bills & Marking (1988) concluderen hetzelfde. Verschillende auteurs adviseren dan ook **een combinatie van methoden toe te passen, bijvoorbeeld een combinatie van wegvangen, stimuleren van (vis)predatie en het robuuster maken van ecosystemen** (o.a. Roessink et al. 2009; Lemmers et al. 2018; Soes 2018).

Alle genoemde Nederlandse studies benadrukken de noodzaak voor **vervolgonderzoek en structurele monitoring**. Aanbevelingen uit buitenlandse onderzoeken zijn namelijk niet zomaar toepasbaar op de Nederlandse situatie doordat de watersystemen, het klimaat en de bodemgesteldheid verschillen. Daarbij is niet duidelijk welke effecten de kreeften in Nederland precies hebben. Zij concluderen dat dit belangrijke vragen zijn, omdat de uitheemse kreeften negatieve effecten lijken te hebben op de waterkwaliteit waardoor ze het **behalen van de KRW-doelen en Natura 2000-instandhoudingsdoelen frustreren**. Vanaf 2009 zijn er verschillende projecten rondom rivierkreeften uitgevoerd, maar veel van de bovenstaande vragen zijn in het afgelopen decennium toch niet (volledig) opgelost. Op lokale veldmonitoringen na (o.a. Boerkamp 2009; Van Emmerik 2010; Koese 2011) is er in

de afgelopen 10 jaar ook vrijwel geen sprake geweest van structurele monitoring door bijvoorbeeld waterschappen of RWS. Dat is (vrijwel) nergens van de grond gekomen.

Ook in Europa is een toenemende aandacht te zien voor uitheemse rivierkreeften. In 2017 is de European Crayfish Conference gehouden. Het programma en de abstracts (IAA 2017) geven een goede inkijk in de thema's waar andere EU-landen mee worstelen. **Niet verwonderlijk vertonen die veel overlap met de thema's waar in Nederland aan gewerkt wordt.** Ook in Europese landen is men bang voor de inheemse soorten en de waterkwaliteit en zoekt men naar manieren voor bestrijding van de exoten.

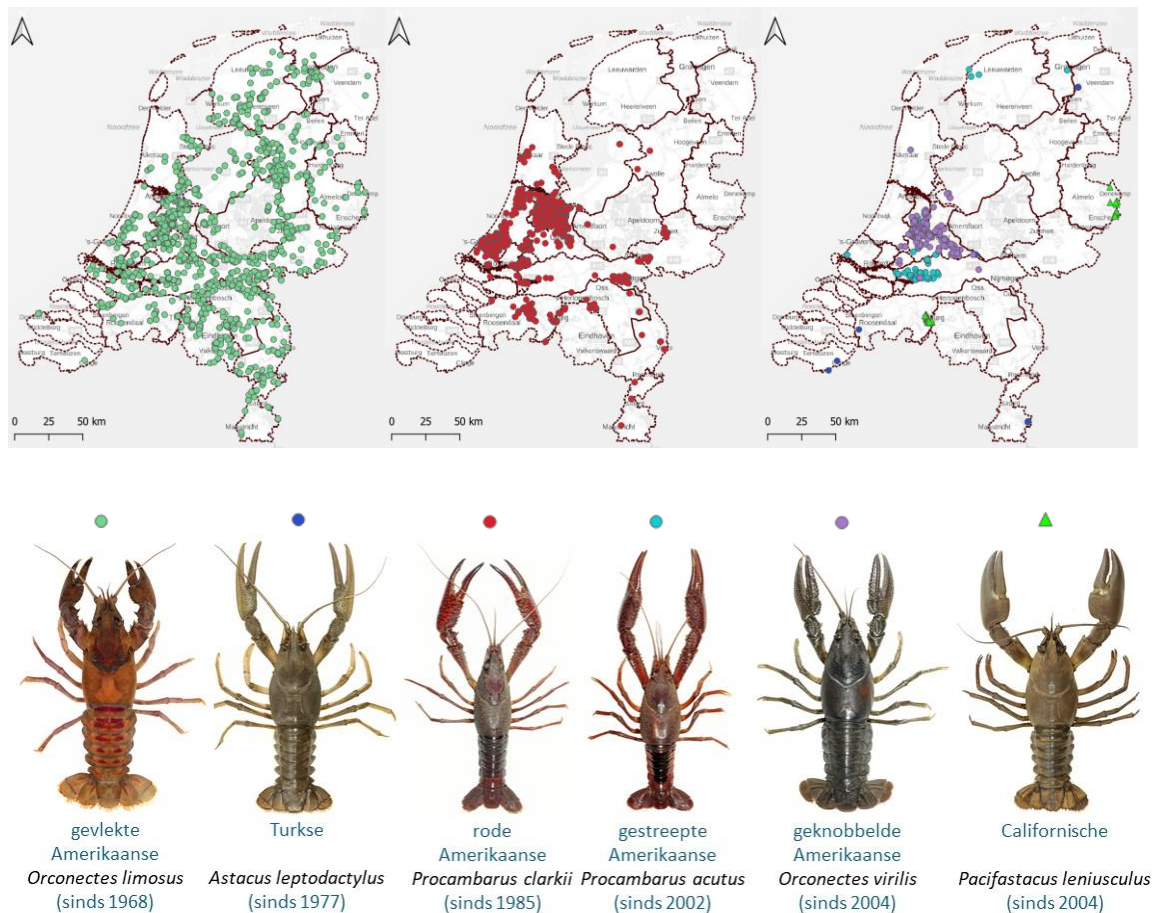
2.2 De vestiging van uitheemse rivierkreeften in Nederland

In Nederland zijn tien verschillende rivierkreeften waargenomen. Hieronder is slechts één inheemse soort, namelijk de Europese rivierkreeft. Tot de tweede helft van de 19de eeuw was deze soort wijdverspreid in Nederland. Vanaf eind 19e eeuw trad in verschillende golven **massale sterfte van de Europese rivierkreeft** op. Dit gebeurde niet alleen in Nederland, maar in nagenoeg alle Europese landen. In Nederland is vandaag de dag nog één populatie van deze soort bekend, namelijk in een vijver op het landgoed Wansborn bij Arnhem. De oorzaak van de massale kreeftensterfte ligt waarschijnlijk bij een **achteruitgang van het kreeftenbiotoop** (verminderde waterkwaliteit inclusief thermische vervuiling) enerzijds en anderzijds bij de uitbraak van de lethale '**kreeftenpest**' (*Aphanomyces astaci*) (Holthuis 1950; Geelen 1978; Soes & Koese 2010; Tilmans et al. 2014).

Onduidelijk is hoe de kreeftenpest in Europa terecht is gekomen. Mogelijk is de ziekte meegekomen via de internationale handel in vis/rivierkreeft of via het ballastwater van de handelsschepen, waarin de sporen van de schimmel die de kreeftenpest veroorzaakt 6 - 22 dagen kunnen overleven zonder gastheer (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Wat de oorzaak ook moge zijn, de situatie in Europa verergerde vanaf circa 1890, toen in verschillende Europese landen (voor zover bekend niet in Nederland) geëxperimenteerd werd met de **introductie van uitheemse rivierkreeftsoorten** (vooral gevlekte en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft) om het massale verlies van de Europese rivierkreeften te compenseren. Deze uitheemse soorten zijn zelf beter bestand, of zelfs immuun, tegen de kreeftenpest (Soes & Koese 2010; Koese & Soes 2011; Tilmans et al. 2014). Hoewel Amerikaanse rivierkreeften wel degelijk ziek kunnen worden van de pest (en sterven), wanneer ze in slechte conditie zijn of in een zwak levensstadium zitten na een vervelling (Tilmans et al. 2014), komt het voortbestaan van de populatie er niet door onder druk te staan. Alle uitheemse soorten die afkomstig zijn uit Noord-Amerika fungeren echter wel als vector (drager en verspreider) voor de ziekte. De verspreiding van deze uitheemse soorten, deels via vishandel en deels op eigen kracht, heeft dan ook meegeholpen aan de verdere verspreiding van de kreeftenpest (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2).

De eerste Amerikaanse rivierkreeften, die tevens de kreeftenpest met zich meedroegen, bereikten Nederland vermoedelijk via goed gevestigde populaties van gevlekte Amerikaanse rivierkreeft in Frankrijk en Duitsland (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Vanaf 1968 is er een snelle verspreiding van deze soort geweest in Nederland (NVWA 2018a). Intussen is de **geflekte Amerikaanse rivierkreeft wijdverspreid over het hele land**, met uitzondering van brakke wateren in de kustprovincies (figuur 2.1). Toen in de jaren '70 van de vorige eeuw de Europese rivierkreeft een beschermd status kreeg, nam de handel in uitheemse rivierkreeften verder toe. Soorten als Turkse rivierkreeft en rode Amerikaanse rivierkreeft werden naar West-Europa gehaald. De import was vooral bedoeld voor **commerciële doeleinden, aquaria en restaurants**, maar de soorten kwamen in onze wateren terecht nadat ze waren ontsnapt of werden uitgezet (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). De commerciële bron van de import is duidelijk terug te zien in de verspreiding van deze uitheemse soorten. Zo is de verspreiding van de rode Amerikaanse rivierkreeft nog

steeds duidelijk geassocieerd met steden en dichtbevolkte gebieden (randstad, Breda, Tilburg, Nijmegen, Arnhem, Zutphen, etc.; figuur 2.1). Het belang van handel op de verspreiding van uitheemse rivierkreeften is ook aangetoond in andere landen als Spanje (Gil-Sanchez & Alba-Tercedor 2002) en Brazilië (Loureiro et al. 2015). De verspreiding van de uitheemse rivierkreeften wordt verder waarschijnlijk gestimuleerd door onder meer ons 'open' waterbeheer en baggerbeheer. Daarbij komt dat de rivierkreeften, met name de rode en gestreepte Amerikaanse rivierkreeft, ook over land lopen, waardoor het dier ook in wateren kan komen die niet verbonden zijn met de huidige verspreidingsgebied (Soes & Koese 2010; NVWA 2018b). Hierdoor is vanaf de jaren 90' van de vorige eeuw een **explosieve groei van de populatie rode Amerikaanse rivierkreeft** in ons land te zien (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2).



Figuur 2.1: Verspreiding van zes uitheemse rivierkreeften in Nederland (bron: NDFF met waarnemingen tussen 2008 en 2018; foto's: drs. B. Koese).

Figure 2.1: Distribution of six invasive crayfish in the Netherlands (source: NDFF with observations between 2008 and 2018; photos: drs. B. Koese).

De huidige stand van zaken qua vestiging is dat **zes soorten uitheemse rivierkreeften zich al langere tijd in Nederland gevestigd hebben**, waarbij de gevlekte, de rode en de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeften zich het meest over Nederland verspreid hebben (figuur 2.1). Daarbij worden veel gebieden gekoloniseerd waar vroeger geen rivierkreeften voorkwamen (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). Door hun opportunistische karakter is de verwachting dat de rivierkreeften, met uitzondering van de gevlekte, nog niet aan hun maximale verspreidingsgrens zitten. Het valt op dat de soorten niet allemaal even concurrentiekrachtig lijken te zijn. Zo lijkt de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft te verdwijnen op locaties waar de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft verschijnt (Koese & Soes 2011), en lijkt de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft af te nemen na het verschijnen van de rode Amerikaanse rivierkreeft (mondelinge mededeling van J. Kampen). Vooral de

rode Amerikaanse rivierkreeft is door zijn gedrag en levenscyclus een sterke concurrent in Europese en Nederlandse wateren (Gherardi 2006).

De laatste jaren zijn verschillende maatregelen genomen om de invasieve kreeftenpopulaties te onderdrukken. Zo is het sinds 2010 onder de visserijwet verboden om in Nederland exotische rivierkreeften uit te zetten in binnenwateren. De kans op introductie van uitheemse soorten in Nederland is verder verminderd sinds de plaatsing van de geknobbelde, gevlekte en rode Amerikaanse rivierkreeft en de Californische rivierkreeft op de EU-lijst in 2016 (zie paragraaf 2.5.1). Echter, de uitheemse rivierkreeften hebben zich reeds gevestigd in Nederland en gedijen hier goed. Globaal verspreiden de aanwezige soorten zich ondanks de maatregelen met een **snelheid van zo'n 2 km per jaar** (NVA 2018a, 2018b, 2018c, 2018d). Het verspreidingsbeeld en de overlap tussen de verspreidingsgebieden van de afzonderlijke soorten (figuur 2.1) zal dus zeker nog gaan verschuiven in de komende jaren en decennia.

Wat de toekomst brengt voor wat betreft de introductie en de verspreiding van nieuwe invasieve rivierkreeftsoorten in Nederland is niet duidelijk. **Wereldwijd zijn 638 soorten zoetwaterkreeften bekend waartussen soorten die voor Nederland schadelijk zouden kunnen zijn** (Lemmers et al. 2018). De handel in rivierkreeften voor consumptie is echter sterk verminderd de voorbije jaren en bijna gelimiteerd tot de hier reeds gevestigde soorten. De aquariumhandel neemt wel toe. Vooral de handel met soorten die zijn bestemd voor vijvers wordt gezien als de belangrijkste importbron van nieuwe potentieel invasieve soorten (Soes & Koese 2010). Ook bestaat de kans dat soorten die zich elders in Europa hebben gevestigd hun weg naar Nederland vinden (figuur 2.2). Een aantal van deze uitheemse soorten is ook al in Nederland waargenomen, maar ze hebben zich vooralsnog niet blijvend gevestigd. Het gaat onder andere om de marmerkreeft (*Procambarus fallax f. virginalis*), die zich heeft gevestigd in Duitsland. In Nederland is deze soort voorlopig slechts op één locatie waargenomen in Dordrecht in 2004. Het betrof toen een uitzetting en de kreeft is hier, ondanks gerichte bemonstering, na 2004 niet meer waargenomen (NVA 2018e). Ook de Australische roodklauwkreeft (*Cherax quadricarinatus*) is ooit in Nederland waargenomen in een vijver in Wageningen. Soorten als de witklauwrivierkreeft (*Austropotamobius pallipes*), de steenkreeft (*Austropotamobius torrentium*) en calicotrivierkreeft (*Orconectes immunis*) komen voor in nabijgelegen Europese landen zoals Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk en Spanje, maar zijn nog niet in Nederland waargenomen (Lemmers et al. 2018). De calicotkreeft heeft een grote populatie in de uiterwaarden langs de Rijn op 400 km afstand van Nederland. Daarnaast bestaat de kans dat soorten uit het *Orconectes juvenilis* complex (waaronder Kentuckyrivierkreeft (*Orconectes juvenilis*) en de roestbruine Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes rusticus*)) (niet afgebeeld; een soort die in Noord-Amerika als een grote probleemsoort wordt gezien) hun weg naar Nederland vinden.

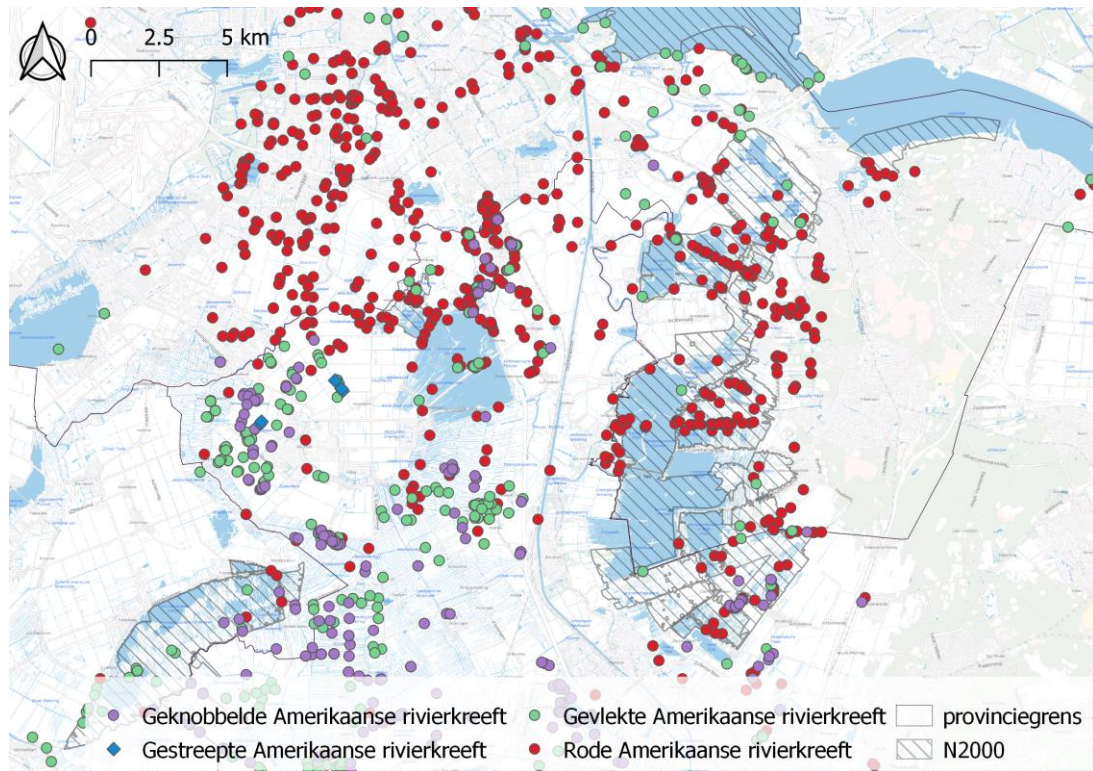


Figuur 2.2: Uitheemse rivierkreeften die ooit in Nederland zijn waargenomen maar zich nooit hebben gevestigd, of die in onze buurlanden voorkomen.

Figure 2.2: Invasive crayfish that have ever been observed in the Netherlands but have never established themselves, or exotic crayfish that occur in our neighboring countries.

Rivierkreeften in de Vechtplassen

Wanneer wordt ingezoomd op de Vechtplassen valt op dat in bepaalde gebieden veel meer rivierkreeften worden waargenomen dan in andere. Deels zal dit te maken hebben met het waarnemerseffect, waarbij zichtwaarnemingen van over land migrerende rode Amerikaanse rivierkreeften zich vooral concentreren rond de toegankelijke paden en wegen. Het is opvallend dat er weinig overlap is tussen de verspreiding van de rode Amerikaanse rivierkreeft versus de geknobbelde en gevlekte Amerikaanse rivierkreeft. Een eenduidige verklaring voor dit verspreidingspatroon is vooralsnog niet voorhanden, maar het is wel bekend dat de rode en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft concurrenten van elkaar zijn (Roessink et al. 2009). Andere factoren die kunnen meespelen zijn verschillen in waterkwaliteit, oeverstructuur, frequentie van schonen, startlocatie van de verspreiding, etc.



Figuur 2.3: Verspreiding van vier uitheemse rivierkreeften in het Vechtplassengebied (bron: NDFD met waarnemingen tussen 2008 en 2018).

Figure 2.3: Distribution of four invasive crayfish in the Vechtplassen area (source: NDFD with observations between 2008 and 2018).

2.3 Biologie en ecologie

2.3.1 Kenmerken per soort rivierkreeft

De uitheemse rivierkreeften zijn opportunisten en relatief goede kolonisten, met name de rode Amerikaanse rivierkreeft. Daarnaast hebben ze een brede tolerantie voor habitatkenmerken, zijn ze weinig kieskeurig voor wat betreft voeding en hebben ze (nog) weinig last van predatie. Door deze kenmerken zijn de uitheemse rivierkreeften als invasieve exoten in staat om snel nieuwe gebieden te koloniseren en daar dominant te worden. De effecten verschillen per soort, waardoor ook de aandacht per soort verschilt. De rode Amerikaanse rivierkreeft krijgt bijvoorbeeld relatief veel aandacht, doordat die relatief veel schade kan veroorzaken.

Het gaat te ver om in deze studie voor elke rivierkreeftensoort die zich in Nederland gevestigd heeft een gedetailleerde beschrijving te geven. Daarvoor verwijzen we naar overzichtsliteratuur zoals de factsheets van de NVWA (2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e) en het boekje "De Nederlandse rivierkreeften" (Koese & Soes 2011). In bijlage I is een overzicht opgenomen van typerende kenmerken en biotoopeisen van de in Nederland voorkomende (uitheemse) rivierkreeften. In de volgende subparagrafen (2.3.2 tot en met 2.3.8) zijn enkele algemene kenmerken verder uitgediept. De focus ligt daarbij op de eigenschappen van de uitheemse kreeften die relevant zijn in het kader van het OBN-onderzoek, namelijk: levenscyclus, graafvermogen, dieet, knip en vraatvermogen, dispersie, predatoren, benodigde milieucondities voor vestiging en populatiedynamiek.

2.3.2 Levenscyclus

De levenscyclus van rivierkreeften **verschilt sterk tussen de verschillende soorten** en is tevens afhankelijk van het klimaat. Koese & Soes (2011) geven een duidelijk beschrijving per soort. Een overzicht voor de 7 in Nederland gevestigde soorten staat in Bijlage 1.

Onder invloed van temperatuur en daglengte rijpen de onbevuchte eitjes die de vrouwtjes bij zich dragen, waarna de **paartijd** aanbreekt. Het begin van de paringsperiode verschilt sterk per soort (tabel 2.1). De vruchtbaarheid (in het aantal eitjes per vrouwtje) hangt af van de grootte van de moederkreeft (grootte vrouwtjes hebben meer eieren), water temperatuur, populatiedichtheid en de soort (Alcorlo et al. 2008). Voor verschillende uitheemse rivierkreeften vindt de paring vooral in het najaar plaats. De paringsperiode van de geknobbelde en rode Amerikaanse rivierkreeft begint al in juni. De rode Amerikaanse rivierkreeft kan zelfs, als de milieucondities geschikt zijn, het hele jaar lang reproduceren. Hierdoor heeft deze soort een grote kolonisatiecapaciteit (Roessink et al. 2009).

Tabel 2.1 Overzicht levenscyclus van in Nederland aanwezige (in- en uitheemse) rivierkreeften (Koese & Soes 2011). Oranje is de periode van paren en dat de vrouwtjes de eieren/juvenielen bij zich heeft. Roze zijn 'uitlooperperiodes' waarin dit ook kan optreden

Table 2.1 Summary of the life cycle of native and invasive crayfish in the Netherlands (Koese & Soes 2011). Orange is the period of breeding and the period that females carry the eggs/ juveniles. Pink are 'optional periods' in which this can also occur

		jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
<i>Familie Astacidae</i>													
Europese	Astacus Astacus												
Turkse	Astacus leptodactylus												
Californische	pacifastacus leniusculus												
<i>Familie Cambaridae</i>													
Gevlekte	Oronectes juvenilis												
geknobbelde	Oronectes virilis												
Gestreepte	procambarus acutus												
rode *1,2	Procambarus clarkii												

*1: Vrouwtjes met eieren/juvenielen kunnen het jaar door gevonden worden, de grootste aantallen juvenielen zijn te vinden in het vroege voorjaar en de nazomer

*2: Als de milieuomstandigheden gunstig zijn kan de rode Amerikaanse rivierkreeft het hele jaar door reproduceren en meerdere broedsels per jaar hebben.

De paring gebeurt buik aan buik waarbij het mannetje boven ligt en zijn scharen gebruikt om het vrouwtje in bedwang te houden. Het sperma slaat het vrouwtje op: het moment van bevruchten kan ze uitstellen. Meestal enkele dagen na de bevruchting kleeft het vrouwtje de eitjes aan de zwempoten onder haar staart. Ze draagt de eitjes enkele weken tot maanden tot het moment dat de jonge kreeftjes uit hun ei komen (tabel 2.1; Niewold 2002). Het vrouwtje legt 90 - 260 eieren. Bij de rode Amerikaanse rivierkreeft kan dit oplopen tot meer dan 600 eitjes per broedsel in de VS en in Nederland komen zelfs gemiddeld 900 eieren uit per broedsel (Koese & Vos 2013).

Wanneer de **jonge kreeften** uit hun ei zijn, blijven ze nog enkele weken aan hun moeder gehecht. Pas in het derde juveniele stadium (na 2x vervellen) gaan de jongen hun eigen weg. Dit moment verschilt sterk per soort (tabel 2.1). Voor de Europese rivierkreeft en verschillende uitheemse soorten ligt dit moment in de (voor)zomer. Voor de gestreepte en rode Amerikaanse rivierkreeft ligt dit moment in respectievelijk het najaar en winter met uitloop tot in het voorjaar.

Na gemiddeld negen verschalingen bereiken rivierkreeften het **volwassen stadium** (Soes & Koese 2010). De gevlekte Amerikaanse rivierkreeft heeft in ons land twee jaar nodig om dit stadium te bereiken. Andere soorten, zoals de gestreepte en rode Amerikaanse rivierkreeft, hebben een sterkere groei waardoor individuen al na één jaar volwassen zijn. De volwassen rivierkreeften verschalen gemiddeld tweemaal per jaar (Soes & Koese 2010).

Het blijkt dat uitheemse rivierkreeften in Nederland veelal een hogere leeftijd behalen dan in hun land van oorsprong. In hun oorspronkelijk leefgebied worden de rivierkreeften één jaar (rode en gestreepte Amerikaanse rivierkreeft), twee tot drie jaar (geknobbelde en gevlekte Amerikaanse rivierkreeft en Californische rivierkreeft) tot meer dan 10 jaar oud (Turkse rivierkreeft). Uit verschillende studies blijkt echter dat bepaalde uitheemse soorten, waaronder de rode Amerikaanse rivierkreeft, een langere levensverwachting hebben in Nederland (Soes & Koese 2010). Een verklaring voor deze langere levensverwachting is er nog niet. Mogelijk heeft dit te maken met de lagere (water)temperatuur (het is hier kouder dan in het land van herkomst, waardoor het metabolisme lager is) en de beperkte predatiedruk in Nederland (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3).

2.3.3 Graafgedrag

De meeste rivierkreeften vertonen in een bepaalde fase van hun levenscyclus of onder bepaalde omstandigheden graafgedrag. Hierbij graven ze gangen in landholen of oeverholen, waarin ze voor korte of langere duur verblijven. Er zijn verschillen tussen de soorten. Tevens verschilt de functie van het graafgedrag van soort tot soort en is deze mede afhankelijk van de (klimaat)omstandigheden. Rivierkreeften worden daarom ingedeeld in drie categorieën op basis van hun graafgedrag, namelijk primaire, secundaire en tertiaire gravers (zie ook onderstaand kader). De primaire gravers zijn hierbij de echte bodembewoners, de tertiaire gravers vertegenwoordigen de soorten die zich slechts periodiek ingraven.

Primaire, secundaire en tertiaire gravers

Primaire gravers spenderen het grootste deel van hun leven in holen en komen zelden in het open water. In Nederland zijn geen primaire gravers bekend. Secundaire gravers zijn ook meestal onder de grond, maar zij komen periodiek in het open water voor bijvoorbeeld paring. Tertiaire gravers zijn soorten die het grootste gedeelte van hun levenscyclus in het open water aanwezig zijn, maar periodiek onder grond leven voor bijvoorbeeld eiafzetting en/of om aan droogte of predatiedruk te ontsnappen. Daarnaast zijn er kreeften die in geen enkel graafgroep vallen, omdat ze geen graafgedrag vertonen dat gekoppeld is aan een levensfase. Tertiaire gravers die in Nederland voorkomen zijn de gestreepte en de rode Amerikaanse rivierkreeft. Voor alle andere soorten in Nederland geldt dat het graafgedrag geen intrinsiek deel uitmaakt van de levenscyclus, waardoor deze soorten niet tot een categorie gerekend worden.

In Nederland hebben we enkel te maken met soorten die niet in een graafcategorie zitten of die in de laatste graafcategorie zitten: de tertiaire gravers. Met name de rode en de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft zijn gekende tertiaire gravers in Nederland². Deze rivierkreeften graven holen ter bescherming tegen droogte, vorst, predatie en territoriale of kannibalistische soortgenoten (Koese & Vos 2013). Dit doen ze tijdens kwetsbare perioden, zoals na een vervelling, maar ook daarbuiten. De kreeften zijn niet trouw aan hun holen: na het foerageren wordt vaak een nieuw hol gegraven. Er wordt dus, ondanks dat het hier gaat om 'slechts' tertiaire gravers, veel gegraven en uit de studie van Koese & Vos (2013) blijkt dat in veengrond een individuele kreeft **circa 1,2 liter aarde per dag** kan verplaatsen. Het maximale grondverzet voor een hele populatie werd geschat op **30 - 50 liter aarde per meter oever per seizoen**. Tot nu toe leidt vooral het graafgedrag van de rode Amerikaanse rivierkreeft tot overlast (zie verder paragraaf 2.4 over de impact hiervan).

De rivierkreeften graven **landholen** (waarbij vanaf het maaiveld verticaal naar het grondwater wordt gegraven) en **oeverholen** (waarbij een gang vanaf de waterlijn horizontaal de oever in wordt gegraven, soms met zijgangen en 'schoorstenen' naar de oppervlakte toe) (Koese & Vos 2013). Op basis van de aangetroffen sexratio en stadia in de oeverholen lijken de holen van de tertiaire gravers in Nederland jaarrond, periodiek gebruikt te worden door zowel juveniele als volwassen mannetjes en vrouwtjes voor 'reguliere' beschutting (Koese & Vos 2013). De piek in graafactiviteiten van de landholen vindt plaats tussen augustus en oktober. Het zijn vermoedelijk vooral de zwangere vrouwtjes die deze holen graven om daarin hun eitjes af te zetten (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). In de landen van herkomst en in andere Europese landen doen ze dit als bescherming tegen droogte en predatie (Ilheu et al. 2003). Ondanks de bescherming van het hol is dit een kwetsbare periode voor de kreeften. Door een langdurige vorstperiode kunnen de kreeften opgesloten raken in hun hol (kreeften kunnen zich door de kou slecht bewegen) en sterven de eieren af. In Nederland komen de meeste vrouwtjes met de jongen onder de staart in november - december weer uit hun holen (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). In een experiment in de Molenpolder wordt dit overigens niet waargenomen (mondelijke mededeling van J. Kampen).

In het land van herkomst van de uitheemse rivierkreeften is droogval een belangrijke reden voor tertiaire gravers om de bescherming van een hol op te zoeken (Ilheu et al. 2003). Mogelijk is een verandering van het waterpeil of van de temperatuur de trigger om te beginnen met het graven. Zo is bijvoorbeeld in Nootdorp waargenomen dat de graverij van rode Amerikaanse rivierkreeften op gang kwam op het moment dat het waterpeil ging dalen na een kortstondige peilverhoging van 11 cm als gevolg van hevige neerslag (Koese et al. 2011). Ook de **overgang van zomer- naar winterpeil**, waarbij in veel Nederlandse wateren het peil verlaagd wordt, kan een trigger zijn. In (peilbeheerst) laag Nederland is van droogte echter niet of nauwelijks sprake en zou het graafgedrag weleens (ten dele) overbodig kunnen zijn. Het is daarom mogelijk dat het graafgedrag na verloop van tijd verdwijnt of afneemt doordat de kreeften zich aanpassen aan het nattere Nederlandse klimaat (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). Dit is echter puur een hypothese.

Gezien het graafgedrag van de uitheemse rivierkreeften gaat de voorkeur van de dieren veelal uit naar systemen met **steile oevers**; natuurlijke oevers die meer glooien zijn voor deze soorten waarschijnlijk minder aantrekkelijk (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). Ook qua textuur zijn niet alle oevers of substraten even geliefd om in te graven. In vochtige oevers bestaande uit slib, klei of veen worden de hoogste dichtheden aan holen aangetroffen

² Bij de geknobbelde en gevlekte Amerikaanse rivierkreeft is ook graafgedrag waargenomen, maar wel in mindere mate. Het graafgedrag maakt geen intrinsiek deel uit van de levenscyclus van deze soorten, waardoor deze rivierkreeften niet tot een graafcategorie worden gerekend.

(Lemmers et al. 2018), maar ook in zand wordt gegraven. Zandoevers zijn bij voorkeur wel leemrijk, vochtig, doorworteld of vermengd met puin zodat de gangen niet instorten. Oeverholen kunnen niet worden aangelegd in oevers met een goede beschoeiing, maar als de kreeften in de nabijheid van de oever het water kunnen verlaten, kunnen er wel landholen worden gegraven. Ook achter hermetisch gesloten beschoeiing komen dus holen voor (landholen). Het enige in het onderzoek aangetroffen substraat waar de rode Amerikaanse rivierkreeft niet mee overweg kon voor het graven van landholen, is een **opvulling van aangedrukte schors**. Alle landholen lagen netjes buiten dit substraat.

Mogelijk dat de plantenwortels van riet en andere helofyten het graven van oever- of landholen bemoeilijkt (Gylstra et al. 2016). **Flauwe, natuurvriendelijke oevers** lijken dus vanuit meerdere opzichten geen ideaal biotoop te zijn. Een dichte (oever)vegetatie vormt wellicht ook een barrière voor over land migrerende soorten.

2.3.4 Dieet

Rivierkreeften zijn typische **alleseters** (Van der Wal 2011; Koese & Soes 2011). Het zijn opportunistische omnivoren: ze eten planten, detritus, wortels en zelfs hout, maar ze prederen ook op levende prooien zoals slakken, mossels, allerlei insecten en dode dieren. Ook larven en eitjes van vissen en amfibieën worden door (jonge) rivierkreeften geconsumeerd of beschadigd (Souty-Grosset et al. 2016). De gifstoffen in de amfibieëneitjes zijn blijkbaar onvoldoende effectief om de rivierkreeften op afstand te houden. Volwassen vissen en amfibieën zijn echter zelden de prooi van de rivierkreeften, tenzij het om een ziek of verzwakt exemplaar gaat. Het zijn vooral de uitheemse soorten waarbij consumptie van dierlijk materiaal wordt waargenomen.

De voedselkeuze hangt wel af van de leeftijd, het geslacht en de fysische conditie van de kreeft, alsook van de voedselbeschikbaarheid en het seizoen. In het juveniel stadium worden vooral aquatische invertebraten geconsumeerd. Oudere individuen voeden zich meer met detritus of macrofyten (Correia 2003; Soes & Koese 2010; Van der Wal 2011). Recent onderzoek (Carreira et al. 2017) geeft aan dat ook temperatuur een sterk bepalende factor is voor de voedselkeuze van de kreeften. Bij lagere temperaturen blijkt een herbivoor dieet minder efficiënt voor de groei van rivierkreeften. De dieren geven dan de voorkeur aan dierlijk materiaal als voedselbron.

Wat betreft de hoeveelheid voedsel die een uitheemse rivierkreeft consumeert, wordt gesteld dat de dagelijkse inname globaal varieert tussen 1 en 25% van het lichaamsgewicht van de kreeft (d'Abramo & Robinson 1989; Croll & Watts 2007). De consumptiehoeveelheid varieert echter van soort tot soort en wordt beïnvloed door onder andere de temperatuur. Elke soort kent hierbij een optimumtemperatuur voor consumptie. Zo werd in een studie van Croll & Watts (2007) met rode Amerikaanse en witte rivierkreeft vastgesteld dat de consumptie daalde tot een minimum bij een temperatuur van 8°C. Bij een temperatuurstijging tot 14°C nam ook de voedselinname toe en was deze van de witte rivierkreeft (5.5% van het lichaamsgewicht) en een heel stuk hoger dan de voedselinname van de rode Amerikaanse rivierkreeft (1.8% van het lichaamsgewicht). Bij een verdere temperatuurstijging nam de voedselinname voor beide soorten verder toe. De rode Amerikaanse rivierkreeft profiteerde echter het meeste van deze hogere temperatuur met een dagelijkse consumptie die het dubbele was van de witte rivierkreeft (23% van het lichaamsgewicht voor de rode Amerikaanse rivierkreeft vs. 10% van het lichaamsgewicht van de witte). Dit duidt goed het verschil in optimum voedingstemperatuur tussen beide soorten.

2.3.5 Dispersie

Hoewel er waarnemingen zijn van migratieafstanden tot meerdere kilometers per dag (tot wel 4 km/dag door de rode Amerikaanse rivierkreeft), blijkt seizoensgebonden, lange afstand migratie zoals bij de Chinese wolhandkrab geen typische eigenschap van de gevestigde

rivierkreeften te zijn. Enkel korte afstand migratie (zie onderstaand kader) wordt waargenomen. Een 'random walk model' met habitatpreferenties laat zien dat de gevestigde rivierkreeften nauwelijks migreren (slechts enkele meters per dag; Martelloni et al. 2012). De globale verspreiding van de populaties in Nederland gaat met een snelheid van enkele kilometers per jaar (zie paragraaf 2.2).

Door een combinatie van deze lage verplaatsingssnelheid en de hoge in-situ voortplantingscapaciteit kunnen **populatie-dichtheden soms erg hoog** worden. In Nederland worden dichtheden genoemd tot 5 individuen per vierkante meter (Roessink et al. 2017), in het buitenland zijn nog veel hogere dichtheden aangetroffen (8 - 500 kreeften per vierkante meter, Roessink et al. 2009).

Korte afstand migratie naar landholen

Bij bepaalde uitheemse soorten vindt in de zomermaanden een korte afstand migratie plaats naar het land. De vrouwelijke rivierkreeften trekken met hun eitjes naar landholen (zie paragraaf 2.3.3). In de landen van herkomst gebeurt dat om aan de droogval te ontsnappen. Daarnaast hebben ze in de holen geen last van predatie. Vanaf september - oktober (in Nederland vaak later; november - december) komen de vrouwtjes met de jongen onder de staart weer naar buiten. In een experiment in de Molenpolder wordt dit overigens niet waargenomen (mondelijke mededeling van J. Kampen).

Wanneer toch lange afstand migratie wordt waargenomen bij de uitheemse rivierkreeften, dan is dit meestal gerelateerd aan verstoring van het habitat (Soes & Koese 2010). De meeste bewegingen van de soorten zijn gerelateerd aan temperatuursvariatie en aan de verandering van stroming en peilwisseling. Wanneer het kouder wordt bewegen de kreeften zich naar dieper gelegen delen. Ook (dreigende) droogval is een bepalende factor voor de lange afstand migratie (Soes & Koese 2010). Bij ongeschikte temperatuur of droogte kunnen de soorten grote afstanden overbruggen om geschiktere biotopen te bereiken.

Uit onderzoek is tevens gebleken dat het dispersiegedrag van rivierkreeften verschilt van individu tot individu en afhankelijk is van de grootte en positie binnen de populatie (Roessink et al. 2009). Dominante mannetjes houden hun plekken vaak bezet, terwijl de kleinere kreeften elders leefgebied moeten zoeken. Bij de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft zouden het echter juist de vrouwtjes zijn die actief hun jongen buiten het reeds gekoloniseerde gebied afzetten. Het is dan de jongere generatie die lange afstanden aflegt en de populatie zo verder verspreidt. Vooralsnog is dit een 'vissersverhaal' en dus een hypothese (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3).

De verspreiding kan uiteraard geholpen worden door ontsnapping uit gevangenschap, uitzetten van dieren en het transport van maaisel en bagger waar kreeften in meegenomen worden. Ook het waterbeheer zal in Nederland vermoedelijk een rol spelen, zoals bij veel andere exoten, alhoewel dat in Nederland niet specifiek voor kreeften onderzocht is. Er is ook aangetoond dat watervogels een rol kunnen spelen in de verspreiding van juveniele rode Amerikaanse rivierkreeften (Anastácio et al. 2013).

2.3.6 Predatie

Verschillende soortgroepen kunnen prederen op rivierkreeften. Predatie is zowel direct buiten in het veld waargenomen als indirect terug te zien in braakballen of uitwerpselen. Van de volgende soorten die in Nederland voorkomen is bekend dat ze rivierkreeft eten:

- Vissen: Europese meerval, paling, snoekbaars, snoek en baars;
- Vogels: reigers (blauwe reiger, kleine zilverreiger, purperreiger), ooievaar, aalscholver, meeuwen, futen, wilde eend en lepelaars.
- Zoogdieren: otter, bruine rat en vos;
- Macrofauna: het is nog onduidelijk om welke soorten het gaat, maar vermoedelijk kan grote macrofauna zich voeden op de eerste levensstadia van rivierkreeften (mondelijke mededeling van drs. B. Koese).

Er is weinig bekend over de predator-prooi relatie en de wederzijdse beïnvloeding van populaties. Vooral nog zijn er in Nederland **geen signalen dat de populatiegrootte van volwassen rivierkreeften sterk gedrukt wordt door predatie**. Dit komt mogelijk doordat de uitheemse kreeften niches innemen die voorheen niet bezet waren, namelijk in ecosystemen waar de Europese rivierkreeft niet voorkwam. Die ecosystemen zijn dus niet gericht op het onderdrukken van een kreeftenpopulatie. Mogelijk moeten de predatoren de kreeften nog gaan herkennen als geschikte voedselbron. Ook als dat op termijn gebeurt, is het nog maar de vraag of predatie de aanwas van kreeften significant kan beperken aangezien de reproductiesnelheid van de rivierkreeften zeer groot is (mondelijke mededeling van J. Kampen en interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3).

2.3.7 Milieucondities

De uitheemse rivierkreeften stellen over het algemeen weinig habitateisen, behalve beschutting waardoor de meeste kreeften liever niet in open water voorkomen. Ook blijkt uit studies dat bepaalde wateren een hogere robuustheid vertonen tegen de vestiging van rivierkreeften. Het betreft vooral **nutriëntarme, koude, brakke wateren en/of zwak gebufferde wateren met een zandige bodem** (Soes & Koese 2010; Koese & Evers 2011). Hieronder zijn enkele abiotische parameters uitgelicht.

Temperatuur: De tolerantie voor temperatuur (variatie) verschilt sterk tussen de soorten. De Europese rivierkreeft is beter bestand tegen lagere temperaturen. Ook de Californische en gevlekte Amerikaanse rivierkreeften kunnen het goed uithouden bij lagere temperaturen. De rode Amerikaanse rivierkreeft doet het minder goed bij temperaturen onder 10°C (gereduceerde activiteit) en kunnen bij temperaturen onder de 4°C haast niet meer bewegen (Gil-Sanchez & Alba-Tercedor 2002; Soes & Koese 2010). Wanneer de lage temperaturen geleidelijk optreden, kunnen de dieren hier echter wel op anticiperen. Wanneer het kouder wordt en het gaat vriezen dan bewegen de kreeften zich naar dieper gelegen delen. Bij een hoge frequentie van lage temperaturen wordt het migratie instinct getriggerd en gaan de kreeften op zoek naar warmer oorden. Een soort als de rode Amerikaanse rivierkreeft zit in Nederland reeds aan noordelijke verspreidingsgrens (Roessink et al. 2009).

Zuurtegraad: Een van de belangrijkste beperkende randvoorwaarden voor het voorkomen van uitheemse rivierkreeften is een lage zuurtegraad van het water. Het calcium-metabolisme van rivierkreeften wordt namelijk verstoord bij te lage pH-waarden. Dit kan direct (lethaal voor individuen blootgesteld aan een zure omgeving) of indirect (door problemen met voortplanting of verlaging van de weerstand van de dieren) een negatief effect hebben op de kreeftenpopulatie. De zuurtegraad van systemen speelt dan ook een belangrijke rol in het verklaren van de afwezigheid van uitheemse rivierkreeften in de Nederlandse Pleistocene wateren zoals vennen. De soorten veelal afwezig bij een pH van onder de 5,5.

Zoutgehalte: Turkse, gevlekte Amerikaanse, Californische en rode Amerikaanse rivierkreeft hebben een betrekkelijk hoge zouttolerantie (Soes & Koese 2010). Bij zeer brakke condities stagneren de groei en reproductie echter weldegelijk. Volgens Koese & Evers (2011) worden er in Nederland vrijwel geen rivierkreeften meer gevonden bij chloridegehalten van meer dan 300 mg/l. Dit verklaart mogelijk ook het verspreidingspatroon van de kreeften in de kustprovincies en de afwezigheid van rivierkreeften in Zeeland (zie figuur 2.1). In Botshol (waar de Cl-concentratie momenteel tussen de 570 en 1000 mg/l ligt) zijn in het

groeiseizoen van 2018 overigens wel redelijk veel rode Amerikaanse kreeften gevangen door ATKB. Het is dus goed mogelijk dat de bovengrens voor rode Amerikaanse rivierkreeft boven de 300 mg Cl/l ligt.

Zuurstof: De kreeften kunnen tijdelijk lage zuurstofgehalten aan. De minimale grenswaarden hangen af van de soort. Minimale waarden tot 2 á 3 mg/l worden genoemd waarbij de soorten nog overleven, tenzij de zuurstofarme toestand te lang aanhoudt. De zuurstofarme condities tijdens een langdurige winter van 2009 - 2010 met ijsbedekking zouden de kreeftenstand in een onderzoeksgebied sterk verkleind hebben (Heuts 2012). Niet duidelijk is of de dieren het gebied hebben verlaten of dat ze dood zijn gegaan. Duidelijk mag zijn dat de situatie niet aangenaam was voor de kreeft (het betrof hier de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft).

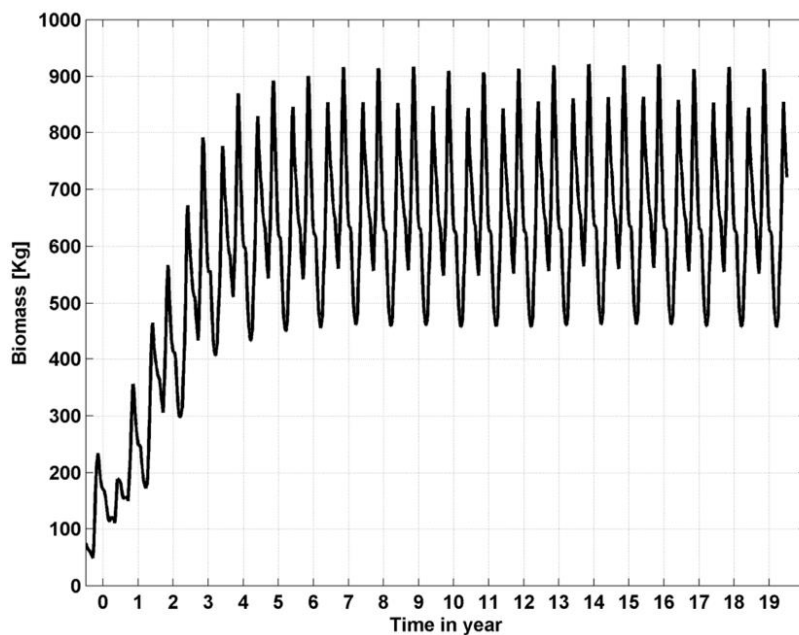
Nutriënten: Wat betreft voedselrijkdom concluderen Koese & Evers (2011) dat de rode Amerikaanse rivierkreeften in hun onderzoek niet in oligotrofe wateren voorkomen (<0,08 mg P/l; <1,8 mg N/l). Het is onduidelijk of dit komt, doordat dit allemaal vennen zijn met een lage pH of dat er daadwerkelijk sprake is van een relatie met de nutriëntenrijkdom van het oppervlaktewater. Onderzoek naar kreeften in de Loenderveense Plas en Terra Nova laat namelijk zien dat de rode Amerikaanse rivierkreeften ook bij lagere nutriëntenconcentraties voor kunnen komen (Bakker & Dorenbosch 2010). Ook recente waarnemingen van rode Amerikaanse rivierkreeften in systemen met (veel) lagere P-concentraties als de Molenpolder, het Hol en de Westbroekse Zodden wijzen erop dat de gevoeligheid voor nutriënten beperkt is. Ook na het herstel van de waterkwaliteit van de Vinkeveense plassen (o.a. door defosfatering van het inlaatwater) zijn hier nog altijd kreeften aanwezig (mondelinge mededeling dr. G. ter Heerdt). In verscheidene bronnen (Angeler et al. 2001; Rodriguez et al. 2003, 2005; Gylstra et al. 2016; Roessink et al. 2017; Lemmers et al. 2018) wordt echter aangegeven dat men verwacht dat heldere, relatieve voedselarme watersystemen waarschijnlijk robuuster zijn (oftewel minder snel de neiging hebben om te verslechteren met de intrede van rivierkreeften) dan troebele, relatief voedselrijke watersystemen. Bewijs daarvoor ontbreekt echter. Kortom, bovenstaande referenties zijn niet eenduidig en verder bewijs in literatuur is hiervoor niet gevonden.

Habitatvoorkeur: Verschillende soorten hebben verschillende voorkeuren voor habitats. Zo komt de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft voornamelijk voor in diepere watersystemen (kanalen, meren, rivieren) met voorkeur voor structuurrijke zandbodems. De geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft komt zowel in diepe als ondiepe systemen voor, maar heeft een voorkeur voor ondiepe laagveenwateren. Er moeten in ieder geval voldoende schuilmogelijkheden in de oevers aanwezig zijn. De rode Amerikaanse rivierkreeft heeft een voorkeur voor ondiepe wateren met genoeg mogelijkheden in de oever om te schuilen. Veel randlengte van oevers is dus gunstig voor deze soort, waarbij laagveenwateren met legakkers, sloten en weteringen dus ideaal zijn. In bijlage I wordt per soort ingegaan op de biotoopvoorkeuren. De kennis is overigens vooral beschikbaar vanuit buitenlandse literatuur. Het gedrag en de voorkeuren van de soorten in Nederland is niet systematisch beschreven, en zeker niet voor de soorten die nog relatief kort in Nederland verblijven. Uit de landelijke verspreiding (figuur 2.1) blijkt dat de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft zich (inderdaad) wel beperkt tot het laagveen en dat de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft veel meer op de pleistocene zandgronden wordt waargenomen dan de andere soorten. De rode Amerikaanse rivierkreeft wordt vooral waargenomen in laagveen- en kleigebieden, maar ook op de zandgronden, vooral in Noord-Brabant.

2.3.8 Populatiedynamiek

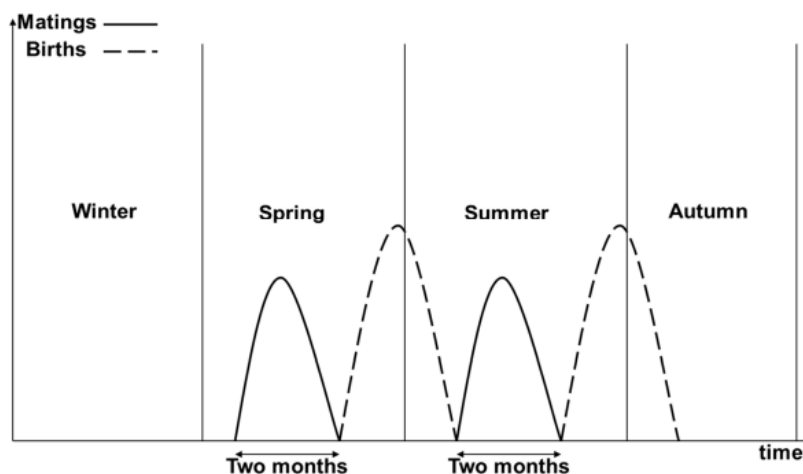
De populatiedynamiek van (uitheemse) rivierkreeften is complex en wordt beïnvloed door verschillende factoren. In 2012 werd een Italiaans onderzoek uitgevoerd waarbij de populatiedynamiek van de rode Amerikaanse rivierkreeft werd gemodelleerd (Martelloni et al. 2012). Uit dit onderzoek blijkt dat na kolonisatie van een nieuw gebied door de rode

Amerikaanse rivierkreeft de populatie initieel een massale groei vertoont. Na een vijftal jaar stabiliseert deze groei rond een maximum biomassa (carrying capacity van het systeem) bij afwezigheid van predatoren en bevinging en een zich herhalend weerjaar. In deze stabiele fase is nog steeds een sterke **fluctuatie** in totale biomassa te zien (figuur 2.4). De fluctuatiepieken worden verklaard door de voortplantingsperioden van de soort, welke gevolgd worden door een populatiebloeit bij het uitkomen van de eieren (piek). In dit geval is er vanuit gegaan dat de rode Amerikaanse rivierkreeft twee voortplantingsperioden heeft, namelijk in het voorjaar en in de zomer. De specifieke data verschillen per jaar en regio. Wel gaat het steeds om een voortplantingsperiode van circa twee maanden, met een piek in de reproductie in het midden van de periode, gevolgd door een periode waarin eieren uitkomen en dus de populatie bloeit (sinusoïdaal verloop; figuur 2.5). De tijdstap tussen de paring en het uitkomen van de eieren bedraagt circa 60 dagen.



Figuur 2.4 Gemodelleerde populatiedynamiek van rode Amerikaanse rivierkreeft. Enkele jaren na kolonisatie is een evenwicht bereikt met sterke pieken (voortplanting; tweemaal per jaar). Bron: Martelloni et al. (2012).

Figure 2.4: Modelled population size of the swamp crayfish. After colonization an equilibrium state is established within a few years, with two peaks during the year (due to reproduction). Source: Martelloni et al. (2012).



Figuur 2.5 Voortplantingsperioden van rode Amerikaanse rivierkreeft en de daaropvolgende perioden van populatiegroei door het uitkomen van de eieren. Bron: Martelloni et al. (2012).

Figure 2.5 Mating and birth distribution in time of the swamp crayfish. Source: Martelloni et al. (2012).

De eerste jaren na vestiging gedraagt de rivierkreeft zich typisch als een zogenaamde **r-strateeg**: hoge groeisnelheid, snel koloniseren van nieuwe gebieden, opportunist wat betreft voeding en leefgebied (Paulissen & Verdonschot 2007). De rode Amerikaanse rivierkreeft bijvoorbeeld kan zich het hele jaar voortplanten en meer dan 1000 eieren per jaar voortbrengen. Verder kunnen ze vrijwel alle voedselbronnen benutten (planten, hout, macrofauna, eieren, dode dieren, etc.). Hierdoor vormen de kreeften al snel (nieuwe) stabiele populaties. In verschillende Nederlandse wateren zijn dichtheden aangetroffen van **0,03 tot wel 5 kreeften per vierkante meter** (Roessink et al. 2017). Met een gewicht van ca. 25 gram per individu betekent dit dat er ruim 1000 kg/ha aan kreeften voor kan komen. Ter vergelijking, een visbiomassa van 600 kg/ha is heel erg hoog. Wanneer de populatiedichtheid na enkele jaren is toegenomen en de groei afneemt, neemt ook de concurrentie om de beperkte hulpbronnen toe en gaat de populatie meer kenmerken van een **K-strateeg** vertonen.

De gevoeligste parameters voor de populatiedynamiek zijn volgens Martelloni et al. (2012) de vruchtbaarheid, mortaliteit van juvenielen en de mate van predatie van eieren. Dit lijken dus voor de hand liggende stuurknoppen om de dominantie van kreeften te verminderen.

2.4 Ecologische en economische impact

Uitheimse rivierkreeften hebben een negatieve reputatie als gevolg van hun ecologische en economische impact. De impact van de rivierkreeften kan echter verschillen per leefgebied en per soort (Lemmers et al. 2018). Negatieve effecten worden het meest verwacht bij (grote) populaties rode Amerikaanse rivierkreeft en gestreepte Amerikaanse rivierkreeft. De rode Amerikaanse rivierkreeft staat zelfs in de **top drie van de lijst van '100 worst alien species in Europe'** vanwege de negatieve economische en ecologische impact die de soort heeft (Nentwig et al. 2018). Een soort als de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft lijkt minder schadelijk. Deze soort is al 50 jaar in Nederland aanwezig en kreeg aanvankelijk maar beperkt aandacht. In de twee volgende subparagrafen zijn de belangrijkste effecten van de uitheimse rivierkreeften beschreven. Tabel 2.2 geeft hiervan een samenvatting.

Tabel 2.2 Overzicht van het gedrag van uitheemse rivierkreeften en bijhorende ecologische en/of economische impact.

Table 2.2 Summary of the behavior of invasive crayfish and corresponding ecological and/or economic effects.

gedrag	(mogelijke) effecten (ecologisch en/of economisch)	literatuur
grazen (foerageren & niet-consumptief knipgedrag)	<ul style="list-style-type: none"> • verandering samenstelling & structuur en verlies aquatische vegetatie • omslag van heldere en plantenrijke toestand naar troebele toestand met algendominantie • verlies habitat vissen, amfibieën, kevers en vogels afhankelijk van waterplantvegetaties en predatie • bemoeilijking veenvorming vanwege vraat aan biobouwers zoals krabbenscheer • dure beheermaatregelen nodig voor systeemherstel 	onder andere: Soes & Koese 2010 Heuts 2012 Souty-Grosset et al. 2016 Loeb et al. 2016
predatie	<ul style="list-style-type: none"> • afname diversiteit van macroinvertebraten • beperking populatiegroei vissen (beschadiging of consumptie van viseieren), met eventuele gevolgen voor commerciële visserij 	Souty-Grosset et al. 2016 NVWA 2018
graven	<ul style="list-style-type: none"> • destabilisatie van de oever (erosie) • beschadiging dijken/kades • vertroebeling system: induceren van algengroei • baggeraanwas (bijkomende baggerkost) 	Rodriguez et al. 2003 Soes & Koese 2010 Koese & Soes 2011 Koese & Vos 2013 Gylstra et al. 2016 Souty-Grosset et al. 2016 Lemmers et al. 2018
dragen van ziektes	<ul style="list-style-type: none"> • uitroeiing Europese rivierkreeft door kreeftenpest • pathogenen, parasieten en ziektes zijn dodelijk voor verschillende amfibieën. 	Souty-Grosset et al. 2016
competitie met inheemse soorten	<ul style="list-style-type: none"> • onderdrukking van vispopulaties, voornamelijk bodemvissen, door competitie op vlak van schuilplaatsen en voedselkeuze en predatie eieren • mogelijk een positief effect op macrofauna door onderdrukken populatiegroei van roofvissen (vraat van eieren) en doordat ze (alternatieve) voedselbron vormen voor roofdieren die zich voeden met bodemdieren of voor visetende vogels. Anderzijds eten ze macrofauna. 	Soes & Koese 2010 NVWA 2018

2.4.1 Ecologische impact

Inleiding

De ecologische impact van de rivierkreeften uit zich in verschillende aspecten zoals graasdruk, competitie met inheemse soorten, verspreiding van de kreeftenpest, vertroebeling van het watersysteem, bemoeilijken van verlanding in laagvenen en predatie van eieren en larven van andere soorten. Uit een theoretische studies volgt dat de aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften kan leiden **tot een daling van de eindscore op de KRW-maatlatten** met één of meer EKR-klassen (Van der Meulen et al. 2009; Boerkamp et al. 2012a). Dit illustreert de negatieve impact die uitheemse rivierkreeften kunnen hebben op de waterkwaliteit. In potentie vormt de uitheemse rivierkreeft ook **een bedreiging voor het halen van instandhoudingsdoelen van Europese Natura 2000-gebieden** met aquatische habitats en watergebonden fauna (Soes & Koese 2010). De aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften beïnvloedt de vegetatiesamenstelling enerzijds en heeft anderzijds invloed (zowel negatief als in bepaalde gevallen positief) op populaties van Europees beschermde soorten waaronder slakken (bijvoorbeeld platte schijfhoren), insecten (zoals gestreepte waterroofkever en gevlekte witsnuitlibel) en vogels (zoals ijsvogel, roerdomp, grote karekiet en aalscholver).

Effecten op componenten van het ecosysteem

Het is moeilijk om de impact van een kreeftenpopulatie op het gehele ecosysteem in te schatten. Dit komt omdat er zich **complexe interacties tussen rivierkreeften en het ecosysteem** afspelen (Hansen et al. 2013) en effecten niet voor alle soortgroepen even sterk zijn. Hieronder worden eerst enkele 'losse' effecten beschreven op specifieke componenten van het ecosysteem. Vervolgens wordt ingegaan op de invloed die kreeften kunnen hebben op de algehele ecosysteemtoestand.

- Rivierkreeften kunnen positieve en negatieve effecten hebben op de aanwezige inheemse soorten. Ze kunnen bijvoorbeeld zorgen voor de achteruitgang van vegetatieafhankelijke bodemdieren door predatie op eieren (direct) of door het aantasten van de onderwatervegetatie (indirect). Tegelijkertijd kunnen ze mogelijk een positief effect hebben op de vogelstand, doordat ze een nieuwe voedselbron vormen voor visetende soorten zoals reigers (blauwe reiger, kleine zilverreiger, purperreiger), ooievaar, kwak, aalscholvers, duikers en futen (Lemmers, et al., 2018). Ook kunnen ze een positief effect hebben op bodemdieren doordat ze de populatiegroei van roofvissen onderdrukken (vraat van eieren) alsook een alternatieve voedselbron vormen voor roofdieren die zich voeden met bodemdieren. Souty-Grosset et al. (2016) tonen bijvoorbeeld aan dat de diversiteit van macroinvertebraten in een systeem afneemt bij de aanwezigheid van rivierkreeften. Verdonschot et al. (2009) laten daarentegen in een cilinderexperiment zien dat er geen negatieve effecten van kreeften (1,6 kreeften/m²; blootstelling gedurende 14 dagen) zijn op macrofauna. De onderzoekers plaatsen bij deze uitkomsten wel de kanttekening dat rivierkreeften alleseters zijn met een sterk wisselend dieet (zie ook paragraaf 2.3.4) en dat een negatieve effect op macrofauna onder andere omstandigheden dus niet kan worden uitgesloten;
- Rivierkreeften kunnen een effect hebben op de vispopulatie onder meer als gevolg van competitie. De competitie vindt plaats op vlak van schuilplaatsen en op vlak van voedselkeuze (NVWA 2018b). Niet alle vissen worden in dezelfde mate beïnvloed door rivierkreeften. Bodemwoelende vissen zullen bijvoorbeeld een sterkere competitiedruk ondervinden dan soorten die zich hoofdzakelijk voeden met plankton (Soes & Koese 2010). Anderzijds zouden bodemwoelende vissen (zoals kleine modderkruiper) ook een voordeel kunnen ondervinden van uitheemse rivierkreeften, omdat ze open habitat creëren (mondelinge mededeling drs. B. Koese);
- Uitheemse rivierkreeften dragen allerlei pathogenen met zich mee, waaronder de kreeftenpest (*Aphanomyces astaci*), maar ook verschillende andere pathogenen, parasieten en ziektes. Wanneer ziektedragende kreeften een gebied koloniseren, treedt vaak massale sterfte op van inheemse rivierkreeften en/of amfibieën. Vooral de rode

- Amerikaanse rivierkreeft vormt een risico voor inheemse soorten. Deze rivierkreeft draagt naast de kreeftenpest namelijk ook het pathogeen *Batrachochytrium dendrobatidis* bij zich, dat dodelijke huidinfecties veroorzaakt op amfibieën (o.a. Brannelly et al. 2015);
- In verschillende buitenlandse studies worden negatieve correlaties gevonden tussen de aanwezigheid van rivierkreeften en de aquatische vegetatie (o.a. Feminella & Resh 1989; Rodriguez et al. 2005; Geiger et al. 2005; Gherardi & Acquistapace 2007). In Nederland is in het veld nog niet wetenschappelijk aangetoond dat de rivierkreeften ook hier dezelfde schade veroorzaken. Er wordt wel in verschillende studies melding gemaakt van het (gedeeltelijk) verdwijnen van waterplanten op locaties waar uitheemse rivierkreeften voorkomen (o.a. Heuts 2012; Koese & Evers 2011; Boerkamp et al. 2012a; Van Dobben et al. 2017). Er is relatief weinig continue begrazing door kreeften nodig om de vegetatie te laten verdwijnen (Brederveld & De Jong 2018): er is al snel sprake van een snellere begrazing dan dat de vegetatie terug kan groeien. Het negatieve effect van rivierkreeften op de aquatische vegetatie wordt overigens niet alleen veroorzaakt door actief foerageren (begrazen), maar nog meer door het **niet-consumptief knipgedrag** van met name niet al te stevige waterplanten (Soes & Koese 2010). Met andere woorden, 'ze vernielen meer dan ze eten' (zie daarover ook het kader 'Hoe knippen rivierkreeften waterplanten?'). Het zijn vooral de rode en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft die hiervoor verantwoordelijke worden gehouden. In het eerder genoemde cilinderexperiment van Verdonschot et al. (2009) werd overigens geen negatief effect van de kreeften op de vegetatie gevonden, mogelijk omdat hier ander voedselaanbod (dood gekroesd fonteinkruid) aanwezig was³;
 - De effecten op krabbenscheer door vraat of niet-consumptief knipgedrag zijn onduidelijk (zie het kader 'Krabbenscheer en rivierkreeft');
 - Het **graafgedrag** van de uitheemse rivierkreeften heeft indirect een negatief effect op waterplantenvegetaties. Als gevolg van de graafactiviteiten komen er meer voedingsstoffen (nutriënten) en zwevende stoffen in het water, wat zorgt voor een **vertroebeling** van het watersysteem (Angeler et al. 2001; Rodriguez et al. 2003; Soes & Koese 2010; Souty-Grosset et al. 2016; Gylstra et al. 2016). Over het precieze vertroebelingseffect van rivierkreeften is overigens weinig bekend en het is moeilijk om een één-op-één relatie te vinden tussen vertroebeling en de aanwezigheid van kreeften;
 - Een mechanisme wat, voor zover bekend, nog geen aandacht krijgt in Nederland is het **effect van exotische rivierkreeften op de verspreiding van exotische waterplanten als waterwaaier (*Cabomba caroliniana*) of ongelijkbladig vederkruid (*Myriophyllum heterophyllum*)** en inheemse vegetatie. Het knipgedrag zorgt voor losse plantendelen die door de stroming meegenomen kunnen worden en elders weer tot ontwikkeling kunnen komen. Aangezien zowel ongelijkbladig vederkruid als waterwaaier meristemen (groeipunten) hebben van waaruit afgeknipte delen weer uit kunnen groeien tot hele planten (Teurlincx et al. 2018), ondervinden zij mogelijk minder nadeel van hoge dichtheden aan rode Amerikaanse rivierkreeft dan krabbenscheer en fonteinkruiden. Het is echter nog niet met onderzoek bewezen dat deze twee soorten beter tegen graasdruk kunnen. De verspreiding is ook mogelijk door predatoren van de rivierkreeft. Met het eten van de rivierkreeft worden namelijk zaden, diasporen of bulbillen ingenomen die later via de poep in een ander water weer tot ontwikkeling kunnen komen. Dit is aangetoond voor meeuwen (Lovas-Kiss et al. 2018) en aalscholvers (Van Leeuwen et al. 2017). Op die manier zouden de Amerikaanse rivierkreeften kunnen bijdragen aan de verspreiding van organismen, waaronder ongewenste exoten. Echter, in vergelijking met herbivore watervogels is deze route van verspreiding van minder belang (mondelijke mededeling van C. van Leeuwen in Van de Haterd et al. (2018)).

³ Gedurende het experiment nam de biomassa smalle waterpest toe in zowel de cilinders met als in de cilinders zonder kreeften. Wel werd aarvederkruid losgewoeld door de kreeften. De kreeften aten vooral gekroesd fonteinkruid dat afgestorven was (het afsterven zelf was geen effect van de kreeften).

Hoe knippen rivierkreeften waterplanten?

De grote scharen zouden vooral gebruikt worden om vrouwtjes te imponeren en als intimidatie van predatoren en concurrerende mannetjes. Echt knippen lijkt niet mogelijk met de grote scharen, temeer daar de scharen niet goed op elkaar aansluiten. Daarnaast beschikken de kreeften over een tweede, kleinere set scharen. In hoeverre de rivierkreeften gebruik maken van de grote scharen dan wel de kleinere en met welke kracht ze kunnen knippen is echter niet geheel duidelijk. Meningen hierover verschillen (zie de interviews met drs. B. Koese (Bijlage 2) en dr. ir. I. Roessink (Bijlage 3)). Bij het bekijken van verschillende internetfilmpjes van aquariumliefhebbers met etende rivierkreeften valt op dat rivierkreeften alles wat hen eetbaar lijkt direct naar de monddelen brengen. Misschien eten ze zich wel net als een rups door een blad of stengel en is er niet echt sprake van knippen (zie youtube-filmpje "[Crayfish Eating Zucchini](#)"). Als ze dwars door een stengel of blad heen eten, komt het bovenste deel vanzelf los en lijkt het te zijn 'losgeknipt'.

Krabbenscheer en rivierkreeft

Voor de instandhouding en uitbreiding van het habitatype Trilvenen (H7140B) is de aanwezigheid van jonge verlandingsvegetaties van groot belang. Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) speelt als biobouwer een belangrijke rol bij deze verlanding. Het gaat echter al tientallen jaren niet goed met krabbenscheer, vooral in het westen van Nederland. Er zijn sterke aanwijzingen dat uitheemse rivierkreeften ook eten van krabbenscheer (Loeb et al. 2016; Van Dobben et al. 2017). De vraag is of (en zo ja, hoe) uitheemse rivierkreeften krabbenscheer kunnen aantasten. Deze vraag is tijdens de interviews voorgelegd aan drs. B. Koese (Bijlage 2) en dr. ir. I. Roessink (Bijlage 3). Er zijn verschillende hypothesen, maar nog geen duidelijke antwoorden:

- Krabbenscheer is een stevige plant en daardoor niet aantrekkelijk voor begrazing door rivierkreeften. Rivierkreeften hebben juist een voorkeur voor minder stevige planten. Wellicht wordt krabbenscheer vooral gegeten als er geen makkelijkere eetbare alternatieven voorhanden zijn;
- Krabbenscheer drijft, terwijl de uitheemse rivierkreeften vooral op de waterbodem en tussen de ondergedoken waterplanten zitten. De rivierkreeften zijn niet goed in staat om gericht vanaf de bodem naar het wateroppervlak te zwemmen. In verschillende watersystemen worden de kreeften toch massaal aangetroffen in de drijvende vegetatie. Zo zijn dichtheden van **500 kreeften/m² in drijvende velden van waterhyacinten** in Lake Naivasha (Kenia) waargenomen (Harper et al. 2002). Ook in Nederlandse krabbenscheervelden kunnen hoge kreeftendichtheden worden waargenomen zoals in Het Hol (mondelinge mededeling van dr. C. Cusell en drs. R. van de Haterd). Hoewel rivierkreeften niet goed kunnen zwemmen, kunnen ze wel goed klimmen. Wellicht gebruiken ze de wortels, andere waterplanten of de oever om omhoog te klimmen. Dit zou dan impliceren dat de begrazing van krabbenscheer door rivierkreeften gemakkelijker kan optreden naarmate het water ondieper is;
- Mogelijk foerageren de uitheemse rivierkreeften op fauna die zich in de oksels van de krabbenscheerplanten verstopt (o.a. libellen- en keverlarven) en beschadigen ze daarbij de planten;
- Mogelijk tasten de uitheemse rivierkreeften de makkelijkere bereikbare wortels aan en niet de bladeren;
- Wellicht loopt krabbenscheer vooral een risico als de plant al verzwakt is (bijvoorbeeld als gevolg van een slechte waterkwaliteit) of tijdens de kwetsbare winterperiode als de planten naar de bodem zijn gezakt. De planten zijn dan immers beter bereikbaar voor de rivierkreeft en ze zijn dan niet in staat om schade door groei te herstellen. Begrazing in het vroege voorjaar zou er voor kunnen zorgen dat de planten niet meer kunnen opdrijven;
- Gericht onderzoek is nodig om na te gaan hoe de kreeften omgaan met krabbenscheer en andere stugge en/of drijvende vegetatie.

Effecten op de ecosysteemtoestand

De globale respons van het ecosysteem op de aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften is afhankelijk van de relatieve kracht van de hierboven besproken interacterende effecten (Hansen et al. 2013). Echter, aangezien waterplanten doorgaans zwaar te leiden hebben onder de aanwezigheid van rivierkreeften en waterplanten aan de basis staan van een gezond watersysteem, zullen de effecten op systeemniveau **overwegend negatief** zijn. Verschillende auteurs geven aan dat de schade aan de waterplanten, gecombineerd met de opwerveling van sediment (en daaraan gekoppeld een grotere nutriëntenbelasting), kan leiden tot een troebel watersysteem en achteruitgang van de biodiversiteit (Rodriguez et al. 2003; Geiger et al. 2005; Gherardi & Acquistapace 2007; Koese & Soes 2011; Souty-Grosset et al. 2016; Lemmers et al. 2018). In de meeste studies kan echter geen duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen 'kreeften zijn de oorzaak van de vertroebeling' of 'hoge kreeftendichtheid zijn het gevolg van een vertroebeling' die bijvoorbeeld veroorzaakt is door een verhoging van de externe nutriëntenbelasting. Hoe dan ook, een troebel watersysteem met veel rivierkreeften heeft negatieve gevolgen voor inheemse soorten die afhankelijk zijn van waterplanten zoals diverse soorten vissen, amfibieën, kevers en vogels (NVWA 2018b). Tevens kan de groei van algen, waaronder mogelijk cyanobacteriën, hoger zijn in troebele watersystemen (Souty-Grosset et al. 2016).

De ecologische impact van uitheemse rivierkreeften hangt vermoedelijk mede af van de toestand van het ecosysteem waar de rivierkreeften hun intrede in doen. De impact van een kreeftenpopulatie op het ecosysteem is vermoedelijk sterker bij systemen die reeds verstoord zijn of waarvan de natuurlijke veerkracht onder druk staat (Van der Wal et al. 2013; Van Dobben et al. 2017). **Gezonde, veerkrachtige systemen vertonen vermoedelijk een sterkere weerstand tegen negatieve effecten van de kreeften.** In de literatuur wordt regelmatig gesteld dat dit het gevolg is van een meer evenwichtige soortenverdeling in veerkrachtige systemen waarbij natuurlijke predatie van rivierkreeften optreedt (Lemmers et al. 2018). Bij deze stelling kan echter wel een zeer kritische noot geplaatst worden (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). Sommige ecosystemen zijn simpelweg niet gericht op het onderdrukken van een kreeftenpopulatie, doordat de uitheemse kreeften een niche vervullen die eerder niet bezet was. Dit effect staat los van de toestand of veerkracht van het ecosysteem.

In sommige opzichten vertonen de uitheemse rivierkreeften overeenkomsten met bodemwoelende vissen zoals brasem. Net als rivierkreeften vernielen brasems waterplanten (door deze als het ware weg te schoffelen) en komen ze ook veel onder troebele condities voor. Bij de rol van de brasem in het aquatische voedselweb is sprake van een positief terugkoppelingsmechanisme. De aanwezigheid van veel brasems leidt tot minder waterplanten en meer interne nutriëntenbelasting, waardoor de brasempopulatie nog verder kan toenemen etc. (o.a. Jaarsma et al. 2008). Andersom leidt de afwezigheid van (veel) brasems tot betere kansen voor waterplanten, waardoor de brasempopulatie gering blijft. Het is nog onduidelijk of bij uitheemse rivierkreeften van eenzelfde mechanisme sprake is. **Het is namelijk niet duidelijk of de rivierkreeft een voorkeur heeft voor een helder en plantenrijk dan wel een troebel en algenrijk watersysteem.** Gezien hun brede milieutoleranties (zie met name paragraaf 2.3.7) zijn de rivierkreeften niet strikt beperkt tot een van deze beide ecosysteemtoestanden. Het is wel zo dat bepaalde soorten macrofauna (kokerjuffers, wantsen, etc.) sterk kunnen prederen op hele jonge kreeftjes. Aangezien de dichtheid van deze macrofauna meestal groter is in helder plantenrijk water, is er mogelijk toch sprake van een kantelpunt met alternatieve evenwichten. De exacte werking van dit mechanisme is echter nog niet goed onderzocht en daardoor vooralsnog onbekend.

Kritische kreeftdichtheid

In verschillende studies is getracht te achterhalen bij welke kritische kreeftendichtheid de invloed van rivierkreeften op het ecosysteem waarneembaar is:

- Experimenten met rode Amerikaanse rivierkreeften in rijstvelden (Anastacio & Marques 1997) suggereren dat bij een dichtheid van 1 kreeft/m² al een duidelijk negatief effect op de vegetatie te zien is. Bij hogere dichtheden (3 kreeften/m²) konden er geen planten meer overleven in de onderzochte rijstvelden;
- Roesink et al. (2017) geven aan dat de waterplanten in watersystemen met geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft een negatief effect ondervinden bij dichtheden boven de 1,7 kreeft/m²;
- In een compartimentstudie met de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft werd aangetoond dat onder gecontroleerde omstandigheden vanaf een dichtheid van 0,63 kreeft/m² de vegetatie binnen het systeem wordt beïnvloed (door vraat- en knipschade) en dat bij 1,25 kreeften/m² de waterkwaliteit wordt beïnvloed (Boerkamp et al. 2012a). De onderzoekers geven aan dat zij verwachten dat dit effect vergelijkbaar is voor de rode Amerikaanse rivierkreeft;
- In een recent onderzoek werd op basis van een meta-analyse van verschillende studies informatie verzameld over deze dichtheid-impact relatie (Lemmers et al. 2018). De impact werd 'significant' geacht wanneer een effect op één of meerdere risicocategorieën (effect op waterplanten, macrofauna en/of waterkwaliteit) werd vastgesteld. Uit het onderzoek bleek dat de kritische dichtheid in ieder geval onder 0,9 kreeften/m² ligt.

De kritische dichtheid waarboven kreeften een negatief effect hebben op het ecosysteem ligt volgens de hierboven genoemde studies dus rond de **1 kreeft/m²**. Deze dichtheid wordt in verschillende Nederlandse watersystemen zeker overschreden: Roessink et al. (2017) rapporteren een kreeftdichtheid in Nederlandse wateren van 0,03 tot 5 kreeften/m². Het gaat hier om een gemiddelde dichtheid. Lokaal kan en is de dichtheid veel hoger: in de oeverzone en vegetatierijke delen worden veel hogere dichtheden waargenomen.

2.4.2 Economische impact

Ook economisch kunnen de uitheemse kreeften een nadelige invloed hebben. Het gaat dan vooral om de impact op waterveiligheid, de landbouw en het baggerbeheer. Maar ook natuurbeheer wordt bemoeilijkt: doelen voor de KRW en Natura 2000 worden lastiger om te halen en de effectiviteit van maatregelen wordt tegengewerkt. Tenslotte kost het geld om de uitheemse rivierkreeften te bestrijden (exotenbeheer).

Waterveiligheid, oeververzakking en baggerbeheer

Het graafgedrag van kreeften (zie paragraaf 2.3) is nadelig voor de ecologische waterkwaliteit, maar krijgt ook aandacht omdat men risico's ziet voor waterveiligheid, oeververzakking en toenemende baggerkosten. Voor Nederland is aangetoond dat het graven van oever- en landholten door uitheemse rivierkreeften kan leiden tot:

- verzakking van oevers (Barbaresi et al. 2004; Koese et al. 2011);
- beschadiging van een boezemkade (bij Kinderdijk, Lemmers et al. 2018);
- mogelijke verstopping van of schade aan de mantel van drainagesystemen (Lemmers et al. 2018);
- meer baggeraanwas (0,2 - 25% toename en lokaal tot wel 80% toename) (Koese & Vos 2013; Gylstra et al. 2016).

Soes & Bergsma (2016) vonden in het Land van Maas en Waal 72 kreeftenholten over een lengte van 340 meter oever. Dit komt overeen met een dichtheid van 0,2 hol per m oever. In de Alblasserwaard werden dichtheden van 0,4 en 1,8 hol per m oever vastgesteld (Lemmers et al. 2018). Dergelijke holdichtheden leiden tot een significante toename van de baggeraanwas en dus tot extra kosten voor extra baggerwerkzaamheden. Een bijkomende moeilijkheid is dat het vervoer van bagger (en maaisel) met daarin levende kreeften in strijd is met de Europese Exotenverordening 1143/2014.

De schade die veroorzaakt wordt door rivierkreeften is niet gemakkelijk te vergelijken met de schade die muskusratten veroorzaken (Koese & Vos 2013). Beide soorten vertonen een heel ander graafgedrag. Muskusratten graven per meter watergang minder holen dan uitheemse rivierkreeften, maar de holen en burchten strekken zich wel veel verder uit (2,0 - 8,5 m). Hierbij moet niet vergeten worden dat uitheemse rivierkreeften vermoedelijk de schade kunnen versterken van andere gravers (muskusrat, beverrat en woelrat). De rivierkreeft kan prima verder graven in het hol van een van deze dieren en zo de schade vergroten. Uit een uitvoerige studie in de beheergebieden van Hoogheemraadschap van Rijnland en Delfland volgt het volgende over het graafgedrag van uitheemse rivierkreeften (Koese & Vos 2013):

- Oeverholen: De oeverholen lopen loodrecht of in een hoek met de oeverlijn en liggen horizontaal rond de waterlijn. Het overgrote deel van de kreeften in oeverholen bevindt zich binnen de eerste 50 cm uit de waterkant. Het uiteinde van het overgrote deel van de gangen kon met de hand bereikt worden;
- Landholen: Landholen bestaan uit een verticale gang tot aan het grondwater. Aldaar werd in enkele gevallen een horizontale uitbreiding gevonden ter hoogte van het grondwater. De afstand tot het water van landholen bedroeg in de studie maximaal 5 meter, maar kan in theorie groter zijn;
- De diameter van een rivierkreeftenhol is vergelijkbaar met muizenholen (2 - 4 cm).

Natuurbeheer

Uitheemse rivierkreeften hebben een economische impact op het natuurbeheer. Natuurbeheer wordt bemoeilijkt als er grote populaties van uitheemse rivierkreeften in het natuurgebied aanwezig zijn. De ecologische impact dient hersteld te worden met **gepaste extra beheermaatregelen**. Herstel van het natuurlijk systeem is echter niet makkelijk en vaak wordt nog geëxperimenteerd met dure maatregelen die geen (blijvend) effect lijken te hebben op het systeem. Naast het wegwerken van de negatieve impact van de soorten op het systeem (beheermaatregelen) wordt ook ingezet op **maatregelen die de kreeftenpopulatie dienen te onderdrukken**. Uitheemse rivierkreeften vergroten dus de kosten die in het natuurbeheer gemaakt moeten worden om de doelen te halen.

2.5 Maatregelen tegen exotische rivierkreeften

De United Nations Convention on Biological Diversity (CBD) heeft een drietrapsraket voorgesteld voor de aanpak van invasieve exoten (de Heer 2016):

- 1 Voorkomen dat nieuwe soorten zich vestigen (proactief);
- 2 Nieuwe populaties vroegtijdig detecteren (reactief);
- 3 Snel actie ondernemen door de populatie te elimineren (reactief).

In de praktijk blijkt het niet voor elke exoot zo eenvoudig te zijn. Als men te laat is, zoals bijvoorbeeld het geval is voor gevlekte en rode Amerikaanse rivierkreeft, dan is het tegenhouden of elimineren van de exoot zeer lastig of onmogelijk. In dat geval komt het neer op het beheren van de populatie, zodat deze zich niet verder uitbreidt en zo min mogelijk schade toebrengt aan de omgeving.

De eerste maatregel, het voorkomen dat invasieve soorten in het land komen, is de beste maatregel. Als dat niet lukt, komt bestrijding en beheer om de hoek kijken. Hierbij speelt internationale en nationale wetgeving en beleid een belangrijke rol. Hieronder zijn de juridische maatregelen en bestrijdingsmaatregelen verder uitgewerkt.

2.5.1 Juridische maatregelen

Europese exotenverordening

Het Verdrag van Rio de Janeiro inzake de biologische diversiteit draagt de EU-lidstaten op de binnenkomst van uitheemse soorten die bedreigend zijn voor ecosystemen, habitats of soorten te voorkomen dan wel deze te beheersen of uit te roeien. Om hier gehoor aan te geven, is de **Europese exotenverordening** (1143/2014; Europese Commissie 2014) opgesteld met bijbehorende **Unielijst van invasieve exoten** (Europese Commissie 2016). Deze lijst bevat invasieve, uitheemse soorten die door de Europese Unie als zorgwekkend worden beschouwd. Het gaat om soorten waarvan de schade zo aanzienlijk is dat specifieke in de gehele Unie toepasselijke maatregelen moeten worden getroffen, dus ook voor de lidstaten die nog niet getroffen zijn of die wellicht niet getroffen zullen worden.

De meeste rivierkreeften in Nederland zijn evenals de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) opgenomen op de Unielijst. Het gaat om de volgende rivierkreeften (Europese Commissie 2016):

- Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*);
- Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectus virilis*);
- Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes limosus*);
- Marmerkreeft (*Procambarus fallax f. virginalis*)⁴;
- Rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*).

De gestreepte Amerikaanse rivierkreeft en Turkse rivierkreeft, die wel in Nederland voorkomen, staan niet op de Unielijst. Voor de soorten die wel op de lijst staan, geldt een **verbod op import en export, bezit, handel, kweek, transport en op het vrijlaten in het milieu**. EU-lidstaten zijn verplicht om populaties van deze soorten **vroegtijdig op te sporen en te verwijderen**. Indien dit niet mogelijk blijkt, dienen de lidstaten **populaties te beheren**, zodat ongewenste effecten zo veel mogelijk worden voorkomen.

Wet Natuurbescherming, Visserijwet, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000

De Europese exotenverordening (Europese Commissie 2014) is in Nederland geïmplementeerd in de Wet Natuurbescherming, waarin de inheemse rivierkreeft (*Astacus astacus*) overigens beschermd is. De Europese exotenverordening dient echter nog te worden vertaald naar werkprotocollen/draaiboeken en gedragscodes voor overheidsinstanties en natuurorganisaties (Lemmers et al. 2018). Het ministerie van LNV, de provincies en de waterschappen werken momenteel nog aan deze vertaalslag. Er is gewerkt aan beheersplannen op hoofdlijnen, nagedacht over risico's en bestrijding en er is een voorstel gemaakt voor verdeling van taken en verantwoordelijkheden (De Hoop et al. 2016; factsheets van NVWA).

De in Nederland voorkomende uitheemse rivierkreeftensoorten en Chinese wolhandkrab zijn opgenomen in de Uitvoeringsregeling visserij en vallen daardoor als 'vis' onder de Visserijwet 1963. Hierdoor is het Rijk verantwoordelijk voor het nemen van beheersmaatregelen. De meeste uitheemse rivierkreeften vallen echter wel onder een speciale vrijstellingsregeling, die is opgesteld om beheer middels commerciële bevissing toe te staan. In de 'Vrijstellingsregeling bevissing Chinese wolhandkrab en uitheemse rivierkreeften' is opgenomen dat bevissing mag worden ingezet als bestrijdingsmaatregel van uitheemse rivierkreeften (Staatssecretaris van EZ 2016). In samenhang met de bevissing wordt de vrijstelling ook verleend voor het daaropvolgende houden, vervoeren én het in de handel brengen van de uitheemse rivierkreeften. Hierbij gelden wel voorwaarden. Zo moet voorkomen worden dat dieren zich kunnen voortplanten, ontsnappen en verspreiden tijdens de bevissing, de opslag, de handel, het transport, het houden en het gebruik van de

⁴ De marmerkreeft is eenmaal in Dordrecht waargenomen in 2004, maar daarna nooit meer. Het voorkomen in Nederland is onzeker. Het bijzondere aan deze soort is dat zij zich zonder bevruchting kan voortplanten (parthenogenetische voortplanting). Alle nakomelingen zijn klonen.

betrokken dieren. De Visserijwet blijft ook gelden, waardoor de regelgeving omtrent de aangewezen middelen en de administratieplicht van kracht blijft. Zo is het in principe verboden om te vissen met (aal)fuiken en/of kreeftenkorven (Minister van LNV 2008). Dergelijk beroepsvisttuig mag enkel door beroepsvissers uitgevoerd worden met goedkeuring van de Kamer voor binnenvisserij. Hiervoor dient men dus in het bezit van een ontheffing te zijn, wat een behoorlijk administratieve klus is.

In de Kaderrichtlijn Water en het Europese natuurbeleid (Natura 2000) wordt betrekkelijk weinig aandacht besteed aan exoten. Wel is in de Kaderrichtlijn Water vastgesteld dat alleen inheemse soorten of ingeburgerde exoten in aanmerking komen voor opname in beschrijvingen van referentietoestanden en maatlaten. Rivierkreeften worden daardoor tot nu toe niet systematisch gemonitord door de waterbeheerders.

Aandachtspunten bij beleid en wetgeving

Er zijn diverse aandachtspunten bij bovenstaand beleid te noemen. We noemen er enkele die eerder in het rapport nog geen aandacht hebben gekregen:

- Beleid en wetgeving moet allereerst inzetten op het voorkomen van introductie van nieuwe soorten, omdat bestrijding van exoten, als ze er eenmaal zijn, erg lastig en duur kan zijn. De wetgeving en het beleid zoals hierboven omschreven, komt wat dat betreft voor tenminste 6 soorten rivierkreeften te laat. Er zijn echter 638 zoetwaterkreeften bekend, waarvan een aantal een serieus risico vormen. Het is verstandig om voor deze rivierkreeften alvast een goed uitgewerkt beleid op te stellen, zodat deze soorten tijdig gesignaleerd en geweerd kunnen worden. Verder kan gedacht worden aan een generiek verbod op de import en handel van levende invasieve uitheemse zoetwaterkreeften die afkomstig zijn uit ecoregio's die vergelijkbaar zijn met Noordwest-Europa (Lemmers et al. 2018). Lemmers et al. (2018) adviseren tevens om ook een positieflijst (huisdierenlijst) voor aquatische diersoorten op te nemen in de Wet Dieren, zodat bekend is welke kreeften wel en niet gehouden mogen worden;
- Er wordt sterk aanbevolen om landelijk meer structureel te monitoren. Dat zou kunnen door uitheemse rivierkreeften onderdeel uit te laten maken van de KRW-monitoring van de waterbeheerders, temeer deze rivierkreeften aldaar de ecologische waterkwaliteit kunnen bedreigen. Het kan onderdeel uitmaken van de ecologische systeemanalyse die nodig is voor het afleiden van de KRW-doelen;
- Ondanks de inwerkingtreding van de Europese exotenverordening, wordt onder meer de rode Amerikaanse rivierkreeft nog steeds verhandeld bij tuincentra (Lemmers et al. 2018), hobbykwekers of via het internet (ook Nederlandse bedrijven). Hier zou tegen moeten worden opgetreden. Op soortgelijke wijze dienen baggerprogramma's van waterbeheerders (RWS, waterschappen en gemeentes) beter te worden afgestemd op de Europese Exotenverordening (verspreiding van invasieve exoten is niet geoorloofd);
- Het Rijk beschouwt commerciële bevissing en handel in rivierkreeften als een potentieel belangrijke beheersmaatregel (Ministerie van LNV 2018). Tegelijkertijd bestaat bij waterschappen de vrees dat illegale uitzettingen plaatsvinden of kreeftenpopulaties in stand worden gehouden wanneer de handel in uitheemse rivierkreeften commercieel benut mag worden (Soes & Koese 2010; Couperus 2015). Commerciële kreeftenvissers hebben namelijk immers financieel belang bij de instandhouding van kreeftenbestanden (Heuts 2012).

2.5.2 Bestrijdingsmaatregelen

Naast juridische maatregelen, ter preventie van de introductie van de invasieve soorten, zijn bestrijdingsmaatregelen nodig om de reeds aanwezige uitheemse rivierkreeften te beheren. Er zijn verschillende beheer/bestrijdingsmaatregelen bekend die apart of in combinatie kunnen worden uitgevoerd (o.a. Hyatt 2004; Roessink et al. 2009; Soes & Koese 2010; Stebbing et al. 2014; De Hoop et al. 2016; Lemmers et al. 2018). Algemeen worden deze maatregelen onderverdeeld in de volgende categorieën, waarbij de eerste 4 opties verder worden toegelicht in deze paragraaf:

- niets doen;
- mechanische bestrijding: wegvangen, vallen plaatsen, etc.;
- biologische bestrijding: introductie van ziektes, predatoren, sterilisatie, etc.;
- systeemmaatregelen: droogleggen, ecosysteem robuust maken, water dempen, etc..
- chemische bestrijding: aanbrengen van biociden, pesticiden, feromonen (zie Lemmers et al. (2018) voor een gedetailleerdere beschrijving);
- fysieke bestrijding: elektrocuteren, afscherming door plaatsing van barrières.

Niets doen

De mogelijkheid bestaat dat de problematiek met de uitheemse rivierkreeften zichzelf na verloop van tijd zal oplossen. Het idee hierachter is dat de uitheemse soorten in hun land van oorsprong op een natuurlijke manier worden onderdrukt door predatoren, ziekten en parasieten (Stein 1977). Ook onderlinge concurrentie tussen verschillende rivierkreeftsoorten speelt een belangrijke rol in het stabiliseren van de kreeftenpopulaties in hun land van herkomst (Garvey et al. 1994). Wanneer de rivierkreeften echter buiten hun natuurlijk verspreidingsgebied terechtkomen, valt deze druk weg en kan de populatie sterk 'bloeien'. Het zou een kwestie van tijd kunnen zijn tot de inheemse parasieten en predatoren bekend raken met de invasieve soorten en er opnieuw een natuurlijke regulatie van de kreeftenpopulatie ontstaat (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). In dat geval zijn geen bestrijdingsmaatregelen nodig, maar is het simpelweg afwachten tot de natuurlijke balans zich herstelt. Een probleem bij dit handelingsperspectief is de onbekende termijn waarop dit zich afspeelt. Het kan decennia duren voordat natuurlijke regulatie optreedt (Lemmers et al. 2018), als het al optreedt. Ondertussen kunnen waardevolle ecosystemen sterk beschadigd zijn en zal de inzet voor bestrijding alleen maar moeten toenemen.

Mechanische bestrijding

Mechanische bestrijding van rivierkreeften kan worden uitgevoerd door het plaatsen van vallen. Het gebruik van (aal)fuiken en beaasde kreeftenkorven wordt het meest toegepast.

Gebruik van fuiken en kreeftenkorven bij het afkreeften

Voor zover bekend is bevissing als enige maatregel niet voldoende om de populatiegroei en verspreiding van uitheemse rivierkreeften tegen te gaan (o.a. Peay 2009; Van Emmerik 2010; Lemmers et al. 2018). Om een blijvend effect te hebben dienen grote hoeveelheden afgekreeft te worden en dient het afkreeften daarna regelmatig herhaald te worden. Daardoor is het een (zeer) arbeidsintensieve methode die vermoedelijk lastig in een groot gebied langdurig uitgevoerd kan worden in verband met de kosten die gepaard gaan bij dergelijke werkzaamheden. We noemen een paar voorbeelden:

- In Lake de Arreo (136 ha; Spanje) is tussen 2014 en 2015 intensief afgekreeft met 50 - 70 korven om rode Amerikaanse rivierkreeft te verwijderen (Haubrock et al. 2018). In 2014 zijn circa 47.450 en in 2015 circa 70.500 kreeften gevangen. In eerste instantie leidde dit vermoedelijk wel tot een afname van de kreeftendichtheid, maar niet tot een niveau dat gewenst was, en vermoedelijk is de populatie daarna weer toegenomen;
- In de Distelvinkplas in de Molenpolder (0,3 ha; Nederland) kon in de periode 12 april t/m 1 mei 2018 gedurende 14 etmalen en 10 lichtingen 81% van de aanwezige kreeften (rode Amerikaanse rivierkreeft) worden gevangen (Kampen 2018). Daarbij zijn 40 plastic korven, 60 springkorven en 20 eenwieks aalfuiken gebruikt met aas en getest op efficiëntie. Het initiële kreeftenbestand voor het afkreeften is middels een merkt terugvangst onderzoek geraamd op 5198 ± 210 stuks (dichtheid van 1,5 kreeft/m²). Dit komt overeen met een biomassa van 135 ± 6 kg, ruim 400 kg/ha (uitgaande van circa 26 g/kreeft). Het bleek dat kreeften kleiner dan 6 cm niet gevangen werden. Er is daarom na mei 2018 onderhoudsvisserij uitgevoerd op de resterende kreeften door gedurende één etmaal per week met een dertigtal korven te vissen. In oktober 2018 was de kreeftenstand 55% gereduceerd ten opzichte van de initiële kreeftenstand voor april 2018 tot 0,7 kreeft/m². In april 2019 is de vangstintensiteit sterk verhoogd om te bepalen of de kreeftendichtheid nog verder verlaagd kan worden bij zeer intensieve afkreeftacties. In het voorjaar en de zomer van 2019 is herstel van het doorzicht (van zeer troebel naar

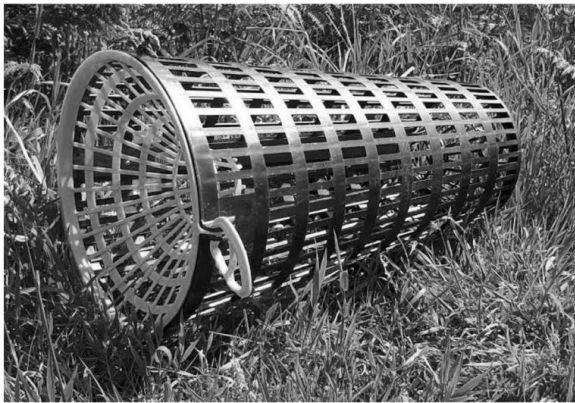
bodemzicht) en de onderwatervegetatie (glanswieren) waargenomen waarbij een onbegroeide situatie is veranderd in een kranswierbedekking van 60 - 80% (mondelijke mededeling van dr. W. Rip en J.Kampen). Het is wel de vraag wat er op de lange termijn gaat gebeuren, en wat er gebeurt als er gestopt wordt met het intensief afkreeften.

Hieronder worden puntsgewijs een aantal aandachtspunten benoemd, waarmee in ieder geval rekening gehouden dient te worden bij het afvangen van kreeften:

- **Vergelijking met ABB van bodemwoelende vis gaat niet op:** Het wegvangen van kreeften is een vorm van Actief Biologisch Beheer (ABB). In Nederland is veel ervaring opgedaan met het wegvangen van bodemwoelende vis met als doel de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. Zulke maatregelen zijn alleen zinvol en duurzaam in watersystemen waarvan de ecologische waterkwaliteit na het wegvangen de potentie heeft tot herstel (voldoende lage nutriëntenbelasting). Deze maatregel blijkt duurzaam, omdat het ecosysteem weerstand biedt tegen het omslaan naar weer een troebele toestand met bodemwoelende vis. De bodemwoelende vis mijdt namelijk dichte waterplantenvelden en er zijn meer predatoren (snoek), zodat zij geen kans krijgen het water troebel te maken. Bovendien vermindert de interne nutriëntbelasting na verwijdering van de bodemwoelende vis. Een studie van Witteveen+Bos (Brederveld & De Jong 2018) geeft aan dat dit **weerstandseffect bij kreeften vermoedelijk geen of een veel kleinere rol speelt**. Dit komt doordat de dichtheden van rivierkreeften niet geremd wordt door dichte waterplantenvelden (wat wel het geval is met brasem);
- **Vallen werken selectief en trekken de populatie scheef:** Verschillende studies geven aan dat rivierkreeftvallen vooral grote kreeften vangen (minimum grootte van 40 - 80 mm) (Hein et al. 2007; Roessink et al. 2009). Door het wegvangen van de grotere individuen, ontstaat er een scheve populatieopbouw. De sterke druk van de grotere kreeften op de juvenielen (territoriaal gedrag, vraat) valt grotendeels weg. Hierdoor bereikt een groter aandeel jongen het volwassen stadium en neemt de populatie rivierkreeften op zichzelf niet af, en zou zelfs kunnen toenemen. Afvangen zou het meeste effect hebben als zij gericht is op vrouwtjes met eieren en juvenielen (zie paragraaf 2.3.8). Dit is echter niet makkelijk te realiseren. De vangcijfers van vrouwelijke rivierkreeften blijken afhankelijk van verschillende factoren (Hein et al. 2007):
 - inactiviteit tijdens het broedseizoen en verblijf in oever- of landholen (na het broedseizoen is de kans op het vangen van vrouwtjes & juvenielen groter);
 - sterke schuilreflex bij aanwezigheid van roofvissen (bij afwezigheid van roofvissen is de kans op het vangen van vrouwelijke rivierkreeften groter);
 - competitie met mannelijk individuen bij de ingang van de vallen.
- **De efficiëntie van de vallen hangt af van de levenscyclus:** Rivierkreeften zijn voornamelijk actief bij hoge watertemperaturen (maximale activiteit bij 20 - 25°C). Wat de periode voor vangst betreft, worden de hoogste vangcijfers (voor zowel mannelijke als vrouwelijke rivierkreeften) verkregen tussen eind juni en augustus (Koese & Evers 2011). Hierbij wordt onder andere ingespeeld op het migratiepatroon van de rivierkreeften. In de herfst trekken de kreeften naar de holen en worden er minder kreeften en minder vrouwtjes gevangen;
- **Het type val is van invloed op de vangstefficiëntie:** In de Molenpolder is recent geëxperimenteerd met 4 typen vallen (plastic korven, springkorven, eenwieks aalfuiken en kussenkorven). Aas (kattenvoer, bevroren vis, visvoer, etc.) kan worden gebruikt om kreeften aan te trekken. Er wordt ook geëxperimenteerd met feromonen. De feromonen moeten mannelijke rivierkreeften in vallen lokken, waarna ze uit het systeem verwijderd worden. Echter, deze methode garandeert geen 100% afvang van de mannelijke kreeften. Zelfs als slechts één mannetje overblijft in het systeem kan deze met verschillende vrouwtjes paren en zo de populatie staande houden (Roessink et al. 2009).

Kortom, er is nog het een en ander te optimaliseren aan de vangstmethode, zowel wat betreft de middelen als de uitvoering (aantallen korven, moment in het jaar, type aas, etc.). Daarbij is het lastig om buitenlandse studies te gebruiken als voorbeeld, omdat de omstandigheden qua klimaat en ecosysteem niet altijd vergelijkbaar zijn. Aandacht verdient

tenslotte de bijvangst in de gebruikte vangstmiddelen. De grootte van de openingen dient daarop afgestemd te zijn, zodat otters, muskusratten, grote vissen, etc. niet in de val terecht komen en in het ergste geval dood gaan.



Figuur 2.6 Impressie van vallen voor rivierkreeft; beaasde korf (links) en 'Artificial Refuge' val (rechts) (Green et al. 2018)

Figure 2.6 The design of the Baited trap (left photo) and Artificial refuge trap (right photo)

Beroepsvissers, sportvissers en muskusrattenvangers

In de literatuur gaat het bij afkreeften steevast ook over het wel of niet inzetten van beroeps- en sportvissers of muskusrattenvangers, die bij het vangen (of monitoren) een rol kunnen spelen. Het blijkt niet eenvoudig een werkzame oplossing te vinden in verband met verschillende belangen, wetgeving die het verbiedt voor sportvissers of beheerders om te vangen met fuiken of kreeftenkorven, kosten en mogelijke verdienmodellen. Partijen die hierover nadenken zijn het Ministerie van EZ, de Good Fish foundation en kennissenkringen (bijv. Rivierkreeft Groene Hart). Voor de kansen, mitsen en maren verwijzen we naar reeds bestaande literatuur (Vis & Spierts 2012; Lemmers et al. 2018; Soes 2018).

Afscherming

Afscherming is nodig om herkolonisatie van de afgevangen wateren (of nieuwe wateren) door kreeften van buiten het systeem te voorkomen. Voor afscherming zijn in het verleden anti-graaskooien van kippengaas, amfibieënschermen, dammen, damwanden en faunarasters op de oevers gebruikt (Bakker 2010; Loeb et al. 2016; Kampen 2018). Keren en weren van kreeften is in de praktijk niet makkelijk (Loeb et al. 2016; mondelinge mededeling van Jouke Kampen). Dammen raken lek, kreeften migreren over land en jonge kreeften zijn zo klein dat zelfs zeer fijn maas (1 x 1 cm) niet in staat is om ze buiten te houden (Bakker 2010; Loeb et al. 2016; Vogelbescherming 2018). Daarbij is afscherming van petgaten vooral lokaal toepasbaar en niet op landschapsschaal.

Biologische bestrijding

Onder biologische bestrijding wordt verstaan het bestrijden van de soort door gebruik te maken van predatoren, ziektes of microbiële insecticiden. Er zijn in het buitenland verschillende experimenten gedaan met het introduceren van ziektekiemen in populaties van uitheemse rivierkreeften. De kreeftenpest (*Aphanomyces astaci*) is geen optie in Nederland, omdat de Amerikaanse rivierkreeften niet erg gevoelig zijn voor deze ziektekiem (Koese & Soes 2011). Bij geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft bleek de introductie van 'witte vlekkenvirus' via het voer op korte termijn (15 dagen) letaal te zijn voor het grootste gedeelte van de populatie (Davidson et al. 2010). Het is echter onduidelijk wat het effect zou zijn als geïnfecteerde kreeften zouden worden geïntroduceerd in het ecosysteem. Dit maakt de methode maatschappelijk gezien vooralsnog ontoepasbaar. Het gebruik van schimmelziektes ligt niet voor de hand, omdat ze alleen fataal zijn als de kreeften al

beschadigd zijn en andere kreeftachtigen (zoals vlokreeften) er ook schade van ondervinden (Freeman et al. 2010; De Hoop et al. 2016).

Het belang van predatie is al beschreven in paragraaf 2.3.6. Momenteel is de natuurlijke predatie op rivierkreeften in Nederland nog beperkt. In ieder geval onvoldoende om verdere uitbreiding van de al aanwezige populaties aan rivierkreeften voldoende te onderdrukken. De laatste jaren is wel een **dieetshift** te zien van soorten als meerkoet, fuut, ooievaar, otter en verschillende reigers. Steeds meer komen kreeften in het dagelijks dieet van deze soorten terecht (interview met dr. ir. I. Roessink, Bijlage 3). Hierbij dient wel vermeld te worden dat dit ook kan komen doordat er minder ander voedsel (zoals vissen) aanwezig is.

Qua vissen moet in Nederland gedacht worden aan **roofvissen** als Europese meerval, paling, snoekbaars, baars en snoek (Boerkamp et al. 2012b; Lemmers et al. 2018). Deze soorten kunnen behoorlijk grote hoeveelheden kreeft consumeren en aldus mogelijk bijdragen aan de bestrijding van rivierkreeften. De keuze voor de geschikte roofvissoort is afhankelijk van het biotoop en het aandeel van de kreeftenpopulatie dat men wil aanpakken. Voor het gebruik van roofvissen bij de bestrijding van rivierkreeften gaat de voorkeur veelal uit naar paling, daar deze soort in hoge dichtheden kan voorkomen in veen(weide)gebieden en troebele sloten (Gherardi et al. 2011). Paling achtervolgt de kreeften vermoedelijk ook in hun oeverhopen (Lemmers et al. 2018). Het is daarbij wel van belang om te realiseren dat paling, evenals snoekbaars, vooral prederen op kleine en jonge rivierkreeften, vooral als ze net verveld zijn (Aquiloni 2010; Boerkamp et al. 2012b; Musseau et al. 2015). Daarnaast heeft paling een lage PB-ratio (het is een langzame groeier), waardoor je heel veel paling nodig hebt om een kreeftenpopulatie onder de duim te houden.

Baars en Europese meerval zijn niet kieskeurig in hun voedselkeuze. Wanneer veel rivierkreeften voorhanden zijn, passen ze hun dieet aan om voornamelijk rivierkreeften te eten, zowel grote als kleine individuen (Blake & Hart 1993; Söderbäck 1994; Czarnecki et al. 2003; Carol et al. 2009). De Europese meerval is, gezien de ecologie van de soort (soort van grotere wateren waaronder rivieren, meren en de zwak brakke delen van estuaria) en haar zeldzaamheid, echter weinig geschikt als predator in ondiepe en geïsoleerde watersystemen van het Nederlandse veen(weide)gebied (Lemmers et al. 2018). Voor baars geldt, evenals voor snoekbaars, dat de soort in veenplassen vrijwel nooit als grote piscivore baars voorkomt en daardoor lastig als jager van kreeften te gebruiken is in veen(weide)gebieden. De otter wordt veelvuldig door natuurbeheerders gezien als een potentiële en gewenste natuurlijke predator van kreeften. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat otters inderdaad kreeften prederen (Beja 1996; Correia 2001; Lemmers et al. 2018). De verschillende onderzoeken laten echter niet duidelijk zien of de otters ook daadwerkelijk een kreeftenpopulatie op een gewenst niveau kunnen houden. Vooralsnog (en vermoedelijk in de komende decennia) is de otterpopulatie in Nederland sowieso veel te klein om de enorme aantal en productie van de Amerikaanse rivierkreeften te kunnen onderdrukken.

De ervaringen met bestrijding door predatoren zijn wisselend en het is niet geheel duidelijk waar dit door komt (Roessink et al. 2009; Boerkamp et al. 2012b; Stebbing et al. 2014; Lemmers et al. 2018). De volgende knelpunten rondom predatie worden genoemd: (a) kreeften verschuilen zich, zodat niet alle individuen gevangen worden, (b) sommige predatoren zijn zeldzaam, (c) kreeften zijn niet in alle levensstadia eetbaar en (d) predatoren zijn niet voedselselectief. Ten slotte kunnen kreeften voorkomen in milieucondities die voor de predatoren niet prettig zijn (beperkt waterdoorzicht, lage zuurstofgehalten, aanwezigheid toxische stoffen, etc.; interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Kennis over de populatiedynamica van enerzijds de kreeft en anderzijds de predatoren is vermoedelijk een belangrijke sleutel voor succes (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Vooral in hun **jongste fasen zijn rivierkreeften gevoelig voor predatie** door vissen, roofinsecten, etc. Door op het juiste moment predatie in te zetten kan de jonge generatie rivierkreeften in theorie (deels) worden uitgeroeid, waardoor de populatiegroei wordt onderdrukt. Doel is dus om te zoeken naar een soort (vis, vogel, insect) die tegelijk met het uitkomen van de jonge

rivierkreeften de jongen ook kan eten. Vervolgens dient het **stelsel geoptimaliseerd te worden op deze predator**. Of dit in de praktijk mogelijk is en of deze predator wel bestaat in de Nederlandse situatie, is vooralsnog onduidelijk.

Systeemmaatregelen

Systeemmaatregelen zijn maatregelen die ingrijpen op het functioneren van ecosystemen, waardoor het ecosysteem meer robuustheid krijgt. De hypothese is dat het ecosysteem dan beter met de schadelijke rivierkreeften kan omgaan en/of dat de rivierkreeften zelf benadeeld worden (bijvoorbeeld doordat er meer predatoren zijn in een robuust watersysteem). Voor een robuust watersysteem is het van belang dat in ieder geval de waterkwaliteit op orde is, zodat er een helder watersysteem ontstaat met relatief veel predatoren die voor een hogere predatiedruk kunnen zorgen. Voor de Nederlandse situatie is echter nog niet aangetoond dat het robuuster maken van watersystemen daadwerkelijk de schade van rivierkreeften voldoende kan beperken. Vooralsnog is dat een verwachting, en het is in Nederland nog niet gelukt om op deze wijze de populatie van uitheemse rivierkreeften voldoende te marginaliseren (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Dit komt doordat de uitheemse soorten, zoals de rode Amerikaanse rivierkreeft, zeer weinig eisen stellen aan hun habitat en daardoor bij een sterke variatie aan fysisch-chemische biotooieigenschappen kunnen voorkomen.

Peilbeheer is een maatregel waarvan bekend is dat het wel effect kan hebben op het gedrag van de uitheemse rivierkreeften zoals de start van de migratie en de start van het graven van oever- en landholten (zie ook paragrafen 2.3.3 en 2.3.5). Deze methode kan effectief zijn voor de populatiebeheersing wanneer de drooglegging lang genoeg aanhoudt en/of wanneer deze gevolgd wordt door een langdurige vorstperiode (zie ook onderstaand kader). Deze methode kan echter ook ineffectief zijn wanneer de droogte niet lang genoeg aanhoudt. Rivierkreeften zijn immers in staat om relatief lange droge periodes uit te zitten door zich in te graven en vervolgens weer op te duiken bij geschikte condities (Roessink et al. 2009). Kreeftenkwekers gebruiken de methode zelfs om de productie te verhogen (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2), omdat de kreeften in deze situatie een voordeel hebben ten opzichte van hun predatoren.

Effect van vorstperiodes

Ondanks dat de rivierkreeften in de landholten beschermd zijn tegen predatie, is dat een kwetsbare periode (interview met drs. B. Koese, Bijlage 2). Als op dat moment ook een langdurige vorstperiode of droogval optreedt, dan zitten de vrouwtjes met eieren of jongen opgesloten waardoor mogelijk sterfte optreedt (Heuts 2012). Zelfs al ze niet bevroren, zijn ze door de kou namelijk vrijwel niet in staat om te graven. Het is dan ook niet uit te sluiten dat het succes van de exotische rivierkreeften in Nederland te maken heeft met het uitblijven van strenge winters.

Maatregelcombinaties

Op dit moment lijkt **geen enkele maatregel voldoende effectief om het probleem met rivierkreeften zelfstandig op grote schaal op te lossen**. Deze conclusie werd al getrokken in 1988 (Bills & Marking 1988). Daarnaast kleven aan alle maatregelen ook nadelen zoals niet kosteneffectief, bijvangst van of grote schade aan andere soorten, schade aan overige functies dan natuur bij het nemen van systeemmaatregelen, etc. Kansen voor bestrijding op kleinere schaal zijn er wel.

De hoop is nu gevestigd op een combinatie van maatregelen. Een veel genoemde combinatie is **actief wegvangen met het uitzetten van predatoren** om de laatste (kleine) kreeften niet opnieuw uit te laten groeien tot schadelijke dichtheden. Het helpt daarbij om ecosystemen robuust te maken ('systeemmaatregelen'). In Nederland zijn dergelijke combinatiemaatregelen nog niet op grootschalige praktijkschaal uitgevoerd, maar in het buitenland zijn wel enkele experimenten uitgevoerd:

- In een Zwitsers meer (3 ha) waren 7000 kreeftenvallen nodig en introductie van roofvissen (paling en snoek) om een populatie rode Amerikaanse rivierkreeften van circa 10.000 individuen binnen 4 jaar tot $1/10^{\text{de}}$ van de populatie terug te brengen, waarbij 15.000 kreeften werden gevangen met 0,7 - 3,4 kreeften per val per dag (geen continue vangst; Hefti & Stucki 2006). Het is onduidelijk hoe de populatie zich na het afvangen heeft ontwikkeld;
- In Sparkling Lake (64 ha; Wisconsin, VS) werden gedurende 8 jaar (2001 - 2008) roestbruine Amerikaanse rivierkreeften (*Orconectes Rusticus*) afgekreeft in combinatie met het inzetten van forelbaarzen (Hein et al. 2007; Hansen et al. 2013). In het totaal werden 91.930 kreeften gevangen. De populatie werd gereduceerd met 99%. De vangsten namen in die periode af van 11,8 naar 0,11 kreeften/val. In de vier daarop volgende jaren nam de kreeftendichtheid niet toe (en bleef onder de 1 kreeft/m²). Het afvangen gebeurde met 30 tot 313 beaasde gaasvallen (Gee's Minnow Trap). De vallen werden neergelegd langs de oevers van het meer met de grootste dichtheden op plekken met veel rivierkreeften. Het afvangen gebeurde aanvankelijk continu, waarbij de vallen in eerste instantie dagelijks geleegd werden. Na afname van de populatie gebeurde dat 1 tot 2 keer per week en werden de vallen om de 3 dagen geleegd. Uit monitoring van overige soortgroepen bleek de waterkwaliteit zich weer ter herstellen. Onbekend is hoe de kreeftenpopulatie en waterkwaliteit zich op langere termijn ontwikkeld hebben.

3 Overige grazers

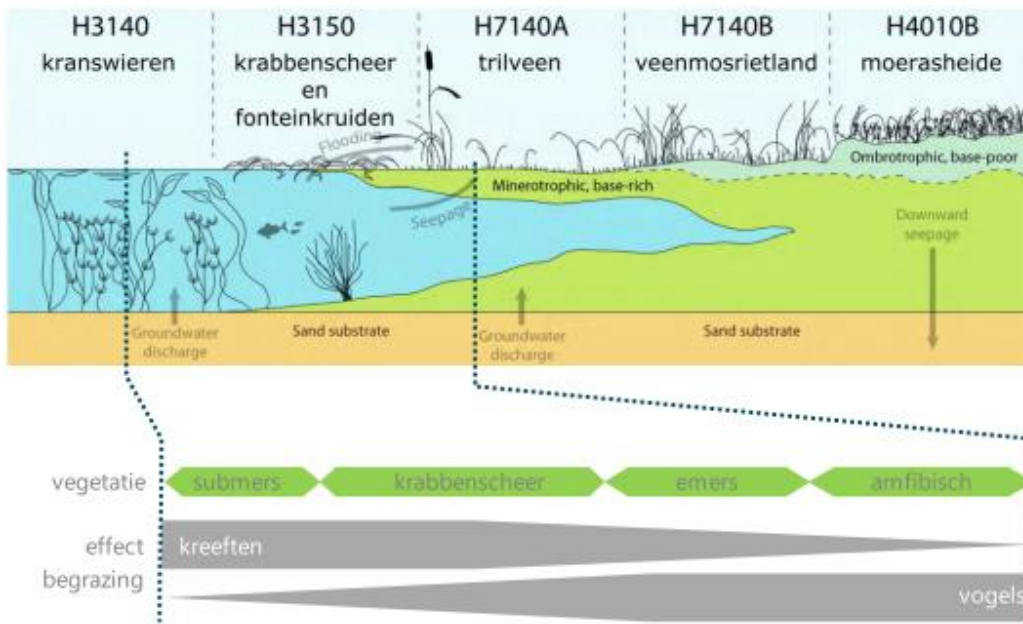
3.1 Inleiding

Hoewel deze studie zich vooral richt op het effect van uitheemse rivierkreeften op de verlanding van laagveenvegetaties, kunnen ook andere grazers een rol spelen in deze verlanding. Zo is bekend dat vraat van ganzen, zwanen, meerkoeten en muskusratten een effect kan hebben op de laagveenverlanding (o.a. Van Wyngaert et al. 2003; Sarneel et al. 2011; Loeb et al. 2016). De sterk toegenomen populaties van een aantal van deze grazende soorten, vooral in het laagveengebied van West-Nederland, heeft de laatste jaren er dan ook vermoedelijk mede voor gezorgd dat de verlandingsvegetaties alhier niet goed tot ontwikkeling zijn gekomen. Dit hoofdstuk richt zich op de volgende vragen:

- 1 Wat is de rol van overige grazers (ganzen, zwanen, meerkoeten en muskusratten) op de ontwikkeling van verlandingsvegetaties? Vormen deze soorten wel of niet een probleem?
- 2 Eten uitheemse kreeften, muskusratten, ganzen, zwanen en meerkoeten dezelfde biobouwers?
- 3 Is er, net als voor uitheemse kreeften, iets bekend over een kritische graasdruk waarboven de vegetatie niet meer tot verlanding over kan gaan? Wat is het gezamenlijke effect van alle grazers samen?
- 4 Zijn er op systeemniveau (beheer)methoden bekend voor het tegengaan of voorkomen van ganzenvraat?

3.2 Rol van overige grazers in ontwikkeling van verlandingsvegetatie

Lange tijd ging men ervan uit dat de rol van herbivore watervogels op de water- en oevervegetatie verwaarloosbaar was (Scheffer 1998). Ondertussen is echter duidelijk dat het voorkomen en de soortensamenstelling van aquatische vegetaties sterk gestuurd kan worden door de vraat en betreding door herbivore watervogels en muskusratten (Bakker 2010; Vulink et al. 2010; Lamers et al. 2010; Sarneel et al. 2011; Loeb et al. 2016; Van der Burg & Vermaat 2017). In deze studies wordt vooral melding gemaakt van begrazing door zwanen, ganzen, meerkoeten en muskusratten. Al de genoemde soorten kunnen zich in veengebieden voeden met biobouwers voor verlanding zoals fonteinkruiden, krabbenscheer, zeggen en riet. Muskusratten en ganzen doen zich daarnaast ook te goed aan de meer stevige oeverplanten zoals lisdodde. Het dieet van deze soorten **overlapt dus gedeeltelijk met het dieet van rivierkreeften**, waarbij de nadruk bij de kreeften ligt op de onderwatervegetaties en dat van vogels en muskusratten op de oevervegetatie (figuur 3.1).



Figuur 3.1: Successiestadia van verlanding, waarbij aangegeven is welke grazers het meeste invloed kunnen hebben op de verlandingsstadia.

Figure 3.1: Succession stages of terrestrialization and the expected effect of grazing by crayfish and/or other grazers.

3.2.1 Rol van begrazing door watervogels

De effecten van watervogels op verlandingsvegetaties wordt doorgaans verdeeld in twee soorten effecten:

- 1 Begrazing en betreding;
- 2 Eutrofiëring.

Begrazing en betreding

Met name ganzen staan in de belangstelling, omdat zij van alle watervogels de meeste schade toebrengen aan oevervegetaties. Daarbij is er sprake van 'verganzing'. De ganzenstand voor alle in Nederland voorkomende ganzen is toegenomen in de afgelopen 2 decennia, en daarmee ook de schade aan oevervegetaties (Van der Jeugd et al. 2006). Vraat door ganzen beperkte zich vroeger vooral tot de winter. De ganzenstand in Nederland is voor alle ganzen echter flink toegenomen. Tegenwoordig is daardoor ook sprake van zomervraat. De effecten verschillen per seizoen (Bakker 2010; Vulink et al. 2010):

- Zomervraat: jonge scheuten en uitlopers worden gegeten door ganzen en meerkoeten, met name in het broed- en ruiseizoen (mei/juni). Rietblad wordt gegeten door knobbelzwaan, wilde zwaan, grauwe gans en grote Canadese gans tijdens de vleugelrui;
- Wintervraat: wortelstokken worden zowel boven als onder water gegeten door ganzen en zwanen, met name in de winter.

Naast begrazing van oeverplanten (helofyten) eten watervogels ook waterplanten (submers, emers en drijvend). Effecten hiervan op het ecosysteem zijn lang onderschat, maar staan sinds enige tijd meer en meer in de belangstelling (Bakker et al. 2016). Uit de studie van Van der Winden & Dreef (2019) komt naar voren dat ganzen een groot effect hebben op de moeras- en verlandingsvegetaties in de Oostelijke Vechtplassen. In dit gebied is dat vooral als gevolg van de grauwe gans, die dag en nacht verlandingsvegetatie zoals riet, lisdodde, zegge, gele plomp en krabbenscheer begraast (van der Winden & Dreef 2019). Behalve het direct effect op de vegetaties zelf, leidt dit ook tot afkalving van de oever. In tegenstelling tot de grauwe gans eet de kolkans niet van de verlandingsvegetatie. De knobbelzwaan, meerkoet en (duik)eenden kunnen jaarrond een begrazingsdruk uitoefenen op

watervegetaties. Naast stengels, wortels en bladeren worden zaden en vruchten gegeten. Net als voor riet, blijkt de begrazingsdruk voor waterplanten over de seizoenen te verschillen, afhankelijk van de populatiedichtheden van de watervogels, de beschikbaarheid en eetbaarheid van de gewenste plantendelen. Boven een kritische graasdruk kan een omslag optreden van een helder naar troebel watersysteem (Bakker et al. 2016; Hidding et al. 2016), zoals dat mogelijk ook kan optreden bij begrazing door rivierkreeften (zie paragraaf 2.4.1). De hoogte van die kritische graasdruk is niet bekend, en zal systeemspecifiek zijn.

Krabbenscheer zou volgens mondelinge mededelingen van experts te lijden hebben van vraat door zwanen, meerkoeten, ganzen, muskusratten en uitheemse rivierkreeften (Loeb et al. 2016). Bij twee experimenten waarbij krabbenscheer werd uitgezet, bleek het succes van het experiment zeer sterk af te hangen van vraat (vermoedelijk door watervogels) en de bescherming daartegen (Veen et al. 2013; Loeb et al. 2016). Deze vraat aan krabbenscheer is echter niet gekwantificeerd.

Er zijn niet veel studies waarin de begrazingsdruk van watervogels gekwantificeerd is. Bovendien zien we een grote spreiding in de onderzoeksresultaten. De spreiding kan bijvoorbeeld het gevolg kan zijn seizoenfluctuaties en de voedselkeuze. De begrazingsdruk van de meerkoet ligt tussen de 45 gram drooggewicht plantenbiomassa per dag (Hurter 1979) en de 100 gram (Boudewijn 1997). De droge stof consumptie van de grauwe gans is berekend op 200 gram droge vegetatie per dag (Boudewijn 1997).

Eutrofiëring

De vertering van plantaardig voedsel is moeilijk en tijdrovend en vereist een groot en gecompliceerd spijsverteringsstelsel. Vogels hebben niet zo'n uitgebreid spijsverteringsstelsel als bijvoorbeeld koeien, waardoor ze grote hoeveelheden plantaardig voedsel eten die ze slechts oppervlakkig verteren. Dit leidt tot een aanzienlijke productie aan faeces. Voor de grotere soorten als Canadese en grauwe Gans kan dit tot een halve kilo per dag bedragen (Van der Jeugd et al. 2006). Omdat ganzenpoep rijk is aan nutriënten als fosfor en stikstof kunnen ganzen bijdragen aan de verrijking van het watersysteem, waarbij het wel van belang is om te vermelden dat het alleen tot een aanrijking leidt als de begrazing elders plaatsvindt dan de locatie waar de faeces terecht komen. Dit wordt aangeduid met de term eutrofiëring, wat in het geval van vogels ook wel guanotrofiëring wordt genoemd. Dit kan in aquatische systemen leiden tot een omslag van helder water naar troebel (door algen gedomineerd) water. Sarneel et al. (2010) tonen aan dat zowel de bemesting van de oever als van het water nadelig is voor de verlanding. Het leidt in het uiterste geval tot woekering van snelgroeiende soorten op oevers en kraggen, en daarmee tot een lagere biodiversiteit en het verdwijnen van de juiste biobouwers voor verlanding zoals snavelzegge, holpijp, paddenrus en waterdrieblad. Het is daarnaast niet uitgesloten dat ook de zuurgraad van de bodems beïnvloed kan worden door vogelpoep zoals bij kolonies van reigers en aalscholvers. Ook dat is sturend voor de verschillende verlandingstypen. Vanuit het oogpunt van natuurbescherming zijn het immers juist de basenrijke en mesotrofe verlandingstypen die men wil ontwikkelen en behouden.

De mate van guanotrofiëring verschilt per vogelsoort. Voor veel soorten is de uitscheiding van P en N gekwantificeerd aan de hand van twee verschillende modellen, voor verschillende diëten en voor verschillende seizoenen (Hahn et al. 2008). De jaargemiddelde P- en N-belasting van enkele algemeen voorkomende watervogels staat weergegeven in tabel 3.1. Hieruit blijkt dat de 'belasting' per soort sterk kan verschillen. De P-belasting van de knobbelzwaan is bijvoorbeeld bijna tweemaal hoger dan die van een grauwe gans. Zoals hiervoor reeds is opgemerkt betreft dit niet per se 'eutrofiëring'; daarvan is alleen sprake als de begrazing buiten het (water)systeem heeft plaatsgevonden dan waarin de faeces terecht komen.

Tabel 3.1: Gemiddelde fosfor(P)- en stikstof(N)-belastingen van feces van verschillende soorten watervogels over het jaar heen (Hahn et al. 2008).

Table 3.1: Average phosphorus (P)- and nitrogen(N)-load of waterbird feces throughout a year (Hahn et al. 2008).

Soort	P-belasting (mg/vogel/dag)	N-belasting (mg/vogel/dag)
Grauwe gans	176	1498
Meerkoet	17	144
Kolgans	120	1018
Knobbelzwaan	329	2841
Canadese gans	238	2039

3.2.2 Begrazing door muskusratten

Sinds de eerste vondst in 1941 in Valkenswaard heeft de muskusrat (een exoot dus) zich snel over heel Nederland verspreid. De soort is bijna overal in de oeverzones van de zoete wateren aanwezig. Alleen op de Waddeneilanden en in Noord-Holland is het voorkomen beperkt gebleven. De muskusrat profiteert in ons land van de vele grazige, kruidenrijke en ruige oeverzones, waarin aanzienlijke aantallen dieren kunnen voorkomen. De muskusrat en bevrrat zijn geduchte gravers. Het zijn met name de dijken en oevers die het moeten ontgelden, want daarin graven ze hun holen en flinke gangenstelsels. Een muskusrat kan zo'n dertien kruiwagens grond per jaar verplaatsen. Hij vormt daarmee een bedreiging voor de waterveiligheid bij kades en dijken. Daarnaast komt veel van de weggegraven grond in sloten en tochten terecht, waardoor de waterafvoer stagneert.

In de reeds bestaande OBN-studies naar verlandingsvegetaties wordt weinig concrete informatie gegeven over het effect van muskusratten op verlandingsvegetaties. In de literatuur zijn wel duidelijke aanwijzingen te vinden dat muskusratten invloed kunnen hebben op de soortensamenstelling van oever- en waterplanten en op de kolonisationsnelheid van open water. Sarneel et al. (2014) vinden in een begrazingsstudie een negatieve correlatie tussen het aantal muskusratten in het studiegebied en de kolonisationsnelheid van oevervegetatie. De onderzoekers adviseren verder onderzoek, omdat hetzelfde effect ook al in een eerdere studies was waargenomen. Proeven in de Reeuwijkse plassen met exclusures laten hetzelfde zien (Van der Burg & Vermaat 2017): als muskusratten niet meer bij de oeverplanten kunnen, volgt er een zeer snelle ontwikkeling van riet met grote egelskop in het water. Ook ontwikkelden zich verschillende soorten ondergedoken waterplanten beter in het afgesloten compartiment: drijvend, glanzig en doorgroeid fonteinkruid, smalle waterpest en krabbenscheer vormden dichte vegetaties. Zonder afscherming werden in het voorjaar jonge rietstengels continu afgebeten. In de herfst en winter waren vooral de wortelstokken van riet en de stengelbases van grote egelskop (*Sparganium erectum*) en kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) geliefd voedsel voor de muskusratten. Ook andere bronnen vermelden dat lisdodde de geprefereerde voedselkeuze is van de muskusrat (Lacki 1989).

Behalve dat muskusratten de vegetatie consumeren, leidt het gedrag van de muskusrat ook tot beschadiging van water- en oeverplanten. In de eerste plaats, doordat ze alleen de wortels en onderkanten van stengels eten. De bovenkant van de vegetatie wordt niet geconsumeerd, maar gaat wel verloren. In de tweede plaats bouwen muskusratten hun burchten in de late zomer en vroege herfst, wanneer de (oever)vegetatie op zijn hoogtepunt is. Afhankelijk van de populatiegrote van de muskusrat kan een groot deel van de vegetatie hierdoor beschadigd raken en verdwijnen. Bij dichtheden van twintig of meer muskusratten per hectare is bekend dat een gehele macrofyten gemeenschap kan verdwijnen door consumptie én beschadiging. Door het openbreken van de oevervegetatie door begrazing en

beschadiging wordt bovendien ook weer direct verdere vraat aan macrofyten door watervogels gefaciliteerd (Kadlec 2005).

De consumptiesnelheid van muskusratten is in verschillende studies gekwantificeerd. Uit een studie van Clark et al. (2000) is berekend dat de muskusrat 82 gram drooggewicht biomassa per kilo lichaamsgewicht (of per dier, omdat de gemiddelde volwassen muskusrat 1 kg weegt) consumeert. Dat komt neer op zo'n 820 g nat gewicht per dag. Een studie van Campell & MacArthur (1994) schat echter een consumptiesnelheid van 140 gram drooggewicht per dag (ofwel 1,4 kg nat gewicht). Ook moet er nog rekening gehouden worden met het feit dat de muskusrat grofweg twee tot drie keer zo veel biomassa beschadigd als dat hij consumeert (Campbell & MacArthur 1994). Hierdoor kan de verwijderde biomassa oplopen tot wel 6 kg nat gewicht per muskusrat per dag.

3.2.3 Graasdruk 'overige grazers' versus graasdruk rivierkreeften

Wanneer zowel rivierkreeften als andere grazers in hoge dichtheden in het systeem aanwezig zijn, is het effect op de vegetatie vaak duidelijk te zien. Het effect van vraat kan namelijk goed ingeschat worden door delen van de oevers uit te rasteren en de verschillen in vegetatieontwikkeling met niet uitgerasterde oevers te vergelijken (zie onder andere de voorbeelden uit de voorgaande paragrafen). Wat de relatieve bijdrage van begrazing door vogels en muskusratten is ten opzichte van de begrazing van uitheemse rivierkreeften is niet geheel duidelijk, evenals de verschillende effecten op verschillende biobouwers. Deze onduidelijkheid wordt veroorzaakt door de volgende factoren:

- De populatiegrootte van de verschillende grazers in de omgeving van experimenten is niet altijd precies bekend, terwijl dat wel een zeer bepalende factor is voor het al dan niet optreden van vraat door een soort. Zowel voor watervogels als muskusratten wordt in verschillende studies gewaarschuwd dat de populaties door hun nachtelijke activiteiten onderschat kunnen worden. Duidelijk is wel dat muskusratten en watervogels ook zonder rivierkreeften al voor problemen zorgen;
- Onderzoek naar begrazing door de drie soortgroepen en het effect daarvan op verlanding is zeldzaam. Daarbij ligt de focus van begrazingsonderzoeken vooral op ontwikkeling van natuurvriendelijke oevers in meren met riet, lisdodden en heen als belangrijkste soorten. Bestudering van effecten op waterplanten en meer specifiek op verlandingstypen is minder goed beschouwd in de literatuur. Voor zover bekend is het onderzoek van Loeb et al. (2016) het meest uitgebreid;
- Het is lastig om een afrastering te maken die selectief is voor de verschillende soorten. De uitheemse rivierkreeften blijken het meest lastig om te weren. De juvenielen zijn zo klein, dat zelfs kippengaas of volièregaas met een fijne maaswijdte passeerbaar is (o.a. Loeb et al. 2016). Controle van de exclusures op kreeften gedurende een experiment is dan dus sterk aan te raden;
- Naast vraat wordt de ontwikkeling van vegetatie nog door andere aspecten beïnvloed (zoals waterdiepte, waterdoorzicht, waterkwaliteit en golfslag) die in de onderzoeken niet altijd zijn te scheiden van effecten door vraat;
- Vraat door de verschillende soortgroepen verschilt door hun dieet en hun eetpatroon gedurende het jaar. Rivierkreeften hebben bijvoorbeeld meer voorkeur voor waterplanten dan voor oeverplanten, in vergelijking met muskusratten en ganzen. Zwanen, meerkoeten en eenden eten echter beide. De watervogels eten ook de wortelstokken, maar dat is alleen mogelijk in ondiep water (tot circa 50 cm diepte) en dit gebeurt vooral in de winter. Naast vraat beïnvloeden watervogels ook nog de waterkwaliteit door hun ontlasting, wat tot eutrofiëringsverschijnselen kan leiden, van zowel de oever als het water. Dit leidt tot allerlei interactie effecten, die lastig van elkaar te scheiden zijn.
- Er zijn grove getallen beschikbaar van de begrazingsdruk door overige grazers aan oever- en/of watervegetatie. De muskusrat consumeert tussen de 820 en 1400 g nat gewicht biomassa per dag. Doordat vooral de wortels of onderkanten van stengels worden gegeten, kan het verlies aan biomassa oplopen tot wel circa 6 kg per dag. De grauwe

gans consumeert zo'n 2 kg nat gewicht per dag en een meerkoet tussen de 450 en de 1000 g nat gewicht biomassa per dag.

- Het uiteindelijke effect van de begrazing van deze soorten op de vegetatie is uiteraard afhankelijk van de populatieomvang.

Bij herstelmaatregelen door bijvoorbeeld de aanleg van natuurvriendelijke oevers of het graven van nieuwe petgaten is het in ieder geval zaak om terdege met vraat rekening te houden. Afhankelijk van het voorkomen van de soorten en de aantallen grazers kan overwogen worden om wel/niet maatregelen uit te voeren (zie paragrafen 2.5.2 en 3.3).

3.3 Maatregelen tegen overige grazers

Het effect van overige grazers (vogels en muskusratten) kan verminderd worden door:

- Het verkleinen van de aanwezige populatie;
- Het aanbrengen van fysieke barrières;
- Het vergroten van de robuustheid van de vegetatie door grote oppervlakten met vitale verlandingsgemeenschappen te creëren (de verhouding tussen randlengte en areaal dient klein gehouden te worden);
- Habitatbeheer, dat wil zeggen het ongeschikt maken van nest- en opgroei-habitat door middel van ingrepen in de vegetatie en/of het watersysteem.

Maatregelen tegen ganzen

Vanwege de oplopende aantallen ganzen en de schade aan landbouwgewassen worden ganzen al een enige tijd bestreden. Daarbij dient de Wet Natuurbescherming gevolgd te worden en spelen de faunabeheereenheden van de provincies een belangrijke rol. Niet alle bestrijdingsmethoden zijn echter op langere termijn duurzaam. Sovon doet onderzoek naar beheer en de effectiviteit van maatregelen om ganzenproblemen op te lossen⁵. **Het is mogelijk populaties van broedende ganzen te beperken, maar aan de verschillende maatregelen kleven voor- en nadelen.** Men concludeert het volgende (Van der Jeugd et al. 2006):

- Ingrijpen in de overleving (verkorten gemiddelde levensduur) is effectiever dan ingrijpen in de reproductie (hoeveelheid jongen per jaar);
- Dichtheidsafhankelijke regulatie (interne concurrentie) beïnvloedt de effectiviteit van maatregelen in belangrijke mate, en maakt met name ingrepen in reproductie weinig effectief. Dit is precies wat ook bij de uitheemse rivierkreeften wordt waargenomen;
- Het rapen, schudden en prikken van eieren blijkt op populatieniveau niet effectief. Meer lokaal kan het vestigende ganzenpopulaties wel afschrikken. Dit wordt bevestigd in de studie van van der Winden & Dreef (2019). Hier wordt geconstateerd dat deze maatregel weliswaar de groei van de populatie tegen kan gaan, maar niet resulteert in een daling van de populatieomvang;
- Habitatbeheer (het ongeschikt maken van nest- en opgroei-habitat) is potentieel effectief en duurzaam en verdient nader onderzoek in samenwerking met terreinbeheerders en landbouwers.

In de voorliggende studie zijn niet alle aspecten in detail uitgewerkt. We verwijzen naar de aangehaalde literatuur. Habitatbeheer verdient nog wel wat extra aandacht, omdat men er hoopvol over is. Bij habitatbeheer wordt er ingegrepen op factoren die een gebied meer of minder aantrekkelijk maken voor de soorten (vergelijkbaar met de 'systeemmaatregelen' zoals genoemd bij de bestrijding van rivierkreeften). De voornaamste opties zijn (Van der Jeugd et al. 2006):

- **De nabijheid van akkers en/of graslanden beperken:** Soorten als ganzen en zwanen leven graag op kort gemaaide, eiwitrijke graslanden in de nabijheid van open water.

⁵ Zie voor een overzicht: <https://www.sovon.nl/nl/ganzen>

Voedselarme vegetatie (schrале graslanden) en hoge, dichte vegetaties (rietvegetatie, verruigde graslanden, struwelen) zijn voor deze soorten onaantrekkelijk. Het veranderen van het beheer (verschralen, of juist verruigen) en het zoeken van locaties op afstand van akkers of graslanden kan de overlast nabij verlandingsvegetaties verminderen. Aangezien de fosforbeschikbaarheid en begrazing door watervogels samenhangen, lijken petgaten in een voedselarmere omgeving dus kansrijker te zijn (Loeb et al. 2016);

- Provincies wijzen **opvanggebieden** aan waar ganzen ongestoord mogen overwinteren. Daarbuiten worden de ganzen dan bejaagd en verstoord om schade te voorkomen en de soorten te verjagen naar de opvanggebieden. Het is zaak voor natuurbeheerders om kwetsbare natuurgebieden buiten deze zones te houden en ook op voldoende afstand. Grauwe ganzen, net als de meeste andere ganzen, gebruiken bij voorkeur percelen die tussen 2-5 km van de slaappleats liggen. Over het algemeen wordt niet meer dan 10 km gevlogen (Kleijn et al. 2012);
- **Plaatsen van rasters of dichte vegetatie:** De beschikbaarheid van opgroeigebieden wordt verminderd door het plaatsen van afrasteringen of zones met dichte vegetatie (riet, ruigte, struweel), waardoor de afgerasterde locaties niet geschikt worden voor ganzenfamilies. Via afrastering kunnen water- en ruigebieden ook van elkaar worden gescheiden met als gevolg dat de vogels naar alternatieve plaatsen uitwijken. Lokaal kunnen rasters ook gebruikt worden ter bescherming van kwetsbare vegetaties, zoals hierboven al herhaalde keren benoemd is (zie enclosure-experimenten). Als vogelrasters wordt fijnmazig gaas gebruikt (maaswijdte 2 x 2 cm in verband met jongen; 60-70 cm hoog). Voor bescherming van de vegetatie binnen een afrastering worden dan nog (witte) linten gespannen aan de bovenzijde, bijvoorbeeld in kruisverband, die zijn bevestigd aan houten paaltjes. Dit voorkomt het binnenvliegen van de vogels.

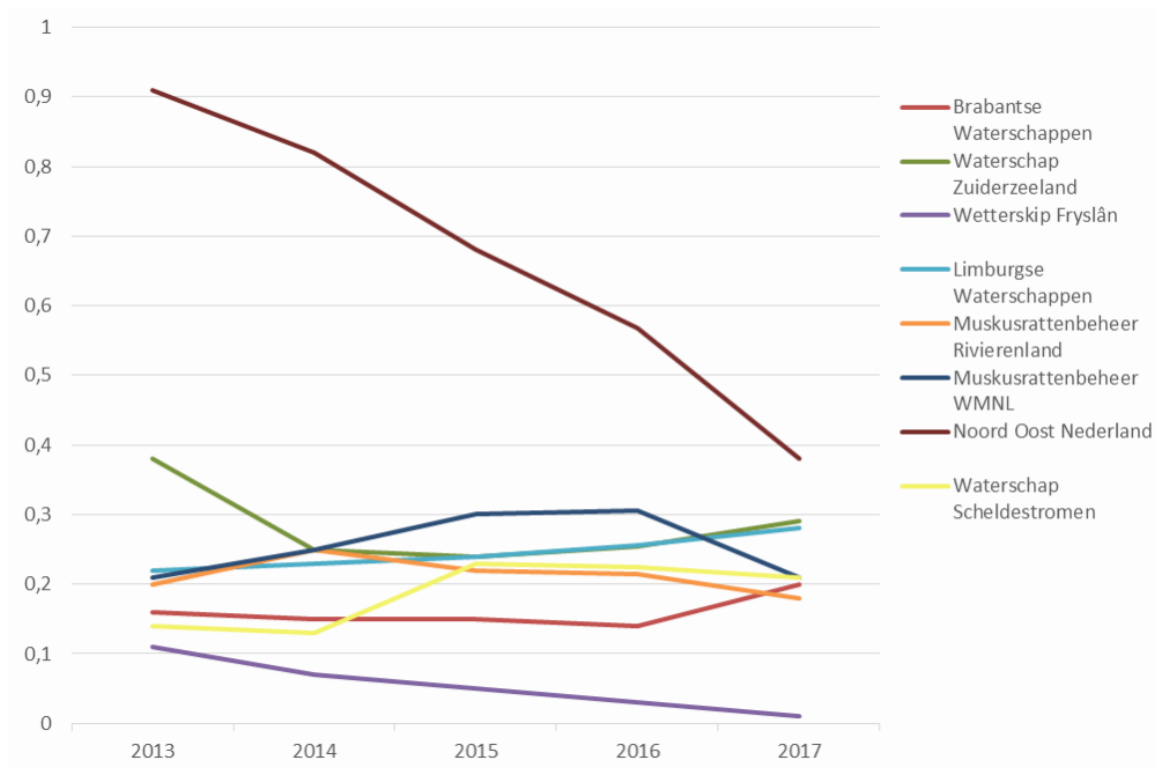
Maatregelen tegen muskusratten

De waterschappen zijn bij wet verplicht om zo goed mogelijk zorg te dragen voor het voorkomen van schade aan waterstaatswerken die veroorzaakt worden door muskus- en beverratten (Waterwet, art. 3.2a). Dit wordt gedaan door de populatie muskusratten zo klein mogelijk te krijgen. Een kleinere populatie betekent dat er minder dieren gevangen en gedood hoeven te worden waarmee het dierenleed zoveel mogelijk beperkt wordt. Voor de beverrat is uitroeiing het doel. De bestrijding wordt uitgevoerd door speciaal opgeleide bestrijders. Voor het vangen worden kooien en klemmen gebruikt, waarbij wordt gewerkt volgens de gedragscode voor bestrijding van muskus- en beverratten en bijbehorende instructies. Vangsten worden bijgehouden in een landelijk vangstregistratiesysteem (figuur 3.2). De 'onder-controle'-grens ligt op 0,15 vangsten per km watergang. Alleen Wetterskip Fryslân presteerde in 2017 onder deze grens. Het landelijk resultaat is de afgelopen jaren wel gedaald naar 0,21 vangsten/km watergang. Het aantal muskusratten dat gevangen wordt, daalt al sinds 2004 toen er landelijk meer dan 400.000 gevangen werden tegen 61.859 in 2017 (UvW 2018). De vangsten zeggen echter niet alles over de absolute aantallen die in de verschillende regio's aanwezig zijn. Dit heeft te maken met de verschillen in landschappen, watersystemen, het landgebruik en de inzet van bestrijders. **Wel is duidelijk dat de populaties landelijk in aantal sterk afnemen** (Bos & Van Loon 2018).

Met het oog op de vermindering van dierenleed, de aantallen bijvangsten, de doelmatigheid en de kosten wordt er momenteel gediscussieerd over het nut en noodzaak van muskusrattenbestrijding. **Wellicht dat het beheer in de nabije toekomst dus gaat veranderen.** Om een duidelijk antwoord te krijgen, zijn verschillende onderzoeken gestart. De resultaten daarvan zijn recent gepubliceerd (Bos & Van Loon 2018), maar voor zover bekend zijn deze nog niet vertaald naar nieuw beleid. Het advies komt op het volgende neer:

- De bestrijding moet niet te vroeg of te snel worden afgebouwd;
- Volledige verwijdering van de muskusrat is te overwegen, waarbij herkolonisatie vanuit buurlanden of besmette regio's in Nederland zelf moet worden voorkomen;
- De kwaliteit van de inzet van bestrijding dient te worden verhoogd.

Alternatieve vormen van bestrijding en het onaantrekkelijk maken van het leefgebied voor muskusratten zijn onderzocht, maar dan vooral met het oog op het voorkomen van graafschade en verminderen van risico's voor de waterveiligheid. Voor het tegengaan van vraatschade is dit, voor zover bekend, niet onderzocht en zeker niet voor het voorkomen van negatieve effecten op verlandingstypen. Het tegengaan van graafschade kan door de oevers te beschermen met gaas, stortsteen, doek of beton. Een maatregel die voor natuurontwikkeling niet wenselijk is, en daarbij niet op grote schaal uitvoerbaar is vanwege de kosten. Het werken met doorgroeibaar gaas zou nog overwogen kunnen worden.

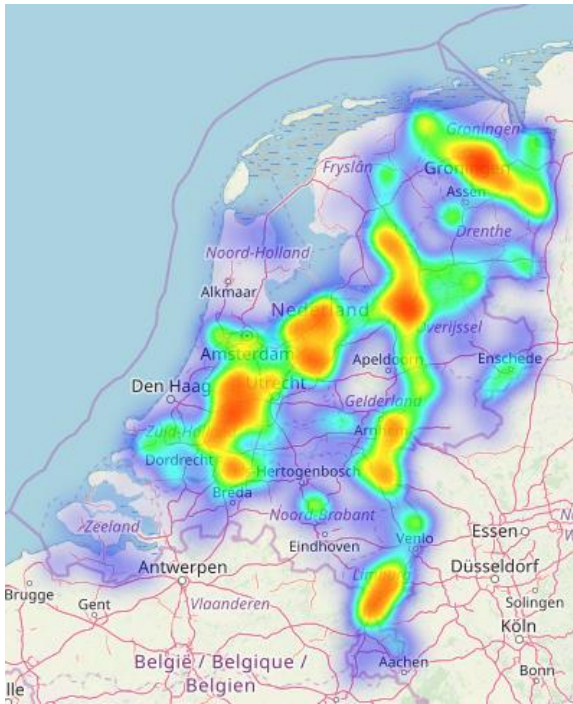


Figuur 3.2 Ontwikkeling van vangsten van muskusratten per km watergang per bestrijdingsorganisatie in Nederland.

Figure 3.2 Development of muskrat catches per km waterbody per control unit in the Netherlands.

Van **predatoren** verwacht men weinig effect gezien de hoge aantallen muskusratten die in het verleden gevangen werden (ook in gebieden met veel predatoren zoals de Oostvaardersplassen). Er zijn echter voorbeelden uit het buitenland waar de populaties uit zichzelf kleiner worden. Maar zolang de achterliggende processen niet bekend zijn (predatie, ziekte, draagkracht?), is het te risicovol om daar vanuit te gaan.

Het onaantrekkelijk maken van oevers of watergangen als leefgebied is vrijwel niet mogelijk. Muskusratten zijn erg opportunistisch. Als ze maar een burcht of hut kunnen maken en er gedurende het hele jaar (plantaardig) voedsel aanwezig is, dan kunnen ze er leven. Optimaal habitat bestaat uit helder, zoet water dat niet of nauwelijks stroomt. Verder mag de waterstand niet te sterk fluctueren. Een waterdiepte tussen 0,4 meter en 1,2 meter is het meest geschikt voor muskusratten. Habitats van hoge kwaliteit worden gekenmerkt door een bedekking met oevervegetatie van 50% of meer. Uit verspreidingskaartjes blijkt dat laagveengebieden duidelijk niet gemeden worden door de muskusrat (figuur 3.3).



Figuur 3.1 Waarnemingsdichtheid (heatmap) van waarnemingen van de muskusrat in Nederland in de periode 2000 t/m 2018 (bron: waarneming.nl; totaal 3738 waarnemingen en 4218 individuen).

Figure 3.2 Observation density (heatmap) of observations of the muskrat in The Netherlands in the period from 2000 until 2018 (source: waarneming.nl; total of 3738 observations with 4218 individuals).

4 Referenties

- Alcorlo, P., Geiger, W. & Otero, M., 2008. Reproductive biology and life cycle of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea: Decapoda) in diverse aquatic habitats of South-Western Spain: Implications for population control. *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie*, 173: 197-212.
- Anastácio, P.M., Ferreira, M.P., Banha, F., Capinha, C. & Rabaça, J.E., 2013. Waterbird-mediated passive dispersal is a viable process for crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquatic Ecology*, 48 (1): 1-10.
- Anastácio, P. & Marques, J., 1997. Crayfish, *Procambarus clarkii*, effects on initial stages of rice growth in the lower Mondego River valley (Portugal). *Freshwater crayfish*, 11: 608-617.
- Angeler, D.G., Sanchez-Carrillo, S., Garcia, G. & Alvarez-Cobelas, M., 2001. The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia*, 464: 89-98.
- Aquiloni, L., Brusconi, S., Cecchinelli, E., Tricarico, E., Mazza, G., Paglianti, A. & Gherardi, F., 2010. Biological control of invasive populations of crayfish: the European eel (*Anguilla anguilla*) as a predator of *Procambarus clarkii*. *Biological Invasions*, 12: 3817-3824.
- Bakker, E.S., Wood, K.A., Pagès, J.F., Veen, G.F., Christianen, M.J.A., Santamaría, L., Nolet, B.A. & Hilt, S., 2016. Herbivory on freshwater and marine macrophytes: A review and perspective. *Aquatic Botany*, 135: 18-36.
- Bakker, L., 2010. Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op de uitbreiding van waterriet. *De Levende Natuur*, 111(1): 57-59.
- Bakker, L. & Dorenbosch, M., 2010. *Het effect van invasieve rivierkreeften op de ondergedoken waterplanten in Loenderveen-Oost, Terra Nova en de Waterleidingplas*. Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Nieuwersluis.
- Barbaresi, S., Tricarico, E. & Gherardi, F., 2004. Factors inducing the intense burrowing activity of the red-swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, an invasive species. *Naturwissenschaften*, 91: 342-345.
- Beja, P.R. (1996) An analysis of Otter *Lutra lutra* Predation on Introduced American Crayfish *Procambarus clarkii* in Iberian streams. *Journal of Applied Ecology*, 33(5): 1156-1170.
- Bills, T.D. & Marking, L.L., 1988. Control of Nuisance Populations of Crayfish with Traps and Toxicants. *The Progressive Fish-Culturist*, 50 (2): 103-106.
- Blake, M.A. & Hart, P.J.B., 1993. The behavioural responses of juvenile signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* to stimuli from perch and eels. *Freshwater Biology*, 29: 89-97.
- Boerkamp, A., 2009. *Verspreidingsonderzoek kreeften Bovenmark en Singels Breda*. ATKB, Waardenburg.
- Boerkamp, A., Roessink, I., Van Giels, J. & Ottburg, F.G.W.A., 2012a. *Onderzoek naar de effectiviteit van de combinatie van twee beheermaatregelen voor rode Amerikaanse rivierkreeften. De Amerikaanse rivierkreeft in het Veenweidegebied: Managementsamenvatting*. Alterra, Wageningen.
- Boerkamp, A., Gylstra, R., Van Emmerik, W., Heuts, P. & Ottburg, F.G.W.A., 2012b. Paling versus kreeften. Inzet roofvis bij aanpak exotische rivierkreeften. *Visionair*, 25: 25-27.
- Bos, D. & Van Loon, E.E., 2018. *Beheer van de muskusrat in Nederland. Synthese van een grootschalige veldproef en parallele studies*. Altenburg & Wymenga, Feanwâlden.
- Boudewijn, T., 1997. *Mogelijke effecten van herbivore watervogels en de Muskusrat op de ontwikkeling van helofyten in het Volkerak-Zoommeer bij een gewijzigd peilbeheer*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Brannelly, L.A., McMahon, T.A., Hinton, M., Lenger, D. & Richards-Zawacki, C.L., 2015. *Batrachochytrium dendrobatidis* in natural and farmed Louisiana crayfish populations: prevalence and implications. *Disease of Aquatic Organisms*, 112:229-235.
- Brederveld, B. & De Jong, B., 2018. *Effecten kreeften op waterkwaliteit, wat zijn de mogelijkheden tot ingrijpen?* Witteveen+Bos, Deventer.

- Campbell, K. L., & MacArthur, R. A., 1994. Digestibility and assimilation of natural forages by muskrat. *The Journal of Wildlife Management*, 633-641.
- Carol, J., Benejam, L., Benito, J. & García-Berthou, E., 2009. Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. *Fundamental and Applied Limnology*, 174(4): 317-328.
- Carreira, B., Segurado, P., Laurila, A. & Rebelo, R., 2017. Can heat waves change the trophic role of the world's most invasive crayfish? Diet shifts in *Procambarus clarkii*. *PLoS ONE*, 12 (9): e0183108. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183108>.
- Clark, W. R., 2000. Ecology of muskrats in prairie wetlands. *Prairie Wetland Ecology: the contribution of the Marsh Ecology Research Program*. Iowa State University Press, Ames, 287-313.
- Correia, A.M., 2001. Seasonal and interspecific evaluation of predation by mammals and birds on the introduced red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Cambaridae) in a freshwater marsh (Portugal). *Journal of Zoology*, 255: 533-541.
- Correia, A.M., 2003. Food choice by the introduced crayfish *Procambarus clarkii*. *Ann. Zool. Fennici*, 40: 517-528.
- Couperus, A.S., 2015. *Kennisdocument rivierkreeften*. IMARES Wageningen UR.
- Croll, S.L. & Watts, S.A., 2007. The Effect of Temperature on Feed Consumption and Nutrient Absorption in *Procambarus clarkii* and *Procambarus zonangulus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35:478 - 488.
- Czarnecki, M., Andrzejewski, W. & Mastyński, J. 2003. The feeding selectivity of wels (*Silurus glanis* L.) in Lake Góreckie. *Archives of Polish Fisheries*, 11: 141-147.
- Davidson, E.W., Snyder, J., Lightner, D., Ruthig, G., Lucas, J. & Gilley, J., 2010. Exploration of potential microbial control agents for the invasive crayfish, *Orconectes virilis*. *Biocontrol, Science and Technology*, 20(3) :297-310.
- D'Abramo, L.R. & Robinson, E.H., 1989. Nutrition of Crayfish. *Aquatic sciences*, 1: 711-728.
- De Heer, K., 2016. Europees exotenbeleid telt drie sporen. *Natura* 2016 (1): 22-23.
- De Hoop, L. Loop, J.M.M., Van der Kleef, H.H., De Hullu, E. & Leuven, R.S.E.W., 2016. *Maatregelen voor het elimineren en beheersen van invasieve exoten van EU-belang in Nederland*. Radboud Universiteit, Afdeling Milieukunde FNWI, Nijmegen.
- EIS, 2010. *Verspreidingsonderzoek uitheemse kreeften*. Digitaal beschikbaar op: <http://www.kreeftenonderzoek.nl/index.html>
- Europese Commissie, 2014. Verordening (EU) Nr. 1143/2014 van het Europees Parlement en de Raad. *Publicatieblad van de Europese Unie*, L317:35-55.
- Europese Commissie (2016) Uitvoeringsverordening (EU) 2016/1141 van de Commissie. *Publicatieblad van de Europese Unie*, L189:4-8
- Feminella, J. W., & Resh, V. H., 1989. Submerged macrophytes and grazing crayfish: an experimental study of herbivory in a California freshwater marsh. *Holarctic Ecology*, 12, 1-8.
- Freeman, M.A., Turnbull, J.F., Yeomans, W.E. & Bean, C.W., 2010. Prospects for management strategies of invasive crayfish populations with an emphasis on biological control. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20: 211-223.
- Garvey, J., Stein, R. & Thomas, H., 1994. Assessing How Fish Predation and Interspecific Prey Competition Influence a Crayfish Assemblage. *Ecological Society of America (ESA)*, 54 (2): 532-547.
- Geelen, J.F.M., 1978. *The distribution of the crayfishes Orconectes limosus (Rafinesque) and Astacus astacus (L.) (Crustacea, Decapoda) in the Netherlands*. Laboratory of Aquatic Ecology, Catholic University Nijmegen, Nijmegen.
- Geiger, W., Alcorlo, P., Baltanas, A. & Montes, C., 2005. Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions*, 7: 49-73.
- Gherardi, F., 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behavior and Physiology*, 39: 175-191.
- Gherardi, F. & Acquistapace, P., 2007. Invasive crayfish in Europe: the impact of *Procambarus clarkii* on the littoral community of a Mediterranean lake. *Freshwater Biology*, 52: 1249-1259.
- Gherardi, F., Aquiloni, L., Diéguez-Urbeondo, J. & Tricarico, E., 2011. Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquatic invasions*, 73: 185-200.

- Gil-Sanchez, J.M. & Alba-Tercedor, J., 2002. Ecology of the native and introduced crayfishes *Austropotamobius pallipes* and *Procambarus clarkii* in southern Spain and implications for conservation of the native species. *Biological Conservation*, 105: 75-80.
- Green, N., Stebbing, P., Bentley, M. & Britton, R., 2018. Trapping for invasive crayfish: Comparisons of efficacy and selectivity of baited traps versus novel artificial refuge traps. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 419: 9 p.
- Gylstra, R., Du Bois, T., Koese, B. & Soes, D.M., 2016. Verspreiding van rivierkreeften en risico's voor baggeraanwas in het beheergebied van Waterschap Rivierenland. *H20-Online*, 11 februari 2016.
- Hahn, S., Bauer, S., & Klaassen, M., 2008. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. *Freshwater Biology*, 53(1), 181-193.
- Hansen, G.J.A., Hein, C.L., Roth, B.M., Vander Zanden, M.J., Gaeta, J.W., Latzka, A.W., Carpenter, S.R., 2013. Food web consequences of long-term invasive crayfish control. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70 (7): 1109-1122.
- Harper, D.M., Smart, A.C., Coley, S., Schmitz, S., Gouder de Beauregard, A.-C., North, R., Adams, C., Obade, P. & Kamau, M., 2002. Distribution and abundance of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard at Lake Naivasha, Kenya between 1987 and 1999. *Hydrobiologia*, 488: 143-151.
- Haubrock, P., Criado, A., Monteoliva, A., Monteoliva, J., Santiago, T., Inghilesi, A. & Tricarico, E., 2018. Control and eradication efforts of aquatic alien fish species in Lake Caicedo Yuso-Arreo. *Management of Biological Invasions*, 9 (3): 267-278.
- Hefti, D. & Stucki, P., 2006. Crayfish management for Swiss waters. *Bulletin Francais De La Peche Pisciculture*, 380 (81): 937-950.
- Hein, C., Vander Zanden, M.J. & Magnuson, J.J., 2007. Intensive trapping and increased fish predation cause massive population decline of an invasive crayfish. *Freshwater Biology*, 52 (6):1134-1146.
- Heuts, P., 2012. *Onderzoek naar rivierkreeften in het beheergebied van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Bundeling van onderzoeksresultaten 2006-2012*. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Houten.
- Hidding, B., Bakker, E., Hootsmans, M. & Hilt, S., 2016. Synergy between shading and herbivory triggers macrophyte loss and regime shifts in aquatic systems. *Oikos*, DOI: 10.1111/oik.03104.
- Higler, L.W.G., 1991. (Her-)introdactie van kreeftachtigen in het zoete water. *De Levende Natuur*, 92 (5): 169-171.
- Holthuis, L.B., 1950. De rivierkreeft in Nederland. *De Levende Natuur*, 53 (10): 197-199.
- Hurter, H., 1979. Nahrungsökologie des Blässhuhn (*Fulica atra*) an den Überwinterungsgewässern in nördlichen Alpenvorland. *Der Ornithologische Beobachter* 76: 257-288.
- Hyatt, M., 2004. *Investigation of Crayfish Control Technology*. Arizona Game and Fish Department, Wildlife management Division / Research Branch, Phoenix, USA.
- IAA, 2017. *European Crayfish Conference 16.-18.8.2017 - book of abstracts*.
- Ilheu, M., Acquistapace, P., Benvenuto, C & Gherardi, F., 2003. Shelter use of the Red-Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) in dry-season stream pools. *Arch. Hydrobiologica*.
- Jaarsma, N., Klinge, M. & Lamers, L.P.M., 2008. *Van helder naar troebel... en weer terug*. Rapportnr. 2008-04, STOWA, Amersfoort.
- Kampen, J., 2018. *Experiment beheer exotische rivierkreeften Molenpolder*. ATKB.
- Kleijn, D., Van der Hout, J., Voslamber, B., Van Randen, Y. & Melman, T.C.P., 2012. *Broedende Grauwe ganzen in Nederland : ontwikkelingen in landbouwkundige schade en factoren die hun ruimtegebruik beïnvloeden*. Alterra, Wageningen-UR, Wageningen.
- Koese, B., 2011. *De geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft rond Kamerik en Kockengen in 2010*. EIS-Nederland, Leiden.
- Koese, B. & Evers, N., 2011. *A national inventory of invasive freshwater crayfish in the Netherlands in 2010*. Rapportnr. 2011-03, EIS-Nederland, Leiden.
- Koese, B. & Soes, D.M., 2011. *De Nederlandse rivierkreeften (Astocoidea & Parastacoidea). Nederlandse Faunistische mededelingen: Entomologische Tabellen 6*. Nederlandse Entomologische Vereniging, NCB Naturalis & EIS-Nederland, Leiden.
- Koese, B., Raaphorst, E., Heuts, P. & Kolff, E., 2011. *Gravende rivierkreeften waar gaat het heen?* *De Levende Natuur*, 112 (3): 120-123.

- Koese, B. & Vos, J., 2013. *Graafactiviteiten van de rode Amerikaanse rivierkreeft (Procambarus clarkii). Overzicht van de omvang in het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland en het Hoogheemraadschap van Rijnland*. EIS-Nederland, Leiden.
- Lamers, L., Sarneel, J., Geurts, J. & Dionisio Pires, M., Remke, E., Van Kleef, H., Christianen, M., Bakker, L., Mulderij, G., Schouwenaars, J., Klinge, M., Jaarsma, N., Van der Wielen, S., Soons, M., Verhoeven, J., Ibelings, B., Van Donk, E., Verberk, W., Esselink, H. & Roelofs, J., 2010. *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2)*. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Lacki, M. J., Peneston, W. T., Adams, K. B., Vogt, F. D., & Houppert, J. C., 1990. Summer foraging patterns and diet selection of muskrats inhabiting a fen wetland. *Canadian Journal of Zoology*, 68(6), 1163-1167.
- Lemmers, P., Crombaghs, B.H.J.M. & Leuven, R.S.E.W., 2018. *Invasieve exotische kreeften in het beheergebied van waterschap Rivierenland Verkenning van effecten, risico's en mogelijke aanpak*. Projectnr. 17-238, Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Loeb, R., Geurts, J., Bakker, L. & Van Leeuwen, R., Van Belle, J., van Diggelen, J., Faber, A., Kooijman, A., Brinkkemper, O., Van Geel, B., Weij, W., Van Dijk, G., Loermans, J., Cusell, C., Rip, W. & Lamers, L., 2016. *Verlanding in laagveenpetgaten. Speerpunt voor natuurherstel in laagvenen*. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE), Driebergen.
- Loeb, R., Geurts, J., van Dijk, G., Weijs, W., Van Belle, J., Bakker, E.S., Lamers, L., Rip, W., Van Leeuwen, R., Van Diggelen, J., Cusell, C., Kooijman, A., Van Geel, B., Smolders, A. & Roelofs, J., 2015. *Verlanding in laagveenpetgaten: Speerpunt voor natuurherstel in laagvenen*, B-WARE, Nijmegen.
- Loureiro, T.G., Anastácio, P.M., Sérgio, L., Bueno, S., Araujo, P.B., Souty-Grosset, C. & Almerão, M. P., 2015. Distribution, introduction pathway, and invasion risk analysis of the North-American crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Southeast Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 35: 88-96.
- Lovas-Kiss, A., Sánchez, A.M.V., Valls, L., Armengol, X., Mesquita-Joanes, F. & Green, A.J., 2018. Crayfish invasion facilitates dispersal of plants and invertebrates by gulls. *Freshwater Biology*, 63(4): 392-404.
- Martelloni, G., Marsili-Libelli, S. & Bagnoli, F., 2012. A dynamical population modeling of invasive species with reference to the crayfish *Procambarus clarkii*. *Theor Biol Forum*, 105 (2): 47-69.
- Minister van LNV (2008) Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 19 september 2008, nr. TRCJZ/2007/3190, houdende samenvoeging en vereenvoudiging van diverse regelingen op het gebied van de visserij (Uitvoeringsregeling visserij). *Staatscourant*, 2008(187): 1-31.
- Musseau, C., Boulenger, C., Crivelli, A.J., Lebel, I., Pascal, M., Bouletreau, S. & Santoul, F., 2015. Native European eels as a potential biological control for invasive crayfish. *Freshwater Biology*, 60(4): 636-645.
- Nentwig, W., Bacher, S., Kumschick, S., Pyšek, P. & Vilà, M., 2018. More than '100 worst' alien species in Europe. *Biological Invasions*, 20(6): 1611-1621.
- Niewold, F., 2002. *Fatale sterfte onder de rivierkreeften in de Rozendaalse Beek. Inventarisatie en herkolonisatie van de Europese rivierkreeft (Astacus astacus) in 2001*. Alterra, Wageningen.
- NIOO, 2008. *Kwantitatieve bepaling van de aanvoer van voedingsstoffen door watervogels in zoetwaterhabitats*. Digitaal beschikbaar op: <https://nioo.knaw.nl/en/news/kwantitatieve-bepaling-van-de-aanvoer-van-voedingsstoffen-door-watervogels-zoetwaterhabitats>
- NVWA, 2018a. *Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (Orconectus limosus)*. Digitaal beschikbaar op: <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-gevekte-amerikaanse-rivierkreeft>
- NVWA, 2018b. *Rode Amerikaanse Rivierkreeft (Procambarus clarkii)*. Digitaal beschikbaar op: <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-rode-amerikaanse-rivierkreeft>

- NVWA, 2018c. *Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (Orconectes virilis)* Digitaal beschikbaar op: <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-geknobbelde-amerikaanse-rivierkreeft>
- NVWA, 2018d. *Californische rivierkreeft (Pacifastacus leniusculus)* Digitaal beschikbaar op: <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-californische-rivierkreeft>
- NVWA, 2018d. *Marmerkreeft (Procambarus fallax f. virginalis)* Digitaal beschikbaar op: <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-marmerkreeft>
- Paulissen, M. & Verdonschot, P., 2007. *Levensstrategieën van exoten in Nederlandse binnenwateren: Een verkennende studie*. Alterra, Wageningen.
- Peay, S., 2009. Invasive non-indigenous crayfish species in Europe: Recommendations on managing them. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 3: 394–395
- Rodriguez, C.F., Becares, E. & Fernandez-Alaez, M., 2003. Shift from clear to turbid phase in Lake Chozas (NW Spain) due to the introduction of American red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Hydrobiologia* 506 (1-3): 421-426.
- Rodriguez, C. F., Becares, E. & Fernandez-Alaez, M. & Fernández-Aláez, C., 2005. Loss of diversity and degradation of wetlands as a result of introducing exotic crayfish. *Biological Invasions*, 7: 75–85.
- Roessink, I., Hudina, S. & 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)*. Rapportnr. 1923, Alterra, Wageningen.
- Roessink, I., Gylstra, R., Heuts, P.G.M., Specken, B. & Ottburg, F., 2017. Impact of invasive crayfish on water quality and aquatic macrophytes. *Aquatic Invasions* 12 (3): 397-404.
- Sarneel, J.M., 2010. Colonisation processes in riparian fen vegetation. PhD thesis, Utrecht University, Faculty of Science, Utrecht.
- Sarneel, J.M., Geurts, J.J.M., Beltman, B., Lamers, L.P.M., Nijzink, M.M., Soons, M.B., Verhoeven, J.T.A., 2010. The effect of nutrient enrichment of either the bank of the surface water on shoreline vegetation and decomposition. *Ecosystems* 13 (8): 1275–1286.
- Sarneel, J.M., Soons, M.B., Geurts, J.G.M., Beltman, B. & Verhoeven, J.T.A., 2011. Multiple effects of land-use changes impede the colonization of open water in fen ponds. *Journal of vegetation Science*, 22: 551-563.
- Sarneel, J.M., Huig, N. & Veen, G.F., Rip, W. & Bakker, E.S., 2014. Herbivores enforce sharp boundaries between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems*, 17 (8): 1426–1438.
- Scheffer, M., 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London.
- Smolders, A.J.P., C. den Hartog & J.G.M. Roelofs, 1995. Germination and seedling development in *Stratiotes aloides* L.. *Aquatic Botany*, 51: 269-279.
- Söderbäck, B., 1994. Interactions among juveniles of two freshwater crayfish species and a predatory fish. *Oecologia*, 100: 229–235.
- Soes, D.M. & Bergsma, J., 2016. *Verkendend onderzoek graafschade rivierkreeften Waterschap Rivierenland*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Soes, D.M., 2018. *Kennisdocument uitheemse rivierkreeften Hoogheemraadschap van Rijnland*. Rapportnr. 18-293, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Soes, D.M. & van Eekelen, R., 2006. Rivierkreeften een oprukkend probleem? *De Levende Natuur*, 107 (2): 56-59.
- Soes, D.M. & Koese, B., 2010. *Invasive crayfish in the Netherlands: a preliminary risk analysis*, Rapportnr. EIS2010-01, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Souty-Grosset, C., Anastácio, P.M., Aquiloni, L., Banha, F., Choquer, J., Chucholl, C. & Tricarico, E., 2016. The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologica*, 58: 78-93.
- Staatssecretaris van EZ (2016) Regeling van de Staatssecretaris van Economische Zaken van 5 oktober 2016, nr. WJZ/16091743, houdende vrijstelling van artikel 2, eerste en tweede lid, van het Besluit uitvoering Europese exotenverordening (Vrijstellingsregeling bevissing Chinese wolhandkrab en uitheemse rivierkreeften). *Staatscourant*, 53909:1–7.

- Stebbing, P., Longsaw, M. & Scott, A., 2014. *Review of methods for the management of non-indigenous crayfish, with particular reference to Great Britain*. *Ethology Ecology & Evolution*, 26 (2-3).
- Stein, R., 1977. Selective Predation, Optimal Foraging, and the Predator-Prey Interaction Between Fish and Crayfish. *Ecology Society of America (ESA)*, 58 (6): 1237-1253.
- Teurlincx, S., R. Pot, L. Bakker & L. de Senerpont Domis, 2018. *Ecologische Sleutelfactor Verwijdering*. Rapportnr. 2018-26, STOWA, Amersfoort.
- Tilmans, M., Mrugała, A., Svoboda, J., Engelsma, M.Y., Petie, M., Soes, D.M., Nutbeam-Tuffs, S., Oidtmann, B., Roessink, I. & Petrusek, A., 2014. Survey of the crayfish plague pathogen presence in the Netherlands reveals a new *Aphanomyces astaci* carrier. *Journal of Invertebrate Pathology*, 120: 74–79.
- UvW, 2018. *Landelijk jaarverslag 2017 Muskus- en Beverratten*. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Van de Haterd, R., B. Grutters, M. Droog, B. Achterkamp, H. Soomers & M. Soons, 2018. *Ecologische sleutelfactoren verspreiding en connectiviteit*. Rapportnr. 2018-29, STOWA, Amersfoort.
- Van den Brink, F. & Van der Velde, G., 1998. Zoetwater-exoten in Nederland: aanwinst of verstoring? *De Levende Natuur*, 99 (1): 23-30.
- Van den Wyngaert I.J.J., Wienk, L.D., Sollie, S., Bobbink, R. & Verhoeven, J.T.A., 2003. Long-term effects of yearly grazing by moulting Greylag geese (*Anser anser*) on reed (*Phragmites australis*) growth and nutrient dynamics. *Aquatic Botany*, 75: 229-248.
- Van der Burg, P. & Vermaat, J., 2017. Waarom verdwijnt waterriet? De muskusrat wordt onderschat. *De Levende Natuur*, 118 (5): 188-192.
- Van der Jeugd, H.P., Voslamber, B., Van Turnhout, C., Sierdsema, H., Feige, N. & Koffijberg, K., 2006. *Overzomerende ganzen in Nederland: grenzen aan de groei?* Sovon Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Van der Meulen, M., Vos, J., Verweij, W. & Kraak, M., 2009. Effecten van exotische rivierkreeften op de KRW-maatlatscores. *H2O*, 14-15: 41-43.
- Van der Wal, J.E.M., 2011. *Effects of crayfish on the establishment of macrophytes in a shallow peat lake*. AEW master thesis, Wageningen UR, Wageningen.
- Van der Wal, J.E.M., Dorenbosch, M., Immers, A.K., Forteza, C.V., Geurts, J.J.M., Peeters, E.T.H.M., Koese, B. & Bakker, E.S., 2013. Invasive crayfish threaten the development of submerged macrophytes in lake restoration. *PLoS ONE*, 8(10):e78579
- van der Winden, J. & Dreef, C., 2019. Effecten van ganzen op moerasvogelhabitat in de Oostelijke Vechtplassen. Literatuurstudie in verband met instandhoudingsdoelstelling Natura 2000-gebied Oostelijke Vechtplassen. Rapport 2019-04, Jan van der Winden Ecology, Utrecht.
- Van Dobben, H., Van Lamsma, J. & Kampf, H., 2017. Is de rode Amerikaanse rivierkreeft een ernstige bedreiging voor het veenweidegebied? *De Levende Natuur*, 118 (4): 154-158.
- Van Emmerik, W.A.M., 2010. *Oriënterend onderzoek exotische rivierkreeften stadswateren Gouda*. Projectnr. AVE2009005, Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Leeuwen, C.H.A., Á. Lovas-Kiss, M. Ovegård & A.J. Green, 2017. Great cormorants reveal overlooked secondary dispersal of plants and invertebrates by piscivorous waterbirds. *Biology letters*, 13: 20170406.
- Veen, G.F., Sarneel, J.M., Ravensbergen, L., Huig, N., Van Paassen, J., Rip, P., & Bakker, E.S., 2013. Aquatic grazers reduce the establishment and growth of riparian plants along an environmental gradient. *Freshwater Biology*, 58 (9): 1794–1803.
- Verdonschot, R., Van Schalk, H. & Verdonschot, P., 2009. Effecten van de rode Amerikaanse rivierkreeft op de vegetatie en macrofauna van sloten. *H2O*, 20: 36-39.
- Vis, H. & Spierts, I.L.Y., 2012. *Pilot ontwikkeling selectieve vangtuigen voor wolhandkrabben en uitheemse rivierkreeften*. VisAdvies BV, Nieuwegein.
- Vogelbescherming, 2018. Digitaal beschikbaar op: <https://www.vogelbescherming.nl/>
- Vulink, T., Tosserams, M., Daling, J., Van Manen, H. & Zijlstra, M., 2010. Begrazing door Grauwe ganzen is een bepalende factor voor ontwikkeling van oevervegetatie in Nederlandse wetlands. *De Levende Natuur*, 111(1): 52-56.

Bijlage 1: soortkenmerken van rivierkreeften die in Nederland voorkomen

Soort: Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*)

Eigenschappen:

- grote soort (tot 18 cm, in Nederland gemiddeld 8 cm);
- beschermde status;
- gevoelig voor kreeftenpest.

paring/voortplanting:

- paringsperiode: half oktober tot eind november (voortplanting vindt alleen plaats als het water gedurende twee tot drie maanden minimaal 16°C is);
- voortplanting: Vanaf twee tot vijf jaar bij een lengte van 6 - 8 cm. Mannetjes paren elk jaar. Vrouwjes wisselen een jaar van dracht af met een jaar zonder dracht;
- het vrouwtje draagt eitjes (90 - 260) van eind november tot juni/juli.

Biotoop:

- Traagstromende beken en rivieren met genoeg schuilplaatsen, ondiepe zones en harde bodem;
- gevoelig voor lage temperaturen;
- gevoelig voor lage zuurstofgehalten (< 3 mg/l);
- gevoelig voor vervuiling (inclusief thermische vervuiling).

oorspronkelijk leefgebied:

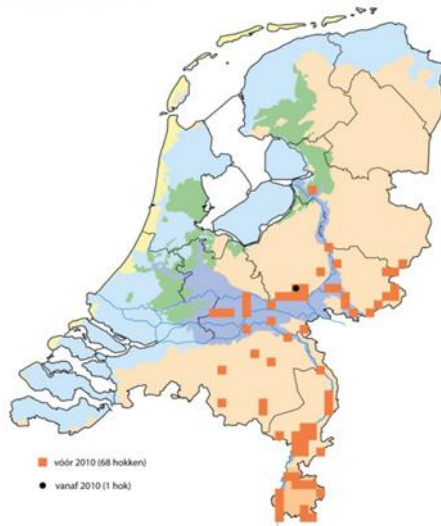
- in Europa van Frankrijk tot in Wit-Rusland.

Status:

- sterke achteruitgang van deze soort in Nederland. Momenteel is slechts één populatie van deze soort bekend in Nederland, in een vijver bij Arnhem.

Verspreiding:

Astacus astacus (Linnaeus, 1758)



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: Turkse rivierkreeft (*Astacus leptodactylus*)

Eigenschappen:

- grote soort (tot 20 cm).

paring/voortplanting:

- paringsperiode: najaar/winter (voortplanting vindt alleen plaats als het water gedurende twee tot drie maanden minimaal 16°C is);
- voortplanting: Vanaf twee tot drie jaar bij een lengte van 6 - 8 cm. Mannetjes paren elk jaar. Vrouwtjes wisselen een jaar van dracht af met een jaar zonder dracht;
- het vrouwtje draagt eitjes (90 - 260) tot het late voorjaar.
- de jongen verlaten de moeder aan het eind van de zomer en hebben dan een lengte van minimaal 30 mm.

Biotoop:

- in beken met plekken met harde bodem en voldoende mogelijkheden tot schuilen;
- ook stilstaande wateren, mits niet te modderig en er voldoende schuilmogelijkheden zijn;
- de soort kan beter tegen vervuiling dan de Europese rivierkreeft. Verdraagt tijdelijk lage zuurstofgehalten (< 2 mg/l).

oorspronkelijk leefgebied:

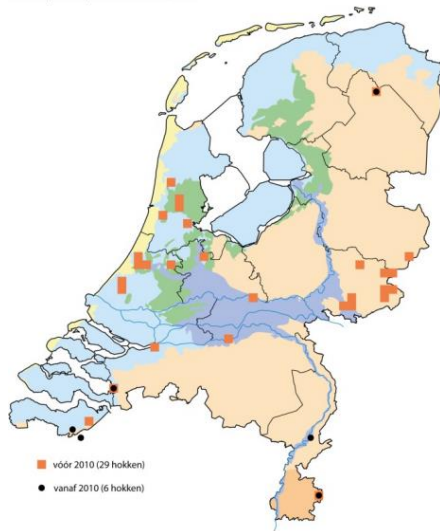
- stroomgebieden van de Zwarte zee.

Status:

- de soort is nooit echt algemeen geworden in Nederland, waarschijnlijk omdat ze gevoelig is voor de kreeftenpest en omdat de soort in de consumptiehandel grotendeels vervangen is door de rode Amerikaanse rivierkreeft

Verspreiding:

astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes limosus*)

Eigenschappen:

- kleine soort (tot 12cm);
- door de beperkte grootte is deze soort niet interessant als commerciële soort. Vissers hebben alleen wat aan soorten die groter zijn dan 9 cm (de economisch rendabele maat).

paring/voortplanting:

- paringsperiode: Geslachtsrijp vanaf tweede levensjaar;
- voortplanting: najaar en vroege voorjaar. Bij temperaturen boven de 7°C gaat het paren in de winter door.

Biotoop:

- de soort is weinig kieskeurig, redelijk bestand tegen brak water en niet gevoelig voor lage temperaturen;
- eutrofe grote wateren zoals rivieren, meren en plassen, maar kan ook in stadsvijvers en grachten opduiken;
- de soort is geassocieerd met 'grove bodems' (zand, steenstort, boomwortels, waterplanten) voor dekking;
- de soort is gevoelig voor concurrentie met andere rivierkreeften. De soort wordt bijvoorbeeld op verschillende locaties weggeconcurrerd door geknobbelde of rode Amerikaanse rivierkreeft. De gevlekte Amerikaanse rivierkreeft handhaaft zich dan vooral in relatief diepe, grote, beschoeide wateren waar de rode Amerikaanse rivierkreeft het niet prettig vindt om te leven.

oorspronkelijk leefgebied:

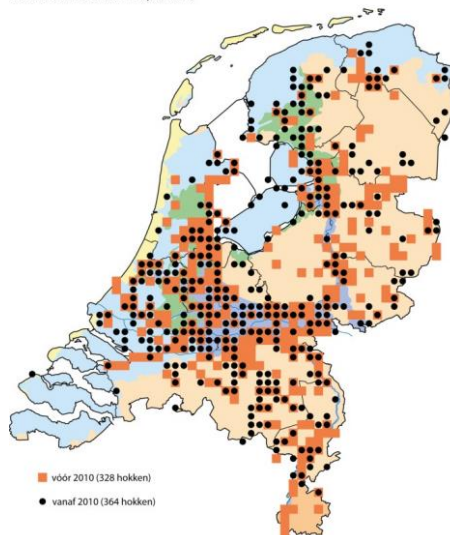
- Oostelijke VS.

Status:

- gevestigde exoot die wijdverspreid in Nederland voorkomt. De soort is voornamelijk op eigen kracht verspreid vanuit Zuid-Limburg;
- in Nederland verdwenen op de plaatsen waar de geknobbelde rivierkreeft is gevonden.

Verspreiding:

Orconectes limosus (Rafinesque, 1817)



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*)

Eigenschappen:

- kleine soort (vrouwtjes tot 12 cm; mannetjes tot 16 cm).

paring/voortplanting:

- paringsperiode: najaar;
- voortplanting: Geslachtsrijp vanaf 2 - 3 jaar bij een lengte van 6 tot 9 cm.

Biotoop:

- de soort komt voor in langzaam stromende, periodiek uitdrogende wateren;
- enkel in lichte, zuurstofrijke gebieden.

oorspronkelijk leefgebied:

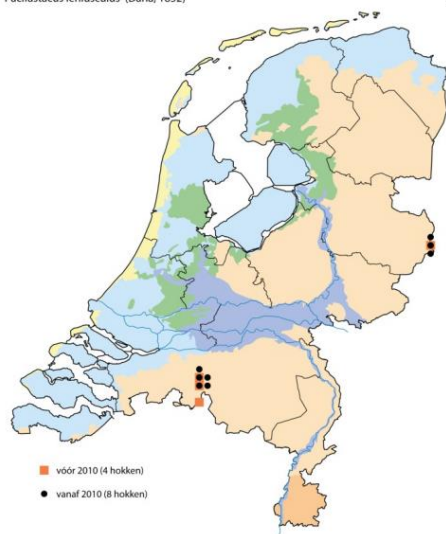
- westelijk Noord-Amerika.

Status:

- in Nederland thans bekend uit het stroomgebied van twee laaglandrivieren: de Dinkel in Overijssel en de Oude Leij nabij Tilburg. De soort lijkt zich niet sterk uit te breiden.
- in tegenstelling tot de overige soorten die hier besproken worden, wordt van deze soort aangenomen dat ze op sommige plaatsen de Europese rivierkreeft heeft weggeconcentreerd (ook zonder verspreiding van de kreeftenpest).

Verspreiding:

Pacifastacus leniusculus (Dana, 1852)



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Oronectes virilis*)

Eigenschappen:

- grootte tot 13 cm.

paring/voortplanting:

- paringsperiode: zomer;
- voortplanting: geslachtsrijp vanaf 1-2 jaar.

Biotoop:

- de soort leeft in permanente stilstaande of stromende wateren. In Nederland zijn dit vooral sloten, wetingen, kanalen en kleine rivieren;
- in het oorspronkelijke verspreidingsgebied is de soort vooral te vinden op stenige substraten in meren en andere (stromende) wateren;
- de soort heeft lage eisen aan de waterkwaliteit. Wel is er een duidelijke voorkeur voor wateren met een betere waterbodembodemkwaliteit: watergangen met een dikke sliblaag, zeker als deze waterstofsulfide bevat, worden gemeden.

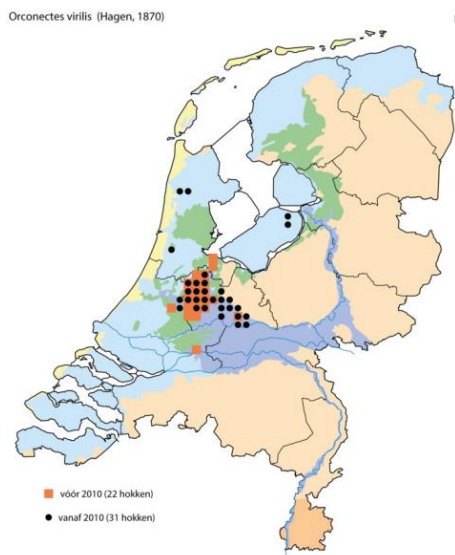
oorspronkelijk leefgebied:

- zuiden van Canada en VS.

Status:

- gevestigde exoot. Tot voor kort beperkt tot het vechtplassen gebied, maar het verspreidingsgebied wordt groter en de soort wordt sinds 2010 ook elders gevonden. De soort kan plaatselijk zeer talrijk zijn.
- de verspreiding in Nederland is vergelijkbaar met de rode Amerikaanse rivierkreeft, maar de soort reproduceert minder snel (2-jarige i.p.v. 1-jarige cyclus). In ondiepe zones wordt de soort verdrongen door de rode Amerikaanse rivierkreeft. De eieren van de rode Amerikaanse rivierkreeft komen eerder uit, waardoor de jongen prederen op de kleinere jongen van de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft. De verspreiding van de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft soort zal daardoor waarschijnlijk beperkt blijven.

Verspreiding:



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus acutus*)

Eigenschappen:

- de soort lijkt sterk op de rode Amerikaanse rivierkreeft. Hij groeit en reproduceert net zo snel maar wordt (in Nederland) minder groot;
- grootte tot 12cm;
- de soort vormt een concurrent voor de rode Amerikaanse rivierkreeft. Wanneer beide soorten in dezelfde wateren terechtkomen is het nog de vraag wie van de twee de concurrentiestrijd zal winnen. De gestreepte Amerikaanse rivierkreeft is beter bestand tegen koude Nederlandse winters dan de Rode Amerikaanse rivierkreeft.

paring/voortplanting:

- paringsperiode: hele jaar door.
- voortplanting: geslachtsrijp vanaf 1 - 2 jaar bij een lengte van 5 cm.

Biotoop:

- de soort is weinig kieskeurig wat betreft biotoop. Vrijwel alle wateren in Nederland vormen potentieel habitat voor deze soort;
- er is een voorkeur voor zachtere bodems voor het graven van burchten. De soort komt veel voor in de Ablasserwaard, waar de rode Amerikaanse rivierkreeft nog niet aangetroffen is;
- naar verwachting zal de verspreiding in Nederland uitbreiden van sloten en weteningen tot onder andere moerassen, beken en rivieroeveren.

oorspronkelijk leefgebied:

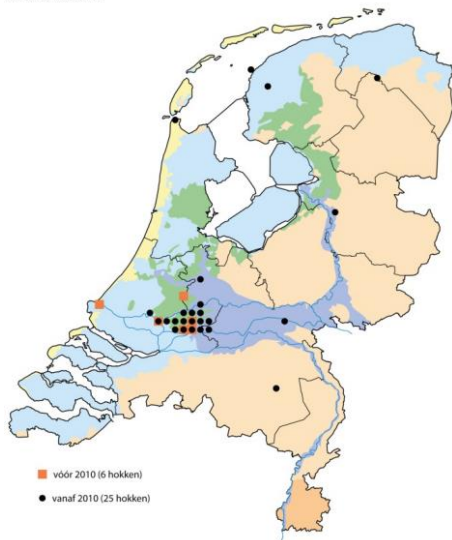
- oostelijke VS (*P. acutus*)/ zuidelijke VS (*P. zonangulus*).

Status:

- gevestigde exoot in de Ablasserwaard, maar de soort breidt zich uit. De laatste jaren is de soort ook op andere plaatsen in Nederland aangetroffen.

Verspreiding:

Procambarus acutus



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Soort: rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*)

Eigenschappen:

- grote en snel groeiende soort;
- interessant voor commerciële doeleinden (restaurants en aquaria): dominante soort in zowel consumptie als aquariumhandel.

paring/voortplanting:

- paringsperiode: zomer;
- voortplanting: in de periode augustus - oktober komen de eieren uit, voornamelijk in zelf gegraven holen onder de grond.

Biotoop:

- de soort heeft een voorkeur voor stilstaand, ondiep water;
- de soort stelt weinig habitateisen en wordt in het land van herkomst geassocieerd met extreme biotopen om te ontsnappen aan concurrentie en visdruk (bijvoorbeeld gebieden waar droogval heerst of in effluentwater van RWZI's).

oorspronkelijk leefgebied:

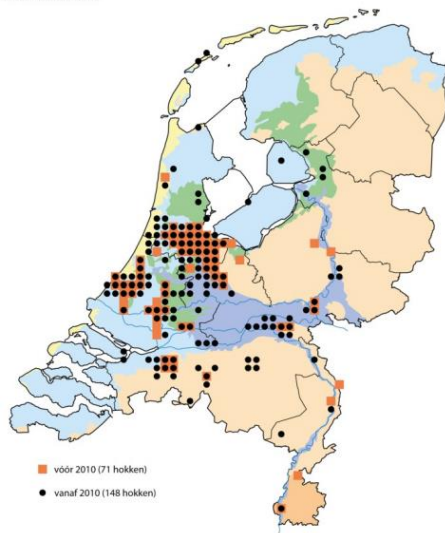
- zuiden van de VS.

Status:

- in Nederland komt de soort vooral voor in de randstad (link met commerciële functie). Gezien de beperkte habitateisen en het feit dat in Nederland geen sterke concurrentie aanwezig is voor deze soort, kan de soort zich zeer makkelijk en snel verspreiden;
- de habitateisen vertonen grote overeenkomst met die van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft. Wanneer beide soorten in dezelfde wateren terechtkomen is het onduidelijk welke van de twee de concurrentiestrijd zal winnen.

Verspreiding:

Procambarus clarkii



Bronnen:

- Koese & Soes (2011);
- Interview met drs. B. Koese (Bijlage 2);
- Couperus (2015).

Bijlage 2: interview met drs. B. Koese

Inleiding

Op 1 juni 2018 is drs. B. Koese (Bram) van EIS geïnterviewd. Hij is een expert op vlak van (exotische) rivierkreeften. Het interview diende als een eerste verkennende stap voor de bureaustudie naar de rol van rivierkreeften op jonge verlanding. Daarnaast diende het interview als een brainstormsessie waarbij is nagedacht over manieren waarop de kreeftenproblematiek op landschapsschaal beheerst kan worden. Het interview is ingestoken met de volgende concrete vragen, namelijk:

- welke kennis er reeds aanwezig is betreffende de exotische rivierkreeften in Nederland;
- waar er hiaten in de kennis aanwezig zijn en waarom;
- welke onderzoeken momenteel worden uitgevoerd met betrekking tot rivierkreeften in binnen- en buitenland;
- wat de relatie is tussen de kreeftenstand, herbivorie en effect op verlanding in laagveengebieden.

In onderstaande paragrafen zijn de belangrijkste punten van het gesprek samengevat. Op verschillende plekken in het rapport is naar deze informatie verwezen.

Introductie & verspreiding

- Oorspronkelijk kende Nederland slechts één soort rivierkreeft, namelijk de Europese rivierkreeft. Tot de 2^{de} helft van de 19^{de} eeuw was deze soort wijdverspreid in Nederland.
- Vanaf eind 19^e eeuw trad in verschillende golven **massale sterfte van de Europese rivierkreeft** op, niet enkel in Nederland maar in nagenoeg alle Europese landen. In Nederland is vandaag nog één populatie van deze soort bekend, in een vijver op het landgoed Wansborn bij Arnhem.
- De oorzaak van de massale kreeftensterfte ligt waarschijnlijk bij een **achteruitgang van het kreeftenbiotoop** (verminderde waterkwaliteit inclusief thermische vervuiling) enerzijds en de **uitbraak van de kreeftenpest** anderzijds.
- Onduidelijk is hoe de kreeftenpest in Europa terecht is gekomen (mogelijk via handel in vis of rivierkreeft, of ballastwater).
- Om het massale verlies van de rivierkreeften te **compenseren** werd vanaf 1890 in verschillende Europese landen (voor zover bekend niet in Nederland) **geëxperimenteerd met de introductie van exotische soorten**, met name de gevlekte en de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft.
- Deze exoten zijn bestand tegen de kreeftenpest en fungeerden als vector. De verspreiding van de exoot, deels via vishandel en deels op eigen kracht, heeft meegewerkt aan de verdere verspreiding van de kreeftenpest. Overigens hebben ook de exoten last van de pest, maar het voortbestaan van de populatie komt er niet door onder druk te staan.
- De kreeftenpest bereikte Nederland vermoedelijk via de buurlanden (Frankrijk, Duitsland). Noord-Amerikaanse rivierkreeften, die de ziekte met zich meedroegen, werden daar geïmporteerd (voor commerciële doeleinden). De ziekte kon zich vervolgens zeer snel verspreiden (sneller dan de gastheer) en zou onder andere via de vishandel in ons land zijn terechtgekomen.
- Enkele goed gevestigde populaties van gevlekte Amerikaanse rivierkreeft in Frankrijk en Duitsland dijen uit naar Nederland. Vanaf de jaren '70 zag men een zeer snelle verspreiding van deze soort in Nederland. Intussen is de soort wijdverspreid over het gehele land.
- Toen in de jaren '70 de Europese rivierkreeft een beschermde status verkreeg, nam de handel in exotische rivierkreeften verder toe. Onder meer soorten als Turkse rivierkreeft en rode Amerikaanse rivierkreeft werden naar onze landen gehaald. De import was vooral bedoeld voor commerciële doeleinden, voor aquaria en restaurants. **Vanaf de jaren 90'** is een **explosieve groei** van de populatie rode Amerikaanse rivierkreeft in ons land te zien.
- De commerciële bron van de import is duidelijk terug te zien in de verspreiding van deze exotische soorten. De rode Amerikaanse rivierkreeft associeert duidelijk met steden en dichtbevolkte gebieden (**randstad, Breda, Tilburg, Nijmegen, Arnhem, Zutphen, en anderen steden**).

Beschrijving (Amerikaanse) rivierkreeften en hun verspreiding

Verspreiding algemeen

- Dhr. Koese heeft goed vertrouwen in huidige verspreidingsdata. Data zijn bijvoorbeeld ook doorgegeven door boswachters en muskusrattenvangers. En die komen toch vrij diep in de natuurgebieden. Beste c.q. meest recente verspreidingskaarten staan in Couperus 2015.
- Data van alle door dhr. Koese uitgevoerde onderzoeken zit in NDFF (bijgewerkt t/m 2016).

Tabel: Overzicht kenmerken per soort

Table: summary of species characteristics

Soort	Kenmerken
Europese rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • grote soort (gemiddeld 8 cm). • heeft een beschermd status. • komt voor in beken en rivieren met genoeg schuilplaatsen, ondiepe zones en hard bodem. • gevoelig voor lage temperaturen. • gevoelig voor lage zuurstofgehaltenes. • gevoelig voor vervuiling (inclusief thermische vervuiling). • gevoelig voor kreeftenpest. • sterke achteruitgang van deze soort in Nederland. Momenteel is slechts één populatie van deze soort bekend in Nederland, in een vijver bij Arnhem.
gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • kleine soort. • door de beperkte grootte niet interessant als commerciële soort. Vissers hebben alleen wat aan 9 cm (economisch rendabele maat). • komt voor in eutrofe grote wateren zoals rivieren, meren en plassen, maar kan ook in stadsvijvers en grachten opduiken. • geassocieerd met 'grove bodems' (zand, steenstort, boomwortels, waterplanten) voor dekking. • niet gevoelig voor lage temperaturen. • gevoelig voor concurrentie met andere rivierkreeften. Wordt bijvoorbeeld op verschillende locaties weggeconcentreerd door geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft. Er treedt ook duidelijk een nichedifferentiatie op met de rode Amerikaanse rivierkreeft. Waar de rode Am. rivierkreeft komt, verdwijnt de gevlekte Am. rivierkreeft. De gevlekte Am. rivierkreeft handhaaft zich dan vooral in relatief diepe, grote, beschoeide wateren waar de rode Am. rivierkreeft het niet prettig vindt om te leven. • gevestigde exoot. Wijd verspreid in Nederland. Voornamelijk op eigen kracht.
Californische rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • kleine soort. • komt voor in langzaam stromende, periodiek uitdrogende wateren. • enkel in lichte, zuurstofrijke gebieden. • in Nederland thans bekend uit het stroomgebied van twee laaglandrivieren: de Dinkel in Overijssel en de Oude Leij nabij Tilburg. Lijkt zich niet sterk uit te breiden.
geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • grote soort. • komt in gebied van herkomst voor in diep water met puin (dekking). In Nederland vooral in sloten, kanalen en kleine rivieren. Wordt veel waargenomen

	<p>in het Utrechts-Hollands veenweidegebied en kleigebieden langs de Kromme Rijn. Minder in sloten met een dikke sliblaag.</p> <ul style="list-style-type: none"> • weinig eisen aan waterkwaliteit. • heeft een vergelijkbare niche met de rode Am. rivierkreeft, maar reproduceert minder snel (2-jarige i.p.v. 1-jarige cyclus). In ondiepe zones wordt deze verdrongen door rode Amerikaanse rivierkreeft. De rode Am. rivierkreeft heeft als competitief voordeel dat de eieren eerder uitkomen waardoor de jongen prederen op de kleinere jongen van de geknobbelde Am. rivierkreeft. De verspreiding van deze soort zal daardoor waarschijnlijk beperkt blijven.
gestreepte Amerikaanse rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • lijkt sterk op de rode Amerikaanse rivierkreeft. Groeit en reproduceert net zo snel maar wordt (in NL) minder groot. • weinig kieskeurig wat betreft biotoop. Vrijwel alle wateren in Nederland vormen potentieel habitat voor deze soort. • voorkeur voor zachtere bodems voor het graven van burchten. Komt voor in de Alblasserwaard, waar de rode Am. rivierkreeft nog niet aangetroffen is. Visser André Blokland vangt hier de kreeften en handelt erin. • naar verwachting zal verspreiding in Nederland uitbreiden van sloten en weteringen tot onder andere moerassen, beken en rivieroeveren. • vormt een concurrent voor de rode Amerikaanse rivierkreeft. Wanneer beide soorten in dezelfde wateren terechtkomen is het nog de vraag wie van de twee de concurrentiestrijd zal winnen.
rode Amerikaanse rivierkreeft	<ul style="list-style-type: none"> • grote en snel groeiende soort. • interessant voor commerciële doeleinden (restaurants & aquaria). Dominante soort in zowel consumptie als aquariumhandel. • de soort stelt weinig habitateisen. • wordt in het land van herkomst geassocieerd met extreme biotopen, bijvoorbeeld gebieden waar droogval heerst (afwezigheid vis) of in effluentwater van RWZI's. • gevoelig voor concurrentie en visdruk. • in haar oorsprongsgebied (Zuidoosten van VS) wordt deze soort onderdrukt door de sterke concurrentie met andere Amerikaanse rivierkreeften. De soort overleeft daar door zeer flexibel te zijn in zijn biotoop en komt zelfs voor in rioolwater (waar andere soorten niet voorkomen en concurrentie dus veel minder aanwezig is). • in Nederland komt de soort vooral voor in de randstad (link met commerciële functie). Opvallend genoeg komt deze soort (vooralsnog) niet in Friesland voor. Gezien de beperkte habitateisen en het feit dat in Nederland geen sterke concurrentie aanwezig is voor deze soort, kan de soort zich zeer makkelijk en snel verspreiden. • de habitateisen zijn echter zeer gelijkaardig met die van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft. Wanneer beide soorten in dezelfde wateren terechtkomen is het nog maar de vraag welke van de twee de concurrentiestrijd zal winnen. • mogelijk zal de explosieve groei van deze soort in de komende jaren afnemen en zal er (indien voldoende concurrentie door andere kreeften en predatie door bv. vis) een soort evenwicht ontstaan.

Negatieve effecten van exotische rivierkreeften op het landschap

Kreeftenpest

- De kreeftenpest is halverwege 19de eeuw naar Europa gekomen, mogelijk via ballastwater (dus niet via kreeften), en door de import van gevlekte Amerikaanse rivierkreeften (een vector van de ziekte) in verschillende landen verder verspreid.
- De ziekte verspreide zich sneller dan de gastheer en kwam zo al gauw terecht in Nederland.
- De kreeftenpest is voor de Europese rivierkreeft dodelijk en heeft gezorgd voor een massale sterfte van deze soort in Europa.
- Amerikaanse rivierkreeften zijn over het algemeen resistent tegen de ziekte, waardoor massale populatiesterftes uitblijven. Dit betekent echter niet dat Amerikaanse rivierkreeften hier niet onder lijden. De ziekte verzwakt ook de individuen van Amerikaanse rivierkreeften en voor dieren in een slechte conditie of in een zwak stadium (na een vervelling) kan de ziekte ook dodelijk zijn.

Vertroebeling

- Over het vertroebelingseffect van rivierkreeften is weinig bekend gezien het moeilijk is een één-op-één relatie te vinden tussen vertroebeling en de aanwezigheid van kreeften. vertroebeling treedt immers zelden alleen op. Niet duidelijk is of de kreeft graag troebel leeft, of dat de kreeft het water troebel maakt, óf beide.
- Een studie in Frankrijk zou wel hebben aangetoond dat een dichte populatie rivierkreeften leidt tot een vertroebeling van het systeem. Het gaat om een studie in een systeem dat eerst helder was en na de komst van de rivierkreeft steeds meer begon te vertroebelen (zie Koese & Soes 2011, pp. 24).

Graafgedrag

- De rivierkreeften graven holen. **Voor de rode Amerikaanse rivierkreeft vertoont veel graafgedrag**, veel meer dan de andere soorten, maar ook de geknobbelde en gevlekte Amerikaanse rivierkreeft blijken te graven. Dit is onderzocht in verband met de mogelijk schade aan dijken. Vooral de rode Am. rivierkreeft leidt tot aantoonbare schade.
- Er zijn twee typen holen die worden gegraven, namelijk **landholen** en **oeverholen**. Op basis van de aangetroffen sexratio en stadia in deze holen lijken oeverholen jaarrond gebruikt te worden door zowel mannetjes als vrouwtjes voor 'reguliere' beschutting. Landholen lijken primair in het najaar gegraven te worden door zwangere vrouwtjes voor de eiafzet.
- In het landelijk kreeftenonderzoek dat in 2010 werd uitgevoerd in Nederland, werd geconstateerd dat **vooral vrouwtjes (met jongen)** gebruik maken van de landholen. De vrouwtjes trekken in de zomermaanden met hun eitjes in de holen. In de landen van herkomst gebeurt dat om aan de droogte te ontsnappen. Daarnaast hebben ze daar geen last van predatie. In de holen komen de eieren uit. Dat gebeurt in de herfst. Ondanks dat ze beschermd zijn tegen predatie, is dat een **kwetsbare periode**. Treedt tegelijk een langdurige vorstperiode in dan zitten ze opgesloten (kreeften kunnen zich door de kou slecht bewegen) en sterven de eieren af. Ook blijkt uit onderzoek een duidelijke relatie aanwezig te zijn tussen **peilbeheer en de levensvatbaarheid** van de eieren (zie onderzoek van dhr. Koese).
- Vanaf de september-oktober (in Nederland vaak later, november-december) komen de vrouwtjes met de jongen onder de staart naar buiten. Ook dit is een gevoelig periode. Als het bij het naar buiten komen te koud is treedt vermoedelijk massale sterfte van de kreeftenjongen op.

Aantasting vegetatie

- Veelal wordt bij het bespreken van exotische rivierkreeften het negatieve effect op de water- en oevervegetatie aangehaald. De kreeften zouden door hun graas en knipgedrag de vegetatie kapotmaken.
- De grote scharen van de kreeften geven dan wel de indruk dat de dieren een sterk knipvermogen hebben, maar schijn bedriegt. Met name bij de rode Amerikaanse rivierkreeft zijn de **grote scharen vooral bedoeld om vrouwtjes te imponeren en als intimidatie**. Het knipvermogen van deze grote scharen is zeer beperkt. De rivierkreeften maken vooral gebruik van hun tweede (en veel kleinere) paar scharen voor het verknippen van hun voedsel. Ze hebben dan ook de voorkeur voor zachte, makkelijk verknipbare vegetatie.
- Daarnaast zijn rivierkreeften bodemdieren. Af en toe kunnen de soorten wel naar het oppervlak zwemmen. Ze doen dit echter door grote, **weinig gecoördineerde zwembewegingen** met de staart. Het gericht zwemmen naar bijvoorbeeld een geschikt plantje op het wateroppervlak is voor deze soorten dan ook weinig realistisch. Voor hun voedsel zijn ze daarom vooral afhankelijk van op de bodem- en oever aanwezige vegetatie en fauna waar ze bij het rondwalen op de bodem tegenaan lopen. Daarnaast kunnen ze wel waterplanten gebruiken om naar boven te kruipen.
- Gezien het slechte knipvermogen van de rivierkreeften en hun beperking om gericht naar het wateroppervlak te zwemmen, **lijkt een stugge drijvende plant als krabbenscheer weinig geschikt als voedsel voor deze soort**. Waarom deze plantensoort bij het opduiken van dichte rivierkreeftpopulaties dan toch zo sterk achteruit gaat blijft dus nog onduidelijk. Mogelijk tasten de kreeften het krabbenscheer enkel aan als dit reeds verzwakt is of tijdens de kwetsbare winterperiode wanneer de plant naar de bodem zakt. Ook is het mogelijk dat de kreeften de wortels van krabbenscheer aantasten. Bepaalde individuen van deze plant wortelen immers tot in de waterbodem. In de Molenpolder wordt onderzocht wat het effect is van achteruitgang krabbenscheer en groene glazenmaker, dhr. Koese raadt aan om dat onderzoek te bekijken: de afname van krabbenscheer in dat gebied zou mogelijk samenhangen met de toename van de kreeften omdat verdere zaken niet zijn veranderd.
- Een voedingsexperiment met kreeften zou waardevol zijn om te ontdekken of de locatie van de plant in het water invloed heeft op de mate van vraat door kreeften.

Onderzoek

- De effecten van rivierkreeften op de aanwezige waterkwaliteit, flora en fauna zijn nog onvoldoende bestudeerd. Er is nood aan langlopende meettrajecten op locaties waar in mindere en meerdere mate rivierkreeften aanwezig zijn. Momenteel zijn er echter onvoldoende van dergelijke goed bemeeten punten aanwezig.
- Zelfs indien langlopende meetcampagnes op locaties met rivierkreeften bestaan, is **zelden informatie beschikbaar over de hoeveelheid rivierkreeften** (moeilijk te meten zonder zeer gericht onderzoek want kreeften worden niet makkelijk gevangen). Het is dan ook enorm moeilijk om een verband te leggen tussen de kreeftendensiteit en de vermeende negatieve effecten. Mogelijk treden de effecten pas op wanneer een kritische kreeftendensiteit wordt bereikt. Om deze kritische densiteit vast te stellen is echter meer langlopend en gericht onderzoek nodig.
- Er is een aantal jaar geleden een **landelijk onderzoek** uitgevoerd door vrijwilligers naar het voorkomen van kreeften bij meetpunten van de waterschappen. Er is een analyse uitgevoerd met de waarnemingen van Amerikaanse rivierkreeften bij langlopende meetpunten of meetpunten waar de ecologie is achteruitgegaan. Helaas waren er te weinig meetpunten met waarnemingen om statistisch een betrouwbare uitspraak te kunnen doen over het effect van kreeften op de andere waterkwaliteitsparameters. Het project is destijds gefinancierd door LNV, "team invasieve exoten" en (voor een klein deel) via STOWA. Het kan heel waardevol zijn om dit relatief goedkope onderzoek nog een keer uit te voeren. De infrastructuur (website en netwerk) is nog aanwezig (<http://www.kreeftenonderzoek.nl/index.html>) en ook het netwerk van vrijwilligers zou eenvoudig weer te activeren moeten zijn. Een dergelijk onderzoek geeft inzicht in de

verdere verspreiding van de kreeften en mogelijk in de effecten van de kreeftendensiteit op de waterkwaliteit. Wellicht is het onderzoek ook interessant voor de STOWA om te kijken naar het effect van kreeften op de KRW-scores van wateren.

- Wat betreft het effect van rivierkreeften op de vegetatie, en specifiek op biobouwers voor verlanding, is meer informatie nodig over het eetgedrag van de kreeften. Hier zou het nuttig zijn een eenvoudige **aquariumproef** uit te voeren waarbij hun eetgedrag onderzocht wordt (welke planten eten ze, op welke manier (als een rups?), hoe snel en is er verschil tussen eetgedrag van jonge en oude dieren) met bijvoorbeeld het aanbieden van verschillende biobouwers in verschillende gelaagdheden (bodem, midden, drijvend) of structuren.

Bestrijdingstechnieken die op landschapsschaal uitvoerbaar zijn

Algemeen

- De Amerikaanse rivierkreeften planten zich massaal voort. Vooral de rode Amerikaanse rivierkreeft kan ieder jaar meer dan duizend eitjes leggen (Koese & Vos 2013: 1328 eitjes = waargenomen maximum). De jonge rivierkreeftjes zijn tevens zeer klein en kunnen zich zeer goed verschuilen in de oevers. Voor een volledige uitroeiing van de soort dient men alle individuen te verwijderen. Als slechts één paartje overblijft, heeft de populatie zich immers binnen de kortste keren hersteld. Een **volledige uitroeiing van de soort is daarom weinig realistisch**. Wel kan men zich focussen op het onderdrukken van de populatiegroei zodat een houdbaar evenwicht ontstaat.
- Het bestrijden van de populatie dan wel onderdrukken van de populatiegroei heeft het meeste effect als er wordt gericht op de vrouwtjes met eieren. De kreeften kunnen meer dan duizend eieren per vrouwtje afzetten. Als de jongen uitkomen zitten ze vooral elkaar in de weg. Niet zozeer door voedselgebrek, maar door het continu verdedigen van hun territorium. Net als bijvoorbeeld meerkoeten hebben rivierkreeften een sterk territoriumgedrag: ze verliezen daar veel energie mee. Door het wegvangen van een deel van de populatie krijgen de achtergebleven individuen meer rust, en daardoor weer meer energie en tijd voor vraat. Kortom, om negatieve effecten te voorkomen is het van belang om al eerder in de levenscyclus in te grijpen door te **voorkomen dat de eieren uitkomen**.
- Er zijn studies over bestrijding beschikbaar. Dhr Koese noemt onder meer een Canadese studie die gericht was op het extreem intensief wegvangen, en op andere studies die gericht zijn op onder meer het droogleggen of afzanden van het watersysteem als maatregel.

Fysisch/chemische bestrijding

- Soorten als de rode Amerikaanse rivierkreeft stellen zeer weinig eisen aan hun habitat en kunnen bij een sterke variatie aan fysisch-chemische biotooeigenschappen voorkomen. Het sturen van de kreeftenpopulatie op basis van deze draaiknoppen heeft daarom weinig zin.
- Een barrière voor rivierkreeften is echter wel een **te hoge zuurgraad**. Bij watersystemen met een pH van onder de 5 komt de soort niet voor. Vermoedelijk is dat voor de opbouw van hun schild funest.

Predatie en populatiedynamica

- Dhr. Koese heeft sterk het vermoeden dat ecosystemen die uit evenwicht zijn of die eutroof zijn, gevoeliger zijn voor de exotische kreeften dan gezonde ecosystemen met een hoge biodiversiteit. Hij verwacht dat er in gezonde systemen meer soorten zijn die prederen op de jonge kreeften, en dat precies op het juiste moment. Kennis over de populatiedynamica van enerzijds de kreeft en anderzijds de predatoren kan weleens een belangrijke sleutel zijn.
- Vooral in hun jongste fasen zijn rivierkreeften gevoelig voor predatie door vissen, roofinsecten, etc. Door op het **juiste moment predatie in te zetten** kan de jonge generatie rivierkreeften grotendeels worden uitgeroeid waardoor de populatiegroei wordt

onderdrukt. Doel is dus om te zoeken naar een soort (vis, vogel, insect) die tegelijk met het uitkomen van de jonge rivierkreeften de jongen ook kan eten. Vervolgens dient het **systeem geoptimaliseerd te worden op de predator die net opkomt wanneer jonge kreeften uit hun ei komen.**

- Vermoedelijk heeft de rode Amerikaanse rivierkreeft een voordeel t.o.v. andere kreeften omdat de eieren van deze soort vrij vroeg in het jaar uitkomen. De jongen van de andere kreeften dienen daardoor als voedsel voor de rode Amerikaanse rivierkreeft.

Wegvangen

- Het gevaar van het wegvangen van kreeften als bestrijdingsmaatregel is dat men de **populatie enkel gaat scheefftrekken. De grootste vijand van een kreeft is immers een kreeft.** Bij het wegvangen van de grotere kreeften daalt de onderlinge concurrentie. Vooral jonge kreeften profiteren hiervan. Zij worden niet langer de prooi van grotere kreeften en kunnen rustig volwassen worden. Zo is er een groter aandeel jongen dat het volwassen stadium bereikt en heb je in plaats van een afname van de kreeftenpopulatie, een seizoen later een 'populatie-boom'.
- Afvangen heeft het meeste effect als **gericht wordt op vrouwtjes met eieren.** Dit kan door in te spelen op het **migratiepatroon** van de kreeften. In **augustus, bij de eerste onweersbui**, gaan (vooral de vrouwtjes met hun eieren) massaal het land op om holen te maken. Dit is de geschikte periode om weg te vangen.
- Uit onderzoek in Canada blijkt dat bij regelmatig intensief wegvangen er een evenwichtige populatie ontstaat.
- Het vangen van de kreeften kan ook samen worden bekeken met een verdienmodel voor vissers. Rivierkreeften zijn een eiwitrijk voedingsmiddel en een streekproduct.

Inspelen op gedrag

- Op enige afstand van het water verblijven de (vooral vrouwelijke) rivierkreeften in de zogenaamde **landholen**. Daar wacht het vrouwtje tot de eieren uitkomen. Ondanks dat ze beschermd zijn tegen predatie, is dat een kwetsbare periode. Treedt tegelijk een langdurige vorstperiode in dan zitten ze opgesloten en sterven de eieren af. Mogelijk kan men in die periode het **grondwater laten zakken om uitdroging te veroorzaken.** In een koude periode kunnen kreeften amper bewegen en dus niet naar het water toe graven. Er zijn hier al onderzoeken naar verricht. Zie bijvoorbeeld het rapportje De Nederlandse rivierkreeften (Koese en Soes 2011);
- Door het afdekken van de oever met grove houtsnippers, het plaatsen van oeverschermen of het inrichten van een hoge oeervegetatie kan men ervoor zorgen dat de kreeften geen landholen kunnen maken. Deze methoden verhinderen echter ook de verlanding en zijn tevens niet goed grootschalig toepasbaar in een veenweidegebied. Daarnaast komen er tijdens deze periode ook vrouwtjes met eieren in de sloot voor. Het lost dus maar een deel van het probleem op.
- Misschien is het een optie gebruik te maken van schijnduikers (verdrinkings-kooivallen die net onder de waterspiegel in de oever als het ware een 'duiker' zijn aangebracht maar in feite doodlopende tunnels zijn). Schijnduikers worden ook ingezet om muskusratten te bestrijden, en er zijn voorbeelden bekend dat met die vallen ook rivierkreeften worden gevangen. Dat is bijvoorbeeld in schijnduikers in het Naardermeer waargenomen.

Bijlage 3: interview met dr. ir. I. Roessink

Inleiding

Op 28 september 2018 is dr. ir. I. (Ivo) Roessink geïnterviewd. Hij is onderzoeker bij de universiteit van Wageningen (WUR) en expert op vlak van veldproeven en (invasieve) rivierkreeften. Het interview diende enerzijds als een toetsing van de verzamelde informatie uit de bureaustudie aan de praktijkervaring en kennis van een onderzoeker, en anderzijds om hiaten in de kennis vanuit de literatuur aan te vullen. De volgende vragen zijn specifiek bij hem nagaan:

- welke onderzoeken betreffende de exotische rivierkreeften in Nederland worden uitgevoerd;
- waar er hiaten in de kennis betreffend deze soorten zijn en waarom. Alsook welke onderzoeken nodig zijn om deze kennishiaten weg te werken;
- wat het onderzoek ons leert over de dispersiecapaciteit van exotische rivierkreeften;
- Wat sturend is voor de populatiegrootte en verspreiding in Nederland;
- welke systemen het meest gevoelig zijn voor vestiging en dominantie van exotische rivierkreeften;
- Wat de link is tussen het verschijnen van rivierkreeften en de afname van krabbenscheer;
- op welke manier we de kreeftenproblematiek op landschapsschaal kunnen beheersen.

In onderstaande paragrafen zijn de belangrijkste punten van het gesprek samengevat. Op verschillende plekken in het rapport is naar deze informatie verwezen.

Onderzoekservaring

- dhr. I. Roessink is sinds 10 jaar actief in het onderzoek met betrekking tot de (exotische) rivierkreeften in Nederland. Hij begon 10 jaar geleden met een desktopstudie naar de stand van zaken betreffend de Europese rivierkreeft in ons land. Deze studie werd uitgebreid naar een **monitoring** van deze inheemse rivierkreeft. De monitoring loopt nu al verschillende jaren. Voor volgend jaar staat een publicatie van de (tussentijdse) resultaten op de planning (onderzoeker: Fabrice Ottburg).
- Binnen het veldproefferrein van de universiteit Wageningen (Sinderhoeve) worden ook **Europese rivierkreeften gekweekt**. De gekweekte kreeftenpopulaties worden gebruikt voor een herintroductie van de soort. Op verschillende plekken in Nederland zijn de gekweekte dieren reeds uitgezet. Doel van deze uitzetting is om de populatie minder kwetsbaar te maken (verspreide populaties). Zolang de soort echter gevoelig is voor de kreeftenpest zal deze herintroductie niet voldoende zijn om de populatie in Nederland te behouden.
- In 2009 richtte het onderzoek zich tot de uitheemse rivierkreeften (in samenwerking met HDSR en ATKB). Hierbij werd op basis van een literatuuronderzoek in combinatie met gerichte experimenten in proefsloten onderzoek gedaan naar de impact van deze invasieve rivierkreeften op de Nederlandse ecosystemen. Er werd daarbij gezocht naar de **kritische populatiedichtheid (of kritische drempelwaarde)**, de laagste kreeftendichtheid waarbij het ecosysteem negatieve effecten ondervindt als gevolg van de aanwezigheid van de uitheemse kreeftenpopulatie. Het onderzoek richtte zich met name op de rode en de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft. Vorig jaar verscheen een publicatie omtrent dit onderzoek. Opvallend uit dit onderzoek was dat pijlkruis (*Sagittaria sagittifolia*) als eerste werd aangetast.
- Verder werden in de afgelopen jaren verschillende **krachtexperimenten** uitgevoerd en werd onderzoek gedaan naar het **leervermogen** van rivierkreeften. Ook werd gekeken naar de **onderlinge concurrentie** tussen uitheemse rivierkreeften.

Eigenschappen rivierkreeften

Onderstaand wordt ingegaan op enkele eigenschappen van rivierkreeften. waarover nog veel wat vragen bestaan.

- *Genotype*: De Europese rivierkreeft komt ook in andere Europese landen voor. Het gaat dan wel om kreeften met een ander genotype, al zijn de verschillen erg klein. Er zou wel een verschil zijn tussen soorten in het Rijn- of Maas-stroomgebied. Maar uit genetisch

onderzoek is gebleken dat de verschillende genotypen verspreid in Europa voorkomen, waarschijnlijk als gevolg van het 'slepen' met de kreeften (kweken voor consumptie).

- **Levensverwachting:** Uit studies blijkt dat uitheemse rivierkreeften veelal een langere levensduur hebben in Nederland dan in hun land van oorsprong. Een verklaring voor deze langere levensverwachting in ons land is er nog niet. Volgens dhr. I. Roessink heeft dit mogelijk te maken met de temperatuur (het is hier kouder dan in het land van herkomst, waardoor het metabolisme trager is) en de beperkte druk op de populatie door predatoren (er zijn in Nederland minder predatoren dan in het land van herkomst; er zijn in Nederland bijvoorbeeld geen wasberen, alligators, etc. Soorten als meerkoet, fuut, etc. moeten nog wennen aan kreeften als voedselbron).
- **Graafgedrag:** het graafgedrag van verschillende Amerikaanse rivierkreeften wordt in hun land van oorsprong getriggerd door droogte. De kreeften graven zich in om aan de droogte te ontsnappen. In Nederland is deze droogte afwezig, waardoor dit graafgedrag wellicht overbodig is voor het overleven van de populatie. Het is mogelijk dat dit **graafgedrag na verloop van tijd verdwijnt**, wanneer de kreeften zich aanpassen aan het nattere Nederlandse klimaat (hypothese).

Habitatvoorkeur en kolonisatie

Habitatvoorkeur

- Verschillende soorten hebben verschillende voorkeuren voor habitats. Zo komt de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft voornamelijk voor in diepe watersystemen, terwijl de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft in zowel diepe als ondiepe systemen wordt aangetroffen.
- Gezien het graafgedrag van de uitheemse rivierkreeften, gaat de voorkeur veelal uit naar systemen met **steile oevers**. Ook oevers waar reeds **harde barrières** aanwezig zijn genieten hun voorkeur. De rivierkreeften kunnen immers makkelijk naast, boven of onder de barrière graven. De rivierkreeften zitten ook graag op locaties waar **boringen** staan. Natuurlijke oevers die glooien zijn voor deze soorten minder aantrekkelijk.
- Uit een onderzoek van Nishijima (2017) bleek dat het toevoegen van plastic planten in een systeem met rivierkreeften, de groeisnelheid van de kreeften verlaagt en een positief effect heeft op de rijkdom/massa van macrofauna. Een verklaring voor deze stelling is vanuit de literatuur niet bekend. Volgens dhr. Roessink zou de verklaring kunnen liggen in de **'mechanische verhindering'** (de kreeften stoppen veel energie in het vermijden van de plastic obstructie en hebben daarmee minder energie over om te investeren in groei).
- **Vooral verzwakte systemen** vertonen een risico voor een kolonisatie en dominantie door uitheemse rivierkreeften. Dit omdat de druk op de kreeftenpopulatie hier minder is (beperkte concurrentie, minder predatoren, etc.). De rivierkreeften die zelf weinig eisen stellen aan hun habitat kunnen de concurrentiestrijd met de aanwezige faunasoorten hier makkelijk winnen en tot dominantie komen.
- Verschillende studies insinueren ook dat een **natuurlijk ecosysteem** met een goede water- en bodemkwaliteit en bijhorende diversiteit aan flora en fauna een **hogere robuustheid voor rivierkreeftendominantie** vertonen. Dhr. Roessink is echter **kritisch** over deze stelling. Volgens hem gaat het om niches waar voor de komst van de exoten geen kreeftenpopulatie aanwezig was (Europese rivierkreeft zat hier niet). Het ecosysteem is dus **niet gericht op het onderdrukken van een kreeftenpopulatie**. Aanwezige predatoren hebben niet meteen door dat de kreeften een geschikte voedselbron voor hun vormen en vormen daarmee niet meteen een beperkende factor voor de groei van de kreeftenpopulatie. Mogelijk kan een minder robuust systeem op termijn dus wel enige robuustheid ten opzichte van de kreeftendominantie vertonen (eens de predatoren hierop aangepast zijn, etc.). Het terug omvormen van een kreeften gedomineerd systeem naar een robuust systeem (kreeften onderdrukkend) is echter niet makkelijk.

Kolonisatie

- Er bestaat discussie over de willekeur van de bewegingen van (uitheemse) rivierkreeften. Zo vroegen we dhr. Roessink in hoeverre volgens hem willekeurige bewegingen van de rivierkreeften bijdragen aan de verspreiding van deze soorten. In welke mate zouden de kreeften beperkt worden door hun slecht oriëntatievermogen? Dhr. Roessink geeft aan dat willekeurige voortbeweging ongetwijfeld een rol speelt in de verplaatsing van de kreeften maar betwijfelt of het oriëntatievermogen van de kreeften daadwerkelijk zo slecht is. Uit experimenten blijkt immers dat de kreeften over zeer **goede chemozintuigen** beschikken (tastdraden) waarmee ze hun omgeving goed kunnen verkennen. In aquaria slagen de kreeften er zelfs in de luchtbuizen te vinden en zich hieraan op te trekken naar het wateroppervlak toe. In verschillende watersystemen worden de kreeften ook massaal aangetroffen in de drijvende vegetatie (voorbeeld uitzetting in Kenia waarbij dichtheden van 500 kreeften/m² grootteorde, voornamelijk in drijvende vegetatie). Mogelijk oriënteren ze zich op basis van wortelende stengels en trekken zich zo naar het wateroppervlak toe.
- Uit onderzoek (Sandra Hudina) is tevens gebleken dat het **dispersiegedrag van rivierkreeften verschilt van individu tot individu, afhankelijk van de positie binnen de populatie**. Dominante mannetjes houden hun plekken vaak bezet. De kleinere kreeften moeten elders leefgebied zoeken. Bij de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft zouden het de vrouwtjes zijn die actief hun jongen buiten het gebied afzetten ('vissersverhaal'). Dergelijke bemerkingsen geven nieuwe inzichten in het koloniatiegedrag van de kreeften. Er is duidelijk nog onderzoek nodig om een accuraat dispersiemodel van de rivierkreeften op te kunnen stellen.

Negatieve impact van rivierkreeften

- De aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften zou een risico vormen voor de vroege verlandingsstadia in de laagveenontwikkeling. Door een combinatie van vertroebeling en een actieve aantasting van de watervegetatie lijkt het verlandingsproces stil te vallen. Een belangrijke factor in dit verhaal is de aantasting van biobouwers, plantensoorten die van essentieel belang zijn voor het verlandingsproces. Er zijn echter nog heel wat vraagtekens omtrent de **link tussen de aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften en de achteruitgang van de biobouwer krabbenscheer**. Deze stugge, drijvende plant lijkt een weinig geschikte voedselbron voor de rivierkreeften. Toch is het opmerkelijk dat in systemen waar de uitheemse rivierkreeften een hogere dichtheid bereiken, deze plantensoort sterk achteruit gaat. Veelal wordt verondersteld dat de plant direct wordt aangetast door de kreeften (bv. door consumptie of niet-consumptief knipgedrag). Mogelijk gaat het echter om een **indirecte link**. De aanwezigheid van de rivierkreeften brengt een vertroebeling van het systeem teweeg. Het kan zijn dat het de **vertroebeling** is die het systeem ongeschikt maakt voor krabbenscheer waardoor deze biobouwer stilaan verdwijnt. Gericht onderzoek is echter nodig om na te gaan hoe de kreeften omgaan met krabbenscheer en andere stugge en/of drijvende vegetatie.
- Een ander minder besproken impact van de uitheemse rivierkreeften, is het economische gevolg van de toenemende baggeraanwas. De gravende rivierkreeften vertroebelen niet alleen het systeem maar zorgen ook voor een snelle aanwas van bagger op de bodem van het watersysteem (opwerveling bodemmateriaal, erosie van de oevers, etc.). Hierdoor is voor het onderhoud van deze systemen een **verhoogde baggerfrequentie** nodig, wat kosten met zich meebrengt.

Beheersen van de rivierkreeftenpopulatie

- Het volledig uitroeien van de uitheemse rivierkreeften in Nederland is weinig realistisch. Maar dit is misschien ook niet nodig. Er dient gezocht te worden naar het **onderdrukken van de kreeftenpopulatie tot onder een bepaalde kritische grens (drempeldichtheid)** waarbij negatieve effecten op het ecosysteem niet langer optreden.

Afvangen

- Tot nu toe wordt vooral gewerkt met het afvangen van de kreeften om de populatie te onderdrukken. Om een blijvend effect te hebben dienen echter enorme hoeveelheden afgevestigd te worden. Er moet een manier worden gevonden om op een meer **duurzame wijze** (zonder bijvangst, etc.) kreeften af te vissen. Hiervoor is **samenwerking met de Good Fish foundation** wellicht interessant.
- Daarnaast dient de methode voor **afvangen met (beaasde) tuigen te worden geoptimaliseerd**. Deze methode heeft niet in elk systeem en niet in elke periode van het jaar evenveel succes. Zo blijkt dat onder eutrofe omstandigheden vaak minder kreeften worden gevangen (ze hebben niet altijd honger). Ook zijn er perioden in het jaar waarin meer (groei-eizoen) en minder (vrouwtjes ingegraven met eitjes) kreeften worden gevangen. Hierop moet slim worden ingespeeld.
- Niet alle vangtuigen zijn op grote schaal inzetbaar en even effectief voor de bestrijding van de gehele populatie. Ze blijken veelal selectief te werken voor grote exemplaren en doorgaans meer mannen te vangen. Tegenwoordig wordt ook wel gebruik gemaakt van nieuwe vangtuigen bestaande uit een buizencomplex waarmee dit probleem deels wordt opgelost.

Predatie

- Vanuit de literatuur stelt zich de vraag in welke mate de '**ecology of fear**' een rol speelt in het beheersen van de kreeftenpopulatie, m.a.w. is het van belang hoeveel kg kreeften de predatoren verorberen of kan de aanwezigheid van predatoren al zorgen voor een inperking van de kreeftenpopulatie of hun schade? Uit veldproeven van de universiteit van Wageningen met rivierkreeften en aal kan hierop geen eenduidig antwoord worden geformuleerd. Het gaat natuurlijk over experimenten in afgesloten systemen. De geur van de predator of gestorven kreeften, indien aanwezig, zit verspreid in het kunstmatige systeem waarin geëxperimenteerd wordt (de geur kan niet weg). Een effect van geurstoffen op de kreeftenpopulatie wordt in deze proefopstellingen dan ook niet waargenomen. Mogelijk is dit in natuurlijke systemen anders.
- De natuurlijke predatoren in Nederland moeten nog wennen aan de aanwezigheid van de rivierkreeften als een geschikte voedselbron. De laatste jaren zien we wel een **dieetshift van soorten als meerkoet, fuut en verschillende reigers**. Steeds meer komen kreeften in het dagelijks dieet van deze soorten terecht.
- Veldexperimenten van de universiteit Wageningen met de predatorsoort paling waren niet succesvol. De kreeftenpopulatie kon niet onderdrukt worden door de aanwezigheid van deze soort. Mogelijk predeert de paling enkel in de verschrallingsfase op de kreeften of bij afwezigheid van andere voedselbronnen. Het **precieze mechanisme van de predatie op de rivierkreeften is aldus nog niet bekend en dient verder te worden onderzocht**.
- Indien predatie als tijdelijke maatregel wordt ingezet is dit zelden succesvol. Zo zijn cases bekend waarbij meervallen tijdelijk in een systeem met rivierkreeften werden gezet om de kreeftenpopulatie te onderdrukken (Stuwmeer Kerkrade). De kreeften leken voor korte tijd te zijn verdwenen. Toen de meervallen werden weggehaald keerde de kreeftenpopulatie echter al snel terug. De rivierkreeften planten zich enorm snel voort (massale hoeveelheid eitjes per jaar). Indien dus enkele kreeften overblijven in het systeem duurt het niet lang voordat de populatie zich weer volledig heeft hersteld.

Andere maatregelen

- Gezien het sterke effect van de kreeftenpest op de Europese kreeftenpopulatie, lijkt een aanpak met gebruik van **pathogenen** (waarvoor de uitheemse rivierkreeften gevoelig zijn) kansrijk. Voorlopig zijn echter nog geen geschikte pathogenen bekend die enkel op de uitheemse rivierkreeften inwerken. Tevens blijft de vraag in hoeverre een dergelijke beheersmethode maatschappelijk geaccepteerd zal worden.
- Het gebruik van **pesticiden** wordt door dhr. I. Roessink niet realistisch geacht. De rivierkreeften blijken vrij ongevoelig voor pesticiden. Bij het gebruik van deze stoffen zal

dus eerst (een deel van) de overige flora en fauna afsterven voordat een significant effect op de kreeftenpopulatie optreedt.

- Mogelijk is het interessant in te werken op het **graafgedrag** van de uitheemse rivierkreeften. Er kan een systeem worden voorzien in de oevers waar de kreeften graag in kruipen en dat vervolgens kan worden opgetrokken (soort grote val).
- Ook dient onderzocht te worden in hoeverre de **onderlinge concurrentie** tussen de verschillende uitheemse rivierkreeftsoorten een natuurlijke onderdrukking van de populatiegroei kan teweegbrengen. Uit observaties blijkt dat de verschillende kreeftsoorten weinig mengen. Ze houden zich aan hun niche. Indien de soorten toch samen in een systeem zouden voorkomen kan de concurrentiestrijd een druk uitoefenen op beide populaties. Dit dient onderzocht te worden.
- Mogelijk zal de populatiegroei van de uitheemse **rivierkreeften ook vanzelf afnemen** in de komende jaren. De Nederlands ecosystemen passen zich aan de aanwezigheid van deze soorten (concurrentie, predatie) waardoor op termijn een natuurlijke onderdrukking van de populatie ontstaat die de kreeftendichtheid terugbrengt tot op een aanvaardbaar niveau. De uitkomst is echter onzeker en in tussentijd kan de schade groot zijn.

Bijlage 4: randvoorwaarden biobouwers

Tabel Bijlage 4 Randvoorwaarden verspreiding, kieming en vestiging biobouwers
 Table Bijlage 4 Conditions for distribution, germination and settling of 'bio builders'

Wetenschappelijke naam	Nederlandse Naam	Belangrijk in mesotrofe verlanding ^{1,5}	Soortgroep conform ESF ²	Vector verspreiding (liften vogels, drijven, wind) en drijfvermogen zaden in dagen ^{2,5}	Verspreiding (zaden, sporen, vegetatief) ²	Verspreidingsafstand via wind (95 percentielwaarde) ²	Bloeitijd begin-eind (maandnummer) ⁴	Habitatvereisten ^{5,6,7}
Stratiotes aloides	Krabbenscheer	ja	P3a	Drijvend (1-29 dagen), via vogels ⁸	vegetatief (vormt nauwelijks zaden meer en deze worden bovendien vlak boven het water losgelaten)	0,00m	5-7	Mesotroof (zonnige, luwe plaatsen in ondiep, stilstaand of langzaam stromend, matig voedselrijk tot voedselrijk, zoet tot soms zwak brak, zwak zuur tot zwak kalkhoudend water met een bodem van laagveen, rivierklei of zand).
Menyanthes trifoliata	Waterdrieblad	ja	P1c (o.b.v. familie)	Via dieren (vogels), drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	geen data	5-6	Mesotroof, (zwak zuur, carbonaat-, chloride-, en fosfaat-arm, vaak calcium houdend water op veen of sterk venige bodem)
Juncus subnodulosus	Paddenrus	ja	P1c (o.b.v. familie)	Via dieren (vogels), drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	geen data	6-9	Mesotroof (zonnige of soms licht beschaduwde, natte, matig voedselrijke, stikstofarme tot matig stikstofrijk, kalkarme (maar met kalkrijke kwel) tot kalkrijke grond bestaande uit laagveen, zand, leem en zavel). Lang geheugen.
Equisetum fluviatile	Holpijp	ja	Px	Wind	sporen, vegetatief	50km	5-7	Mesotroof (zonnige tot halfbeschaduwde plaatsen op natte, matig voedselrijke tot voedselrijke grond of in min of meer ondiep, zoet, hoogstens zwak stromend, fosfaatarm water. Vaak met dikke lagen veenmodder en op plaatsen waar ijzerhoudend water opkwelt (alle grondsoorten, behalve zeeklei)).
Eriophorum gracile	Slank wollegras	ja	P3a (o.b.v. genus)	Drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	0,12m	5-7	Oligotroof (zonnige plaatsen op natte, zwak zure, ijzerrijke veengrond. De plant is zeer gevoelig voor bemesting en/of verzuring.)
Carex lasiocarpa	Draadzegge	ja	P1c (o.b.v. familie)	Via dieren (vogels), drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	geen data	5-6	Oligotroof-mesotroof (matig zuur, tot vrijwel neutraal, matig tot zeer voedselarm, vrij basenarm tot vrij basenrijk, zoet water op veen, zand en leemgronden).
Carex diandra	Ronde zegge	ja	P1c (o.b.v. familie)	Via dieren (vogels), drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	geen data	5-6	Oligotroof-mesotroof (zwak zuur tot neutraal, basenrijk, stilstaand meestal zeer ondiep zoet, ijzer- en calcium houdend water op veen-, zand en leemgrond).
Carex rostrata	Snavelzegge	ja	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (>=30 dagen)	zaden, vegetatief	0,05m	5-6	Oligotroof-mesotroof (zonnige, vrij open plaatsen op natte, voedselarme tot matig voedselrijke, zwak zure tot zure grond en in zoet, ondiep, neutraal tot zuur, voedselarm tot matig voedselrijk water (zand, leem en laagveen)).
Potentilla palustris	Wateraardbei	ja, maar mogelijk te voedselrijk	niet in database	Via dieren, drijvend	zaden, vegetatief	geen data	6-7	Mesotroof-eutroof (zonnige plaatsen op natte, zwak zure grond en in ondiep water. Vaak op kwelplekken met ijzerrijk grondwater (veen, humeus zand en leem)).
Thelypteris palustris	Moerasvaren	ja, maar mogelijk te voedselrijk	Px	Wind	sporen, vegetatief	50km	7-9	Oligotroof tot mesotroof. (zonnige tot halfschaduwde plaatsen op natte, zwak zure

								grond, vooral op laagveen, maar ook op stenige plaatsen).
<i>Phragmites australis</i>	Riet	ja, maar mogelijk te voedselrijk	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (≥ 30 dagen)	zaden, vegetatief	271m	7-10	Mesotroof - eutroof (zonnige of soms half beschaduwde plaatsen in zoet tot brak, stilstaand of zwak stromend, zwak zuur tot kalkrijk water en op vochtige tot natte, matig voedselrijke tot voedselrijke, zoete tot brakke, zwak zure tot kalkrijke grond (alle grondsoorten).
<i>Typha angustifolia</i>	Kleine lisdodde	ja, maar mogelijk te voedselrijk	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (≥ 30 dagen)	zaden, vegetatief	178m	6-8	Mesotroof - eutroof (zonnige plaatsen in en langs ondiep, stilstaand of langzaam stromend, zwak zuur tot licht kalkhoudend, zoet, zelden zwak brak water met een vaak organische tot venige bodem).
<i>Calla palustris</i>	Slangewortel	nee (te voedselrijk)	niet in database	Drijvend	zaden, vegetatief	0,05m	5-6	Mesotroof-eutroof (zonnige, soms licht beschaduwde plaatsen in of aan zoet, beschut, stilstaand tot zwak stromend, ondiep, zuurstofarm, zwak zuur water met een bodem van laagveen, leem of zand met een dikke laag rottingsliik. Zoutmijdend).
<i>Cicuta virosa</i>	Waterscheerling	nee (te voedselrijk)	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (≥ 30 dagen)	zaden, vegetatief	1,50m	6-8	Mesotroof (zonnige plaatsen in zwak zuur, zoet tot zeer zwak brak, ondiep water met een zuurstofarme veenbodem).
<i>Carex paniculata</i>	Pluimzegge	nee (te voedselrijk)	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (≥ 30 dagen)	zaden, vegetatief	onbekend	5-6	Eutroof (zonnige tot licht beschaduwde plaatsen op natte, zwak zure tot kalkhoudende grond en in ondiep, zoet of soms zwak brak water (veen, leem, rivierklei en humeus zand)).
<i>Berula erecta</i>	Kleine watereppe	nee (te voedselrijk)	P1c	Via dieren (vogels), drijvend (≥ 30 dagen)	ja	5m	7-9	Mesotroof-eutroof (zonnige tot licht beschaduwde plaatsen op natte grond en in zoet tot zwak brak, zwak zuur tot kalkrijk, liefst helder, zeer zwak tot stilstaand water (zand, leem, zavel, veen en klei). De soort groeit vaak op kwelplekken)).

¹ Loeb et al. (2016)

² Van de Haterd et al. (2018)

³ Expert judgement

⁴ CBS (2018)

⁵ Sarneel (2010)

⁶ Weeda et. al. (2003)

⁷ Verspreidingsatlas (2018)

⁸ Zaadvorming is beperkt, omdat velden vaak uit mannelijke of vrouwelijke planten bestaan, maar zaden overleven maag-darmpassage goed (Smolders et al. 1995).

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.

Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12

Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 7
3972 NG Driebergen
0343-745250

drs. W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker Kennisnetwerk OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl