Waterkwaliteit is van invloed op de kritische kreeftendichtheid voor overleving krabbenscheer



Sloot in Reeuwijk met een grote bedekking door krabbenscheer (Foto: Suzanne Kanters)

Verknipping van de biobouwer krabbenscheer door de rode Amerikaanse rivierkreeft speelt vermoedelijk een belangrijke rol bij het uitblijven van de mesotrofe verlanding in laagveengebieden. Tot nu toe bleven de omstandigheden waarbij krabbenscheer verknipping door de rode Amerikaanse rivierkreeft kan overleven onbelicht. Aan de hand van een modelstudie onderzochten wij de kritische kreeftendichtheid voor de overleving van krabbenscheer.

Suzanne Kanters, Bob Brederveld & Casper Cusell

Mogelijk speelt verknipping van krabbenscheer door de rode Amerikaanse rivierkreeft een rol bij het uitblijven van de vroege stadia van de mesotrofe verlanding in laagveengebieden. Hoewel Kanters et al. (dit nummer) duidelijk aantonen dat de rode Amerikaanse rivierkreeft krabbenscheer beschadigt en verknipt, blijft onduidelijk tot welke kreeftendichtheid krabbenscheer kan overleven. Om meer inzicht te krijgen in de kritische kreeftendichtheid waarbij krabbenscheer kan overleven, voerden wij een modelstudie uit.

Waterkwaliteitsmodel PCDitch

Met behulp van het waterkwaliteitsmodel PCDitch (Janse & Van Puijenbroek, 1997) onderzochten we bij welke rivierkreeftendichtheid krabbenscheer kan overleven. PCDitch is een model dat is ontwikkeld om de nutriëntfluxen tussen het sediment, het water en de aanwezige vegetatie te modelleren (Janse & Van Puijenbroek, 1997). Om de effecten van verknipping door de rode Amerikaanse rivierkreeft goed te modelleren, ontwikkelden we twee nieuwe modules voor PCDitch: een module voor de populatiedynamiek van de rode Amerikaanse rivierkreeft en een module voor krabbenscheer. De module voor krabbenscheer is gebaseerd op andere, reeds bestaande en gevalideerde vegetatiegroepen, zoals drijvende planten en wortelende ondergedoken waterplanten in PCDitch. Verschillende differentiaalvergelijkingen en parameterwaarden zijn vervolgens, op basis van bestaande literatuur (o.a. Roelofs, 1991; Smolders et al., 1996; Harpenslager et al., 2015), aangepast of toegevoegd om de populatiedynamiek van krabbenscheer zo goed mogelijk overeen te laten komen met de werkelijkheid. Het gaat hierbij onder andere om vergelijkingen en parameterwaarden voor het opdrijven en zinken van de plant in respectievelijk het voorjaar en het najaar, en om bijvoorbeeld groeisnelheden. Aan de module voor de rivierkreeftenpopulatiedynamiek ligt een bestaand model (Martelloni et al., 2012) ten grondslag, waarin de populatiedynamiek van rivierkreeften wordt gemodelleerd aan de hand van zeven leeftijdsklassen. Op basis van dit model is een nieuw, versimpeld populatiemodelmodel ontwikkeld. Daarin is onderscheid gemaakt in drie 'leeftijdscategorieën': juveniele rivierkreeften (niet vangbaar en niet reproducerend), jonge rivierkreeften (vangbaar, maar nog niet reproducerend) en adulte rivierkreeften (vangbaar en reproducerend). Door deze verdeling in drie categorieën aan te houden, kon het effect van het wegvangen van rivierkreeften worden gemodelleerd. Rivierkreeften kleiner dan 6 cm zijn namelijk niet vangbaar, waardoor onderscheid gemaakt diende te worden tussen vangbare en niet-vangbare individuen. Tevens is met het gemaakte onderscheid in leeftijdscategorieën de variatie in de populatiesamenstelling gedurende het jaar te volgen. Vervolgens is dit populatiemodel ingebouwd in PCDitch. Het model is tenslotte gevalideerd met gegevens van de Distelvinkplas (Janssen & Kampen, 2020; Rip et al., dit nummer). Om de effecten van de rode Amerikaanse rivierkreeft op krabbenscheer goed te kunnen modelleren, zijn de ontwikkelde modules tenslotte

samengevoegd met elkaar en met het reeds beschikbare waterkwaliteitsmodel PCDitch. Fig. 1 geeft een overzicht van de modelstructuur van PCDitch met de nieuwe modules voor rivierkreeften en krabbenscheer.

Kritische rivierkreeftendichtheid

Uit de modelstudie blijkt dat nutriëntcondities, waterdiepte en debiet (volume water dat per tijdseenheid voorbijkomt) in sterke mate bepalen bij welke rivierkreeftdichtheden krabbenscheer overleeft. In afwezigheid van rivierkreeften komt krabbenscheer onder een behoorlijk brede eutrofierange voor. De soort kan dan ook onder eutrofe condities overleven, mits het water in het voorjaar helder blijft (Królikowska, 1997). De aanwezigheid van rode Amerikaanse rivierkreeften lijkt volgens het gebruikte modelinstrumentarium die range echter sterk te beperken: de krabbenscheerbiomassa stort in bij een (veel) lagere nutrientbelasting (fig. 2). Of, andersom: hoe hoger de nutriëntbelasting, hoe lager de kritische kreeftendichtheid waarbij de krabbenscheerpopulatie zich kan handhaven. De kreeftendichtheden waarbij deze populatie volgens het model instort, vallen ruim binnen de populatiedichtheden waarmee de rode Amerikaanse rivierkreeft voorkomt in Nederland (o.a. Van Emmerik, 2010; Janssen & Kampen, 2020).

Ook voor waterdiepte geldt dat de plantensoort bij een brede range van dieptes kan voorkomen. Die maximale diepte is mede afhankelijk van de helderheid van het systeem. Nutriëntrijkere systemen zijn doorgaans troebeler dan nutriëntarme systemen, waardoor krabbenscheer in nutriëntarmere omstandigheden tot een grotere diepte kan voorkomen dan in nutriëntrijke systemen (Sugier et al., 2010). Uit onze studie blijkt dat diepte in nutriëntrijkere systemen een sterke invloed heeft op de kritische rivierkreeftendichtheid waarbij de plantensoort kan overleven. In ons model nam de maximale rivierkreeftendichtheid waarbij krabbenscheer overleeft snel af met toenemende diepte. Zo kon krabbenscheer volgens het model in een nutriëntrijk systeem met een diepte van 50 cm nog een forse biomassa hebben bij een rivierkreeftendichtheid van 0,5 individuen per vierkante meter, terwijl krabbenscheer bij diezelfde rivierkreeftendichtheid en nutriëntbelasting niet kon overleven als de waterdiepte 1 m was.

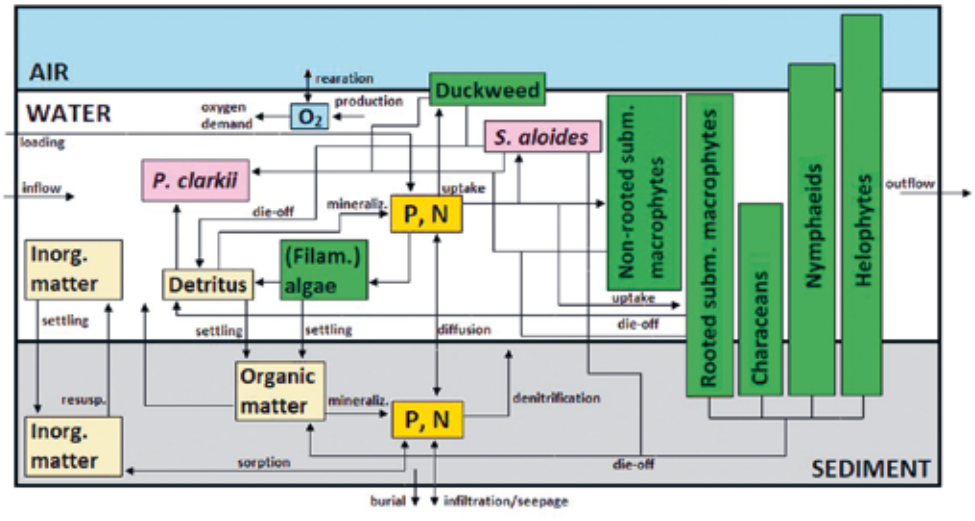
De optimale condities voor deze plantensoort komen overeen met een helder watersysteem bij mesotrofe condities, ammoniumconcentraties (NH_4^+) lager dan 50 µmol L^{-1}, een pH tussen 6 en 8, een diepte tot 1,5 m (liever wat ondieper) en sulfideconcentraties (S) lager dan 5 µmol L^{-1} (o.a. Smolders et al., 1996; Snyder & Francis, 2016). Uit ons model blijkt dat de maximale rivierkreeftendichtheid waarbij een krabbenscheerpopulatie zich kan handhaven circa één grote rivierkreeft (groter dan 6 cm) per vierkante meter wateroppervlak is onder deze optimale groeicondities van krabbenscheer. In Nederland worden de rivierkreeftdichtheden geschat op één tot drie individuen van groter dan 6 cm per vierkante meter (Van Emmerik, 2010; Lemmers et al., 2018). Verknipping van de plantensoort door de rode Amerikaanse rivierkreeft kan dus een belangrijke rol spelen bij het verdwijnen van dichte, drijvende matten met krabbenscheer. Al helemaal als er daarbij rekening wordt gehouden dat de abiotische omstandigheden in werkelijkheid vaak niet optimaal zijn; dan zal de kritische kreeftendichtheid vermoedelijk lager zijn dan één rivierkreeft per vierkante meter.

Is er handelingsperspectief?

Door middel van het wegvangen van rivierkreeften kan de rivierkreeftendichtheid worden verlaagd tot beneden de kritische kreeftendichtheid, zoals blijkt uit het afkreeftexperiment in de Distelvinkplas, waar na twee jaar afkreeften een helder watersysteem met kranswieren is ontstaan (Rip et al., 2021). We onderzochten met het model (a) de intensiteit waarmee dient te worden weggevangen om de kreeftenpopulatie te reduceren en (b) of de krabbenscheerpopulatie zou herstellen na het reduceren van de rivierkreeftenpopulatie. Ingrijpen op de rivierkreeftenpopulatie door in de nazomer voor een periode van twee maanden intensief rivierkreeften weg te vangen heeft volgens ons model enkel effect op een termijn van enkele jaren. Met de huidige vangstmethoden kunnen enkel rivierkreeften met een grootte van circa

Vertroebeling is vermoedelijk geen probleem voor krabbenscheer

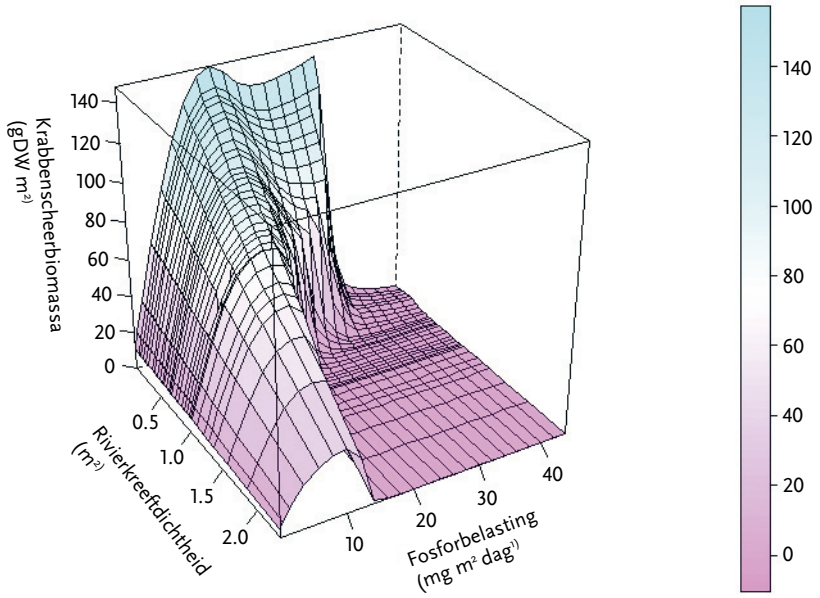
Naast verknipping zou het graafgedrag van de rode Amerikaanse rivierkreeft, dat tot sedimentopwerveling en vertroebeling kan leiden, ook een probleem kunnen vormen voor krabbenscheer. In het voorjaar dient er voldoende licht op de bodem te vallen om de fotosynthese op gang te laten komen en de plant te doen opdrijven (Harpenslager et al., 2015). Zodra krabbenscheer aan het wateroppervlak drijft, vormt vertroebeling geen probleem meer voor de overleving. De modelstudie laat zien dat de gevolgen van vertroebeling door het graafgedrag van de rode Amerikaanse rivierkreeft voor deze waterplant vermoedelijk beperkt zijn. De rode Amerikaanse rivierkreeft graaft namelijk hoofdzakelijk in de voortplantingsperiode in de nazomer (Koese & Vos, 2013); in het voorjaar is het graafgedrag beperkt.



Figuur 1. Modelstructuur van PCDitch met de nieuwe modules voor krabbenscheer (*S. aloides*) en de rode Amerikaanse rivierkreeft (*P. Clarkii*) in roze.

6 cm of groter worden weggevangen (Soes & Koese, 2010). Kleinere exemplaren kruipen door de maaswijdte van de fuiken en worden daardoor (vrijwel) niet gevangen. Het intensief wegvangen van individuen groter dan 6 cm leidt volgens het model tot een korte, sterke afname in de populatie, waarbij de afname in het model goed overeenkomt met het afkreeftexperiment van Rip et al. (dit nummer) in de Distelvinkplas. Echter, wanneer wordt gestopt met wegvangen, herstelt de kreeftenpopulatie in het model zich snel als gevolg van de hoge reproductiesnelheid van de kreeften (o.a. Martelloni et al., 2012). De rivierkreeftenpopulatie is volgens het model binnen een jaar hersteld als er slechts één nazomer wordt ingegrepen op de rivierkreeftenpopulatie. Herstel van de populatiegrootte duurt volgens het model circa twee jaar wanneer meerdere nazomers achter elkaar intensief wordt ingegrepen in de rivierkreeftenpopulatie. Nadat het wegvangen is gestopt wordt de rivierkreeftenpopulatie in ons model tijdelijk groter. Normaliter prederen volwassen individuen op kleinere rivierkreeften in de populatie. Wanneer deze predatie wegvalt doordat de grote, volwassen individuen uit de populatie worden weggevangen, stijgt voor kleine rivierkreeften de kans om volwassen te worden, met als gevolg dat de populatie voor korte tijd groter kan worden dan in de natuurlijke situatie.
De krabbenscheerbiomassa krijgt zo lang de rivierkreeftendichtheid laag wordt gehouden volgens ons model wel de kans te herstellen. Als met behulp van wegvangen de rivierkreeftendichtheid kan worden verlaagd tot 0,7 rivierkreeften per vierkante meter wateroppervlak of minder, dan krijgt krabbenscheer de mogelijkheid zich te herstellen.

Krabbenscheerbiomassa bij verschillende rivierkreeftdichtheden en fosforbelastingen



Figuur 2. Invloed fosforbelasting en kreeftendichtheid.

Discussie

Uit de modelstudie is gebleken dat er niet één kritische rivierkreeftendichtheid is waarbij krabbenscheer kan overleven, maar dat de kritische rivierkreeftendichtheid afhankelijk is van de waterkwaliteit in een systeem. De interacties die optreden in een systeem zijn in het model vereenvoudigd. Zo hebben we in het model aangenomen dat de rode Amerikaanse rivierkreeft wél effect heeft op het watersysteem, onder andere door het verknippen van de vegetatie, maar dat de systeemeigenschappen, zoals diepte of nutriëntbelasting, geen effect hebben op de dichtheid van rode Amerikaanse rivierkreeft. Er is in het model dus geen feedbackmechanisme van de systeemeigenschappen op de rivierkreeftendichtheid. Tegelijkertijd weten we dat de rode Amerikaanse rivierkreeft zich bij een zeer brede range van abiotische condities kan handhaven (o.a. Cusell et al., 2020). Er mag dus verwacht worden dat de mate van feedback van het systeem op de rivierkreeftendichtheid beperkt is.
Een andere belangrijke aanname die is gemaakt, is dat we ervan uitgaan dat rode Amerikaanse rivierkreeften groter dan 6 cm in Nederlandse wateren één reproductiecyclus per jaar hebben, waarbij elk volwassen



Rode Amerikaanse rivierkreeft. (Foto: Paul van Hoof)

vrouwtje in het najaar eierdragend is en er circa 200 juvenielen uit het ei komen. Hoewel deze aannames zijn gebaseerd op literatuur (o.a. Martelloni et al., 2012; Janssen & Kampen, 2020), verschilt het mogelijk van systeem tot systeem hoeveel eitjes er worden geproduceerd, uitkomen en overleven. De validatie van het populatiemodel met de gegevens van de Distelvinkplas (Janssen & Kampen, 2020) wijst erop dat het model goed overeenkomt met de praktijk.
Tevens dient te worden opgemerkt dat het PCDitch-model, met daarin de twee modules voor de rode Amerikaanse rivierkreeft en krabbenscheer, nog niet kan worden gevalideerd. Validatie van het gekoppelde model is nog niet mogelijk, omdat er nog geen (wegvang)experimenten zijn uitgevoerd in door krabbenscheer gedomineerde systemen. Dergelijke experimenten zijn essentieel om het model te kalibreren en valideren. Ondanks bovenstaande beperkingen van het model zijn de modelresultaten voor de kritische rivierkreeftendichtheid in lijn met de kritische rivierkreeftendichtheid die Lemmers et al. (2018) vonden in hun onderzoek. Dit onderzoek neemt op basis van de uitgevoerde analyse aan dat een gezond systeem zich kan handhaven bij rivierkreeftdichtheden lager dan 0,9 volwassen individuen per vierkante meter. In ons onderzoek vonden we onder optimale groeicondities voor krabbenscheer een kritische rivierkreeftendichtheid van 1 individu per vierkante meter. In praktijk zijn de groeicondities vaak niet optimaal, waardoor de kritische rivierkreeftendichtheid lager zal liggen.

Conclusie

Op basis van de uitgevoerde modelstudie concluderen wij dat de mate waarin krabbenscheer zich kan handhaven bij een bepaalde rivierkreeftendichtheid, mede afhankelijk is van de waterkwaliteit. Een verslechtering van de waterkwaliteit kan leiden tot een afname in de overlevingskans van krabbenscheer bij een bepaalde rivierkreeftendichtheid. De kritische rivierkreeftendichtheid is in praktijk (waar de waterkwaliteit vaak niet optimaal is voor krabbenscheer) dan ook vaak lager dan de (theoretische) kritische rivierkreeftendichtheid van 1 individu per vierkante meter wateroppervlak terwijl de daadwerkelijke rivierkreeftendichtheid doorgaans groter is dan 1 individu per vierkante meter. Volgens onze modelberekeningen kan alleen door fors en langdurig ingrijpen in de rivierkreeftpopulatiegrootte de mesotrofe verlanding via krabbenscheer weer op gang worden gebracht. Daarbij is het essentieel oog te houden voor de waterkwaliteit in het systeem.

Literatuur

Cusell, C., R.J. Brederveld, L. Doef, M. Jans, D. Lammers, M. Tangerman, E.J. Weerman, L.W. Moth, J. Kampen, R.J.W. van de Haterd, B. Koese, S. Nieuwhof, A.M. Kooijman & A. van de Craats, 2020. Correlatief kreeftenonderzoek: verklarende studie naar het voorkomen van rode Amerikaanse rivierkreeft in Nederland. Witteveen+Bos.

Emmerik, W. A. van, 2010. Oriënterend onderzoek exotische rivierkreeften stadswateren Gouda. Sportvisserij Nederland.

Harpenslager, S.F., A.J.P. Smolders, A.A.M. Kieskamp, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, 2015. To Float or Not to Float: How Interactions between Light and Dissolved Inorganic Carbon Species Determine the Buoyancy of *Stratiotes aloides*. PLOS ONE 10(4): e0124026

Janse, J.H. & P.J.T.M. van Puijenbroek, 1997. PCDitch, een model voor eutrofiëring en vegetatie-ontwikkeling in sloten. RIVM, Bilthoven.

Janssen, Y. & J. Kampen, 2020. Reductie van een populatie rode Amerikaanse rivierkreeften in de Distelvinkplas van de Molenpolder; deel 1: korte termijn effecten 2018 en 2019 op de kreeftenpopulatie. ATKB.

Kanters, S., R.J. Brederveld, M.J.J. Schrama & C. Cusell, 2021. Verknipping van krabbenscheer door de rode Amerikaanse rivierkreeft. De Levende Natuur 122(4): 148-150.

Koese, B. & J. Vos, 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.

Kooijman, A. M., C. Cusell, R. Loeb & J.M.H. van Diggelen, 2018. Mesotrofe verlanding en behoud van trilvenen. Landschap 2: 83-91.

Królikowska, J., 1997. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte-dominated lake – species differentiation, biomass and the distribution of submerged macrophytes in Lake Łuknajno (Poland). Hydrobiologia 342/343: 411-416.

Lemmers, P., B.H.J.M. Crombaghs & R.S.E.W. Leuven, 2018. Invasieve exotische kreeften in het beheergebied van waterschap Rivierenland. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Radboud Universiteit & Nederlands Expertise Centrum Exoten, Nijmegen.

Martelloni, G., F. Bagnoli & S.M. Libelli, 2012. A dynamical population modeling of invasive species with reference to the crayfish Procambarus clarkii.

Rip, W., J. Kampen, G. ter Heerdt, Y. Janssen, A. Roeffen, R. Beenen, B. van Dijk & H. Kampf, 2021. Reduceren van rode Amerikaanse rivierkreeften in een laagveenplas. De Levende Natuur 122(4): 155-159.

Roelofs, J. G. M., 1991. Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: effects on water quality and Stratiotes aloides L. stands. Aquatic Botany 39(3-4): 267-293.

Smolders, A. J. P., C. den Hartog, C.B.L. van Gestel & J.G.M. Roelofs, 1996. The effects of ammonium on growth, accumulation of free amino acids and nutritional status of young phosphorus deficient Stratiotes aloides plants. Aquatic Botany 53: 85-96.

Snyder, E., A. Francis & S.J. Darbyshire, 2016. Biology of invasive alien plants in Canada. 13. Stratiotes aloides L. Canadian Journal of Plant Science 96: 225-242.

Soes, D. M. & B. Koese, 2010. Invasive freshwater crayfish in the Netherlands: a preliminary risk analysis.

Sugier, P., B. Lorens, S. Chmiel & M. Turczyński, 2010. The influence of Ceratophyllum demersum L. and Stratiotes aloides L. on richness and diversity of aquatic vegetation in the lakes of mid-eastern Poland. Hydrobiologia 656(1): 43-53.

Summary

Water quality affects the critical lobster density for crab shear survival

The red swamp crayfish destroys the leaves of the ecosystem engineer water soldier, and thereby affects the survival of the species. Our study shows that the extent to which water soldier can survive in presence of the red swamp crayfish is dependent on the abiotic conditions of the water body. Under conditions that are optimal for water soldier, the critical crayfish density under which water soldier can survive is circa 1 individual per square meter. Increasing nutrient loads decrease the maximum crayfish density under which water soldier can persist. Crayfish removal leads to the regrowth of water soldier when trapping is performed with high intensity. However, when trapping is stopped, the crayfish population recovers quickly because of its high reproduction rate.

Suzanne Kanters
Witteveen+Bos
suzanne.kanters@witteveenbos.com

Bob Brederveld
Witteveen+Bos
Bob.brederveld@witteveenbos.com

Casper Cusell
Witteveen+Bos
casper.cusell@witteveenbos.com