

Verspreiding invasieve rivierkreeften in Nederland

Voorkomen in verleden, heden en toekomst

Ivo Roessink, Daphne Thomas, Igor Staritsky, Fabrice Ottburg, Edwin T.H.M. Peeters



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Verspreiding invasieve rivierkreeften in Nederland

Voorkomen in verleden, heden en toekomst

Ivo Roessink¹, Daphne Thomas¹, Igor Staritsky¹, Fabrice Ottburg¹, Edwin T.H.M. Peeters²

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Universiteit

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door RvO, in het kader van het Europees Fonds voor Maritieme zaken en Visserij (projectnummer 19103000031).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, februari 2024

Gereviewd door:

Bas Buddendorf, onderzoeker Team Environmental Risk Assessment

Akkoord voor publicatie:

Sara Ahrari, teamleider van Team Environmental Risk Assessment

Rapport 3326
ISSN 1566-7197

In Nederland komen verschillende invasieve rivierkreeften voor, waarvan er vijf algemeen gevestigd zijn. Dit onderzoek maakt de recente verspreiding en de ontwikkeling van de populaties van de Californische, gevlekte, rode, gestreepte en geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft inzichtelijk in de tijd. Ook wordt een analyse uitgevoerd naar welke omgevingsfactoren het voorkomen van invasieve rivierkreeften kunnen voorspellen. Hiervoor wordt gekeken naar hoogteligging, connectiviteit, bodemtype en saliniteit. Op basis van deze analyse wordt tevens een voorspelling gedaan met betrekking tot het potentiële verspreidingsgebied van de verschillende soorten.

Several invasive crayfish species occur in The Netherlands, of which five are commonly established. This research provides insight into the recent distribution and development of the populations of the Californian, spiny-cheeked, red swamp, white river and virile crayfish over time. Additionally, an analysis is performed to determine the correlations of their occurrence with environmental factors such as elevation in the landscape, connectivity, soil type and salinity. Based on this analysis, a prediction is made regarding the potential distribution area of the various species in The Netherlands.

Trefwoorden: Verspreiding, invasieve rivierkreeften, gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*), rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*), gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus acutus*), geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius virilis*), Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*), omgevingsfactoren

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/640864> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2024 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Werkwijze	10
3 Verspreiding invasieve rivierkreeften	12
3.1 Alle invasieve rivierkreeften	12
3.2 Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	14
3.3 Rode Amerikaanse rivierkreeft	15
3.4 Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft	15
3.5 Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	18
3.6 Californische rivierkreeft	19
4 Factoren bepalend voor verspreiding	20
4.1 Actueel Hoogtebestand Nederland	20
4.2 Connectiviteit	22
4.3 Grondsoort	23
4.4 Saliniteit	24
5 Voorspelling van toekomstige verspreiding	25
5.1 Alle rivierkreeften	25
5.2 Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	26
5.3 Rode Amerikaanse rivierkreeft	27
5.4 Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft	27
5.5 Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	28
5.6 Californische rivierkreeft	29
6 Conclusies	30
Literatuur	31

Verantwoording

Rapport: 3326

Projectnummer: 5200045850

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker

naam: Bas Buddendorf

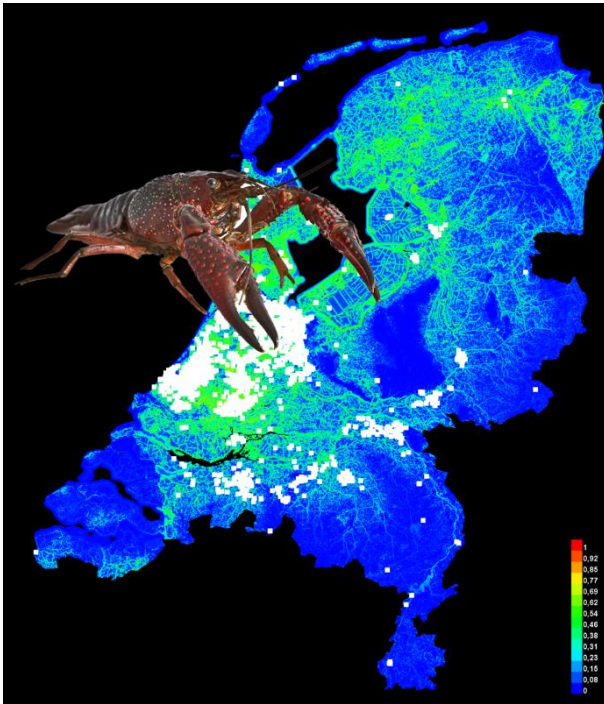
datum: 12 februari 2024

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Sara Ahrari

datum: 16 februari 2024

Samenvatting



Invasieve rivierkreeften hebben, met name vanaf de jaren 80 van de vorige eeuw, gestaag nieuwe gebieden gekoloniseerd in Nederland. Van de vijf algemeen gevestigde soorten zijn de gevlekte en de rode Amerikaanse rivierkreeft het meest wijdverspreid. Gevolgd door de gestreepte en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft. De Californische rivierkreeft heeft het kleinste verspreidingsgebied van deze soorten en is (nog) redelijk beperkt tot de regio Twente en de stad Tilburg.

De gevlekte en rode Amerikaanse rivierkreeft zijn het langst in Nederland en na hun introductie duurde het ongeveer 20 tot 30 jaar voordat de soorten in een exponentiële groeifase wat betreft hun verspreiding kwamen. Gezien het feit dat de andere soorten enerzijds pas korter in Nederland gevestigd zijn en anderzijds doorgaans gebieden moeten koloniseren die al bezet zijn door de twee andere soorten, verloopt hun verspreiding langzamer en zijn ze nog niet in een exponentiële groeifase beland. Of dit nog

gaat gebeuren, is niet duidelijk, maar als mensen deze dieren actief blijven verspreiden en ze zo naar nog niet-gekoloniseerde arealen gaan brengen, kunnen de plekken waar deze soorten voorkomen makkelijker exponentieel gaan toenemen.

Eerdere onderzoeken hebben voornamelijk naar zeer gedetailleerde informatie van de waterlichamen zelf gekeken (zoals pH, zuurstofgehalte, Elektrisch Geleidend Vermogen, nutriëntengehaltes, etc.) om te verklaren waarom rivierkreeften op deze plekken kunnen voorkomen. Hieruit komt naar voren dat er tussen de verschillende wateren te weinig onderscheidend vermogen aanwezig is om hier duidelijke uitspraken over te doen. Echter, als we uitzoomen en naar het grotere, en daardoor grovere, plaatje van de verspreidingspatronen van de verschillende kreeften kijken, kan dit mogelijk wel inzichten geven. Om op een dergelijk landschapsniveau nog onderscheid te kunnen maken, zijn er verschillende (macro)factoren geselecteerd: hoogteligging, connectiviteit, bodemtype en saliniteit. Hoewel we verwachten dat deze factoren het voorkomen van de rivierkreeften kunnen voorspellen, hebben ze ook een hoog gehalte aan autocorrelatie in zich. Dat wil zeggen dat er veel onderlinge afhankelijkheden zijn, zoals dat zandgronden altijd in de hogere delen van Nederland te vinden zijn en dat veen- en kleigronden door hun noodzaak tot ontwatering altijd veel onderling verbonden waterlichamen (connectiviteit) hebben. Door middel van de zogenaamde 'knipmes'-analyse is de bijdrage van elk van deze factoren op het voorkomen van de verschillende soorten geanalyseerd en dit resultaat is gebruikt om een voorspelling te doen waar de kreeften mogelijk voor kunnen komen in Nederland.

De beste resultaten worden gevonden wanneer de rivierkreeften al lang gevestigd zijn waardoor het verspreidingspatroon veel connecties heeft met de omgevingsfactoren. Omgevingskarakteristieken van een habitat waar de kreeften (nog) niet voorkomt, kunnen logischerwijs (nog) geen rol spelen in de voorspelling van het potentiële voorkomen. Daarom moeten de resultaten van de analyse en de daaropvolgende voorspelling altijd met een kritische blik worden bekeken. De factoren die de duidelijkste correlatie met het voorkomen van de verschillende rivierkreeften lieten zien, waren connectiviteit en saliniteit. Samenvattend kan gesteld worden dat meer onderlinge verbindingen tussen waterlichamen resulteren in meer rivierkreeften. Een hogere saliniteit zorgt juist voor minder rivierkreeften. Echter deze brakke gebieden zijn dusdanig schaars in het Nederlandse landschap dat geconcludeerd kan worden dat met genoeg tijd of menselijke hulp, de invasieve rivierkreeften de Nederlandse wateren in potentie vrijwel volledig kunnen koloniseren.

Op basis van de weergave in de 'invasiecurve' zal de inspanning die het beheren/beheersen van de meeste populaties van invasieve soorten anno 2020 in de praktijk kost, zeer groot zijn. Daarmee is een brede bestrijding van deze soorten ondertussen zeer onwaarschijnlijk geworden. Op basis van de geanalyseerde waarnemingen moet een soort binnen tien tot vijftien jaar na vestiging bestreden worden voordat ze in een nieuw gebied in een exponentiële groeifase kan komen. Bij de gevlekte, rode, gestreepte en geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft is hier gewoonweg te laat ingegrepen en de soorten zijn nu te wijdverspreid om nog onder controle te krijgen. Op basis van het huidige verspreidingspatroon komt alleen de Californische rivierkreeft wellicht nog in aanmerking voor een brede bestrijding. De populaties van de overige soorten kunnen waarschijnlijk alleen nog maar lokaal beheerd worden door ze uit bepaalde resterende waardevolle gebieden met een hoge biodiversiteit of residerende doelsoort te weren.

1 Inleiding

De laatste jaren zijn in de landelijke media regelmatig berichten verschenen over invasieve rivierkreeften en hun nadelige effecten op de ecologie van watersystemen. Alarmerende berichten over het instorten van oevers en het verdwijnen van hele watervegetaties, veranderingen die allemaal het gevolg lijken van de activiteiten van invasieve rivierkreeften [1]. Vooral vanaf de jaren 80 van de vorige eeuw zijn uitheemse soorten, die voor menselijke consumptie en de aquarium- en vijverhandel geïmporteerd werden, ontsnapt, afgedankt of zelfs bewust uitgezet. Hierdoor hebben verschillende uitheemse soorten rivierkreeften zich met levensvatbare populaties kunnen vestigen en verspreiden in de Nederlandse oppervlaktewateren [2].

Tabel 1 Overzicht van de in Nederland voorkomende rivierkreeften [1].

Soort	In NL vanaf	Herkomst
Europese rivierkreeft (<i>Astacus astacus</i>)	Inheems	West-Europa
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (<i>Faxonius limosus</i>)	1968	Noord-Amerika
Turkse rivierkreeft (<i>Pontastacus leptodactylus</i>)	1977	Oost-Europa, Azië
Rode Amerikaanse rivierkreeft (<i>Procambarus clarkii</i>)	1985	Noord-Amerika
Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (<i>Procambarus acutus</i>)	2002	Noord-Amerika
Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (<i>Oronectes virilis</i>)	2004	Noord-Amerika
Californische rivierkreeft (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)	2004	Noord-Amerika
Marmerkreeft (<i>Procambarus virginalis</i>)	2004	Noord-Amerika (een mutatie van <i>Procambarus fallax</i>)

Nadat het merendeel van deze rivierkreeften in 2014 en 2016 op de exotenverordening van de Europese Unie geplaatst zijn [3, 4], is er groeiende aandacht voor deze dieren. Dit heeft niet in de laatste plaats te maken met steeds meer meldingen in de tussenliggende jaren in de media van hoge dichtheden rivierkreeften en nieuw gekoloniseerde plekken. Maar hoe zit het nu eigenlijk met de verspreiding van rivierkreeften in Nederland? Wordt er daadwerkelijk een steeds groter deel van Nederland gekoloniseerd door deze dieren? En zo ja, zijn er wellicht factoren aan te wijzen die kunnen verklaren op welke plekken de rivierkreeften zich thuis voelen?

In een eerdere analyse van het voorkomen van de verschillende soorten rivierkreeften werd al aangegeven dat na hun vestiging in Nederland het areaal toenam [2]. Echter, dit verspreidingsbeeld is na 2010 niet meer bijgewerkt. Ook is er eerder onderzocht of er relaties met milieu- en omgevingsfactoren gevonden konden worden die verklaren waarom bepaalde wateren gekoloniseerd worden door de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) [5]. Dit onderzoek, dat op zeer groot detailniveau in vijftien veenweide- en laagveengebieden werd uitgevoerd, leverde enkele correlaties op met de factoren opgelost zuurstofgehalte, externe fosfaatbelasting en het aantal schuilmogelijkheden in het water [5]. Hierbij moet echter wel geconcludeerd worden dat, gezien de invloed die rivierkreeften hebben op hun directe omgeving [6-9], het zeker niet uitgesloten kan worden dat de gevonden relaties het gevolg van de aanwezigheid van de kreeften zijn en de aanwezigheid van de kreeften niet het gevolg van de relaties.

Hierdoor heeft het voorliggende onderzoek twee specifieke doelen gekregen. Het eerste doel is om de recente verspreiding en de ontwikkeling van vijf invasieve rivierkreeften in Nederland in de tijd inzichtelijk te maken. Hoewel er tegenwoordig ten minste acht soorten rivierkreeften in Nederland voorkomen, hebben onze eigen inheemse Europese rivierkreeft, de Turkse rivierkreeft, de Californische rivierkreeft en de marmerkreeft vooralsnog een zeer gelimiteerde verspreiding (soms zelfs maar beperkt tot één of maar een handvol geïsoleerde wateren). Derhalve behandelen we in dit rapport alleen de invasieve soorten met een niet-geïsoleerde verspreiding, te weten: de gevlekte Amerikaanse, rode Amerikaanse, gestreepte Amerikaanse, geknobbelde Amerikaanse en Californische rivierkreeft (Tabel 1). Het tweede doel is om te onderzoeken of door, in plaats van in te zoomen op details, uit te zoomen er een middels een zogenaamde helikopteroverzichtbenadering een voorspelling te doen is over welke kreeften welke gebieden in Nederland kunnen koloniseren.

2 Werkwijze

Om alle waarnemingen van rivierkreeften in Nederland te verzamelen, is gebruikgemaakt van de Nationale Databank Flora & Fauna (NDFF). De NDFF bundelt, uniformeert en valideert natuurgegevens in Nederland. De gegevens brengen in beeld wat er bekend is over de verspreiding van planten- en diersoorten. De NDFF bevat ruim 200 miljoen waarnemingen. Voordat waarnemingen zichtbaar zijn, worden ze eerst gevalideerd. Dat gebeurt aan de hand van kennisregels en beoordelingen van experts. Waarnemingen in de NDFF zijn afkomstig van professionele en vrijwillige waarnemers. De gegevens zijn voor iedereen toegankelijk, via een abonnement of een gegevenslevering (www.ndff.nl).

Voor dit project zijn alle waarnemingen van rivierkreeften tot 2020 opgevraagd. Omdat waarnemingen grotendeels berusten op toevallige observaties, kan het goed zijn dat het ene jaar een rivierkreeft op een bepaalde locatie gezien is en dat de databank geen waarneming voor het daaropvolgende jaar heeft van die locatie. Hoewel het altijd mogelijk is dat op die plek de rivierkreeft weer verdwenen is, is het waarschijnlijker dat er gewoon geen waarneming gedaan is op die locatie in dat opeenvolgende jaar. In dit project zijn we ervan uitgegaan dat wanneer rivierkreeften eenmaal op een locatie waargenomen zijn, deze locatie als 'gekoloniseerd' beschouwd wordt. Locaties worden op deze manier cumulatief samengevoegd, zodat er een aaneengesloten verspreidingsbeeld ontstaat. Daar dit door de praktijk niet tegengesproken wordt – er zijn geen meldingen van gebieden waar opeens geen rivierkreeften meer voorkomen – lijkt dit een acceptabele aanname. Voor het maken van verspreidingsoverzichten en het doen van analyses op de data, zijn waarnemingen gegroepeerd per vijf of tien jaar. Welke selectie wanneer is toegepast, wordt per overzicht/analyse aangegeven.

Om mogelijke sturende factoren voor het voorkomen van rivierkreeften in het Nederlandse landschap te vinden, wordt in deze rapportage een andere methodiek gevolgd dan in de eerdere studie van Cusell et al. (2020) [5]. Waar in de eerste studie ingezoomd werd op details per gebied waar kreeften voorkwamen, kiezen we er in deze analyse voor om uit te zoomen en te kijken of een zogenaamd helikopteroverzicht wellicht meer of aanvullende informatie kan opleveren. De factoren die we op gebieds-/landschapsschaal voor een dergelijke analyse willen gebruiken, bestaan uit: hoogteligging (Actueel Hoogtebestand Nederland – AHN), de mate van connectiviteit van wateren, het bodemtype en de saliniteit.

De rationale achter deze selectie is dat:

- Hoogte iets zegt over het type water. Op hogere gronden vindt men doorgaans de beken en kleine stroompjes, terwijl in lagere gebieden de traagstromende sloten etc. gevonden worden. Het AHN-bestand is beschikbaar op www.ahn.nl. In de figuren van hoofdstuk 5 is deze factor weergegeven als "ahn2_25m".
- Connectiviteit geeft aan hoe makkelijk een rivierkreeft van het ene water naar het andere kan migreren. Wateren die veel onderlinge verbindingen hebben, zullen dan makkelijker gekoloniseerd raken dan wateren die veel meer geïsoleerd liggen. Voor dit specifieke doel heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) data beschikbaar gesteld. In de figuren van hoofdstuk 5 is deze factor weergegeven als "eucdistwaterdeellijn25m" en "eucdistwaterdeelvlak". Dit is een maat op basis van 'Euclidische afstand', waarbij factoren als barrières etc. niet worden meegenomen.
- Bodemtype zegt mogelijk iets over de geschiktheid van een water, met name zijn oevers, voor rivierkreeften. Dit zou dan met name van invloed zijn op het graven van schuilplaatsen etc., waardoor bodems waar makkelijk in getunneld kan worden mogelijk meer in trek zijn dan bodems waar dit niet mogelijk is. De bodemkaart van Nederland is beschikbaar op de Atlas Leefomgeving (www.atlasleefomgeving.nl). In de figuren van hoofdstuk 5 is deze factor weergegeven als "bofek2012_25m".
- Saliniteit is een factor die een mogelijk negatieve relatie met rivierkreeften heeft. Dit omdat rivierkreeften doorgaans niet heel abundant voorkomen in brakke wateren. Daar we geen daadwerkelijke metingen van de saliniteit van het oppervlaktewater konden vinden, is hier gebruikgemaakt van de PBL-databank (verzilting grondwater), van de aanwezigheid van zout grondwater onder het maaiveld. In de figuren van hoofdstuk 5 is deze factor weergegeven als "salinity".

Het mag echter duidelijk zijn dat tussen deze verschillende factoren een hoge mate van autocorrelatie bestaat. Zo liggen bodemtypes veenweide en rivier- of zeeklei altijd in gebieden die een lage ligging hebben en ligt het bodemtype zandgrond doorgaans hoger in het landschap. Een lage ligging betekent ook veelal dat er veel water afgevoerd moet worden en dat als gevolg daarvan de connectiviteit tussen wateren hoger is. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de invloed van de individuele factoren op het voorkomen van rivierkreeften op de verschillende plekken in Nederland, is gebruikgemaakt van de zogenaamde knipmes-methode (*jack-knife approach*). Hierbij wordt een dataset geanalyseerd met alle factoren aanwezig en daarna wordt de analyse herhaald, waarbij één factor weggelaten wordt. Dit proces wordt telkens herhaald en ook in verschillende volgordes, zodat hieruit de verklarende kracht voor in dit geval het voorkomen van rivierkreeften van elke individuele variabele gedistilleerd kan worden. Hierbij moet opgemerkt worden dat dergelijke analyses beter worden naarmate er meer waarnemingen beschikbaar zijn. De verschillende factoren veranderen niet noemenswaardig op de tijdschaal van 1980 tot 2020 waar we in dit project naar kijken. Maar de relatie tussen het voorkomen van rivierkreeften en de verschillende omgevingsfactoren kan logischerwijs accurater geschat worden met 1000 dan met 100 waarnemingen.

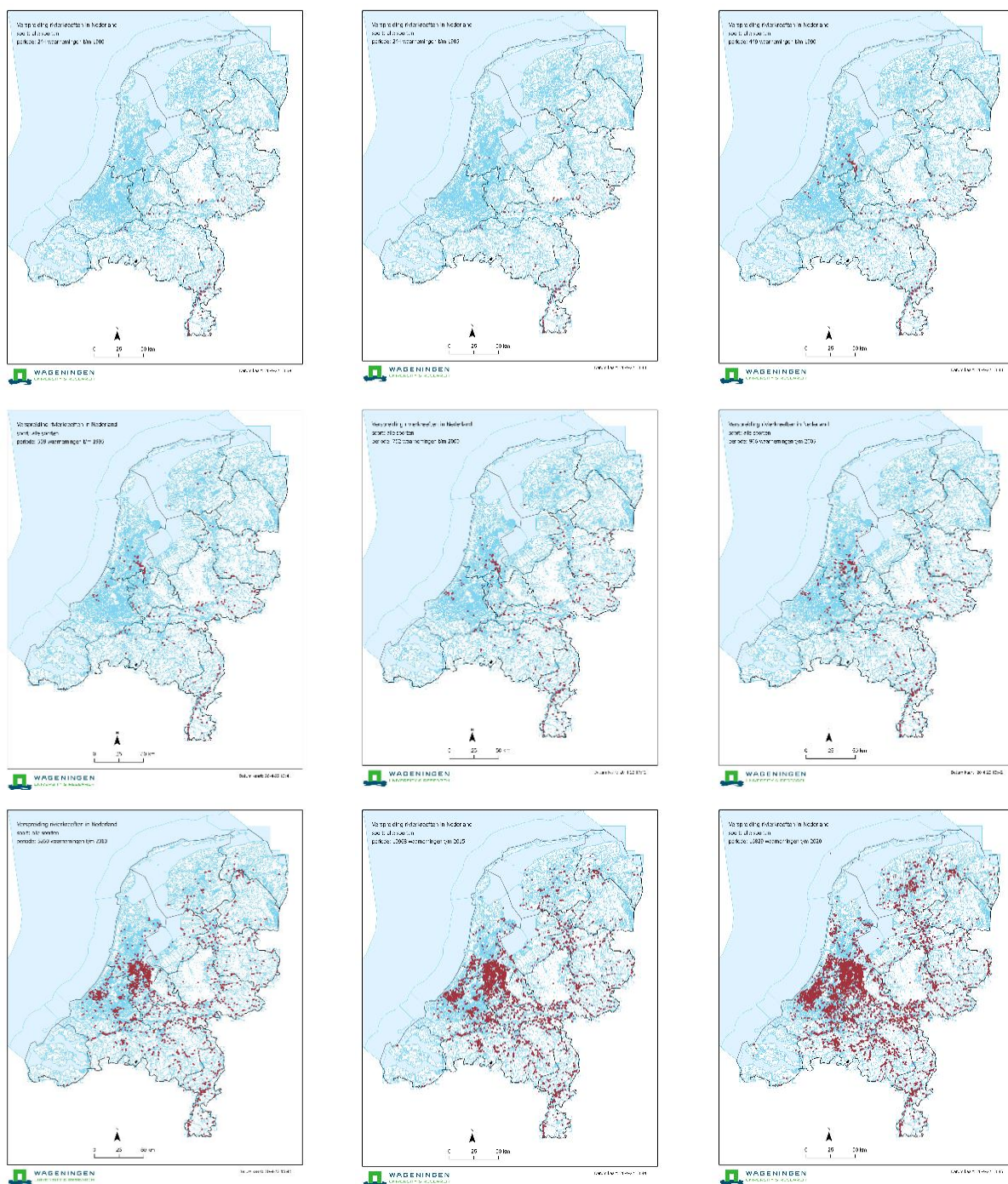
Ook is het goed om te realiseren dat de verspreiding van rivierkreeften tijdsafhankelijk is. Een soort die in de Randstad voor het eerst is waargenomen, heeft tijd nodig om het oosten van het land te bereiken. Omdat de analyse werkt met daadwerkelijk voorkomen van kreeften op specifieke locaties, kan het in dergelijke gevallen minder goed voorspellen wat het potentiële verspreidingsgebied van een dergelijke soort kan zijn, omdat de combinatie tussen bijvoorbeeld de grondsoort in Oost-Nederland en de rivierkreeft nog niet beschikbaar is. In dit geval geldt zeker het adagium: de afwezigheid van bewijs, is geen bewijs van afwezigheid. Voor de voorspelling van waar de rivierkreeften mogelijk kunnen voorkomen, is het dus van belang om de recentste verspreidingsdata te gebruiken, omdat hier de meeste kreeft-locatiecombinaties in voorradig zijn.

In eerste instantie kijken we in hoofdstuk 3 van dit rapport naar de verspreiding van rivierkreeften in Nederland. Dit betreft de rivierkreeften als totale groep en de afzonderlijke soorten, zodat we kunnen vaststellen of de waargenomen toename van het totale aantal invasieve rivierkreeften nu veroorzaakt wordt door alle in Nederland voorkomende soorten of maar door een beperkt aantal. De mogelijk verklarende factoren die de verspreiding van invasieve rivierkreeften sturen, komen in hoofdstuk 4 en 5 aan bod.

3 Verspreiding invasieve rivierkreeften

3.1 Alle invasieve rivierkreeften

Voor 1980 waren er slechts enkele waarnemingen van invasieve rivierkreeften bekend in Nederland. Het betrof hier met name waarnemingen in de grotere wateren, zoals de rivieren (Figuur 1).

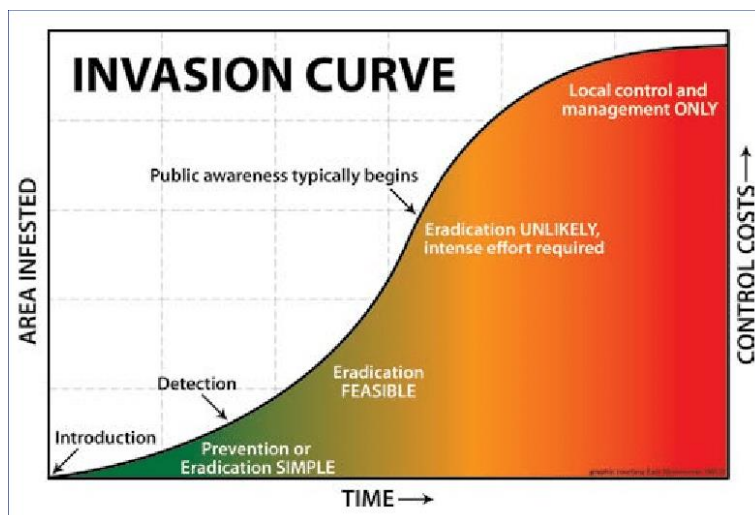


Figuur 1 Verspreiding in de tijd van alle in Nederland voorkomende invasieve rivierkreeften in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1980, 1980-1985, 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005-2005-2010-2010-2015 en 2015-2020.

Pas vanaf 1990 werden er ook invasieve rivierkreeften in kleinere wateren gevonden (Figuur 1). Tot 2010 nam het aantal locaties waar deze dieren werden waargenomen, gestaag toe en pas vanaf 2010 vindt er een echt grote toename plaats in het aantal plekken waar de rivierkreeften voorkomen. Hoewel de meeste locaties waar invasieve kreeften zijn waargenomen in het gebied tussen Amsterdam, Rotterdam en Utrecht liggen, is er ook een gestage 'kolonisatie' gaande van Oost- en Noord-Nederland. Hierbij valt op dat er soms redelijk plotseling een nieuwe waarneming van een rivierkreeft wordt gedaan op een dusdanig grote afstand van eerdere waarnemingen dat er behoorlijke twijfels rijzen over het feit of de dieren hier wel op eigen kracht terechtgekomen zijn.

Het verspreidingsbeeld in Figuur 1 wordt door twee zaken beïnvloed, te weten: de toenemende verspreiding van de rivierkreeften en het aantal mensen dat daadwerkelijk naar deze dieren kijkt en hun bevindingen doorgeeft. Hoewel deze publieke bewustwording zeker na 2010 een toename kende [10], gaan we ervan uit dat het toenemende aantal waarnemingen voornamelijk wordt veroorzaakt door de toegenomen verspreiding van de rivierkreeften zelf. Deze aanname wordt mede gesteund door het feit dat de rivierkreeften in 2010 onder de Visserijwet gebracht werden, omdat binnenvissers ze steeds meer in hun netten vonden en er op deze manier gericht op mochten gaan vissen [11, 12].

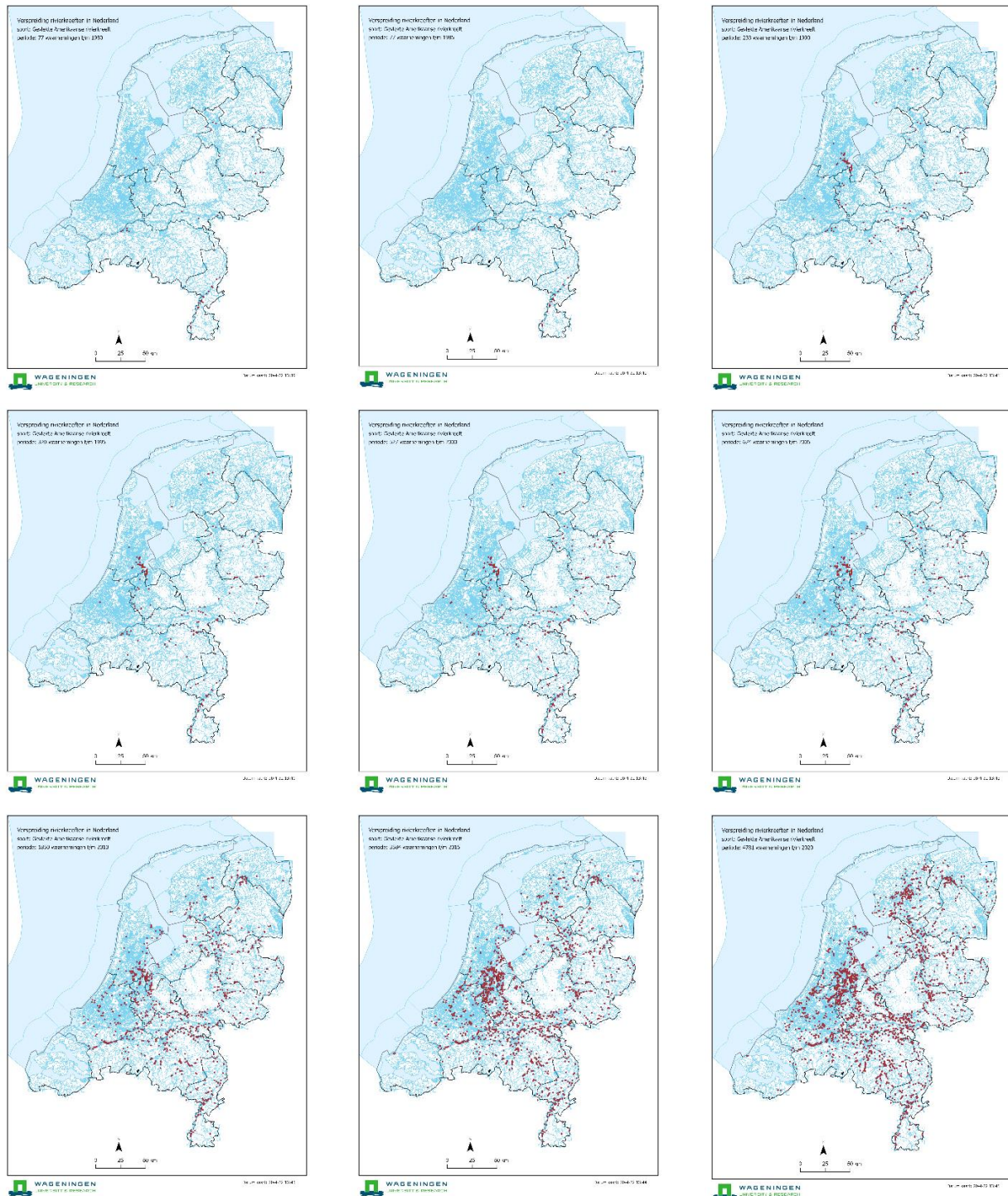
Hiermee volgt de verspreiding van de invasieve rivierkreeften zeer duidelijk de zogenaamde 'invasiecurve' (Figuur 2). Waar een soort zich na introductie eerst moet vestigen in een nieuwe habitat (eerste redelijk vlakke deel van de curve), neemt na een succesvolle vestiging het areaal dat de soort koloniseert, toe (de lijn van de curve stijgt). Op dit moment wordt de soort zo abundant dat men hem begint op te merken. Bij een verdere succesvolle kolonisatie van de nieuwe habitat neemt het bezette areaal exponentieel toe en komt de soort zo veelvuldig voor dat ook burgers zich bewust gaan worden van de aanwezigheid van het dier. Het lijkt erop dat voor invasieve rivierkreeften dit punt in Nederland rond 2010 bereikt werd (Figuur 1). De invasiecurve laat ook zien dat eventuele verwijdering van een dergelijke invasieve exoot steeds lastiger wordt naarmate de soort zich verder in een nieuwe habitat vestigt (Figuur 2). Dit heeft implicaties voor de vooruitzichten voor het beheren/beheersen van de populaties invasieve rivierkreeften in de Nederlandse situatie.



Figuur 2 Theoretische weergave van de zogenaamde 'invasiecurve' [13].

3.2 Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft

De gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*, voorheen: *Orconectes limosus*) is de invasieve rivierkreeft die al het langst in Nederland voorkomt [14]. Deze soort werd voor het eerst in 1968 voor ons land beschreven en werd in eerste instantie in de rivier de Maas aangetroffen. De gevlekte rivierkreeft bleek lang een voorkeur voor grote rivieren te hebben [15] (zie ook Figuur 3). Vanaf 2000 lijkt dit beeld te veranderen en komt de soort ook buiten de zogenaamde grotere wateren voor. De soort lijkt hiermee een kleine dertig jaar nodig gehad te hebben om de exponentiële verspreidingsfase te bereiken.



Figuur 3 Verspreiding door de tijd van de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1980, 1980-1985, 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 en 2015-2020.

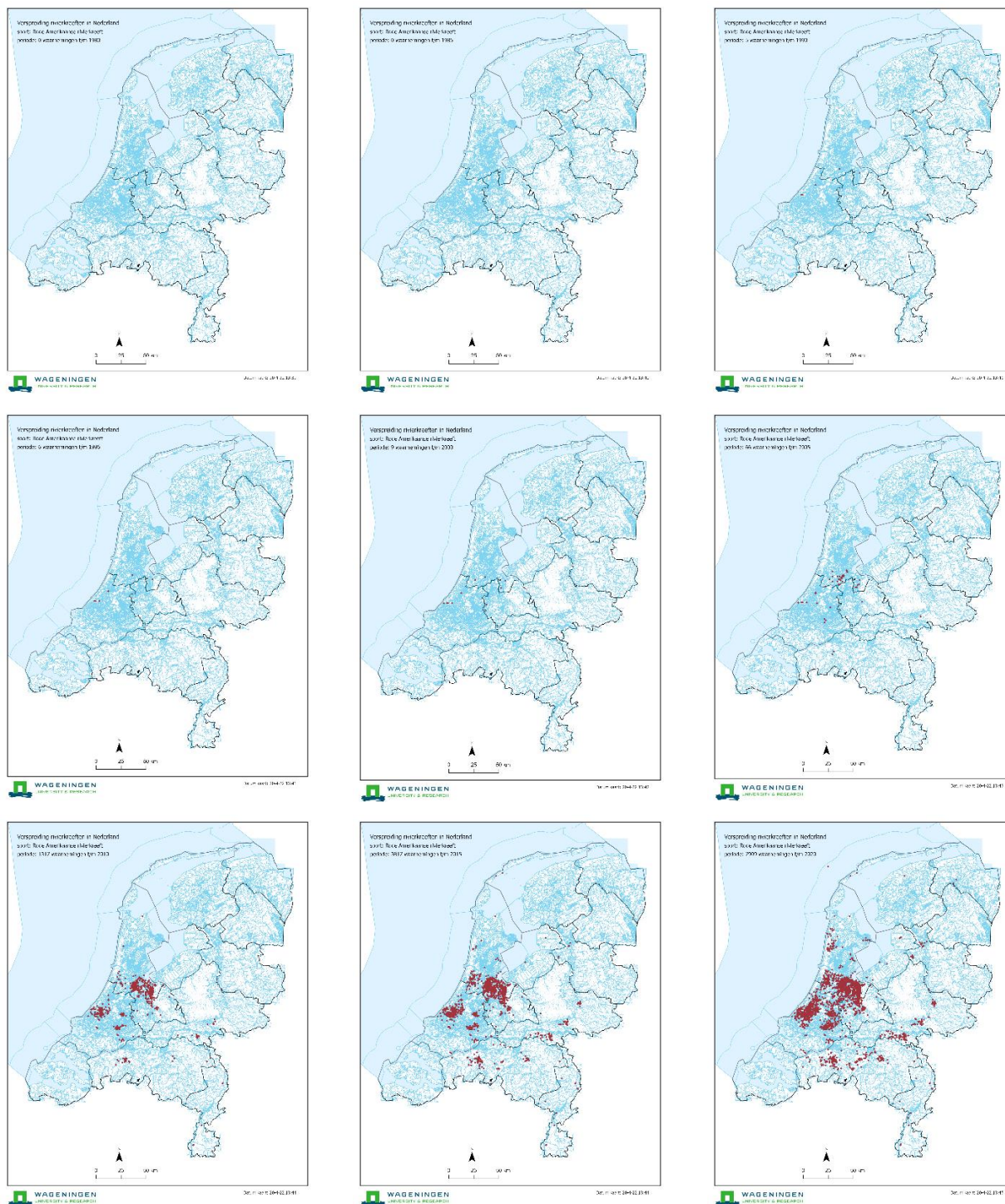
Op dit moment heeft de soort een groot deel van Nederland gekoloniseerd (Figuur 3). Wat in de onderliggende gegevens opvalt, is dat de gevlekte rivierkreeft zich redelijk geleidelijk over Nederland heeft verspreid. De eerdergenoemde grote sprongen tussen locaties waar een dier is waargenomen, worden hier niet gezien. De gevlekte Amerikaanse rivierkreeft is de meest wijdverspreide invasieve rivierkreeft in Nederland (Figuur 3).

3.3 Rode Amerikaanse rivierkreeft

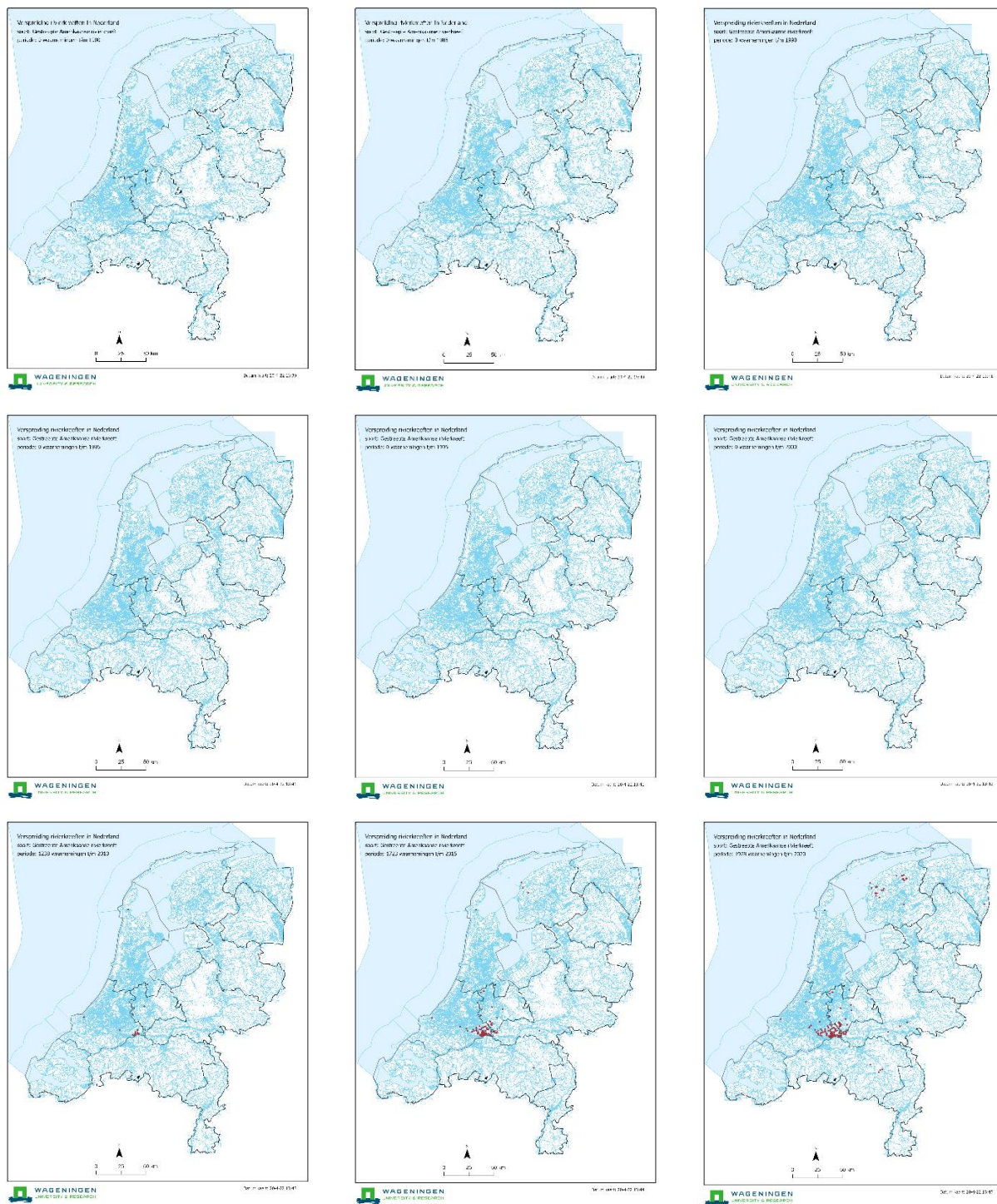
De rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) wordt sinds 1985 in Nederland waargenomen en werd voor het eerst gerapporteerd in Den Haag (Figuur 4), waar enkele jaren daarvoor een paar dieren, die niet geschikt bleken voor consumptie, door een restauranthouder in de singel gezet zouden zijn [15]. Vanaf 2000 neemt de verspreiding van de soort pas echt toe, als het dier ook in regio Amsterdam gevonden wordt. Vanaf 2005 wordt er duidelijk een steeds groter areaal in Nederland gekoloniseerd (Figuur 4). Het lijkt erop dat de soort een kleine twintig jaar nodig heeft gehad om in de exponentiële verspreidingsfase te geraken. Hierbij moet opgemerkt worden dat bij deze soort wel plotselinge sprongen zichtbaar zijn in de afstand tussen locaties waar de dieren waargenomen worden. Zo ontstaan er opeens hotspots in het Groene Hart, in de regio Breda en het in het oosten van het land. Het is waarschijnlijk dat deze verspreiding het gevolg van menselijk toedoen is. Enerzijds omdat men ook in hun eigen regio op de diertjes wilde vissen, anderzijds omdat deze soort ook verkocht werd in tuincentra en aquariumspeciaalzaken als leuke aanwinst voor de vijver en/of het aquarium [7, 16]. Op dit moment is de rode Amerikaanse rivierkreeft, na de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, de meest wijdverspreide invasieve rivierkreeft in Nederland (Figuur 4).

3.4 Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft

De gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus acutus*) is een rivierkreeft die niet alleen in uiterlijk, maar ook in ecologie veel op de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) lijkt [2, 17]. Wat echter opvalt, is dat de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft zich niet op vergelijkbare wijze over Nederland verspreidt (Figuur 5). Dit soort komt hier pas sinds 2005 voor [18] en heeft derhalve ook veel minder tijd gehad om zich te verspreiden. Momenteel komt de soort alleen voor in het Groene Hart en in het noorden van het land (Figuur 5). Dit is wederom een voorbeeld van een plotselinge vestiging op grote afstand van de eerder bekende populaties, omdat de dieren opeens in de regio Harlingen in Friesland opdoken. Navraag bij kreeftenvissers in het Groene Hart leerde dat er inderdaad dieren verkocht zijn aan personen afkomstig uit deze regio (persoonlijke communicatie van Dr. Roessink), waardoor het voorkomen van deze soort in Friesland waarschijnlijk een resultaat van een actieve uitzetting is.



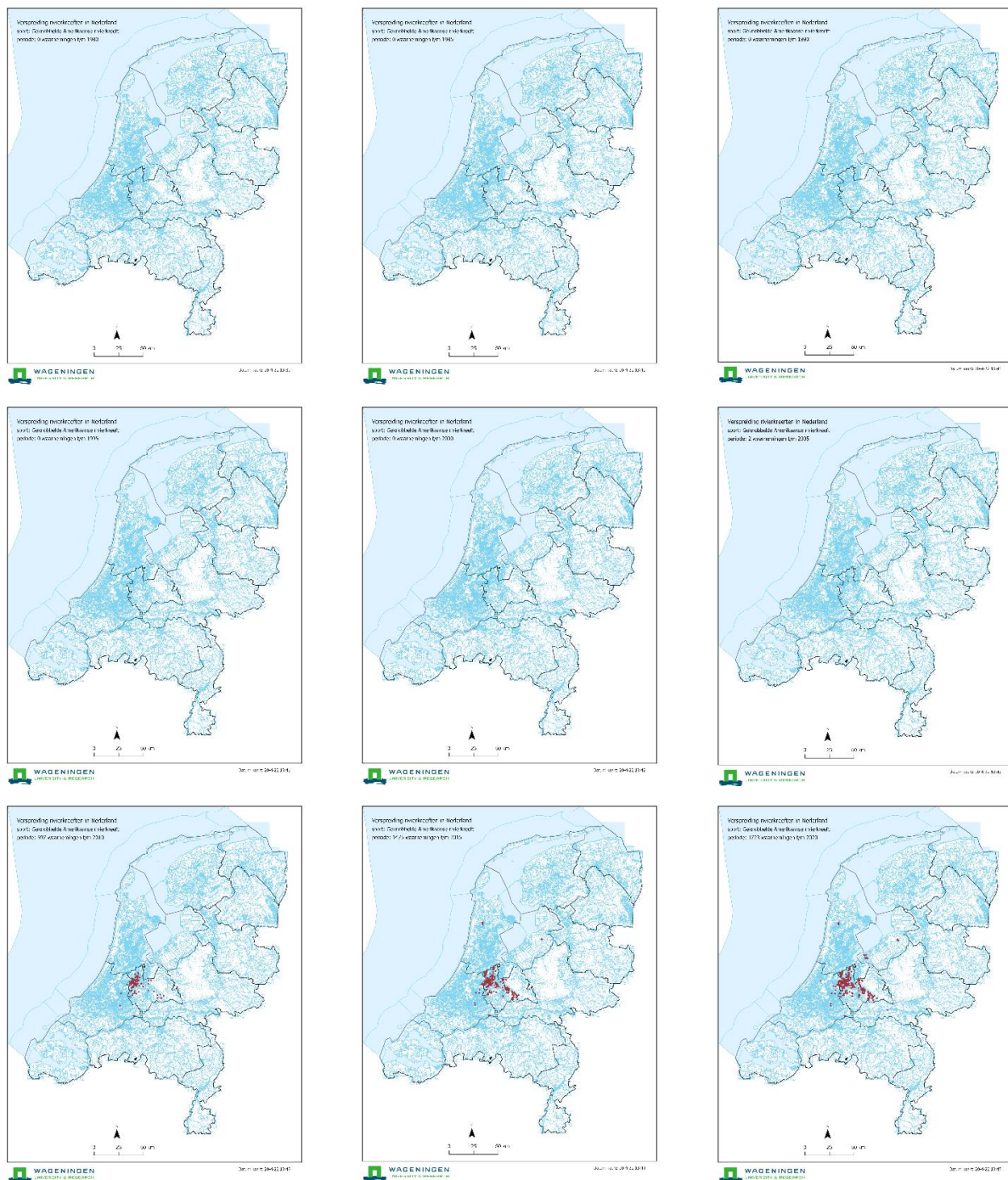
Figuur 4 *Verspreiding door de tijd van de rode Amerikaanse rivierkreeft in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1980, 1980-1985, 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 en 2015-2020.*



Figuur 5 Verspreiding door de tijd van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1800, 1800-1850, 1850-1900, 1900-1950, 1950-2000, 2000-2005-2005-2010-2010-2015 en 2015-2020.

3.5 Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft

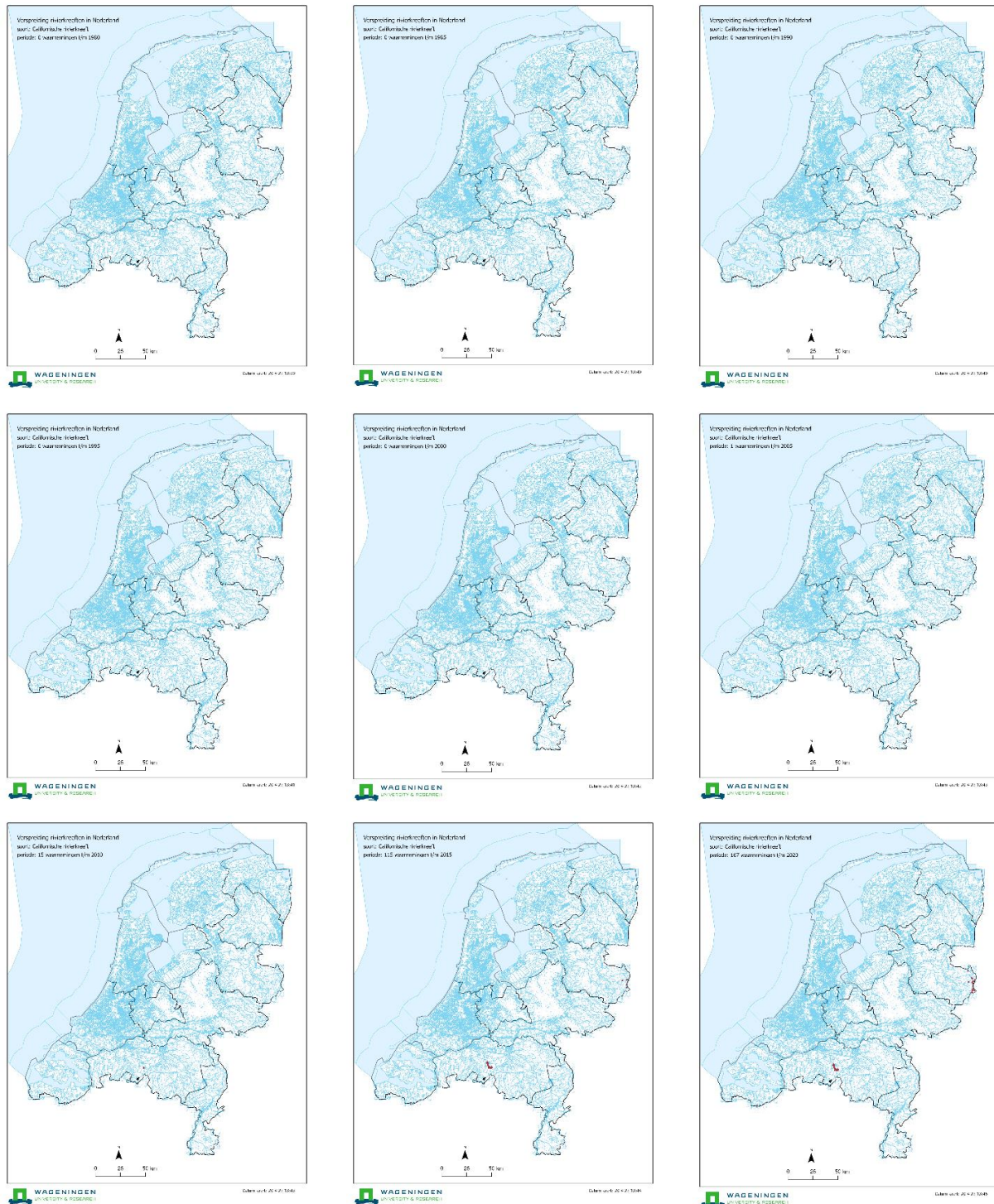
De geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius virilis*; voorheen *Orconectes virilis*) wordt sinds 2004 in Nederland waargenomen [19]. Waar de eerste waarnemingen afkomstig waren rondom Kamerik, is de soort zich vanaf 2005 sterk gaan uitbreiden in het Groene Hart (Figuur 6). Vanaf 2015 heeft de soort ook de uiterwaarden van de grote rivieren bereikt en komt ze voor langs de Waal en de Neder-Rijn. Interessant genoeg werd de soort in 2020 ook opeens gevonden in de regio rondom Broek op Langedijk in Noord-Holland. Dit is wederom een voorbeeld van een plotselinge vestiging, ver van eerder bekende locaties waar de soort voorkomt.



Figuur 6 *Verspreiding door de tijd van de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1980, 1980-1985, 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005-2005-2010-2010-2015 en 2015-2020.*

3.6 Californische rivierkreeft

De Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*) is in de jaren 60 van de vorige eeuw naar Scandinavië gehaald om de door kreeftenpest verdwenen populaties van de Europese rivierkreeft te vervangen [15]. De soort is pas in 2004 officieel gerapporteerd als voorkomend in de Dinkel en vanaf 2005 in de Oude Leij in Tilburg [2]. Hierbij moet worden opgemerkt dat men vermoedt dat de soort al langer aanwezig was in de vijvers in de aanpalende woonwijk 'de Blaak'. Deze soort lijkt zich het minst snel te verspreiden, daar de populatie in de Dinkel redelijk stabiel is en de verspreiding rondom Tilburg zelfs minder wordt (Figuur 7).



Figuur 7 Verspreiding door de tijd van de Californische rivierkreeft in Nederland. De weergegeven tijdvakken betreffen: <1980, 1980-1985, 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005-2005-2010-2010-2015 en 2015-2020.

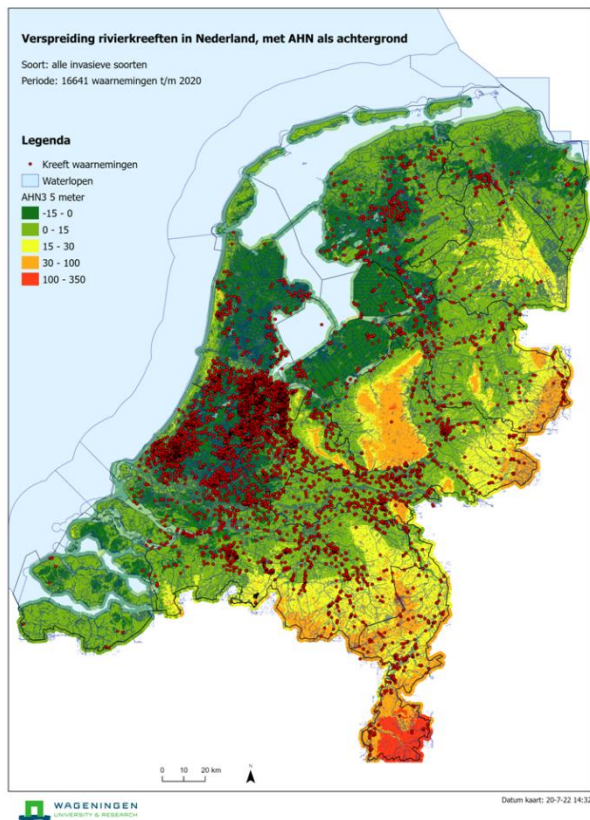
4 Factoren bepalend voor verspreiding

4.1 Actueel Hoogtebestand Nederland

De hoogteligging van een waterlichaam is vaak een indicatie voor het feit of dit een stromend of stilstaand water betreft. De aanname hierbij is dat bij grotere hoogtes er doorgaans meer stromende wateren aanwezig zijn. Een tweede aanname is dat het overgrote deel van de invasieve rivierkreeften in Nederland stilstaande wateren prefereert en dus in lager gelegen gebieden voorkomt. Om een eerste indruk te krijgen of hoogteligging daadwerkelijk een indicatie kan zijn voor het voorkomen van rivierkreeften, zijn de actueelste verspreidingsgegevens van invasieve rivierkreeften in Nederland over het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN) gelegd (Figuur 8).

Op het eerste gezicht lijkt er een redelijke correlatie tussen de hoogteligging en het voorkomen van invasieve rivierkreeften te zijn (Figuur 8). Op hooggelegen gebieden, zoals de Veluwe en het Limburgse heuvellandschap, komen weinig tot geen invasieve rivierkreeften voor. Terwijl in het laaggelegen polderlandschap heel veel invasieve rivierkreeften voorkomen.

Echter, bij nadere beschouwing lijkt hier toch iets meer aan de hand te zijn. Zo komen er in de lager gelegen gebieden van de kop van Noord-Holland en de provincies Zeeland en Groningen, wat volgens de eerdere aannames goede rivierkreeftgebieden moeten zijn, weinig tot geen rivierkreeften voor. Klaarblijkelijk spelen hier andere factoren ook een rol. Een van die factoren kan goed het moment van eerste vestiging zijn, waardoor de dieren vooralsnog geen tijd hebben gehad om deze 'goede' gebieden te bereiken. De twee meest voorkomende invasieve rivierkreeften zijn de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*) en de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*), die respectievelijk via de Maas en vanuit Den Haag Nederland gekoloniseerd hebben [14, 15]. Het duurt logischerwijs even voordat de afstand Den Haag – Groningen overbrugd is, waardoor het ontbreken van invasieve soorten in die provincie slechts een gevolg van de beschikbare tijdschaal is. Hoewel de afstand tussen Limburg en Zeeland ietwat korter is en mogelijk in het beschikbare tijdsbestek overbrugd had kunnen worden, lijkt het erop dat hier weer andere factoren invloed uitgeoefend hebben op de verspreiding. Hoewel er een bepaalde correlatie tussen de verspreiding van invasieve rivierkreeften en hoogteligging lijkt te zijn, is het niet volledig duidelijk hoe sterk deze precies is en of dit raakt aan een voorkeur van bepaalde soorten aan een bepaald type water, zoals beken, dat vaker op hoger terrein wordt aangetroffen. Dit zal nader onderzocht worden in hoofdstuk 5.

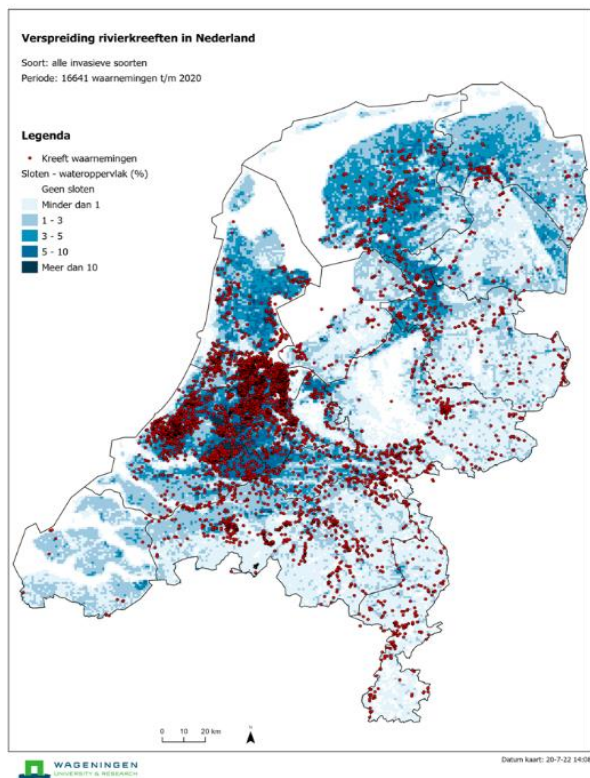


Figuur 8 Voorkomen van invasieve rivierkreeften in Nederland in relatie tot hoogteligging van het landschap.

4.2 Connectiviteit

De aanname die achter de factor 'connectiviteit' zit, is dat wanneer waterlichamen veel onderlinge verbindingen hebben, deze makkelijker gekoloniseerd worden dan wanneer wateren meer geïsoleerd zijn. Om een eerste indruk te krijgen van de correlatie tussen de verspreiding van invasieve rivierkreeften en connectiviteit, is het recentste verspreidingsbeeld over het databestand van verbindingen tussen waterlichamen van het PBL gelegd (Figuur 9).

Waar de eerdere combinatie tussen het voorkomen van invasieve rivierkreeften en het AHN aangaf dat op hoge gebieden geen rivierkreeften voorkwamen, wordt uit de combinatie met connectiviteit duidelijk dat in deze gebieden ook weinig tot geen oppervlaktewateren aanwezig zijn (Figuur 9). Daarmee wordt een logische verklaring gegeven voor het feit dat op die plekken weinig tot geen rivierkreeften voorkomen. Hoe donkerblauer de kaart kleurt (Figuur 9), hoe meer onderlinge connecties de daar aanwezige waterlichamen hebben. Invasieve rivierkreeften komen vooral voor in gebieden met een hoge mate van connectiviteit (Figuur 9). Echter ook hier lijkt bij nadere beschouwing meer aan de hand te zijn. Zo hebben waterlichamen in de gebieden in Noord-Holland boven het Noordzeekanaal, Friesland en Noord-Groningen ook een hoge onderlinge connectiviteit, maar komen hier minder invasieve rivierkreeften voor (Figuur 9). Klaarblijkelijk spelen hier andere factoren een rol. Mogelijk is de eerdergenoemde afstand tot de locatie van eerste vestiging wederom van belang. Hoewel er een bepaalde correlatie tussen de verspreiding van invasieve rivierkreeften en connectiviteit lijkt te zijn, wordt de sterkte hiervan nader onderzocht worden in hoofdstuk 5.

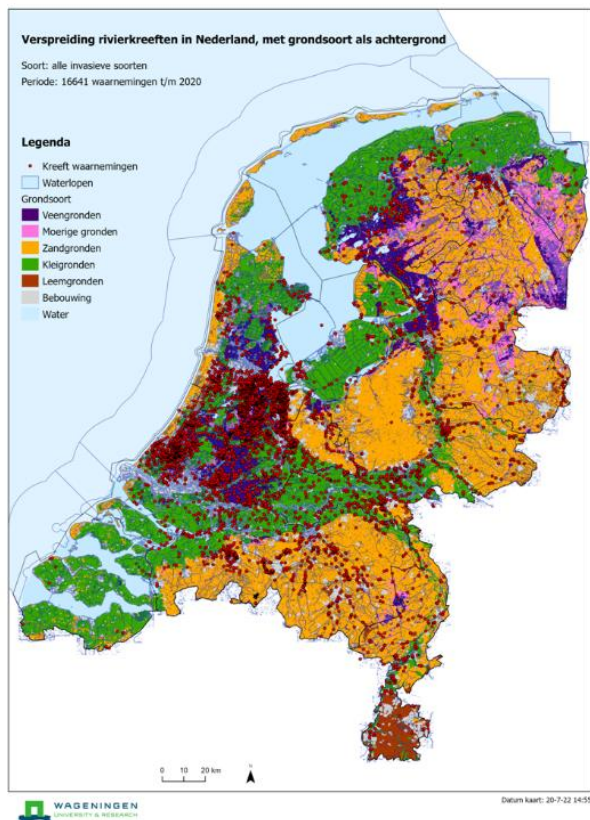


Figuur 9 Voorkomen van invasieve rivierkreeften in Nederland in relatie tot connectiviteit van waterlichamen in het landschap.

4.3 Grondsoort

Bodemtype zegt mogelijk iets over de geschiktheid van een water, met name zijn oevers, voor rivierkreeften. Dit zou dan vooral van invloed zijn op het graven van schuilplaatsen etc., waardoor bodems waar makkelijk in gegraven kan worden, mogelijk meer in trek zijn dan bodems waar dit niet mogelijk is. Hierbij is de aanname dat veen- en kleibodems de voorkeur hebben boven zandbodems. Om dit te onderzoeken, werden de recentste verspreidingsgegevens van het voorkomen van invasieve rivierkreeften over de bodemkaart van Nederland gelegd (Figuur 10).

Invasieve rivierkreeften lijken niet veelvuldig voor te komen op zandige bodems, maar een voorkeur te hebben voor veen- en – in mindere mate – kleigronden (Figuur 10). Hierbij lijken de rivierkleigebieden een grotere aantrekkingskracht te hebben op de dieren dan de gebieden op zeeklei. Echter de eerdergenoemde factoren –connectiviteit en afstand tot de locatie van initiële vestiging – spelen hier waarschijnlijk ook een rol. Interessant is overigens wel dat met name de verspreiding in het oosten en zuidoosten van het land duidelijk de daar aanwezige waterlopen lijkt te volgen en daarmee een sterke connectie met de factor connectiviteit suggereert. De sterkte van de correlaties met bodemtype en andere factoren wordt nader onderzocht worden in hoofdstuk 5.



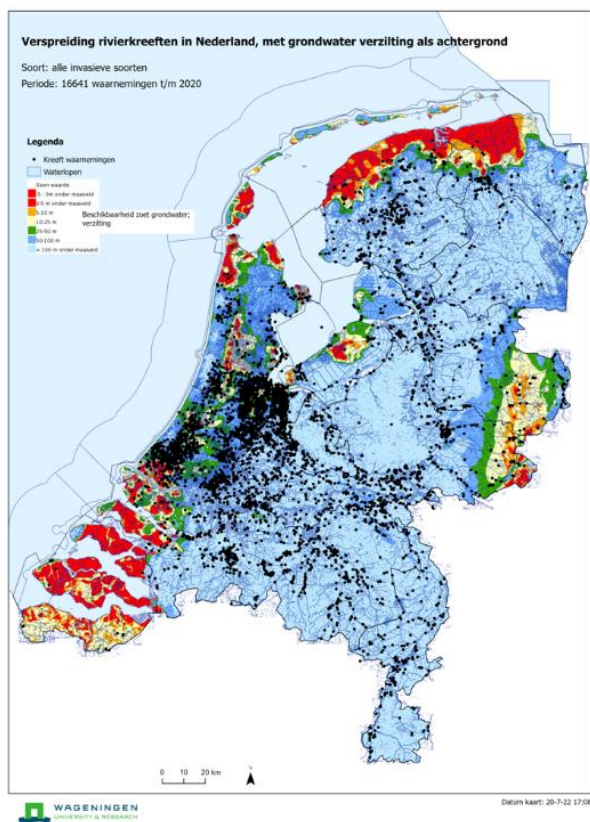
Figuur 10 Voorkomen van invasieve rivierkreeften in Nederland in relatie tot grondsoort.

4.4 Saliniteit

Saliniteit is een factor die een mogelijk negatieve relatie met rivierkreeften heeft. Dit omdat rivierkreeften doorgaans wel enige tijd in brak- tot zelfs zoutwater kunnen overleven [20, 21], maar in die omgeving problemen ondervinden met hun reproductie, te weten de aanzet en de ontwikkeling van hun eieren [22]. Om dit nader te onderzoeken, zijn de recentste verspreidingsgegevens van invasieve rivierkreeften in Nederland over de kaart van grondwaterverziltiging van Nederland gelegd (Figuur 11). Dit bestand, dat de diepte van het voorkomen van zout grondwater weergeeft, was het enige bestand dat beschikbaar was en hoe minder diep het zoute grondwater zit, hoe waarschijnlijker dat het bovenstaande oppervlaktewater ook (enigszins) brak van aard is.

In het overgrote deel van Nederland bevindt zich het zoute grondwater op meer dan 50 m diepte (Figuur 11). Het lijkt erop dat dit weinig zegt over de daadwerkelijke verspreiding van invasieve rivierkreeften in deze gebieden. Dit beeld verandert echter compleet voor de rode gebieden in Figuur 11, waar het zoute grondwater vlak onder het maaiveld aanwezig is. In deze gebieden worden zeer weinig tot geen invasieve rivierkreeften aangetroffen (Figuur 11).

Hoewel de eerdergenoemde interacties met andere factoren zoals connectiviteit en afstand tot locatie van initiële vestiging ook hier een rol kunnen spelen, lijkt het er in eerste instantie op dat deze in dit geval een ietwat minder belangrijke rol spelen. Dit omdat in Zuid-Holland, relatief dicht bij het punt van introductie van de rode Amerikaanse rivierkreeft en aansluitend aan het gekoloniseerde gebied van de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, een brakke zone ligt waar opvallend weinig waarnemingen van rivierkreeften gedaan zijn. Hoewel de daadwerkelijke invloed van saliniteit in hoofdstuk 5 nader onderzocht wordt, lijkt deze vooralsnog op basis van de visuele observaties uit Figuur 11 een sterk negatieve relatie te hebben met het voorkomen van invasieve rivierkreeften.

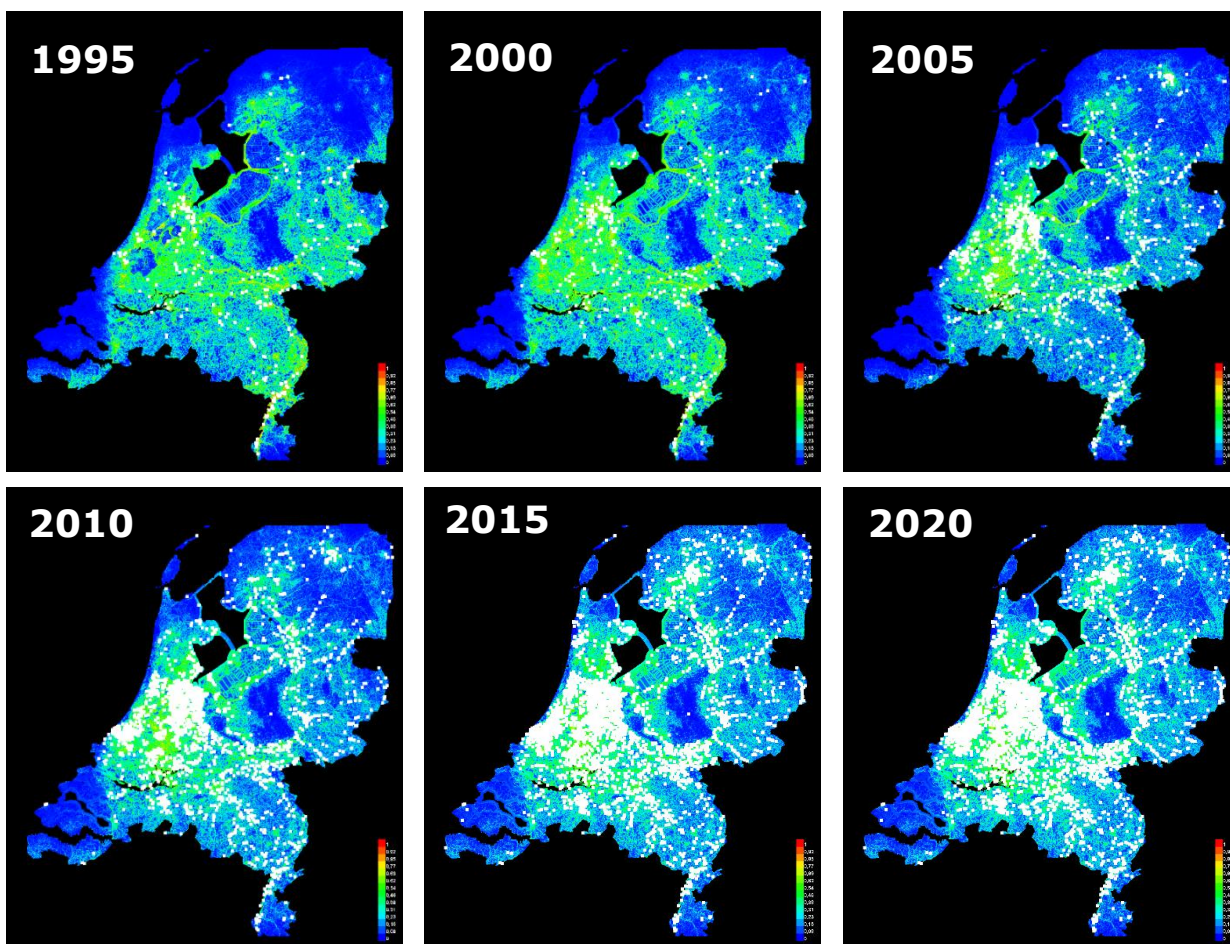


Figuur 11 Voorkomen van invasieve rivierkreeften in Nederland in relatie tot grondwaterverziltiging. Hoe roder de kleur, hoe dichterbij het zoute grondwater onder het maaiveld ligt.

5 Voorspelling van toekomstige verspreiding

5.1 Alle rivierkreeften

Op basis van de verspreiding van invasieve rivierkreeften en de geselecteerde omgevingsfactoren, kan een voorspelling gedaan worden waar in Nederland deze dieren in potentie voor kunnen komen. In een dergelijke voorspellende analyse zit per definitie een redelijk hoge mate van autocorrelatie: als een kreeft nog niet in een bepaalde habitat voorkomt, kunnen de kenmerken van deze habitat niet bijdragen aan de voorspelling. Nu zijn de factoren zoals hoogteligging, connectiviteit, bodemtype en saliniteit niet of niet noemenswaardig veranderd in de afgelopen 25 jaar en zal de variatie in de analyses vooral het gevolg zijn van de veranderende verspreiding van de rivierkreeften. Dit is terug te zien in de resultaten van de verschillende analyses op basis van de verspreidingsdata tot 1995, tot 2000, tot 2005, tot 2010, tot 2015 en tot 2020 (Figuur 12).

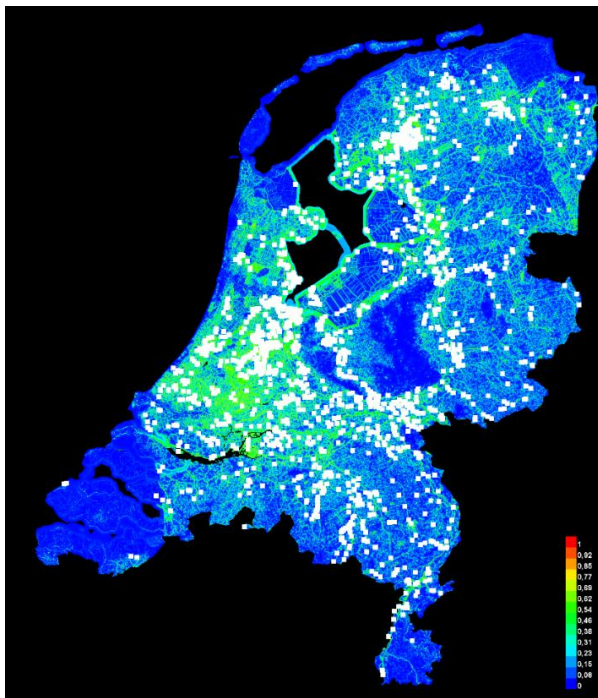


Figuur 12 Voorspelling van het potentiële voorkomen van invasieve rivierkreeften in Nederland. Voorspelling op basis van waarnemingen tot het aangegeven jaar. Analyse op basis van de cumulatieve data tot 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 en 2020. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Hierbij moet opgemerkt dat 'wit' de daadwerkelijke gerapporteerde waarnemingen betreft, ...

Waar op basis van de verspreidingsdata tot 1995 relatief grote delen van de provincies Zeeland, Noord-Holland, Friesland en Groningen als ongunstig gebied voor invasieve rivierkreeften (blauw van kleur) bestempeld worden, worden deze gebieden in de opeenvolgende analyses steeds kleiner (Figuur 12). Op basis van de recentste verspreidingsgegevens van 2020 blijkt dat vrijwel heel Nederland, met uitzondering van grote delen van de provincie Zeeland, de Waddeneilanden, de Veluwe en het Limburgse heuvellandschap gekoloniseerd kunnen worden door de nu in Nederland voorkomende invasieve rivierkreeften (Figuur 12). Welke rivierkreeft precies welk gebied gaat/kan koloniseren en op basis van welke factoren dat voorspeld wordt, wordt in de hierna volgende paragrafen verder uitgediept.

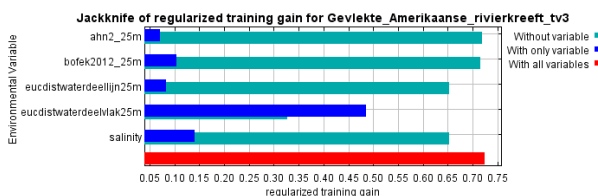
5.2 Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft

Op basis van de kenmerken van de huidige gekoloniseerde habitat kan de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*) vrijwel door geheel Nederland voorkomen (Figuur 13). De zogenaamde 'knipmes' (*jack-knife*) analyse laat zien dat de factor connectiviteit (weergegeven als 'eucdistwaterdeelvlak25m') het bepalendst is, gevolgd door de factor 'saliniteit' (grootte van de blauwe balken in Figuur 13). Onderling verbonden wateren hebben dus een grote kans om gekoloniseerd te worden door deze soort, terwijl de soort niet voorkomt in brakke wateren.



De knipmes (*jack-knife*) analyse

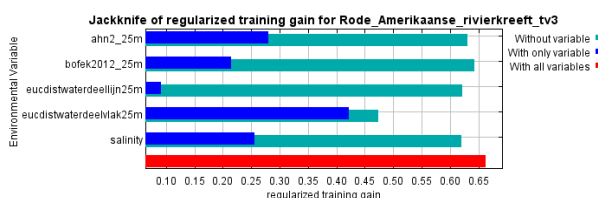
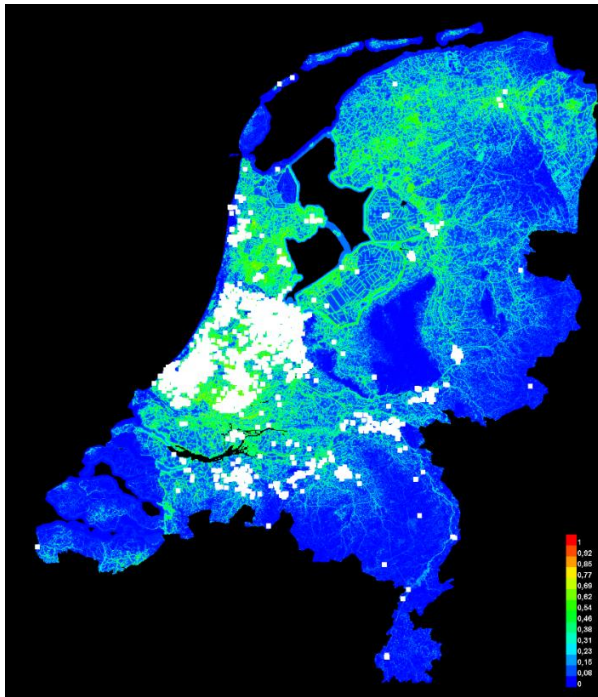
In deze analyse wordt een dataset eerst geanalyseerd met alle factoren aanwezig. Het resultaat hiervan (rode balkje) geeft op een schaal van 0 tot 1 aan hoeveel van de aanwezige variatie in de dataset verklaard wordt door alle factoren gezamenlijk. Daarna wordt de analyse herhaald waarbij één factor weggelaten wordt, welke gevolgd wordt door een analyse waarbij alleen die betreffende factor gebruikt wordt. De blauwe balk geeft dan aan hoeveel van de aanwezige variatie door die ene factor verklaard wordt en de groene balk geeft aan hoeveel van de variatie door de overige factoren verklaard wordt. Dit proces wordt telkens herhaald en ook in verschillende volgordes, zodat hieruit de verklarende kracht, voor in dit geval het voorkomen van rivierkreeften, van elke individuele variabele gedistilleerd kan worden. Hoe groter de blauwe balk, hoe meer deze factor verklaart van het voorkomen van de betreffende rivierkreeft.



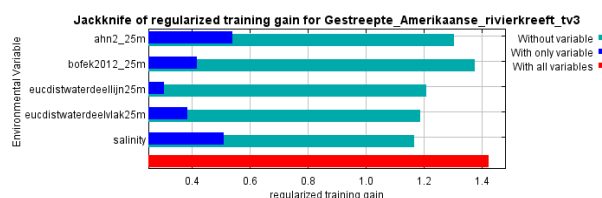
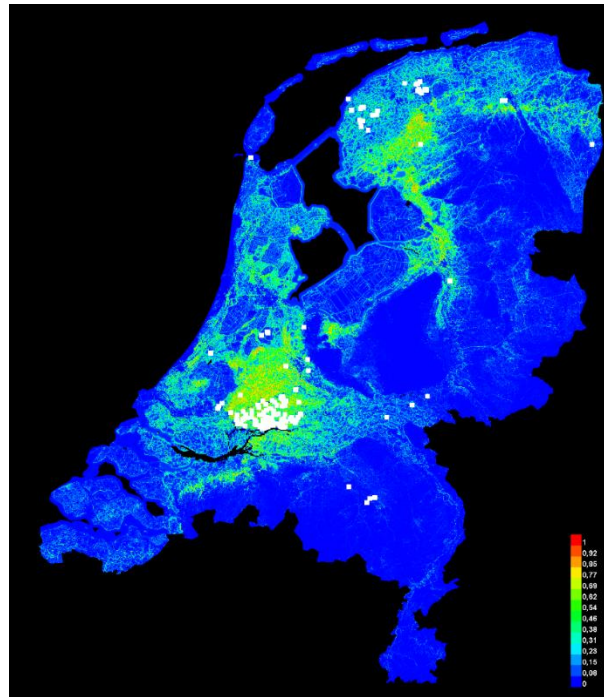
Figuur 13 Voorspelling van het potentiële voorkomen van de Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*) in Nederland. Voorspelling op basis van recentste waarnemingen van 2010 tot 2020 en hoogteligging, bodemtype, connectiviteit en saliniteit. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Wit zijn daadwerkelijke waarnemingen in deze periode.

5.3 Rode Amerikaanse rivierkreeft

De rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) heeft ook een groot potentieel verspreidingsgebied in Nederland (Figuur 14). Dit wijkt enigszins af van dat van de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, daar het potentieel voor kolonisatie van Zuidoost-Nederland voor deze soort lager ingeschat wordt. Dit kan mogelijk ook een artefact van de analyse zijn, omdat de soort gewoonweg de kenmerkende factoren van dit habitat nog niet in zijn huidige verspreidingsgebied heeft zitten. Als gevolg hiervan is de verspreiding gecorreleerd met de factor hoogteligging (weergegeven als ahn 2-25m) en bodemtype (weergegeven als bofek2012_25m). Tevens is het voorkomen van de soort, net als bij de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, sterk beïnvloed door de factoren connectiviteit en saliniteit (Figuur 14).



Figuur 14 Voorspelling van het potentiële voorkomen van de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) in Nederland. Voorspelling op basis van recentste waarnemingen van 2010 tot 2020 en hoogteligging, bodemtype, connectiviteit en saliniteit. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Wit zijn daadwerkelijke waarnemingen in deze periode.



Figuur 15 Voorspelling van het potentiële voorkomen van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus acutus*) in Nederland. Voorspelling op basis van recentste waarnemingen van 2010 tot 2020 en hoogteligging, bodemtype, connectiviteit en saliniteit. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Wit zijn daadwerkelijke waarnemingen in deze periode.

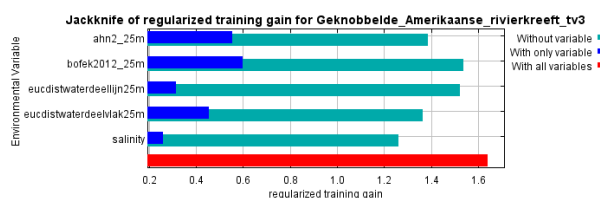
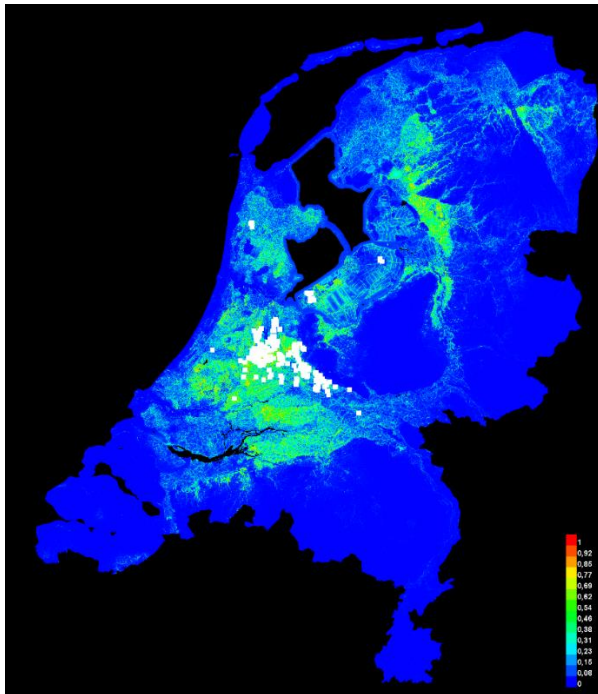
5.4 Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft

De gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus acutus*) heeft door de veel recentere introductie een veel kleiner actueel verspreidingsgebied. Mogelijk was minder beschikbare habitat voorradig, omdat de rode

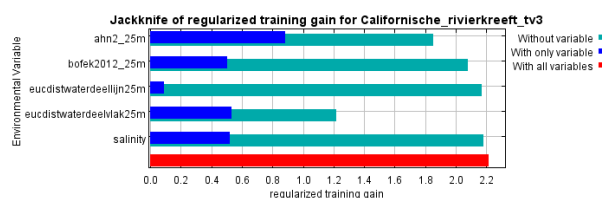
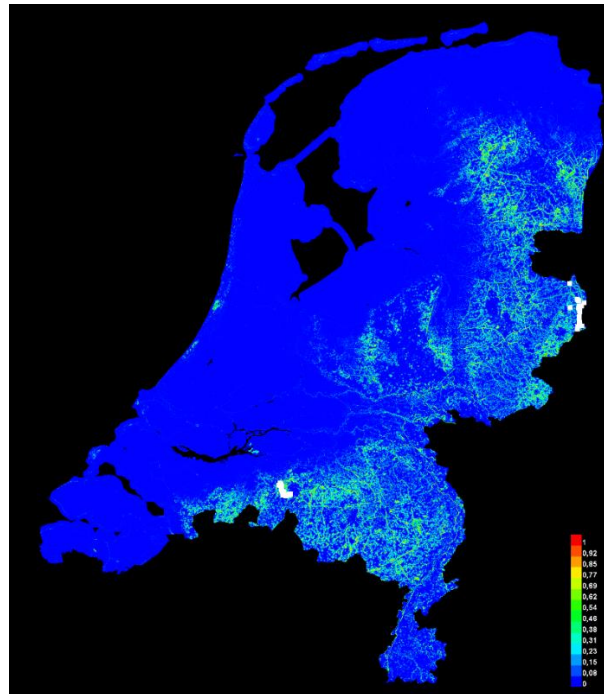
Amerikaanse rivierkreeft en de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft al veel van de optimale habitat bezetten. Als gevolg van het beperkte verspreidingsgebied, correleert het voorkomen van de rivierkreeften maar met een beperkt aantal kenmerkende factoren. Hierdoor bestrijkt de voorspelde toekomstige verspreiding een veel kleiner gebied dan bij de voorgaande soorten (Figuur 15). De belangrijkste factoren die verklaren waar de soort voorkomt, zijn hoogteligging en saliniteit (Figuur 15).

5.5 Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft

De geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius virilis*) heeft momenteel nog een relatief klein verspreidingsgebied met het zwaartepunt net ietwat noordelijker in het Groene Hart dan dat van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft (Figuur 16). Als gevolg hiervan lijkt het voorspelde potentiële verspreidingsgebied van de geknobbelde rivierkreeft in West-Nederland op dat van dat van de gestreepte Amerikaanse rivierkreeft. Maar er zijn wel verschillen te zien in het voorspelde verspreidingsgebied in Friesland en Groningen. Hoogteligging en bodemtype zijn de factoren die het sterkst correleren met het verspreidingspatroon. Daar het huidige verspreidingsgebied nog te gelimiteerd is, is op basis van de huidige data saliniteit nog geen factor van belang (Figuur 16).



Figuur 16 Voorspelling van het potentiële voorkomen van de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius virilis*) in Nederland. Voorspelling op basis van recentste waarnemingen van 2010 tot 2020 en hoogteligging, bodemtype, connectiviteit en saliniteit. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Wit zijn daadwerkelijke waarnemingen in deze periode.



Figuur 17 Voorspelling van het potentiële voorkomen de Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*) in Nederland. Voorspelling op basis van recentste waarnemingen van 2010 tot 2020 en hoogteligging, bodemtype, connectiviteit en saliniteit. Hoe lichter de kleur, hoe hoger de kans dat hier rivierkreeften (gaan) voorkomen. Wit zijn daadwerkelijke waarnemingen in deze periode.

5.6 Californische rivierkreeft

De invasieve rivierkreeft met het kleinste huidige verspreidingsgebied is de Californische rivierkreeft (Figuur 17). De soort is voornamelijk bekend uit de stromende systemen van de Dinkel in Twente en de Oude Leij in de regio Tilburg. Als gevolg daarvan is het niet verwonderlijk dat het potentiële verspreidingsgebied van de soort correleert met de kenmerken van deze systemen en daardoor gelimiteerd wordt tot de stromende wateren in Oost- en Zuidoost-Nederland (Figuur 17). De belangrijkste factor voor het voorkomen van deze kreeft is hoogteligging en door de beperkte verspreiding geven de factoren bodemtype, connectiviteit en saliniteit een gelijke score in de analyse.

6 Conclusies

Invasieve rivierkreeften hebben vanaf de jaren 80 van de vorige eeuw gestaag nieuwe gebieden gekoloniseerd in Nederland. Van de vijf algemeen gevestigde soorten zijn de gevlekte Amerikaanse en de rode Amerikaanse rivierkreeft het meest wijdverspreid, gevolgd door de gestreepte en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft. De Californische rivierkreeft heeft het kleinste verspreidingsgebied van deze soorten en is (nog) redelijk beperkt tot de regio Twente en de stad Tilburg.

De gevlekte en rode Amerikaanse rivierkreeft zijn het langst in Nederland en na hun introductie duurde het twintig tot dertig jaar voordat de soorten in een exponentiële uitbreidingsfase van hun verspreiding kwamen. Gezien het feit dat de andere soorten enerzijds pas later in Nederland gevestigd zijn en anderzijds daarbij mogelijk gebieden moeten koloniseren die al bezet zijn door de twee andere soorten, verloopt hun verspreiding langzamer en zijn ze nog niet in een exponentiële groeifase beland. Of dit nog gaat gebeuren, is niet duidelijk, maar als mensen deze dieren actief blijven verspreiden en ze zo naar nog niet-gekoloniseerde arealen gaan brengen, kunnen de plekken waar deze soorten voorkomen makkelijker exponentieel gaan toenemen.

De factoren hoogteligging, connectiviteit, bodemtype en saliniteit kunnen inderdaad gedeeltelijk het voorkomen van de rivierkreeften voorspellen, maar deze factoren zijn deels wel met elkaar gecorreleerd. Dat wil zeggen dat er veel onderlinge afhankelijkheden zijn zoals dat zandgronden altijd in de hogere delen van Nederland te vinden zijn en dat veen- en kleigronden door hun noodzaak tot ontwatering altijd veel onderling verbonden waterlichamen (connectiviteit) hebben. Door middel van de zogenaamde 'knipmes'-analyse is de bijdrage van elk van deze factoren op het voorkomen van de verschillende soorten geanalyseerd en dit resultaat is gebruikt om een voorspelling te doen waar de kreeften mogelijk voor kunnen komen in Nederland.

De betrouwbaarste resultaten worden gevonden wanneer veel waarnemingen bekend zijn, wat het geval is als de rivierkreeften al lang gevestigd zijn waardoor het verspreidingspatroon veel connecties met de omgevingsfactoren heeft gehad. Indien een rivierkreeft nog geen tijd heeft gehad om een habitat met bepaalde omgevingskarakteristieken te koloniseren, kunnen deze karakteristieken logischerwijs (nog) geen rol spelen in de voorspelling van het potentiële voorkomen. Daarom moeten de resultaten van de analyse en daaropvolgende voorspelling altijd met een kritische blik worden bekeken. De factoren die de duidelijkste correlatie met het voorkomen van de verschillende rivierkreeften lieten zien, waren connectiviteit en saliniteit. Samenvattend kan gesteld worden dat meer onderlinge verbindingen tussen waterlichamen resulteren in meer rivierkreeften. Een hogere saliniteit zorgt juist voor minder rivierkreeften. Echter, deze brakke gebieden zijn dusdanig schaars in het Nederlandse landschap dat geconcludeerd kan worden dat met genoeg tijd of menselijke hulp, de invasieve rivierkreeften in het gehele land kunnen voorkomen, uitgezonderd een strook langs de kust waar brakwater voorkomt.

Op basis van de weergave in de invasiecurve zal de inspanning die het beheren/beheersen van de meeste populaties van invasieve soorten anno 2020 in de praktijk kost, zeer groot zijn. Daarmee is een brede bestrijding van deze soorten ondertussen zeer onwaarschijnlijk geworden. Op basis van de geanalyseerde waarnemingen moet een soort binnen tien tot vijftien jaar na vestiging bestreden worden voordat ze in een exponentiële uitbreidingsfase kan komen. Voor de gevlekte, rode, gestreepte en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft is hier gewoon te laat ingegrepen en de soorten zijn nu te wijdverspreid om nog onder controle te krijgen. Op basis van het huidige verspreidingspatroon, komt alleen de Californische rivierkreeft wellicht nog in aanmerking voor een brede bestrijding. De populaties van de overige soorten kunnen waarschijnlijk alleen nog maar lokaal beheerd worden door ze uit bepaalde resterende waardevolle gebieden met een hoge biodiversiteit of residerende doelsoort te weren.

Literatuur

1. Peeters, E.T.H.M., et al., *Amerikaanse rivierkreeften "Bedreiging voor onze watervegetaties?"*. Planten, 2021(14): p. 4-6.
2. Soes, D.M. and B. Koese, *Invasive freshwater crayfish in the Netherlands: a preliminary risk analysis*. 2010.
3. Europese Commissie, *Verordening (EU) Nr. 1143/2014 van het Europees Parlement en de Raad betreffende de preventie en beheersing van de introductie en verspreiding van invasieve uitheemse soorten*, in *Publicatieblad van de Europese Unie*. 2014. p. 335-355.
4. Europese Commissie, *Uitvoeringsverordening (EU) 2016/1141 van de Commissie*, in *Publicatieblad van de Europese Unie*. 2016. p. 184-188.
5. Cusell, C., et al., *Rode Amerikaanse rivierkreeften in Nederland: relaties met milieu- en omgevingsfactoren*. 2020, STOWA. p. 89.
6. Roessink, I., et al., *Effecten van rode- en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeften op waterplanten en waterkwaliteit*. 2010, Alterra: Wageningen.
7. Roessink, I., S. Hudina, and F.G.W.A. Ottburg, *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)*. 2009, Alterra: Wageningen.
8. Gherardi, F., *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. 2007, Springer: Dordrecht;.
9. Geiger, W., et al., *Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands*. Biological Invasions, 2005. **7**(1): p. 49-73.
10. Koese, B. and N. Evers, *A national inventory of invasive freshwater crayfish in the Netherlands in 2010*. 2011, Stichting European Invertebrate Survey. p. 56.
11. Ostendorf, J. and J. Vos, *Rivierkreeften vallen per 1 juli onder de visserijwet, uitzetten is dan verboden*. H2O, 2010. **9**: p. 5.
12. Vos, J., et al., *Is vissen op exotische rivierkreeften en de Chinese wolhandkrab toegestaan?* H2O, 2010. **7**: p. 20-21.
13. Hitchcox, M., *Safeguarding Against Future Invasive Forest Insects*. Tree Planters' Notes, 2015. **58**: p. 27-36.
14. Van den Brink, F.W.B., G. Van der Velde, and J.F.M. Geelen, *Life history parameters and temperature-related activity of an American crayfish, Orconectes limosus (Rafinesque, 1817) (Crustacea, Decapoda), in the area of the major rivers in The Netherlands*. Archiv für Hydrobiologie, 1988. **114**(2): p. 275-289.
15. Adema, J.P.H.M., *De verspreiding van rivierkreeften in Nederland*. Nieuwsbrief European Invertebrate Survey - Nederland, 1989. **19**(3): p. 3-10.
16. Roessink, I., et al., *Effecten van rode- en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeften op waterplanten en waterkwaliteit*. 2010, Alterra: Wageningen.
17. Koese, B. and D.M. Soes, *De Nederlandse rivierkreeften (Astacoidea & Parastacoidea)*. Entomologische Tabellen 2011, Leiden: Stichting EIS. 107.
18. Soes, D.M. and R. Van Eekelen, *Rivierkreeften, een oprukkend probleem?* De Levende Natuur, 2006.
19. Soes, D.M. and J.L. Spier, *Onderzoek geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft in de Kamerikse wetting e.o.* 2006, Bureau Waardenburg.
20. Bissattini, A.M., et al., *Tolerance of Increasing Water Salinity in the Red Swamp Crayfish Procambarus Clarkii (Girard, 1852)*. Journal of Crustacean Biology, 2015. **35**(5): p. 682-685.
21. Dörr, A.J.M., et al., *Salinity tolerance of the invasive red swamp crayfish Procambarus clarkii (Girard, 1852)*. Hydrobiologia, 2020. **847**(9): p. 2065-2081.
22. Holdich, D.M., M.M. Harlioğlu, and I. Firkins, *Salinity Adaptations of Crayfish in British Waters with Particular Reference to Austropotamobius pallipes, Astacus leptodactylus and Pacifastacus leniusculus*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1997. **44**(2): p. 147-154.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3326
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3326
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

