

Natuur.focus

Afgiftekantoor
9099 Gent X
P209602

Toelating – gesloten verpakking

Retouradres: Natuurpunt,
Coxiestraat 11,
2800 Mechelen

VLAAMS DRIEMAANDELIJKS TIJDSCHRIFT OVER NATUURSTUDIE & -BEHEER – MAART 2014 – JAARGANG 13 – NUMMER 1
VERSCHIJNT IN MAART, JUNI, SEPTEMBER EN DECEMBER



**Windmolenparken
in de Noordzee**



**Opmars van Gevlekte
witsnuitlibel in Limburg**



**Exotische macro-
invertebraten in Vlaanderen**



Exotische macro-invertebraten in Vlaanderen

Verspreiding en impact op inheemse waterfauna

Pieter Boets, Koen Lock, Tim Adriaens & Peter Goethals

Exotische soorten zijn soorten die door toedoen van de mens geïntroduceerd worden buiten hun natuurlijke verspreidingsgebied. Eens deze soorten zich vestigen en verspreiden, kunnen ze een lokale levensgemeenschap domineren en negatieve effecten hebben op ecologisch of economisch vlak. Door de internationale Conventie Biologische Diversiteit en het Vlaamse Soortenbesluit worden zulke soorten invasief genoemd. De laatste eeuw is wereldwijd een toenemend aantal exotische soorten waargenomen in aquatische milieus. Hoewel migratie van soorten kan worden beschouwd als een natuurlijk proces, hebben antropogene activiteiten de geografische omvang, snelheid en verspreiding van soorten sterk beïnvloed. Hier geven we een beeld van de verspreiding van exotische waterorganismen in Vlaanderen en bespreken we hun impact op de inheemse watergemeenschappen.



Het kanaal Bocholt-Herentals is een hotspot voor exoten en geeft mooi weer dat dit soort rechtgetrokken waterlopen met harde oevers in ons verstedelijkt landschap de ideale plaats zijn voor exoten. (foto: Vilda/Yves Adams)

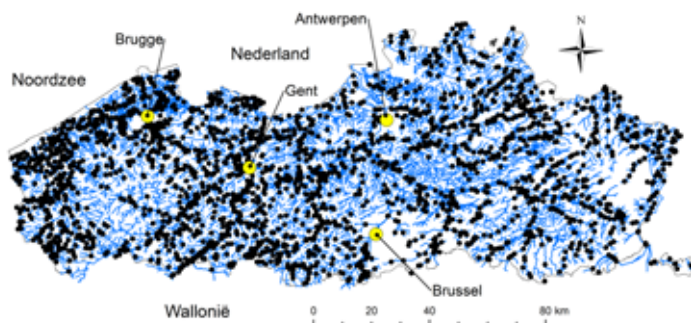
Exotische waterorganismen in Vlaanderen

In tegenstelling tot andere landen was de aanwezigheid en verspreiding van exotische macro-invertebraten tot voor kort nauwelijks onderzocht in Vlaanderen. Wouters (2002) gaf een overzicht van de in België aanwezige exotische kreeftachtigen (macro-crustaceën). Hij vond dertien verschillende soorten die zich hebben gevestigd. Recent publiceerde het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) een lijst van alle exotische soorten van het Belgisch deel van de Noordzee en de aanpalende estuaria (Vandepitte et al. 2012). Zij vermeldden de aanwezigheid van veertig exotische macro-invertebraten inclusief schaaldieren, weekdieren en wormen. Een recente studie van Soors et al. (2013) geeft een overzicht van de exotische ringwormen aangetroffen in Vlaanderen voornamelijk op basis van de monitoring van het Schelde-estuarium.

De nabijheid van de zee, de hoge mate van kanalisatie, intensief boottransport en de aanwezigheid van havens maken Vlaamse waterlopen vatbaar voor invasie door aquatische soorten. In deze studie hebben we ons vooral gericht op het voorkomen en de verspreiding van exotische schaaldieren en weekdieren omdat deze het belangrijkste aandeel vertegenwoordigen van de uitheemse macro-invertebraten in vele rivieren in Europa (Gherardi et al. 2009). De huidige studie had tot doel om een inventarisatie van de verspreiding van exotische macro-invertebraten in Vlaamse wateren te maken op basis van een analyse van de biologische stalen genomen door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en de beschikbare literatuur, aangevuld met eigen staalnames.

Gegevensverzameling en analyse

Vlaanderen is sterk verstedelijkt met een dicht ontwikkeld netwerk van rivieren en kanalen. Verschillende aquatische milieus werden onderzocht waarbij alle verschillende watertypes (zowel beken, rivieren als stilstaande wateren; **Figuur 1**) werden bemonsterd (voor de verschillende watertypes zie Jochems et al. 2002). De meeste stalen werden genomen in stromend water. Gegevens van verschillende bronnen (bv. VMM, eigen staalnames, historische gegevens) werden verzameld voor de verschillende studies uitgevoerd in het kader van deze inventarisatie. Elke deelstudie vereiste haar eigen methode van monsternamen. Hier worden kort de verschillende datasets en methoden voor biologische monsternamen besproken die werden gebruikt om een overzicht te geven van de in Vlaanderen aanwezige exotische macro-invertebraten. Alleen macro-invertebraten die in of in de nabijheid van de bodem leven



Figuur 1. Overzicht van het studiegebied met weergave van de verschillende waterlopen en staalnamepunten (aangeduid met zwarte stippen, hoofdzakelijk gebaseerd op het meetnet van de Vlaamse Milieumaatschappij).

(benthische macrofauna) werden beschouwd in deze studie waardoor neteldieren, kwallen, mosdiertjes en sponzen niet werden opgenomen in de analyse.

De verschillende beschikbare gegevensbronnen waren:

- 1) De data verzameld door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) in het kader van hun monitoringnetwerk van meer dan 4.600 locaties gelegen in zoet en brak water in Vlaanderen (vooral rivieren maar ook stilstaande wateren werden bemonsterd). Biologische monsters werden jaarlijks genomen en elke staalnameplaats werd gemiddeld om de drie jaar bemonsterd, wat resulteerde in een gestandaardiseerde dataset van meer dan 11.000 biologische monsters verzameld tussen 1989 en 2012. De monsters worden bewaard in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN). De VMM determineerde de stalen tot op familie- of genusniveau. Exotische soorten, zoals de Reuzenvlokreeft *Dikerogammarus villosus*, werden niet gedetecteerd aangezien de soort tot dezelfde familie behoort als de inheemse zoetwatervlokreeften namelijk de Gammaridae. Daarom werd een steekproef van meer dan 2.500 stalen tot op soortniveau geïdentificeerd.
- 2) Gegevens werden gedurende de vier jaar van deze studie (2008-2012) op verschillende steekproeflocaties verzameld waar bepaalde exotische soorten werden verwacht of eerder gerapporteerd. Deze informatie werd verzameld op basis van historische gegevens, databanken of waarnemingen van collega-zoölogen die geverifieerd konden worden. Daarnaast werden gegevens verzameld in het kader van een studie die in de Belgische kusthavens werd uitgevoerd om de diversiteit en de rijkdom van exotische kreeftachtigen in kaart te brengen. Sporadisch werden ook gegevens van waarnemingen.be gebruikt, maar enkel wanneer de waarneming controleerbaar was via bijkomend veldwerk.
- 3) Gegevens over het voorkomen van exotische macro-invertebraten in Vlaanderen verzameld op basis van de collecties van het KBIN en de literatuur.

De standaardmethode die werd gebruikt voor de biologische monitoring van aquatische macro-invertebraten is deze die gebruikt wordt door de VMM. Afhankelijk van de diepte van de waterlopen werden macro-invertebraten bemonsterd door middel van een standaardhandnet of via kunstmatige substraten (Gabriels et al. 2010). Het handnet bestaat uit een metalen frame van ongeveer 0,2 m bij 0,3 m waaraan een kegelvormig net is bevestigd met een maaswijdte van 300 µm. Met het handnet werd een stuk van de rivier of het meer van ongeveer 10-20 meter bemonsterd gedurende drie minuten voor waterlopen minder dan twee meter breed en vijf minuten voor grote stromen. De tijd besteed aan de bemonstering werd evenredig verdeeld over alle toegankelijke aquatische habitats. Naast het handnet werden macro-invertebraten handmatig verzameld onder stenen, bladeren of takken langs hetzelfde traject (Gabriels et al. 2010). Kunstmatige substraten werden gebruikt voor diepe wateren zoals kanalen, waar het gebruik van een handnet onmogelijk was. Per locatie werden drie artificiële substraten bestaande uit met stenen gevulde zakken van verschillende grootte in het water gelegd. Deze bleven gedurende tenminste drie weken in het water voordat ze opnieuw werden ingezameld. Op die manier kregen de organismen de tijd om deze substraten te koloniseren. Beide bemonsteringsmethoden zijn gestandaardiseerde semi-kwantitatieve methoden (Gabriels et al. 2010).

Om een representatief overzicht van de verspreiding van de rivierkreeften in Vlaanderen te kunnen weergeven, gebruikten we verder ook fuiken (0,25 m diameter en een lengte van 0,50 m) specifiek ontworpen om rivierkreeften te vangen. Als aas werd kattenvoer gebruikt. Historische verslagen alsook recente waarnemingen van rivierkreeften werden gecontroleerd tussen oktober 2010 en mei 2011.

Om de evolutie van het aantal nieuwe gevestigde soorten in functie van de tijd weer te geven werden tijdsintervallen van twintig jaar gebruikt. Het aantal exotische soorten per 5 x 5 kilometerhok werd berekend om patronen in het voorkomen van de exotische macro-invertebraten te bepalen.

Overzicht en evolutie van exotische macro-invertebraten

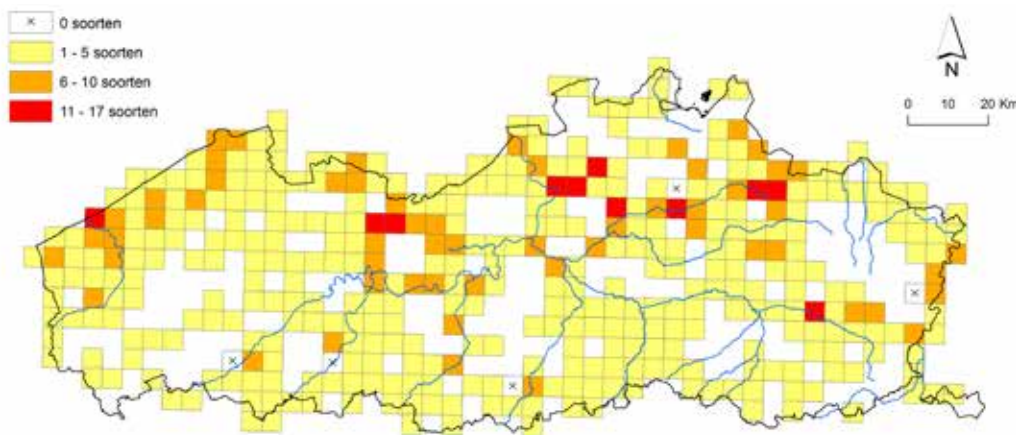
Op basis van alle onderzochte stalen en literatuur werden 72 verschillende exotische macro-invertebraten aangetroffen in Vlaanderen, waarvan 51 soorten geregeld in zoet en brak water en 21 soorten voornamelijk in het mariene milieu. **Tabel 1** geeft een overzicht van alle verschillende exotische

macro-invertebraten die werden teruggevonden in Vlaanderen. De aangetroffen soorten behoorden vooral tot de kreeftachtigen (51%), gevolgd door de weekdieren (28%), gelede wormen (18%) en de platwormen (3%). De meeste exotische macro-invertebraten zijn afkomstig van Noord-Amerika (38%) of de Ponto-Kaspische regio (rond de Kaspische en Zwarte Zee, 21%) en werden onopzettelijk geïntroduceerd. Tot de belangrijkste introductiepaden behoren passief transport via de romp van schepen (biofouling) of via aanwezigheid in ballastwater, alsook introducties ten behoeve van de aquacultuur en de visserij en soorten geïntroduceerd door hobbyisten. Het connecteren van rivierbekkens via de aanleg van kanalen heeft ook de dispersie van veel soorten in de hand gewerkt, al dan niet in combinatie met verplaatsingen via schepen (Bij de Vaate et al. 2002, Leuven et al. 2009). Een bekend voorbeeld is de opening van het Main-Donaukanaal, dat het stroomgebied van de Donau en de Rijn verbond en waardoor schepen nu kunnen doorvaren van de Noordzee naar de Zwarte Zee. Hierdoor werden veel soorten uit het Ponto-Kaspisch gebied naar Noordwest-Europa getransporteerd (Bij de Vaate et al. 2002).

Tabel 1. Overzicht van de verschillende exotische macro-invertebraten die in Vlaanderen voorkomen met hun gebied van oorsprong, het jaar van hun eerste waarneming in Vlaanderen en de saliniteitszone waarin ze voorkomen. Enkel de soorten aangeduid in het vet werden in deze studie waargenomen. Z= zoetwater, B= brakwater, M= mariene milieu. De soortenlijst werd vervolledigd op basis van literatuur (Sablon en Vercauteren 2011, Vandepitte et al. 2012, Soors et al. 2013).

Phylum/Orde	Familie	Soort	Nederlandse naam	Oorsprong	Eerste waarneming in Vlaanderen	Saliniteitszone
ANNELIDA						
Sabellida	Serpulidae	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Trompetkalkkokerworm	Azië	1950	Z/B
Spionida	Spionidae	<i>Marenzelleria viridis</i>	Gewone groenworm	Noord-Amerika	1995	B
		<i>Marenzelleria neglecta</i>	Oostzeegroenworm	Noord-Amerika	2008	Z
Terebellida	Ampharetidae	<i>Hypania invalida</i>		Ponto-Kaspisch	2000	Z
Tubficida	Naididae	<i>Branchiodrilus hortensis</i>	Tropische kieuwworm	Azië, Afrika en Australië	2010	Z
		<i>Bratislavia dadayi</i>		Zuidelijk halfrond, China, VS	2002	Z
Tubificidae	Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	Reuzenkieuwworm	Azië	1931	Z/B
		<i>Limnodrilus cervix</i>	Amerikaanse schedeworm	Noord-Amerika	2009	Z
		<i>Monopylephorus limosus</i>		Azië	2002	Z
		<i>Potamothrix vejdoskyi</i>	Ponto-Kaspische dolkworm	Ponto-Kaspisch	2009	Z
		<i>Psammoryctides moravicus</i>		Ponto-Kaspisch	2008	Z
		<i>Quistadrilus multisetosus</i>	Amerikaanse knobbelworm	Noord-Amerika	1996	Z
		<i>Tasserkidrilus americanus</i>		Noord-Amerika	2006	Z
CRUSTACEA						
Amphipoda	Caprellidae	<i>Caprella mutica</i>	Machospookkreeft	Noordoost-Azië	1998	M
	Corophidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	Kaspische slijkgarnaal	Ponto-Kaspisch	1990	Z/B
<i>Monocorophium sextonae</i>		Sexton's slijkgarnaal	New Zeeland	<2000	B/M	
Crangonictidae		<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amerikaanse vlokreeft	Noord-Amerika	1992	Z
		<i>Synurella ambulans</i>		Ponto-Kaspisch	2003	Z
Gammaridae		<i>Dikerogammarus villosus</i>	Reuzenvlokreeft	Ponto-Kaspisch	1997	Z/B
		<i>Echinogammarus berilloni</i>	Egelvlokreeft	Zuid-Europa	1925	Z
		<i>Echinogammarus trichiatus</i>		Ponto-Kaspisch	2009	Z
		<i>Gammarus roeseli</i>		Zuid-Europa	1937	Z
		<i>Gammarus tigrinus</i>	Tijgervlokreeft	Noord-Amerika	1991	Z/B
Melitidae		<i>Melita nitida</i>	Elegante honingvlokreeft	Noord-Amerika	2003	M
Pleustidae		<i>Incisocalliope aestuarius</i>	Estuariene poliepvlo	Noord-Amerika	1996	B/M
Talitridae		<i>Orchestia cavimana</i>	Oevervlokreeft	Ponto-Kaspisch	1927	Z/B
Tanaidae		<i>Sinelobus stanfordi</i>	Stanford's naaldkreeftje	Niet gekend	2007	B

Phylum/Orde	Familie	Soort	Nederlandse naam	Oorsprong	Eerste waarneming in Vlaanderen	Saliniteitszone	
Decapoda	Astacidae	<i>Astacus leptodactylus</i>	Turkse rivierkreeft	Oost-Europa	1986	Z	
		<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Californische rivierkreeft	Noord-Amerika	1986	Z	
	Atyidae	<i>Atyaephyra desmaresti</i>	Zoetwatergarnaal	Zuid-Europa	1895	Z	
	Cambaridae	<i>Procambarus clarkii</i>	Rode Amerikaanse rivierkreeft	Noord-Amerika	2008	Z	
		<i>Orconectes limosus</i>	Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	Noord-Amerika	1977	Z	
	Panopeidae	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Zuiderzeekrabbetje	Noord-Amerika	1985	Z/B	
	Palaemonidae	<i>Palaemon macrondactylus</i>	Rugstreepgarnaal	Zuidoost-Azië	1999	Z/B	
	Portunidae	<i>Callinectes sapidus</i>	Blauwe zwemkrab	Noord-Amerika	1993	B/M	
	Varunidae	<i>Eriocheir sinensis</i>	Chinese wolhandkrab	Zuidoost-Azië	1933	Z/B	
		<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	Penseelkrab	Noord-Amerika	2003	M	
		<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Blaasjeskrab	Noord-Amerika	2006	M	
Isopoda	Asellidae	<i>Proasellus coxalis</i>	Zuiders waterzeltje	Zuid-Europa	1998	Z/B	
		<i>Proasellus meridianus</i>		Zuid-Europa	1945	Z/B	
	Idoteidae	<i>Synidotea laticauda</i>	Aziatische pissebed	Noord-Amerika	2005	B	
	Janiridae	<i>Jaera istri</i>	Donaupissebed	Ponto-Kaspisch	2000	Z/B	
Mysida	Mysidae	<i>Hemimysis anomala</i>	Bloedrode Kaspische aasgarnaal	Ponto-Kaspisch	1999	Z/B	
		<i>Limnomysis benedeni</i>	Slanke aasgarnaal	Ponto-Kaspisch	2005	Z	
Sessilia	Austrobalanidae	<i>Elminius modestus</i>	Nieuw-Zeelands zeepok	Australië-Azië	1950	M	
	Balanidae	<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Paarsgestreepte zeepok	Zuid-Europa	1952	M	
		<i>Amphibalanus improvisus</i>	Brakwaterpok	West-Atlantisch	<1700	M	
		<i>Megabalanus tintinnabulum</i>	Zeetulp	West-Afrika	1998	M	
		<i>Megabalanus coccopoma</i>	Grote roze zeepok	Zuid-Amerika	1997	M	
<i>Amphibalanus reticulatus</i>		Tropische en warme zeeën	1997	M			
MOLLUSCA							
Euheterodonta	Pharidae	<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede	Noord-Amerika	1987	M	
Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Crepidula fornicata</i>	Muiltje	Noord-Amerika	1911	M	
Myoida	Myidae	<i>Mya arenaria</i>	Strandgaper	Noord-Amerika	< 1700	M	
		Teredinidae	<i>Teredo navalis</i>	Gewone paalworm	Niet gekend	1730-1732	M
		<i>Pisloteredo megotara</i>	Scheepsworm	Niet gekend	<1600	M	
Neotaenioglossa	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	Eeltslak	Ponto-Kaspisch	1924	Z	
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Jenkins' waterhoren	New Zeeland	1927	Z/B	
Ostreoida	Ostreidae	<i>Crassostrea gigas</i>	Japanse oester	Zuidoost-Azië	1969	B/M	
Pulmonata	Planorbidae	<i>Menetus dilatatus</i>	Amerikaanse dwergposthorenslak	Noord-Amerika	1998	Z	
		<i>Ferrissia fragilis</i>	Smurfslak	Noord-Afrika	1937	Z	
	Physidae	<i>Physella acuta</i>	Puntige blaashoren	Noord-Amerika	1869	Z	
	Unionoida	Unionidae	<i>Sinanodonta woodiana</i>	Chinese vijvermossel	Azië	1999	Z
Veneroidea	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminalis</i>	Toegeknepen korfmossel	Azië	1992	Z	
		<i>Corbicula fluminea</i>	Aziatische korfmossel	Azië	1992	Z	
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	Driehoeksmossel	Ponto-Kaspisch	1834	Z	
		<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	Quaggamossel	Ponto-Kaspisch	2009	Z	
			<i>Mytilopsis leucophaeta</i>	Brakwatermossel	Noord-Amerika	1835	Z/B
	Mactridae	<i>Rangia cuneata</i>	Amerikaanse strandschelp	Noord-Amerika	2004	Z/B	
Veneridae	<i>Petricolaria pholadiformis</i>	Amerikaanse boommossel	Noord-Amerika	1899	M		
	<i>Mercenaria mercenaria</i>	Amerikaanse venusschelp	Noord-Amerika	1933	M		
PLATYHELMINTHES							
Seriata	Dugesiidae	<i>Dugesia tigrina</i>	Tijgerplatworm	Noord-Amerika	2004	Z	
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>		Ponto-Kaspisch	2001	Z	



Figuur 3. Aantal exotische soorten macro-invertebraten per 5 x 5 kilometerhok. Witte hokken geven niet-bemonsterde locaties weer.

Gedurende de laatste twintig jaar werd in Vlaanderen een exponentiële toename in het aantal gevestigde exotische macro-invertebraten waargenomen (Figuur 2). Sinds 2000 werden 23 nieuwe exotische soorten aangetroffen in onze Vlaamse wateren. Tijdens deze studie werden voor Vlaanderen drie nieuwe kreeftachtigen ontdekt: de Rode Amerikaanse rivierkreeft *Procambarus clarkii* en de vlokreeftjes *Echinogammarus trichiatus* en *Synurella ambulans*. Op basis van het monitoringnetwerk van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek werden de laatste jaren tevens verschillende nieuwe kreeftachtigen en vooral wormen gevonden in de Schelde en de haven van Antwerpen (Soors et al. 2010, Soors et al. 2013). Deze exponentiële toename gedurende de laatste twintig jaar is het gevolg van een toenemende globalisering, het verdwijnen van natuurlijke migratiebarrières en een verbetering van de waterkwaliteit (Boets 2013). De toename in exotische macro-invertebraten is een trend die ook in onze buurlanden wordt waargenomen, waar vooral in grote rivieren het aantal exotische soorten steeg (Leuven et al. 2009).

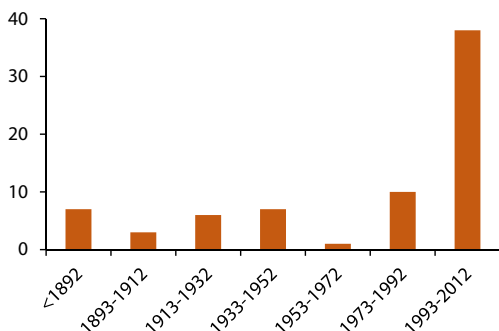
Hotspots voor exotische macro-invertebraten

Op basis van de kaart die het aantal soorten exotische macro-invertebraten per 5 x 5 kilometerhok weergeeft, zijn er een aantal duidelijke hotspots voor exoten waar te nemen (Figuur 3). Voornamelijk de kanalen in het oosten van Vlaanderen (bv. Albertkanaal, Zuid-Willemsvaart, kanaal Bocholt-Herentals), havens (bv. Antwerpen, Zeebrugge, Nieuwpoort) en brakke polderwaterlopen (bv. Noordede, Blankenbergse vaart) huisvesten een grote diversiteit aan

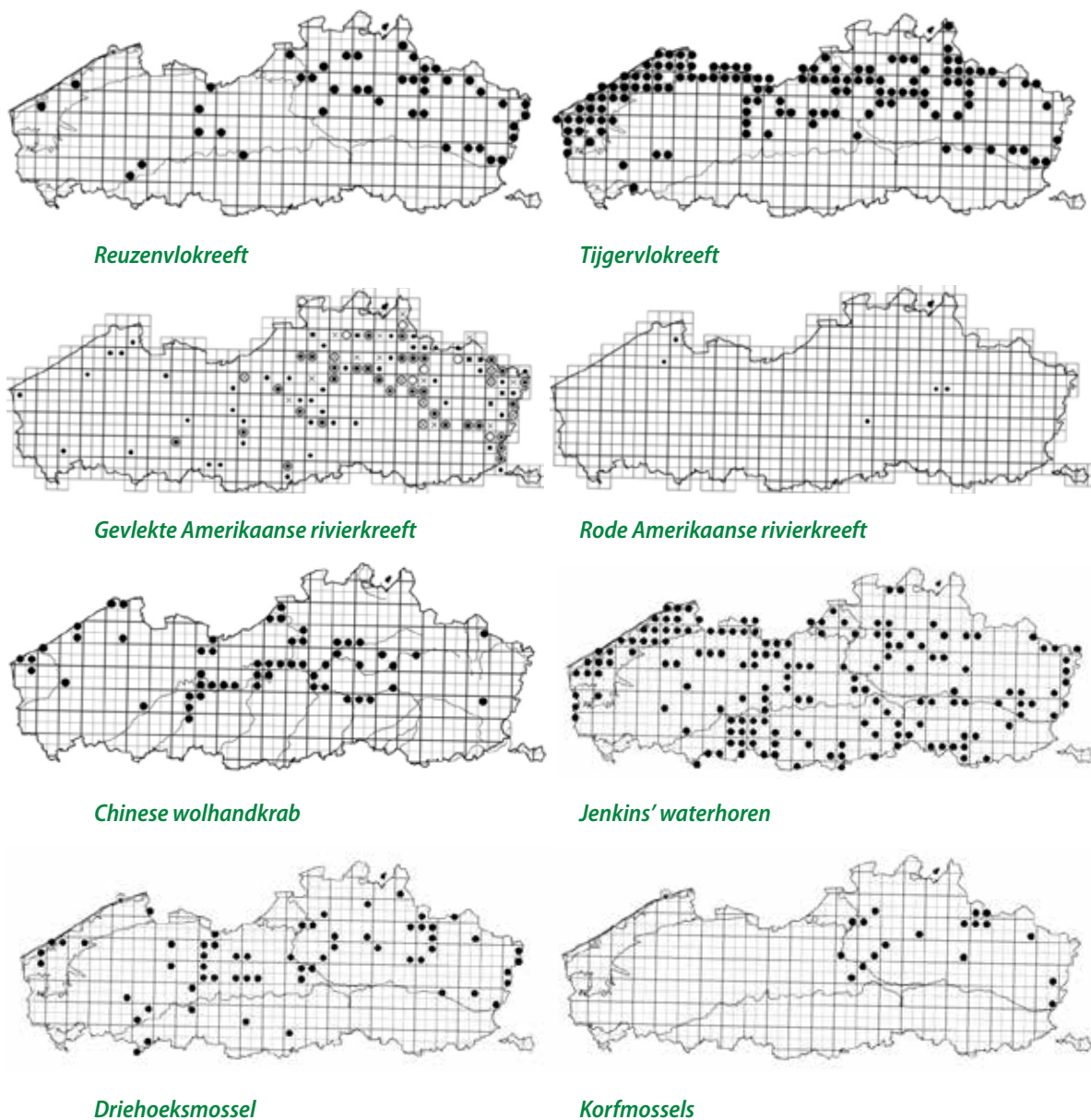
exotische macro-invertebraten. Het noorden van Vlaanderen en de grens met Nederland wordt gekenmerkt door een hoog aantal exotische soorten. In het zuiden van Vlaanderen (leemstreek) ligt het aantal exotische soorten per 5 x 5 kilometerhok beduidend lager (Figuur 3). De kanalen in het oosten van Vlaanderen zijn gevoelig aan de introductie van exotische macro-invertebraten als gevolg van hun hoge connectiviteit en hun structurele hydromorfologische karakteristieken. Vele soorten werden voor het eerst in deze kanalen aangetroffen, waarna ze gradueel andere delen van Vlaanderen koloniseerden.

Invasieve exotische macro-invertebraten: schaal- en weekdieren

Kreeftachtigen vertegenwoordigen de helft van alle exotische soorten (37 soorten) gevolgd door exotische weekdieren (20 soorten). De meeste van deze soorten werden ook frequent aangetroffen in de stalen van de VMM. Voornamelijk in zoet water is het aandeel aan exotische kreeftachtigen hoog (21 soorten) in vergelijking met het aantal inheemse soorten (slechts drie soorten). De exotische vlokreeften vormen een belangrijke groep die gekenmerkt wordt door soorten met een snelle reproductie, een hoge tolerantie ten opzichte van veranderende milieuomstandigheden en een omnivore voedingswijze. Twee belangrijke en succesvolle vlokreeften die wijdverspreid voorkomen in Vlaanderen (Figuur 4) in zowel zoet als brak water zijn de Tiggervlokreeft *Gammarus tigrinus* en de Reuzenvlokreeft (Figuur 5). De Reuzenvlokreeft kent sinds haar introductie in 1997 een snelle opmars in grote rivieren en kanalen met harde substraten en niet-natuurlijke oevers (Boets et al. 2010). Deze soort is niet alleen succesvol in Vlaanderen maar ook in andere delen van Europa. Met een toenemende verbetering van de chemische waterkwaliteit wordt verwacht dat de soort verder zal uitbreiden (Boets et al. 2013). Verschillende studies tonen aan dat deze soort zich voedt met een brede waaier aan voedselbronnen, waaronder andere vlokreeften en eitjes en larven van vissen. Van deze soort is geweten dat ze zowel de inheemse Zoetwater-vlokreeft *Gammarus pulex* als succesvolle exotische soorten zoals de Tiggervlokreeft kan vervangen door competitie.



Figuur 2. Aantal nieuwe gevestigde exotische macro-invertebraten in Vlaanderen in tijdsintervallen van twintig jaar.



Figuur 4. Verspreidingskaartjes (5 x 5 kilometerhokken) van de belangrijkste en meest invasieve exotische macro-invertebraten in Vlaanderen. De soortselectie is gebaseerd op het voorkomen op signaallijsten van invasieve soorten met hoge impact die ook gebruikt wordt voor de Europese en Vlaamse natuurindicatoren (Adriaens et al. 2010, Demolder & Peymen 2012). Zwarte stippen geven de aanwezigheid van de soort weer. Voor de rivierkreeften werd een andere legende gehanteerd: voor 1990 (kruis), tussen 1990 en 1999 (cirkel) en sinds 2000 (zwarte stip).

~: Op www.natuurpunt.be/focus kan je verspreidingskaartjes downloaden van alle exotische macro-crustaceën die werden aangetroffen in Vlaanderen.

De Tijgervlokreeft, die voor het eerst in 1991 gedocumenteerd werd in de stalen genomen door de VMM, heeft zich nu gevestigd in vrijwel alle type wateren in Vlaanderen en kan vooral in kanalen en in brakke polderwaterlopen een heel hoge densiteit bereiken, met negatieve effecten op zoöplankton en veel fytoplanktonbloei tot gevolg (Figuren 4 en 5). Het succes van deze soort is vooral te wijten aan zijn snelle reproductie en veranderende milieumomstandigheden in de polderwaterlopen (Boets et al. 2011).

Bij de zoetwaterkreeften werden vier verschillende exotische soorten waargenomen. De inheemse Europese rivierkreeft *Astacus astacus* werd bij recente bemonsteringen niet meer teruggevonden in Vlaanderen en wordt sterk bedreigd in het zuiden van België en in delen van West-Europa. Het verdwijnen van de Europese rivierkreeft is waarschijnlijk het gevolg van verschillende factoren waaronder habitatdegradatie, een

daling van de waterkwaliteit, competitie met exotische soorten en de introductie van de kreeftenpest (een schimmelziekte waarvoor de kreeften vatbaar zijn) (Boets et al. 2012). De Turkse rivierkreeft *Astacus leptodactylus*, afkomstig van Oost-Europa, werd voor de eerste keer in Vlaanderen aangetroffen in 1986 (Gérard 1986). Ze werd oorspronkelijk geïntroduceerd om de natuurlijke populatiebestanden aan te vullen, maar al snel bleek dat deze soort ook gevoelig was aan de kreeftenpest en bijgevolg niet de verwachte opbrengst had (Pérez et al. 1997). De Californische rivierkreeft *Pacifastacus leniusculus*, voor het eerst waargenomen in Vlaanderen in 1979 (Gérard 1986), werd tijdens recente staalname enkel aangetroffen in een van de vijvers in het domein van Bokrijk. Hoewel deze soort heel succesvol is binnen Europa, kent ze in Vlaanderen slechts een zeer beperkte verspreiding. De Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft *Orconectes limosus*, afkomstig van



Figuur 5. De Reuzenvlokreeft *Dikerogammarus villosus* (links) en de Tijgervlokreeft *Gammarus tigrinus* (rechts). (foto's: Pieter Boets)

Noord-Amerika, werd voor de eerste keer in 1977 in Vlaanderen aangetroffen (Wouters 2002). Deze succesvolle soort kent een wijde verspreiding en komt in bijna alle types waterlopen voor en is nu de meest voorkomende rivierkreeft in Vlaanderen (Figuur 5). De meest recent geïntroduceerde soort is de Rode Amerikaanse rivierkreeft *Procambarus clarkii*, die in 2008 in een vijver in het Zammelsbroek werd aangetroffen (Boets et al. 2009). Momenteel komt de soort op verschillende locaties in Vlaanderen voor: in een vijver in Laakdal, in de vijvers van het recreatiedomein in Hofstade, in twee verschillende kanalen in de buurt van Brugge en in de Bosbeek in Limburg (Figuur 4, Boets et al. 2012). Dit toont aan dat de soort in volle opmars is en dat de verspreiding wordt bespoedigd doordat de soort zich ook gemakkelijk over land kan verplaatsen en dus minder aan het aquatische milieu gebonden is.

Een andere groep die tot de verbeelding spreekt zijn de exotische krabben. De meest bekende soort, de Chinese wolhandkrab, wordt sinds 1933 aangetroffen en komt nu wereldwijd verspreid voor in Vlaanderen (Wouters 2002, Boets 2013) (Figuur 4). Op basis van eerder onderzoek kan worden aangetoond dat de soort zowel in natuurlijke wateren als in kanalen voorkomt. Op het internet circuleren bijvoorbeeld al spectaculaire beelden van de stroomopwaartse krabbenmigratie in Vlaanderen (bv. www.youtube.com/watch?v=CSBqwuf13pA). De soort werd echter zelden in de stalen van de VMM aangetroffen, waarschijnlijk als gevolg van de staalnamemethode die ongeschikt is. Over de impact van haar aanwezigheid in Vlaamse estuaria en rivieren is nauwelijks iets bekend. In het mariene milieu werden vooral het Penseelkrabbetje *Hemigrapsus penicillatus* en de Blaasjeskrab *Hemigrapsus sanguineus* aangetroffen. Dit zijn twee soorten die recentelijk aan hun opmars begonnen zijn en waarvan wordt gedacht dat zij in competitie treden met onze inheemse Strandkrab *Carcinus maenas*. Een overzicht van de verspreiding van alle macro-crustaceeën in Vlaanderen in het zoete, brakke en mariene milieu kan je online terugvinden op www.natuurpunt.be/focus.

Naast de kreeftachtigen kwamen ook heel wat exotische weekdieren voor in de stalen. De meest voorkomende soorten waren Jenkins' waterhoren *Potamopyrgus antipodarum* en de Puntige blaashoren *Physella acuta*. Jenkins' waterhoren is een soort die veelvuldig voorkomt in de brakke polderwaterlopen, terwijl de Puntige blaashoren voornamelijk in zoetwaterbeken kan worden aangetroffen. Het grote voortplantingsvermogen

en de lage milieueisen van de Jenkins' waterhoren bevorderen de snelle verspreiding (Figuur 4). In sterk vervuilde rivieren is het dan ook vaak de enige voorkomende soort. In de grote rivieren en kanalen (bv. kanaal Gent-Terneuzen) werd vooral de Driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* teruggevonden (Figuur 4). Deze lange tijd geleden geïntroduceerde soort kan soms heel hoge dichtheden bereiken waardoor er als gevolg van fouling (vasthechten aan harde substraten) problemen ontstaan met inlaten van koelinstallaties en waterleidingen. Een ander genus dat door zijn hoge dichtheden ook voor problemen kan zorgen aan koelwaterinlaten is de korfmossel *Corbicula spec.* Dit genus komt voornamelijk voor in het oosten van Vlaanderen in de provincies Antwerpen en Limburg (Figuur 4).

Effect van macro-invertebraten op waterkwaliteitsbeoordeling

Tot op heden is er nog geen duidelijkheid in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) hoe men met exotische macro-invertebraten moet omgaan bij de beoordeling van de waterkwaliteit (bv. Lee 2009). Dit in tegenstelling tot de aanwezigheid van uitheemse waterplanten (Leyssen et al. 2006), waarbij men er momenteel van uitgaat dat hoe meer soorten er in het water aanwezig zijn, hoe beter de waterkwaliteit is. Dit gaat echter niet steeds op voor exotische soorten aangezien zij vaak een hogere tolerantie ten opzichte van vervuiling tonen en daardoor een vertekend beeld van de waterkwaliteit kunnen geven. Wel geldt in de KRW het 'voorzichtigheidsprincipe', waarbij aquatische systemen voor een verdere degradatie moeten behoed worden. Invasieve exotische soorten kunnen de structuur en het functioneren van een ecosysteem (succesie, nutriëntencycli, fysische veranderingen, voedselwebben) sterk veranderen en daarom is het belangrijk om deze verstoring ook op te nemen in het beleid. Van veel ondertussen algemene exotische soorten van het aquatisch milieu is de impact in Vlaanderen nauwelijks gedocumenteerd (Chinese wolhandkrab, Reuzenvlokreeft, Driehoeksmossel). Meer impactstudies en betere opvolging zijn hiervoor cruciaal. Hierbij stellen we ook voor om naast de gewone biomonitoringsindex ook een biopollutie-index (bv. de 'site specifieke biopollutie index', Arbačiauskas et al. 2008) te bepalen die per staalnamepunt weergeeft hoeveel exotische taxa voorkomen en met welke abundantie.

Horizon scanning en vroege waarneming

Hoewel bijna alle soorten die gekend zijn voor Vlaanderen (en daarnaast ook een aantal nieuwe soorten voor Vlaanderen) in deze studie werden gevonden, werden sommige soorten met een veel lagere frequentie bemonsterd dan andere. Dit kan enerzijds aan een beperkte verspreiding en lage aantallen liggen, maar anderzijds ook te maken hebben met de staalnametechnieken. De gebruikte technieken zijn niet altijd even effectief voor het vangen van grotere soorten zoals de Chinese wolhandkrab of mobiele soorten zoals aasgarnalen. Daarom wordt het gebruik van fuiken en andere technieken aanbevolen om een betere en snellere detectie van de soorten toe te laten.

Verskillende soorten zoals de vlokreeften *Dikerogammarus haemobaphes* of *Chelicorophium robustum* die voorkomen in de Maas en in de buurlanden werden nog niet waargenomen in Vlaanderen, maar kunnen in de toekomst verwacht worden in onze waterlopen. Daarom is het belangrijk om een goede monitoring en opvolging van zowel gevestigde als mogelijk nieuwe soorten uit te voeren. Hierbij kunnen geïntegreerde modellen, die zowel habitatgeschiktheid als migratiesnelheid beschouwen, gebruikt worden om een risicoanalyse uit te voeren. Verder kan er ook gebruik worden gemaakt van veelbelovende nieuwe staalnametechnieken zoals environmental DNA inzameling (bv. Herder, 2013). Environmental DNA (eDNA) is een nieuwe techniek om de aanwezigheid van soorten in water aan te tonen. De techniek is gebaseerd op het feit dat alle in het water levende dieren via faeces, huidcellen en urine DNA in het water achterlaten. De techniek van eDNA richt zich op dit in het water aanwezige DNA. Door op de juiste plaats watermonsters te nemen en het DNA hieruit te extraheren en te amplificeren, is het mogelijk de aanwezigheid van een soort in het water aan te tonen en tevens een idee van de densiteit te krijgen zonder dat de soort zelf gevangen hoeft te worden. Via meta-barcoding zal dit in de toekomst waarschijnlijk voor hele soortengemeenschappen in een keer kunnen (Taberlet et al. 2012).

Maatregelen en aanbevelingen om de introductie en verspreiding van exotische macro-invertebraten te beperken

Het bestrijden van gevestigde exotische soorten is vaak moeilijk en kost handenvol geld. Naast een algemene bewustmaking van het grote publiek van de problemen verbonden aan invasieve exotische macro-invertebraten vormen

voorzorgsmaatregelen, zoals het behandelen van ballastwater, gecontroleerde handel (van bv. waterplanten en kreeftachtigen), een goede controle op de quarantainewetgeving en verhoogde aandacht voor bioveiligheid bij gebruikers van wateren (recreanten, vissers, natuurliefhebbers ...), de belangrijkste elementen om de instroom van nieuwe soorten te verminderen en de verdere verspreiding van gevestigde soorten tegen te gaan. Op Europees vlak zal er een lijst van invasieve exotische soorten gepubliceerd worden die niet mogen verhandeld worden en waarvan men de verdere verspreiding moet zien tegen te gaan. Het valt af te wachten of ook invasieve exotische macro-invertebraten op deze lijst zullen terecht komen. Indien zo, dan dient Vlaanderen een monitoring op te zetten voor vroege detectie van deze soorten zodat een snelle uitroeiing kan gebeuren. Daarnaast zal het identificeren van introductiepaden moeten gebeuren zodat het nemen van quarantainemaatregelen mogelijk wordt (Europese Commissie, COM (2013) 620). Aanvullend kan het uitvoeren van een horizonscan aangeven welke soorten we in de (nabije) toekomst mogen verwachten. Binnen het Interreg project RINSE (Reducing the Impact of Non-Native Species in Europe, www.rinse-europe.eu) werd bijvoorbeeld een dergelijke oefening uitgevoerd waarbij een alarmlijst van 42 soorten waaronder verschillende soorten van zoet en brak water alsook mariene soorten werd geëvalueerd (Gallardo et al. 2013). Op die manier kunnen we anticiperen om de introductie en vestiging van nieuwe exoten tegen te gaan. Indien een soort zich toch kan vestigen, is een vroege detectie cruciaal om haar verspreiding tegen te gaan. In het kader hiervan hebben Natuurpunt en waarnemingen.be een belangrijk initiatief opgestart waarbij waarnemingen van exotische soorten online kunnen worden gemeld (zie **Box**). Tevens hebben zij verschillende herkenningsschetsen opgesteld om exotische soorten gemakkelijk te herkennen in het veld en te onderscheiden van inheemse. Voorlopig is het aantal opgenomen faunasoorten uit het aquatisch milieu beperkt tot enkele opvallende soorten (Rode Amerikaanse rivierkreeft, Chinese zwanenmossel, Zwartbekgrondel en Amurgrondel). Dit zou uitgebreid kunnen worden zodat ook enkele meer onopvallende, vlot determineerbare macro-invertebraten met gedocumenteerde impact kunnen opgenomen worden (bv. Reuzenvlokreeft, Quaggamossel ...). Het is hierbij van belang mee te sporen met de opgestelde lijst van voor de Europese unie zorgwekkende soorten en tevens in gedachten te houden dat vroege detectie vooral zin heeft voor nog niet gevestigde organismen. Tot slot is het belangrijk om rekening te houden met deze exotische soorten wanneer men aan het natuurbeleid in Vlaanderen werkt aangezien een

Box: Vroeg waarschuwingssysteem voor invasieve exoten

Voor een aantal invasieve exotische soorten lanceerden Natuurpunt, het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) en het INBO, in samenwerking met het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Natagora, een vroeg waarschuwingssysteem via de website waarnemingen.be. Je kan er waarnemingen melden en informatie terugvinden over alarmlijstsoorten en over opkomende en gevestigde probleemsoorten. Ook de mogelijkheden om als beheerder een alert in je mailbox te krijgen bij meldingen van bepaalde invasieve soorten in een gebied of voor

gans Vlaanderen werden uitgebreid. Het doel van deze site is na te gaan hoe een dergelijk systeem voor melding van weinig aanwezige soorten kan werken en het hele proces van observatie en melding tot ingrijpen te stroomlijnen. Op die manier kan elke natuurvrijwilliger bijdragen aan het vroeg opsporen van voor het natuurbehoud potentieel problematische invasieve soorten.

🔗 www.waarnemingen.be/invasive_alert_view.php

hogere inheemse diversiteit ervoor kan zorgen dat exotische soorten zich minder gemakkelijk kunnen vestigen of dat inheemse soorten de competitie winnen, wat het soortenbeleid alleen maar ten goede komt. Een samenwerking tussen

verschillende belanghebbenden en acties op verschillende niveaus (zowel regionaal als Europees) zijn essentieel in de verdere strijd tegen de toename van exotische soorten.

Summary:

BOETS P., LOCK K., ADRIAENS T. & GOETHALS P. 2014. ALIEN MACROINVERTEBRATES IN FLANDERS. DISTRIBUTION AND IMPACT ON NATIVE WATER FAUNA. NATUUR.FOCUS 14(1): 22-30 [IN DUTCH].

During the present study an inventory was made of the alien benthic macroinvertebrates occurring in Flanders. To this end collections of biological samples were investigated and supplemented with own sampling campaigns. Three new macroinvertebrate species for Flanders were discovered. In total 72 alien macroinvertebrates were encountered of which 51 in fresh and brackish waters and 21 in the marine environment. Most alien macroinvertebrates belonged to the crustaceans and

molluscs. Alien species found in the fresh and brackish water environment mainly originated from North-America and the Ponto-Caspian area (around the Black and Caspian Sea). This study shows that alien macroinvertebrates are widespread and abundantly present in many water types in Flanders. Harbours, canals and brackish polder watercourses can be considered as hotspots for alien macroinvertebrates. Based on observations in neighbouring countries, several additional species are expected to arrive in the near future. A follow-up of the established alien invasive species together with a monitoring scheme to detect new incoming high-risk species are necessary to estimate the size of the problem, to detect and control pathways and to be able to closely follow the ecological and economic impact of these species.

AUTEURS:

Pieter Boets heeft tijdens zijn doctoraat onderzoek gevoerd naar de impact en verspreiding van exotische macro-invertebraten in Vlaanderen. Momenteel werkt hij als postdoctoraal onderzoeker aan de Universiteit van Gent waar hij de impact van verschillende exotische soorten op de structuur en het functioneren van aquatische ecosystemen probeert te ontrafelen. Koen Lock een senior onderzoeker in aquatische ecologie (marien en zoetwater) en werkt momenteel aan de Universiteit van Gent. Tim Adriaens is wetenschappelijk medewerker van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek waar hij instaat voor het onderzoek en de coördinatie rond exotische soorten in Vlaanderen. Peter Goethals is professor Aquatische Ecologie aan de Universiteit Gent waar hij onderzoek voert naar biomonitoring en modellering van aquatische soorten en ecosysteemdiensten.

CONTACT:

Pieter Boets, Laboratorium voor Milieutoxicologie en Aquatische Ecologie, Universiteit Gent, J. Plateaustraat 22, 9000 Gent.
E-mail: pieterboets@msn.com

Dank:

Graag willen we de Vlaamse Milieumaatschappij bedanken om ons de mogelijkheid te bieden hun stalen te onderzoeken. In het bijzonder willen we Rose Sablon, Joost Mertens en Rik Ghyselbrecht bedanken voor de hulp tijdens het bestuderen van de collecties. Verder willen we alle collega zoölogen bedanken voor het doorgeven van waarnemingen aangaande exotische macroinvertebraten. Ook onze dank aan de reviewers die waardevolle suggesties gaven op eerdere versies van dit artikel. Pieter Boets is houder van een postdoctorale onderzoeksbeurs van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO-Vlaanderen).

Referenties

Adriaens T., Stuyck J. & Casaer J. 2010. Niet-inheemse, invasieve soorten. In: Gysels, J., van Dyck, Maes, D., Vanreusel, W., Hansen, K. & Hens, M. Soortendiversiteit: onderzoek, bescherming en beheer. *Natuur.FOCUS* 9(3): 98.

Arbačiauskas K., Semenchenko V., Grabowski M., Leuven R.S.E.W., Paunovic M., Csanyi B. et al. 2008. Assessment of biocontamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways.

Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A.M., Gollasch S. & van der Velde G. 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 1159-1174.

Boets P. 2013. Impactanalyse van niet-inheemse macroinvertebraten in Vlaanderen (België). Doctoraats thesis, Universiteit Gent.

Boets P., Lock K., Cammaerts R., Plu D. & Goethals P.L.M. 2009. Occurrence of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* in Belgium. *Belgian Journal of Zoology* 139: 173-176.

Boets P., Lock K., Messiaen M. & Goethals P.L.M. 2010. Combining data-driven methods and lab studies to analyse the ecology of *Dikerogammarus villosus*. *Ecological Informatics* 5: 133-139.

Boets P., Lock K. & Goethals P.L.M. 2011. Shifts in the gammarid (Amphipoda) fauna of brackish polder waters in Flanders (Belgium). *Journal of Crustacean Biology* 31(2): 270-277.

Boets P., Lock K., Adriaens T., Mouton A. & Goethals P.L.M. 2012. Distribution of crayfish (Decapoda, Astacoidea) in Flanders (Belgium): an update. *Belgian Journal of Zoology* 142(1): 86-92.

Boets P., Pauwels I.S., Lock K. & Goethals P.L.M. 2013. Using an integrated modelling approach for risk assessment of the 'killer shrimp' *Dikerogammarus villosus*. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2658.

Demolder H. & Peymen J. 2012. Natuurindicatoren 2012. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededeling van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2012.2, Brussel.

Gabriels W., Lock K., De Pauw N. & Goethals P.L.M. 2010. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium). *Limnologica* 40: 199-207.

Gallardo B., Zieritz A. & Aldridge D.C. 2013. Aanpak en Prioritering van INS in het RINSE Project Gebied. Cambridge Environmental Consulting. www.rinse-europe.eu/assets/_files/targeting_and_prioritisation_nl.pdf.

Gérard P. 1986. Les différentes espèces d'écrevisses en Belgique et leur répartition géographique. Station de Recherche Forestière et Hydrobiologique. Travaux serie D 54, 25p.

Gherardi F., Gollash S., Minchin D., Olenin S. & Panov V.E. 2009. Alien Invertebrates and Fish in European Inland Waters. In: DAISIE 2009. Handbook of alien species in Europe. Springer Series in Invasion Ecology, volume 3. Springer Science, p. 81-92.

Herder J., van Delft J., Bellemain E. & Valentini A. 2013. Environmental DNA, krachtig gereedschap voor het monitoren van fauna. *De Levende Natuur* 114(3): 108-113.

Jochems H., Schneiders A., Denys L. & Van den Bergh E. 2002. Typologie van de oppervlaktewateren in Vlaanderen. Instituut voor Natuur en Bos Onderzoek, Brussel.

Lee A., 2009. Ecostat workshop on alien species and the EC Water Framework Directive. Joint Nature Conservation Committee, UK.

Leuven R. S. E. W., van der Velde G., Bajjens I., Snijders J., van de Zwart C., Lender H. J.R. & bij de Vaate A. 2009. The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. *Biological Invasions* 11: 1989-2008.

Leyssen A., Denys L., Schneiders A., Van Looy K., Packet J. & Vanhecke L. 2006. Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen voor de biologische kwaliteitselementen macrofyten en fyto benthos en uitwerken van een meetstrategie in functie van de Kaderrichtlijn Water. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud IN.R.2006.09 in opdracht van VMM, Brussel.

Pérez J.R., Carral J.M., Celada J.D., Sáez-Royuela M., Munoz C. & Sierra A. 1997. Current status of astaciculture production and commercial situation of crayfish in Europe. *Aquaculture Europe* 22: 6-13.

Sablon R. & Vercauteren T. 2011. Exotische soorten weekdieren in (Antwerpse) rivieren en stilstaande waters. Evolutie van de voorbije 20 jaar. *ANTenne* jaargang 5, nummer 3, 9-19.

Soors J., Faasse M., Stevens M., Verbessem I., De Regge N. & Van den Bergh E. 2010. New crustacean invaders in the Schelde estuary (Belgium). *Belgian Journal of Zoology* 140: 3-10.

Soors J., van Haaren T., Timm T. & Speybroeck J. 2013. *Bratislava dadayi*: a new non-indigenous species for Europe, and other non-native annelids in the Schelde estuary. *Aquatic Invasions* 8: 37-44.

Taberlet P., Coissac E., Pompanon F., Brochmann C. & Willerslev E. 2012. Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 21(8): 2045-2050.

Vandepitte L., De Poorter D., Lescauwae A-N, Fockede N. & Mees J. 2012. Niet-inheemse soorten van het Belgisch deel van de Noordzee en aanpalende estuaria. VLIZ Special publication 59. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende België, 372 pp.

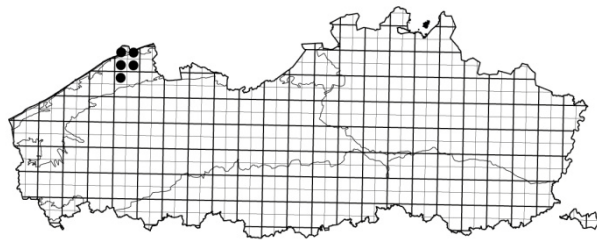
Wouters K. 2002. On the distribution of alien non-marine and estuarine macro-crustaceans in Belgium. Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie, 72: 119-129.

Exotische macro-invertebraten in Vlaanderen

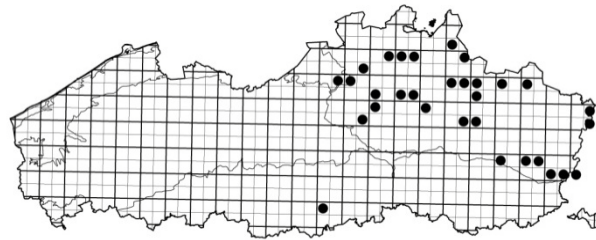
Verspreiding en impact op inheemse waterfauna

Pieter Boets, Koen Lock, Tim Adriaens & Peter Goethals

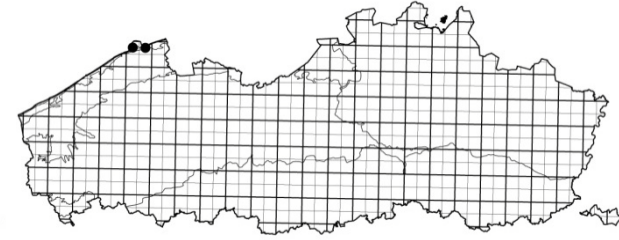
Bijlage: Verspreidingskaartjes van de macro-crustaceeën in Vlaanderen



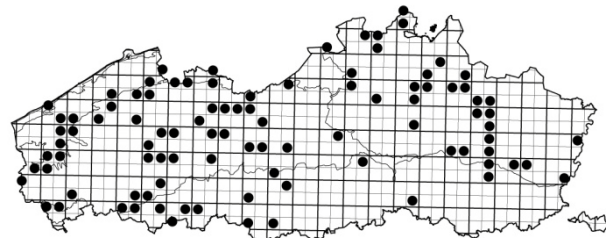
Caprella mutica



Chelicorophium curvispinum



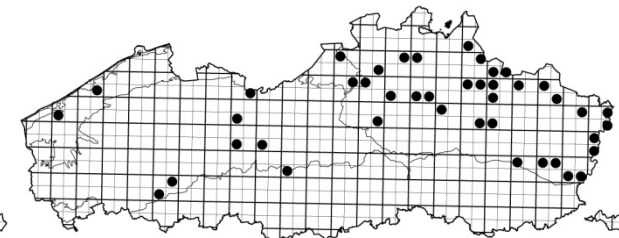
Monocorophium sextonae



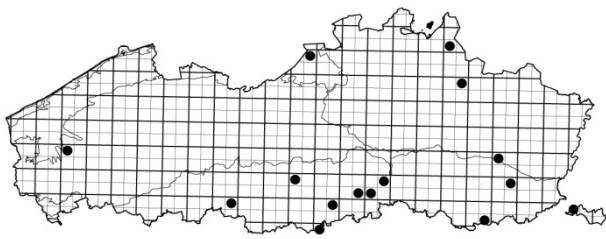
Crangonyx pseudogracilis



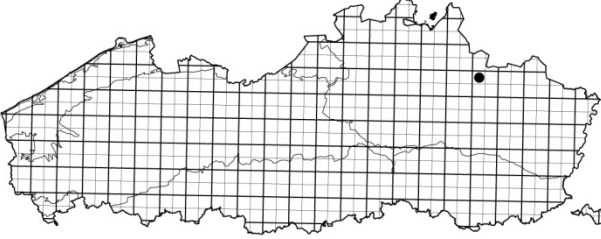
Synurella ambulans



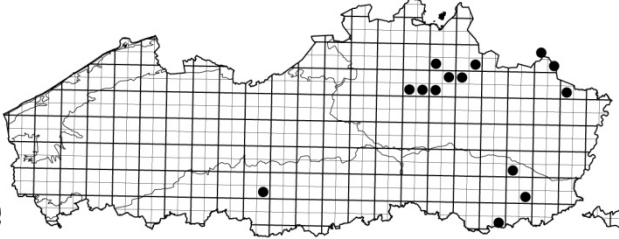
Dikerogammarus villosus



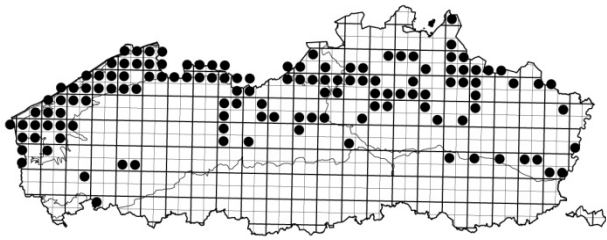
Echinogammarus bellironi



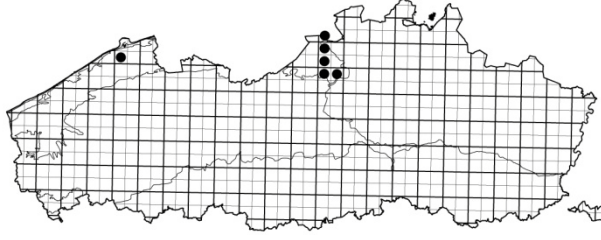
Echinogammarus trichiatus



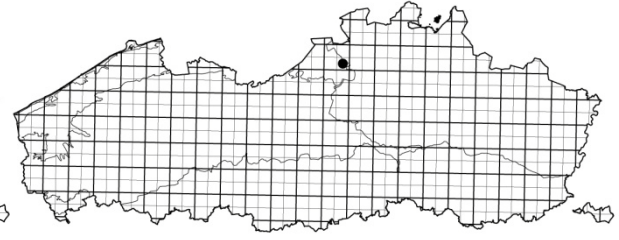
Gammarus roeseli



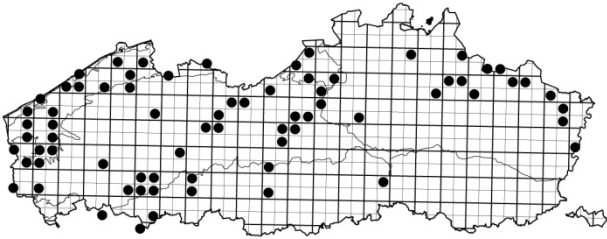
Gammarus tigrinus



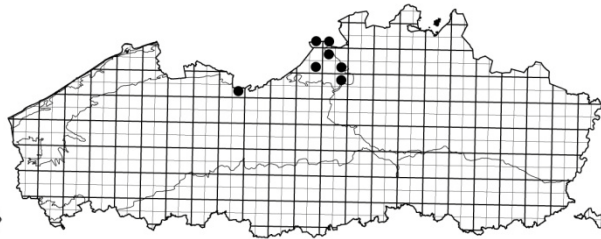
Melita nitida



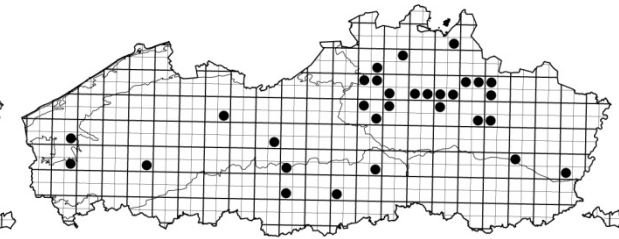
Incisocalloipe aestuarius



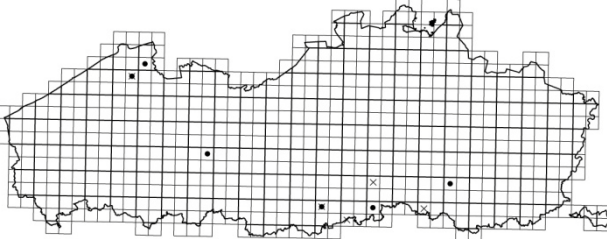
Orchestia cavimana



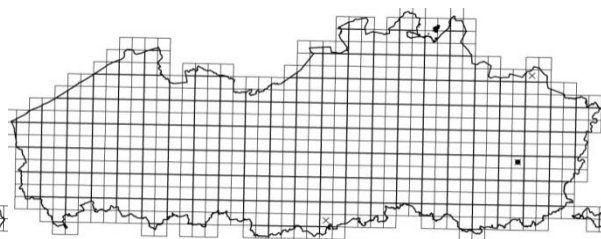
Sinelobus stanfordi



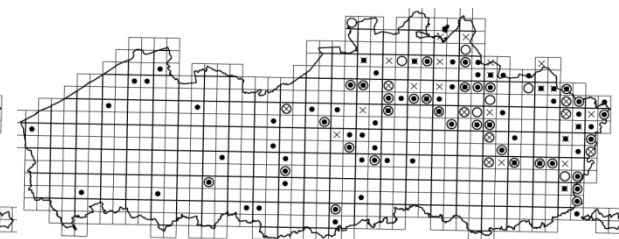
Atyaephyra desmarestii



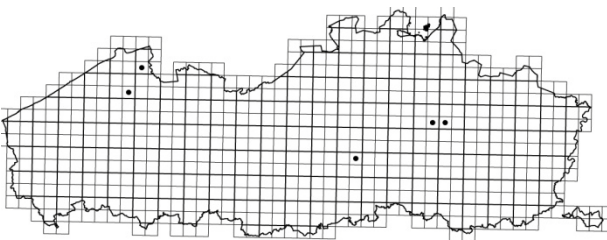
Astacus leptodactylus



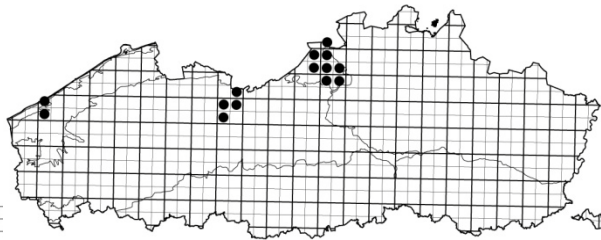
Pacifastacus leniusculus



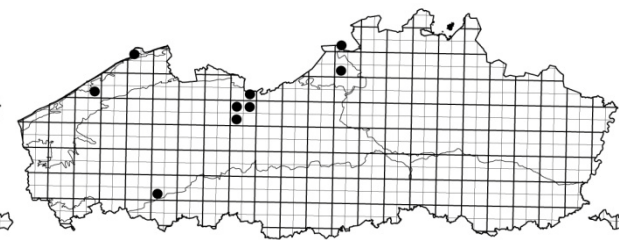
Orconectes limosus



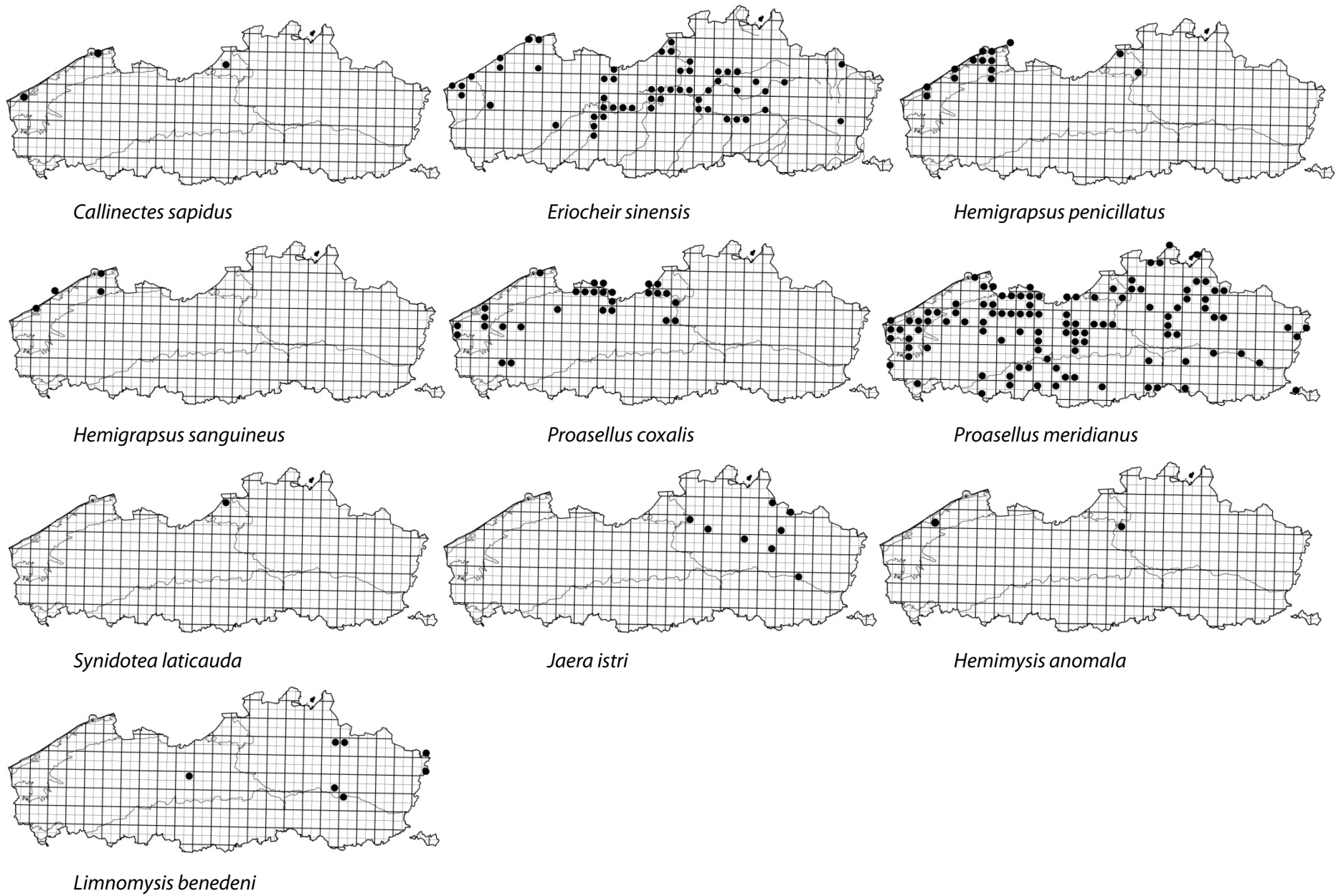
Procambarus clarkii



Rithropanopeus harrissii



Palaemon macrodactylus



Figuur A1. Verspreidingskaartjes (5 x 5 kilometerhokken) van alle exotische macrocrustaceeën die werden aangetroffen in Vlaanderen. Zwarte bolletjes geven de aanwezigheid van de soort weer. Voor de rivierkreeften werd er een andere legende gehanteerd: voor 1990 (kruis), van 1990-1999 (cirkel) en sinds 2000 (zwarte bol).