

Mitigatie van effecten van uitheemse grondels:

kansen voor natuurvriendelijke oevers en
uitgekiende kunstwerken



2013

Mitigatie van effecten van uitheemse grondels: kansen voor natuurvriendelijke oevers en uitgekiende kunstwerken

N. van Kessel, J. Kranenbarg, M. Dorenbosch, A. de Bruin,
L.A.J. Nagelkerke, G. van der Velde & R.S.E.W. Leuven

2 september 2013

Natuurbalans - Limes Divergens, RAVON,
Radboud Universiteit Nijmegen - Instituut voor Water en Wetland Research,
Wageningen Universiteit - Leerstoelgroep Aquacultuur en Visserij

In opdracht van:
Bureau Risicobeoordeling & Onderzoeksprogrammering,
Team Invasieve Exoten, Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit,
Waterschap Roer en Overmaas en Waterschap Zuiderzeeland



Radboud University Nijmegen



Verslagen Milieukunde 436

De Verslagen Milieukunde worden uitgegeven door de Afdeling Milieukunde, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit Nijmegen.

- Titel:** Mitigatie van effecten van uitheemse grondels: kansen voor natuurvriendelijke oevers en uitgekende kunstwerken
- Auteurs:** N. van Kessel, J. Kranenbarg, M. Dorenbosch, A. de Bruin, L.A.J. Nagelkerke, G. van der Velde & R.S.E.W. Leuven
- Omslagfoto's:** Voor nadere informatie zie figuur 1.1.
- Projectleider:** Dr. R.S.E.W. Leuven, Afdeling Milieukunde, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit Nijmegen, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland, Tel. 024 - 365 20 96, r.leuven@science.ru.nl
- Project nummer:** 62001590
- Opdrachtgevers:** Bureau Risicobeoordeling & Onderzoekprogrammering, Team Invasieve Exoten, Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Waterschap Roer en Overmaas en Waterschap Zuiderzeeland
- Bestellingen:** Secretariaat Afdeling Milieukunde, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit Nijmegen, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland, e-mail: secres@science.ru.nl (Tel. 024 - 365 32 81), onder vermelding van Verslagen Milieukunde 436.
- Trefwoorden:** Biodiversiteit, dispersie, ecologische effecten, exoten, vissen

© 2013. Radboud Universiteit Nijmegen, Natuurbalans - Limes Divergens, RAVON & Wageningen Universiteit

Niets in deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, of welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de houder van het auteursrecht.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Probleembeschrijving.....	7
1.3 Doelstellingen	9
1.4 Vraagstelling	10
1.5 Afbakening.....	10
1.6 Leeswijzer.....	10
2. Materiaal en methoden	12
2.1 Literatuuronderzoek.....	12
2.2 Verwerving van verspreidinggegevens.....	12
2.3 Aanvullend veldonderzoek.....	13
2.4 Bemonsteringmethoden	14
2.4.1 Zegenvisserij.....	14
2.4.2 Elektrovisserij.....	14
2.4.3 Boomkorvisserij.....	15
2.4.4 Visuele waarnemingen (snorkelonderzoek).....	15
2.5 Analyse van verspreiding en sleutelfactoren voor invasibiliteit	15
2.5.1 Landelijk verspreidingpatroon.....	15
2.5.2 Verspreidingpatronen en dichtheden in specifieke watersystemen.....	15
2.5.3 Dispersiesnelheden en vectoren	17
2.5.4 Connectiviteit en verspreidingbarrières	17
2.6 Analyse van vestiging in beschermde natuurgebieden.....	17
2.7 Onderzoek naar competitie-mechanismen	18
2.7.1 Habitatkeuze en competitie om schuilplaats.....	18
2.7.2 Voedselopnamestrategie: een ecomorfologische benadering.....	19
2.7.3 Voedselconsumptie: een experimentele benadering	20
2.7.4 Dieetanalyses	20
2.7.5 Analyse trofische positie door middel van stabiele isotopen	21
2.7.6 Reproductiestrategie en -capaciteit	22
2.8 Analyse van ecologische effecten	22
2.8.1 Effecten op inheemse soorten.....	22
2.8.2 Effecten op functioneren van ecosystemen	23
2.9 Analyse van economische effecten en gevolgen voor volksgezondheid.....	23

2.10	Analyse van maatregelen voor mitigatie van ecologische effecten	23
2.11	Statistische analyses.....	24
3.	Resultaten	25
3.1	Geografische verspreiding en invasiviteit	25
3.1.1	Verspreiding in Europa.....	25
3.1.2	Verspreiding in Nederland.....	27
3.1.3	Verspreidingspatronen en dichtheden.....	30
3.1.4	Vestiging in beschermde natuurgebieden	37
3.1.5	Vectoren en corridors voor verspreiding.....	40
3.1.6	Connectiviteit en barrières voor verspreiding.....	41
3.2	Ecologische effecten.....	42
3.2.1	Effecten op inheemse soorten.....	42
3.2.2	Effecten op ecosystemen	52
3.3	Economische effecten en gevolgen voor de volksgezondheid	56
3.4	Mitigatie van ecologische effecten	58
4.	Discussie	62
4.1	Sleutelfactoren voor verspreiding en invasiviteit.....	62
4.2	Potentiële effecten	65
4.2.1	Competitiemechanismen invasieve grondels.....	65
4.2.2	Effecten op inheemse vissen.....	66
4.2.3	Ecologische effecten inheemse macrofauna	68
4.2.4	Effecten op het voedselweb en functioneren van ecosystemen.....	68
4.2.5	Maatschappelijke effecten.....	69
4.3	Beheermaatregelen	70
4.4	Kennishiaten en onzekerheden.....	73
5.	Conclusies en aanbevelingen	75
5.1	Conclusies	75
5.2	Aanbevelingen voor beleid en beheer	77
5.3	Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	77
6.	Dankwoord	79
7.	Literatuur	80
	Lijst van afkortingen	86
	Bijlagen	87
	Bijlage 1. Statistische onderbouwing van voedselconsumptie.....	87
	Bijlage 2. Statistische onderbouwing van effecten van de zwartbekgrondel	88

Samenvatting

Het afgelopen decennium zijn de Nederlandse rivieren in hoog tempo gekoloniseerd door vier Ponto-Kaspische grondelsoorten, namelijk de marmergrondel (*Proterorhinus semilunaris*), zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*), Kesslers grondel (*Ponticola kessleri*) en Pontische stroomgrondel (*Neogobius fluviatilis*). Deze uitheemse grondels zijn invasieve vissen met een bodemgebonden levenswijze en kunnen plaatselijk in hoge dichtheden voorkomen.

Hoewel de verspreidingpatronen van invasieve grondels in Nederland tot op heden grofweg bekend zijn, bestaat geen duidelijk inzicht in de verspreidingprocessen en dichtheden van de grondels in verschillende watertypen, hun (ecologische) effecten en kansrijke mogelijkheden om ongewenste effecten te beperken.

De doelstelling van dit onderzoek is:

1. Het kwantificeren van de (potentiële) ecologische effecten van invasieve grondels op inheemse vissoorten;
2. Het bepalen van sleutelfactoren die de dispersie en het kolonisatiesucces van de uitheemse grondels en de effecten van de invasies door grondels verklaren;
3. Het uitwerken van verzamelde kennis over de sleutelfactoren voor verspreiding, vestiging en effecten in aanbevelingen voor het natuurvriendelijke oever- en vismigratiebeheer.

Onderzoekopzet

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van bestaande data en informatie uit de internationale wetenschappelijke literatuur over de verspreiding, (ecologische) effecten en beheersopties van de vier grondelsoorten. Om de effecten van deze grondels op inheemse vissoorten en de mogelijk mitigerende werking van het gebruik van natuurlijke substraten te onderzoeken zijn op specifieke locaties in het stroomgebied van Rijn en Maas aanvullende bemonsteringen uitgevoerd. Hierbij is onder andere gebruik gemaakt van zegenvisserij, elektrovisserij, boomkorvisserij en visuele waarnemingen. Voor het bepalen van sleutelfactoren voor de verspreiding en invasibiliteit zijn analyses uitgevoerd van de (inter)nationale verspreidingpatronen van de grondels, vestiging in beschermde natuurgebieden (Natura 2000 gebieden en KRW waterlichamen) en dichtheden in specifieke watersystemen (Hollandsch Diep, Nieuwe Merwede, Maas en Rhederlaag). Hiermee is inzicht verkregen in de vectoren en barrières voor verspreiding en dispersiesnelheden in het Nederlandse netwerk van waterwegen. Tevens is aanvullend veld- en laboratorium onderzoek verricht naar competitie-mechanismen van uitheemse grondels en inheemse soorten. Daarbij is aandacht besteed aan de habitatvoorkeur, competitie om schuilplaats, voedselopnamestrategie, voedselconsumptie en reproductiestrategie. Tenslotte zijn op basis van alle beschikbare gegevens analyses uitgevoerd van ecologische effecten, maatschappelijke gevolgen en kansrijke maatregelen voor het voorkomen of beperken van ongewenste effecten. Op basis van gesignaleerde kennisvelden zijn aanbevelingen voor verder onderzoek geformuleerd.

Sleutelfactoren voor verspreiding en invasiviteit

De marmergrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel hebben Nederland kunnen koloniseren door verspreiding vanuit de Donau naar de Rijn, via het Main-

Donaukanaal. De zwartbekgrondel is zeer waarschijnlijk in het benedenrivierengebied en/of Amsterdamse havengebied geïntroduceerd via ballastwater. Vervolgens hebben alle soorten zich zeer snel verspreid via het netwerk van waterwegen in Nederland. Kanalen, sluisen, inlaatwerken, gemalen en vispassages vormen geen barrière voor de secundaire verspreiding van de uitheemse grondels in Nederland. Onbedoelde en bewuste uitzettingen en gebruik van grondels als aasvis zijn relevante vectoren voor verspreiding van de grondels naar regionale wateren. De vier grondelsoorten hebben in diverse bodembiotopen van Nederlandse wateren al hoge dichtheden bereikt. De zwartbekgrondel behaalt veruit de hoogste dichtheden. De verwachting is dat de dichtheden van de vier grondels op veel locaties in Nederland de komende jaren nog verder zullen toenemen.

De uitheemse grondelsoorten worden snel geslachtsrijp en tonen een hoge reproductiecapaciteit. Hybridisatie van invasieve grondels met inheemse brakwater- en zeegrondels is niet aannemelijk. De zwartbekgrondel, marmergrondel en Pontische stroomgrondel hebben een gespecialiseerde morfologie en hun interne en externe morfologische kenmerken voor voedselopname overlappen nauwelijks met die van de inheemse bodembewonende vissoorten. De morfologische kenmerken van de Kesslers grondel komen het meest overeen met die van de inheemse donderpadden. De vier uitheemse grondels zijn opportunistisch wat betreft hun voedselkeuze, prederen een breed spectrum van macrofaunasoorten en eten gecorrigeerd voor hun lichaamsgewicht meer voedsel dan inheemse bodemgebonden vissoorten. De Ponto-Kaspische grondels vertonen ook competitief gedrag ten opzichte van inheemse (bodemgebonden) vissoorten met betrekking tot schuilplaatsen en voortplantingshabitat. Dit competitief gedrag heeft negatieve effecten op inheemse bodembewonende vissoorten.

Ecologische effecten

In de Maas nemen de rivierdonderpad en het biermpje significant af in dichtheid of verdwijnen als gevolg van de opkomst van de zwartbekgrondel. Ook in de Rhederlaag langs de IJssel is een negatief effect van grondelsoorten op de aanwezigheid van rivierdonderpad waarschijnlijk. Mogelijk heeft de kolonisatie door invasieve grondels indirect ook effect op andere vissoorten. Door de aanwezigheid van exotische grondels is de totale biomassa aan predatoren van macrofauna en visbroed in stortstenen oevers sterk toegenomen. Effecten op inheemse macrofauna zijn nog niet bekend. Op basis van de analyses van maaginhouden en hoge voedselconsumptie van de grondels kunnen negatieve effecten op de samenstelling en dichtheden van inheemse macrofaunasoorten, aquatische voedselwebben en het functioneren van ecosystemen niet worden uitgesloten. Veel grondels bevatten parasieten. Over de rol van de uitheemse grondels bij de overdracht van inheemse en uitheemse parasieten naar inheemse (vis)soorten en de (potentiële) gevolgen daarvan voor de visstand en andere soorten in Nederland is weinig kennis beschikbaar.

Maatschappelijke effecten

Het behalen van de doelstellingen voor Natura 2000 gebieden en KRW wateren is in het geding. De huidige doelstellingen voor een soort zoals de rivierdonderpad zullen niet worden behaald op locaties die door uitheemse grondels zijn gekoloniseerd. Hoewel de invasieve grondels gemakkelijk zijn te vangen door hengelaars en gebruikt (kunnen) worden als aasvis, worden de grondels door veel sportvissers als plaag beschouwd. Het gebruik van deze soorten als aasvis kan bijdragen aan de verdere verspreiding. Voor

beroepsvissers kan sprake zijn van zowel positieve als negatieve effecten. De invasieve grondelsoorten kunnen immers als voedsel dienen voor (roof)vissen, waardoor de stand van soorten als paling, baars, snoek en snoekbaars kan toenemen. Het is echter niet uit te sluiten dat er door voedselcompetitie ook negatieve effecten op deze vissoorten optreden.

Mitigerende maatregelen

Niet-natuurlijke, stortstenen habitats faciliteren hoge dichtheden grondels. Het gebruik van stortsteen moet daarom zoveel als mogelijk worden vermeden. Dit is de voortplantinghabitat voor alle grondels. Natuurlijke (oever)inrichting heeft effect als maatregel tegen hoge grondeldichtheden en draagt daarmee bij aan het beperken van negatieve effecten van deze invasieve soorten op inheemse soorten. Maatregelen voor vismigratie naar gebieden met geïsoleerde populaties van kwetsbare inheemse (vis)soorten moeten altijd kritisch worden beoordeeld op ongewenste risico's van verdere verspreiding van grondels en andere invasieve exoten. De ontwikkeling van uitgekende ontwerpen van vispassages gericht op selectieve passeerbaarheid kunnen wellicht een rol spelen bij de beperking van de verspreiding en ongewenste effecten door invasieve grondels. Ook het handhaven van barrières en herstellen van natuurlijke isolatie zijn in sommige gevallen opties.

Verder onderzoek

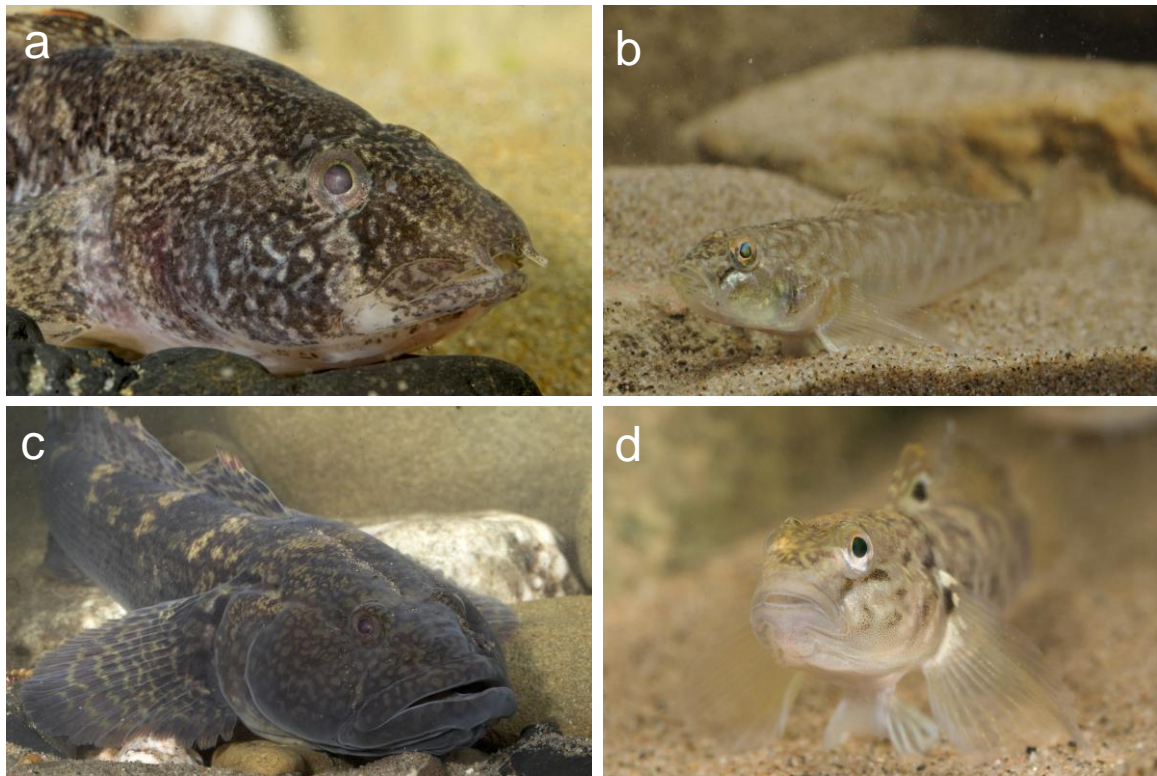
Vanwege de relatief korte invasieperiode is over de kolonisatie van (kleine) beken en geïsoleerde wateren in Nederland nog weinig kennis beschikbaar. Aanbevolen wordt om de komende jaren de verspreiding en ecologische effecten van de uitheemse grondelsoorten en de effectiviteit van mitigerende maatregelen te monitoren en analyseren in diverse KRW-watertypen (bovenlopen van kleine rivieren en beken, polderwateren en grote meren zoals het IJsselmeer; Evers & Knobben, 2007; Van der Molen & Pot, 2007) en Natura 2000 gebieden. Daarbij is ook aandacht nodig voor effecten op beschermde vissoorten (zoals beekprik, bittervoorn, grote modderkruiper en kleine modderkruiper) in natuurlijke habitats.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De echte grondels behoren tot de familie van de Gobiidae. Het zijn vissen met een lengte van circa 10 cm. Ze moeten niet worden verward met de riviergrondels die behoren tot de familie van de karpers (Cyprinidae). De grondels onderscheiden zich van alle inheemse zoetwatervissoorten doordat de twee buikvinnen zijn vergroeid tot een zuignap.

Grondels kwamen van oorsprong in West-Europa alleen voor in de zee en brakwater delen van estuaria en niet in de zoete delen van rivieren. Dit is nu veranderd door de vestiging van Ponto-Kaspische grondelsoorten in Nederlandse rivieren, met mogelijke gevolgen voor de inheemse fauna van zowel de hoofdgeul als nabij gelegen en verbonden wateren. De uitheemse grondels zijn invasieve vissen met een bodemgebonden levenswijze en kunnen plaatselijk in hoge dichtheden voorkomen.



Figuur 1.1. Vier uitheemse grondelsoorten die recent de zoete wateren in Nederland hebben gekoloniseerd, namelijk: a) marmarogondel, b) Pontische stroomgrondel, c) Kesslers grondel, en d) zwartbekgrondel (Foto 1.1a en c: Martijn Dorenbosch; b en d: Paul van Hoof).

Het afgelopen decennium zijn de Nederlandse rivieren in hoog tempo gekoloniseerd door vier Ponto-Kaspische grondelsoorten, namelijk marmarogondel (*Proterorhinus semilunaris*), zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*), Kesslers grondel (*Ponticola kessleri*) en Pontische stroomgrondel (*Neogobius fluviatilis*) (Figuur 1.1; Tabel 1.1). In Nederland is in 2002 de eerste marmarogondel aangetroffen (Tien *et al.*, 2003). Sindsdien hebben ook de zwartbekgrondel (sinds 2004; Van Beek, 2006), Kesslers grondel (sinds 2007; Soes *et al.*, 2007) en Pontische stroomgrondel (sinds 2008; Van Kessel *et al.*, 2009) hun opmars gemaakt.

Tabel 1.1. Naamgeving en herkomst van uitheemse grondels in Nederland.

Nederlandse Naam	Latijnse naam	Engelse naam	Oorspronkelijk verspreidingsgebied
1. Marmergroundel	<i>Proterorhinus semilunaris</i> (Heckel, 1837)	Western tubenose goby	Pontische gebied rond de Zwarte Zee en oostelijk van de Egeïsche Zee
2. Kesslers grondel	<i>Ponticola kessleri</i> (Günther, 1861), Syn. <i>Neogobius kessleri</i>	Bighead goby, Kesslers goby	Noordwesten van de Zwarte Zee, de Donau, Dniester, Dnjepr en de Zuidelijke Bug
3. Pontische stroomgrondel	<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	Monkey goby	Stroomgebieden die uitmonden in de Azov en Zwarte Zee
4. Zwartbekgrondel	<i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)	Round goby	Ponto-Kaspische regio rond de Azov, Zwarte, en Kaspische Zee

Behalve de soorten die zich al in Nederland hebben gevestigd, is tenminste één uitheemse grondelsoort nog te verwachten, namelijk de naakthalsgrondel (*Babka gymnotrachelus*). Deze soort is in 2011 al in het Duitse deel van de Donau waargenomen (Haertl *et al.*, 2012) en kan zich waarschijnlijk de komende jaren ook via het Main-Donaukanaal verspreiden naar het stroomgebied van de Rijn. Een recente melding van de naakthalsgrondel in de Rijn door Borchering *et al.* (2011a) blijkt te berusten op een foutieve determinatie (Haertl *et al.*, 2012).

1.2 Probleembeschrijving

Spikmans *et al.* (2010) hebben het verspreidingspatroon van invasieve grondels in het Nederlandse rivierengebied in kaart gebracht. Naast de hoofdstroom van de grote rivieren in het Rijn- en Maasstroomgebied, blijken de uitheemse grondels ook in staat om nieuwe natuurgebieden in uiterwaarden te koloniseren, zoals meestromende nevengeulen (Dorenbosch *et al.*, 2011). Daarnaast hebben de marmergroundel, Kesslers grondel, Pontische stroomgrondel en zwartbekgrondel vanuit de rivieren ook regionale wateren gekoloniseerd, zoals beekmondingen, beken, kleine rivieren en polderwateren.

Hoewel de verspreidingspatronen van invasieve grondels in Nederland tot op heden grofweg bekend zijn, bestaat geen duidelijk inzicht in mogelijke schadelijke effecten van invasieve grondels op inheemse fauna. In de internationale literatuur zijn verschillende studies gepubliceerd waarin voor de afzonderlijke grondelsoorten een negatief effect is

aangetoond op inheemse fauna, o.a. op vissen (Dubs & Corkum, 1996; Janssen & Jude, 2001; French & Jude, 2001; Balshine *et al.*, 2005). De beschikbare kennis uit het buitenland is echter lastig te extrapoleren naar de Nederlandse situatie, enerzijds omdat in Nederland sprake is van andere ecosysteemtypen en milieuomstandigheden, en anderzijds omdat in de Nederlandse rivieren een unieke situatie is ontstaan waarbij meerdere uitheemse grondelsoorten samen met uitheemse macrofaunasoorten een invasief karakter vertonen (Leuven *et al.*, 2009; Spikmans *et al.*, 2010). Invasieve soorten zijn in dit rapport gedefinieerd als soorten die zich snel verspreiden, in hoge dichtheden kunnen voorkomen en nadelige gevolgen kunnen hebben voor ecosystemen, biodiversiteit, economie of volksgezondheid.

Tot op heden is echter geen onderzoek uitgevoerd naar effecten van invasieve grondels op de inheemse fauna van Nederland. De verwachting is dat de snelle verspreiding en hoge dichtheid van uitheemse grondels ook in de Nederlandse watersystemen resulteren in schadelijke effecten op inheemse (bodembewonende) ongewervelden en vissen, waaronder (inter)nationaal beschermde soorten (Habitatrichtlijn en Flora- en Faunawet) en doelsoorten van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW en Natura 2000 doelstellingen komen als gevolg van de verspreiding van de invasieve grondels in het Nederlandse rivierengebied mogelijk in het geding. Zo indiceren gegevens voor de Maas uit de periode van 2007-2011 negatieve effecten van invasieve grondels op inheemse vissoorten, zoals de rivierdonderpad (*Cottus perifretum*) en het bierpje (*Barbatula barbatula*) (Van Kessel *et al.*, 2012b). Er bestaat echter geen eenduidig beeld in welke mate de sterke toename van invasieve grondels ook daadwerkelijk effect heeft op de inheemse fauna. Het analyseren van de verdere verspreiding in grote rivieren en regionale wateren, het beoordelen van ecologische effecten en het treffen van maatregelen om eventuele negatieve effecten van deze exoten tegen te gaan zijn hiermee actuele onderwerpen voor water- en natuurbeheerders.

Gevolgen van verdergaande kolonisatie

Spikmans *et al.* (2010) beschrijven een explosieve populatie-ontwikkeling van invasieve grondels in de stortstenen oevers van de Nederlandse Rijntakken. Op dit voor Nederland onnatuurlijke oeversubstraat komen echter relatief weinig inheemse bodembewonende vissoorten voor. Voor soorten als paling (*Anguilla anguilla*) en rivierdonderpad zijn rivieroevers met harde substraten wel van belang. Door de relatief korte periode na de introductie was het tot 2012 nog niet duidelijk wat de effecten van de uitheemse grondels op de inheemse fauna waren. Inmiddels is het verspreidingsgebied van de uitheemse grondels echter zodanig uitgebreid dat diverse locaties zijn gekoloniseerd die ook door inheemse soorten worden bezet, bijvoorbeeld de oevers langs de Zandmaas, meestromende nevengeulen, diverse beekmondingen en regionale wateren (Dorenbosch *et al.*, 2011; Van Kessel & Kranenbarg, 2012; Van Kessel *et al.*, 2012b). Voor een aantal van deze locaties en habitattypes bestaat een compleet beeld van de inheemse visfauna in de periode vóór de grondelkolonisatie. Door deze gegevens te vergelijken met de situatie in 2012 kan inzicht worden verkregen in het effect van grondelinvasies op inheemse bodembewonende vissen.

Mogelijkheden om verspreiding te beperken

Een belangrijke ecologische herstelmaatregel voor vissen is het mogelijk maken van vismigratie tussen Rijkswateren en regionale wateren en binnen regionale wateren. Een

vraag die natuur- en waterbeheerders hebben sinds de sterke opkomst van de Ponto-Kaspische grondels is in hoeverre deze uitheemse vissen een bedreiging vormen voor populaties van (zeldzame en beschermde) inheemse soorten die in regionale watersystemen leven. Daarnaast rijst de vraag of het mogelijk en noodzakelijk is om de verspreiding van de grondels naar deze wateren tegen te houden. Om op deze vragen een antwoord te geven is inzicht vereist in:

- De verspreidingsnelheid van uitheemse grondelsoorten naar regionale watersystemen.
- De connectiviteit van deze watersystemen met de grote riviersystemen (netwerk waterwegen) en plannen om migratiebarrières passeerbaar voor vissen te maken.
- De gekoloniseerde en potentieel koloniseerbare watersystemen en de aanwezigheid van zeldzame en beschermde soorten daarin.
- Kansrijke factoren die de verspreiding van de uitheemse grondels kunnen faciliteren of beperken.

Mogelijkheden tot mitigatie

Hoewel de uitbreiding van invasieve grondels in de wateren waar ze zich gevestigd hebben niet te voorkomen valt, zijn er wellicht mogelijkheden om negatieve effecten op inheemse fauna te mitigeren. Recente onderzoekresultaten indiceren dat het substraat van de waterbodem effect heeft op de aanwezigheid van invasieve grondels. Stortstenen oevers blijken bijvoorbeeld een positief effect te hebben op de vestiging en de dichtheid van de uitheemse grondels (Dorenbosch *et al.*, 2011; Van Kessel *et al.*, 2012b). De stortstenen fungeren als schuil-, foerageer- en paaigebied voor de grondels. Natuurlijke bodemsubstraten, zoals bijvoorbeeld zandbodems, of habitattypes met een hoge heterogeniteit, door bijvoorbeeld de aanwezigheid van waterplanten, laten lagere dichtheden zien. De beschikbare onderzoekresultaten indiceren dat het type bodemsubstraat en de afmetingen en vorm van stenen (in verband met potentiële schuilplekken en het afzetten van eieren) belangrijke variabelen zijn die de vestiging en/of dichtheid van uitheemse grondels beïnvloeden (Dorenbosch *et al.*, 2011; Van Kessel *et al.*, 2012b). Het verhogen van de biotische weerstand is mogelijk een beheerstrategie om de dichtheidexplosie en effecten van uitheemse grondels te beperken. Het ontwikkelen van natuurvriendelijke oevers, toepassen van natuurlijke oeverssubstraten (in plaats van stortsteen) en bevorderen van habitatheterogeniteit zijn daarbij belangrijke aangrijpingspunten. Er zijn op diverse locaties in het Nederlandse rivierengebied verschillende oeverssubstraten gebruikt in gebieden die inmiddels door de invasieve grondels gekoloniseerd zijn. Deze locaties vormen hiermee een gradiënt van substraattypes, bijvoorbeeld natuurvriendelijke oevers langs de Maas en diverse nevengeulen langs de Rijntakken. Deze gradiënt van oevertypes biedt de mogelijkheid om bovenstaande hypothese te toetsen en de bevindingen in richtlijnen voor het toekomstige oever- en waterbeheer vast te leggen.

1.3 Doelstellingen

In het kader van de voorliggende studie zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

1. Het kwantificeren van de (potentiële) ecologische effecten van invasieve grondels op inheemse vissoorten;

2. Het bepalen van sleutelfactoren die de dispersie en het kolonisatiesucces van de uitheemse grondels en de effecten van de invasies door grondels verklaren;
3. Het uitwerken van verzamelde kennis over de sleutelfactoren voor verspreiding, vestiging en effecten in richtlijnen voor het natuurvriendelijke oever- en vismigratiebeheer.

1.4 Vraagstelling

In dit onderzoek staan de volgende vragen centraal:

1. Heeft de aanwezigheid van uitheemse grondels negatieve effecten op inheemse vissen en welke factoren bepalen de omvang van deze effecten?
2. Welke factoren bepalen de verdere verspreiding van de uitheemse grondels in de grote rivieren en regionale wateren en welke maatregelen kunnen de verspreiding naar regionale wateren beperken?
3. Zijn negatieve effecten van uitheemse grondels op inheemse fauna te mitigeren door toepassing van natuurvriendelijke oevers en substraat?
4. Welke kunstwerken (stuwen, vispassages, inlaatwerken) zijn passeerbaar en is het mogelijk om de verspreiding van de uitheemse grondels naar regionale waterlopen bovenstrooms van kunstwerken tegen te gaan?

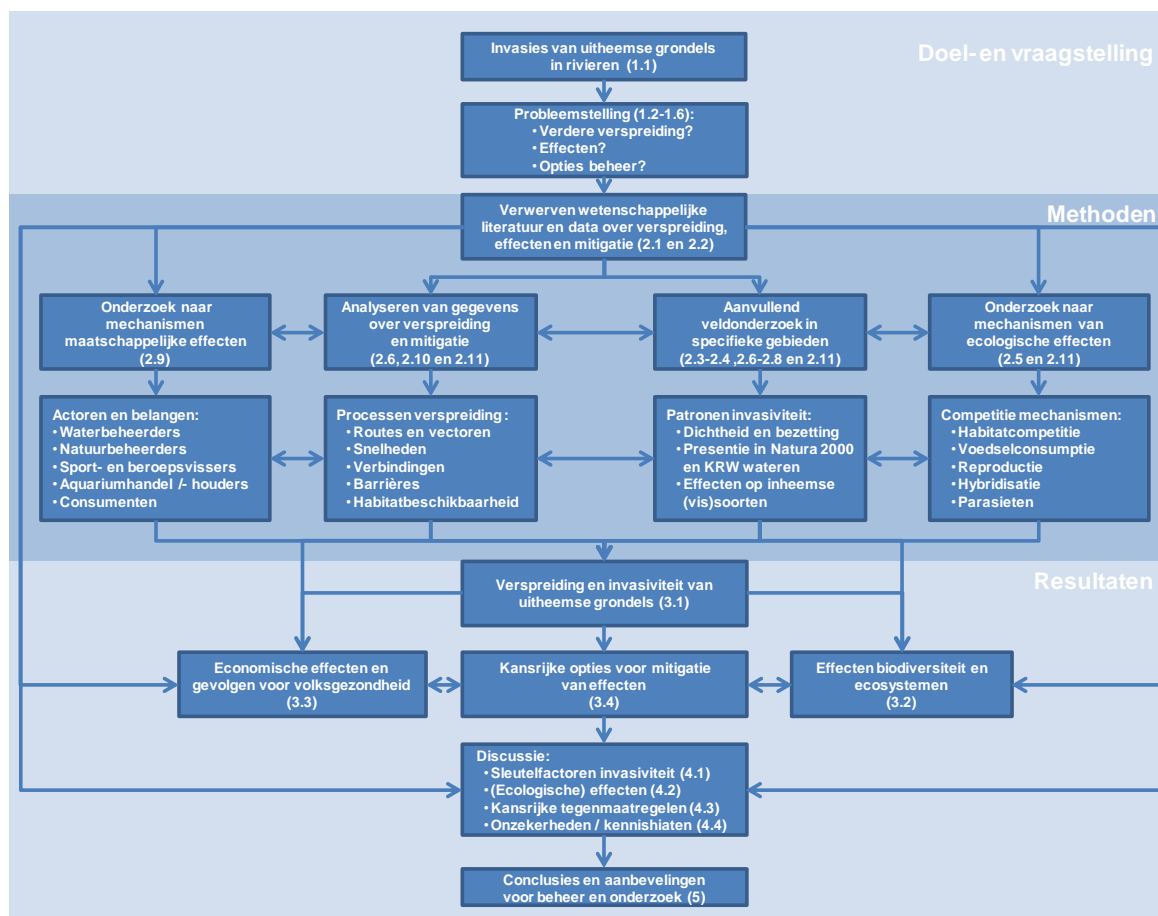
1.5 Afbakening

Het voorliggende project maakt deel uit van een meerjarig onderzoekprogramma van het Nederlands Expertise Centrum Exoten (NEC-E), waarin onder andere de Radboud Universiteit Nijmegen, Natuurbalans - Limes Divergens BV en Stichting RAVON samenwerken. Een aantal aspecten, zoals het kolonisatiesucces en de gevolgen van uitheemse grondels voor de inheemse biodiversiteit, kunnen uiteraard binnen een kortlopende studie niet volledig worden beantwoord. Hiervoor is een meerjarige bemonstering van levensgemeenschappen en een causale onderbouwing van veldwaarnemingen middels laboratorium- en veldexperimenten nodig. In de voorliggende studie ligt het accent vooral op integratie en analyse van alle beschikbare data over de verspreiding van de vier uitheemse grondels en het verzamelen van een beperkt aantal aanvullende gegevens in specifieke watersystemen om beter inzicht te krijgen in de sleutelfactoren voor verspreiding, dichtheden, effecten op inheemse bodembewoners (vissen en macrofauna) en kansrijke beheeropties om ongewenste effecten te minimaliseren.

1.6 Leeswijzer

De interne samenhang tussen de verschillende onderdelen van het onderzoek en hoofdstukken van dit rapport is weergegeven in figuur 1.1. In het voorliggende hoofdstuk zijn de probleembeschrijving, doelstellingen en vraagstelling van het onderzoek geschetst. Hoofdstuk 2 beschrijft de onderzoeksmethoden en verwerving van relevante informatie en data. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van het onderzoek. Hierbij wordt onder andere ingegaan op processen en patronen van de verspreiding van uitheemse grondels, hun invasiviteit, ecologische effecten, maatschappelijke gevolgen en de

mogelijkheden om deze effecten te beperken. In hoofdstuk 4 worden de verkregen resultaten bediscussieerd. Daarbij wordt met name aandacht besteed aan de sleutelfactoren voor invasiviteit, (ecologische) effecten, kansrijke opties voor het beperken van ongewenste effecten en relevante onzekerheden en kennishiaten. In Hoofdstuk 5 zijn tenslotte conclusies en aanbevelingen voor beleid, beheer en verder onderzoek geformuleerd. De bijlagen geven een overzicht van relevante basisgegevens.



Figuur 1.1. Inhoudelijke samenhang van het onderzoek naar de verspreiding en mitigatie van effecten van uitheemse grondels.

2. Materiaal en methoden

2.1 Literatuuronderzoek

Voor het zoeken van wetenschappelijke publicaties over de verspreiding, invasiebiologie, effecten en beheer van de vier uitheemse grondelsoorten is gebruik gemaakt van ISI Web of Science, Google en Google Scholar. Hierbij zijn als trefwoorden de Latijnse, Engelse en Nederlandse soortnamen en synoniemen gebruikt.

2.2 Verwerving van verspreidinggegevens

Voor de analyses en verspreidingkaarten in het voorliggend rapport is gebruik gemaakt van databestanden van RAVON en Natuurbalans - Limes Divergens BV. De volgende data zijn gebruikt:

- Data die in de periode 2007-2012 zijn verzameld in het kader van Verspreidingonderzoek Vissen en het NEM Meetnet beek- en poldervissen.
- De gegevens uit de online invoerportals Telmee.nl en Waarnemingen.nl.
- Data die verzameld zijn tijdens RAVON visexcursies.
- Data van het OB+N onderzoek Kansen voor stroomminnende vissen (Kranenburg *et al.*, 2010; Dorenbosch *et al.*, 2011).
- Visgegevens die zijn verzameld in het kader van provinciale visatlassen (Limburg, Noord-Brabant, Gelderland, Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland, Flevoland). Het gaat hierbij zowel om de bestaande data van waterbeheerders (waterschappen en Rijkswaterstaat) als om door natuurvrijwilligers verzamelde gegevens.
- Het databestand dat is samengesteld voor het opstellen van de Rode Lijst Vissen (o.a. gegevens van monitoringprogramma's van Rijkswaterstaat, vismonitoring IJsselmeer, hengelsingstgegevens en visdatabase Piscaria).
- Visbemonsteringgegevens van de waterschappen die zijn aangesloten bij de Nederlandse databank Flora en Fauna (NDFP).
- Actieve vismonitoring van de rijkswateren in het kader van Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) van Rijkswaterstaat Waterdienst (najaar 2011 t/m najaar 2012);
- KRW bemonsteringen voor het Waterschap Peel en Maasvallei (september en oktober 2011 en 2012);
- KRW bemonsteringen voor het Waterschap Roer en Overmaas (september en oktober 2012);
- Biodiversiteit in Limburg; ontwikkeling van nieuwe habitats en migratiemogelijkheden voor bedreigde beekvissen (2009-2011);
- Diverse onderzoeken naar de aanwezigheid van beschermde soorten ingevolge de Flora- en Faunawet.

Tevens is in 2012 en wordt in 2013 in het kader van het voorliggende project aanvullend veldonderzoek verricht voor de Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit, het Waterschap Roer en Overmaas en het Waterschap Zuiderzeeland (zie paragraaf 2.3). Alle data hiervan zijn en worden eveneens geïntegreerd in het databestand van RAVON.

Alleen geverifieerde verspreidingsgegevens met expliciete vermelding van coördinaten zijn gebruikt. Voor alle afwijkende vindplaatsen ten opzichte van het verspreidingsgebied zijn de bronnen nogmaals gecontroleerd. Deze vindplaatsen zijn alleen betrokken in de verdere analyses indien documentatie aanwezig is en voldoende zekerheid bestaat over de juiste determinatie van de vissoorten.

2.3 Aanvullend veldonderzoek

In het voorliggend onderzoek is voor een groot deel gebruik gemaakt van bestaande data (zie paragraaf 2.1). Om de effecten van de uitheemse grondels op inheemse vissoorten en de mogelijk mitigerende werking van het gebruik van natuurlijke substraten te onderzoeken zijn in 2012 op specifieke locaties in het stroomgebied van Rijn en Maas aanvullende bemonsteringen uitgevoerd (Figuur 2.1). In figuur 2.1 zijn tevens enkele locaties opgenomen die in het kader van het meerjarig onderzoekprogramma nog zullen worden onderzocht in 2013.



Figuur 2.1. De ligging van locaties voor aanvullend veldonderzoek in het kader van het meerjarig onderzoekproject naar de verspreiding en effecten van uitheemse grondels.

2.4 Bemonsteringmethoden

Voor de analyses van de verspreiding van de vier uitheemse grondelsoorten zijn alle beschikbare gegevens gebruikt, ongeacht het vistuig waarmee de vissen zijn gevangen. Bij diverse andere analyses in dit rapport is echter alleen gebruik gemaakt van gedetailleerde en consistent verzamelde gegevens, zoals bij het onderzoek naar de verspreidingspatronen en dichtheidontwikkeling in specifieke watersystemen of de verdringing van inheemse bodembewonende vissen. De visgegevens voor deze analyses zijn verzameld met verschillende vismethodieken. Visbemonsteringen zijn uitgevoerd met een zegen (zegenvisserij), een elektrisch visapparaat (elektrovisserij) of een boomkor. Afhankelijk van het aanwezige bodemtype (vlakke sedimentbodem versus niet-vlakke stenige bodem) is een habitatype binnen een locatie bemonsterd met zegenvisserij, elektrovisserij of beide. Boomkorvisserij is vooral toegepast bij het bemonsteren van de visgemeenschappen op sedimentbodems in het open water van de rijkswateren zoals de grote rivieren. Tenslotte zijn de analyses van visgemeenschappen in twee trajecten gebaseerd op visuele waarnemingen (snorkelonderzoek).

2.4.1 Zegenvisserij

Voor de zegenvisserij is een zegen gebruikt met een lengte van 25 m en een hoogte van 2,5 m (gestrekte maaswijdte van de kuil is 5 mm). Zegenvisserij is alleen uitgevoerd in habitatypen met een vlakke sedimentbodem (zand, klei en/of slib). De zegen is hierbij al wadend evenwijdig aan de oever door het te bemonsteren habitat voortgetrokken door minimaal twee personen. Bij iedere zegentrek is gestreefd naar een te bemonsteren oppervlakte van circa 50 m lengte en 10 m breedte. Afhankelijk van het oever- en bodemprofiel zijn sommige zegentrajecten korter en/of smaller uitgevoerd. De diepte van een zegentraject ter hoogte van de kuil is afhankelijk van het oeverprofiel. Aan het eind van ieder traject werd de zegen op de oever getrokken om de vangsten te determineren en op te meten. Van ieder bemonsterde traject is de oppervlakte bepaald. De breedte en lengte van het traject zijn met behulp van een meetlint opgemeten.

2.4.2 Elektrovisserij

Voor de elektrovisserij is gebruik gemaakt van 'draagbare' apparatuur (Mülenbein DK Lord 3000 en Bretschneider EFGI 650) en een aggregaat met gelijkrichter op een boot. Elektrovisserij is alleen uitgevoerd in oeverzones, waarbij meestal een complexe substraatstructuur aanwezig is waarin vissen zich kunnen verschuilen zoals stortsteen, grind en vegetatie.

Bij een elektrobemonstering met draagbare apparatuur is al wadend evenwijdig aan de oever een traject afgelegd waarbij afhankelijk van het oever- en bodemprofiel werd gestreefd naar een trajectlengte van maximaal 25 meter en een breedte van 1,5 m. Na iedere elektrobemonstering is de lengte en breedte van het afgelegde traject bepaald met een meetlint om de bemonsterde oppervlakte te bepalen. Bij elektrovisserij vanuit een boot worden doorgaans langere trajecten bevist. De breedte van het beviste traject bedraagt echter ook ca. 1,5 m.

Tijdens de elektrovisserij zijn de vissen in een emmer of bak met water verzameld om ze na afronding van de bemonstering van het gehele traject te determineren en te meten.

2.4.3 Boomkorvisserij

Tijdens de boomkorvisserij wordt een 3 meter brede boomkor gedurende 10 minuten door een onderzoekschip stroomopwaarts voortgetrokken over de bodem van een traject. Hierbij wordt doorgaans een afstand van circa 1000 meter afgelegd. De kleinste maaswijdte van de kor is 20 mm (gestrekte maaswijdte). Met een boomkor worden trajecten in het open water op een diepte van circa 3 tot 30 m bemonsterd. De gevangen vissen zijn verzameld in een waterreservoir en vervolgens gedetermineerd en opgemeten.

2.4.4 Visuele waarnemingen (snorkelonderzoek)

Het voorkomen van inheemse bodembewonende soorten en uitheemse grondels in oeverbiotopen is ook visueel onderzocht door meerdere keren per jaar langs een vast oevertraject te snorkelen. De bemonsterde trajecten zijn tot een diepte van circa twee meter onderzocht. Bij de verschillende snorkelronden zijn steeds dezelfde trajecten op vissen onderzocht.

2.5 Analyse van verspreiding en sleutelfactoren voor invasibiliteit

2.5.1 Landelijk verspreidingspatroon

Verspreidingspatronen in Nederland en Europa

Voor de analyse van de verspreidingspatronen in Nederland zijn alle beschikbare verspreidingsgegevens van de vier uitheemse grondelsoorten weergegeven op het schaalniveau van uurhokken (5 x 5 km). De verspreidingskaarten zijn gemaakt en geanalyseerd met behulp van Arc GIS 10.1. De verspreidingsgegevens van de vier grondels in Europa zijn gebaseerd op gegevens uit de wetenschappelijke literatuur.

Geografische verspreiding in relatie tot watertypen

De beschikbare gegevens over de verspreiding van de vier uitheemse grondelsoorten zijn geselecteerd op nauwkeurige waarnemingen kleiner dan hectare niveau. De analyses van de verspreiding van de vier uitheemse grondels in verschillende watertypen zijn uitsluitend op deze waarnemingen gebaseerd. De data zijn geanalyseerd met behulp van Arc GIS 10.1. De exacte waarnemingen zijn middels een 'spatial join' gekoppeld aan de watertypenkaart. Voor deze koppeling is gesteld dat iedere exacte waarneming binnen 20 meter gekoppeld wordt aan het dichtstbijzijnde oppervlaktewater.

2.5.2 Verspreidingspatronen en dichtheden in specifieke watersystemen

De vier in Nederland voorkomende Ponto-Kaspische grondelsoorten gedragen zich allen invasief. De dichtheidontwikkeling en de kolonisationsnelheid van deze Ponto-Kaspische grondels in de grote rivieren verschilt echter per soort. De potentiële effecten van deze soorten zijn mede afhankelijk van hun capaciteit om zich te handhaven, te reproduceren en te verspreiden. De gegevens van enkele watersystemen bieden mogelijkheden om zowel de ruimtelijke als temporele verspreidingspatronen in meer detail te analyseren.

Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede

Om inzicht te krijgen in de kolonisationscapaciteit van de zwartbekgrondel, Kesslers grondel, marmergrondel en Pontische stroomgrondel in de grote rivieren zijn de

dichtheidontwikkeling en verspreidingsnelheid van deze soorten in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede geanalyseerd voor de periode 2002-2012. Deze periode is gekozen omdat de eerste waarneming van een Ponto-Kaspische grondel (marmergrondel) in Nederland dateert van 2002. Voor deze analyses is gebruik gemaakt van data voor het gebied Hollandsch Diep en Nieuwe Merwede van de MWTL monitoring van Rijkswaterstaat Waterdienst. Sinds 1997 vindt hier jaarlijks een gestandaardiseerde bemonstering plaats (de zogenoemde Actieve Visbemonstering Zoete Rijkswateren). Het open water wordt daarbij bemonsterd met behulp van een boomkor en de oevers met behulp van elektrische visapparatuur (zie paragraaf 2.3.2). In de analyses van de dichtheidontwikkelingen en verspreidingsnelheden zijn alleen trajecten meegenomen, die ieder jaar gedurende de gehele periode zijn bemonsterd. De visgegevens van de oevers en het open water zijn daarbij gescheiden geanalyseerd. Voor de dichtheidanalyses is het gemiddeld aantal exemplaren per soort per 100 m² bodem berekend. Voor de verspreidingsnelheden is het bezettingpercentage van de bemonsterde trajecten per soort per jaar berekend.

Oeverbiotopen in de Maas

In de periode 2007-2011 is jaarlijks een visbemonstering in de Maas uitgevoerd. De marmergrondel is hierbij in 2008 voor het eerst aangetroffen. Daarom kan de kolonisatie van de Maas door de marmergrondel nauwkeurig in kaart worden gebracht. Voor de analyse van de verspreiding en dichtheidontwikkeling van de marmergrondel in verschillende delen van de Maas zijn de MWTL-data van Rijkswaterstaat Waterdienst uit de periode 2007-2012 gebruikt. In de Grensmaas, Zandmaas en Getijden Maas heeft gedurende deze periode jaarlijks een gestandaardiseerde bemonstering plaatsgevonden. De oevers zijn daarbij met behulp van elektrische visapparatuur bemonsterd, de bodem van het open water middels een boomkor (zie paragraaf 2.3.2). Omdat de marmergrondel voornamelijk voorkomt in de oeverzone zijn alleen de visgegevens van de oevertrajecten geanalyseerd. De analyse geeft inzicht in de dichtheidontwikkeling van marmergrondel in de periode 2007-2012 in negen deelgebieden van stroomopwaarts richting stroomafwaarts: Borgharen, Berg, Ohe en Laak, Roermond, Heijen, Molenhoek, Balgoij, Maasbommel en Kerkdriel. De analyse verschaft ook inzicht in verspreidingvectoren die een rol spelen bij de dispersie van marmergrondel in de Maas.

Uiterwaardplas Rhederlaag langs de IJssel

Het voorkomen van inheemse bodembewonende soorten en uitheemse grondels in de Rhederlaag te Giesbeek is in de periode 2009-2012 middels visuele waarnemingen onderzocht door meerdere keren per jaar te snorkelen langs een vast oevertraject. Deze uiterwaardplas staat in verbinding met de IJssel. Het bemonsterde traject ligt op circa 3000 meter van de verbinding met de rivier. Dit traject is ongeveer 320 meter lang en tot een diepte van twee meter onderzocht. In het traject zijn enkele stortsteenoevers aanwezig die qua structuur overeenkomen met rivierkribben. Het overige habitat bestaat uit zand met hier en daar een baksteen of basaltblok.

In alle jaren zijn de snorkelrondes in zomermaanden uitgevoerd (juli en/of augustus). In 2009 werden vijf rondes in augustus, één ronde in oktober en één ronde in november uitgevoerd. In 2010 werden vijf rondes in juli uitgevoerd en één ronde in november. In 2011 werden drie rondes in mei één ronde in juli en één ronde in november uitgevoerd. In 2012 werden drie rondes in mei, twee rondes in juni en twee rondes in augustus

uitgevoerd. De onderzoekinspanning is in 2012 minimaal zo groot geweest als in 2009 en 2010. Tijdens het snorkelen is sinds 2010 ook steeds een groot deel van de stenen omgedraaid op zoek naar nesten van exotische grondels.

2.5.3 Dispersiesnelheden en vectoren

De dispersiesnelheden van de vier uitheemse grondelsoorten in Nederland zijn berekend op basis van de beschikbare verspreidinggegevens. Hiervoor zijn drie gangbare rekenmethoden gehanteerd (cf. Leuven *et al.*, 2009; Matthews *et al.*, 2012, 2013):

- berekening van het cumulatieve aantal uurhokken (5 x 5 km) met een of meerdere waarnemingen in relatie tot het aantal jaren na eerste waarneming van de betreffende soort;
- berekening van de uitbreiding van het verspreidinggebied, uitgedrukt in gemiddelde aantal uurhokken per jaar;
- berekening van de gemiddelde afstand per jaar waarmee een soort zich heeft verspreid in het netwerk van waterwegen (rivieren, kanalen en meren), op basis van een vergelijking van de verspreidingfronten in verschillende jaren en de kortste waterwegroute.

Tevens is op basis van veldwaarnemingen en literatuurgegevens geïnventariseerd welke vectoren een rol kunnen spelen bij de secundaire verspreiding van de uitheemse grondelsoorten in Nederland.

2.5.4 Connectiviteit en verspreidingbarrières

De mogelijke verspreidingroutes van de vier grondelsoorten zijn geanalyseerd op connectiviteit dan wel barrières. Hierbij is met name aandacht besteed aan de passeerbaarheid van eventuele barrières zoals kanalen met sluisen, inlaatwerken van (regionale) wateren (zoals gemalen), stuwen, vispassages en periodieke overstroming. Dergelijke informatie kan inzicht verschaffen die kan leiden tot in maatregelen om verdere verspreiding van de soorten in regionale wateren te beperken.

2.6 Analyse van vestiging in beschermde natuurgebieden

Natura 2000 gebieden

De beschikbare verspreidinggegevens zijn geselecteerd op nauwkeurige waarnemingen kleiner dan hectare niveau. Uitsluitend deze waarnemingen zijn meegenomen in de analyse. De gegevens zijn met behulp van Arc GIS 10.1 geanalyseerd. De exacte waarnemingen zijn middels een 'spatial join' gekoppeld aan de 'shape files' van de Natura 2000 gebieden. Hierbij zijn alleen waarnemingen gekoppeld die op basis van locatie binnen de begrenzing van een Natura 2000 gebied liggen. Vervolgens is een kruistabel opgesteld waarin is weergegeven welke uitheemse grondelsoort in welk Natura 2000 gebied voorkomt. Tevens is in de aanwijzingbesluiten van deze gebieden opgezocht of en welke inheemse vissoorten tot de kwalificerende soorten behoren. Predatie of habitatcompetitie door uitheemse grondelsoorten kan negatieve effecten hebben op deze inheemse soorten.

KRW-doelen

De analyse van de verspreiding van de vier uitheemse grondels in relatie tot verschillende watertypen is gebruikt om te bepalen welke KRW-watertypen door welke soorten worden gekoloniseerd.

2.7 Onderzoek naar competitie-mechanismen

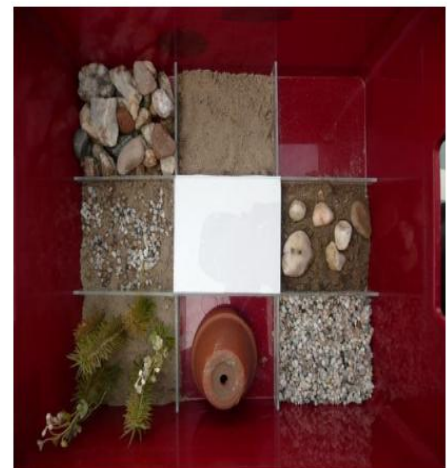
De mechanismen van competitie tussen uitheemse grondels en inheemse vissoorten zijn bestudeerd door middel van vijf onderzoeken:

- een habitatkeuze-experiment om de concurrentie om schuilplaatsen tussen uitheemse grondels en inheemse bodembewonende vissoorten te bepalen;
- een experiment om de voedselconsumptie van uitheemse grondels en inheemse bodembewonende vissoorten te vergelijken;
- onderzoek naar de positie van uitheemse grondels in het voedselweb in de Maas door middel van stabiele isotopen analyse ($\delta^{15}\text{N}$ en $\delta^{13}\text{C}$);
- dieetonderzoek door determinatie van de maaginhoud van uitheemse grondels;
- analyse van de positie van uitheemse grondels in bodemvisgemeenschappen door middel van morfologische kenmerken.

2.7.1 Habitatkeuze en competitie om schuilplaats

Concurrentie om habitat is één van de mogelijke mechanismen die een negatieve invloed van uitheemse grondels op inheemse vissoorten tot gevolg kunnen hebben (Van Kessel *et al.*, 2011a). Het wegconcurreren uit de voorkeurhabitat zorgt ervoor dat verdreven soorten gebruik moeten maken van minder geprefereerde habitats, waar mogelijk minder voedsel, minder schuilplaatsen tegen predatoren en een slechtere voortplantinghabitat aanwezig is.

grof grind	zand	blanco
zand met fijn grind	Uitzetlocatie	zand met grof grind
vegetatie	schuilplaats	fijn grind



Figuur 2.2. De inrichting van de vijf aquaria voor de habitatvoorkeur en competitie-experimenten.

Voor de Nederlandse situatie is competitie met inheemse bodembewonende vissen te verwachten omdat de uitheemse grondels zijn waargenomen in habitattypen waarin inheemse bodemsoorten voorkomen, zoals het biermpje en de rivierdonderpad. Om te bepalen of er sprake is van habitatcompetitie tussen zwartbekgrondel, marmergroundel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel en deze inheemse vissoorten zijn twee

experimenten uitgevoerd. Deze experimenten waren gericht op 1) de habitatvoorkeur van de verschillende vissoorten afzonderlijk (solo-experiment), en 2) de veranderingen in habitatvoorkeur als gevolg van inter- of intraspecifieke competitie (competitie-experiment). Hiervoor zijn vijf aquaria (replica's) op dezelfde wijze ingericht met acht habitattypen, die de habitatdiversiteit van bodembewonende vissen in de Nederlandse rivieren weerspiegelen (Figuur 2.2). Ter controle is in één van de compartimenten geen substraat aangebracht. Het midden van de aquaria vormde de uitzetlocatie van de vissen; de uitzetlocatie was verhoogd ten opzichte van de verschillende habitattypen en bood geen schuilplaats voor vissen.

In het solo-experiment is de habitatvoorkeur van twee inheemse bodembewonende vissoorten en vier uitheemse grondels bepaald door van elke soort per experiment één exemplaar in elk van de vijf aquaria uit te zetten. In het competitie-experiment is allereerst de interspecifieke competitie voor een schuilplaats onderzocht door de effecten van een uitheemse grondel op de habitatkeuze van een inheemse vissoort te bepalen. Hiervoor zijn telkens twee vissen (één inheems en één uitheems voor alle mogelijke combinaties) tegelijkertijd in de vijf aquaria vrijgelaten. Voor het onderzoek naar de intraspecifieke competitie bij de inheemse vissoorten zijn voor het bierpje en de rivierdonderpad tevens twee individuen van dezelfde soort in de vijf aquaria geplaatst.

Gedurende 24 uur is op vijf tijdstippen bij ieder experiment genoteerd in welk habitat iedere vis zich bevond. Met behulp van de G-tests of goodness of fit (McDonald, 2009) is voor de solo-experimenten de habitatkeuze per soort (n=6) bepaald en voor de competitie-experimenten (n=12) een eventuele verschuiving in habitatkeuze van inheemse vissoorten als gevolg van de aanwezigheid van een uitheemse vissoort. Binnen de competitie-experimenten is tevens onderzocht of als gevolg van intraspecifieke competitie bij bierpje of rivierdonderpad verschuivingen in de habitatkeuze optreden.

2.7.2 Voedselopnamestrategie: een ecomorfologische benadering

Vierentwintig externe en interne morfologische kenmerken, waarvan bekend is dat ze een causale relatie hebben met de voedselopnamestrategie, zijn opgemeten bij vier uitheemse grondelsoorten, één uitheemse riviergrondelsoort en vier inheemse bodemgebonden vissoorten (Van Onselen, 2013). Relevante ecomorfologische kenmerken zijn de aan- of afwezigheid van baarddraden, staartworteldiepte, staartwortellengte, oogdiameter, bekopening verticaal en horizontaal, afstand tussen de kieuwdoorns, darmlengte, kopdiepte (verticale dimensie van de kop), kopbreedte, lengte hyoid (tongbeenboog), onderkaaklengte, mechanische hefboomlengte van de onderkaaksluiting en onderkaakopening, lengte van de vis op het punt van maximale lichaamsdiepte, maximale lichaamsdiepte, maximale lichaamsbreedte, neerwaartse hoek van de geopende bek, operculumdiepte; breedte van het palataal orgaan (~verhemelte), postorbitale lengte (lengte van de kop achter de oogkas), verlenging van de bovenkaak bij volledige opening van de bek (protrusie), standaardlengte, aanwezigheid van tanden in de bek en totaal gewicht.

Voor dit onderzoek waren dode exemplaren van de volgende inheemse soorten beschikbaar: bierpje (Neumacheilidae), rivierdonderpad, beekdonderpad (*Cottus rhenanus*) (Cottidae) en riviergrondel (*Gobio gobio*) (Cyprinidae). De volgende uitheemse soorten waren beschikbaar: Pontische stroomgrondel, Zwartbekgrondel, Kesslers grondel, marmergrondel (allen Gobiidae) en witvinggrondel (*Romanogobio belingi*) (Cyprinidae). Per soort zijn de morfologische kenmerken van 7 - 12 exemplaren opgemeten, afhankelijk van de beschikbaarheid van vismateriaal.

Met behulp van principale componentenanalyse is vervolgens een overzicht gemaakt van de algehele morfologische verscheidenheid van de vissoorten. Op basis daarvan kan tenslotte worden aangegeven welke positie wordt ingenomen wat betreft hun voedselopnamestrategie.

2.7.3 Voedselconsumptie: een experimentele benadering

Invasieve populaties van grondels worden onder andere gekenmerkt door een snellere rijping op jongere leeftijd en bij kleinere lichaamslengte (Kováč *et al.*, 2009) en het afzetten van meerdere eilegels gedurende het seizoen (Kalinina, 1976) en meer eieren per legsel (Kováč *et al.*, 2009; Stráňai, 1999) in vergelijking met inheemse populaties. Deze karakteristieken liggen ten grondslag aan het succes van invasieve populaties. Een mogelijk mechanisme hierachter betreft de aanwezigheid van een specifieke strategie met betrekking tot de voedselconsumptie bij invasieve bodemgebonden vissoorten. Hiervoor is een experiment uitgevoerd, waarmee is onderzocht of de voedselconsumptie van uitheemse en inheemse bodemgebonden vissoorten verschilt.

Het experiment had de volgende opzet. Tien aquaria (replica's) zijn op identieke wijze ingericht; een kunstgras mat als schuilplaats voor macrofauna en één schuilplaats voor vis in de vorm van een terracotta pot (Figuur 2.2). Per vissoort is in elk aquarium één individu geplaatst. Elke vis is vooraf aan het experiment gewogen (mg) en opgemeten (totaallengte in mm). Gedurende drie dagen zijn per dag tien vlokreeften (*Gammarus roeselii*) per vis aangeboden. Het gewicht van deze vlokreeften is vooraf bepaald. Bij de tweede en de derde toevoeging van vlokreeften, zijn de overgebleven vlokreeften van een eerdere toevoeging eerst verwijderd, geteld en gewogen, voordat nieuwe vlokreeften in het aquarium werden losgelaten. De volgende inheemse vissoorten zijn in het experiment gebruikt: beekdonderpad, rivierdonderpad, bierpje en riviergrondel. Voorts zijn de vier uitheemse grondels gebruikt: zwartbekgrondel, marmergrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel. Op deze wijze is van iedere vis (tien exemplaren per soort) de consumptie gedurende drie etmalen vastgelegd. De voedselopname is per etmaal berekend als aantal milligram geconsumeerde *Gammarus roeselii* per gram vis. Middels mixed-effect regressie-analyse is bepaald of de voedselconsumptie van de invasieve grondels en inheemse bodembewonende vissoorten significant verschilt (zie paragraaf 2.10 en bijlage 1).

2.7.4 Dieetanalyses

Analyses van de maaginhoud verschaffen informatie over het dieet van vissen. Voor de dieetanalyses van uitheemse grondelsoorten grondels is de maaginhoud geanalyseerd van vissen die zijn verzameld in diverse rivierhabitattypen (Schiphouwer, 2011):

- electrobevissing stortsteen bij kribben in de Waal (ATKB, 9 november 2010);
- zegenbemonstering kribvak met zandbodem in de Waal, (ATKB, 8 november 2010);
- schepnetbemonstering oeverzone van de Linge (RAVON, 5 november 2010);
- electrobevissing oeverzone en bemonstering bodem in open water met boomkor in de Nieuwe Merwede (Natuurbalans, 27 november 2010);
- electrobevissing oeverzone en bemonstering bodem in open water met boomkor in het Hollandsch Diep (Natuurbalans, 6 oktober 2010).

De grondels zijn ingevroren bij -20°C en pas korte tijd voor dissectie ontdooid, opgemeten en gewogen. De volledige maag- en darminhoud van de verzamelde grondels is vervolgens geconserveerd in 70% ethanol, waarna alle individuele restanten van gegeten macrofauna zijn gedetermineerd tot het laagst mogelijke taxonomische niveau (soort, genus, familie of orde) en het aantal individuen per vis van iedere soort is geteld. In totaal zijn de maaginhouden van 68 Kesslers grondels, 43 Pontische stroomgrondels, 54 marm grondels en 218 zwartbekgrondels geanalyseerd. Voor een uitgebreide beschrijving van dit onderzoek naar de maag- en darminhoud van uitheemse grondels wordt verwezen naar Schiphouwer (2011).

2.7.5 Analyse trofische positie door middel van stabiele isotopen

Concurrentie om voedsel wordt gezien als een belangrijk mechanisme dat de negatieve effecten van uitheemse vissoorten op inheemse soorten verklaart (Brandner *et al.*, 2012a; Borchering *et al.*, 2013). Studies over voedselcompetitie zijn echter vaak alleen gebaseerd op data verkregen uit maaginhoudanalyses (Borchering *et al.*, 2013). Dergelijke analyses geven een duidelijk beeld van het dieet van soorten op een specifiek tijdstip. Om het voedselweb en de mogelijke competitie om voedsel tussen invasieve bodemgebonden vissoorten en inheemse bodemgebonden vissoorten op de lange termijn te analyseren is ook het voedselweb in de Zandmaas onderzocht, waarbij gebruik is gemaakt van stabiele isotopen analyse (SIA). Met behulp van stabiele isotopen ratio's ($\delta^{15}\text{N}$ en $\delta^{13}\text{C}$) kunnen de trofische posities van de onderzochte soorten worden bepaald en vergeleken. De trofische positie van organismen is hoger naarmate de soort hoger in de voedselketen zit. Wanneer trofische posities van verschillende soorten overlap vertonen, geeft dit aan dat de betreffende soorten dezelfde voedselbronnen benutten indien ook de $\delta^{13}\text{C}$ waarden overeenkomen. Er is dan mogelijk sprake van voedselcompetitie tussen deze soorten.

Het onderzoek is gericht op de Zandmaas omdat dit deel van de Maas leefgebied is van twee bodemgebonden inheemse vissoorten (bermpje en rivierdonderpad) en tevens al (deels) is gekoloniseerd door de zwartbekgrondel, marm grondel en Kesslers grondel. Voor dit onderzoek zijn in april 2012 spierweefselmonsters verzameld van elf vissoorten ten behoeve van de stabiele isotopen analyse. Tevens zijn monsters verzameld van andere consumenten (kreeftachtigen en weekdieren) en primaire producenten (bethische algen en waterplanten). Met behulp van Isotope Ratio Mass Spectrometry zijn de monsters op stabiele isotopen ratio's ($\delta^{15}\text{N}$ en $\delta^{13}\text{C}$) geanalyseerd.

Aan de hand van de ruwe data van de stabiele isotopen analyse is het trofisch niveau gebaseerd op $\delta^{15}\text{N}$ waarden van de verschillende consumenten en producenten bepaald. De $\delta^{13}\text{C}$ waarde geeft een indicatie van de koolstofbron. Met beide waarden is

de trofische positie van soorten bepaald. Tenslotte is beoordeeld of er sprake is van overlap in trofische posities tussen inheemse vissoorten en uitheemse grondels.

2.7.6 Reproductiestrategie en -capaciteit

De reproductiestrategie en -capaciteit van invasieve grondels is in Nederland nog niet onderzocht. In het meerjarig onderzoek naar de effecten en mogelijke mitigatie van invasieve grondels staat onderzoek hiernaar nog op het programma. In voorliggende rapportage is de reproductiestrategie en -capaciteit met name bestudeerd aan de hand van beschikbare (wetenschappelijke) literatuur uit het buitenland. Een eerste inzicht van de situatie in Nederland wordt gegeven aan de hand van enkele veldwaarnemingen.

2.8 Analyse van ecologische effecten

2.8.1 Effecten op inheemse soorten

Gevolgen voor inheemse vissoorten

In de literatuur zijn negatieve effecten van de zwartbekgrondel op inheemse vissoorten in Noord Amerika beschreven, onder andere op *Cottus bairdi* (Dubs & Corkum, 1996; Janssen & Jude, 2001; French & Jude, 2001; Balshine *et al.*, 2005). Om te onderzoeken of de aanwezigheid van uitheemse grondels gevolgen heeft voor inheemse bentische vissoorten in Nederland is het effect op twee inheemse bodembewonende vissoorten onderzocht, namelijk het biermpje en de rivierdonderpad. Verwacht werd dat een effect als gevolg van de opkomst van invasieve grondels als eerste meetbaar zou zijn bij één van deze soorten. De rivierdonderpad is beschermd middels de Flora- en Faunawet (tabel 2 soort) en de Europese Habitatrichtlijn (bijlage 2 soort). Het biermpje is sinds 1 juli 2010 niet meer beschermd middels de Flora- en Faunawet.

Voor de oevers van de Zandmaas en het Maas-Waalkanaal zijn de dichtheidgegevens (aantal per 100 m² oever) van deze inheemse soorten vóór (2009 en 2011) en na de kolonisatie (2012) van de zwartbekgrondel vergeleken. Het betreft alleen gegevens die zijn verzameld met elektrovisserij in oeverbiotopen. Om andere mogelijke oorzaken van veranderingen uit te sluiten, zijn de dichtheidgegevens verkregen in de gekoloniseerde gebieden ook vergeleken met data uit 2009, 2011 en 2012 van enkele referentiegebieden (oevers Zand- en Grensmaas, Vloedgraaf, Geleenbeek en Geul). Deze referentiegebieden waren in 2012 (nog) niet door de zwartbekgrondel gekoloniseerd.

Daarnaast verschaffen ook gegevens van het onderzoek in de uiterwaardplas Rhederlaag langs de IJssel in de periode 2009-2012 inzicht in effecten van de uitheemse grondels op het voorkomen van inheemse bodembewonende soorten (paragraaf 2.6.2).

Hybridisatie met inheemse soorten

De risico's van hybridisatie tussen de vier Ponto-Kaspische grondelsoorten en de Nederlandse zoetwatervissen zijn beoordeeld op basis van hun fylogenetische verwantschap en beschikbare informatie in de wetenschappelijke literatuur.

Aanwezigheid van parasieten

De vissen van het dieetonderzoek (paragraaf 2.7.4) zijn ook onderzocht op aanwezigheid van parasieten. In de buikholten van 22 zwartbekgrondels, vijf Kesslers grondels en twee Pontische stroomgrondels zijn parasitaire wormen aangetroffen. In de marmergrondels zijn geen parasieten gevonden. Op basis van de uiterlijke kenmerken, zoals beschreven in Ondračková *et al.* (2005), zijn de verzamelde parasieten geïdentificeerd als *Pomphorhynchus laevis* (Schiphouwer, 2011). Het materiaal is vervolgens naar Prof. dr. B. Sures en Dr. M. Nachev (Universiteit van Duisburg-Essen) gestuurd voor controle van de determinaties. Tevens is literatuur-onderzoek verricht naar de mogelijke risico's van parasieten voor inheemse soorten.

Gevolgen voor overige biodiversiteit

De gevolgen de uitheemse grondelsoorten voor bodembewonende macrofaunasoorten (ongewervelden) zijn kwalitatief geëvalueerd op basis van de dieetanalyses (paragraaf 2.5.4) en beschikbare literatuurgegevens.

2.8.2 Effecten op functioneren van ecosystemen

Voor de beschrijving van effecten op het voedselweb en functioneren van ecosystemen is gebruik gemaakt van de resultaten van analyses van de morfologische kenmerken die samenhangen met voedselopname (paragraaf 2.5.2), voedselconsumptie (paragraaf 2.5.3), dieet (paragraaf 2.5.4), stabiele isotopen ratio's (paragraaf 2.5.5) en wetenschappelijke literatuur.

2.9 Analyse van economische effecten en gevolgen voor volksgezondheid

De (potentiële) economische effecten en gevolgen voor volksgezondheid zijn kwalitatief beschreven op basis van beschikbare informatie in de wetenschappelijke literatuur en anekdotische informatie die is verzameld in Nederland.

2.10 Analyse van maatregelen voor mitigatie van ecologische effecten

Om het effect van verschillende typen oevers op de dichtheid van de uitheemse grondels te onderzoeken, zijn twee analyses uitgevoerd:

- een analyse van dichtheidgegevens van de invasieve grondelsoorten in natuurlijke en niet-natuurlijke oeverbiotopen van het Hollandsch Diep;
- een vergelijking van dichtheidgegevens van de invasieve grondelsoorten in de oeverbiotopen van de hoofdgeul en in nevengeulen van de rivier.

In de eerste analyse zijn de MWTL-data van Rijkswaterstaat Waterdienst met betrekking tot het Hollandsch Diep uit de periode 2008-2012 geanalyseerd. In het Hollandsch Diep worden jaarlijks verschillende oevertrajecten met behulp van elektrische visapparatuur op de aanwezigheid van vis onderzocht. De trajecten zijn op basis van het aandeel van de aanwezige substraten ingedeeld in de volgende drie typen: stortsteen (>50% van het traject is stortsteen), natuurlijk (>50% van het traject heeft een natuurlijke inrichting) en combi natuurlijk-stortsteen (aandeel natuurlijke inrichting en stortsteen binnen het traject is gelijk). De dichtheden van de vier invasieve grondels zijn tussen deze substraattypen

vergeleken. Alleen gegevens uit oevertrajecten die in de periode 2008-2012 jaarlijks zijn bemonsterd, zijn in de analyse gebruikt.

In de tweede analyse is de dichtheid van de invasieve grondelsoorten vergeleken tussen stortstenen en vlakke bodemhabitats (sediment) in rivieren en nevengeulen. Onderzoekgegevens uit Gameren, Opijnen en de Vreugderijkerwaard uit 2009 en 2012 zijn vergeleken met gegevens uit de Waal en IJssel uit dezelfde periode. Stortstenen habitats zijn bemonsterd door electrovisserij en vlakke sedimentbodems door zegenvisserij. Vanwege het methodische verschil is voorzichtigheid geboden bij het vergelijken van grondeldichtheden in stortstenen habitats en vlakke sedimentbodems.

2.11 Statistische analyses

De invloed van onafhankelijke variabelen op afhankelijke variabelen (inclusief random effecten) is onderzocht met behulp van 'Generalized Linear Mixed Model' procedures. Hierbij is gebruik gemaakt van het 'lme4 package' binnen het R 2.15.1 software pakket (<http://www.r-project.org/>). Op basis van AIC vergelijkingen en likelihood-ratio tests (Lindsey & Jones, 1998; Quinn & Keough, 2002) is per analyse bepaald welke variabelen significant bijdragen aan de afhankelijke variabele. Per analyse is de verdeling van de residuen beoordeeld op basis van 'histograms', 'qq-plots' en een Shapiro test. Indien relevant zijn post-hoc vergelijkingen uitgevoerd met behulp van Tukey testen in het 'multcomp package'.

Voor de invloed van de kolonisatie van zwartbekgrondel van het Maasdal op de dichtheid van de rivierdonderpad en het bempje is gebruik gemaakt van modellen op basis van Poissonverdelingen. Het consumptie-experiment is geanalyseerd op basis van modellen met een normale verdeling. Om overdispersie in Poissonmodellen te corrigeren is een tweede random count factor aan het model toegevoegd.

3. Resultaten

3.1 Geografische verspreiding en invasiviteit

3.1.1 Verspreiding in Europa

Deze paragraaf beschrijft kort de oorspronkelijke en recente verspreiding van de vier uitheemse grondelsoorten in Europa. Het betreft een actualisatie van de beschrijving in Spikmans *et al.* (2010). Deze informatie is van belang voor het vaststellen van de relevante vectoren en routes voor de verspreiding van de grondels.

Marmergroundel

Het oorspronkelijke verspreidinggebied van de marmergroundel bevindt zich in het Pontische gebied rond de Zwarte Zee en het oostelijk deel van de Egeïsche Zee. Hier is de soort aanwezig in de Donau tot aan Wenen, de rivier de Zuidelijke Boeg in de Oekraïne en in de Dnjepr, een rivier die de natuurlijke grens vormt tussen Wit-Rusland en de Oekraïne (Kottelat & Freyhof, 2007). Volgens Naseka *et al.* (2005) is de soort van oorsprong ook wijdverspreid aanwezig rond de Zee van Azov. De aanwezigheid van de marmergroundel in de Donau ter hoogte van Boedapest werd al beschreven door Kriesch (1873) en in Oostenrijk door Koelbel (1874).

Invasies van de soort zijn beschreven vanaf de jaren '60 van de vorige eeuw. De soort verspreidde zich verder in de rivier Dnjepr, Koeban, Wolga en in de Moskva tot in Moskou (Naseka *et al.*, 2005). In 2008 is de soort aangetroffen in de Vistula, een rivier in Polen die uitmondt in de Oostzee (Grabowska *et al.*, 2008). In de Donau is de soort invasief sinds de jaren '70 van de vorige eeuw (Kottelat & Freyhof 2007). De soort bereikte de rivier Main in 1999 via het Main-Donau kanaal (Dönni & Freyhof, 2002) en in 2002 werd de marmergroundel voor het eerst in Nederland gesignaleerd in de Waal (Tien *et al.*, 2003). In 2005 is de aanwezigheid van marmergroundel in het Duitse deel van de rivier de Moezel bevestigd (Von Landwüst, 2006). In september 2007 is de soort voor het eerst in het Franse deel van de Rijn aangetroffen (Manné & Poulet, 2008). In 2009 is de soort voor het eerst aangetroffen in de Grensmaas stroomopwaarts van de stuw van Borgharen in België (Cammaerts *et al.*, 2012).

Buiten Europa is de soort in 1990 voor het eerst aangetroffen in de Grote Meren van Noord-Amerika (Jude *et al.*, 1992).

Zwartbekgrondel

Van oorsprong wordt de zwartbekgrondel aangetroffen in stroomgebieden van rivieren in de Ponto-Kaspische regio rond de Zwarte en Kaspische Zee en de Zee van Azov (Kottelat & Freyhof, 2007). Sinds het einde van de jaren '50 van de vorige eeuw wordt de soort buiten zijn natuurlijke verspreidinggebied waargenomen. De soort werd toen aangetroffen in de Aralzee op de grens van Kazachstan met Oezbekistan (Miller, 1986). In 1985 is de soort aangetroffen in de rivier de Mokva (nabij Moskou, Rusland) en in 1990 in de Golf van Gdańsk (Skora & Stolarski, 1993). Vanuit de benedenlopen van de Donau breidde de zwartbekgrondel zich sinds 1997 gestaag uit in de richting van de bovenloop, waar de soort werd aangetroffen in het Servische deel van de Donau (Simonović & Nikolić, 1996). In 2001 werd de soort in Hongarije in de Donau aangetroffen (Guti *et al.*, 2003; Harka & Bíró, 2007) en in Slowakije in 2003 (Stráňai &

Andreji, 2004). Verder stroomopwaarts in de Donau in Oostenrijk is de zwartbekgrondel al in 2000 aangetroffen (Wiesner *et al.*, 2000; Wiesner, 2003). Hier wordt de soort als invasief beschouwd. In 2011 is de soort in Kroatië op diverse plaatsen waargenomen in de Sava rivier, een grote zijrivier van de Donau (Piria *et al.*, 2011).

In 2004 is de zwartbekgrondel voor het eerst in Nederland aangetroffen in de Lek ter hoogte van Schoonhoven (Van Beek, 2006) en in 2008 is de soort in de middenloop van de Rijn in Duitsland aangetroffen (Borcherding *et al.*, 2011b), waarna de soort in 2012 in de bovenloop van de Rijn in Zwitserland is gevangen (Kalchhauser *et al.*, 2013). In 2010 is de soort aangetroffen in de rivier de Schelde in België (Verreycken *et al.*, 2011). De zwartbekgrondel heeft inmiddels via het Albertkanaal ook de bovenstroomse delen van de Maas in België bereikt (mondelijke mededeling Dr. H. Verreycken).

Buiten Europa werd de zwartbekgrondel in 1990 voor het eerst aangetroffen in de Grote Meren van Noord-Amerika (Jude *et al.*, 1992), waarna de soort zich daar zeer snel verspreidde.

Kesslers grondel

Van oorsprong komt de Kesslers grondel voor in enkele stroomgebieden langs het Noordwesten van de Zwarte Zee, de Donau, Dniester, Dnjepr en de Zuidelijke Boeg. Sinds 1990 vergroot de soort zijn verspreidingsgebied naar de oostelijke delen van de Zwarte Zee in Turkije (Balik & Turan, 2004) en ook verder stroomopwaarts in de Donau (Kottelat & Freyhof, 2007) en zijrivieren van de Donau zoals de Sava in Kroatië (Neilson & Stepien 2009). In 1994 is de soort voor het eerst waargenomen in de Oostenrijkse Donau (Zweimüller *et al.*, 1996). In 1999 bereikte de Kesslers grondel al het Duitse deel van de Donau (Seifert & Hartmann, 2000). Toch werd de soort pas in 2000 voor het eerst waargenomen in de Oostenrijkse Donau bovenstrooms van de waterkrachtcentrale te Wenen. In bovenstroomse delen van de Donau wordt Kesslers grondel als invasief beschouwd. In 2007 is de soort voor het eerst aangetroffen in Nederland (Soes *et al.* 2007). In 2011 is de soort ook voor het eerst aangetroffen in de bovenstroomse delen van de Rijn in Zwitserland (Borcherding *et al.*, 2011b).

Pontische stroomgrondel

Het natuurlijke verspreidingsgebied van de Pontische stroomgrondel is gelegen in rivierstroomgebieden die uitmonden in de Azov en Zwarte Zee (Kottelat & Freyhof, 2007). In 1971 is de Pontische stroomgrondel voor het eerst beschreven als invasieve soort voor het Balaton meer in Hongarije (Biró, 1971). In 1984 is de soort waargenomen in het benedenstroomse deel van de Hongaarse Donau (Pintér, 1989, geciteerd uit: Harka & Biró 2007). Uit het Slowaaks-Hongaarse deel van de Donau is de soort sinds 2001 bekend en in 2003 is de Pontische stroomgrondel in de Raba, een zijrivier van de Donau nabij de Oostenrijkse grens gevangen (Stráňai & Andreji, 2001, geciteerd uit Harka & Biró, 2007). Op 10 september 2008 zijn vier exemplaren van de Pontische stroomgrondel aangetroffen westelijk van het Main-Donau kanaal in de Duitse Rijn ter hoogte van Duisburg (Stemmer, 2008). Dit duidt op een mogelijke verspreiding vanuit de Donau naar de Rijn via dit kanaal. In 2008 is de aanwezigheid van de soort in het Nederlandse deel van de Rijn bevestigd (Van Kessel *et al.*, 2009; Van Kessel *et al.*, 2010).

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de verspreiding van de grondelsoorten door het Main-Donaukanaal via de zuidelijke invasiecorridor. Door de heropening van deze corridor in 1992 is de Rijn-Maas delta in Nederland verbonden met het stroomgebied van de Donau (Leuven *et al.*, 2009). De opvolging in tijd van eerste waarnemingen van soorten in de zuidelijke invasiecorridor illustreert dat de marmergrondel, Kessler's grondel en Pontische stroomgrondel Nederland waarschijnlijk via deze corridor hebben bereikt. De eerste waarnemingen van de zwartbekgrondel in Nederland zijn gedaan in de Lek (benedenrivierengebied). Sindsdien is de soort via de Waal en Duitse Rijn verder opgerukt naar het oosten en via de Maas naar het zuiden. De soort was echter in 2000-2003 ook al bezig met een opmars naar de bovenstroomse delen van de Donau, waardoor verspreiding via het Main-Donau kanaal naar de Rijn niet kan worden uitgesloten.

Tabel 3.1. Eerste waarnemingen van uitheemse grondels in de Rijn-Main-Donau corridor.

Soort	Donau Beneden-strooms	Donau Boven-strooms	Main-Donau Kanaal	Main	Duitse Rijn	Waal	Maas	Beneden-rivieren-gebied
Marmergrondel	Inheems ^a	Inheems ^a	n.d.	1999 ^b	2000 ^c	2002 ^d	2005 ^e	2002 ^e
Kessler's grondel	Inheems ^c	1994 ^f	n.d.	n.d.	2006 ^g	2007 ^h	2008 ^e	2009 ^e
Pontische stroomgrondel	1984 ⁱ	2001 ^j	n.d.	n.d.	2008 ^g	2008 ^k	2009 ^e	2009 ^e
Zwartbekgrondel	1997 ^l	2000 ^m	n.d.	n.d.	2008 ⁿ	2007 ^e	2009 ^e	2004 ^e

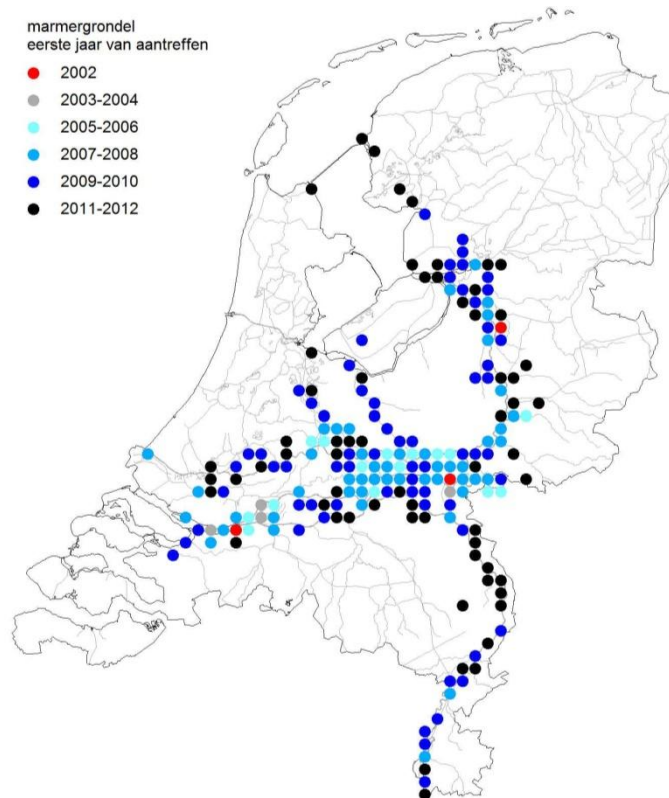
n.d.: geen data beschikbaar; a: Kriesch (1873), Koelbel (1874); b: Dönni & Freyhof (2002); c: Kottelat & Freyhof (2007); d: Tien *et al.* (2003); e: Dit rapport; f: Zweimüller *et al.* (1996); g: Stemmer (2008); h: Soes *et al.* (2007); i: Pintér (1989), geciteerd uit: Harka & Biró (2007); j: Stráňai & Andreji (2001), geciteerd uit Harka & Biró (2007); k: Van Kessel *et al.* (2009, 2010); l: Simonović & Nikolić (1996); m: Wiesner *et al.* (2000), Wiesner (2003); n: Borcharding *et al.* (2011b).

3.1.2 Verspreiding in Nederland

De verspreiding van de vier grondelsoorten in Nederland in de periode 2002-2013 is weergegeven in de figuren 3.1-3.4.

Marmergrondel

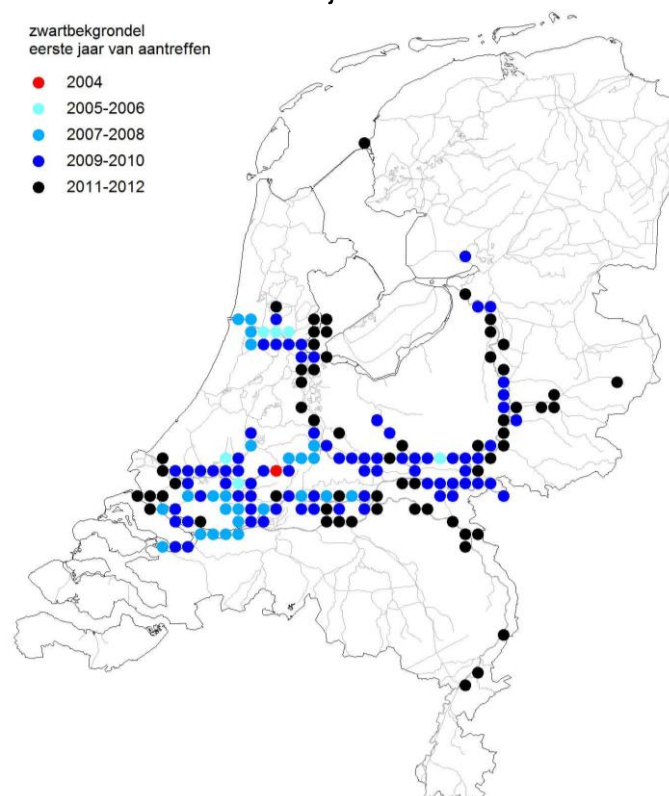
De verspreidingkaart van de marmergrondel toont dat deze soort sinds 2002 een snelle opmars heeft gemaakt in de rijkswateren en in alle grote rivieren en kanalen is waargenomen (Figuur 3.1). De laatste jaren wordt de soort ook in toenemende mate aangetroffen in regionale wateren. Dit betreft zowel wateren die verbonden zijn met de grote rivieren of kanalen als geïsoleerde uiterwaardplassen en regionale wateren. De waarnemingen van de marmergrondel in geïsoleerde wateren bevestigen dat naast natuurlijke verspreiding via het netwerk van waterwegen ook verspreiding plaatsvindt via vectoren zoals overstromingen en uitzettingen (zie paragraaf 3.1.5). De soort wordt vooral aangetroffen in wateren met zowel fijn sediment als stenig substraat.



Figuur 3.1. De verspreiding van de marmergroundel in Nederland.

Zwartbekgrondel

De zwartbekgrondel is voor het eerst in 2004 waargenomen (Figuur 3.2). Deze soort toont een snelle verspreiding in de noordelijke deltawateren, wateren die zijn verbonden met het Noordzeekanaal en het zuid-oostelijk deel van het Markermeer.

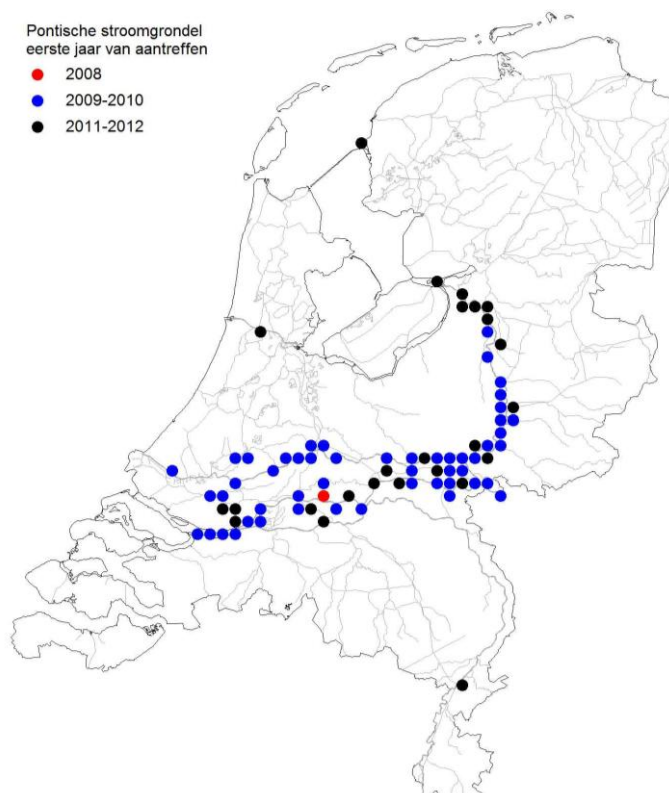


Figuur 3.2. De verspreiding van de zwartbekgrondel in Nederland.

De laatste jaren is sprake van een uitbreiding naar de oostelijke delen van de Rijntakken en de Maas. De meest zuidelijke waarneming van de zwartbekgrondel is in de Maas bij Maasbracht. Hier is tot heden echter slechts één exemplaar aangetroffen. De meest noordelijke waarneming betreft recente fuikvangsten van IMARES-Wageningen Universiteit & Research buitendijks in de Waddenzee bij de sluisen in de Afsluitdijk (Kornwerderzand) en indiceren aanwezigheid van de soort in het IJsselmeer. Uit recent onderzoek van IMARES-WUR (2013) blijkt dat de zwartbekgrondel bij reguliere bemonsteringen in 2011 nog niet werd aangetroffen in het open water van het Markermeer en IJsselmeer. De soort werd toen wel al aangetroffen in vangsten van beroepsvissers in zowel het Markermeer als het IJsselmeer. Van deze vangsten ontbreken preciese locatiegegevens. In 2012 werd de zwartbekgrondel zowel in de 'open-water'- als oeverbemonstering over het gehele Markermeer aangetroffen (IMARES-WUR, 2013). Op een aantal locaties in de oevers van het Markermeer was de zwartbekgrondel in 2012 al de meest voorkomende vissoort en op de bodem van het open water behoorde de soort op enkele locaties tot de meest voorkomende soorten. In 2012 werd de zwartbekgrondel wederom in het IJsselmeer in de vangsten van beroepsvissers aangetroffen, maar nog niet in de oever- en 'open water'-bemonstering (IMARES-WUR, 2013). De recente gegevens van IMARES-WUR zijn nog niet verwerkt in de verspreidingkaart.

Pontische stroomgrondel

De Pontische stroomgrondel is in 2008 voor het eerst aangetroffen in het benedenrivierengebied. Sindsdien heeft de soort zowel het benedenrivierengebied als de bovenstroomse delen van de Rijntakken snel gekoloniseerd (Figuur 3.3). Recent is de Pontische stroomgrondel ook waargenomen op enkele locaties die op grote afstand van de Rijntakken liggen (zoals het Noordzeekanaal, de Maas bij Maasbracht en het Kornwerderzand).

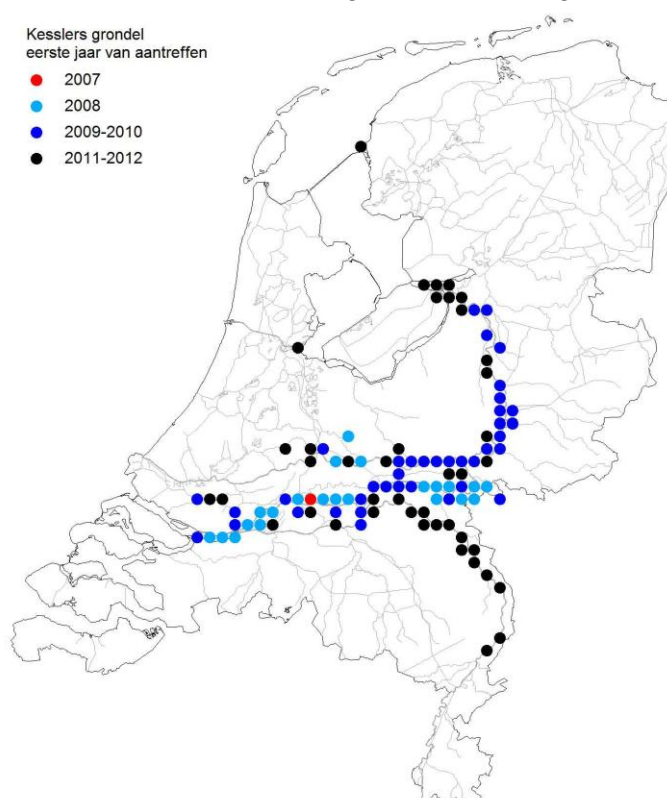


Figuur 3.3. De verspreiding van de Pontische stroomgrondel in Nederland.

De gegevens over de aanwezigheid van de Pontische stroomgrondel in het Noordzeekanaal en de Maas bij Maasbracht zijn geverifieerd. De recente fuikvangsten van IMARES-WUR nabij de sluizen in de Afsluitdijk (Kornwerderzand) tonen dat de soort ook in het IJsselmeer moet voorkomen, hetgeen eveneens te verwachten is op basis van de recente waarnemingen in de monding van de IJssel en het Ketelmeer, Zwartemeer en Vossemeer. De invasiesnelheid in dit gebied is erg hoog. De Pontische stroomgrondel werd hier in 2008 nog niet aangetroffen en was in 2011 al de meest abundante vissoort in het open water van het Ketelmeer (Hop & Koole, 2012). De soort is in 2011 ook in het oostelijk deel van het IJsselmeer is aangetroffen, echter in lagere dichtheden (Hop & Koole, 2012).

Kesslers grondel

De Kesslers grondel is in Nederland voor het eerst waargenomen in 2007. De soort heeft zich net als de andere grondelsoorten snel over Nederland verspreid, waarbij met name de grote rivieren zijn gekoloniseerd (Figuur 3.4). De meest noordelijke waarneming betreft een buitendijkse fuikvangst bij de sluizen in de Afsluitdijk (Kornwerderzand). De meest zuidelijke waarneming betreft een vangst in de Maas ter hoogte van Roermond. De soort is buiten de grote rivieren nog nauwelijks aangetroffen.



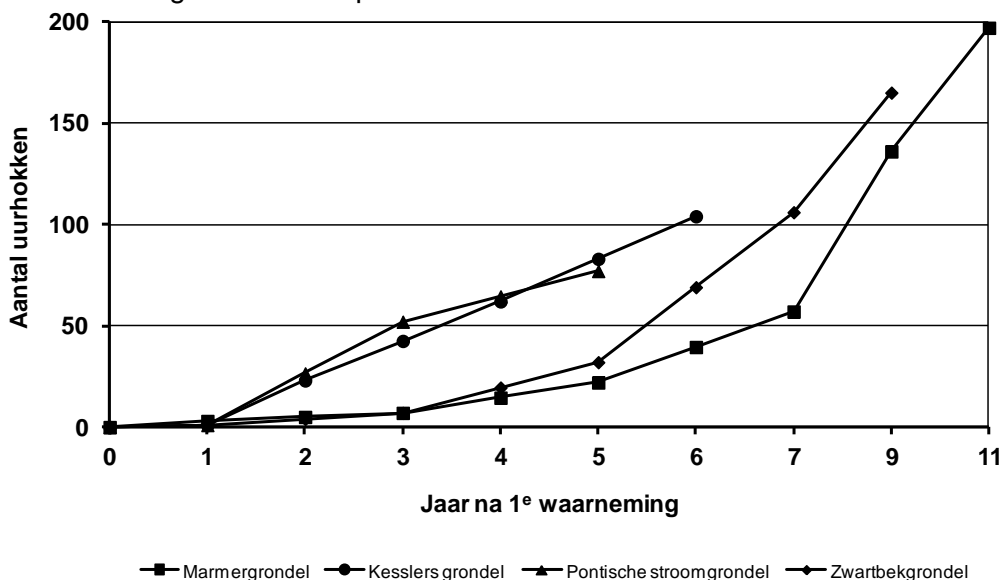
Figuur 3.4. De verspreiding van de Kesslers grondel in Nederland.

3.1.3 Verspreidingpatronen en dichtheden

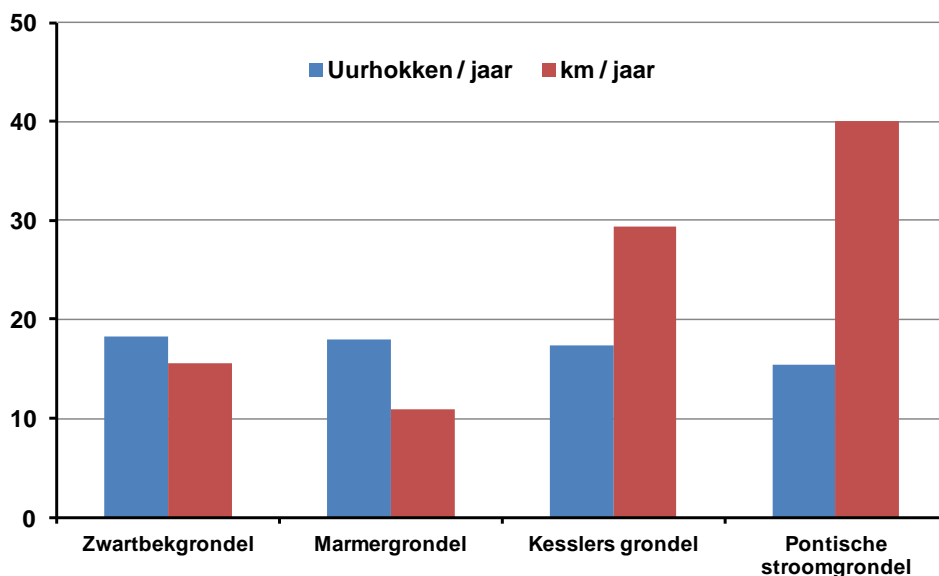
Dispersiesnelheden

De figuren 3.5 en 3.6 tonen respectievelijk de kolonisationsnelheid van uurhokken (5 x 5 km) en de dispersiesnelheid van de uitheemse grondelsoorten in Nederland. De initiële kolonisationsnelheid van uurhokken is voor de zwartbekgrondel en marmergrondel echter

lager dan voor de Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel (Figuur 3.5). Bij de zwartbekgrondel wordt dit verklaard doordat de introductie heeft plaatsgevonden in het westen van het land (benedenrivierengebied en/of Amsterdamse havengebied). Na de initiële verspreiding stroomopwaarts in de Waal heeft deze soort zich zeer snel in stroomafwaartse richting via de IJssel in noordoostelijke richting verspreid. De marmergrondel toont, na de initiële verspreiding stroomafwaarts in de grote rivieren en passage van diverse waterinlaten en poldergemalen, een hoge kolonisationsnelheid van de uurhokken in gebieden met polderwateren.



Figuur 3.5. Cumulatief aantal uurhokken (5 x 5 km) waarin uitheemse grondelsoorten zijn waargenomen na introductie in Nederland.



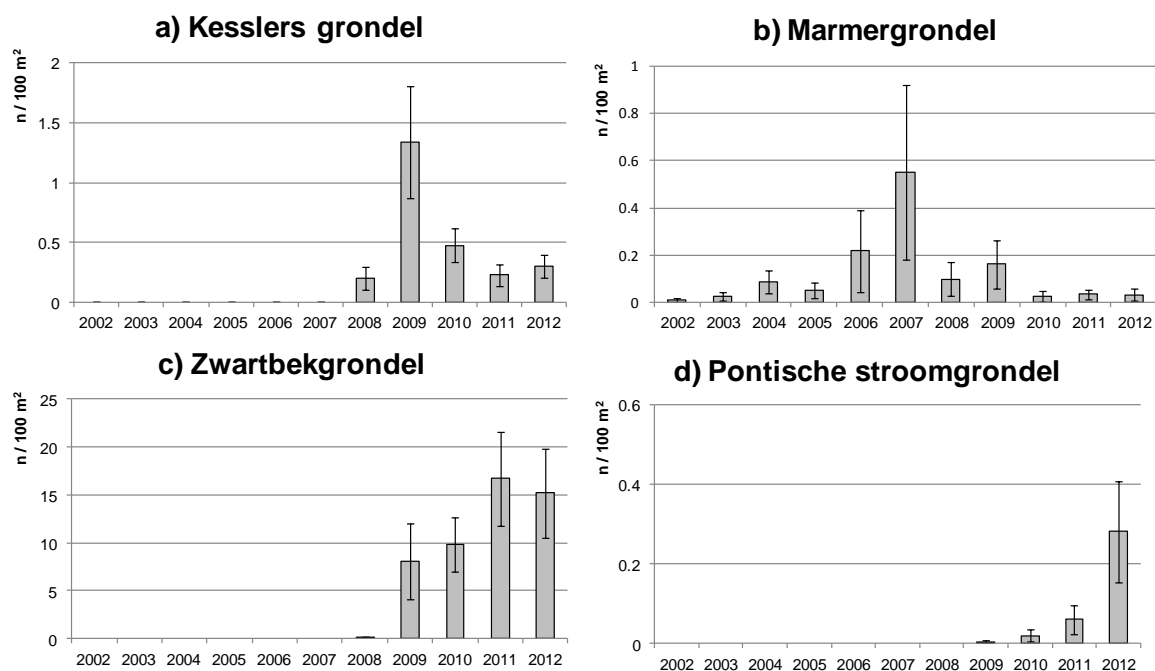
Figuur 3.6. Dispersiesnelheid van vier uitheemse grondelsoorten in het Nederlandse netwerk van waterwegen.

De vier grondelsoorten tonen een min of meer vergelijkbare gemiddelde kolonisationsnelheid van uurhokken voor periode sinds hun eerste waarneming in Nederland (15-18 uurhokken per jaar; Figuur 3.6). De gemiddelde dispersiesnelheid van de Pontische stroomgrondel en Kesslers grondel uitgedrukt in km per jaar is echter aanmerkelijk hoger dan die van de zwartbekgrondel en marmergrondel. De hogere gemiddelde dispersie-

snelheid geeft aan dat de Pontische stroomgrondel en Kesslers grondel zich sneller over grotere afstanden verspreiden dan de andere grondelsoorten. De dispersiesnelheid van de verschillende grondelsoorten is onder andere afhankelijk van de habitatvoorkeur, locatie van introductie en de aanwezigheid van vectoren. Zo komt de Pontische stroomgrondel meer voor in open water dan de andere soorten hetgeen de verspreiding vergroot. De dispersiesnelheid van de zwartbekgrondel is mogelijk laag vanwege de introductie in het benedenriviereengebied en een areaaluitbreiding tegen de rivierstroom in.

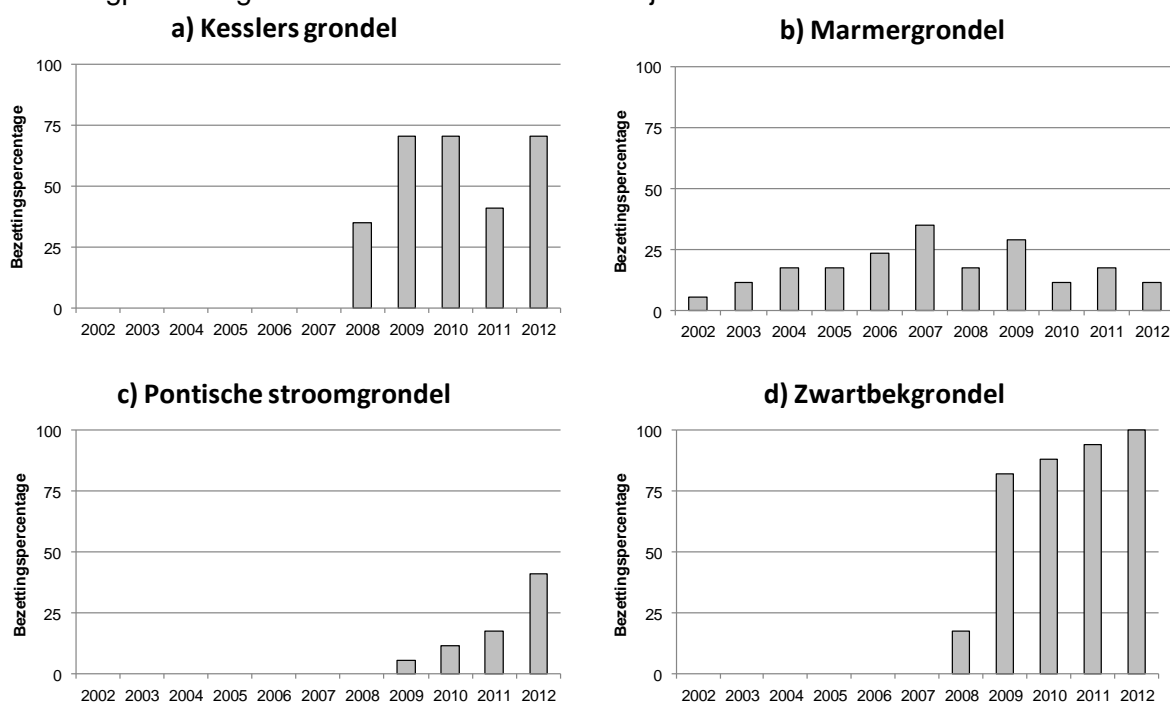
Verspreiding en dichtheden in het Hollandsch Diep en Nieuwe Merwede

De figuren 3.7a-d geven de dichtheidontwikkeling weer van de vier uitheemse bodemgebonden grondelsoorten in de oevers van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede, waarbij de dichtheid (aantal individuen per 100 m²) is uitgezet tegen het jaar van bemonstering. Met uitzondering van de zwartbekgrondel, begint de kolonisatie van deze wateren door de andere soorten in het jaar of eerste opvolgende jaar van de eerste waarneming van de betreffende soort in Nederland. De kolonisatie van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede door de zwartbekgrondel begint in 2008, terwijl deze soort al in 2004 voor het eerst in Nederland is aangetroffen (Van Beek, 2006). De dichtheid van zwartbekgrondel neemt in de periode 2008-2011 gestaag toe, waarbij in tegenstelling tot de andere soorten zeer hoge dichtheden in de oevers worden behaald (gemiddeld: $16,7 \pm 4,9$ exemplaren per 100 m²). De dichtheidontwikkeling van de zwartbekgrondel lijkt echter in 2012 te stagneren. De dichtheid van de andere soorten is over de gehele periode laag en over het algemeen niet hoger dan één exemplaar per 100 m² (met uitzondering van de dichtheid van de Kesslers grondel in 2009). De dichtheid van de Pontische stroomgrondel neemt in de oevers sinds 2009 gestaag toe. Deze dichtheden zijn echter zeer laag in vergelijking met het open water. De Pontische stroomgrondel is dan ook een soort van bodems in open water en is weinig gebonden aan oevers.



Figuur 3.7. De gemiddelde dichtheid (\pm SE) van vier uitheemse grondelsoorten in de oevers van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede op 17 locaties in de periode 2002-2012 (let op: schaalverschil y-as figuren a-d).

De verspreidingscapaciteit van Ponto-Kaspische grondels in oevertrajecten in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede is per soort verschillend (Figuur 3.8a-d). Hierbij is het bezettingpercentage van de oevertrajecten per jaar gebruikt als een indicator voor de verspreidingscapaciteit. In de periode tot en met 2012 is alleen de zwartbekgrondel in staat geweest om alle onderzochte trajecten in de oeverzone van het systeem te bezetten. De Kesslers grondel, een soort met relatief lage dichtheden in het systeem, is in staat geweest tot ruim 70% van de onderzochte trajecten te bezetten. De marmergrondel kan zich moeilijk handhaven in het gebied en kwam in de periode 2002-2012 maximaal in circa 35% van de onderzochte trajecten voor. Hoewel de Pontische stroomgrondel een soort van bodems in het open water is, steeg het bezettingpercentage van de onderzochte oevertrajecten tot ruim 41% in 2012.

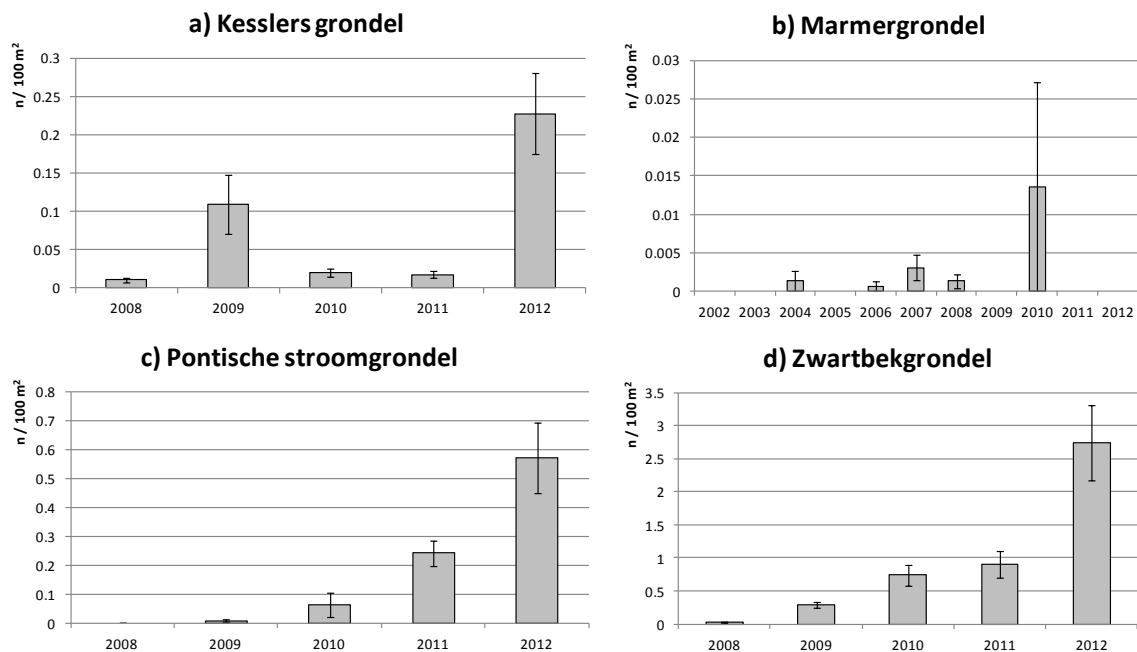


Figuur 3.8. Bezettingpercentage van vier uitheemse grondelsoorten in 17 oevertrajecten van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede in de periode 2002-2012.

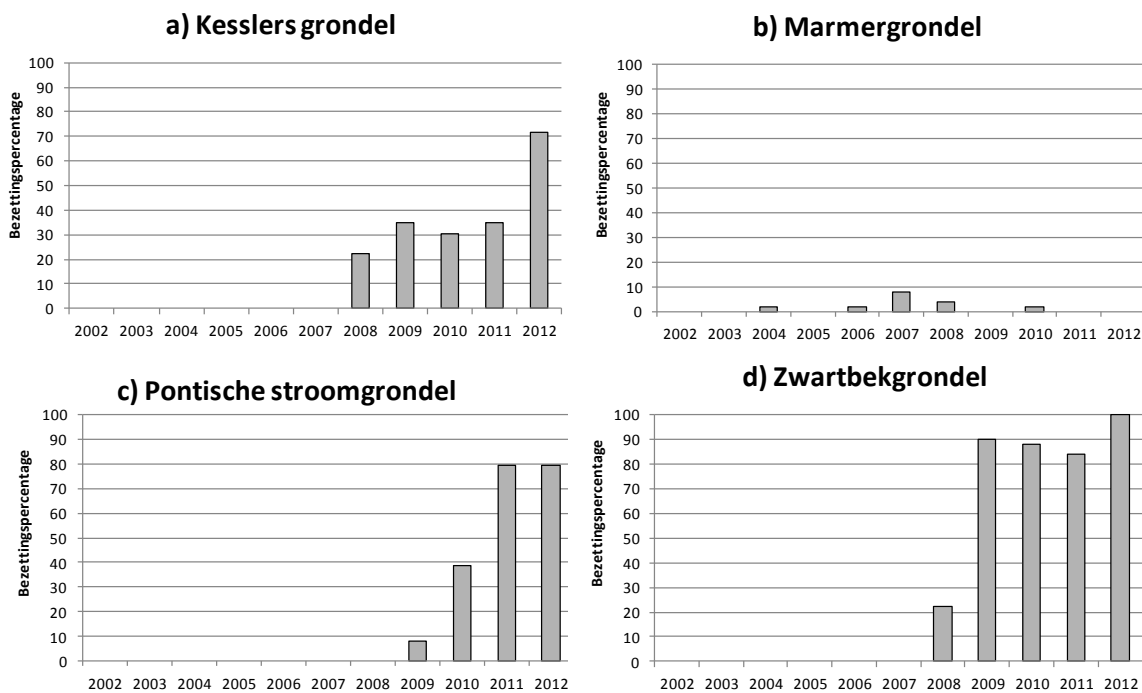
De figuren 3.9a-d geven de dichtheidontwikkeling weer van de vier uitheemse bodemgebonden vissoorten in het open water van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede, waarbij de dichtheid (aantal per 100 m²) is uitgezet tegen het jaar van bemonstering. Dichtheden van Ponto-Kaspische grondelsoorten zijn op de bodem van het open water over het algemeen laag. De zwartbekgrondel en Pontische stroomgrondel laten echter een gestage toename in dichtheid zien, waarbij de zwartbekgrondel de hoogste dichtheid haalt (gemiddeld: 2,74 ± 0,58 exemplaren per 100 m²). De dichtheid van de Kesslers grondel en marmergrondel was op de bodem van het open water zeer laag en fluctueert over de jaren. De marmergrondel is gedurende enkele jaren niet op de bodem in het open water aangetroffen.

De verspreidingscapaciteit van Ponto-Kaspische grondels op bodems in het open water van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede is per soort verschillend (Figuur 3.10a-d). Het bezettingpercentage van de bodemtrajecten in het open water is weergegeven per soort per jaar. Alleen de zwartbekgrondel was in staat gedurende de onderzoeksperiode alle onderzochte trajecten in het open water te bezetten. Het bezettingpercentage van trajecten in het open water door de Pontische stroomgrondel nam in de

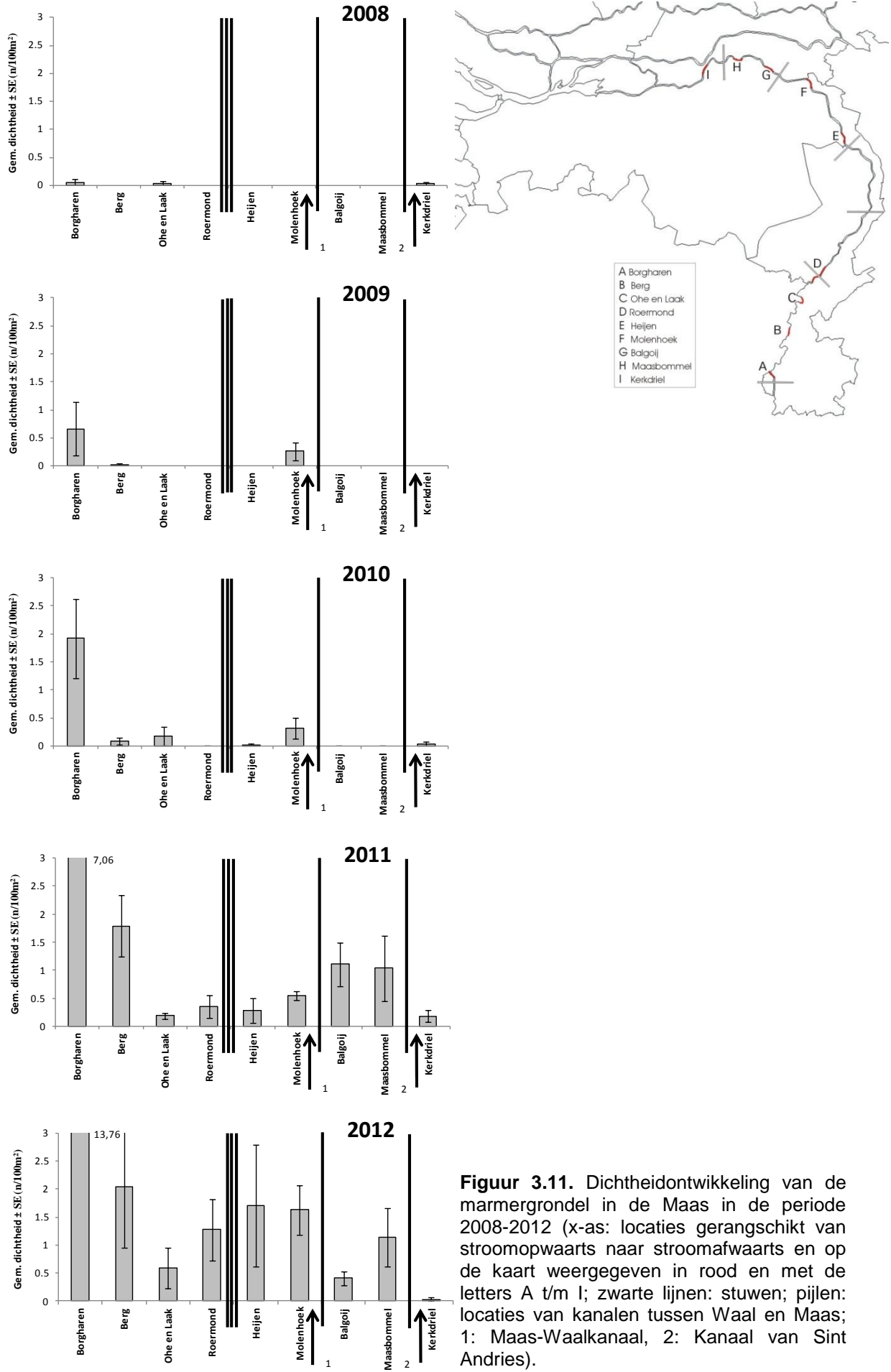
periode 2009-2011 toe tot circa 80%. In 2012 is er geen toename in bezettinggraad van deze soort waargenomen. Het bezettingpercentage van de Kesslers grondel nam in de periode 2008-2012 toe tot ruim 71%. De marmergrondel bezette in de periode 2002-2012 maximaal 8% van de onderzochte oevertrajecten (hoogste bezettingpercentage in 2007).



Figuur 3.9. De gemiddelde dichtheid (\pm SE) van vier uitheemse grondelsoorten in trajecten in het open water van het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede in de periode 2002-2012 (in 2002-2006 en 2007-2012 zijn respectievelijk 48 en 49 locaties bemonsterd; let op schaalverschil y-as figuren a-d).



Figuur 3.10. Het bezettingpercentage van vier uitheemse grondelsoorten in trajecten in het open water in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede in de periode 2002-2012 (in 2002-2006 en 2007-2012 zijn respectievelijk 48 en 49 locaties bemonsterd).



Figuur 3.11. Dichtheidontwikkeling van de marmmergrondel in de Maas in de periode 2008-2012 (x-as: locaties gerangschikt van stroomopwaarts naar stroomafwaarts en op de kaart weergegeven in rood en met de letters A t/m I; zwarte lijnen: stuwen; pijlen: locaties van kanalen tussen Waal en Maas; 1: Maas-Waalkanaal, 2: Kanaal van Sint Andries).

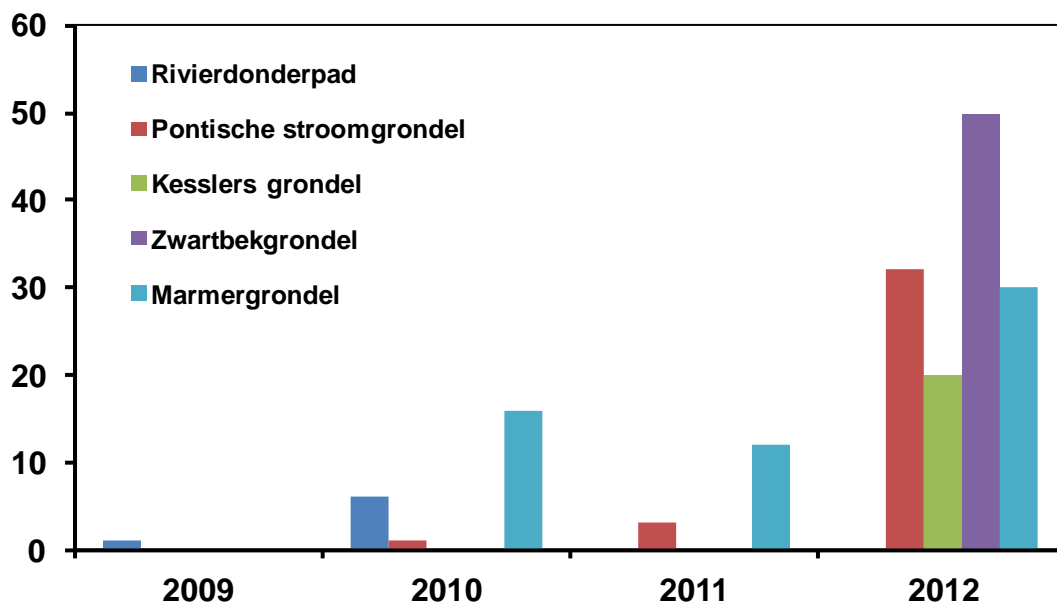
Verspreiding en dichtheden in de Maas

In 2008 is de eerste marmmergrondel in de Maas aangetroffen. De figuur 3.11 toont de dichtheidontwikkeling in aantal individuen per 100 m² van de marmmergrondel in negen deelgebieden in de Maas gedurende de periode 2008-2012. Opvallend hierbij is dat de soort in 2008 is aangetroffen in drie relatief ver van elkaar gelegen deelgebieden (Borgharen, Ohe en Laak en Kerkdriel, nabij het Kanaal van St. Andries). In 2009 lijkt de soort zich stroomafwaarts vanuit Borgharen in de Maas bij Berg te hebben gevestigd. De soort is toen niet meer aangetroffen in Ohe en Laak en ook niet in Kerkdriel. De soort is in 2008 echter wel voor het eerst aangetroffen in de Maas bij Molenhoek, nabij het Maas-Waalkanaal. In 2010 en 2011 heeft de stroomafwaartse kolonisatie vanuit Borgharen zich doorgezet en in 2011 heeft de marmmergrondel zich in alle deelgebieden gevestigd. Hoewel in vrijwel alle deelgebieden de dichtheid marmmergrondel in de periode 2008-2012 toenam, bleef de dichtheid laag. In de Grensmaas bij Borgharen echter, bereikte de soort in 2011 en 2012 een hoge dichtheid (respectievelijk circa 7 en 14 exemplaren per 100 m²). Het biotoop van deze soort in de Grensmaas wijkt echter af van andere biotopen in de Maas. Het formaat van de stenen (grind) in de Grensmaas is veel kleiner dan van de stortsteen elders en de waterdiepte veel geringer.

Verspreiding en dichtheden in een uiterwaardplas langs de IJssel

In de uiterwaardplas Rhederlaag te Giesbeek zijn in de periode 2009-2012 op meerdere tijdstippen per jaar inventarisaties uitgevoerd op vaste trajecten middels visuele waarnemingen onder water. Tijdens deze snorkelinventarisaties zijn alle waargenomen vissoorten genoteerd. De Rhederlaagte staat in verbinding met de IJssel.

In 2009 werden in de Rhederlaag nog geen uitheemse grondels aangetroffen (Figuur 3.12). In de jaren daarna werden de oevers gekoloniseerd door de vier uitheemse grondelsoorten en werden toenemende aantallen van verschillende lengteklassen en ook nesten waargenomen. In 2010 werden nog lage dichtheden van de rivierdonderpad waargenomen (maximaal zes individuen per traject per jaar). In 2011 en 2012 werd deze soort ondanks een grotere zoekinspanning niet meer gezien.



Figuur 3.12. Maximaal aantal aangetroffen uitheemse grondels en rivierdonderpadden per snorkelronde per jaar in de periode 2009-2012.

De marmergrondel werd voor het eerst waargenomen in 2010. Toen werden maximaal 8 nesten aangetroffen met steeds een wakende man op het eilegsel. Opmerkelijk is dat in verschillende nesten soms eieren van meerdere legsels aanwezig waren, aangezien de eieren zich in verschillende ontwikkelingsstadia bevonden. Het maximum aantal aangetroffen nesten neemt in de jaren 2011 en 2012 verder toe tot respectievelijk 9 en 30.

De Pontische stroomgrondel werd hier ook voor het eerst in 2010 waargenomen waarbij een volwassen man wakend op een nest met eieren werd aangetroffen. De eieren in nesten van de Pontische stroomgrondel zijn veelal wittig van kleur. Het totaal aantal aangetroffen Pontische stroomgrondels neemt gedurende de onderzoekjaren sterk toe. De Pontische stroomgrondels zijn voornamelijk te vinden op het open zand en niet tussen de basaltblokken. Voor de nesten maakt de Pontische stroomgrondel wel gebruik van de stenen. In 2012 werden voor het eerst ook jonge Pontische stroomgrondels aangetroffen, vooral in de lengteklasse van 6-10 cm.

In 2012 werd voor het eerst een bewaakt nest van de Kesslers grondel gevonden onder een steen. Tussen de basaltblokken zijn enkele kleinere exemplaren aangetroffen. Daarnaast werden twee grote individuen waargenomen in de stortsteenoever.

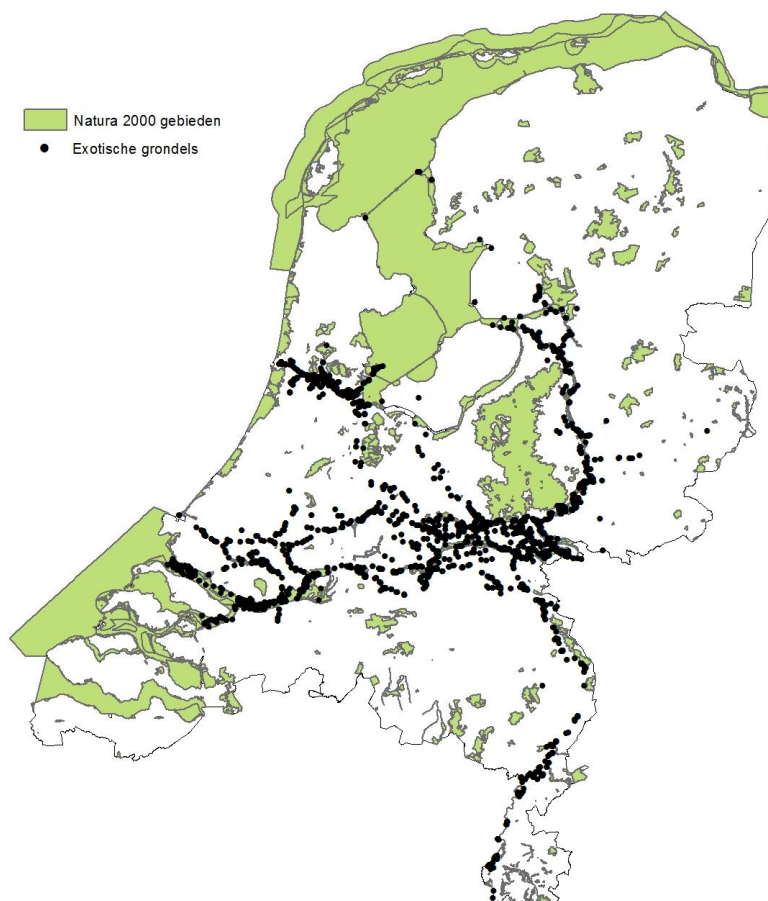
De eerste zwartbekgrondels werden evenals de Kesslers grondel in 2012 waargenomen. Gedurende dit jaar namen de aantallen zwartbekgrondels in het bemonsterde traject toe van 15 tot 50 exemplaren. Met name de lengteklassen 3-5 en 6-10 cm waren veelvuldig aanwezig op en rond de basaltblokken in het bemonsterde traject. Tijdens de eerste snorkelbemonstering van 2013 werden meer dan 140 zwartbekgrondels aangetroffen op het traject. Dit indiceert dat de dichtheid van de soort ook in deze uiterwaardplas snel toeneemt.

3.1.4 Vestiging in beschermde natuurgebieden

Verspreiding in Natura 2000 gebieden

In het kader van de Europese habitatrichtlijn zijn in Nederland strikt beschermde Natura 2000 gebieden aangewezen. De geografische verspreiding van de vier uitheemse grondelsoorten in relatie tot de ligging van de Natura 2000 gebieden is weergegeven in figuur 3.13. Hiervoor zijn alle puntwaarnemingen van deze soorten tot en met 2012 gebruikt (in totaal 4661 locaties: zie tabel 3.2).

De analyse toont aan dat 1774 waarnemingen zijn gelokaliseerd in Natura 2000 gebieden. Voor de goede orde wordt hierbij wel opgemerkt dat relatief veel waarnemingen van uitheemse grondels zijn gedaan in de hoofdstromen (inclusief kribben en kribvakken) van de grote rivieren. Of deze hoofdstromen formeel deel uitmaken van het betreffende Natura 2000 gebied is onduidelijk. Het feit dat onder andere de rivierdonderpad in alle grote rivieren is opgenomen als kwalificerende soort voor Natura 2000 gebieden betekent dat rivierkribben en -oevers wel binnen de begrenzing van deze gebieden vallen. Dit betekent dat ook veel waarnemingen van de grondels in rivieren dan binnen de begrenzing van de Natura 2000 gebieden vallen. Nevengeulen en plassen in uiterwaarden liggen in ieder geval binnen de begrenzing van Natura 2000 gebieden.



Figuur 3.13. De verspreiding van vier exotische grondels gedurende de periode 2002-2012 en de ligging van Natura 2000 gebieden in Nederland.

Tabel 3.2. Overzicht van het aantal waarnemingen van de vier invasieve grondels in Natura 2000 gebieden gedurende de periode 2002-2012.

Natura 2000 gebied	Kesslers grondel	Marmergroundel	Pontische stroomgrondel	Zwartbekgrondel	Totaal
Biesbosch	83	55	52	89	279
Boezems Kinderdijk				1	1
Eemmeer & Gooimeer Zuidoever		1			1
Gelderse Poort	86	36	46	51	219
Grensmaas		21			21
Haringvliet		1		85	86
Hollandsch Diep	105	26	95	293	519
Ketelmeer & Vossemeer	4	4	2		10
Krammer-Volkerak		2		15	17
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem		4		2	6
Markermeer & IJmeer				22	22
Oostelijke Vechtplassen		1			1
Oude Maas	1			2	3
Uiterwaarden IJssel	76	95	52	82	305
Uiterwaarden Neder-Rijn	17	51	20	37	125
Uiterwaarden Waal	87	18	9	17	131
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht		15			15
Waddenzee	1	1	1	1	4
Wieden		2		2	4
Zeldersche Driessen		1			1
Zwarte Meer		4			4
Buiten Natura 2000 begrenzing	496	895	322	1174	2887
Totaal	956	1233	599	1873	4661

Kleurcode paars: deze waarnemingslocaties vallen net buiten de gebiedsbeperking maar rekening houdend met de methodische onnauwkeurigheid kan aanwezigheid binnen het betreffende Natura 2000 niet worden uitgesloten; Oranje: uiterwaarden van de grote rivieren waar de hoofdgeul waarschijnlijk niet is begrensd in de Natura 2000 gebied, maar soorten die op de kribben en langs oevers worden aangetroffen wel doelsoorten van het gebied zijn.

Verspreiding in KRW-watertypen

De systematiek van de KRW-maatlatten is voornamelijk gebaseerd op de samenstelling van de vislevensgemeenschap en de relatieve abundantie van bepaalde ecologische groepen en niet op individuele soorten. Binnen deze samenstelling van de vislevensgemeenschap wordt ieder watertype wel beoordeeld op typespecifieke soorten. Deze typespecifieke soorten zijn ingedeeld in bepaalde ecologische groepen. De onderlinge verhouding tussen deze ecologische groepen wordt beoordeeld binnen een deelmaatlat voor de soortensamenstelling. Per watertype bestaat naast deze deelmaatlat ook een deelmaatlat voor de abundantie. Binnen de deelmaatlat abundantie wordt de relatieve dichtheid of relatieve biomassa van deze ecologische groepen beoordeeld. Een belangrijke ecologische groep binnen deze beoordeling betreft de rheofiele (stroomminnende) soorten. Inheemse bodemgebonden soorten, zoals beekdonderpad, bermpje, rivierdonderpad en riviergrondel, behoren tot deze groep van stroomminnende soorten. Als het aandeel van rheofiele soorten in een visgemeenschap achteruitgaat dan is dat negatief voor de KRW beoordeling. Voor waterbeheerders indiceert een afname van de ecologische score dat er mogelijk sprake is van een probleem (bijvoorbeeld vervuiling, habitataantasting of barrières voor vismigratie).

De inheemse rheofiele bodemsoorten komen hoofdzakelijk voor in stromende wateren en dan met name rivieren en beken. De grote rivieren en rivierestuaria zijn in Nederland ingedeeld in de volgende KRW-typen: snelstromende rivier (R16), langzaam stromende rivier (R7), zoetwatergetijdenrivier (R8) en overgangwateren (O2). De waterlichamen van deze KRW-typen, uitgezonderd R16 (Grensmaas), zijn in Nederland vrijwel overal gekoloniseerd door de vier soorten uitheemse grondels. In de Grensmaas komt vooralsnog alleen marmmergrondel voor.

Tot de beken en riviertjes behoren de typen R4 t/m R6, R12 t/m R15, R17 en R18. Deze typen zijn veelal nog niet gekoloniseerd door exotische grondels, voornamelijk als gevolg van de aanwezigheid van migratiebarrières. In de vorige eeuw is met name voor de landbouw grootschalig ingegrepen in de Nederlandse beken en riviertjes. Voor de optimalisatie van het (grond)waterpeil was het nodig water snel af te voeren en vond normalisatie (regulering van de afvoer en kanalisatie) plaats. Beekmoerassen werden drooggelegd en middels stuwen, gemalen, dijken en oeververdediging werd de natuurlijke dynamiek ingeperkt. Het resultaat hiervan is dat de natuurlijke variatie in stroomsnelheid, diepte en substraat in veel beken ernstig is aangetast. Overstromingzones zijn verdwenen en de afvoer vindt hoofdzakelijk door het stroombed plaats. Door de aangelegde kunstwerken zijn er nog veel barrières aanwezig voor de dispersie en/of migratie van vissen, inclusief de Ponto-Kaspische grondelsoorten.

Zowel het habitatgebruik als voedselspectrum van de vier Ponto-Kaspische grondelsoorten vertoont overeenkomsten met dat van genoemde inheemse bodemvissoorten. Een verdere toename in de verspreiding en dichtheid van deze vier Ponto-Kaspische grondels in de beek- en riviersystemen van Nederland kan hierdoor zorgen voor een afname van het aandeel van deze inheemse rheofiele soorten in de visgemeenschap en hiermee voor een lagere ecologische score op de KRW-maatlatten van deze wateren.

3.1.5 Vectoren en corridors voor verspreiding

De vier Ponto-Kaspische grondelsoorten hebben zich anno 2013 over een groot deel van Nederland verspreid (figuren 3.1-3.4). De verspreidingpatronen van de soorten vertonen in Nederland dezelfde karakteristieken, maar zijn in detail verschillend, met name veroorzaakt door de wijze van binnenkomst en locatie van introductie in Nederland. Middels analyse van de verspreidingpatronen zijn de vectoren en routes voor verspreiding van deze soorten en passeerbaarheid van waterhuishoudkundige kunstwerken in kaart gebracht (Tabel 3.3).

De marmergrondel is in 2002 voor het eerst in Nederland aangetroffen (Figuur 3.1). De soort is in dat jaar zowel in de Waal, Hollandsch Diep als IJssel aangetroffen. Hoogstwaarschijnlijk is de marmergrondel Nederland binnengekomen via verspreiding vanuit de Rijn in Duitsland. Hiervoor zijn twee aanwijzingen gevonden: 1) Dispersie van de soort via het Main-Donau kanaal is al in 1999 geregistreerd en in dat jaar is de soort ook voor het eerst aangetroffen in de rivier de Main (Dönni & Freyhof, 2002), en 2) Genetische analyses tonen dat marmergrondels uit de Maas en Zuid-Willemsvaart overeenkomen met het haplotype van vissen uit de Donau in Servië (Dr. H. Verreyken, persoonlijke mededeling 6 juni 2013). De marmergrondel heeft zich waarschijnlijk via het Maas-Waalkanaal en het Kanaal van St. Andries in de Maas weten te vestigen. Verspreidinggegevens laten zien dat de soort zich al in 2008 in zowel de beneden- als bovenloop van de Maas heeft gevestigd. In de bovenstroomse delen van de Maas heeft de soort zich mogelijk weten te vestigen door scheepvaartverkeer via het Julianakanaal (transport van eieren op scheepsrompen). Ook uitzetting van de soort in bovenstroomse delen kan niet worden uitgesloten. Vooralsnog is marmergrondel de enige soort die zich met succes in een groot aantal binnenwateren en geïsoleerde wateren heeft weten te vestigen (Spikmans *et al.*, 2010). Dit heeft onder meer kunnen plaatsvinden via waterinlaten, gemalen, vispassages en periodieke overstromingen. Daarnaast spelen in geïsoleerde wateren waarschijnlijk ook uitzettingen een rol.

De zwartbekgrondel is voor het eerst waargenomen in de Lek in 2004 (Van Beek, 2006), waarna de soort zich met name in het benedenrivierengebied en tegelijkertijd in het Noordzeekanaal uitbreidde (Figuur 3.2). Introductie van de soort in Nederland heeft zeer waarschijnlijk zowel in het benedenrivierengebied als in het Noordzeekanaal plaatsgevonden. De verspreidingpatronen in het Amsterdam-Rijnkanaal leveren daarvoor ondersteuning (Schiphouwer *et al.*, 2012). Tijdreeksen laten zien dat de soort zich zowel vanuit het zuiden als het noorden verspreidt in dit kanaal. Gezien de aanwezigheid van grote zeehavens nabij de locaties van eerste waarneming lijkt het aannemelijk dat de scheepvaart als verspreidingvector voor de soort heeft gediend. Bekend is dat de soort zich verspreidt via het lozen van ballastwater van schepen, waardoor bevruchte eieren of larven kunnen worden geïntroduceerd (Sapota, 2006; Ahnelt *et al.*, 1998). De geïntroduceerde exemplaren in Nederland kunnen afkomstig zijn uit het Ponto-Kaspische gebied of de uitheemse populaties in het grote merengebied van Noord-Amerika. Recent hebben ook genetische analyses bevestigd dat de haplotypen van zwartbekgrondels uit de Waal en rivieren in België het meest overeenkomen met van vissen uit deze gebieden (Dr. H. Verreyken, persoonlijke mededeling 6 juni 2013). De zwartbekgrondel heeft zich na vestiging gestaag over Nederland in stroomopwaartse richting in het Rijnstroomgebied uitgebreid. Stroomafwaartse kolonisatie vanuit Duitsland is niet aannemelijk, aangezien de soort

pas in 2008 nabij Zons (rivierkilometer 718) voor het eerst in Duitsland is aangetroffen (Borcherding *et al.*, 2011b). De zwartbekgrondel heeft eveneens gebruik gemaakt van de kanalen tussen Waal en Maas om zich te vestigen in het stroomgebied van de Maas (Van Kessel *et al.*, 2011b). Hiernaast komt de soort nu ook voor in het Twentekanaal, de Linge en de Niers. Verspreiding van de soort in de Linge heeft waarschijnlijk plaatsgevonden door het inlaten van water uit het Pannerdensch Kanaal met het pontongemaal. De zwartbekgrondel heeft de Niers waarschijnlijk op eigen kracht in stroomopwaartse richting gekoloniseerd. Om het Twentekanaal te bereiken heeft de soort sluizen moeten passeren. Het is echter niet uit te sluiten dat in een dergelijk watertype ook introductie heeft plaatsgevonden als gevolg van het gebruik van de soort door hengelaars als aasvis voor bijvoorbeeld snoekbaars (*Sander lucioperca*).

De Kesslers grondel is voor het eerst aangetroffen in de bovenstroomse delen van de Waal (Soes *et al.*, 2007). De soort is in 2006 voor het eerst in de Duitse Rijn aangetroffen, nabij Königswinter (rivierkilometer 644; Borcherding *et al.*, 2011b). Stroomafwaartse dispersie vanuit Duitsland is daardoor zeer aannemelijk. Ook het verspreidingpatroon in Nederland wijst hierop (Figuur 3.4). De Kesslers grondel verspreidt zich ook via de kanalen tussen Maas en Waal richting de Maas, maar wordt in relatief weinig wateren buiten de grote rivieren aangetroffen. In de Linge is de soort wel aanwezig als gevolg van waterinlaat en in enkele beekmondingen langs de IJssel komt de soort ook voor.

Het verspreidingpatroon van de Pontische stroomgrondel in Nederland lijkt vooralsnog enigszins beperkt. Enkele waarnemingen zijn ver van het aaneengesloten verspreidingsgebied van de soort in het midden van het land gelegen. Mogelijk is het tussenliggende gebied ook al gekoloniseerd (Figuur 3.3). De soort is in 2008 voor het eerst aangetroffen in de Waal (Van Kessel *et al.*, 2009). In dat jaar is de soort ook aangetroffen in het Duitse deel van de Rijn, nabij Duisburg (Stemmer, 2008). Dit duidt op een stroomafwaartse kolonisatie van de Rijn. De soort heeft waarschijnlijk gebruik gemaakt van het kanaal van St. Andries om zich in de Maas te vestigen (Van Kessel *et al.*, 2012b). De vondsten in de Maas bij Maasbracht, het Noordzeekanaal en Kornwerderzand duiden op een incompleet verspreidingsbeeld. Uit de beschikbare gegevens kan nog geen eenduidig beeld van (potentiële) verspreidingvectoren worden afgeleid.

3.1.6 Connectiviteit en barrières voor verspreiding

Tabel 3.3 verschaft inzicht in de passeerbaarheid van barrières voor de verspreiding van de vier Ponto-Kaspische grondels. Uit de beschikbare verspreidingsgegevens blijkt dat beken en zijrivieren, die uitmonden in de grote rivieren, nog nauwelijks door uitheemse grondelsoorten zijn gekoloniseerd. Stuwen vormen zeer waarschijnlijk barrières voor de verdere verspreiding van vier grondelsoorten in gestuwde beken (zie ook paragraaf 3.1.5).

Het voorliggende onderzoek heeft ook aangetoond dat vispassages, gemalen, sluizen en kanalen met stortsteenoevers worden gepasseerd door de vier grondelsoorten. Periodieke overstroming van uiterwaarden langs rivieren biedt de uitheemse grondels mogelijkheden voor de kolonisatie van geïsoleerde uiterwaardplassen en strangen.

Tijdens een onderzoek naar de vis- en migratievriendelijkheid van poldergemalen in het westen en noorden van Nederland is geconstateerd dat zowel de zwartbekgrondel als marmergrondel verschillende typen gemalen passeren (respectievelijk, 35 en 30 waarnemingen). De beschikbare gegevens van de uitheemse grondels zijn echter niet nader gespecificeerd per soort, locatie of type gemaal. Wel is duidelijk dat de passeerbaarheid en schade aan vissen tijdens de passage afhankelijk zijn van de lengte en vorm van de vis, het type en toerental van het gemaal en de stroomsnelheid voor het gemaal (Van Weeren, 2010). Poldergemalen beschadigen en doden een deel van de passerende vissen (afhankelijk van de vislengte gemiddeld 11,4 - 34,5 %), maar vormen zeker geen barrière voor de verspreiding van kleine vissoorten zoals de uitheemse grondels tussen polders.

Tabel 3.3. Vectoren en routes voor de verspreiding van uitheemse grondels en passeerbaarheid van kunstwerken.

	Zwartbekgrondel	Marmergrondel	Kesslers grondel	Pontische stroomgrondel
Vectoren voor introductie in Nederland				
Ballastwater	+ ^a	- / m ^a	-	-
Scheepsrompen (eieren)	m	m	m	m
Kanalen tussen rivieren	- ^b	+	+	+
Vectoren voor secundaire verspreiding				
Verplaatsen / uitzetten	m	+ ^c	m	m
Aasvis	m	m	m	m
Ballastwater	m	m	-	-
Scheepsrompen (eieren)	m	m	m	m
Kanalen	+	+	+	+
Passeerbaarheid barrières				
Stuwen (dispersie stroomopwaarts)	-	-	-	-
Vispassages	+ ^d	+ ^d	+ ^e	m
Gemalen	+ ^f	+ ^f	m	m
Sluizen	+	+	+	+
Kanalen met oevers stortsteen	+	+	+	+
Periodieke overstroming geïsoleerde uiterwaardplassen en strangen	m ^g	+	m ^g	m ^g

+ : zeer waarschijnlijk op basis van deze studie; m: mogelijk; -: geen aanwijzingen of waarnemingen voor betreffende vector of route; a: ook vector voor introductie in 'Great / Laurentian Lakes' in Noord Amerika; b: eerste introductie(s) in Nederland zeer waarschijnlijk niet via kanalen / waterwegen vanuit Oost-Europa; dit is wel een relevante vector voor intrductie in andere Europese landen; c: onder andere in Groene Heuvels bij Beuningen (duikwaarnemingen P. Klok); d: onder andere in de Roer en Tungelroyse beek; e: aangetroffen in vispassage tussen de Waal en het Meertje bij Nijmegen; f: Van Weeren (2010); g: Nog niet waargenomen bemonsterde uiterwaardplassen (habitat in deze geïsoleerde wateren is mogelijk ongeschikt voor deze soorten).

3.2 Ecologische effecten

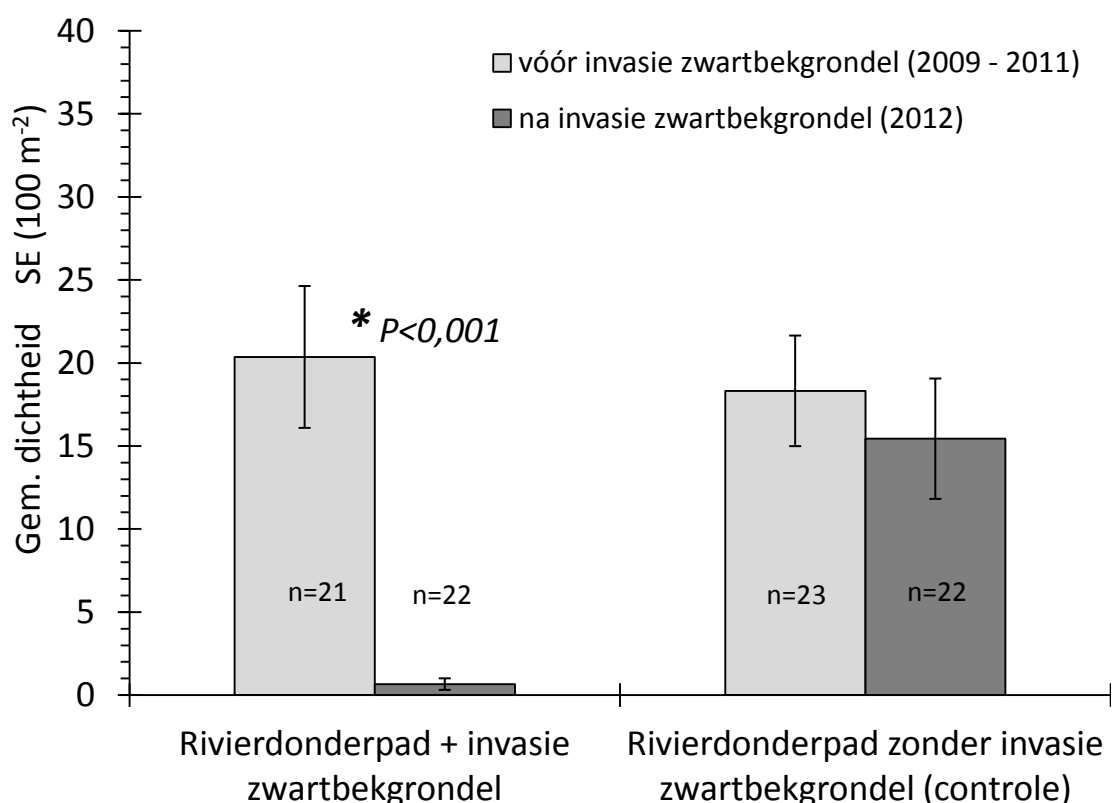
3.2.1 Effecten op inheemse soorten

Effecten op het voorkomen van inheemse bodembewonende vissoorten

Om effecten te bepalen van de zwartbekgrondel op inheemse bodemgebonden vissoorten zijn dichtheidgegevens van het bermpje en de rivierdonderpad in de

oeverbiotopen langs de Maas vergeleken voor de perioden vóór en na de kolonisatie van de zwartbekgrondel. Hierbij is tevens een controle-analyse uitgevoerd op locaties in het stroomgebied van de Maas die zijn bemonsterd in dezelfde jaren maar nog niet door de zwartbekgrondel waren gekoloniseerd. De figuren 3.14 en 3.15 tonen de gemiddelde dichtheiden van de rivierdonderpad en het biermpje gedurende de monitoringjaren 2009-2011 en 2012.

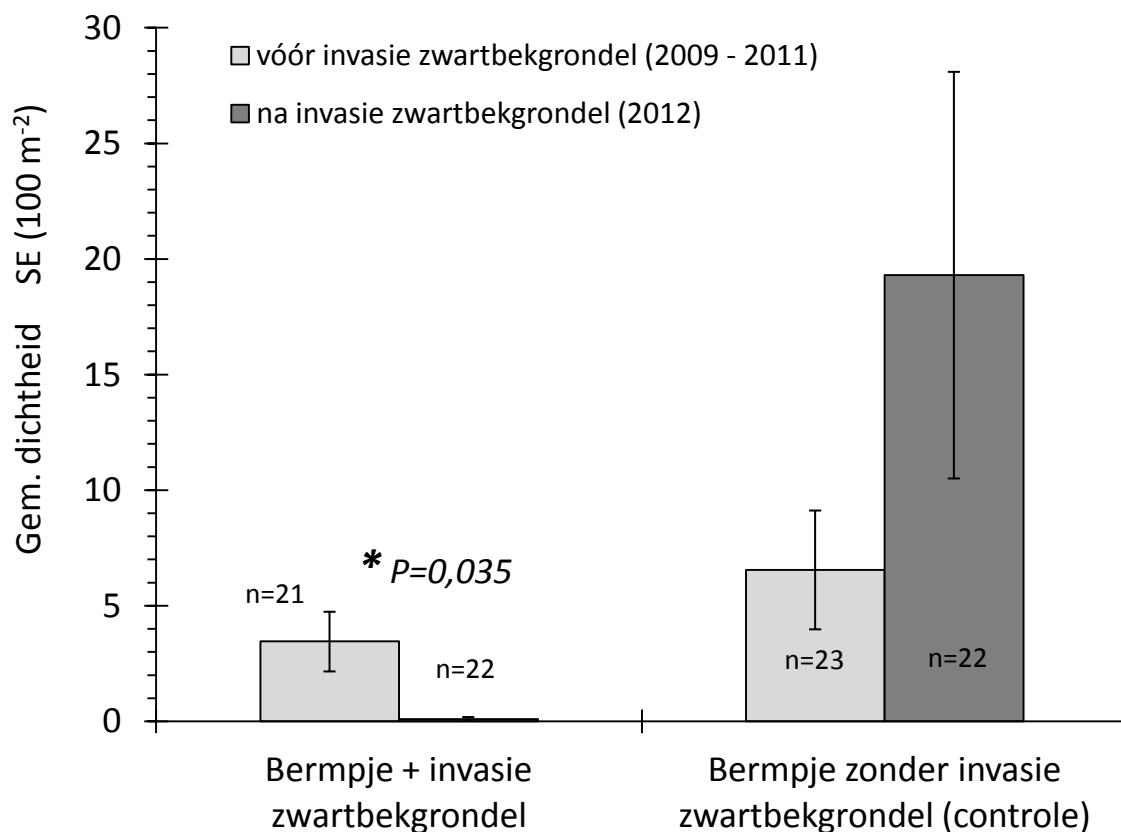
De gemiddelde dichtheid van rivierdonderpad in de onderzochte trajecten in 2009 en 2011 is overall hoog (Figuur 3.14). Dichtheden van de rivierdonderpad veranderen echter significant ($P < 0,001$) wanneer de betreffende locaties worden gekoloniseerd door zwartbekgrondel. Op locaties waar vóór de kolonisatie door de zwartbekgrondel een dichtheid van gemiddeld $20,4 \pm 4,3$ exemplaren rivierdonderpad per 100 m^2 aanwezig was, betreft dit na kolonisatie gemiddeld $0,7 \pm 0,4$ exemplaar per 100 m^2 . De zwartbekgrondel bereikt op deze locaties binnen één jaar een gemiddelde dichtheid van $66,4 \pm 12,6$ exemplaren per 100 m^2 (niet weergegeven in de figuur). De controle trajecten zijn in 2012 nog niet gekoloniseerd door zwartbekgrondel. In de onderzochte trajecten is de gemiddelde dichtheid van rivierdonderpad in 2009 en 2011 eveneens relatief hoog ($15,4 \pm 3,6$ exemplaren per 100 m^2). In 2012 heeft geen significante wijziging in de gemiddelde dichtheid van rivierdonderpadden in deze trajecten plaatsgevonden. De soort is in de controletrajecten in 2012 nog steeds in een hoge gemiddelde dichtheid aanwezig ($18,3 \pm 3,3$ exemplaren per 100 m^2).



Figuur 3.14. Effecten van kolonisatie van oeverbiotopen langs de Maas door de zwartbekgrondel op de dichtheid van de rivierdonderpad (n: aantal locaties).

In de onderzochte trajecten in de Maas was de gemiddelde dichtheid van het biermpje in 2009 en 2011 laag (Figuur 3.15). De gemiddelde dichtheden van het biermpje in 2009

en 2011 in controletrajecten en trajecten die in 2012 zijn gekoloniseerd door de zwartbekgrondel zijn echter vergelijkbaar. De dichtheden van het biermpje veranderen echter significant ($P = 0.035$) wanneer de betreffende locaties worden gekoloniseerd door de zwartbekgrondel. Op locaties waar vóór de kolonisatie door de zwartbekgrondel een dichtheid van gemiddeld $3,5 \pm 1,3$ exemplaren biermpje per 100 m^2 aanwezig was, betreft dit na kolonisatie gemiddeld $0,1 \pm 0,0$ exemplaar per 100 m^2 . De zwartbekgrondel bereikt op deze locaties binnen één jaar een gemiddelde dichtheid van $66,4 \pm 12,6$ exemplaren per 100 m^2 (niet weergegeven in de figuur). De controletrajecten waren in 2012 nog niet gekoloniseerd door de zwartbekgrondel. In de onderzochte controletrajecten was de gemiddelde dichtheid van biermpje in 2009 en 2011 $6,6 \pm 2,6$ exemplaren per 100 m^2 . In de controletrajecten heeft in 2012 zelfs een significante toename in de gemiddelde dichtheid van het biermpje plaatsgevonden ($19,3 \pm 8,8$ exemplaren per 100 m^2). Voor een goed begrip wordt opgemerkt dat het primaire verspreidingsgebied van het biermpje vooral is geconcentreerd in beeksystemen. In de (Zand)Maas is slechts een relatief klein deel van het leefgebied van het biermpje gelokaliseerd. De resultaten geven echter een indicatie van de bedreiging van het biermpje door de zwartbekgrondel in het geval deze uitheemse grondel ook beken gaat koloniseren.



Figuur 3.15. Effecten van de kolonisatie van oeverbiotopen langs de Maas door de zwartbekgrondel op de dichtheid van het biermpje (n: aantal locaties).

Voortplantingstrategieën en -capaciteit

Met betrekking tot de voortplantingstrategieën en -capaciteit van invasieve grondels in Nederland is weinig bekend. De kennis baseert zich voornamelijk op enkele veldwaarnemingen en op literatuur uit het buitenland.

De vier Ponto-Kaspische grondelsoorten planten zich voort door de eieren in schuilplaatsen af te zetten. De eieren van grondels worden in groepen vastgekleefd op harde substraten en ontwikkelen zich in een peervormige eikapsel (Figuur 3.16 en 3.17). De eieren worden bewaakt, verdedigd en bewaaierd (Meunier *et al.*, 2009; Wickett & Corkum, 1998). Meerdere vrouwtjes leggen eieren in hetzelfde nest (Meunier *et al.*, 2009; MacInnis & Corkum, 2000). Het bewaken van de eieren gaat veelal gepaard met een extreme vermagering van de mannetjes (Bilko, 1968, geciteerd uit: Pinchuk *et al.*, 2003), vaak resulterend in de dood (Dimitrieva, 1966, geciteerd uit Pinchuk *et al.*, 2003).



Figuur 3.16. Nest van marm grondel met ontwikkelde vislarven in eikapsels uit meerdere legfels, afgezet tussen quagga mosselen op stortsteen in de uiterwaardplas Rhederlaag te Giesbeek (Foto: A. de Bruin).



Figuur 3.17. Nest van Pontische stroomgrondel bestaande uit twee legfels tussen quagga mosselen op stortsteen in de uiterwaardplas Rhederlaag te Giesbeek (Foto: A. de Bruin).

Invasieve populaties van grondels worden in vergelijking met inheemse populaties van de soorten onder andere gekenmerkt door een snellere rijping tot volwassenheid, dat wil zeggen op jongere leeftijd en bij kleinere lichaamslengte (Kováč *et al.*, 2009;

L'avrinčiková & Kováč, 2007), het afzetten van meerdere eilegels gedurende het seizoen (Kalinina, 1976) en een hoger aantal eieren per legsel (Kováč *et al.*, 2009; Stráňai, 1999). De totale voortplantingcapaciteit van de vier grondels kan aanzienlijk verschillen vanwege grote verschillen in de maximale leeftijd. De zwartbekgrondel kan 4+ tot 6 jaar oud worden (French & Black, 2009; Sokolowska & Fey, 2011; Grul'a *et al.*, 2012), de Pontische stroomgrondel 5+ (Plachá *et al.*, 2010) en de marmergrondel 2+ (Pinchuk *et al.*, 2003). Van de Kesslers grondel ontbreken gegevens over de maximale leeftijd. Tabel 3.4 geeft een overzicht van de beschikbare literatuurgegevens over de voortplantingstrategieën en -capaciteit van de vier Ponto-Kaspische grondelsoorten.

Tabel 3.4. Overzicht van de uit de wetenschappelijke literatuur bekende gegevens over voortplantingstrategieën en -capaciteit van de vier Ponto-Kaspische grondelsoorten.

Soort	Fecunditeit	Aantal eieren per nest	Grootte eieren (mm)	Aantal legfels	Paai-substraat	Nest bewaking
Marmergrondel	324-1045 ⁸	-	1,3x2,3 ⁸	1-3 ⁹	Hard	+
Zwartbekgrondel	252-1818 ⁷ 328-5221 ¹	930-1756 ⁵	2,8x3,9 ⁴	5-6 ¹	Hard	+
Kesslers grondel	150-1500 ³ 669-6664 ^{a,2,6}	-	1,8x2,6 ⁶	1; >1 ^{a,3}	Hard	+
Pontische Stroomgrondel	300-12800 ⁵	150-2600 ⁵	1,7x4,5 ⁵	-	Hard	+

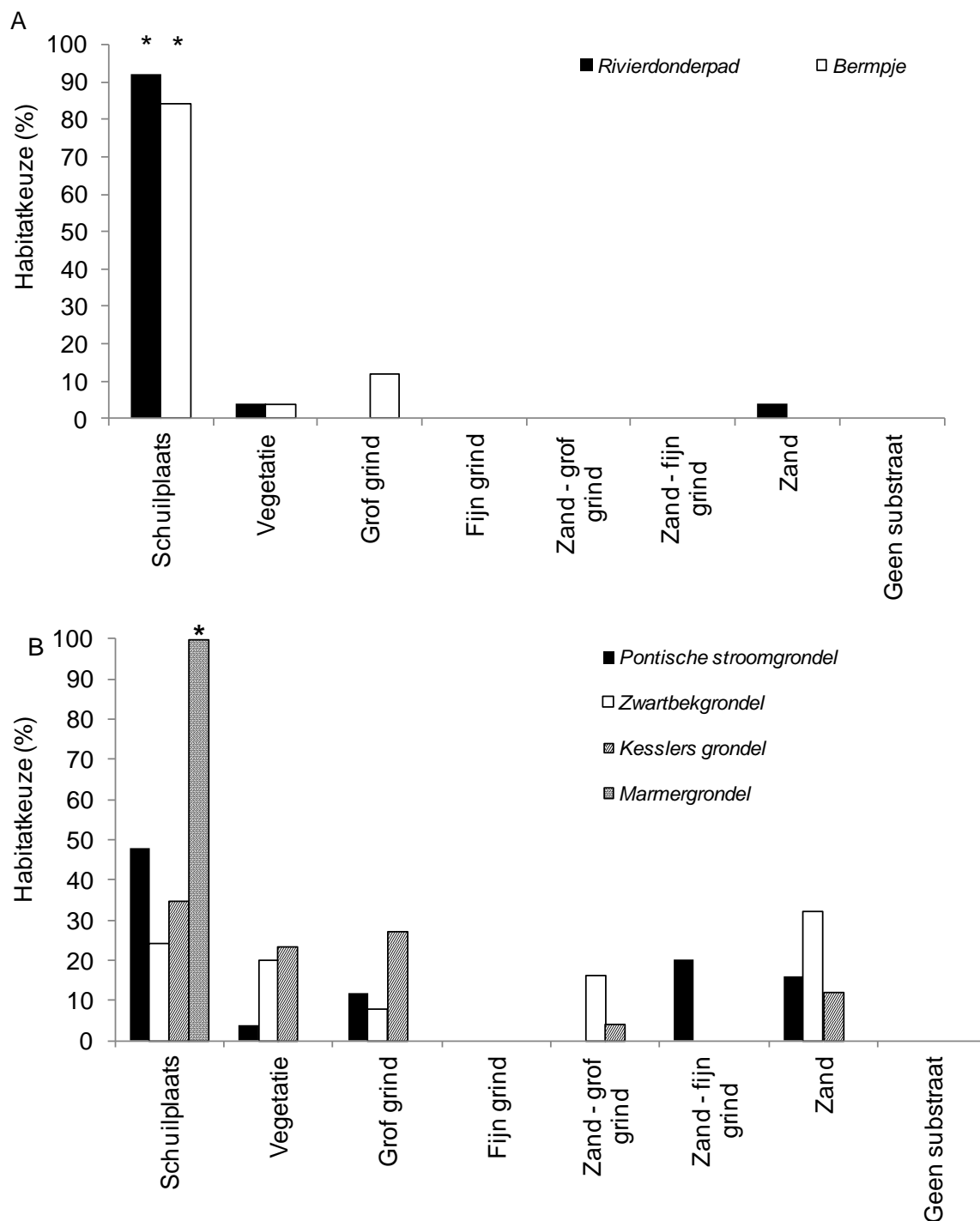
a: invasieve populaties buiten natuurlijke verspreidingsgebied; -: geen data; 1: Kovtun (1978); 2: Kováč *et al.* (2009); 3: Kalinina (1976); 4: Georghiev (1966), geciteerd uit Pinchuk *et al.*, 2003); 5: Pinchuk *et al.* (2003); 6: Stráňai (1999); 7: MacInnis & Corkum (2000); 8: Pinchuk *et al.* (2004); 9: Georghiev (1966) en Koblitskaya (1957), geciteerd uit Pinchuk *et al.* (2004).

Habitatvoorkeur en competitie om schuilplaatsen

De rivierdonderpad en het bempje vertonen in solo-experimenten een duidelijke voorkeur voor een schuilplaats (Van Kessel *et al.*, 2011a; zie paragraaf 2.5.1); beide soorten verkozen de schuilplaats boven de andere aanwezige habitats (Figuur 3.18a). Ook de uitheemse marmergrondel heeft een sterke voorkeur voor dit habitattype (Figuur 3.18b). De zwartbekgrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel vertonen een meer generalistische habitatvoorkeur en zijn in meerdere habitattypen aangetroffen (Figuur 3.18b). De resultaten van de laboratoriumexperimenten met de uitheemse grondels zijn in overeenstemming met veldwaarnemingen (zie bijvoorbeeld Figuur 3.20).

Tijdens de competitie-experimenten, waarin de interactie tussen uitheemse en inheemse bodemgebonden vissen is onderzocht, zijn significante verschuivingen in habitatkeuze van de rivierdonderpad waargenomen. In aanwezigheid van de Kesslers grondel en de marmergrondel toont de rivierdonderpad een andere habitatkeuze in vergelijking met het solo-experiment (Figuur 3.19a,b). In het competitie-experiment met de marmergrondel is

de rivierdonderpad niet in de schuilplaats waargenomen, terwijl marmergroundel juist alleen in de schuilplaats is waargenomen. Ook in aanwezigheid van de Kesslers grondel toont de rivierdonderpad een verschuiving in habitatkeuze en is de soort nauwelijks meer aangetroffen in de schuilplaats. De Kesslers grondel toont echter geen verhoogde voorkeur voor de schuilplaats in vergelijking met de resultaten uit het solo-experiment. Zowel de rivierdonderpad als de Kesslers grondel tonen een verhoogde preferentie voor vegetatie. Deze soorten zijn in dit habitattype echter slechts eenmaal tegelijkertijd waargenomen.



Figuur 3.18. Habitatkeuze in de solo-experimenten van twee inheemse soorten (A) en vier invasieve soorten (B). *: significant verschil ($P < 0,001$) ten opzichte van de verwachte ratio (herhaalde G-test).

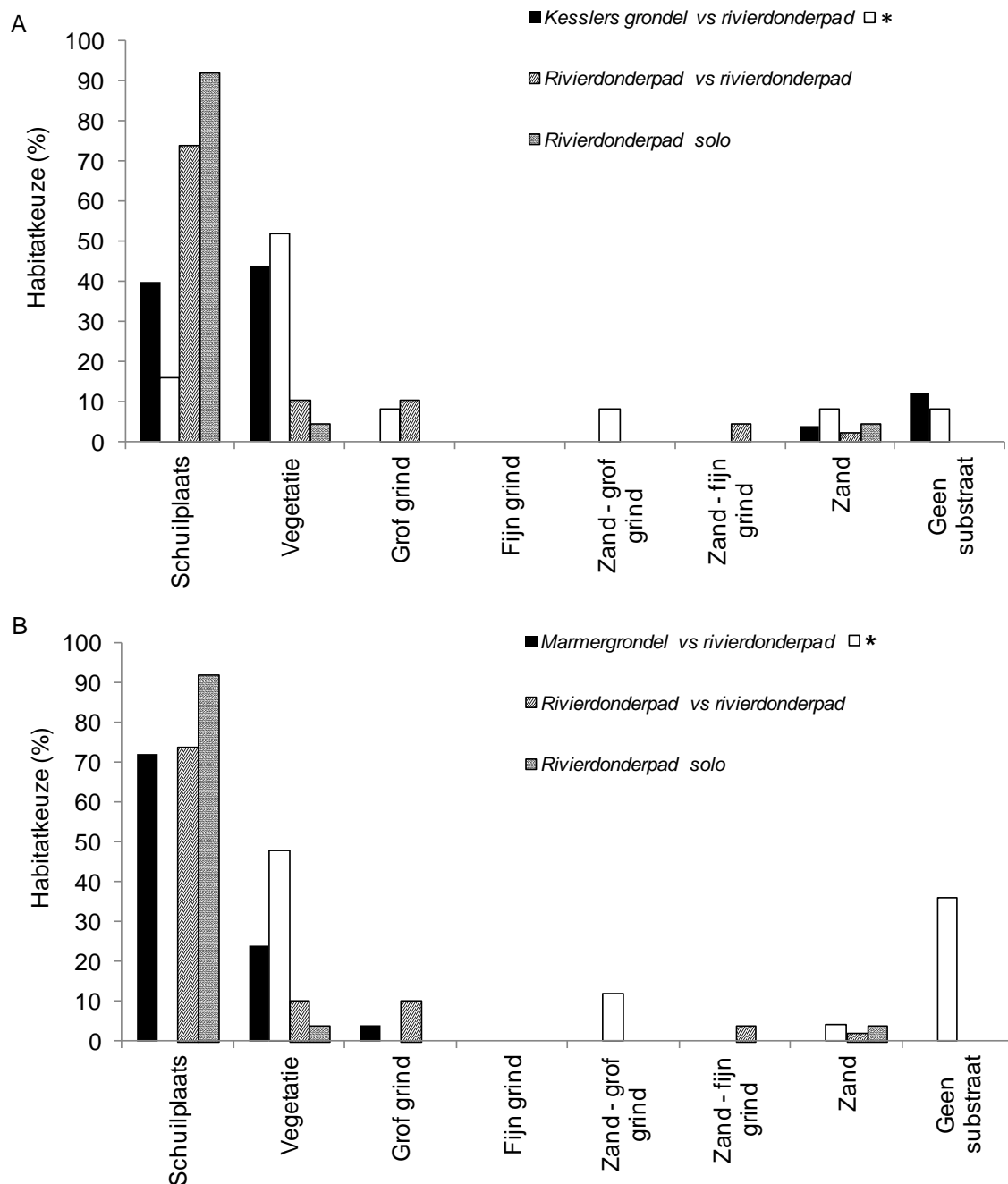
In de competitie-experimenten zijn bij het biermpje geen verschuivingen waargenomen in de habitatkeuze in vergelijking met de habitatkeuze in het solo-experiment. Het biermpje is gedurende de competitie-experimenten voornamelijk waargenomen in de schuilplaats, veelal tezamen met de andere aanwezige soort. Bij het biermpje en de rivierdonderpad zijn ook geen verschuivingen waargenomen in habitatkeuze wanneer het competitie-experiment werd uitgevoerd met twee exemplaren van dezelfde soort.



Figuur 3.20a. Jonge Pontische stroomgrondel op zandbodem; **b.** Volwassen Pontische stroomgrondel met nest wakend onder stortsteen in de uiterwaardplas Rhederlaag te Giesbeek (Foto's: A. de Bruin).

Voedselconsumptiestrategie

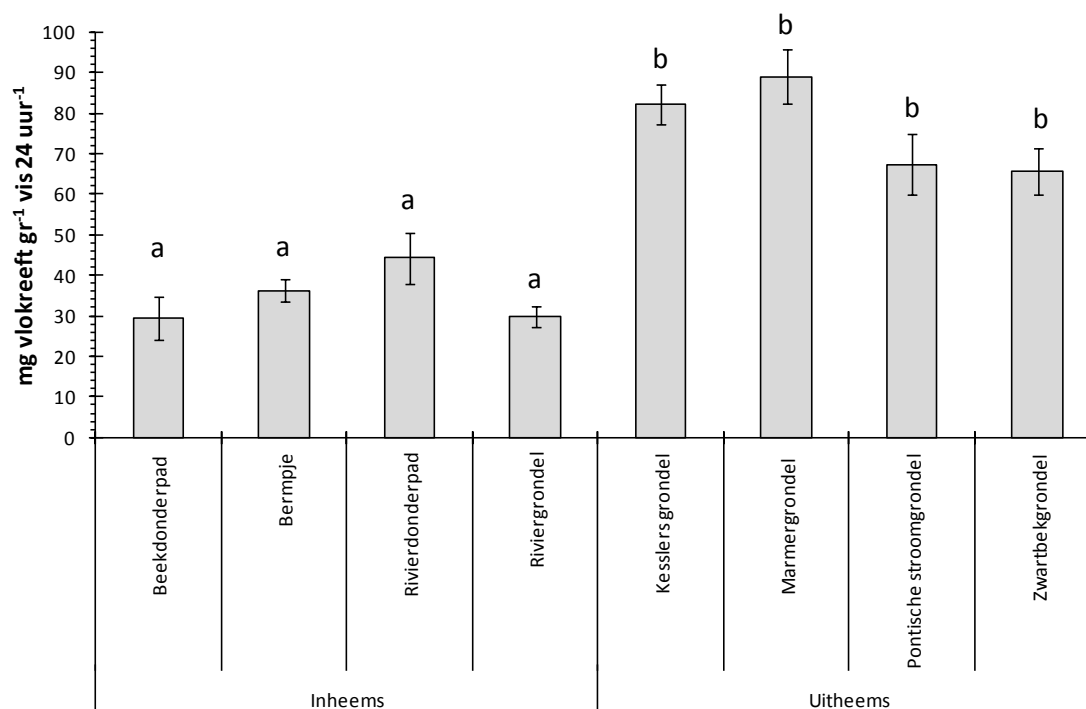
Uit het experiment waarin de voedselconsumptie is bepaald van acht bodemgebonden vissoorten (zie paragraaf 2.5.2) blijkt dat de uitheemse vissoorten een hogere consumptie vertonen dan de inheemse grondelsoorten (Figuur 3.21). Zowel de Kesslers grondel, zwartbekgrondel, marmergrondel en Pontische stroomgrondel nemen per etmaal per gram lichaamsgewicht statistisch significant meer biomassa aan vlokreeften (*Gammarus roeselii*) op dan de inheemse soorten biermpje, riviergrondel en rivier- en beekdonderpad.



Figuur 3.19. Habitatkeuze van rivierdonderpad in het competitie-experiment met twee uitheemse soorten (A: Kesslers grondel; B: marmergrondel). Hierin zijn ook de resultaten voor de intraspecifieke competitie en het solo-experiment weergegeven. Ieder experiment is vijf keer herhaald. De resultaten voor de interspecifieke competitie verschillen significant (*: $P < 0,01$ bij herhaalde G-test);

Bij de inheemse soorten consumeert de rivierdonderpad per gram lichaamsgewicht het meest, maar de verschillen tussen de inheemse soorten zijn statistisch niet significant. Bij de uitheemse soorten betreft dat marmergrondel. Ook bij de uitheemse soorten is onderling geen significant verschil in consumptie per gram lichaamsgewicht gevonden. De hoge consumptie van de marmergrondel is wel opvallend, aangezien de maximale

lichaamslengte van deze soort kleiner is dan die van de andere uitheemse grondelsoorten.



Figuur 3.21. De consumptie van vlokreeften door vier uitheemse grondelsoorten en inheemse bodemvissen (verschillen in voedselconsumptie zijn significant in het geval van soorten met een verschillende letter: $p < 0,05$).

Hybridisatie en genetische effecten op inheemse biodiversiteit

De fylogenetische afstand tussen de vier uitheemse grondels die in de zoete binnenwateren voorkomen en de Nederlandse zoetwatervissen is dermate groot dat hybridisatie tussen de inheemse en uitheemse soorten vrijwel zeker kan worden uitgesloten. Of dit ook geldt met betrekking tot de voor Nederland inheemse brak- en zoutwatersoorten uit de familie van de Gobiidae is niet bekend. Hybridisatie lijkt weinig waarschijnlijk maar onderzoek dient uit te wijzen of hybridisatie mogelijk is tussen de invasieve uitheemse grondelsoorten en de inheemse zout- en brakwatergrondelsoorten; zwarte grondel (*Gobius niger*), dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*), Lozano's grondel (*Pomatoschistus lozano*), kleurige grondel (*Pomatoschistus pictus*), glasgrondel (*Aphia minuta*) en kristalgrondel (*Crystallogobius linearis*). Recent zijn wel twee grondels uit de Rijn genotypisch en morfologisch geïdentificeerd als hybriden tussen de Pontische stroomgrondel en zwartbekgrondel. Dit zijn de eerste waarnemingen van hybridisatie van deze grondels buiten hun oorspronkelijke verspreidingsgebied (Lindner *et al.*, 2013).

Daarnaast is niet uit te sluiten dat door sterke habitatcompetitie of predatiedruk van de vestiging van de vier uitheemse grondelsoorten gedragveranderingen of genetische effecten optreden bij de inheemse soorten. Over dergelijke effecten op inheemse vissoorten is tot heden geen informatie gevonden in de internationale literatuur.

Parasieten

In totaal zijn 218 zwartbekgrondels onderzocht op de aanwezigheid van parasieten in de buikholte en darmstelsel (Tabel 3.4). Eén zwartbekgrondel (0,5 %) afkomstig uit de Waal

was geïnfecteerd met de trematode *Diplostomum spathaceum*. Deze parasitaire zuigworm veroorzaakt in Noord-Europese landen regelmatig problemen in de viskweek (Hakalahti *et al.*, 2006). In de Kesslers grondel (n=68), Pontische stroomgrondel (n=43) en marmergrondel (n=54) is deze parasiet niet waargenomen.

Alle andere parasieten zijn geïdentificeerd als Acanthocephala (Tabel 3.4). Deze haakwormen zijn aangetroffen in zowel de zwartbekgrondel (10,6 %), Kesslers grondel (7,4 %) en Pontische stroomgrondel (4,7 %). De geïnfecteerde vissen waren afkomstig uit het Hollandsch diep, de Nieuwe Merwede en de Waal. Zeer waarschijnlijk behoren alle verzamelde exemplaren van deze haakwormen tot de soort *Pomphorhynchus laevis* (Schiphouwer, 2011; Persoonlijke mededeling Prof. dr. B. Sures, 5 april 2013). Het is echter niet uit te sluiten dat ook *Pomphorhynchus tereticollis* aanwezig is in de uitheemse grondels. Beide soorten haakwormen zijn immers op basis van hun uiterlijke kenmerken niet altijd eenduidig te onderscheiden en alleen DNA analyses kunnen dan uitsluitsel geven over de juistheid van determinaties.

Tabel 3.4. Parasieten aangetroffen in uitheemse grondels uit het Hollandsch Diep, de Nieuwe Merwede en de Waal.

Soort	Totaal aantal vissen	Met haakwormen (<i>Pomphorhynchus spec.</i>)		Met zuigwormen (<i>Diplostomum spathaceum</i>)	
		Aantal	%	Aantal	%
Zwartbekgrondel	218	23	10,6	1	0,5
Kesslers grondel	68	5	7,4	0	0
Pontische stroomgrondel	43	2	4,7	0	0
Marmergrondel	54	0	0	0	0

De parasieten zijn mogelijk geïntroduceerd en worden overgedragen door geïnfecteerde grondels die Nederland vanuit het buitenland koloniseerden. Overdracht van parasieten naar volgende generaties is mogelijk omdat grondels 2+ tot 6 jaar oud worden (zie paragraaf 3.2.1). Daarnaast is ook overdracht via andere (uitheemse) vissen en macrofauna mogelijk.

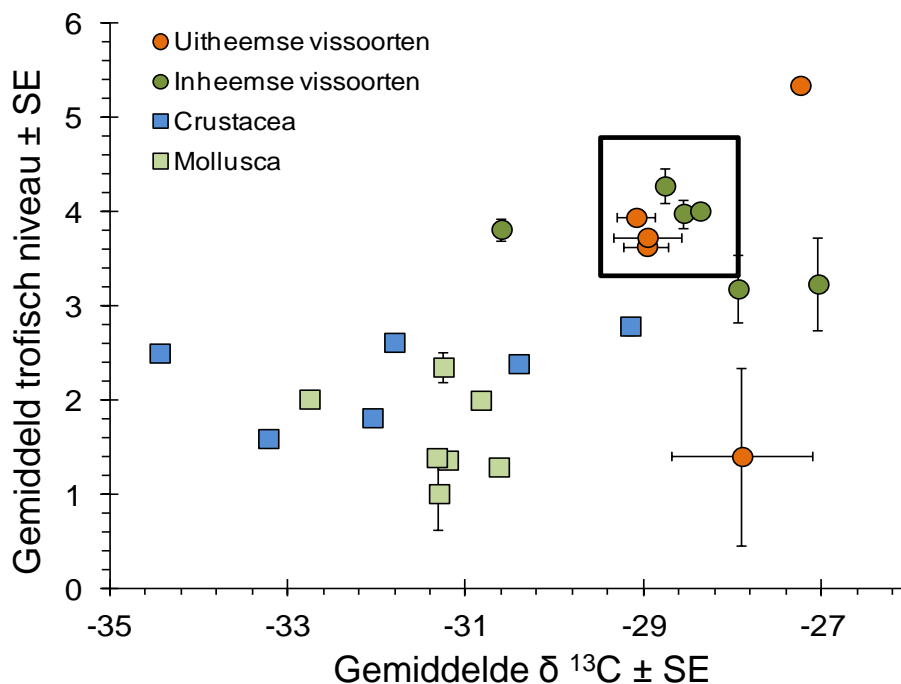
De haakworm *Pomphorhynchus laevis* komt oorspronkelijk in Noordwest Europa voor en is een typische parasiet van barbeel (*Barbus barbus*) en kopvoorn (*Squalius cephalus*) (Emde *et al.*, 2012). Deze parasiet is ook waargenomen in grondels in de Slowaakse delen van de Donau (Ondračková *et al.*, 2005). *Pomphorhynchus tereticollis* is recent aangetroffen in zwartbekgrondels afkomstig uit Rijn bij Düsseldorf in Duitsland (Emde *et al.*, 2012). Dit is een invasieve exoot die van oorsprong voorkomt in diverse soorten vissen in de Noordzee en Oostzee, maar ook aanwezig is in vissen en gammariden in het stroomgebied van de Donau. *Pomphorhynchus tereticollis* is ook in het Rijnstroomgebied al eerder waargenomen in gammariden, zoals de Ponto-Kaspische

slijkgarnaal *Chelicorophium curvispinum* (Van Riel *et al.*, 2003) en de Ponto-Kaspische vlokreeft *Dikerogammarus villosus* (Emde *et al.*, 2012). Omdat deze exotische gammariden de Nederlandse en Duitse delen van de Rijn al veel eerder hebben gekoloniseerd dan de uitheemse grondels is het mogelijk dat *Pomphorhynchus tereticollis* door exotische gammariden vanuit de Donau is geïntroduceerd in de Rijn. *Pomphorhynchus tereticollis* leeft echter ook in zalmachtigen, die de parasiet tijdens hun migratie vanuit zee kunnen hebben geïntroduceerd in de Rijn (Emde *et al.*, 2012).

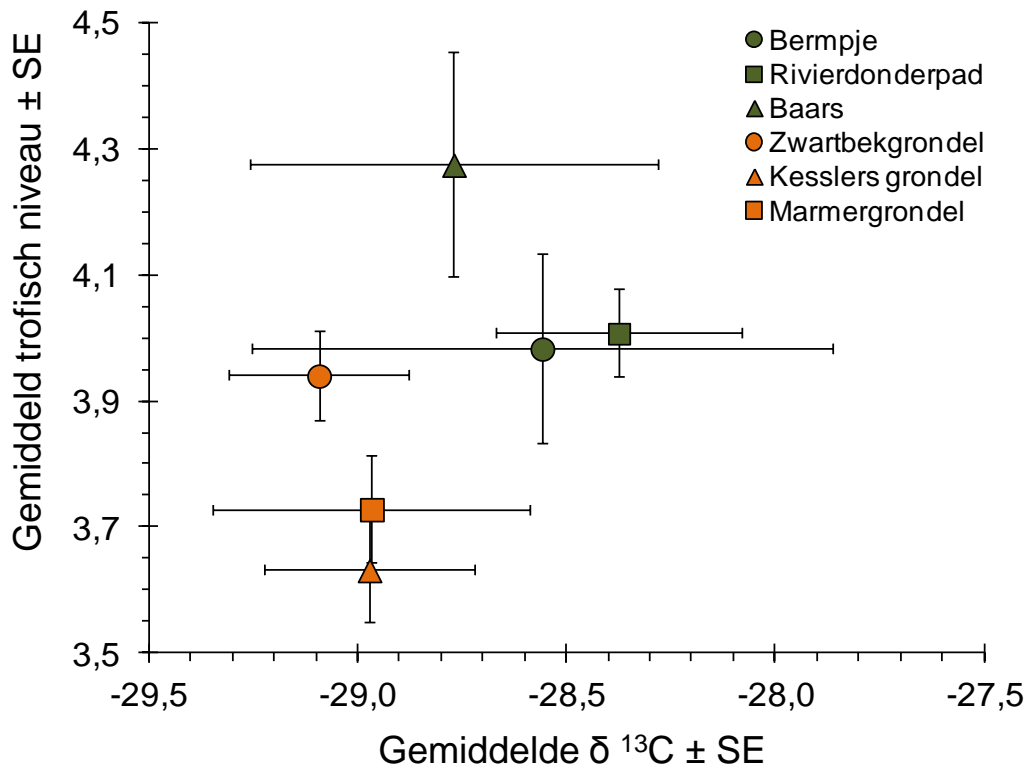
3.2.2 Effecten op ecosystemen

Effecten op het voedselweb

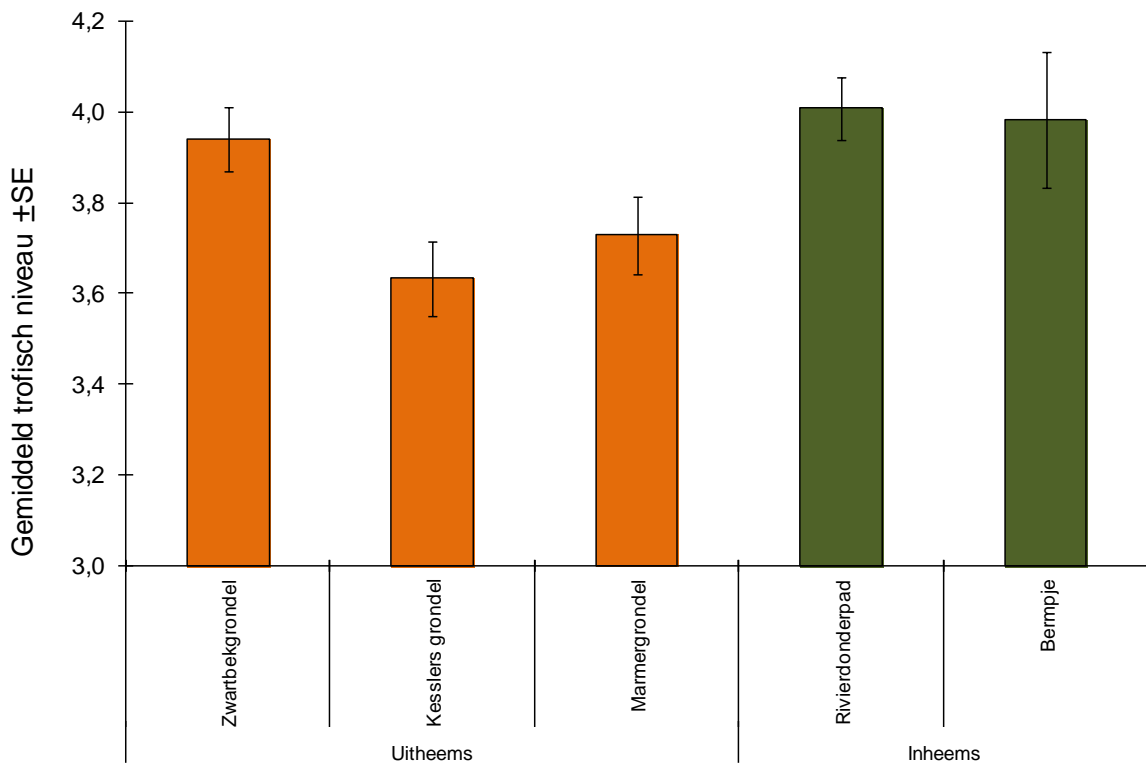
De resultaten van de stabiele isotopen analyses zijn weergegeven in figuur 3.22. De verschillende onderzochte soorten zijn ingedeeld in vier groepen: uitheemse en inheemse vissoorten, kreeftachtigen (Crustacea) en weekdieren (Mollusca). De inheemse en uitheemse vissoorten vertonen over het algemeen een hoger trofisch niveau ($\delta^{15}\text{N}$) en een hogere gemiddelde $\delta^{13}\text{C}$ dan de Crustacea en Mollusca. Om mogelijke voedselcompetitie tussen inheemse en uitheemse bodemgebonden vissoorten te bekijken is een deel van deze figuur (zwarte omlijnde gedeelte) in meer detail weergegeven in figuur 3.23. In voorliggende rapportage zullen alleen de resultaten worden besproken die binnen dit kader zichtbaar zijn. In deze figuur is te zien dat het trofische niveau tussen de verschillende inheemse en uitheemse bodemgebonden vissoorten verschilt. De zwartbekgrondel, het biermpje en de rivierdonderpad hebben hetzelfde trofische niveau, terwijl de marmergrondel en Kesslers grondel op een lager trofisch niveau vertonen. De baars (*Perca fluviatilis*) daarentegen vertegenwoordigt duidelijk een hoger trofisch niveau dan de bodemgebonden vissoorten. De onderlinge verschillen in trofisch niveau tussen de inheemse en uitheemse bodemgebonden vissoorten zijn ter verduidelijking nogmaals weergegeven in figuur 3.24.



Figuur 3.22. Gemiddeld trofisch niveau ($\delta^{15}\text{N}$) van verschillende soorten uitheemse en inheemse vissoorten, Crustacea (kreeftachtigen) en Mollusca (mosselen en slakken) afgezet tegen de gemiddelde $\delta^{13}\text{C}$. Het zwarte omlijnde gedeelte is uitvergroet in figuur 3.23.



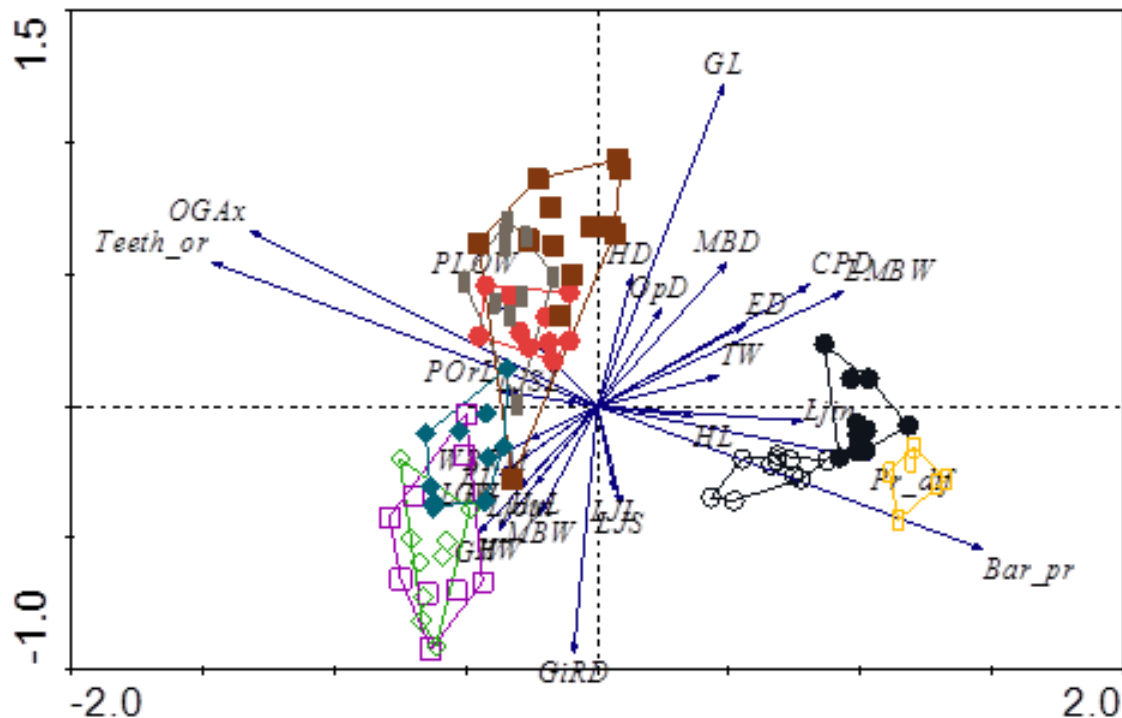
Figuur 3.23. Gemiddeld trofisch niveau ($\delta^{15}\text{N}$) in relatie tot de gemiddelde $\delta^{13}\text{C}$ waarden van twee inheemse bodemgebonden vissoorten (bermpje en rivierdonderpad), een inheemse niet-bodemgebonden vissoort (baars) en drie bodemgebonden uitheemse vissoorten (Kesslers grondel, marmergrondel en zwartbekgrondel). (Uitvergroting van figuur 3.22).



Figuur 3.24. Trofisch niveau van drie uitheemse grondelsoorten en twee inheemse bodemgebonden vissoorten in de Maas.

Voedselconsumptiestrategie: een ecomorfologische benadering

De voedselopnamestrategie van vier uitheemse grondelsoorten, één uitheemse riviergrondelsoort en vier inheemse bodemvissoorten is geanalyseerd op basis van 24 externe en interne morfologische kenmerken (Figuur 3.25; zie paragraaf 2.5.3). Uit de wetenschappelijke literatuur is bekend dat deze kenmerken van vissoorten een causale relatie hebben met de voedselopnamestrategie.



Figuur 3.25. Principaalcomponentanalyse van 24 externe en interne morfologische kenmerken voor de voedselopnamestrategie van vijf uitheemse en vier inheemse vissoorten. Legenda: ○ Bermpje (*Barbatula barbatula*); □ Rivierdonderpad (*Cottus perifretum*); ◇ Beekdonderpad (*Cottus rhenanus*); □ Riviergrondel (*Gobio gobio*); ● Pontische stroomgrondel (*Neogobius fluviatilis*); ■ Zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*); ◆ Kesslers grondel (*Ponticola kessleri*); ■ Marmergroundel (*Proterorhinus semilunaris*); ● Witvinggrondel (*Romanogobio belingi*); De uitheemse soorten zijn onderstreept. Bar_pr: baarddraden; CPD: staartworteldiepte; CPL: staartwortellengte; ED: oogdiameter; GH: bekopening verticaal; GiRD: Afstand tussen de kieuwdoorns; GL: darm lengte; GW: bekopening horizontaal; HD: kopdiepte (verticale dimensie van de kop); HW: kopbreedte; HyL: hyoidlengte; Ljin: mechanische hefboomlengte van de onderkaaksluiting; LjL: onderkaaklengte; Ljout: mechanische hefboomlengte van de onderkaakopening; LMBW: lengte van de vis op het punt van maximale lichaamsdiepte; MBD: maximale lichaamsdiepte; MBW: maximale lichaamsbreedte; OGAx: de neerwaartse hoek van de geopende bek; OpD: operculumdiepte; PLOW: de breedte van het palataal orgaan (~verhemelte); PORL: postorbitale lengte (lengte van de kop achter de oogkas); Pr_dif: verlenging van de bovenkaak bij volledige opening van de bek (protrusie); SL: Standaardlengte; Teeth_or: de aanwezigheid van tanden in de bek; TW: totaal gewicht (Data: Van Onselen, 2013).

De grootste verschillen in algehele morfologie zijn te zien tussen enerzijds de Cypriniformes (bermpje, riviergrondel en witvinggrondel) en anderzijds de Gobiidae en Cottidae. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de aanwezigheid van baarddraden, de afwezigheid van orale tanden en de neerwaartse hoek van de geopende bek in de groep van de Cypriniformes. Deze kenmerken stellen deze soorten in staat effectief op kleine bodemorganismen te foerageren, terwijl hun vermogen om grote prooien te vangen beperkt is. Gobiidae en Cottidae zijn beide beter in staat om grote prooien te vangen, waarbij opvalt dat de Cottidae in vergelijking met Gobiidae grotere bekken en een

kortere darm hebben, wat op een sterker carnivoor profiel duidt. Opvallend is dat er niet een eenduidig verschil tussen uitheemse en inheemse soorten bestaat. De morfologische variatie tussen de Gobiidae is groot, met name wat betreft darmlengte en de dichtheid van kieuwdoorns. De darmlengte is indicierend voor het type voedsel dat wordt geconsumeerd, waarbij een lange darm het eten van plantaardig materiaal en detritus vergemakkelijkt. Een grote kieuwdoorndichtheid bevordert het foerageren op kleinere prooien. De verschillen tussen de Cypriniformes zijn eveneens consistent, maar vrij subtiel en moeilijk eenduidig te interpreteren.

De analyse van de morfologische kenmerken toont niet aan dat de uitheemse vissoorten een gegeneraliseerde morfologie hebben. De zwartbekgrondel, marmergrondel, Pontische stroomgrondel en witvinggrondel overlappen in hun ecomorfologie niet met de inheemse soorten en hebben zelfs vrij gespecialiseerde morfologische kenmerken. Dit wordt afgeleid uit het feit dat ze niet dicht bij de oorsprong in figuur 3.25. zijn gepositioneerd. In hoeverre dit resulteert in daadwerkelijk gespecialiseerde diëten moet nader worden onderzocht (zie de resultaten van dieetanalyses). De morfologische kenmerken voor de voedselopname van de rivierdonderpad en beekdonderpad zijn nagenoeg gelijk. De Kesslers grondel lijkt het meest op deze twee soorten donderpadden.

Dieetanalyses

De resultaten van analyses van maaginhouden tonen dat de voedselsamenstelling van de vier uitheemse grondels verschilt per soort, sterk afhankelijk is van de bemonsterde locatie en afwijkt van het voedselpakket in het natuurlijke verspreidingsgebied (Schiphouwer, 2011).

De Kesslers grondel predeert vooral op Ponto-Kaspische vlokreeften (met name de uitheemse vlokreeft *Dikerogammarus villosus*) en visbroed van inheemse soorten. Het dieet wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van deze prooidieren op de bemonsterde locaties. Ook de zwartbekgrondel eet in het bovenrivierengebied vooral Ponto-Kaspische vlokreeften, maar deze soort predeert in het benedenrivierengebied ook op tweekleppigen en slakken. Dit betreft zowel uitheemse soorten (zoals de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* en quaggamossel *Dreissena rostriformis bugensis*) als inheemse soorten (zoals *Pisidium* spp., *Sphaerium* spp., *Bithynia* spp., *Valvata* spp. en *Stagnicola* spp.). Visbroed werd slechts incidenteel in de magen van de zwartbekgrondel aangetroffen, maar hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de visbemonsteringen pas laat in het najaar werden uitgevoerd. Zowel de zwartbekgrondel als de Kesslers grondel prefererden in de meeste habitats in de grote rivieren vooral Ponto-Kaspische soorten en deze uitheemse prooidieren hadden ook het grootste aandeel in het voedsel. De Pontische stroomgrondel predeert in het bovenrivierengebied vooral op Aziatische korfmosselen (*Corbicula* spp.), maar in vissen uit benedenstrooms gebied werden vooral inheemse ongewervelden aangetroffen (vlokreeften en muggenlarven). De marmergrondels waren afkomstig uit de Linge en hierin werden vooral inheemse ongewervelden aangetroffen. Dit waren vooral kleine kreeftachtigen (Ostracoda, Copepoda and Cladocera), waterjufferlarven (Zygoptera) en waterpissebedden (Isopoda). In de regionale wateren zijn de uitheemse macrofaunasoorten veel minder abundant dan in de grote rivieren en het brede spectrum aan prooidieren in de magen van de marmergrondels illustreert dat deze vissoort opportunistisch is wat betreft zijn voedselkeuze.

Effecten op functioneren van ecosystemen

De verdringing van inheemse bodembewonende vissen en sterke predatie van ongewervelden door uitheemse grondels heeft zeer waarschijnlijk negatieve gevolgen voor het functioneren van ecosystemen onder andere door afname van de lokale biodiversiteit en verandering van het voedselweb. Op locaties met hoge dichtheden van uitheemse grondelsoorten kan echter ook sprake zijn van positieve effecten op het functioneren van ecosystemen door bijvoorbeeld reductie van de dichtheden en dominantie van invasieve ongewervelden, zoals de Ponto-Kaspische vlokreeften, slijkgarnalen en mosselen op harde substraten. Voorts zijn er wellicht ook positieve effecten op het functioneren van ecosystemen door een toename van het voedselaanbod van roofvissen en visetende vogels. Eenduidige conclusies zijn nog niet te trekken omdat de uitheemse grondels pas recent onze binnenwateren hebben gekoloniseerd en nog niet overal hun potentiële dichtheden hebben bereikt. Daarnaast ontbreken consistente tijdreeksen over de dichtheden van inheemse soorten voor en na de kolonisatie van de uitheemse grondels.

3.3 Economische effecten en gevolgen voor de volksgezondheid

Over de maatschappelijke effecten van uitheemse grondels in Nederland is relatief weinig informatie beschikbaar. De analyse van de economische effecten is daarom voornamelijk gebaseerd op anekdotische kennis en persoonlijke mededelingen van belanghebbenden. Binnen de (sport)visserij kunnen zowel positieve als negatieve effecten aan de orde zijn. De balans is echter op basis van de huidige kennis nog niet op te maken.

Effecten (sport)visserij

Sommige beroepsvissers vrezen sterke predatie van de uitheemse grondels op visbroed van inheemse vissen, maar dit kan vooralsnog niet worden bevestigd met de resultaten van de analyses van maaginhouden en stabiele isotopen (Paragraaf 3.2.2). Door hun bodemgebondenheid, opportunistische voedselkeuze, hoge consumptie en hoge dichtheid in diverse biotopen zijn uitheemse grondels wel voedselconcurrenten voor bodembewoners zoals de paling (*Anguilla anguilla*). Anderzijds zijn de grondels zelf ook weer een voedselbron voor visetende soorten zoals de paling en snoekbaars. Een groter voedselaanbod heeft mogelijk een positieve invloed op de stand van visetende soorten in gebieden met hoge dichtheden grondels.

De overdracht van parasieten van uitheemse grondels naar inheemse vissen en andersom kan in potentie negatieve gevolgen hebben voor vissoorten die van belang zijn voor de (sport)visserij (Paragraaf 3.2.1). Over de omvang van dit probleem is echter nog onvoldoende informatie beschikbaar voor een betrouwbare risicoschatting.

De sportvisserij ziet sommige uitheemse vissoorten, zoals de roofblei (*Aspius aspius*), als een welkome aanvulling op de visstand, maar loopt voor de vele uitheemse grondels niet warm (Beelen, 2013). Volgens Van Aalderen (Persoonlijke mededeling, 27 mei 2013) van Sportvisserij Nederland laten de zwartbekgrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel zich makkelijk met de hengel vangen. De vangsten zijn in de grote rivieren en kanalen vaak zo massaal dat sportvissers hierover klagen. Grondels

spreken veel hengelaars niet tot de verbeelding vanwege hun geringe lengte. Daarbij komt dat de grondels vangsten van andere vissoorten verhinderen.

Uit nog ongepubliceerd onderzoek van Sportvisserij Nederland blijkt dat de grondels op de IJssel de eerste plaats innemen van de meest gevangen vissoorten en op het Amsterdam-Rijnkanaal de derde plaats na brasem en blankvoorn (Van Aalderen, persoonlijke mededeling, 27 mei 2013). Verder blijkt dat de waardering van de uitheemse grondelsoorten door de recreatieve visser erg laag is. De vangst wordt vaak beschouwd als een ongewenste bijvangst, die de vangsten van gewenste vissoorten als brasem en blankvoorn negatief beïnvloedt. Ook de contacten van Sportvisserij Nederland met de achterban (onder andere via social media) bevestigen het beeld dat sportvissers de uitheemse grondels over het algemeen niet waarderen. Het is lastig de grondels tijdens het vissen te vermijden. Ze zijn wijd verspreid, bevinden zich in nagenoeg alle habitats op de grote wateren en zijn vrij agressief waardoor ze direct reageren op het aangeboden aas. Ondanks hun kleine lengte kunnen ze relatief groot aas aan. Zelfs met grotere haken - die voornamelijk voor grote vis als brasem worden gebruikt - zijn de grondels nog te vangen.

Toch zijn er ook enkele positieve signalen vanuit de sportvisserij (Van Aalderen, persoonlijke mededeling, 27 mei 2013): “Een aantal sportvissers vist gericht op deze visjes omdat ze makkelijk vangbaar zijn. Het is enigszins vergelijkbaar met het zogenaamde ‘baarspeuteren’ of de ‘baarscolleges’ in Noord-Holland. Daar is het ook de uitdaging om in korte tijd zoveel mogelijk kleine visjes van één soort (baars) te vangen. Op wateren waar de vangsten teruglopen kan de vangst van grondels de terugloop in vangsten van andere soorten enigszins compenseren. Voor jeugdige en beginnende vissers kan het ook een leuk visje zijn, vanwege de eenvoudige manier van vissen en de grote kans op succes. Grote vangsten qua aantallen zijn ook een positief aspect. In een uur tijd kunnen met gemak meer dan 20 vissen worden gevangen, wat het een actieve visserij maakt.”

Ook tijdens ons veldonderzoek ontvingen wij regelmatig klachten van sportvissers omdat in rivieren en kanalen voornamelijk uitheemse grondels worden gevangen. Enkele sportvissers vinden dat het sterk toenemend aantal vangsten van uitheemse grondels tijdens wedstrijden een negatief effect heeft op hun sportbeleving. Tijdens een recente hengelwedstrijd in het Maas-Waalkanaal werden vrijwel uitsluitend uitheemse grondels gevangen. Daarnaast is ook bekend dat sportvissers uitheemse grondels gebruiken als aasvis, vooral ook omdat deze vissen gemakkelijk zijn te vangen. Hierdoor fungeert de sportvisserij mogelijk als vector voor de secundaire verspreiding van de uitheemse grondels in Nederland.

Tenslotte worden uitheemse grondels ook gebruikt voor menselijke consumptie (Figuur 3.26). Informatie over de omvang daarvan ontbreekt. Vooral het visvlees van de Pontische stroomgondel schijnt zeer smaakvol te zijn.

Effecten voor volksgezondheid

Over de (potentiële) effecten van de uitheemse grondels voor de volksgezondheid is geen informatie gevonden. Een aandachtspunt voor nader onderzoek is de accumulatie van organische verontreinigingen in gesloten visgebieden van de grote rivieren, omdat gevangen uitheemse grondels voor menselijke consumptie (kunnen) worden gebruikt

(zie figuur 3.26). Andere bodembewoners zoals de paling en Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) bevatten in gebieden met verontreinigde bodems hoge gehalten gifstoffen (onder andere dioxines en polychloorbifenylyls) en daarom is voor dergelijke gebieden sinds 2011 een vangstverbod van kracht (Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, 2013). Door hun opportunistische voedselkeuze en hoge consumptie is niet uit te sluiten dat ook bij uitheemse grondels bioaccumulatie van organische gifstoffen optreedt in gebieden met verontreinigde waterbodems.



Figuur 3.26. ‘Smoking gobies’ op de barbecue (© foto: R. Neuteboom Spijker, 2012).

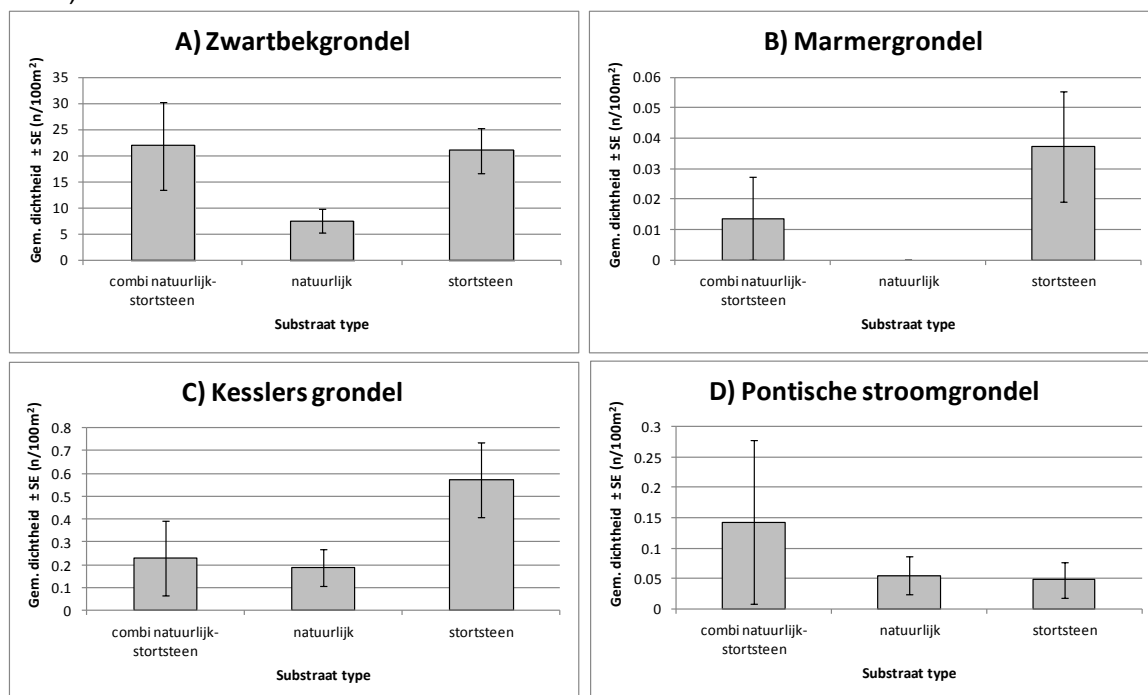
Tevens kan bioaccumulatie op hogere trofische niveau's aan de orde zijn. Zo is de zwartbekgrondel in de grote meren van Noord-Amerika bijvoorbeeld één van de weinige soorten die zich voedt met de abundant aanwezige driehoeksmossel en quaggamossel (Jude *et al.*, 1995). Van deze mosselsoorten is bekend dat zij verontreinigingen accumuleren (Marentette, 2010; Matthews *et al.*, 2012). Door bioaccumulatie in de uitheemse zwartbekgrondel ontstaan mogelijk nieuwe routes voor hogere trofische niveau's, zoals roofvissen (Morrison *et al.*, 2000). De concentraties kwik in roofvissen zoals de ‘smallmouth bass’ (*Micropterus dolomieu*) in Lake Erie in Noord-Amerika worden toegeschreven aan het mosseldieet van de zwartbekgrondel. De hoge kwikconcentraties in deze vissen staan in contrast met de afnemende concentraties in het sediment ter plaatse en kunnen alleen worden verklaard door bioaccumulatie (Hogan *et al.*, 2007).

3.4 Mitigatie van ecologische effecten

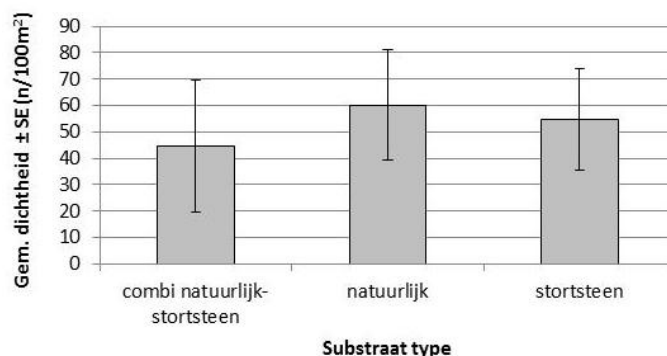
De figuren 3.26a-d tonen de gemiddelde dichtheid van de vier uitheemse grondelsoorten in de oevers van het Hollandsch Diep. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen oevertypen waarbinnen 1) stortsteen dominant aanwezig is, 2) natuurlijke substraten dominant aanwezig zijn, en 3) het aandeel natuurlijke substraten en stortsteen gelijk is (combi natuurlijk-stortsteen). De dichtheid is uitgedrukt in aantal individuen per 100 m² en per soort uitgezet voor deze drie oevertypen.

Met uitzondering van de marmergrondel (Figuur 3.26b) worden de grondelsoorten in alle oevertypen aangetroffen. De marmergrondel is niet aangetroffen in het natuurlijke

oevertype, echter ook in de andere oevertypen is marmergrondel nauwelijks aanwezig. De hoogste dichtheden van de zwartbekgrondel en Kesslers grondel zijn op stortstenen oevers waargenomen (Figuur 3.26a en c). De Kesslers grondel komt echter in alle oevertypen in relatief lage dichtheden voor. De zwartbekgrondel daarentegen komt in zeer hoge dichtheden voor. Het dichtheideffect is met name voor deze soort erg duidelijk. In stortstenen oevers worden circa 21 exemplaren per 100 m² aangetroffen, terwijl dit in het natuurlijke oevertype circa zeven exemplaren per 100 m² zijn. De hoge dichtheid zwartbekgrondels in het oevertype 'combi natuurlijk-stortsteen' wordt waarschijnlijk gefaciliteerd door de aanwezige stortstenen. Dichtheden van de Pontische stroomgrondel zijn over het algemeen laag en er is geen verschil in dichtheid tussen de verschillende oevertypen (Figuur 3.26d). De soort is weinig gebonden aan oevers en voornamelijk aanwezig op vlakke sedimentbodems in het open water (zie paragraaf 3.1.3).



Figuur 3.26a-d. Gemiddelde dichtheid (± SE) van invasieve grondelsoorten in de periode 2008-2012 in verschillende oevertypen in het Hollandsch Diep (aantal locaties combi natuurlijk-stortsteen: n=10; natuurlijk: n=20; stortsteen: n=20; De marmergrondel is alleen in de Vreugderijkerwaard aangetroffen; let op: schaalverschil y-as figuren A-D).

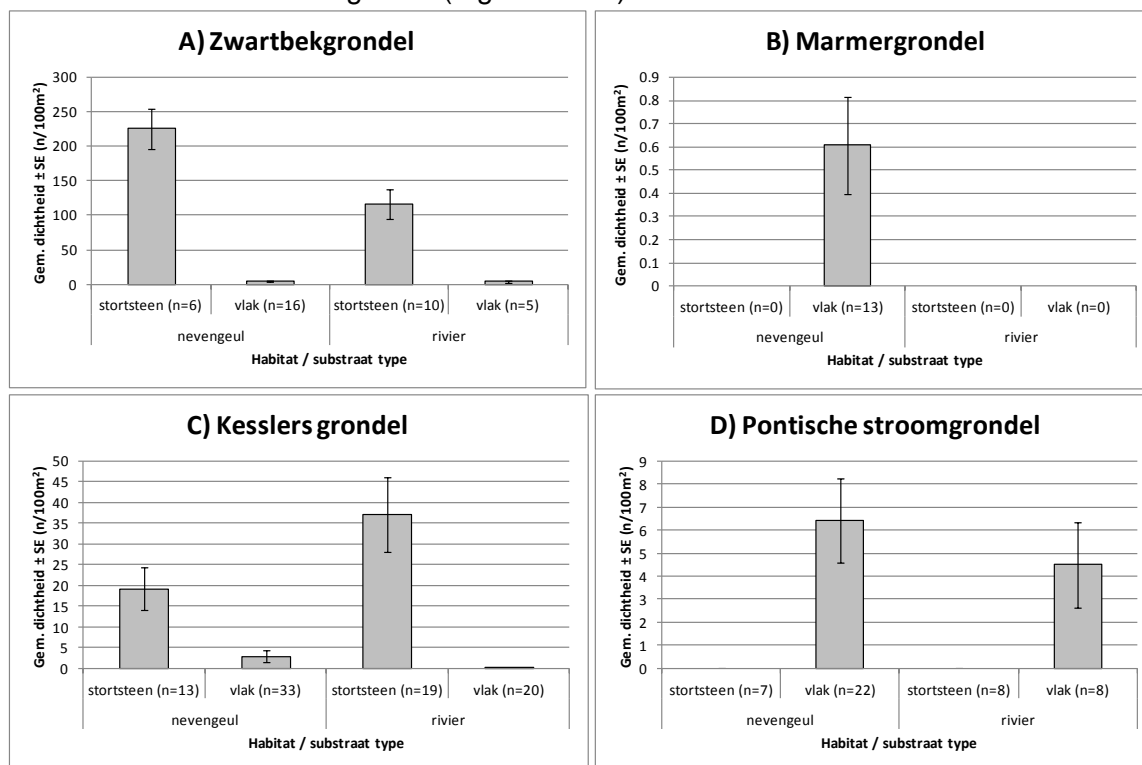


Figuur 3.27. Gemiddelde dichtheid (± SE) van inheemse visfauna in de periode 2008-2012 in verschillende oevertypen in het Hollandsch Diep (aantal locaties combi natuurlijk-stortsteen: n=10; natuurlijk: n=20; stortsteen: n=20).

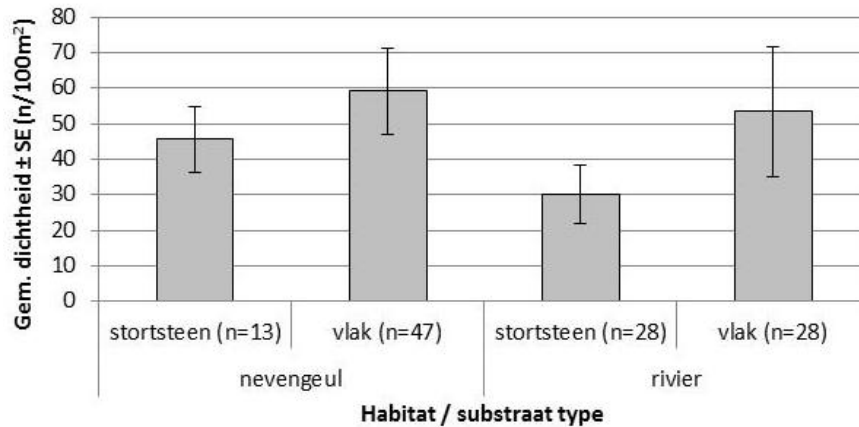
Figuur 3.27 geeft de gemiddelde dichtheid van de inheemse visfauna in de verschillende oevertypen van het Hollandsch Diep. In de natuurlijke substraattypen zijn weliswaar de hoogste visdichtheden gevonden maar deze verschillen niet significant van de overige typen. In vergelijking met de dichtheden van de uitheemse grondels zijn de dichtheden van de inheemse visfauna in het Hollandsch Diep nog relatief hoog. De zwartbekgrondel heeft in de combi- en stortsteensubstraten echter al een substantieel aandeel in de visfauna (30-35% van de individuen).

Nevengeul versus hoofdstroom rivier

De figuren 3.28a-d geven de gemiddelde dichtheden weer van grondels in stortstenen en vlakke sedimentbodems in de hoofdstroom van de rivier en in nevengeulen. De zwartbekgrondel is in zeer hoge dichtheden in stortstenen oevers (circa 225 exemplaren per 100 m²) en in relatief lage dichtheden aanwezig op vlakke sedimentbodem (circa vier exemplaren per 100 m²). In stortstenen habitats in nevengeulen is de soort in vergelijking met stortstenen habitats in de rivier in hogere dichtheden aangetroffen. Kesslers grondel is eveneens voornamelijk in stortstenen habitats aangetroffen (circa 37 exemplaren per 100 m²). De hoogste dichtheden van de Kesslers grondel worden in tegenstelling tot de zwartbekgrondel echter aangetroffen in stortstenen habitats in de hoofdstroom van de rivier. De Pontische stroomgrondel is alleen aangetroffen op vlakke sedimentbodems, waarbij dichtheden in nevengeulen in vergelijking met de rivier weinig verschillen. De marmergrondel is alleen in lage dichtheden aangetroffen op vlakke sedimentbodems in nevengeulen (Figuur 3.28b).



Figuur 3.28. Gemiddelde dichtheid (\pm SE) van invasieve grondels (periode 2009 en 2012) op stortstenen en vlakke sedimentbodems in rivieren (Waal en IJssel) en nevengeulen (Opijnen, Gameren en Vreugderijkerwaard) (let op: schaalverschil y-as figuren A-D).



Figuur 3.29. Gemiddelde dichtheid (\pm SE) van de inheemse visfauna (periode 2009 en 2012) op stortstenen en vlakke sedimentbodems in rivieren (Waal en IJssel) en nevengeulen (Opijnen, Gameren en Vreugderijkerwaard).

Figuur 3.29 geeft de gemiddelde dichtheid van de inheemse visfauna in stortstenen en vlakke sedimentbodem in de hoofdstroom van de rivier en in nevengeulen. De dichtheid van inheemse vissoorten op de meer natuurlijke vlakke sedimentbodems is hoger dan in stortstenen habitats. Voor de goede orde wordt echter opgemerkt dat de dichtheden in de twee habitattypen niet direct met elkaar vergeleken mogen worden vanwege verschillende vangstmethodieken. De dichtheden van de zwartbekgrondel en Kesslers grondel (figuur 3.28a en c) op bodems met stortstenen zijn echter relatief hoog in vergelijking met de dichtheid van inheemse vissen.

4. Discussie

4.1 Sleutelfactoren voor verspreiding en invasiviteit

Verspreiding in Nederland

De vier invasieve grondelsoorten hebben zich in een tijdsbestek van maximaal 10 jaar over grote delen van Nederland verspreid (Van Kessel *et al.*, 2012b; Spikmans *et al.*, 2010; Cammaerts *et al.*, 2012). De marmergrondel is als eerste Ponto-Kaspische grondelsoort in Nederland aangetroffen en heeft momenteel het grootste verspreidingsgebied. De marmergrondel wordt in toenemende mate aangetroffen in regionale wateren (Spikmans *et al.*, 2010). Hoewel ook steeds meer waarnemingen van zwartbekgrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel worden gedaan in regionale wateren (www.natuurbericht.nl), blijft de verspreiding van deze soorten (vooralsnog) voornamelijk beperkt tot de grote rivieren en daarmee verbonden kanalen en meren. Monitoring dient uit te wijzen in hoeverre de betreffende soorten in staat zijn om ook regionale wateren te koloniseren.

De vier Ponto-Kaspische grondelsoorten blijken ook diverse Natura 2000 gebieden en een verscheidenheid aan KRW-waterlichamen te koloniseren. De mate van isolatie of connectiviteit bepaalt in belangrijke mate de mogelijkheid van de soorten om dergelijke gebieden te koloniseren.

Dispersiesnelheden, vectoren en corridors

De vier Ponto-Kaspische grondelsoorten zijn wijdverspreid in Nederland aanwezig. De dispersiesnelheden van deze soorten zijn hoog. De marmergrondel kan momenteel in tenminste 200 uurhokken worden aangetroffen (Figuur 3.5). De Pontische stroomgrondel is in 2008 voor het eerst aangetroffen in Nederland en bezet nu al zeker 75 uurhokken. Het aantal uurhokken waarin de soorten worden aangetroffen is indicatief voor het invasieve karakter van de soorten. Voor de onderlinge vergelijking van soorten moet het aantal uurhokken wel met voorzichtigheid worden gehanteerd omdat sprake kan zijn van waarnemereffecten, en verschillende bemonsteringmethoden en -intensiteiten (zie paragraaf 4.4). Wanneer echter wordt gekeken naar de dispersiesnelheid van de soorten in het netwerk van waterwegen is te zien dat de Pontische stroomgrondel zich de afgelopen jaren het snelst over Nederland heeft verspreid over afstanden van gemiddeld circa 40 km per jaar (Figuur 3.6).

De verspreiding van de uitheemse grondelsoorten over Nederland wordt door verschillende vectoren en corridors gefaciliteerd. De soorten zijn zowel via de grote rivieren (Kesslers grondel, marmergrondel en Pontische stroomgrondel) het land binnengekomen als via ballastwater van schepen (zwartbekgrondel). Transport via scheepvaartverkeer door het Julianakanaal heeft waarschijnlijk ook een rol gespeeld bij de verspreiding van marmergrondel richting de bovenloop van de Grensmaas. Verspreiding van de soorten tussen de stroomgebieden van Maas en Waal is daarnaast gefaciliteerd door de aanwezigheid van twee kanalen, het Maas-Waalkanaal en het kanaal van St. Andries (Van Kessel *et al.*, 2012b). Deze kanalen zijn zeer geschikt als corridor door de aanwezigheid van oevers met grote hoeveelheden stortsteen. Leuven *et al.* (2009) heeft de migratie van invasieve soorten door het Main-Donau kanaal beschreven. Transport via scheepvaartverkeer en kanalen heeft ook in de grote meren

van Noord-Amerika (mogelijk) een belangrijke rol gespeeld in de verspreiding van invasieve grondels (Carlton & Geller, 1993; Wonham *et al.*, 2000; Ricciardi & Maclsaac, 2000). De soorten zijn daarnaast in staat vispassages te passeren en worden veelal via waterinlaten en gemalen naar andere gebieden geleid.

Verspreiding als gevolg van het gebruik van de grondelsoorten als aasvis of (on)bewuste uitzettingen moet niet onderschat worden. Grondels worden soms gebruikt als aasvis, maar in Nederland nog niet aangeboden via de sportvishandel. In Amerika is dit wel al het geval voor de zwartbekgrondel (Wickett & Corkum, 1998). Het gebruik van deze soort als aasvis wordt daar met name als risicovol gezien in geïsoleerde gebieden buiten de grote meren (Kornis *et al.*, 2012). In Nederland betreft dit gebieden die geïsoleerd liggen van de grote rivieren. Regelgeving en bewustwording kunnen bijdragen aan het beperken van de risico's van verspreiding van uitheemse grondels naar geïsoleerde wateren door het gebruik als aasvis en (on)bewuste uitzettingen.

De marmergrondel komt ook voor in een aantal (periodiek) geïsoleerde rivierbegeleidende wateren. Het is waarschijnlijk dat overstroming van deze wateren tijdens hoge rivierafvoer een vector is voor de laterale verspreiding van de marmergrondel in rivieruiterwaarden. Toekomstige monitoring moet uitwijzen of ook andere uitheemse grondelsoorten via overstromingen worden verspreid naar periodiek geïsoleerde uiterwaardplassen.

Dichtheden en bezettinggraad van invasieve grondels in Nederland

De marmergrondel, zwartbekgrondel, Kesslers grondel en Pontische stroomgrondel bezetten in snel tempo de Nederlandse rivieren (Van Kessel *et al.*, 2011a, 2012b; Cammaerts *et al.*, 2012). De marmergrondel koloniseert daarbij tevens regionale wateren (deze studie; Spikmans *et al.*, 2010; Bruijnes, 2010; Meijer, 2012).

In het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede vertoonde de zwartbekgrondel in het eerste jaar na kolonisatie van het onderzoekgebied al een hoge dichtheid. De dichtheid liep in 2011 op tot circa 17 exemplaren per 100 m². De soort was qua aantal de dominantste vissoort binnen de levensgemeenschap. De dichtheid van de andere grondelsoorten was in de oevers van het onderzoeksgebied over het algemeen niet hoger dan één exemplaar per 100 m². Ook het open water werd door de zwartbekgrondel gestaag gekoloniseerd. Dichtheden van zwartbekgrondels zijn in vergelijking met de andere soorten het hoogst (2,74 ± 0,58 exemplaren per 100 m²), echter in vergelijking met de dichtheden van zwartbekgrondel in de oevers laag. De zwartbekgrondel heeft een sterke voorkeur voor (stortstenen) oeverhabitat. Deze soort heeft als enige grondelsoort in vijf jaar tijd het gehele gebied gekoloniseerd.

De dichtheid van de Pontische stroomgrondel is in het open water hoger dan in oevers. De soort heeft een voorkeur voor vlak en zandig bodemhabitat in het open water (deze studie; Erös, 2005). De soort behaalt geen hoge dichtheden maar is in staat een groot deel van het onderzoekgebied te bezetten.

De snelle opmars van invasieve Ponto-Kaspische grondels is eveneens gedocumenteerd in het recreatiegebied Rhederlaag (Paragraaf 3.1.3). Daar is in 2010 de eerste Pontische stroomgrondel waargenomen. In 2012 zijn alle grondelsoorten aangetroffen. De zwartbekgrondel is in de hoogste dichtheden aangetroffen en de Kesslers grondel in de laagste. In de Rhederlaag is de zwartbekgrondel in drie jaar

tijd de meest dominante (bodembewonende) vissoort in het oeverhabitat geworden. Dit is recent ook waargenomen in het Markermeer (IMARES-WUR, 2013)

Ook in andere delen van Europa, zoals de Rijn in Duitsland en Zwitserland en de Golf van Gdańsk in Polen, behoren Ponto-Kaspische grondels al snel na de eerste waarneming tot de dominante vissoorten binnen de vislevensgemeenschap (Borcherding *et al.*, 2011b; Kalchhauser *et al.*, 2013; Sapota, 2004).

De marmergrondel komt slechts sporadisch voor in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede. De soort is in de Maas echter beter vertegenwoordigd en komt in delen van de Grensmaas zelfs zeer abundant voor (Van Kessel *et al.*, 2012a). De marmergrondel is in 2008 voor het eerst waargenomen in de Maas, waar de soort zowel in de benedenstroomse als in de meest bovenstroomse delen van de rivier verscheen (deze studie; Cammaerts *et al.* 2012). Binnen een tijdsbestek van vijf jaar was de gehele Maas gekoloniseerd door de marmergrondel, waarbij hoge dichtheden zijn waargenomen. De dichtheden zijn in 2012 gelijk aan de dichtheden van de zwartbekgrondel in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede. De hoge dichtheid van de marmergrondel in de Grensmaas ter hoogte van Borgharen lijkt verband te houden met het aanwezige bodemsubstraat ter plaatse. In dit deel van de Grensmaas bestaat het bodemsubstraat voornamelijk uit (grof) grind. In overige delen van de Maas betreffen de harde substraten veelal stortsteen. Mogelijk speelt de afwezigheid van competitie met andere grondelsoorten in de Grensmaas ook een belangrijke rol.

Voortplantingstrategieën en reproductiecapaciteit

De vier Ponto-Kaspische grondels planten zich snel voort en de reproductiecapaciteit is hoog (paragraaf 3.2.1). De voortplanting van grondels wordt gekenmerkt door vijf stadia (Reese, 1964: geciteerd uit MacInnis & Corkum, 2000), namelijk het innemen van een territorium, het prepareren van het nest, het voortplantingsritueel, het paaien en de ouderzorg voor de eieren. Hoewel de fecunditeit over het algemeen laag is, zijn de larven bij het uitkomen groter en hebben ze een grotere overlevingskans. Het ei ontwikkelt zich in een peervormig eikapsel. De eieren en de larven van zwartbekgrondel behoren daarbij tot de grootste van alle grondelsoorten (MacInnis & Corkum, 2000) en in een nest van zwartbekgrondel kan tot 95% van de gelegde eieren uitkomen (Charlebois *et al.*, 1997).

Over de voortplantingstrategieën en reproductiecapaciteit van de vier grondelsoorten in Nederland is vrijwel niets bekend. Buitenlandse literatuurgegevens over hun reproductiecapaciteit lopen sterk uiteen (Charlebois *et al.*, 1997). Daarnaast verschillen de voortplantingstrategieën en reproductiecapaciteit van inheemse en invasieve populaties van de soorten veelal (paragraaf 3.2.1). Om inzicht te krijgen in hoeverre de voortplantingstrategieën en reproductiecapaciteit van de invasieve grondelsoorten in Nederland verschilt van inheemse (bodemgebonden) vissoorten is aanvullend onderzoek nodig.

4.2 Potentiële effecten

4.2.1 Competitiemechanismen invasieve grondels

Habitatcompetitie

Inheemse soorten zoals het biermpje en de rivierdonderpad vertonen een sterke voorkeur voor habitat waar ze zich goed kunnen verschuilen. Tijdens de experimenten waarin de aanwezigheid van habitatcompetitie tussen inheemse bodemgebonden vissoorten en uitheemse grondels werd onderzocht, wijzigde de sterke voorkeur van de rivierdonderpad voor de habitat 'schuilplaats' zich significant in aanwezigheid van de Kesslers grondel en marm grondel (Paragraaf 3.2.1). De rivierdonderpad werd significant minder in de schuilplaats aangetroffen als gevolg van interspecifieke competitie. Intraspecifieke competitie daarentegen kwam niet voor.

Bij het biermpje was geen verschuiving in habitatkeuze waar te nemen in aanwezigheid van invasieve grondels. Inter- en intraspecifieke competitie zijn niet waargenomen. Het biermpje vertoont in tegenstelling tot de rivierdonderpad geen competitief gedrag. Mogelijk ligt dit ten grondslag aan het verschil in de reactie op de aanwezigheid van invasieve grondels tussen beide soorten.

In tegenstelling tot eerder gesuggereerde negatieve effecten van de zwartbekgrondel op inheemse bodembewonende vissoorten (Dubs & Corkum, 1996; Janssen & Jude, 2001; French & Jude, 2001; Lauer *et al.*, 2004; Balshine *et al.*, 2005; Karlson *et al.*, 2007; Bergstrom & Mensinger, 2009; Kakareko *et al.*, 2013) is in het habitatexperiment geen effect waargenomen. Het experiment is buiten het voortplantingseizoen van de gebruikte soorten uitgevoerd. Mogelijk vindt competitief gedrag bij de zwartbekgrondel alleen plaats gedurende het voortplantingseizoen, zoals ook al is gesuggereerd door Janssen & Jude (2001).

Hoewel de gegevens uit experimenten niet direct kunnen worden vertaald naar de veldsituatie is competitie om habitat wel een mechanisme dat (potentieel) negatieve effecten van Ponto-Kaspische grondels op inheemse bodemgebonden vissoorten kan verklaren.

Voedselconsumptie en -competitie

Middels experimenten is de voedselconsumptie en potentiële voedselcompetitie van invasieve grondels versus inheemse bodemgebonden vissoorten onderzocht. Inheemse bodemgebonden vissoorten eten per gram lichaamsgewicht minder dan hun invasieve concurrenten. Dit verschil in voedselconsumptie ligt mede ten grondslag aan het succes van de invasieve grondelsoorten. De Ponto-Kaspische grondelsoorten komen buiten hun oorspronkelijke verspreidingsgebied veelal voor in habitat waar weinig predatoren aanwezig zijn. Aangezien zij zich in dergelijk habitat minder hoeven te verschuilen, is meer tijd over om te foerageren. De extra energie die de grondels dan tot zich nemen, kan mogelijk worden omgezet in een snellere lichaamsgroei (MacInnis, 1997), waardoor zij ook sneller opgroeien tot volwassenheid (L'avrinčiková & Kováč, 2007; MacInnis & Corkum, 2000) en meerdere eilegels per seizoen produceren (Kovtun, 1977; MacInnis & Corkum, 2000). Hierdoor zijn de populaties in staat een snelle dichtheidsgroei en relatief snelle dispersie te bewerkstelligen.

Het voedselaanbod voor de uitheemse grondels was niet limiterend tijdens hun kolonisatie van de grote rivieren. De invasies van de grondels zijn immers voorafgegaan door de vestiging van een talrijke uitheemse mossel- en vlokreeftsoorten (Leuven *et al.*, 2009). Deze macrofaunasoorten kunnen in de grote rivieren in zeer hoge dichtheden voorkomen en vormen een belangrijke voedselbron voor de grondels.

Een recente studie naar de competitie om voedsel tussen de naakthalsgrondel en Europese rivierdonderpad toonde aan dat in aanwezigheid van de naakthalsgrondel de effectieve foerageertijd van de rivierdonderpad significant omlaag ging (Kakareko *et al.*, 2013). Oorzaak hiervan was het agressieve gedrag van de naakthalsgrondel ten opzichte van de rivierdonderpad.

Voedselconsumptiestrategie

De opportunistische voedselconsumptiestrategie en snelle dichtheidtoename van de uitheemse grondelsoorten heeft mogelijk tot gevolg dat naast habitatcompetitie ook voedselcompetitie met inheemse vissoorten aanwezig is of gaat optreden. De hoge dichtheid van uitheemse grondels in een aantal biotopen draagt echter ook bij aan een grotere voedselbeschikbaarheid van visetende vissoorten en watervogels.

Omdat uitheemse grondels meer eten per gram lichaamsgewicht dan de inheemse bodemgebonden soorten en een breed spectrum aan soorten consumeren zijn ook gevolgen voor de samenstelling van macrofaunalevensgemeenschappen niet uit te sluiten. Enerzijds kunnen hierdoor negatieve effecten op (beschermde) inheemse macrofaunasoorten optreden. Anderzijds kan door een sterkere predatie van de grondels op uitheemse macrofauna, zoals de Ponto-Kaspische vlokreeft (*Dikerogammarus villosus*), ook de dominantie van exoten ten opzichte van inheemse soorten verminderen. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen wat de balans van deze positieve en negatieve effecten voor de inheemse biodiversiteit zal zijn.

4.2.2 Effecten op inheemse vissen

Effecten op vissoorten

De resultaten van de bemonsteringen laten een sterke afname zien van de rivierdonderpad en het biermpje als gevolg van de opkomst van de zwartbekgrondel op de onderzochte locaties in de Maas. Op locaties die nog niet door zwartbekgrondel waren gekoloniseerd, was de dichtheid van de rivierdonderpad onveranderd. De dichtheid biermpjes nam op de controle locaties zelfs toe. Het correlatieve verband tussen de toename van de zwartbekgrondel in de Maas en de afname van rivierdonderpad en biermpje op de betreffende locaties, wijst er op dat de rivierdonderpad en het biermpje door de zwartbekgrondel zijn weggeconcentreerd. Omdat het primaire verspreidingsgebied van het biermpje vooral is geconcentreerd in beeksystemen geven de resultaten een indicatie van de bedreiging van het biermpje door de zwartbekgrondel in het geval deze uitheemse grondel ook beken gaat koloniseren.

In Noord-Amerika is een negatieve correlatie aangetoond tussen de dichtheid van de zwartbekgrondel en gevlekte donderpad *C. bairdii* (Dubs & Corkum, 1996; Jude *et al.*, 1995; French & Jude, 2001; Lauer *et al.*, 2004). Met name het agressieve gedrag van de zwartbekgrondel en de competitie om voortplantingshabitat zouden hieraan ten grondslag

liggen. Daarnaast zijn er aanwijzingen uit het buitenland dat uitheemse grondels daar ook negatieve effecten hebben op enkele andere bodemgebonden vissoorten. Het betreft onder andere de houtbaars *Percina caprodes* (Balshine *et al.*, 2005; Bergstrom & Mensinger, 2009), Europese rivierdonderpad *C. gobio* (Kakareko *et al.*, 2013), slijmige donderpad *C. cognatus* (Bergstrom & Mensinger, 2009), lepelkopdonderpad *C. ricei* (Bergstrom & Mensinger, 2009), soldaatbaars *Etheostoma nigrum* (Lauer *et al.*, 2004) en bot *Platichthys flesus* (Karlson *et al.*, 2007).

De zeer hoge dichtheid zwartbekgrondels die in de Maas binnen één jaar wordt bereikt, wijst op een snelle reproductie en mogelijk ook lichaamsgroei van de soort. Tezamen met de achteruitgang van rivierdonderpad en biermpje impliceert dit competitie-mechanismen die samenhangen met de voortplanting (Janssen & Jude, 2001). Competitie om schuil- en eiafzetplaatsen is daarom zeer aannemelijk. Negatieve effecten op inheemse soorten als gevolg van voedselcompetitie (Poos *et al.*, 2010; Bergstrom & Mensinger, 2009; French & Jude, 2001), predatie op eieren van andere soorten (Chotkowski & Marsden, 1999) of exemplaren van andere vissoorten (Brandner *et al.*, 2013a) is niet uit te sluiten. Of competitie met andere grondelsoorten voorkomt, is nog niet bekend. Met betrekking tot rivierdonderpad is alleen experimenteel aangetoond dat competitie met andere grondelsoorten mogelijk is (Van Kessel *et al.*, 2011a).

Op basis van de huidige bevindingen in Nederland zijn effecten op meer inheemse soorten te verwachten. Experimenteel is competitie vastgesteld tussen de inheemse riviergrondel en de zwartbekgrondel, waarbij de riviergrondel als gevolg van de aanwezigheid van zwartbekgrondel zijn habitatgebruik wijzigde (De Bruijn, 2011). Andere inheemse soorten waarvan op basis van competitie met invasieve grondels op (korte) termijn effecten zijn te verwachten betreffen: kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*), bot en mogelijk pos (*Gymnocephalus cernuus*). Experimenteel onderzoek heeft geen negatief effect aangetoond tussen zwartbekgrondel en pos (Savino *et al.*, 2007).

Hybridisatie en genetische effecten

Door de grote fylogenetische afstand tussen de uitheemse grondels en de Nederlandse zoetwatervissoorten is hybridisatie niet te verwachten. Wel zou hybridisatie tussen de Ponto-Kaspische soorten onderling zou een rol kunnen spelen. Recente waarnemingen tonen immers dat de Pontische stroomgrondel en zwartbekgrondel, buiten hun oorspronkelijke verspreidingsgebied hybridiseren (Lindner *et al.*, 2013). Enkele leden van de Nederlandse brak- en zoutwatervisfauna behoren ook tot de familie van de Gobiidae. Door grotere fylogenetische verwantschap zou theoretisch ook hybridisatie met deze soorten mogelijk zijn.

Bij inheemse vissoorten kunnen wel gedragveranderingen of genetische effecten plaatsvinden door sterke habitatcompetitie of predatiedruk van uitheemse grondels. Over dergelijke effecten op inheemse biodiversiteit is echter geen informatie gevonden in de internationale literatuur. Toekomstig onderzoek moet uitwijzen of door veranderingen in competitie of predatie genetische effecten op inheemse soorten kunnen optreden.

Parasieten

Grondels afkomstig uit hun natuurlijke verspreidingsgebied en andere Oost Europese rivieren (zoals de Donau) zijn gastheer voor een groot aantal soorten parasieten (Kvach, 2004; Ondračková *et al.*, 2009; Mühlegger *et al.*, 2010). Over de aanwezigheid van deze

parasieten in grondels uit Nederlandse wateren en de gevolgen daarvan voor andere (vis)soorten en mensen is echter weinig informatie beschikbaar.

Recent zijn wel haakwormen (Acanthocephala) aangetroffen zwartbekgrondels (10,6 %), Kessler grondels (7,4 %) en Pontische stroomgrondels (4,7 %) afkomstig uit de Nederlandse rivieren. Zeer waarschijnlijk behoren alle verzamelde exemplaren van deze parasieten tot de soort *Pomphorhynchus laevis* (Schiphouwer, 2011; Persoonlijke mededeling Prof. dr. B. Sures, 5 april 2013). Gammariden fungeren als een obligate tussengastheer voor de aangetroffen haakwormen (Emde *et al.*, 2012). De grondels zijn daarentegen paratene tussengastheren. Dit betekent dat grondels niet nodig zijn voor de ontwikkeling van haakwormen en dat deze parasieten in grondels ook niet veranderen van levensstadium. Voor zover bekend worden haakwormen van het geslacht *Pomphorhynchus* niet geslachtsrijp in grondels. Mogelijk is sprake van post-cyclische transmissie wanneer predatie van uitheemse grondels door inheemse roofvissen optreedt (Persoonlijke mededeling Prof. dr. B. Sures, 5 april 2013). Hierdoor kan de overdracht van haakwormen naar roofvissen toenemen. De haakworm *P. laevis* is ook waargenomen in Kessler grondels uit de Slovaakse Donau (Ondračková *et al.*, 2009).

Voorts is in één zwartbekgrondel uit de Waal ook de parasitaire zuigworm *Diplostomum spathaceum* aangetroffen (Paragraaf 3.4). Deze parasiet veroorzaakt in Noord-Europese landen regelmatig problemen in de viskweek (Hakalahti *et al.*, 2006). Elders in Europa zijn ook larven van de parasiet *Anguillicola crassus* waargenomen in de Kesslers grondel, marm grondel en zwartbekgrondel (Koubková & Baruš, 2000; Ondračková *et al.*, 2009; Persoonlijke mededeling Prof. dr. B. Sures, 5 april 2013). Dit is een belangrijke parasiet in de zwemblaas van de paling. Massa-invasies van de Ponto-Kaspische grondels die zijn geïnfecteerd met *A. crassus* kunnen een additioneel infectierisico veroorzaken voor de paling (Persoonlijke mededeling Prof. dr. B. Sures, 5 april 2013). Over de precieze rol van de uitheemse grondels in de overdracht van endemische en uitheemse parasieten naar inheemse (vis)soorten en de (potentiële) gevolgen daarvan voor de visstand is echter weinig kennis beschikbaar. Verder onderzoek naar de overdracht van inheemse en uitheemse parasieten door grondels naar inheemse vissoorten wordt dan ook aanbevolen.

4.2.3 Ecologische effecten inheemse macrofauna

Hoewel de effecten van de uitheemse grondels op macrofauna in de voorliggende studie niet op soort- en systeemniveau zijn onderzocht, indiceren de resultaten van de maaginhoudanalyses, stabiele isotopen analyses en foerageerstrategie dat de kolonisatie door Ponto-Kaspische grondels grote invloed zal hebben op de dichtheid van ongewervelde waterdieren en de samenstelling van hun levensgemeenschappen. Dergelijke negatieve effecten zijn in de literatuur al beschreven voor de zwartbekgrondel in de grote meren van Noord-Amerika (Lederer *et al.*, 2006; Krakowiak & Pennuto, 2008).

4.2.4 Effecten op het voedselweb en functioneren van ecosystemen

De resultaten van het onderzoek naar de positie van de uitheemse grondelsoorten in het voedselweb indiceren dat deze invasieve vissoorten significante effecten kunnen

veroorzaken op de samenstelling en het functioneren van voedselwebben en daarmee ook op het functioneren van ecosystemen in de Nederlandse wateren.

Zowel het experiment waarin de voedselconsumptie van uitheemse versus inheemse soorten is bepaald als in de analyses van de maaginhouden, komt naar voren dat de soorten een opportunistische voedingsstrategie hebben, waarbij mogelijk veel voedsel wordt geconsumeerd (Paragraaf 3.2). Daarnaast laten de resultaten van de isotopenanalyse en de ecomorfologische benadering zien dat er tevens veel overlap is in de benutting van voedselcomponenten. Voedselcompetitie tussen inheemse en uitheemse soorten is een plausibel mechanisme dat schuilgaat achter de negatieve effecten op inheemse vissoorten (Paragraaf 4.2.2). Door de opportunistische voedingstrategie van de grondelsoorten is een negatief effect op de macrofauna levensgemeenschap aannemelijk (Paragraaf 4.2.3). Om een goed beeld te krijgen van de effecten van invasieve grondels op de samenstelling van voedselwebben en het functioneren van ecosystemen is nader onderzoek nodig.

4.2.5 Maatschappelijke effecten

Sport- en beroepsvisserij

Volgens Van Aalderen van Sportvisserij Nederland (Persoonlijke mededeling, 27 mei 2013) slaat de balans van uitheemse grondels voor de sportvisserij ver negatief door en worden de grondels door het overgrote deel van de sportvissers niet gewaardeerd. De bijdrage van de sportvisserij aan het oplossen of beter begrijpen van het uitheemse grondel probleem ligt vooral op het gebied van kennis verzamelen en voorlichting. Sportvisserij Nederland is een proef gestart om hengselvangsten van grondels te vergelijken met die van standaard bemonsteringstechnieken als elektrovisserij. Daarnaast zou via voorlichting het vissen op grondels gepromoot kunnen worden, om zo aan het grondelprobleem een positievere draai te geven. Van Aalderen (Persoonlijke mededeling 27 mei 2013) meldt dat hem het bestrijden van grondels momenteel niet zinvol lijkt, vanwege de grote verspreiding en de snelle kolonisatie.

In paragraaf 3.3 is aangegeven dat ook voor de beroepsvisserij sprake is van zowel negatieve als positieve effecten (onder andere voedselcompetitie en overdracht van parasieten door grondels versus toename voedselaanbod voor roofvissen). Wat de lange termijn effecten zijn voor de sport- of beroepsvisserij is op dit moment nog niet duidelijk en de risico's zijn moeilijk in te schatten. De opkomst van de grondels is daarvoor nog te kort aan de gang.

Haalbaarheid Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water doelstellingen

De uitheemse grondels hebben in Nederland al diverse Natura 2000 gebieden gekoloniseerd. Voor deze gebieden gelden doelstellingen die zijn gericht op de bescherming van zowel habitattypen als soorten. De beschermde soorten en habitattypen zijn per gebied aangewezen. De doelstellingen richten zich op de landelijke staat van instandhouding van deze soorten, de omvang van hun populatie en de omvang en kwaliteit van hun leefgebied. Onder andere rivierdonderpad en kleine modderkruiper betreffen soorten waarvoor doelstellingen binnen Natura 2000 gebieden zijn opgesteld. Wat betreft de rivierdonderpad wordt over het algemeen gestreefd naar behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatie. De landelijke staat van instandhouding van de soort wordt als matig gunstig beoordeeld. De beschreven

negatieve effecten van uitheemse grondels kunnen er toe leiden dat de doelstellingen voor de rivierdonderpad niet worden gehaald. Daarom dient onderzocht te worden of de landelijke staat van instandhouding van deze en andere aangewezen vissoorten niet in het geding komen.

Voor de KRW-beoordeling van bepaalde watertypen is onder andere de groep van rheofiele, en tevens habitatgevoelige, vissoorten van groot belang. Waterbeheerders beoordelen de ecologische status van wateren onder andere op het relatieve aandeel van de rheofiele soorten binnen de vislevensgemeenschap. Rivierdonderpad en bermpje zijn rheofiele vissoorten en worden binnen de KRW-beoordeling ook geclassificeerd als 'habitatgevoelig'. De negatieve effecten op beide soorten als gevolg van de competitie met uitheemse grondelsoorten kan effect hebben op de uitkomsten van KRW-beoordelingen. De omvang van dit effect verschilt per watertype, afhankelijk van de aanwezigheid en dichtheid van uitheemse grondelsoorten. Wanneer negatieve effecten optreden van grondels op andere vissoorten, zoals de kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*) zal dat eveneens de uitkomsten van de KRW-beoordeling bepalen. Het verdient daarom aanbeveling om de gevolgen van de uitheemse grondels voor de haalbaarheid van de KRW-doelstellingen nader te onderzoeken.

Maatschappelijke kosten

De afgelopen jaren zijn diverse kwantitatieve analyses van de maatschappelijke kosten van invasieve exoten gepubliceerd in de wetenschappelijke literatuur (Pimentel *et al.*, 2005; Kettunen *et al.*, 2009). In deze publicaties worden geen ramingen gegeven van de economische schade of maatschappelijke kosten van invasieve grondels.

4.3 Beheermaatregelen

Natuurvriendelijke oevers

In voorliggende studie is het gebruik van natuurvriendelijke oever- en substraattypen onderzocht op de mitigerende werking ten aanzien van het gebruik van invasieve grondels ten opzichte van niet-natuurlijke oever- en substraattypen.

Uit de resultaten blijkt dat natuurvriendelijke oever- en substraattypen lagere dichtheden grondels herbergen dan niet-natuurlijke oever- en substraattypen. Binnen de onderzochte gebieden (Hollandsch Diep en Nieuwe Merwede) en habitats (nevengemaal en rivier) geldt dit met name voor zwartbekgrondel en Kesslers grondel. Het voorkomen van beide soorten is sterk verbonden met de aanwezigheid van stortsteen (Deze studie; Erős *et al.* 2005). Het gebruik van stortsteen faciliteert de verspreiding en hoge dichtheden van beide soorten en dient wanneer mogelijk dan ook vermeden te worden. In eerdere studies zijn reeds indicaties met betrekking tot de faciliterende werking van stortsteen voor invasieve grondels beschreven (Dorenbosch *et al.*, 2011; Van Kessel *et al.*, 2012a). Marmergrondel komt in de onderzochte gebieden en habitats nauwelijks voor. Pontische stroomgrondel daarentegen is met name in de natuurlijke (vlakke zandige) habitats aangetroffen. De leefwijze van de soort is sterk verbonden met dit habitatype (Deze studie; Juradja *et al.*, 2005; Erős *et al.*, 2005).

Wanneer de dichtheid van beide soorten in nevengeulen vergeleken wordt met de dichtheid in de hoofdstroom van de rivier, blijkt dat zowel in de hoofdstroom van de rivier

als in nevengeulen hoge dichtheden van zwartbekgrondel en Kesslers grondel zijn waargenomen. Zowel in de nevengeulen als de rivier zijn deze hoge dichtheden tot heden alleen waargenomen in stortstenen oevers. Vlakke sediment oevers herbergen alleen een relatief lage dichtheid zwartbekgrondel en Kesslers grondel. Zwartbekgrondel en Kesslers grondel hebben daarmee een sterke voorkeur voor niet-natuurlijke, stortstenen oevers. Marmergrondel komt niet of nauwelijks voor en Pontische stroomgrondel toont alleen een relatief hoge dichtheid in vlak sediment habitat, ook in nevengeulen.

Grondels koloniseren zowel natuurlijke als niet-natuurlijke habitats. Het gebruik van stortstenen voor oeverbescherming of preventie van bodemerosie faciliteert uitheemse grondels. Stortstenen zijn immers voor alle grondels belangrijk voor de eiafzet. In stortstenen habitats zijn hoge dichtheden waargenomen van met name zwartbekgrondel en Kesslers grondel (dit geldt ook ten opzichte van de dichtheden van de inheemse visfauna in deze habitats). Aangezien negatieve effecten op inheemse fauna bekend zijn bij de zwartbekgrondel, dient het gebruik van stortstenen oevers zoveel mogelijk te worden vermeden, met name in natuurvriendelijke oevers en inrichtingprojecten in uiterwaarden. De Pontische stroomgrondel behaalt zowel in de hoofdstroom van de rivier als in nevengeulen een relatieve hoge dichtheid in vlak bodemhabitat. De dichtheid van deze soort in nevengeulen is echter laag in vergelijking met zwartbekgrondel, Kesslers grondel en inheemse visfauna. In deze habitats wordt verwacht dat er minder negatieve effecten optreden.

Vismigratiebeheer

De vier Ponto-Kaspische grondelsoorten verspreiden zich snel verder in Nederland door actieve dispersie en vectoren zoals scheepvaart, gebruik als aasvis en (on)bewust uitzetten. De uitheemse grondels kunnen ook vispassages bij stuwen passeren en daardoor in de toekomst ook bovenstroomse delen of bovenlopen koloniseren van kleine rivieren en beken met populaties van bedreigde (vis)soorten (Paragraaf 3.1.6). Alleen door volledige isolatie van wateren of het aanwezig zijn van stuwen (zonder vispassage) kan de kolonisatie regionale wateren of bovenstrooms van een stuw gelegen delen van stroomgebieden worden voorkomen.

Het vergroten van de connectiviteit tussen wateren of delen van watersystemen dient weloverwogen plaats te vinden. De verdere verspreiding van invasieve soorten zoals de grondels kan immers een negatief effect hebben op inheemse soorten. Herstelmaatregelen, zoals de aanleg van vistrappen of het verwijderen van stuwen, kunnen leiden tot de kolonisatie door exoten en daarmee samenhangende verarming van de inheemse fauna. Hierdoor kunnen ecologische doelstellingen in het geding komen. Daarom wordt aanbevolen beheerstrategieën te ontwikkelen voor 'geïsoleerde' bovenlopen van beken, meren en plassen die nog niet zijn gekoloniseerd door invasieve exoten. Het behoud van bestaande natuurlijke barrières en het handhaven of creëren van kunstwerken die een barrière vormen voor de verspreiding van invasieve exoten dienen daarin voorop te staan (Rahel, 2013). Een grote uitdaging bij de bestrijding van ongewenste effecten van invasieve soorten is de innovatie van soortspecifieke passages en barrières, waardoor migratie en dispersie van bedreigde riviervissen wel mogelijk is maar die van de uitheemse bodembewonende grondels niet.

Een belangrijk knelpunt met betrekking tot deze problematiek vormt onder andere de stuw in de Geul ter hoogte van Meerssen. De Geul herbergt bovenstrooms van deze stuw een zeer bijzondere rheofiele visfauna, waaronder de enige in Nederland voorkomende populatie beekdonderpad en gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*). Naast de Heelsumse beek is de Geul ook het enige beeksysteem waar natuurlijke voortplanting van beekforel (*Salmo trutta*) met zekerheid is vastgesteld. Dorenbosch & Van Kessel (2011) adviseerden om de stuw ter hoogte van Meerssen voorlopig ongewijzigd te laten opdat stroomopwaarts migrerende grondels deze Geultrajecten niet kunnen bereiken. Inmiddels is vastgesteld dat de invasieve grondelsoorten een negatief effect hebben op inheemse bodemvissen. Daarnaast indiceren de resultaten van verschillende experimenten een negatief effect op macrofaunalevensgemeenschappen. Het behoud van de stuw ter hoogte van Meerssen in de Geul wordt daarom ook na uitvoering van de voorliggende studie aanbevolen. Vooralsnog is te weinig bekend over de kolonisatiecapaciteit van het Geulsysteem en de mogelijke effecten van de invasieve grondels op soorten zoals de beekdonderpad, gestippelde alver en beekforel.

Schiphouwer *et al.* (2012) wijzen op het voorzichtig handelen bij het vispasseerbaar maken van kunstwerken tussen het Amsterdams-Rijnkanaal en aangrenzende polderwateren. Op een aantal locaties zijn door inlaatwerken reeds invasieve grondels in aangrenzende polders terecht gekomen. Op verschillende locaties in deze polders is een bijzondere limnofiele vislevensgemeenschap aanwezig, bestaande uit onder andere bittervoorn (*Rhodeus amarus*) en kleine modderkruiper. Over de invloed van invasieve grondels op inheemse limnofiele soorten is momenteel nog onvoldoende informatie beschikbaar.

Uitgekiende ontwerpen van vispassages

Soortspecifieke barrières en uitgekiende ontwerpen van vispassages bieden wellicht perspectieven om verdere verspreiding van uitheemse grondels in kleine rivieren en beken te beperken en connectiviteit voor bedreigde soorten te behouden (*cf.* Rahel, 2013). Uit recent onderzoek blijkt bijvoorbeeld de stroomsnelheid in combinatie met de hoek, hoogte en ruwheid van fysieke barrières op de bodem belangrijke factoren die de passage van bodembewonende soorten bepalen (Frings *et al.*, 2013). Bij de verspreiding van uitheemse grondels via vispassages spelen waarschijnlijk ook het verval en substraat van vistrappen een rol.

Gelet op de recente kolonisatie van de grote rivieren en nog beperkte kolonisatie van beken en zijrivieren zijn met de huidige data nog geen kwantitatieve analyses van de passeerbaarheid van vispassages mogelijk. Daarom wordt aanbevolen om monitoring in beken en zijrivieren met verschillende typen vispassages of barrières te continueren en laboratoriumonderzoek te verrichten naar uitgekiende ontwerpen van vispassages en soortspecifieke barrières voor uitheemse grondels.

Overige maatregelen

Steeds vaker worden uitheemse grondels en andere invasieve exoten waargenomen in geïsoleerde wateren. Het gebruik van de grondels als aasvis en uitzetten van vissen zijn daarvoor belangrijke vectoren. Daarom wordt aanbevolen om de introductie van exotische soorten in geïsoleerde en andere wateren te beperken door 1) intensivering van de voorlichting bij sportvissers, aquarium- en vijverhouders, en 2) strikte handhaving

van verboden op het uitzetten van soorten in de vrije natuur en in het bijzonder beschermde natuurgebieden.

4.4 Kennishiaten en onzekerheden

Voorliggende rapportage geeft een uitgebreide beschrijving van de huidige kennis betreffende de opkomst van vier invasieve uitheemse grondelsoorten in Nederland. Tevens is de beschikbare wetenschappelijke kennis over de invasiebiologie en risico's van deze soorten in andere landen geïntegreerd. Hoewel de afgelopen jaren veel kennis is opgedaan en gegevens zijn verzameld, blijven een aantal onzekerheden bestaan en zijn een aantal belangrijke vragen nog onbeantwoord.

Onzekerheden

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van data die met verschillende bemonsteringmethoden zijn verzameld, zoals schepnet, boomkor, elektrische bevissing en visuele waarnemingen (Paragraaf 2.2 en 2.4). Hierdoor kan een betrouwbaar beeld worden gegeven van de recente verspreiding van de vier soorten grondels in Nederland en de kolonisatie van verschillende watertypen en beschermde natuurgebieden. De vangstefficiëntie van de gebruikte bemonsteringsmethoden verschilt echter per soort en biotoop (zie bijvoorbeeld Brandner *et al.*, 2013b). Vergelijkingen van de (relatieve) dichtheden van de soorten en biotopen moeten daarom met voorzichtigheid worden gehanteerd. Voorts zijn de meeste waarnemingen van de grondels overdag gedaan. Het gedrag van grondels gedurende dag en nacht kan verschillen. Dit kan invloed hebben op de dichtheden van uitheemse grondels in oevers of op bodems van open water en op hun effecten in verschillende habitats.

Momenteel is weinig bekend over de milieutoleranties van de uitheemse grondels. Uit recent onderzoek is naar voren gekomen dat de fysiologische toleranties van inheemse en sommige uitheemse soorten aanzienlijk verschillen (Leuven *et al.*, 2011; Elshout *et al.*, 2013; Fedorenkova *et al.*, 2013). Verschillen in gevoeligheid van soorten voor milieufactoren bieden wellicht perspectieven voor systeemgerichte maatregelen om de dominantie van invasieve soorten te beperken. Tenslotte is geen informatie beschikbaar over de accumulatie van verontreinigingen in grondels in gebieden met verontreinigde waterbodems en de eventuele risico's daarvan voor consumenten.

Kennishiaten

In dit rapport zijn diverse kennishiaten gesignaleerd. Hieronder volgt een opsomming van belangrijke kennishiaten:

- Wat zijn de toekomstige ontwikkelingen van de verspreiding en dichtheden van invasieve grondels in Nederlandse rivieren en regionale wateren (zoals de bovelopen van beken met stuwen en geïsoleerde plassen)?
- Wat is de maximale draagkracht van de onderzochte watersystemen voor uitheemse grondels en stabiliseren hun invasies?
- Wat zijn de milieutoleranties van de uitheemse grondels?
- Is in gebieden met verontreinigde waterbodems sprake van accumulatie van verontreinigingen in grondels?

- Verschilt het gedrag van invasieve grondels gedurende de dag en nacht en welke invloed heeft dat op de schattingen van dichtheden in verschillende biotopen en de competitie met andere soorten?
- Wat is de reproductiecapaciteit van de invasieve grondelsoorten in Nederland?
- Wat zijn de lange termijn effecten van invasieve grondels op bodemgebonden en pelagische vissoorten en de macrofaunalevensgemeenschappen in verschillende typen watersystemen?
- Welke rol vervullen de grondels bij de overdracht van inheemse en uitheemse parasieten naar andere (vis)soorten en mensen en wat zijn de ecologische risico's en eventuele gevolgen voor de volksgezondheid van de potentiële verspreiding van parasieten door grondels?
- Welke soortspecifieke barrières en uitgekende ontwerpen van vispassages bieden perspectieven om verdere verspreiding van uitheemse grondels in kleine rivieren en beken te beperken en connectiviteit voor bedreigde soorten te behouden?

Binnen het meerjarig onderzoeksprogramma van het Nederlands Expertise Centrum Exoten (NEC-E) zal de komende jaren aandacht worden besteed aan deze kennisvragen.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Dispersiesnelheden, vectoren en corridors

- De vier uitheemse grondelsoorten verspreiden zich zeer snel door Nederland via de Rijkswateren. De marmergrondel is daarbij vooralsnog de enige soort die zich ook al in een groot aantal regionale wateren heeft gevestigd.
- Kanalen, sluizen, inlaatwerken, gemalen en vispassages vormen geen barrière voor de verspreiding van de uitheemse grondels. Verbindingkanalen tussen rivieren en meren worden door alle vier uitheemse grondelsoorten gebruikt om zich verder te verspreiden.
- (On)bewuste uitzettingen en het gebruik van grondels als aasvis zijn waarschijnlijk vectoren voor verspreiding van de grondels naar geïsoleerde wateren.

Dichtheden en bezettingsgraden van specifieke wateren

- De vier grondelsoorten kunnen hoge dichtheden bereiken. De zwartbekgrondel behaalt veruit de hoogste dichtheden.
- De zwartbekgrondel is de enige soort die in vijf jaar tijd het gehele Hollandsch Diep en Nieuwe Merwede heeft bezet. De marmergrondel heeft zich nauwelijks in dit gebied gevestigd. Met name de zwartbekgrondel, marmergrondel en Kesslers grondel zijn gebonden aan stortstenen oevers. De Pontische stroomgrondel heeft een voorkeur voor vlakke zandige bodems in open water.
- De marmergrondel heeft gebruik gemaakt van het Maas-Waalkanaal en het kanaal van St. Andries om vanuit de Waal naar de Maas te verspreiden en heeft vervolgens in vijf jaar tijd de gehele Maas zowel stroomopwaarts als -afwaarts gekoloniseerd. De marmergrondel heeft in de Grensmaas hoge dichtheden, vergelijkbaar met die van de zwartbekgrondel in het Hollandsch Diep en de Nieuwe Merwede. Mogelijk worden de hoge dichtheden van de marmergrondel in de Grensmaas gefaciliteerd door de aanwezigheid van grof grind en relatief ondiep stromend water.
- De vier grondelsoorten hebben zich in drie jaar tijd gevestigd in de voormalige zandwindplas Rhederlaag die is verbonden met de IJssel. De zwartbekgrondel behaalde hier in het eerste jaar van vestiging de hoogste dichtheid.

Voortplantingstrategieën en competitie mechanismen

- De vier grondelsoorten zijn snel geslachtsrijp en tonen een hoge reproductiecapaciteit. Over de situatie in Nederland is echter nauwelijks kwantitatieve informatie beschikbaar.
- De reproductiecapaciteit van uitheemse Kesslers grondelpopulaties kan groter zijn dan die van de populaties in het natuurlijke verspreidingsgebied.
- Invasieve grondels vertonen competitief gedrag ten opzichte van inheemse (bodemgebonden) vissoorten met betrekking tot habitat (schuilplekken). Dit

competitieve gedrag heeft waarschijnlijk negatieve effecten op bodembewonende inheemse vissoorten.

- Invasieve grondels eten per gram lichaamsgewicht meer voedsel dan inheemse bodemgebonden vissoorten, mogelijk samenhangend met de voortplantingstrategieën (hoge reproductiecapaciteit).

Effecten op inheemse (vis)soorten

- Rivierdonderpad en biermpje nemen sterk af in dichtheid of verdwijnen zelfs in de Maas waarschijnlijk als gevolg van de opkomst van de zwartbekgrondel ter plaatse. Ook resultaten van het onderzoek in de Rhederlaag indiceren een negatief effect van grondelsoorten op de aanwezigheid van rivierdonderpad. Mogelijk heeft de kolonisatie door invasieve grondels ook effect op andere vissoorten.
- Over de rol van de uitheemse grondels bij de overdracht van inheemse en uitheemse parasieten naar inheemse (vis)soorten en de (potentiële) gevolgen daarvan voor de visstand en andere soorten in Nederland is weinig kennis beschikbaar.
- Hybridisatie van invasieve grondels met inheemse brakwater- en zeegrondels is niet aannemelijk.
- Effecten op inheemse macrofauna zijn nog niet bekend. Op basis van de dieetanalyses en hoge voedselconsumptie van de grondels worden negatieve effecten op de soortensamenstelling en dichtheden van inheemse macrofauna verwacht.

Effecten op het voedselweb en functioneren van ecosystemen

- Door de aanwezigheid van exotische grondels is de totale biomassa aan predatoren van macrofauna en visbroed in stortstenen oevers sterk toegenomen.
- De zwartbekgrondel, marmergrondel en Pontische stroomgrondel vertonen een gespecialiseerde morfologie en hun interne en externe morfologische kenmerken voor voedselopname overlappen nauwelijks met die van de inheemse bodembewonende vissoorten zoals het biermpje, de rivierdonderpad en de beekdonderpad. De morfologische kenmerken van de Kesslers grondel komen nog het meest overeen met die van de inheemse donderpadden.
- Op basis van gegevens uit de buitenlandse literatuur en beschikbare resultaten voor de Nederlandse situatie kan gesteld worden dat negatieve effecten met betrekking tot het voedselweb en het functioneren van ecosystemen zeer waarschijnlijk zijn.

Maatschappelijke effecten

- Hoewel de invasieve grondels gemakkelijk zijn te vangen door hengelaars en gebruikt (kunnen) worden als aasvis, worden de grondels door veel sportvissers als plaag beschouwd. Het gebruik van de soorten als aasvis kan verdere verspreiding bewerkstelligen.
- Voor beroepsvissers kan sprake zijn van zowel positieve als negatieve effecten. De invasieve grondelsoorten kunnen immers als voedsel dienen voor (roof)vissen, waardoor de stand van soorten als paling, baars, snoek en snoekbaars kan

toenemen. Het is echter niet uit te sluiten dat er door onderlinge voedselcompetitie ook negatieve effecten optreden.

- Het behalen van de doelstellingen voor Natura 2000 gebieden en KRW wateren is in het geding. De huidige doelstellingen voor een soort als de rivierdonderpad zullen niet worden behaald op locaties die door uitheemse grondels zijn gekoloniseerd.
- De uitvoering van maatregelen voor vismigratie in geïsoleerde gebieden met populaties van kwetsbare inheemse (vis)soorten moet altijd kritisch worden beoordeeld op ongewenste risico's van verdere verspreiding van grondels en andere invasieve exoten.

5.2 Aanbevelingen voor beleid en beheer

Mitigerende maatregelen

- Niet-natuurlijke, stortstenen habitats faciliteren hoge dichtheden Ponto-Kaspische grondels. Het gebruik van stortsteen dient zoveel mogelijk vermeden te worden. Natuurlijke (oever)inrichting heeft effect als maatregel tegen hoge grondeldichtheden en draagt daarmee bij aan het beperken van ecologische effecten van de invasieve soorten op inheemse soorten.
- Maatregelen in het kader van vismigratiebeheer dienen weloverwogen plaats te vinden en mogelijk herzien te worden om verspreiding van invasieve grondels naar kwetsbare gebieden met populaties van bedreigde inheemse soorten te voorkomen, waarbij het ongewijzigd laten van bepaalde barrières tot de opties behoort.
- Uitgekiende ontwerpen van vispassages gericht op selectieve passeerbaarheid spelen mogelijk een belangrijke rol in de beperking van de kolonisatie door invasieve grondels.

5.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Vanwege de relatief korte invasieperiode van de uitheemse grondels zijn over de kolonisatie van (kleine) beken en geïsoleerde wateren nog weinig data en informatie beschikbaar. Aanbevolen wordt om de komende jaren de kolonisatie en effecten van uitheemse grondelsoorten te analyseren in diverse KRW-watertypen (bovenlopen van kleine rivieren en beken, polderwateren en grote meren zoals het IJsselmeer) en Natura 2000 gebieden. Daarbij is ook aandacht nodig voor effecten op beschermde vissoorten (zoals kleine modderkruiper, grote modderkruiper en bittervoorn) in natuurlijke habitats.
- Onderzoek naar de milieutoleranties van de uitheemse grondels en de accumulatie van verontreinigingen.
- Continueren van monitoring in beken en zijrivieren met verschillende typen vispassages of barrières en analyseren welke factoren de verdere verspreiding van grondels faciliteren of beperken.

- Verder onderzoek naar de overdracht van inheemse en uitheemse parasieten naar inheemse (vis)soorten door grondels en de potentiële risico's daarvan.
- Opzetten van laboratorium- en veldexperimenten met uitgekende ontwerpen van vispassages en soortspecifieke barrières voor uitheemse grondels.

6. Dankwoord

De auteurs bedanken de Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (Bureau Risicobeoordeling & Onderzoeksprogrammering, Team Invasieve Exoten), het Waterschap Zuiderzeeland en het Waterschap Roer en Overmaas voor financiële ondersteuning van het project. Wiebe Lammers (Team Invasieve Exoten), Rob Gubbels en Harry van Buggenum (Waterschap Roer en Overmaas), Michiel Oudendijk (Waterschap Zuiderzeeland) gaven waardevolle suggesties voor de opzet van het onderzoek. Zij hebben tevens kritisch en constructief commentaar gegeven op conceptversies van dit rapport. Dirk Heijkers, Vincent de Jong, Jan Jeucken en Bart Niemeijer van Natuurbalans - Limes Divergens BV worden bedankt voor hun inzet bij de uitvoering van het aanvullend veldonderzoek, Gert Hoogerwerf van Natuurbalans - Limes Divergens BV voor zijn waardevolle commentaar op de conceptversie van het voorliggend rapport, Prof. dr. B. Sures en Dr. M. Nachev (Universiteit van Duisburg-Essen) voor de identificatie van parasieten in uitheemse grondels, Eline van Onselen MSc (Wageningen Universiteit & Research) voor de ecomorfologische karakterisering van inheemse en uitheemse vissoorten, Martijn Schiphouwer MSc (RAVON) voor de analyses van maaginhouden van grondels, Jelle Eygensteyn (Gemeenschappelijk Instrumentarium, Radboud Universiteit Nijmegen) voor het meten van stabiele isotopen van soorten, dr. Hugo Verreyken (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Groenendaal, België) voor verspreidinggegevens van grondels in de Maas en informatie over en de genetische kenmerken van grondels uit Nederlandse en Belgische wateren, Peter Klok (Radboud Universiteit Nijmegen) voor duikwaarnemingen van grondels in (diepe) zandwinplassen, Roland van Alderen (Sportvisserij Nederland) voor het aanleveren van informatie over de visie van sportvissers en Romeo Neuteboom Spijker en Paul van Hoof voor het aanleveren van fotomateriaal.

7. Literatuur

- Ahnelt H., P.P. Bănărescu, R. Spolwind, A. Harka & H. Waidbacher, 1998. Occurrence and distribution of three gobiid species (Pisces: Gobiidae) in the middle and upper Danube region – example of different dispersal patterns? *Biologia* 53: 661-674.
- Balik S. & D. Turan, 2004. A first record for the bighead goby (*Neogobius kessleri* Günther, 1861) along the Turkish eastern Black Sea coast. *Turkish Journal of Zoology* 28: 107-109.
- Balshine S., A. Verma, V. Chant & T. Theysmeyer, 2005. Competitive interactions between round gobies and logperch. *Journal of Great Lakes Research* 31: 68–77.
- Beelen, P., 2013. Sportvissers en exoten. *Natura* 110(2): 4.
- Bergstrom, M.A. & A.F. Mensinger, 2009. Interspecific resource competition between the invasive round goby and three native species: logperch, slimy sculpin, and spoonhead sculpin. *Transactions of the American Fisheries Society* 138: 1009-1017.
- Bíro, P., 1971. *Neogobius fluviatilis* in Lake Balaton, a Ponto-Caspian goby new to the fauna of central Europe. *Journal of Fish Biology* 4: 249-255.
- Borcherding J., S. Gertzen & S. Staas, 2011a. First record of Pontian racer goby, *Babka gymnotrachelus* (Gobiidae: Teleostei), in the river Rhine, Germany. *Journal of Applied Ichthyology* 27(6): 1399-1400.
- Borcherding J., S. Staas, S. Krüger, M. Ondračková, L. Šlapanský & P. Jurajda, 2011b. Non-native Gobiid species in the lower River Rhine (Germany): recent range extensions and densities. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 153-155.
- Borcherding, J., M. Dolina, L. Heermann, P. Knutzen, S. Krüger, S. Matern, R. van Treeck & S. Gertzen, 2013. Feeding and niche differentiation in three invasive gobies in the Lower Rhine, Germany. *Limnologica* 43: 49-58.
- Brandner J., K. Auerswald, A.F. Cerwenka, U. Schliewen & J. Geist, 2013. Comparative feeding ecology of invasive Ponto-Caspian gobies. *Hydrobiologia* 703: 113-131.
- Brandner, J., J. Pander, M. Mueller, A. F. Cerwenka & J. Geist, 2013. Effects of sampling techniques on population assessment of invasive round goby *Neogobius melanostomus*. *Journal of Fish Biology* 82(6): 2063–2079.
- Bruijnes, A., 2010. De verspreiding van de Marmergrondel (*Proterorhinus semilunaris*) in regionale wateren. Rapport S2010-02. Wageningen Universiteit & Research en Stichting RAVON, Nijmegen.
- Carlton, J. & J.B. Geller, 1993. Ecological roulette: The global transport of non-indigenous marine organisms. *Science* 261: 78-82.
- Cammaerts, R., F. Spikmans, N. van Kessel, H. Verreycken, F. Chérot, T. Demol & S. Richez, 2012. Colonization of the Border Meuse area (The Netherlands and Belgium) by the non-native western tubenose goby *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) (Teleostei, Gobiidae). *Aquatic Invasions* 7(2): 251-258.
- Charlebois, P.M., J.E. Marsden, R.G. Goettel, R.K. Wolfe, D.J. Jude & S. Rudnika, 1997. The round Goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), a review of European and North American literature. Illinois-Indiana Sea Grant Program and Illinois Natural History Survey, Zion, IL.
- Chotowski, M.A. & J.E. Marsden, 1999. Round goby and mottled sculpin predation on lake trout eggs and fry: field predictions from laboratory experiments. *Journal of Great Lakes Research* 25: 26-35.
- De Bruin, Q., 2011. Zwartbekgrondel verdringt inheemse riviergrondel. *Visionair* 22: 36-38.
- Dönni, W. & J. Freyhof, 2002. Einwanderungen von Fischarten in die Schweiz, Rheineinzugsgebiet. *Mitteilungen zur Fischerei* 72. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). 89 pp.
- Dorenbosch, M. & N. van Kessel, 2011. Donderpadden & invasieve grondels in het Maasdal. Mogelijke consequenties voor de Geul. *Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen*.
- Dorenbosch, M., N. van Kessel, J. Kranenbarg, F. Spikmans, W.C.E.P. Verberk & R.S.E.W. Leuven, 2011. Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen. *Nederlands Centrum voor Natuuronderzoek: Stichting RAVON, Stichting Bargerveen, Radboud Universiteit Nijmegen en Natuurbalans - Limes Divergens, Nijmegen. Rapport 2011/OBN143-RI, Driebergen-Rijsenburg*.
- Dubs D.O.L. & L.D. Corkum, 1996. Behavioural interactions between round gobies *Neogobius melanostomus* and mottled sculpins *Cottus bairdi*. *Journal of Great Lakes Research* 22: 838-844.

- Elshout, P.M.F., L.M. Dionisio Pires, R.S.E.W. Leuven, S.E. Wendelaar Bonga & A.J. Hendriks, 2013. Low oxygen tolerance of different life stages of temperate freshwater fish species. *Journal of Fish Biology* 83(1): 190-206.
- Emde, S., S. Rueckert, H.W. Palm & S. Klimpel, 2012. Invasive Ponto-Caspian amphipods and fish increase the distribution range of the acanthocephalan *Pomphorhynchus tereticollis* in the river Rhine. *PLOS One* 7(12): e53218. doi:10.1371/journal.pone.0053218.
- Erős, T., A. Sevcsik & B. Tóth, 2005. Abundance and night-time habitat use patterns of Ponto-Caspian gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the littoral zone of the River Danube, Hungary. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 350-357.
- Evers, C.H.M. & R.A.E. Knobben (Redactie), 2007. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA, Utrecht.
- Fedorenkova, A., J.A. Vonk, A.M. Breure, A.J. Hendriks & R.S.E.W. Leuven, 2013. Tolerance of native and non-native fish species to chemical stress: a case study for the River Rhine. *Aquatic Invasions* 8/2: 231-241.
- French, J.R.P. & G. Black, 2009. Maximum length and age of Round Gobies (*Apollonia melanostomus*) in Lake Huron. *Journal of Freshwater Ecology* 24: 173-175.
- French J. & D.J. Jude, 2001. Diets and diet overlap of non-indigenous gobies and small benthic native fishes co-inhabiting the St. Clair River, Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 27: 300–311.
- Frings, R.M., S.C.K. Vaeßen, H. Groß, S. Rogera, H. Schüttrumpf & H. Hollert, 2013. A fish-passable barrier to stop the invasion of non-indigenous crayfish. *Biological Conservation* 159: 521-529.
- Grabowska, J., D. Pietraszewski & M. Ondračková, 2008. Tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) has joined three other Ponto-Caspian gobies in the Vistula River (Poland). *Aquatic Invasions* 3(2): 261-265.
- Gruľa, D., M. Balážová, G.H. Copp & V. Kováč, 2012. Age and growth of invasive round goby *Neogobius melanostomus* from the middle Danube. *Central European Journal of Biology* 7: 448-459.
- Guti, G., T. Erős, Z. Szalóky & B. Tóth, 2003. Round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas 1811) in the Hungarian section of the Danube. *Halászat* 96(3): 116-119.
- Harka, Á. & P. Bíró, 2007. New patterns in Danubian distribution of Ponto-Caspian gobies - a result of global climatic change and/or canalization? *Electronic Journal of Ichthyology* 1: 1-14.
- Haertl, M., A.F. Cerwenka, J. Brandner, J. Borchering, J. Geist & U.K. Schliewen, 2012. First record of *Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1857) from Germany (Teleostei, Gobiidae, Benthophilinae). *Spixiana* 35(1): 155-159.
- Hakalahti T., A. Karvonen & E.T. Valtonen, 2006. Climate warming and disease risks in temperate regions- *Argulus coregoni* and *Diplostomum spathaceum* as case studies. *Journal of Helminthology* 80(2): 93-98.
- Hogan, L.S., E. Marschall, C. Folt & R.A. Stein, 2007. How non-native species in Lake Erie influence trophic transfer of mercury and lead to top predators. *Journal of Great Lakes Research* 33: 46-61.
- Hop, J. & M. Koole, 2012. Pontische stroomgrondel overspoelt IJsseldelta. *Visionair* 25: 22-24.
- IMARES-WUR, 2013. Spectaculaire opkomst zwartbekgrondel in het Markermeer. IMARES Wageningen UR. Gepubliceerd op 17 juni 2013, <http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/imares/Nieuws-Agenda/Show/Spectaculaire-opkomst-zwartbekgrondel-in-het-Markermeer.htm>.
- Janssen J. & D.J. Jude, 2001. Recruitment failure of mottled sculpin *Cottus bairdi* in Calumet Harbor, southern Lake Michigan, induced by the newly introduced round goby *Neogobius melanostomus*. *Journal of Great Lakes Research* 27: 319-328.
- Jude, D.J., J. Janssen & G. Crawford, 1995. Ecology, distribution, and impact of the newly introduced round and tubenose gobies on the biota of the St. Clair and Detroit Rivers. In: Munawar, M., T. Edsall & J. Leach (eds.), 1995. *The Lake Huron ecosystem: ecology, fisheries, and management*. Ecovision World Monograph Series. S.P.B. Publishing, The Netherlands. pp. 447-460.
- Jude, D.J., R.H. Reider & G.R. Smith, 1992. Establishment of Gobiidae in the Great Lakes basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 416-421.
- Jurajda, P., J. Černý, M. Polačik, Z. Valová, M. Janáč, R. Blažek & M. Ondračková, 2005. The recent distribution and abundance of non-native *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 319-323.
- Kakareko, T., J. Kobak, J. Grabowska, L. Jermacz, M. Przybylski, M. Poznańska, D. Pietraszewski & G.H. Copp, 2013. Competitive interactions for food resources between invasive racer goby

- Babka gymnotrachelus* and native European bullhead *Cottus gobio*. Biological invasions: DOI 10.1007/s10530-013-0470-7 (in druk).
- Kalchauer, I., P. Mutzner, P.E Hirsch & P. Burkhardt-Holm, 2013. Arrival of round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) and bighead goby *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) in the High Rhine (Switzerland). *BiolInvasions Records* 2(1): 79-83.
- Kalinina, E., 1976. Reproduction and development of Azov-Black Sea gobies. *Naukova Dumka*, Kiev. 120 pp.
- Karlson, A.M.L, G. Almqvist, K.E. Skóra & M. Appelberg, 2007. Indications of competition between non-indigenous round goby and native flounder in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64: 479-486.
- Koelbel, C., 1874. Über die Identität des *Gobius semilunaris* Heck, und *G. rubromaculatus* Kriesch mit *G. marmoratus* Pallas. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 24: 569-574.
- Kornis, M.S., N. Mercado-Silva & M.J. Vander Zanden, 2012. Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *Journal of Fish Biology* 80: 235-285.
- Kottelat, M. & J. Freyhof, 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol. Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Kováč, V., G.H. Copp & R.P. Sousa, 2009. Life-history traits of invasive bighead goby *Neogobius kessleri* (Günther, 1861) from the middle Danube River, with a reflection on which goby species may win the competition. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 33-37.
- Kovtun, I.F., 1978. On the fecundity of the round goby, *Gobius melanostomus*, from the Sea of Azov. *Journal of Ichthyology* 17: 566-573.
- Krakowiak, P.J. & C.M. Pennuto, 2008. Fish and macroinvertebrate communities in tributary streams of eastern Lake Erie with and without round gobies (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814). *Journal of Great Lakes Research* 34: 675-689.
- Kranenbarg, J., A. de Bruin, F. Spikmans, M. Dorenbosch, N. van Kessel, R.S.E.W. Leuven & W.C.E.P. Verberk, 2010. Kansen voor riviervisserij. Een onderzoek naar het functioneren van oeverbiotopen langs de Maas voor juveniele vis. Stichting Bargerveen, Radboud Universiteit Nijmegen, Stichting RAVON & Natuurbalans Limes Divergens. 60 p.
- Kriesch, J., 1873. Ein neuer *Gobius*. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 23: 369-376.
- Kvach, Y., 2004. The metazoa parasites of gobiids in the Dniester Estuary (Black Sea) depending on water salinity. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 33(3): 47-56.
- Kettunen, M., P. Genovesi, S. Gollasch, S. Pagad, U. Starfinger, P. ten Brink & C. Shine, 2009. Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) - Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU (final module report for the European Commission). Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium.
- Koubková, B. & V. Baruš, 2000. The tubenose goby (*Proterorhinus marmoratus*: Perciformes) as paratenic host of the nematode *Anguillicola crassus* (Dracunculoidea). *Helminthologia* 37: 43-45.
- Lauer, T.E., P.J. Allen & T.S. McComish, 2004. Changes in mottled sculpin and Johnny Darter trawl catches after the appearance of round gobies in the Indiana waters of Lake Michigan. *Transactions of the American Fisheries Society* 133: 185-189.
- L'avrinčiková, M. & V. Kováč, 2007. Invasive round goby *Neogobius melanostomus* from the Danube mature at small size. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 276-278.
- Lederer, A., J. Massart & J. Janssen, 2006. Impact of round gobies (*Neogobius melanostomus*) on Dreissenids (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*) and the associated macroinvertebrate community across an invasion front. *Journal of Great Lakes Research* 32: 1-10.
- Leuven R.S.E.W., G. van der Velde, I. Baijens, J. Snijders, C. van der Zwart, H.J.R. Lenders & A. bij de Vaate, 2009. The river Rhine: A global highway for the dispersal of aquatic invasive species. *Biological Invasions* 11: 1989-2008.
- Leuven, R.S.E.W., A.J. Hendriks, M.A.J. Huijbregts, H.J.R. Lenders, J. Matthews & G. van der Velde, 2011. Differences in sensitivity of native and exotic fish species to changes in river temperature. *Current Zoology* 57: 852-862.
- Lindner, K., A. F. Cerwenka, J. Brandner, S. Gertzen, J. Borcharding, J. Geist & U. K. Schliewen, 2013. First evidence for interspecific hybridization between invasive goby species *Neogobius fluviatilis* and *Neogobius melanostomus* (Teleostei: Gobiidae: Benthophilinae). *Journal of Fish Biology* 82(6): 2128-2134.

- Lindsey, J.K. & B. Jones, 1998. Choosing among generalized linear models applied to medical data. *Statistics in Medicine* 17: 59-68.
- MacInnis, A.J., 1997. Aspects of the life history of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Perciformes: Gobiidae), in the Detroit River. M.Sc. Thesis, University of Windsor, Windsor, Ontario.
- MacInnis, A.J. & L.D. Corkum, 2000. Fecundity and reproductive season of the Round Goby *Neogobius melanostomus* in the upper Detroit River. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 136-144.
- Manné, S. & N. Poulet, 2008. First record of the western tubenose goby *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) in France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 389 (3): DOI: 10.1051/kmae:2008009.
- Marentette, J.R., K.L. Gooderham, M.E. McMaster, T. Ng, J.L. Parrot, J.Y. Wilson, C.M. Wood & S. Balshine, 2010. Signatures of contamination in round gobies (*Neogobius melanostomus*): A double strike for ecosystem health. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 1755-1764.
- Matthews, J., G. van der Velde, A. bij de Vaate & R.S.E.W. Leuven, 2012. Key factors for spread, impact and management of Quagga mussels in the Netherlands. *Radboud University, Nijmegen, Reports Environmental Science* 404: 1-120.
- Matthews, J., G. van der Velde, A. bij de Vaate, F.P.L. Collas, K.R. Koopman, R.S.E.W. Leuven, 2013. Rapid range expansion of the invasive quagga mussel in relation to zebra mussel presence in The Netherlands and Western Europe. *Biological Invasions*, DOI 10.1007/s10530-013-0498-8 (in druk).
- Morrison, H.A., D.M. Whittle & G.D. Haffner, 2000. The relative importance of species invasions and sediment disturbance in regulating chemical dynamics in western Lake Erie. *Ecological Modelling* 125: 279-294.
- McDonald J.H., 2009. *Handbook of Biological Statistics*. 2nd edition. Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing.
- Meijer, M., 2012. Verloop van de kolonisatie van regionale wateren door uitheemse vissen (Gobiidae; *Proterorhinus* sp. & *Neogobius* spp.) in Nederland in de periode 2002-2011. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Meunier, B., S. Yavno, S. Ahmed & L.D. Corkum, 2009. First documentation of spawning and nest guarding in the laboratory by the invasive fish, the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research* 35: 608-612.
- Miller, P.J., 1986. Gobiidae. In: Witehead P.J.P., M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese (eds.), *Fishes of the northeast Atlantic and Mediterranean*. UNESCO, Paris: 1019-1095.
- Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, 2013. Risicobeoordeling BuRO NVWA wolhandkrab uit de gesloten en de niet gesloten Nederlandse vangstgebieden. Tweede Kamer der Staten-Generaal, Den Haag.
- Mühlegger, J.M., F. Jirsa, R. Konecny & C. Frank, 2010. Parasites of *Apollonia melanostoma* (Pallas 1814) and *Neogobius kessleri* (Guenther 1861) (Osteichthyes, Gobiidae) from the Danube River in Austria. *Journal of Helminthology* 84: 87-92.
- Naseka, A.M., V.S. Boldyrev, N.G. Bogutskaya & V.V. Delitsyn, 2005. New data on the historical and expanded range of *Proterorhinus marmoratus* (Pallas 1814) (Teleostei: Gobiidae) in eastern Europe. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 300-305.
- Neilson, M.E. & C.A. Stepien, 2009. Escape from the Ponto-Caspian: Evolution and biogeography of an endemic goby species flock (Benthophilinae: Gobiidae: Teleostei). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52(1): 84-102.
- Ondračková, M., M. Dávidová, M. Pečínková, R. Blažek, M. Gelnar, Z. Valová, J. Černý & P. Jurajda, 2005. Metazoan parasites of *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology* 21 (4): 345-349.
- Ondračková, M., M. Dávidová, R. Blažek, M. Gelnar & P. Jurajda, 2009. The interaction between an introduced fish host and local parasite fauna: *Neogobius kessleri* in the middle Danube River. *Parasitology Research* 105: 201-208.
- Pimentel, D., R. Zuniga & D. Morrison, 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273-288.
- Pinchuk, V.I., E.D. Vasil'eva, V.P. Vasil'ev & P. Miller, 2003. *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814). In: *The Freshwater Fishes of Europe; Mugilidae, Atherinidae, Atherinopsidae, Blenniidae, Odontobutidae, Gobiidae 1*. Wiebelsheim. Aula-Verlag. 404 pp.
- Pinchuk V.I., E.D. Vasil'eva, V.P. Vasil'ev & P. Miller, 2004. *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814). In: *The Freshwater Fishes of Europe. Gobiidae 2*. Aula-Verlag, Wiebelsheim. 478 pp.

- Piria, M., N. Šprem, I. Jakovlić, T. Tomljanović, D. Matulić, T. Treer, I. Aničić & R. Safner, 2011. First record of round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the Sava River, Croatia. *Aquatic Invasions* 6, Supplement 1: S153-S157.
- Plachá, M., M. Balážová, V. Kováč & S. Katina, 2010. Age and growth of non-native monkey goby *Neogobius fluviatilis* (Teleostei, Gobiidae) in the river Ipel, Slovakia. *Folia Zoologica* 59: 332-340.
- Poos, M., A.J. Dextrase, A.N. Schwalb & J.D. Ackerman, 2010. Secondary invasion of the round goby into high diversity Great Lakes tributaries and species at risk hotspots: potential new concerns for endangered freshwater species. *Biological Invasions* 12: 1269-1284.
- Quinn, G.P. & M.J. Keough, 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, New York.
- Rahel, F.J., 2013. Intentional fragmentation as a management strategy in aquatic systems. *BioScience* 63 (5): 362-372.
- Ricciardi, A. & H.J. MacIsaac, 2000. Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 62-65.
- Sapota, M.R., 2004. The round goby (*Neogobius melanostomus*) in the Gulf of Gdańsk; a species introduction into the Baltic Sea. *Hydrobiologia* 514: 219-224.
- Sapota, M.R., 2006. Invasive Alien Species Fact Sheet – *Neogobius melanostomus*. From: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species - NOBANIS. www.nobanis.org.
- Savino, J.F., S.C. Riley & M.J. Holuszko, 2007. Activity, aggression, and habitat use of ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and round goby (*Apollonia melanostoma*) under laboratory conditions. *Journal of Great Lakes Research* 33: 326-334.
- Schiphouwer, M.E., 2011. What do Ponto-Caspian Gobiidae eat in the Dutch river Rhine system? *Radboud Universiteit Nijmegen, Reports Environmental Science* 372: 1-28.
- Schiphouwer, M.E., J. Kranenbarg, N. van Kessel & R.S.E.W. Leuven, 2012. Verspreiding, effecten en beheer invasieve grondels; Verkennend onderzoek Amsterdam-Rijnkanaal 2012. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Seifert, K. & F. Hartmann, 2000. Die Kesslersgrundel (*Neogobius kessleri* Günther 1861), ein neue Fischart in der deutschen Donau. *Lauterbornia* 38: 105-108.
- Simonović, P.D. & V.P. Nikolić, 1996. Freshwater fish of Serbia: an annotated check list with some faunistic and zoogeographical considerations. *Bios (Macedonia, Greece)* 4: 137-156.
- Skora, K.E. & J. Stolarski, 1993. *Neogobius melanostomus* (Pallas 1811) a new immigrant species in the Baltic Sea. In *Estuarine ecosystems and species: Proceedings of 2nd International Estuary Symposium*, Gdynia, Crangon. pp. 101-108.
- Soes, D.M., P. Veenvliet & D. van Mourik, 2007. Kesslers grondel (*Neogobius kessleri*) nieuw voor Nederland. *RAVON* 9(3): 39-40.
- Sokolowska, E. & D.P. Fey, 2011. Age and growth of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Gulf of Gdańsk several years after invasion. Is the Baltic Sea a new promised land? *Journal of Fish Biology* 78: 1993-2009.
- Spikmans, F., N. van Kessel, M. Dorenbosch, J. Kranenbarg, J. Bosveld & R.S.E.W. Leuven, 2010. *Plaaig Risico Analyse van tien exotische vissoorten in Nederland*. Nederlands Centrum voor Natuuronderzoek: Stichting RAVON, Radboud Universiteit Nijmegen, Stichting Bargerveen & Natuurbalans - Limes Divergens, Nijmegen.
- Stemmer, B., 2008. Flussgrundel im Rhein-Gewässersystem. Vierte neue Grundelart im nordrhein-westfälischen Rhein nachgewiesen. *Natur in NRW* 4.
- Stráňai, I., 1999. Fertility of *Neogobius kessleri* (Günther, 1861) from the Slovak part of the Danube River. *Czech Journal of Animal Science* 44: 215-218.
- Stráňai, I. & J. Andreji, 2004. The first report of round goby, *Neogobius melanostomus* (Pisces, Gobiidae), in the waters of Slovakia. *Folia Zoologica* 53(3): 335-338.
- Tien, N.S.H., H.V. Winter, J.J. de Leeuw, J.A.M. Wiegerinck & H.J. Westerink, 2003. *Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren: Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2002/2003*. RIVO, IJmuiden.
- Van Beek, G.C.W., 2006. The round goby *Neogobius melanostomus* first recorded in the Netherlands. *Aquatic Invasions* 1: 42-43. Doi:10.3391/ai.2006.1.1.10.
- Van der Molen, D.T. & R. Pot (redactie), 2007. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water*. STOWA, Utrecht.
- Van Kessel N., M. Dorenbosch & F. Spikmans, 2009. First record of Pontian monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), in the Dutch Rhine. *Aquatic Invasions* 4(2): 421-424.

- Van Kessel, N., M. Dorenbosch & F. Spikmans 2010. Vestigingspatroon van Pontische stroomgrondel in Nederland. RAVON 35, 12(1): 11-14.
- Van Kessel, N., M. Dorenbosch, M.R.M. de Boer, R.S.E.W. Leuven & G. van der Velde, 2011a. Competition for shelter between four invasive gobiids and two native benthic fish species. *Current Zoology* 57(6): 844-851.
- Van Kessel, N., F. Spikmans, G. Hoogerwerf & J. Kranenbarg, 2011b. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2010-2011. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N. & J. Kranenbarg, 2012. Vissenatlas Gelderland. Ecologie en verspreiding van zoetwatervissen in Gelderland. Uitgeverij Profiel, Bedum.
- Van Kessel, N., M. Dorenbosch & F. Spikmans, 2012a. Vismonitoring natuurvriendelijke oevers Maas 2011. Onderzoek naar de functionaliteit voor juveniele vis. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N., B. Niemeijer & G. Hoogerwerf, 2012b. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2011-2012. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Van Riel, M.C., G. van der Velde & A. bij de Vaate, 2003. *Pomphorhynchus* spec. (Acanthocephala) uses the invasive amphipod *Chelicorophium curvispinum* (G.O. Sars, 1895) as intermediate host in the river Rhine. *Crustaceana* 76: 241-246.
- Van Weeren, B., 2010. Worden vissen in de maling genomen? Samenvatting van het STOWA-onderzoek naar de mogelijke schade aan vissen bij het passeren van gemalen. STOWA, Amersfoort.
- Van Onselen, E., 2013. The influence of morphological traits of five different non-indigenous fish species on their invading success in Dutch waters. MSc thesis Aquaculture and Fisheries Group, Wageningen University. MSc Thesis T1905: 66 pp.
- Verreycken, H., J.J. Breine, J. Snoeks & C. Belpaire, 2011. First record of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) in Belgium. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41(2): 137-140.
- Von Landwust, C., 2006. Expansion of *Proterorhinus marmoratus* (Teleostei, Gobiidae) into the River Moselle (Germany). *Folia Zoologica* 55 (1): 107-111.
- Wickett, R.G. & L.D. Corkum, 1998. Nest defense by the non-indigenous fish, the round goby, *Neogobius melanostomus* (Gobiidae), on a shipwreck in Western Lake Eries. *Canadian Field-Naturalist* 112: 653-656.
- Wiesner, C., 2003. Eingeschleppte Meeresgrundeln in der Österreichischen Donau – Gefahren und Potenziale. *Am Fischwasser* 2: 29-31.
- Wiesner, C., R. Spolwind, H. Waidbacher, S. Guttman & A. Doblinger, 2000. Erstenachweis der Schwarzmundgrundel *Neogobius melanostomus* (Pallas 1814) in Österreich. *Österreichs Fischerei* 53: 330-331.
- Wonham, M.J., J.T. Carlton & G.M. Ruiz, 2000. Fish and ships; Relating dispersal frequency to success in biological invasions. *Marine Biology* 136: 1111-1121.
- Zweimüller, I., S. Moidl & H. Nimmervoll, 1996. A new species for the Austrian Danube, *Neogobius kessleri*. *Acta Universitatis Carolinae Biologica* 40: 213-218.

Lijst van afkortingen

Afkorting	Betekenis
EU	Europese Unie
GEP	Goed ecologisch potentieel
GET	Goede ecologische toestand
IMARES	Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies
KRW	Kaderrichtlijn water
MWTL	Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands
Natura 2000 gebied	Beschermde Natuurgebied ingevolge de EU Habitat- en Vogelrichtlijn
NDFF	Nationale Databank Flora en Fauna
NEM	Netwerk Ecologische Monitoring
OB+N	Overlevingsplan Bos en Natuur
Piscaria	Applicatie voor de opslag van data en analyse van visgegevens die is ontwikkeld in een samenwerkingsverband tussen STOWA en Sportvisserij Nederland
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Bijlagen

Bijlage 1. Statistische onderbouwing van voedselconsumptie

De resultaten van de 'mixed-effect' regressie-analyse in het consumptie-experiment van het effect van 'vissoort', 'tijd' en 'gewicht van iedere' vis op de \log^{10} getransformeerde biomassa consumptie ($y = \log^{10}(x+1)$) van aangeboden vlokreeften zijn weergegeven in tabel B1. Omdat in ieder aquarium de consumptie van een individuele vis achtereenvolgens in drie tijdsperiodes is herhaald, geeft de variabele 'tijd' het effect van mogelijk gewenning/leren aan. Door AIC-waarden van modelvarianten met en zonder afhankelijke variabelen te vergelijken met behulp van 'likelihood'-ratio testen, is de significant bijdrage van iedere variabele bepaald. Aquarium is als 'random factor' aan en 'tijd' als 'crossed random factor' aan het model toegevoegd. Voor het bepalen van de significantie van de variabele tijd zijn vergelijkingen uitgevoerd zonder de interactie vissoort x tijd (AIC volledige model = -830.1). De residuen van het volledige model waren normaal verdeeld (op basis van 'residual plots' en een Shapiro test).

Tabel B1. Resultaten van de mixed-effect regressie-analyse van het consumptie-experiment voor het effect van 'vissoort', 'tijd' en 'gewicht van iedere' vis op de \log^{10} getransformeerde biomassaconsumptie [$y = \log^{10}(x+1)$] van aangeboden vlokreeften.

	Df	AIC	χ^2	Df	p
Volledige model	21	-838.6			
Vissoort	14	-793.31	59.31	7	<0.001
Tijd	13	-832.0*	0.11	1	0.728
Vissoort x tijd	14	-830.1	22.55	7	0.002
Gewicht vis	20	-836.3	4.38	1	0.036

Bijlage 2. Statistische onderbouwing van effecten van de zwartbekgrondel

De resultaten van de 'mixed-effect' Poisson regressie-analyse voor het bepalen van het effect van de kolonisatie van de zwartbekgrondel op de dichtheid van de rivierdonderpad en het berrmpje zijn weergegeven in tabel B2.1 en B2.2. Of transecten wel of niet (controle) zijn gekoloniseerd door de zwartbekgrondel in de periode 2009-2012, is aangegeven in de variabele 'aanwezigheid zwartbekgrondel'; de variabele 'periode' geeft het tijdeffect van de periode voor (2009–2011) en na (2012) kolonisatie van zwartbekgrondel weer. Op basis van AIC-waarden en likelihood-ratio testen is bepaald of er sprake was van een significante verandering in het aantal rivierdonderpadden of berrmpjes per bemonsterd traject voor en na kolonisatie van de zwartbekgrondel. Locaties van transecten zijn als random factor aan het model toegevoegd, 'periode' is als 'crossed random' factor aan het model toegevoegd. Om overdispersie te corrigeren is een tweede random count factor aan het model toegevoegd, trajectlengte is als offset aan het model toegevoegd. De residuen van het volledige model waren normaal verdeeld (op basis van 'residual plots' en een Shapiro test).

Tabel B2.1. Effect van de kolonisatie van de zwartbekgrondel op de dichtheid van de rivierdonderpad.

	Df	AIC	χ^2	Df	p
Volledige model	8	275.8			
Aanwezigheid zwartbekgrondel	6	300.1	28.33	2	<0.001
Periode	6	289.3	17.54	2	<0.001
Aanwezigheid zwartbekgrondel x periode	7	291.3	17.51	1	<0.001

Tabel B2.2. Effect van de kolonisatie van de zwartbekgrondel op de dichtheid van het berrmpje.

	Df	AIC	χ^2	Df	p
Volledige model	8	206.9			
Aanwezigheid zwartbekgrondel	6	218.0	15.12	2	0.001
Periode	6	289.3	17.54	2	<0.001
Aanwezigheid zwartbekgrondel x periode	6	209.6	6.73	2	0.035