

Verkenning CBD 2010-indicatoren zoetwater

Inventarisatie en uitwerking relevante indicatoren voor Nederland

H.J. de Lange
G.H.P. Arts
W.C.E.P. Verberk

werkdocumenten

wot

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life

Verkenning CBD 2010-indicatoren voor zoetwater

De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd.

Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu en is goedgekeurd door Rien Reijnen (deel)programmaleider WOT Natuur & Milieu.

WOT-werkdocument **122** is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurbalans, Milieubalans en thematische verkenningen.

Verkenning CBD 2010- indicatoren zoetwater

Inventarisatie en uitwerking relevante
indicatoren voor Nederland

H.J. de Lange

G.H.P. Arts

W.C.E.P. Verberk

Werkdocument 122

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2008

Referaat

Lange, H.J. de, G.H.P. Arts, W.C.E.P. Verberk, 2008. *Verkenning CBD 2010-indicatoren zoetwater. Inventarisatie en uitwerking relevante indicatoren voor Nederland*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 122. 73 blz. 21 fig.; 6 tab.; .39 ref.; 7 bijl.

Dit werkdocument geeft de eerste resultaten weer van de uitwerking van twee CBD 2010 - indicatoren voor zoetwater: 'invasive alien species' (exoten) en 'freshwater quality' (zoetwaterkwaliteit). Uit de inventarisatie van exoten blijkt dat er 34 exotische waterplanten zijn, waarvan er 17 lokaal kunnen woekeren, en 6 regelmatig door het waterschap worden verwijderd. Belangrijkste route van vestiging is ontsnapping (vrijkomen) uit vijver, tuin of aquarium. Van de 55 macrofauna exoten veroorzaken de meeste geen problemen. Een aantal rivierkreeftsoorten veroorzaakt wel overlast, door verstoring van de vegetatie en ondergraving van de oever. De belangrijkste route voor vestiging van macrofauna exoten is via het Main-Donaukanaal of via ontsnapping uit tuin, vijver of aquarium. Voor de indicator zoetwaterkwaliteit is onderzocht of er een indicator beschikbaar is die de milieudruk kan weergeven, gebruikmakend van soortskennmerken van macrofauna. Voorlopige conclusie is dat het kenmerk voltinisme (aantal generaties per jaar) een relatie heeft met milieudruk. De indicator levensstrategie biedt perspectieven voor een vergelijking tussen locaties in relatie tot milieudruk. Levensstrategie uitgebreid met wijze van zuurstofademhaling lijkt een goede aanpak om een indicator milieudruk verder te ontwikkelen.

Trefwoorden: waterplant, macrofauna, indicator, zoetwater, exoot, invasive alien species, soortskennmerken, voltinisme, levensstrategie, functionele voedingsgroep

Auteurs: Marieke de Lange (Alterra)
Gertie Arts (Alterra)
Wilco Verberk (Stichting Bargerveen)

©2008 **Alterra**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 07 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

Stichting Bargerveen

Radboud Universiteit, Nijmegen
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen
Tel: (024)-365 32 75; e-mail: wilcov@sci.kun.nl

De reeks WOt-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

Onze dank gaat uit naar Ivo Roessink (Alterra) voor het uitvoeren van het eerste deel van het project. Voor het onderdeel 'exoten' is dankbaar gebruik gemaakt van de expertise van de volgende personen: Richard Sierat (Waterschap Vallei & Eem), Johan van Valkenburg (Plantenziektkundige Dienst), Ton van Haaren (Grontmij | AquaSense), en Roelf Pot (Adviesbureau Roelf Pot). Voor het onderdeel 'traits' is dankbaar gebruik gemaakt van de expertise van Mascha Rubach (Alterra). Aan hoofdstuk 4 is meegewerkt door Dick Belgers en Caroline van Rhenen-Kersten (beiden Alterra), waarvoor wij hen zeer erkentelijk zijn. Ten slotte bedanken wij Peter van Puijenbroek (Planbureau voor de Leefomgeving) voor de inspirerende discussies over de voortgang van het project.

*Marieke de Lange
Gertie Arts
Wilco Verberk*

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond studie	11
1.2 Afbakening studie	11
1.2.1 CBD-indicatoren	11
1.2.2 Indicator exoten	11
1.2.3 Indicator zoetwaterkwaliteit	11
1.3 Leeswijzer rapport	12
2 Exoten	13
2.1 Achtergrond	13
2.1.1 Definities	13
2.1.2 Wanneer zijn exoten een probleem?	13
2.1.3 Inventarisatie zoetwater exoten	13
2.2 Waterplanten	14
2.2.1 Inventarisatie waterplant exoten	14
2.2.2 Problemen met waterplant exoten	17
2.3 Macrofauna	18
2.3.1 Inventarisatie macrofauna exoten	18
2.3.2 Problemen met macrofauna exoten	22
2.4 Conclusies inventarisatie exoten	22
3 Zoetwaterkwaliteit indicatoren	25
3.1 Gebruik van soortskennmerken van macrofauna	25
3.2 Vergelijk beoordelingssystemen met kenmerken	26
4 Illustratie toepassing zoetwaterkwaliteit indicatoren	29
4.1 Kenmerken van de levenscycli van macrofauna en macrofaunagemeenschappen als indicator voor de mate van beïnvloeding en kwaliteit van ecosystemen.	29
4.1.1 Achtergrond	29
4.1.2 Aanpak	30
4.1.3 Resultaten	31
4.1.4 Conclusies uit de RDA analyses	35
4.1.5 Belang voltinisme van macrofauna in sloten	35
4.2 Toepassing functionele voedingsgroepen	36
4.2.1 Aanpak	36
4.2.2 Resultaten	36
4.3 Toepassing levensstrategieën	39
4.3.1 Achtergrond	39
4.3.2 Aanpak	41
4.3.3 Resultaten	42
4.3.4 Conclusies levensstrategieën	43

5	Conclusies en aanbevelingen	45
5.1	Indicator exoten	45
5.2	Indicator zoetwaterkwaliteit	45
5.3	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	46
	Literatuur	47
Bijlage 1	Status en voorlopige prioritering van indicatoren	49
Bijlage 2	Overzicht exoten in zoetwater	51
Bijlage 3	Overzicht methoden met soortskenmerken macrofauna	55
Bijlage 4	Functionele voedingsgroepen	61
Bijlage 5	Dataset soortskenmerken macrofauna	63
Bijlage 6	Resultaten functionele voedingsgroepen	67
Bijlage 7	Beschrijving levensstrategieën	69

Samenvatting

Nederland is één van de partijen van het Verdrag inzake Biologische Diversiteit (Convention on Biological Diversity - CBD). Eén van de hoofddoelstellingen van de CBD is om in 2010 de achteruitgang van biodiversiteit te stoppen (de zogenoemde 2010 doelstelling). In 2009 is een Quickscan EU-biodiversiteitsdoelstellingen 2010 voorzien en ook in de Natuurbalans van 2010 is een van de thema's de EU-biodiversiteitsdoelstelling 2010. Doel van dit onderzoek is om te inventariseren welke aan het zoetwater gerelateerde CBD 2010 - indicatoren nodig zijn voor de Nederlandse situatie, deze te beschrijven en indien nodig beschikbaar te maken voor de twee rapportages rond de 2010 biodiversiteitdoelstellingen. Uit de lijst indicatoren die door de CBD is opgesteld, zijn twee indicatoren verder uitgewerkt in deze rapportage. Dit zijn de 'invasive alien species' (exoten) en 'freshwater quality' (zoetwaterkwaliteit).

Voor de indicator exoten is geïnventariseerd hoeveel waterplanten en macrofauna exoten in Nederland aanwezig zijn, de periode van vestiging, via welke verspreidingsroute, en welke exoten een probleem vormen. Uit deze inventarisatie blijkt dat er 34 exotische waterplanten zijn, waarvan er 17 lokaal kunnen woekeren, en 6 regelmatig door het waterschap worden verwijderd. Belangrijkste route van vestiging is ontsnapping (vrijkomen) uit vijver, tuin of aquarium. Van de 55 macrofauna exoten veroorzaken de meesten geen problemen. Een aantal rivierkreeftsoorten veroorzaakt wel overlast, door verstoring van de vegetatie en ondergraving van de oever. De belangrijkste route voor vestiging van macrofauna exoten is via het Main-Donaukanaal of via ontsnapping uit tuin, vijver of aquarium.

Voor de indicator zoetwaterkwaliteit is onderzocht of er een indicator beschikbaar is die de milieudruk kan weergeven. Hiervoor is gekeken naar macrofauna, en gebruik gemaakt van soortskennmerken van macrofauna. Om verschillende methodieken te kunnen vergelijken, is een dataset uit een gebied gebruikt met belasting met bestrijdingsmiddelen. Conclusies van deze analyses zijn de volgende:

- Ecosystemen onder hogere milieudruk herbergen meer bivoltine en multivoltine individuen en minder univoltine individuen.
- Voltinisme kan in combinatie met de taxonomische groep informatie geven over de gevoeligheid en herstelbaarheid van ecosystemen.
- De indicator functionele voedingsgroepen geeft geen goed beeld van de milieudruk.
- Levensstrategieën die domineren zijn overeenkomstig de verwachting voor eutrofe sloten:
 - soorten zijn aangepast aan extremen (zuurstofarmoede);
 - soorten zijn ingesteld op dynamiek (korte larvale ontwikkeling met veel generaties, of korte larvale ontwikkeling met dispersie).
- De profielen qua overlevingsstrategieën zijn duidelijk verschillend tussen de locaties, wat perspectieven biedt voor een vergelijking tussen locaties in relatie tot milieudruk.
- De combinatie levensstrategie met wijze van ademhaling is een mogelijkheid voor het verder ontwikkelen van een indicator milieudruk.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond studie

Nederland is één van de partijen van het Verdrag inzake Biologische Diversiteit (Convention on Biological Diversity - CBD). Eén van de hoofddoelstellingen van de CBD is om in 2010 de achteruitgang van biodiversiteit te stoppen (de zogenoemde 2010 doelstelling). In 2009 is een Quickscan EU-biodiversiteitsdoelstellingen 2010 voorzien en ook in de Natuurbalans van 2010 is één van de thema's de EU-biodiversiteitsdoelstelling 2010. Doel van dit onderzoek is om te inventariseren welke aan het zoetwater gerelateerde CBD 2010 - indicatoren nodig zijn voor de Nederlandse situatie, deze te beschrijven en indien nodig beschikbaar te maken voor de twee rapportages rond de 2010 biodiversiteitdoelstellingen.

1.2 Afbakening studie

1.2.1 CBD-indicatoren

Door de Convention on Biological Diversity is een lijst indicatoren opgesteld. Deze indicatoren zijn beoordeeld op hun relevantie en mogelijke toepasbaarheid voor het Nederlandse zoete water (zie Bijlage 1). Uit deze beoordeling kwamen drie mogelijke indicatoren naar voren die verder uitgewerkt dienen te worden:

- red list species (rode lijst soorten);
- invasive alien species (exoten);
- freshwater quality (zoetwaterkwaliteit).

Van deze drie indicatoren is de indicator rode lijst soorten hier niet verder uitgewerkt. De andere twee indicatoren zijn in deze rapportage verder uitgewerkt, en worden hieronder kort toegelicht.

1.2.2 Indicator exoten

Deze indicator is uitgewerkt voor waterplanten en macrofauna. Voor vissen is deze indicator al bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) uitgewerkt. Van de nu bekende exoten zullen de volgende kenmerken worden verzameld:

- periode van vestiging;
- herkomst;
- organisme groep;
- mogelijke oorzaak van vestiging (temperatuursverandering, door menselijke activiteiten, Main-Donaukanaal, ballastwater).

De mogelijke effecten van exoten zullen waar mogelijk anecdotisch worden beschreven.

1.2.3 Indicator zoetwaterkwaliteit

De meeste aandacht op het gebied van waterkwaliteit binnen de Kaderrichtlijn Water (KRW) gaat uit naar nutriënten. Onderbelichte aspecten zijn de invloed van verontreinigingen op de biologische waterkwaliteit, en de rol van de waterbodem (inclusief verontreinigingen) op de

biologische waterkwaliteit. Te denken valt hierbij aan bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen, hormoonverstorende stoffen en andere 'nieuwe' verontreinigingen (bijv. nanodeeltjes).

De onderzoeksvragen zijn:

- Is er een verband tussen het al dan niet voorkomen van soorten in het zoetwatermilieu en het voorkomen van verontreinigingen?
- Welke mogelijke indicatoren kunnen effecten duiden? Voor macrofauna zijn index voor compleetheid voedselweb, of voorkomen van verschillende levensstrategieën mogelijk toepasbaar.
- Kunnen deze indices gebruikt worden om herstel te beoordelen?

Het gaat hierbij om het ontwikkelen van een indicator waarbij de milieudruk in beeld wordt gebracht, als bedreiging voor de biodiversiteit.

1.3 Leeswijzer rapport

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de macrofauna en waterplanten exoten in Nederland. In Hoofdstuk 3 worden verschillende macrofauna methodieken beschreven die zoetwaterkwaliteit kunnen beoordelen, gebruikmakend van de kenmerken en eigenschappen van macrofauna soorten. Toepassing van een selectie van deze methodieken wordt in Hoofdstuk 4 gegeven. Ten slotte wordt in Hoofdstuk 5 een synthese van de resultaten gegeven, en worden aanbevelingen gedaan.

2 Exoten

2.1 Achtergrond

2.1.1 Definities

Van het begrip 'exoot' bestaan meerdere definities, die nogal van elkaar kunnen verschillen. Ter illustratie de volgende drie definities:

1. Volgens de beleidsnota Invasieve exoten van LNV is een exoot "een uitheemse plant, dier of micro-organisme die Nederland niet op eigen kracht kan bereiken, maar door menselijk handelen (transport, infrastructuur) terecht is gekomen in de Nederlandse natuur."
2. De door de subgroep Exoten van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer (WEW) gehanteerde definitie is een exoot "een soort die zich heeft gevestigd waar het voordien niet voorkwam door of vanwege het wegvallen van dispersiebarrières."
3. Een derde definitie is dat een exoot een soort is "die al sinds lange tijd (bijvoorbeeld een millenium) niet, of niet meer, voorkomt in een gebied waar hij op een bepaald moment wordt aangetroffen" (definitie uit Van der Weijden *et al.*, 2007).

Een belangrijk verschil in deze definities is of een soort op eigen kracht Nederland heeft bereikt (definitie 2 en 3), of door menselijk toedoen (definitie 1). Andere belangrijke keuzen zijn die van het referentiejaar en de geografische schaal. In deze studie is gebruikt gemaakt van de gegevens van de WEW, en daarmee wordt hun definitie gevolgd.

2.1.2 Wanneer zijn exoten een probleem?

De meeste exoten vormen geen probleem. Sommige exoten kunnen zich na vestiging explosief ontwikkelen, bijvoorbeeld door het ontbreken van natuurlijke vijanden. In dat geval wordt er gesproken over een "invasieve exoot" (beleidsnotitie LNV). Ook het begrip "invasief" kent vele interpretaties (zie Van der Weijden *et al.*, 2007). In deze rapportage zal hier niet verder op de nuance verschillen tussen de interpretaties worden ingegaan. Invasieve soorten kunnen problemen geven van ecologische aard (zoals verdringen inheemse soorten, verstoren ecosysteemevenwicht), en/of van economische aard (kosten bestrijding).

2.1.3 Inventarisatie zoetwater exoten

Voor dit rapport is onderzocht hoeveel exoten er in het Nederlandse zoete water voorkomen. Als leidraad is hiervoor de inventarisatie van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, subgroep exoten, gevolgd, aangevuld door verschillende andere publicaties (Van der Velde *et al.*, 2002; Van der Weijden *et al.*, 2007). Aangezien het vestigen van een soort en het eventueel daarna weer verdwijnen een dynamisch proces is, is dit bij nadruk een momentopname.

Een overzicht van het aantal exoten voor 6 taxonomische hoofdgroepen wordt in Tabel 1 gegeven. Het aandeel exoten varieert tussen minder dan 1% en 100%. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het totaal aantal soorten in Nederland voor macrofauna en zoöplankton moeilijk vast te stellen is. Voorts moet rekening worden gehouden met taxonomische aanpassingen (samenvoegen van of juist splitsen in ondersoorten). Bijvoorbeeld, aanvullende informatie van Roelf Pot (Mondelinge mededeling Adviesbureau Roelf Pot, Oosterhesselen) omvatte 455 waterplantsoorten, waarvan 46 exoot (10%).

Opvallend aan het overzicht is dat de zoetwaterreptielen die in Nederland voorkomen, allen exoot zijn. Dit zijn de bijtschildpad, Europese moerasschildpad en de roodwangschildpad. De exotische amfibieën zijn de mediterrane boomkikker, Amerikaanse brulkikker en de Italiaanse kamsalamander (website Nederlands Soortenregister). Deze exotische reptielen en amfibieën komen slechts incidenteel voor in Nederland.

Het aantal soorten dat in een gebied aanwezig is, is de resultante van de dynamische processen uitsterven en vestigen. De vestiging van nieuwe soorten zou moeten worden gezien in relatie tot het uitsterven van bestaande soorten. Informatie hierover is helaas te beperkt om hier te presenteren. In deze rapportage wordt verder ingegaan op de waterplanten en macrofauna, in afstemming met lopend onderzoek voor exotische vissen bij het Planbureau voor de Leefomgeving (website Milieu- en Natuurcompendium).

Tabel 1. Overzicht exoten in zoetwater in Nederland (Zie Bijlage 2 voor overzicht exoten)

Hoofdgroep	Aantal erkende exoten ^a	Totaal aantal soorten in Nederland	Exoten als percentage van totaal
Waterplanten	34 ^b	442 ^c	8
Macrofauna	55	2600 ^f	2
Vissen	27 ^d	73 ^d	37
Amfibieën	3	19 ^e	16
Reptielen	3	3 ^e	100
Zoöplankton	2	267 ^f	0.7

a) WEW website: <http://www.wew.nu/exoten/soorten.php>

b) waterplant exoten zonder mossen

c) Volgens Pot (2007), totaal water- en oeverplanten zonder houtachtigen, algen, mossen en brak- en zoutwatersoorten.

d) Milieu- en natuurcompendium website: <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl1355-Soortensamenstelling-zoetwatervissen.html?i=2-41>

e) Nederlands soortenregister: <http://www.soortenregister.nl/get?site=nlsr>

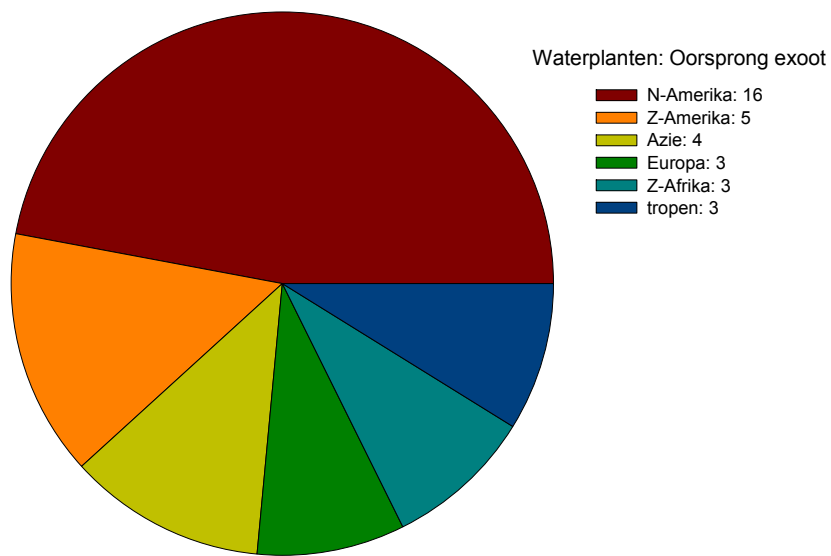
f) geschat op basis van aantal zoetwatersoorten in Taxa Waterbeheer Nederland lijst, voor zoöplankton alleen Branchiopoda, Copepoda en Rotifera: http://www.idsw.nl/standaarden/domeintabellen/taxa_waterbeheer/twn_lijst/

2.2 Waterplanten

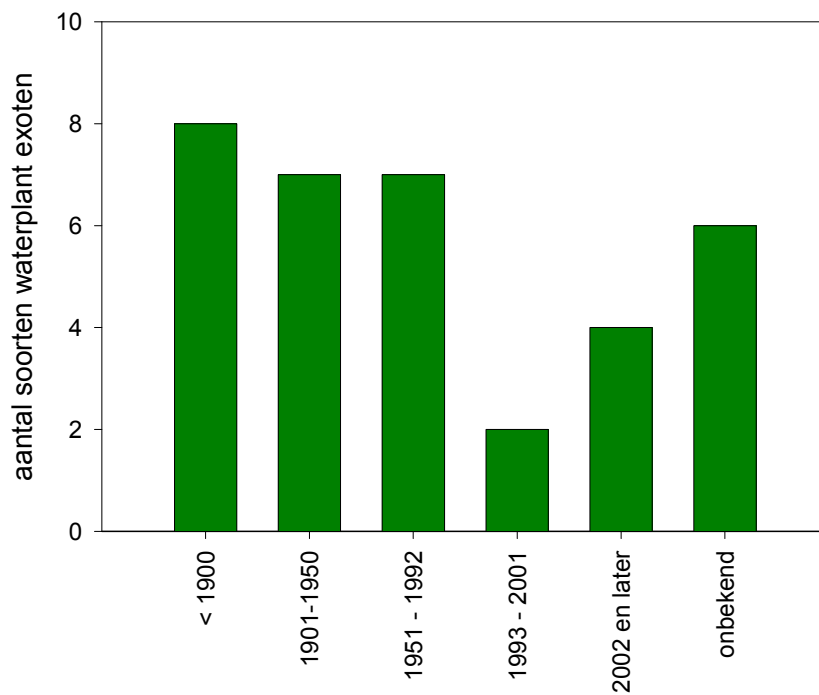
2.2.1 Inventarisatie waterplant exoten

In de inventarisatie van waterplant exoten zijn alle water- en oeverplanten meegenomen die voorkomen in zoetwater, exclusief de mossen, houtachtigen en algen (Pot, 2007). Mossen kunnen zich heel goed wereldwijd verspreiden. Er zijn momenteel 35 waterplantsoorten als erkend exoot in Nederland. De herkomst van deze 35 soorten wordt in Figuur 1 weergegeven. De meesten (21) komen uit gematigde streken (N-Amerika en Europa). Een kleiner aandeel (16) komt uit warmere gebieden (Z-Amerika, Azië, Z-Afrika en tropen).

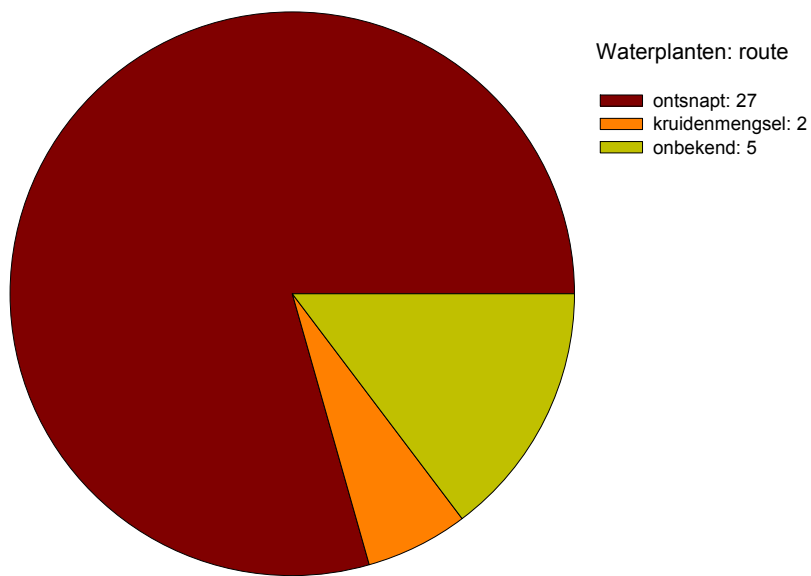
Periode van vestiging (Figuur 2) laat zien dat een groot deel van de exoten al langer in Nederland is gevestigd. Recente observaties van exoten (> 2002) betreffen Ongelijkbladig vederkruid (*Myriophyllum heterophyllum*), *Lagarosiphon major*, *Landoltia punctata* en *Lemna turionifera*. De belangrijkste route voor vestiging is ontsnapping uit tuin, vijver of aquarium (ruim driekwart van alle soorten) (Figuur 3). Meer dan de helft van de exoten is plaatselijk algemeen of zeer succesvol (Figuur 4).



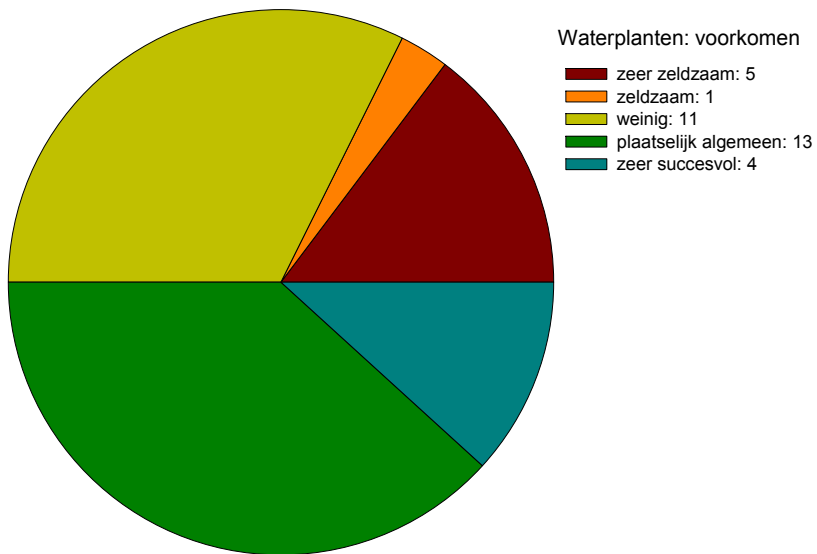
Figuur 1. Geografische herkomst zoetwaterplanten exoten in Nederland.



Figuur 2. Periode van vestiging zoetwaterplant exoten.



Figuur 3. Route van vestiging van zoetwaterplant exoten. Ontsnapt is uit tuin, vijver of aquarium.



Figuur 4. Mate van voorkomen in Nederland van zoetwaterplant exoten.

2.2.2 Problemen met waterplant exoten

De meeste waterplant exoten geven geen problemen. Enkele soorten kunnen wel overlast veroorzaken doordat ze lokaal een watergang overwoekeren. De overlast is tweeledig: 1) ecologisch door het verstoren van het oorspronkelijke ecosysteem, en 2) economisch door kosten van verwijdering als daartoe wordt overgegaan. Dit wordt hieronder toegelicht.

Voorbeelden ecologische schade

- De beide waterpest soorten *Elodea nutallii* en *Elodea canadensis* kunnen lokaal een hele watergang overgroeien, daarmee andere soorten verdringen. Beide soorten zijn al lange tijd aanwezig in Nederland en zijn inmiddels geaccepteerd (ingeburgerd).
- Kroossoorten zoals grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) en *Lemna minuta* verdringen plaatselijk andere kroossoorten zoals *L. minor* of *L. gibba*.
- Andere soorten die lokaal kunnen woekeren zijn grote engelwortel (*Angelica archangelica*), waterwaaier (*Cabomba caroliniana*), watercrassula (*Crassula helmsii*), egeria (*Egeria densa*), waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*), Japanse duizendknoop (*Fallopia japonica*), grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*), reuzenbalsemien (*Impatiens glandulifera*), waterteunisbloem (*Ludwigia grandiflora*), ongelijkbladig vederkruid (*Myriophyllum heterophyllum*), parelvederkruid (*Myriophyllum aquaticum*), watersla (*Pistia stratiotes*), kleine vlotvaren (*Salvinia natans*).
- In totaal zijn er 17 soorten die lokaal kunnen woekeren.

Voorbeelden economische schade

Niet alle woekerende waterplanten worden verwijderd. Van de volgende soorten is bekend dat waterschappen deze op bepaalde locaties verwijderen (R. Sierat, pers. med.):

- De grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*) kan lokaal een ernstig probleem vormen. Het lokaal uitroeien of het onder controle houden door mechanische verwijdering lijkt de beste aanpak. Bijna alle waterschappen moeten de grote waternavel verwijderen.
- Parelvederkruid (*Myriophyllum aquaticum*) wordt door vier waterschappen verwijderd.
- De waterteunisbloem (*Ludwigia grandiflora*) kan lokaal alle overige vegetatie overgroeien. Drie waterschappen rapporteren dat ze de waterteunisbloem verwijderen.
- De waterwaaier (*Cabomba caroliniana*) komt zeer plaatselijk voor in Nieuw-Loosdrecht, en hindert daar de doorvaart voor plezierboten. Het waterschap aldaar verwijderd de planten handmatig.
- Watersla (*Pistia stratiotes*) en watercrassula (*Crassula helmsii*) worden elk door één waterschap verwijderd.
- In totaal worden er 6 soorten verwijderd.

De kosten van verwijdering kunnen van jaar tot jaar verschillen, afhankelijk van de start van het groeiseizoen en temperatuur tijdens het groeiseizoen. Een vroeg voorjaar in combinatie met hogere temperaturen geeft meer groei van de waterplanten, en daardoor ook hogere kosten van verwijdering. Een inschatting van de kosten is dat in 2007 de bestrijding door waterschappen van de grote waternavel ongeveer 2 à 2.5 miljoen euro heeft gekost, en voor de overige exoten ongeveer € 750.000 (inschatting gemaakt door de Unie van Waterschappen, R. Sierat, pers. med.).

Vanwege de economische schade van invasieve exoten, is er een inventarisatie uitgevoerd onder waterbeheerders naar welke soorten zouden moeten verdwijnen uit de handel en kweek (ook wel de zwarte lijst van waterplantexoten genoemd) (Zonderwijk, 2008). Momenteel is de grote waternavel de enige soort waarvan het bezit expliciet verboden is in de Flora- en faunawet. Op basis van de inventarisatie van Zonderwijk (2008) komen de volgende soorten naar voren als de top-vijf zwarte lijst soorten:

1. Grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*)
2. Parelvederkruid (*Myriophyllum aquaticum*)
3. Waterteunisbloem (*Ludwigia grandiflora*)
4. Grote kroosvaren (*Azolla filliculoides*)
5. Watercrassula (*Crassula helmsii*)

2.3 Macrofauna

2.3.1 Inventarisatie macrofauna exoten

Er zijn 55 macrofaunasoorten als exoot erkend in Nederland, volgens de WEW-inventarisatie. Een drietal kreeftsoorten, de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes virilis*), de marmerkreeft (*Procambarus* sp.) en de *Procambarus acutus/zonangulus* zijn toegevoegd in dit overzicht, ook al is de status nog niet vastgesteld in de WEW-lijst. Uit recente publicaties blijkt wel dat deze kreeftexoten steeds meer in Nederland waargenomen worden (Soes & Van Eekelen, 2006, Van Emmerik & De Laak, 2008).

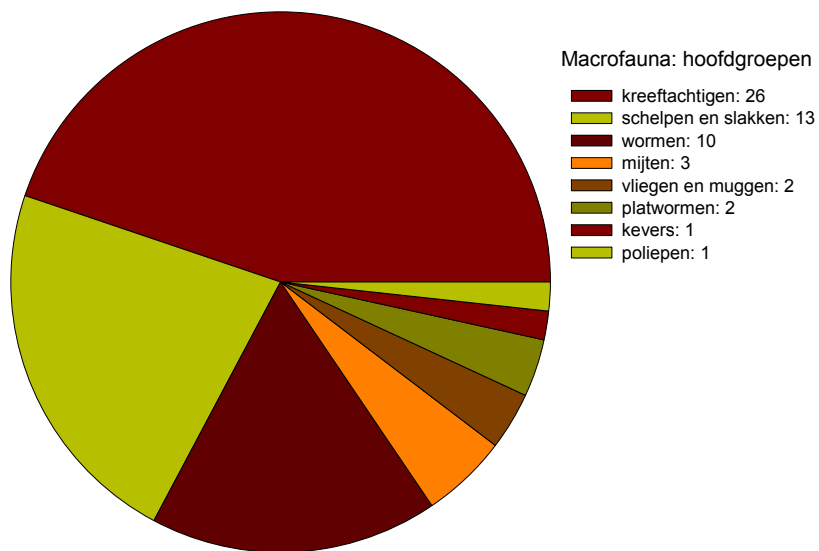
De belangrijkste hoofdgroepen zijn kreeftachtigen, schelpen, slakken en wormen (samen ruim driekwart van alle soorten, Figuur 5). De herkomst van deze 58 soorten wordt in Figuur 6 weergegeven. De meesten komen uit gematigde streken zoals het Ponto-Kaspisch gebied (18), N-Amerika (18) en Europa (7). Een kleiner deel (16) komt uit warmere gebieden (Azië, Afrika, Z-Amerika).

De belangrijkste route voor vestiging is via het Main-Donaukanaal of via ontsnapping uit tuin, vijver of aquarium (Figuur 7). De soorten die zijn uitgezet zijn allen kreeftachtigen en zijn allen uitgezet ten behoeve van de visserij, hetzij als voedselbron voor vissen hetzij als doel: de tijgervlokreeft (*Gammarus tigrinus*), de Amerikaanse vlokreeft (*Crangonyx pseudogracilis*), de blauwe zwemkrab (*Callinectes sapidus*), de Turkse rivierkreeft (*Astacus leptodactylus*), de Californische rivierkreeft (*Pacifastacus leniusculus*) en de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes limosus*).

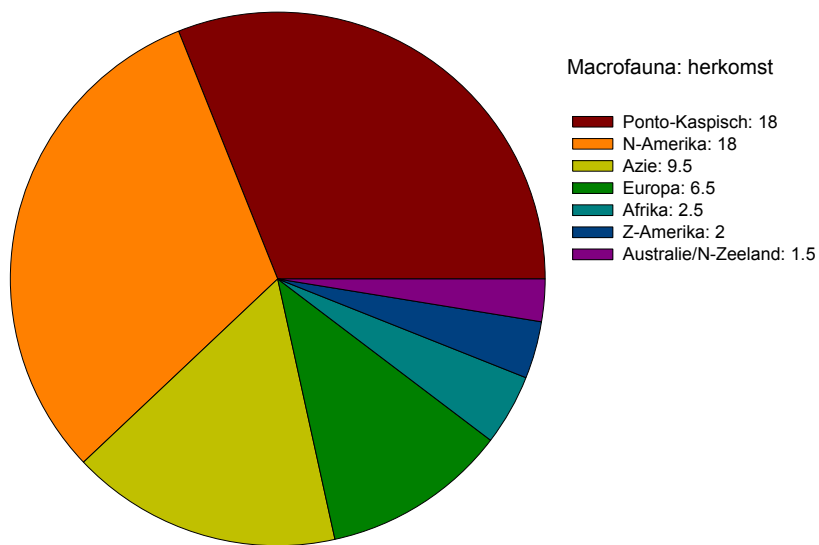
Periode van vestiging (Figuur 8) laat zien dat het merendeel van de exoten al langer in Nederland is gevestigd. Recente observaties van exoten (> 1992) betreffen vooral soorten die via het Main-Donaukanaal het stroomgebied van de Rijn en zo Nederland bereikt hebben. Tweederde van de exoten is plaatselijk algemeen of zeer succesvol (Figuur 9).

In vergelijking met de exotische waterplanten is de belangrijkste verspreidingsroute voor macrofauna die via kanalen (Main-Donaukanaal en Mittellandkanaal). Deze komt bij waterplanten niet voor. Voor waterplanten was ontsnapping uit vijver, aquarium of tuin de belangrijkste verspreidingsroute. De verschillen in dispersiecapaciteiten tussen waterplanten (alleen passief) en macrofauna (ook actief) liggen hieraan ten grondslag. Figuur 10 illustreert hoe de waterwegen in midden-Europa met elkaar verbonden zijn, waarbij de verschillende dispersieroutes van Ponto-Kaspische soorten zijn weergegeven.

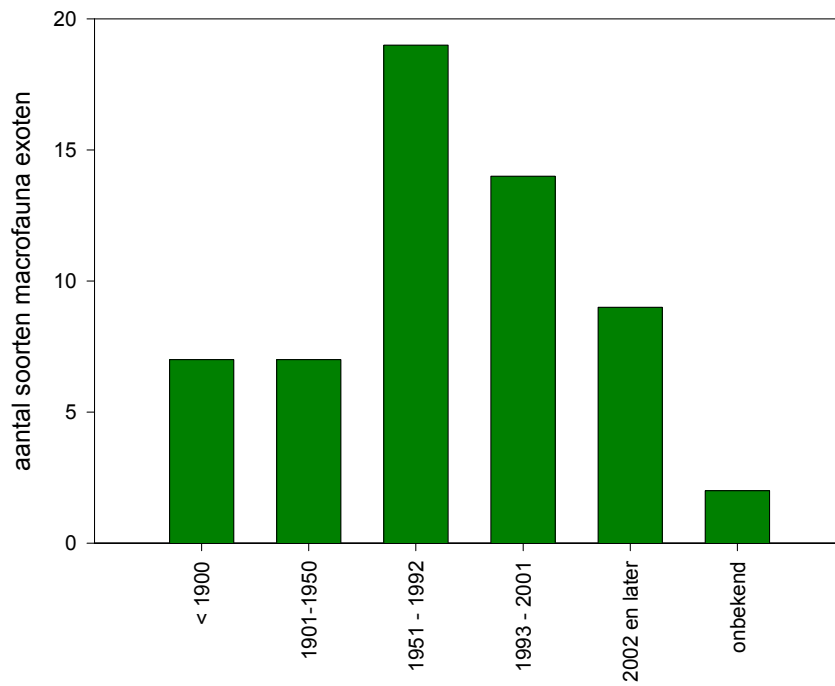
Er komt maar een beperkt aantal exoten uit Z- of O-Europa. Drie daarvan zijn langs natuurlijke weg, via kanalen, in Nederland terecht gekomen. De overige soorten zijn ontsnapt of via scheepvaart hier terecht gekomen. Een mogelijke oorzaak van dit beperkt aantal Europese exoten is dat de verspreiding van deze soorten al langs natuurlijke weg sinds de laatste ijstijd heeft plaatsgevonden.



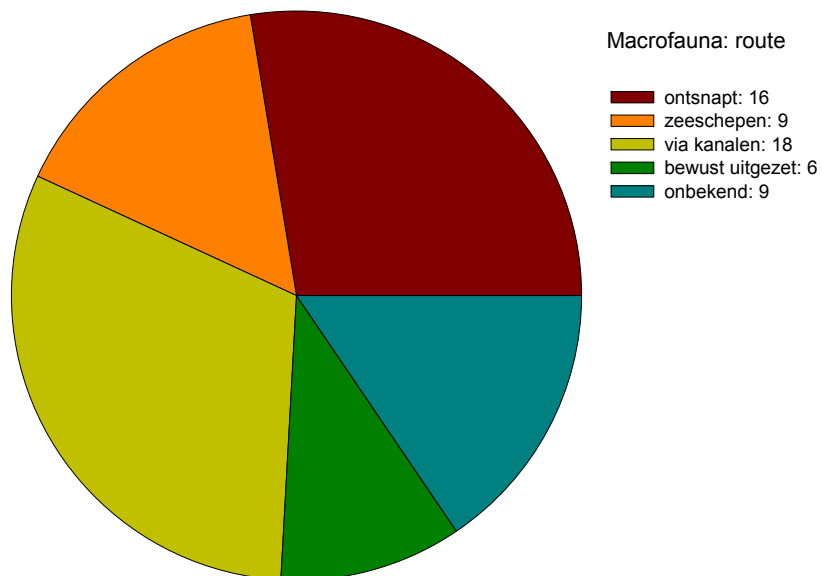
Figuur 5. Verdeling macrofauna exoten over verschillende hoofdgroepen



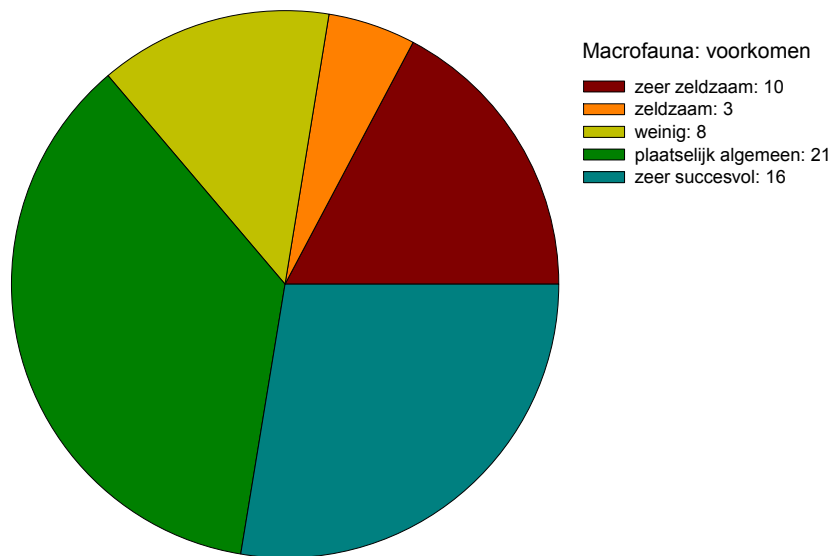
Figuur 6. Geografische herkomst van de macrofauna exoten in Nederland.



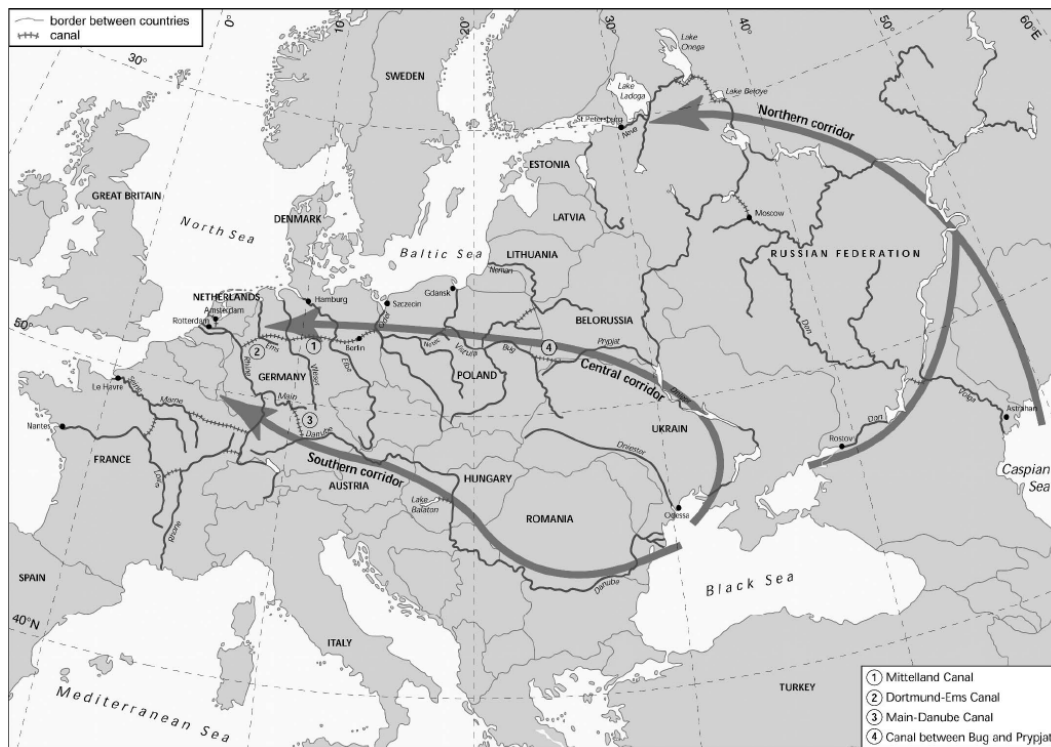
Figuur 7. Periode van vestiging van macrofauna exoten.



Figuur 8. Route van verspreiding naar Nederland van macrofauna exoten



Figuur 9. Mate van voorkomen in Nederland van macrofauna exoten.



Figuur 10. Kaart van de belangrijkste waterwegen in centraal Europa, met weergegeven de drie belangrijkste dispersie routes van Ponto-Kaspische soorten (overgenomen uit Bij de Vaate et al., 2002).

2.3.2 Problemen met macrofauna exoten

De meeste problemen met exoten betreffen kreeften en krabben. Er zijn aanwijzingen dat kreeften en krabben de vegetatie negatief beïnvloeden. Er is bijvoorbeeld in bepaalde gebieden waargenomen dat de opkomst van kreeften in een gebied samen is gegaan met een teruggang in vegetatie. Oorzaak en gevolg is hieruit niet te concluderen.

Van de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) is bekend dat zij de oever kunnen beschadigen, en dat zij de jonge scheuten van vegetatie doorknippen. Een enclosure experiment liet zien dat in de aanwezigheid van Chinese wolhandkrab de ondergedoken en drijvende vegetatie ontbrak, evenals filemanteuze algen. De emergente vegetatie was met 43% gereduceerd (Loonen *et al.* 2008). De Chinese wolhandkrab kan commercieel gevangen worden, maar de vraag is hoe groot de Nederlandse markt er voor is.

De toename van exotische rivierkreeften wordt door sportvissers als negatief ervaren, omdat de indruk bestaat dat de rivierkreeften verantwoordelijk zijn voor achteruitgang van de visstand, schade aan vegetatie en verminderd doorzicht (Van Emmerik & De Laak, 2008).

Daarnaast treedt er door het verdringen van inheemse soorten ook ecologische schade op:

- *Limnomysis benedeni* (Ponto-Kaspisch) heeft in grote delen van West-Nederland de inheemse soort *Neomysis integer* verdrongen.
- *Dikerogammarus villosus* (Ponto-Kaspisch) verdringt *Gammarus* populaties zoals *G. duebeni* en *G. tigrinus* (ook een exoot) (Dick & Platvoet, 2000).
- *Jaera istri* verdringt inheemse *Asellus* soorten.

In hoeverre deze verdringing van inheemse soorten door exoten het voedselweb veranderd, is niet goed bekend.

2.4 Conclusies inventarisatie exoten

Uit informatie over vissoorten in Nederland (Natuurcompendium website) blijkt dat ruim 1/3 van alle vissoorten in Nederland een exoot is. Voor waterplanten en macrofauna is dit percentage respectievelijk 8 en 2 %. Tegenover de komst van nieuwe soorten moet afgewogen worden hoeveel soorten uitgestorven zijn. Voor macrofauna is dat niet te achterhalen. Voor waterplanten biedt Pot (2007) een leidraad hiervoor; er zijn ca. 8 soorten zoetwaterplanten uitgestorven, dat is bijna 2 % van het totaal. Op de schaal van heel Nederland zijn er dus meer nieuwe soorten binnengekomen, dan dat er soorten zijn uitgestorven.

Exoten kunnen soms problemen veroorzaken. Dit gebeurt meestal bij soorten die zich sterk kunnen uitbreiden. Deze problemen zijn zowel ecologisch als economisch van aard:

- Ecologische schade wordt door zowel waterplanten als macrofauna veroorzaakt, door het verdringen van inheemse soorten.
- Economische schade wordt vooral door waterplanten veroorzaakt, en betreft de kosten die gemaakt worden om waterplanten te verwijderen.

Kan voorspeld worden welke exoot een probleem wordt?

Niet elke exoot die Nederland binnenkomt, kan zich blijvend vestigen, en niet elke gevestigde exoot wordt een plaagsoort. Hiervoor geldt de 'tens rule' (Williamson & Fitter, 1996), die bepaalt dat gemiddeld 10% van de soorten overgaat in een volgend stadium. Ofwel, van de

100 exoten die Nederland binnenkomen, zullen zich 10 blijvend kunnen vestigen, en zal zich 1 ontwikkelen tot een plaagsoort.

Welke factoren van invloed zijn op het wel of niet blijvend vestigen van een exoot, en het uitmonden in een plaagsoort, is nog niet goed bekend. Wel is duidelijk dat zowel kenmerken van de soort als van het nieuwe habitat bepalen of een soort zich invasief gaat gedragen (Paulissen & Verdonshot, 2007). Soortskenmerken, eventueel samengevoegd tot levensstrategieën, kunnen hierbij een nuttig analysehulpmiddel zijn. Uit de inventarisatie van Paulissen en Verdonshot (2007) komt naar voren dat invasieve waterplanten sterke concurrenten zijn en soms ook goede kolonisten of opportunisten. Macrofauna exoten zijn meestal sterke concurrenten, die een goede dispersie hebben en een brede habitattolerantie.

Het toepassen van levensstrategie analyse voor de typering van (potentiële) exoten lijkt een bruikbaar instrument te zijn. Hier zou meer onderzoek naar verricht moeten worden. Veel gebruikte soortskenmerken en een overzicht van toepassing in beoordelingssystemen wordt in hoofdstuk 3 gegeven.

Welke rol speelt klimaatverandering?

Klimaatverandering, en dan vooral hogere temperaturen, kan op 2 manieren een rol spelen in de blijvende vestiging van exoten.

1. Uitbreiden/verschuiven areaal van een soort (is aanpassing van de natuur aan klimaatverandering)
2. Faciliteren van blijvende vestiging na kolonisatie door andere routes (bijv. ontsnapping, of via aanleg nieuwe infrastructuur)

Het eerste proces, klimaatgedreven vestiging van exoten, is moeilijk tegen te houden. Het is de aanpassing van de natuur aan een veranderend klimaat (zie ook Van der Weijden *et al.* 2007). Inzicht in het tweede proces is belangrijk om de mogelijke blijvende vestiging van exoten te kunnen voorspellen.

Voor waterplanten is een belangrijke factor het wel of niet voorkomen van een strenge winter. De 6 soorten woekerende waterplanten die actief worden bestreden zijn allen afkomstig uit warmere gebieden (Z-Amerika, tropen, Australië/N-Zeeland). Ook de waterplantsoorten die op de voorgestelde zwarte lijst staan, zijn meest afkomstig uit warmere gebieden. Deze soorten zijn meestal niet bestand tegen vorst. Het uitblijven van strenge winters bevordert daarom de blijvende vestiging van deze tropische waterplant soorten.

De macrofauna exoten die via het Main-Donau kanaal gekoloniseerd zijn, komen uit het warmere Donau gebied. Dat er meer soorten vanuit de Donau naar de Rijn zijn getrokken dan andersom heeft deels te maken met de stroomrichting van het water, maar ook met de temperatuur van het water (Van der Velde *et al.* 2000). Een belangrijke oorzaak van de toegenomen temperatuur van het Rijnwater zijn de koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales en industrie (Middelkoop & Van Haselen 1999). Voor overige wateren in Nederland zal klimaatverandering een rol spelen in toename watertemperatuur.

3 Zoetwaterkwaliteit indicatoren

3.1 Gebruik van soortskennmerken van macrofauna

Uitgangspunten

Met de term 'macrofauna' worden de ongewervelde dieren bedoeld die met het blote oog nog goed zichtbaar zijn. Macrofauna in zoetwater wordt veel gebruikt in beoordeling van de waterkwaliteit. Van veel soorten is de habitatvoorkeur bekend. Deze relatie tussen habitat en soort wordt toegepast in beoordelingssystemen naar de waterkwaliteit. Veel van deze systematieken zijn ontwikkeld door aan soorten een indicatorwaarde toe te kennen. Vanwege de biogeografie van soorten, zijn dit soort beoordelingssystemen per land of gebied ontwikkeld.

Recent wordt er steeds meer onderzoek verricht aan de kenmerkende eigenschappen van soorten, in het Engels 'traits'. In deze rapportage zal verder de term 'kenmerken' gebruikt worden. In deze benadering gaat het niet om de soort als soort, maar om de rol die de soort vervult in het gehele ecosysteem. De kenmerken van een soort bepalen welke rol in het ecosysteem door een soort wordt vervuld. Dit wordt de 'functional trait niche' genoemd (Poff *et al.*, 2006).

Het onderzoek naar soortskennmerken wordt vanuit meerdere invalshoeken uitgevoerd:

- Ecologische theorieontwikkeling;
- Biomonitoring;
- Ecologische risico beoordeling.

Voor het CBD-2010 onderzoek is een combinatie van biomonitoring en ecologische risico beoordeling relevant. Het gebruik van kenmerken om de waterkwaliteit in kaart te brengen, en waar mogelijk potentiële verstoringen aan te geven. We richten ons hierbij op de macrofauna in zoetwater.

Macrofauna kenmerken

Kenmerken van macrofauna kunnen in verschillende categorieën worden ingedeeld:

- Fysiologie: bijv. wijze van voortplanting, ademhaling;
- Morfologie: bijv. vorm, grootte;
- Levenscyclus: bijv. levensduur en aantal nakomelingen;
- Gedrag: bijv. mobiliteit;
- Voedsel: bijv. type voedsel en functionele voedingsgroep;
- Habitat: bijv. substraatvoorkeur, voorkeur voor type waterlichaam. Deze kenmerken worden soms ook ecologische kenmerken genoemd.

Per categorie kunnen vele kenmerken worden beschreven. Sommige kenmerken vallen onder meerdere categorieën. Bijvoorbeeld wijze van ademhaling is een combinatie van fysiologie, morfologie en gedrag. Evenzo is tolerantie voor uitdroging een combinatie van fysiologie, morfologie en gedrag.

De keuze en beschrijving van kenmerken zijn afhankelijk van de onderzoeksvraag, en kunnen sterk verschillen. Hoe meer kenmerken je van een soort weet, hoe beter je het functioneren van een soort kan beschrijven. Het verzamelen van de benodigde kennis om voor alle soorten alle kenmerken te beschrijven is een uitdagende klus. Minder kenmerken per soort is

makkelijker te beschrijven, is daarom breder toepasbaar, maar geeft een minder volledig beeld per soort. Het optimale aantal kenmerken is een keuze tussen deze twee uitersten. De praktijk leert dat elk onderzoek deze afweging net weer anders maakt, zodat er tussen de methodieken wel overlap bestaat, maar ook verschillen.

Sommige onderzoekers gebruiken genera in plaats van soorten om de kenmerken van te beschrijven. Dit is uit praktisch oogpunt, het is minder werk om voor genera de kenmerken te verzamelen, dan voor soorten. Uit vergelijkend onderzoek komt naar voren dat de diversiteit aan kenmerken hierdoor nauwelijks werd beïnvloed (Dolédec *et al.*, 2000). Uit andere studies blijkt echter dat soorten binnen een genus verschillende levensstrategieën kunnen hebben (Verberk, 2008).

Het gebruik van kenmerken om soorten te ordenen kan op verschillende manieren:

- Gebruik maken van een dataset met kenmerkgegevens per soort, en hier met behulp van statistiek a posteriori relaties uithalen. Hieruit volgen ook combinaties van kenmerken die vaak voorkomen in een soort. Elk kenmerk wordt even zwaar meegeteld (bijv. Usseglio-Palatero *et al.*, 2000; Poff *et al.*, 2006, Horrigan & Baird, 2008).
- Het a priori combineren van kenmerken in strategieën. Kenmerken kunnen meer of minder zwaar worden meegewogen (bijv. Southwood, 1988; Siepel, 1994; Verberk *et al.*, 2008).

3.2 Vergelijk beoordelingssystemen met kenmerken

Welke kenmerken worden gebruikt?

Er zijn meerdere methodieken welke gebruik maken van kenmerken van macrofaunasoorten ten behoeve van waterkwaliteitsbeoordeling. Voor onderhavige rapportage worden 12 methodieken nader bestudeerd. Een gedetailleerde beschrijving van deze methodieken wordt gegeven in Bijlage 3. Het gebruik van kenmerken is vooral ontwikkeld voor zoetwater (11 uit 12), en dan met name voor stromend zoetwater (7 uit 11). Slechts twee methodieken zijn specifiek gericht op stilstaand zoetwater.

Een overzicht van het aantal kenmerken per categorie wordt in Tabel 2 weergegeven. De kenmerken die in de meeste systemen voorkomen zijn de volgende (zie verder Bijlage 3):

- Levensduur;
- Voltinisme;
- Grootte;
- Lichaamsvorm;
- Functionele voedingsgroep;
- Dispersie.

Tabel 2. Overzicht van het aantal verschillende kenmerken per hoofdcategorie die gebruikt worden in de bestudeerde methoden. De laatste kolom geeft de toepasbaarheid als indicator milieudruk voor Nederlands zoetwater.

Referentie methodiek	Fysio- logie	Gedrag	Habitat	Levens- cyclus	Morfo- logie	Voedsel	Ontwikkeld voor	# Taxa	Opmerkingen	Toepasbaar ?
Townsend & Hildrew, 1994	4	3	0	7	7	0	rivier soorten			-
Resh <i>et al.</i> , 1994	3	6	0	8	5	1	flood plain		voortbordurend op Townsend & Hildrew 1994	-
Usseglio-Palatero <i>et al.</i> , 2000	2	3	11	3	3	2	zoetwater Frankrijk	472		-
Statzner <i>et al.</i> , 2007	2	3	0	3	3	2	stromend water	312 genera	indeling gelijk aan Usseglio-Palatero <i>et al.</i> , 2000	-
Liess & Von der Ohe, 2005	1	1	0	2	0	0	stromend zoetwater	1386 taxa	Species At Risk	+ stromend, - stilstaand, specifiek gericht op bestrijdingsmiddelen
Bremner <i>et al.</i> , 2006	2	6	0	1	4	1	zout water (Noordzee, kanaal)			-
Poff <i>et al.</i> , 2006	2	9	2	4	6	1	stromend water N-Amerika	311		-
Horrigan & Baird, 2008	2	9	2	5	6	1	stromend water N-Amerika	alleen insecten	gebaseerd op Poff <i>et al.</i> , 2006	-
Schmidt-Kloiber <i>et al.</i> , 2006	0	1	4	0	0	1	stromend water Europa		AQEM/STAR database	-/+
Baird & Van den Brink, 2007	1	1	0	1	1	2	12 soorten x 15 contaminanten			-/+
Verberk, 2008	2	1	0	7	1	0	stilstaand water Nederlands hoogveen	288 soorten		+/-
Pond-FX database	2	4	0	8	1	1	stilstaand water UK			-

Zijn dit de meest relevante kenmerken om milieudruk te beoordelen?

De meest gebruikte kenmerken in de huidige methodieken omvatten levenscyclus, morfologie, gedrag en voedsel. Om te beoordelen of deze methodieken alle benodigde kenmerken gebruiken om milieudruk in kaart te brengen, is het relevant om te vergelijken met ervaringen uit ecotoxicologisch onderzoek. Daar wordt vaak gekeken naar de volgende aspecten die samen de kwetsbaarheid van een soort voor een verontreiniging bepalen (zie Van Straalen, 1994): blootstelling, gevoeligheid en herstel. Een systematiek die milieudruk kan beschrijven zou dus deze 3 categorieën moeten omvatten.

Van belang voor een indicator zoetwaterkwaliteit is of een verandering in kwaliteit toe te schrijven is aan een specifieke verstoring. Dit kan bijvoorbeeld habitat verandering zijn, of eutrofiëring, of verontreiniging met toxicanten. Veruit de meeste beoordelingssystemen richten zich op de eerste twee. Recenter zijn er twee verschillende methodieken beschreven die effecten van toxicanten kunnen beschrijven (Liess & Von der Ohe, 2005; Baird & Van den Brink, 2007). Uit de multivariate analyses naar kenmerken die toxicologische gevoeligheid kunnen verklaren, bleek dat de kenmerken ademhaling, levensduur en biomassa dat het best konden (Baird & Van den Brink, 2007). De relatie tussen soortskennmerken en toxicologische gevoeligheid wordt momenteel verder onderzocht in experimenteel AiO onderzoek bij Alterra gericht op aquatische geleedpotigen (arthropoden). Van 15 soorten zijn 16 kenmerken verzameld. Uit dit onderzoek blijkt dat de wijze van ademhaling (via de huid, via kieuwen of via plastron) en de lichaamsgrootte als oppervlak/volume ratio de meest belangrijke kenmerken lijken te zijn waarmee de gevoeligheid van een soort voor het pesticide chlorpyrifos verklaard kan worden (Rubach *et al.*, 2008).

Het aspect functionele voedingsgroep wordt veel gebruikt in macrofauna onderzoek. Er zijn meerdere beoordelingssystemen mee ontwikkeld. Bijvoorbeeld voor benthische macrofauna in stromend water is een Index of Trophic Completeness ontwikkeld door Pavluk en co-auteurs (2000). Hierin worden 12 functionele voedingsgroepen onderscheiden, op basis van type voedsel en wijze van voedsel vergaren. In ongestoorde situaties verwacht je alle 12 trofische groepen, terwijl in verstoorde situaties er groepen ontbreken (Bij de Vaate & Pavluk, 2004). Dit principe is op een iets andere wijze gebruikt in een studie naar macrofauna in benedenrivierengebied door Peeters en co-auteurs (2008a,b). Zij onderscheiden 10 functionele voedingsgroepen, die handmatig of met behulp van de software Asterics (zie website Asterics) bepaald worden. In ongestoorde situaties verwacht je veel functionele voedingsgroepen. In verstoorde situaties (bijvoorbeeld door sedimentverontreiniging) verwacht je een lager aantal functionele voedingsgroepen (zie verder Bijlage 4 voor de beschrijving van de functionele voedingsgroepen).

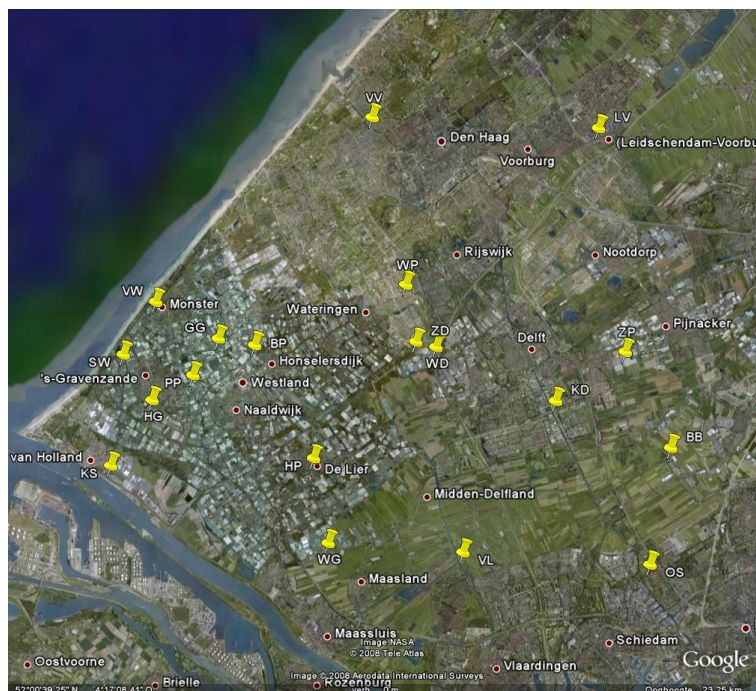
Toepasbaarheid methodieken

Tot nu toe zijn de meeste methodieken voor specifieke situaties ontwikkeld. Bijvoorbeeld SPECies At Risk (SPEAR) is ontwikkeld voor gevoeligheid van macrofauna soorten voor bestrijdingsmiddelen in stromend water, en andere methodieken zijn voor insecten in stromend water ontwikkeld.

In hoofdstuk 4 wordt een voorbeeld gegeven aan de hand van een dataset van macrofauna in sloten. Deze dataset is op 3 wijzen geanalyseerd. Eerst met behulp van een algemeen ecologische benadering, gebruik makend van soortskennmerken en multivariate analyse. Vervolgens is specifiek gekeken naar het voorkomen van functionele voedingsgroepen. Ten slotte is gekeken naar het voorkomen van levensstrategieën.

4 Illustratie toepassing zoetwaterkwaliteit indicatoren

Een illustratie hoe de mogelijke indicatoren zoetwaterkwaliteit toegepast kunnen worden, wordt gedaan met behulp van een dataset beschikbaar bij Alterra, van macrofaunagegevens in sloten en vaarten in een gebied met bestrijdingsmiddelenbelasting (zie Figuur 11). Deze dataset wordt eerst ecologisch geanalyseerd met behulp van levenscycli kenmerken van de macrofauna in combinatie met macrofaunagegevens uit andere gebieden (paragraaf 4.1). Vervolgens worden twee specifieke indicatoren toegepast op de dataset van het gebied met bestrijdingsmiddelenbelasting: functionele voedingsgroepen (paragraaf 4.2) en levensstrategieën (paragraaf 4.3).



Figuur 11. Ligging monsterpunten macrofauna, afkortingen zoals gebruikt in par. 4.2 en 4.3.

4.1 Kenmerken van de levenscycli van macrofauna en macrofaunagemeenschappen als indicator voor de mate van beïnvloeding en kwaliteit van ecosystemen.

4.1.1 Achtergrond

Biologische eigenschappen en eigenschappen van de levenscyclus van organismen (soortkenmerken of “traits”), zoals het voltinisme (= het aantal generaties geproduceerd in één jaar), vormen belangrijke kenmerken van een organisme op het niveau van het individu. Geaggregeerd naar levensgemeenschappen, geven dergelijke eigenschappen informatie over de levensgemeenschap als geheel. Bijvoorbeeld als een levensgemeenschap een groot aandeel aan multivoltine organismen (= organismen die meerdere generaties per jaar

produceren) herbergt, betekent dit dat de levensgemeenschap zich snel kan herstellen na een ingreep, bijvoorbeeld na het baggeren van een sloot of na blootstelling aan een bestrijdingsmiddel wanneer de concentraties weer beneden de drempelwaarde dalen. Levensgemeenschappen met een hoog aandeel aan univoltine soorten (= soorten die één generatie per jaar produceren) zijn veel gevoeliger voor allerlei ingrepen. Om verschillende levensgemeenschappen in sloten te kunnen karakteriseren in termen van biologische eigenschappen, zijn de biologische eigenschappen van macrofauna geïnventariseerd met behulp van literatuur en determinatiewerken. De dataset die daarmee werd verkregen, is met multivariate analysetechnieken onderzocht, om te kijken met welke eigenschappen de verschillen tussen levensgemeenschappen in sloten verklaard kunnen worden.

4.1.2 Aanpak

Databronnen

De macrofaunagegevens van het gebied met bestrijdingsmiddelenbelasting (vnl. kleislotten, bron *Limnodata Neerlandica*) omvat 19 locaties die semikwantitatief bemonsterd zijn met behulp van een macrofaunanet. De bemonstering vond steeds plaats in de zomer, de meeste locaties zijn meerdere jaren achtereen bemonsterd in de periode 1995-2001, in totaal ging het om 72 macrofaunamonsters. De locaties waren gelegen in een kanaal of sloot, en gelegen in stedelijk gebied, open weiland, of tussen kassen. Daarnaast zijn uit een grote Alterra-dataset met macrofyten en macrofauna van sloten uit de jaren negentig de kleislotten geselecteerd. Daarbij ging het om 237 macrofaunamonsters. De monsters waren verdeeld in monsters uit brede (> 3.2 m) en smalle (< 3.2 m) sloten en per waterbeheersgebied opgesplitst in rivierklei en zeeklei. Van de monsters uit deze vier categorieën watergangen zijn lijsten met soorten macrofauna, het aantal monsters waarin ze voorkomen en hun gemiddelde abundantie beschikbaar. De macrofauna omvat ca. 80 soorten per categorie, met uitzondering van de brede sloten op rivierklei, die duidelijk armer aan soorten zijn. Bij de analyse zijn de sloten verder opgesplitst in sloten die in landbouwgebied lagen en sloten die in natuurgebied lagen.

De totale dataset omvat gegevens van macrofauna in kleislotten in drie landbouwgebieden in Nederland (West-Brabant, Flevoland en Groningen) en in een kassengebied. De sloten kunnen worden gekarakteriseerd door een hoge menselijke druk in termen van bemesting, bestrijdingsmiddelengebruik, waterbeheer en baggeren van watergangen. Gegevens van macrofauna uit de sloten werden geleverd door de waterbeheerders. Biologische eigenschappen en gegevens van de levenscycli van soorten (o.a. aantal generaties per jaar, snelheid van reproductie, type ademhaling) werden verzameld via literatuurstudie (handboeken, determinatiewerken en artikelen), expert kennis, ongepubliceerde observaties en kennis die beschikbaar was in databases. Alleen soorten werden beschouwd indien ze in meer dan 20 % van de records aanwezig waren. De spectra aan levenscyclus kenmerken van de landbouwsloten werden vergeleken met die van sloten in natuur- en bosgebieden, sloten in kassengebieden en experimentele sloten. Verschillen in de spectra worden besproken in verklarende termen op ecosysteemniveau.

Multivariate analyse

Op de data is Redundancy Analysis (RDA) toegepast, met behulp van CANOCO.

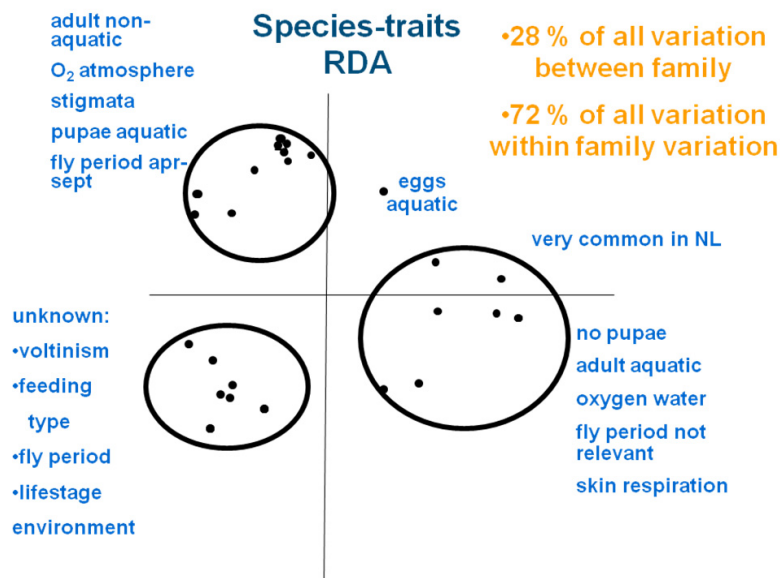
4.1.3 Resultaten

Dataset

Bijlage 5 presenteert alle eigenschappen, modaliteiten en definities gehanteerd in deze analyse. De opgebouwde dataset omvat 226 soorten macrofauna, waarvan 14 biologische eigenschappen en 8 ecologische eigenschappen beschreven zijn, met in totaal 155 modaliteiten. Dit heeft geresulteerd in meer dan 12,000 gegevens.

RDA-analyses van levensgemeenschappen

Uit een eerste RDA-analyse waarbij de biologische eigenschappen als “soorten” worden gezien in CANOCO terminologie, en de soorten als de monsters (= verzameling van biologische eigenschappen) (Figuur 12), bleek dat 28 % van de variatie in eigenschappen tussen soorten aanwezig was tussen families, en 72 % van de variatie aanwezig was binnen een familie. Dit geeft aan dat de analyse van biologische eigenschappen op het niveau van soorten dient plaats te vinden.

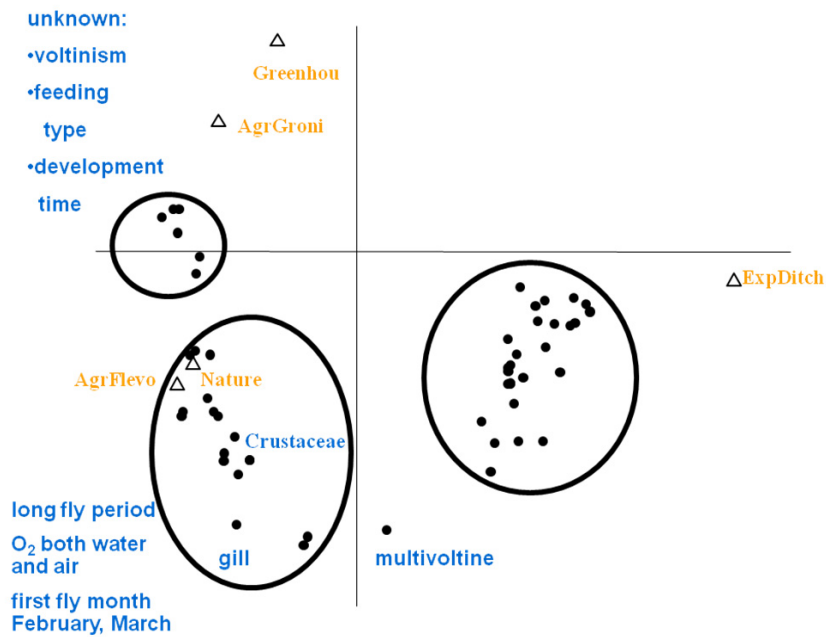


Figuur 12. RDA biplot met soorten als monsters en biologische eigenschappen als soorten.

Figuur 13 laat zien dat de volgende eigenschappen differentiërend zijn tussen de slootgemeenschappen:

- Feeding type (herbivorie, detrivorie, etc.);
- Voltinism (aantal generaties per jaar);
- Vliegperiode;
- Ademhaling (zuurstof uit lucht of water);
- Ademhalingsfysiologie;
- Compartment waar poppen, larven, volwassen dieren zich bevinden.

Let wel, een deel van de eigenschappen konden niet worden ingevuld door gebrek aan informatie. Deze missende waarden bepalen mede het multidimensionele diagram (Figuur 13). De resultaten van de Monte Carlo permutatie testen (Tabel 3) laat zien dat verschillen significant zijn tussen de verschillende typen sloten en gebieden, m.u.v. de verschillen tussen de sloten in natuurgebieden en in landbouwgebieden in Flevoland.

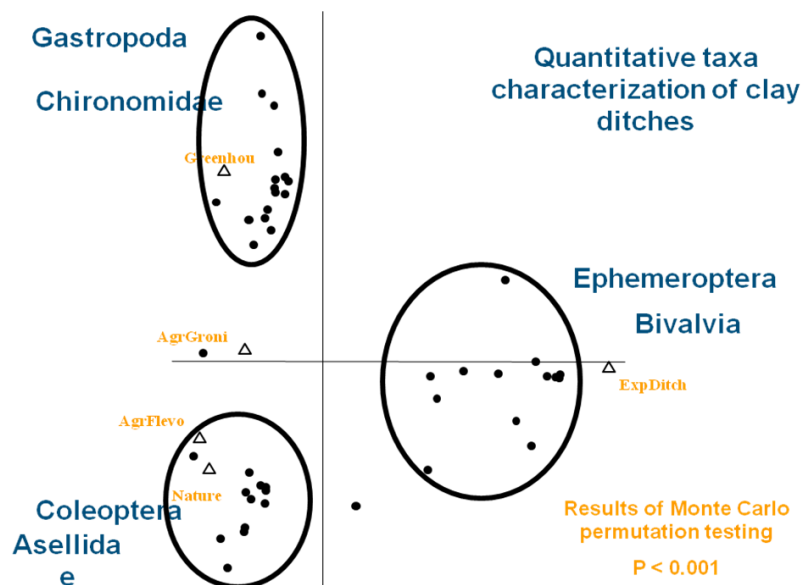


Figuur. 13. RDA biplot met de samenstelling van eigenschappen in de verschillende groepen monsters: I) Experimentele sloten, II) Natuurgebieden in Flevoland, III) Landbouwgebieden in Flevoland, IV) Kassengebied in Delfland and V) Landbouwgebied in Groningen. De variantie binnen groepen was 60%, de variantie tussen groepen was 40%. Van deze variantie tussen groepen is 71% weergegeven op de eerste as, en 22% op de tweede as.

Tabel 3. Resultaten van de Monte Carlo permutatie testen met de gegevens van Figuur 13

Naam	Afkorting	I	II	III	IV	V
Experimentele sloot (voorjaar)	I					
Natuurgebied in Flevoland	II	0.001				
Landbouwgebied in Flevoland	III	0.001	> 0.05			
Kassengebied Delfland	IV	0.001	0.001	0.001		
Landbouwgebied in Groningen	V	0.001	0.001	0.001	0.041	

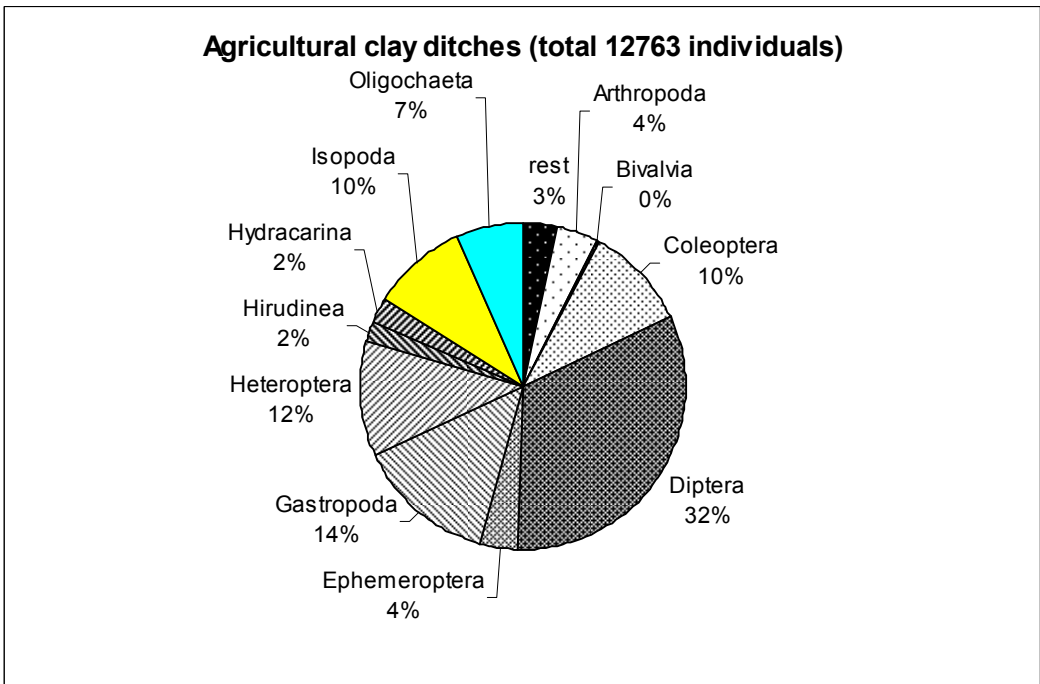
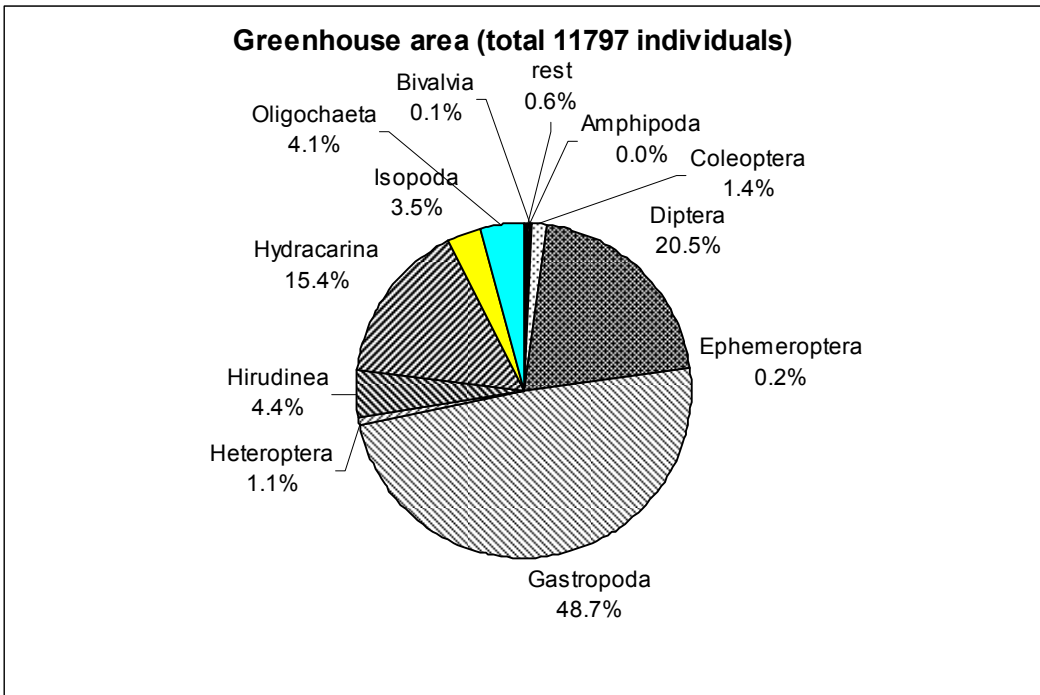
Uit een analyse op het niveau van de kwantitatieve taxa samenstelling (Figuur 14 en Figuur 15) blijkt dat slakken (Gastropoda) en chironomide muggenlarven (Chironomidae) karakteristiek zijn voor sloten in het kassengebied en zich daarmee onderscheiden van de sloten in de andere gebieden. Eendagsvliegen (Ephemeroptera) en schelpen (Bivalvia) zijn meer typerend voor de experimentele sloten, kevers (Coleoptera) en waterpissebedden (Asellidae) voor de sloten in Flevoland en Groningen. De verschillen tussen typen sloten en gebieden zijn significant (Tabel 4).



Figuur 14. RDA biplot met de samenstelling van soorten in de verschillende groepen monsters: I) Experimentele sloten, II) Natuurgebieden in Flevoland, III) Landbouwgebieden in Flevoland, IV) Kassengebied in Delfland and V) Landbouwgebied in Groningen. De variantie binnen groepen was 66%, de variantie tussen groepen was 34%. Van deze variantie tussen groepen is 63% weergegeven op de eerste as, en 24% op de tweede as.

Tabel 4. Resultaten van de Monte Carlo permutatie testen met de gegevens van Figuur. 14.

Naam	Afkorting	I	II	III	IV	V
Experimentele sloot (voorjaar)	I					
Natuurgebied in Flevoland	II	0.001				
Landbouwgebied in Flevoland	III	0.001	0.001			
Kassengebied Delfland	IV	0.001	0.001	0.001		
Landbouwgebied in Groningen	V	0.001	0.001	0.001	0.001	



Figuur 15. Kwantitatieve taxa samenstelling van sloten in het kassengebied en sloten in landbouwgebieden.

4.1.4 Conclusies uit de RDA analyses

Biologische eigenschappen

- De RDA biplot vertoont nog veel ruis doordat gegevens van biologische eigenschappen ontbreken;
- Verschillen tussen levensgemeenschappen in sloten omvatten meerdere biologische eigenschappen;
- Verschillende combinaties van modaliteiten van eigenschappen zijn specifiek voor sloten in verschillende gebieden.

Taxa

- De experimentele sloten herbergen de grootste groep van macrofauna individuen die zeer gevoelig zijn voor insecticiden (Ephemeroptera).
- Sloten in het kassengebied ondervinden meervoudige en herhaalde stress door het gebruik van insecticiden (99 % van de pesticiden stress). Daarom wordt er een verarmde levensgemeenschap aangetroffen die gedomineerd wordt door slakken (Gastropoda) als gevolg van indirecte effecten van deze bestrijdingsmiddelen, en door muggenlarven (Chironomiden) die vrij ongevoelig zijn voor deze stoffen.
- Kevers (Coleoptera) en waterpissebedden (Asellidae) zijn karakteristiek voor de sloten in de landbouwgebieden.

4.1.5 Belang voltinisme van macrofauna in sloten

De biologische eigenschap voltinisme (aantal generaties per jaar) wordt in deze paragraaf verder uitgewerkt. Tabel 5 presenteert de relatieve verdeling van macrofauna in kleislotten in natuurgebieden en in landbouwgebieden over de verschillende voltinisme categorieën.

Tabel 5. De relatieve verdeling van macrofauna in kleislotten in landbouwgebieden en in natuurgebieden over verschillende categorieën voltinisme

	% taxa		% individuen	
	Kleislotten landbouwgebied	Kleislotten natuurgebied	Kleislotten landbouwgebied	Kleislotten natuurgebied
Uni-voltine	33 %	35 %	19 %	34 %
Bi-voltine	20 %	18 %	25 %	16 %
Multi-voltine	8 %	8 %	41 %	31 %
Semi-voltine	2 %	2 %	<1 %	1 %
Unknown	37 %	37 %	15 %	18 %

Uit tabel 5 blijkt dat in sloten alle categorieën voltinisme abundant zijn, m.u.v. semi-voltine organismen (= organismen die meer dan een jaar nodig hebben om hun levenscyclus te voltooien). Een relatief grote groep kon niet aan een categorie van voltinisme worden toegewezen door gebrek aan ecologische informatie. Uit de percentages individuen blijkt dat in de natuurgebieden het percentage univoltine individuen hoger is dan in kleislotten in landbouwgebieden. Daarentegen herbergen de sloten in het landbouwgebied een hoger percentage aan bivoltine en multivoltine individuen.

Uit tabel 6 blijkt dat de multivoltine organismen vooral insecten en kreeftachtigen (vooral de waterpissebed *Asellus aquaticus*) omvatten. Bivoltine organismen omvatten vooral insecten en slakken en schelpen. In natuurgebieden hebben slakken en schelpen het hoogste relatieve aandeel aan univoltine individuen. In landbouwgebieden zijn dit insecten. Semi-voltine individuen zijn altijd insecten.

Tabel 6. De relatieve verdeling van macrofauna in kleislotten in landbouwgebieden en in natuurgebieden over individuen van insecten, kreeftachtigen, slakken en schelpen en andere macrofauna in kleislotten in landbouwgebieden en in natuurgebieden over verschillende categorieën voltinisme.

	Kleislotten landbouwgebied				Kleislotten natuurgebied			
	Multi-voltine	Bi-voltine	Uni-voltine	Semi-voltine	Multi-voltine	Bi-voltine	Uni-voltine	Semi-voltine
Insecten	68 %	59 %	64 %	100 %	29 %	65 %	32 %	100 %
Kreeftachtigen	32 %	0 %	0 %	0 %	69 %	0 %	0 %	0 %
Slakken en schelpen	< 1 %	33 %	36 %	0 %	< 1 %	31 %	67 %	0 %
Overig	< 1 %	8 %	< 1 %	0 %	2 %	4 %	1 %	0 %
Totaal	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Conclusies voltinisme

- Ecosystemen onder hogere menselijke druk herbergen meer bivoltine en multivoltine individuen en minder univoltine individuen.
- Voltinisme kan in combinatie met de taxonomische groep informatie geven over de gevoeligheid en herstelbaarheid van ecosystemen.

4.2 Toepassing functionele voedingsgroepen

4.2.1 Aanpak

De macrofaunagegevens van het gebied met bestrijdingsmiddelenbelasting (vnl. kleislotten, bron Limnodata Neerlandica) omvat 19 locaties die semikwantitatief bemonsterd zijn met behulp van een macrofaunanet. De bemonstering vond steeds plaats in de zomer, de meeste locaties zijn meerdere jaren achtereen bemonsterd in de periode 1995-2001. De locaties waren gelegen in een kanaal of sloot, en gelegen in stedelijk gebied, open weiland, of tussen kassen.

In totaal zijn er 271 taxa aangetroffen, die waar mogelijk tot op soort zijn gedetermineerd. Per soort is met behulp van Asterics software (beschikbaar op website Asterics) de functionele voedingsgroep vastgesteld. Als een soort tot meerdere voedingsgroepen behoort, is dit als fractie per voedingsgroep weergegeven. Van de soorten waarvan Asterics geen functionele voedingsgroep gegevens heeft, is de toewijzing handmatig gebeurd, op basis van Verdonschot (1990). Dit betrof met name mijten.

De abundantie per soort is omgerekend naar een abundantie per functionele voedingsgroep door per monster de abundantie per soort te vermenigvuldigen met de fractie per functionele voedingsgroep. Vervolgens is er per monster een grafische weergave gemaakt in een taartdiagram van de verdeling over de 10 functionele voedingsgroepen.

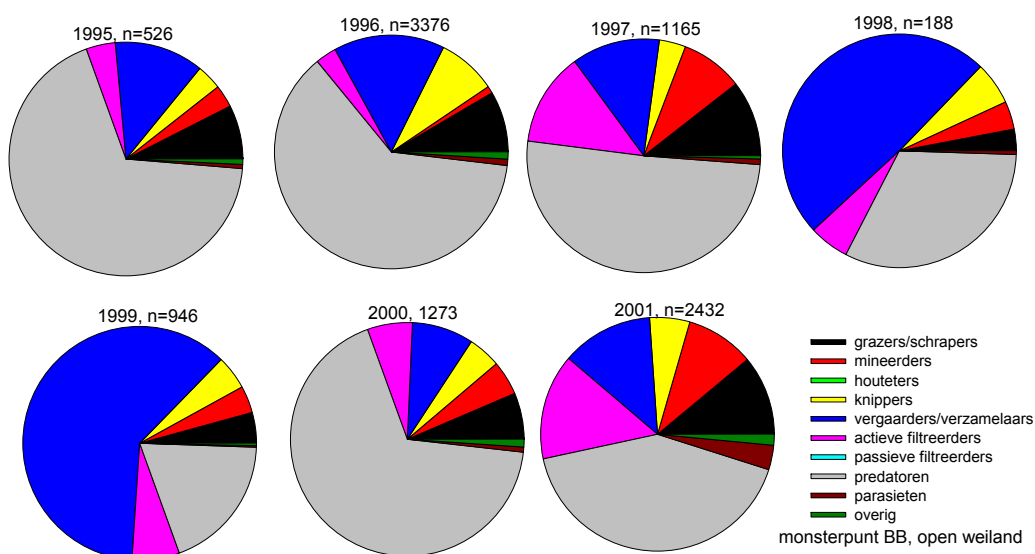
4.2.2 Resultaten

Per locatie is een gemiddeld overzicht gegenereerd (Bijlage 6). Voor vier locaties waarvan een reeks van 7 jaar beschikbaar was is de verdeling over de functionele voedingsgroepen per jaar weergegeven in Figuren 16 – 19. Twee lagen tussen de kassen, en twee in open weiland. Echter, alle 4 de locaties liggen in het gebied met grote bestrijdingsmiddelenbelasting. Uit deze figuren komen een aantal aspecten naar voren:

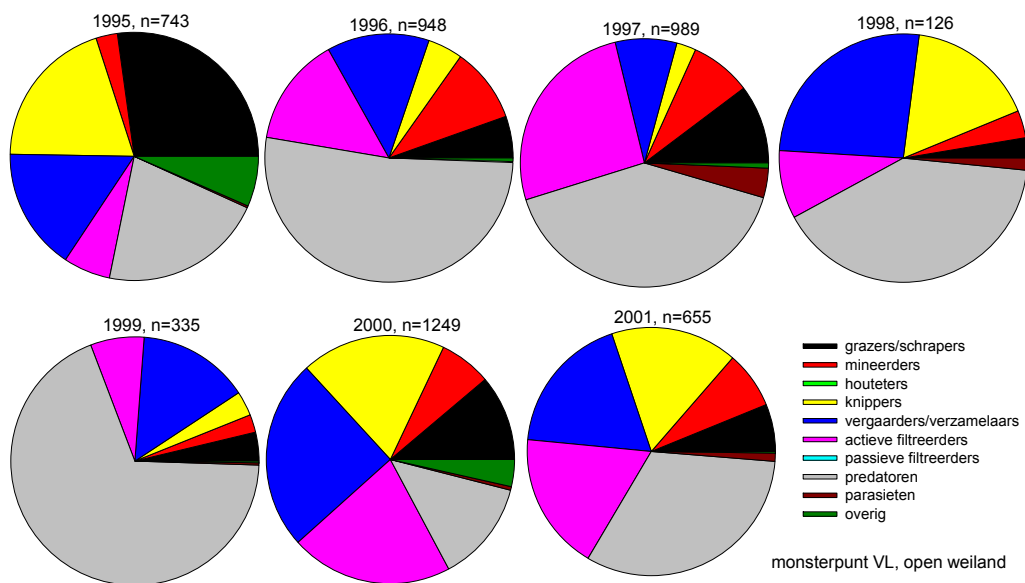
- In de meeste monsters komen 7 tot 9 functionele voedingsgroepen voor.
- Er is een behoorlijke variatie van jaar tot jaar in abundantie verdeling over de verschillende functionele voedingsgroepen.
- Houteters ontbreken, passieve filtreerders en parasieten komen niet veel voor.
- Monsterpunt BB in open weiland wordt in de meeste jaren gedomineerd door predatoren, in twee jaren zijn vergaarders/verzamelaars dominant.
- Monsterpunt VL in open weiland wordt in een deel van de monsters gedomineerd door predatoren, in de andere jaren is er een diverse samenstelling zonder duidelijke dominantie.
- Monsterpunt GG in kassengebied wordt wisselend gedomineerd door knippers, vergaarders, actieve filtreerders of predatoren.
- Monsterpunt ZD wordt in de meeste jaren gedomineerd door predatoren, in andere jaren vergaarders, of er is een diverse samenstelling zonder duidelijke dominantie.
- Verschillen tussen de monsterpunten kunnen niet eenvoudig door de ligging verklaard worden. Dit komt overeen met de multivariate analyse resultaten uit paragraaf 4.1, waar het kenmerk functionele voedingsgroep niet belangrijk was in de ordening van locaties uit verschillende gebieden.

Deze vier monsterpunten zijn statistisch getoetst met ANOVA en posthoc Tukey test. Uit deze analyse bleek dat het aantal taxa het laagst was in locatie GG (gemiddeld 26), en significant verschilde van ZD (gemiddeld 50) en BB (gemiddeld 59). Locatie VL (gemiddeld 45) verschilde niet van GG of ZD en BB.

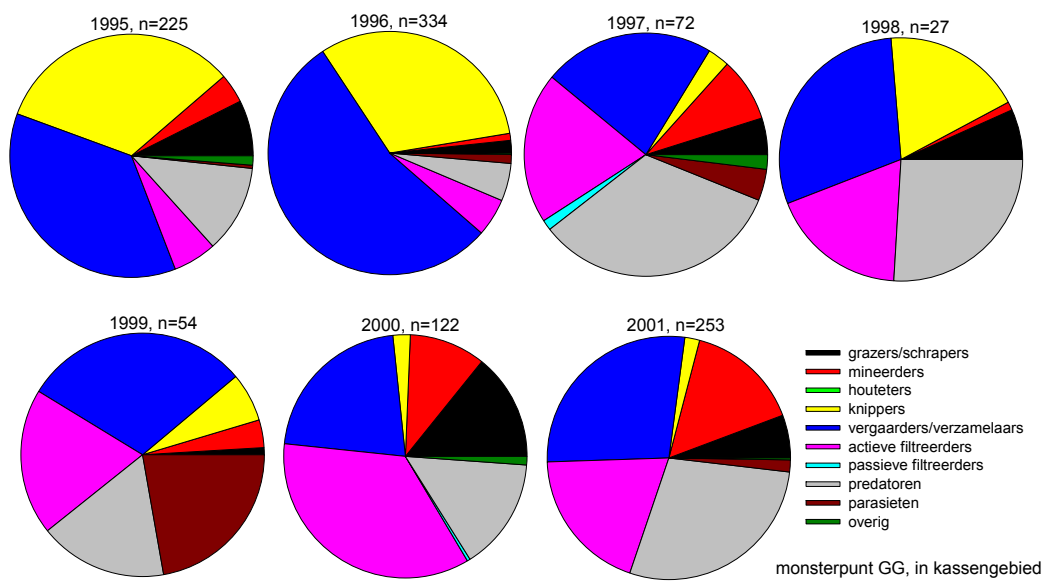
Het aantal individuen was het laagst in GG (gemiddeld 155), en verschilde significant van de overige locaties (VL = gemiddeld 721, ZD = gemiddeld 768, en BB = gemiddeld 1415).



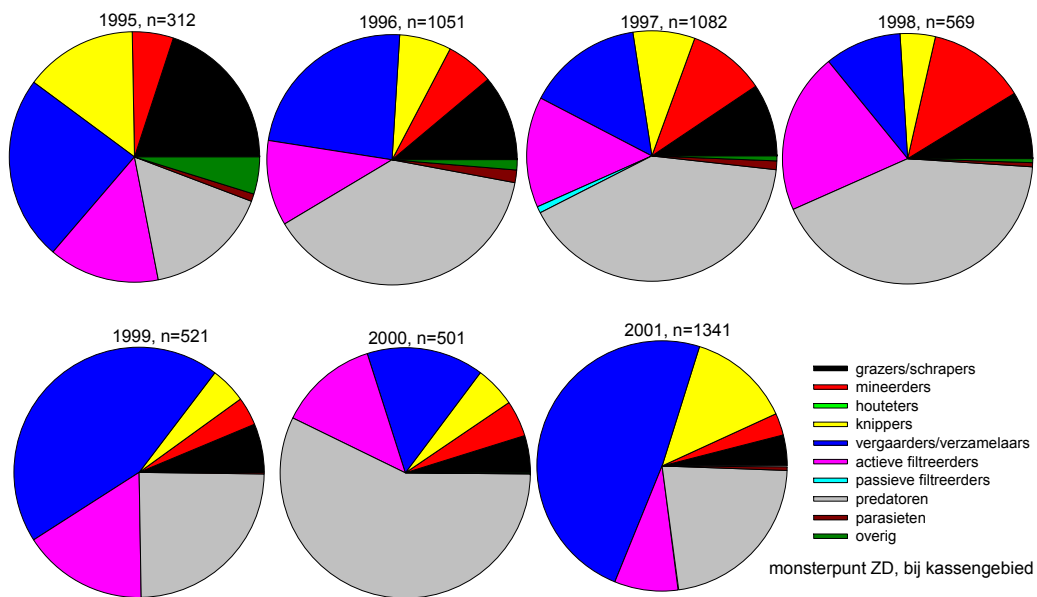
Figuur 16. Verdeling abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen; per monster is het aantal individuen aangegeven. Locatie gelegen in open weiland.



Figuur 17. Verdeling abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen, per monster is het aantal individuen aangegeven. Locatie gelegen in open weiland.



Figuur 18. Verdeling abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen. Locatie gelegen in kassengebied.



Figuur 19. Verdeling abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen. Locatie gelegen rand kassengebied.

4.3 Toepassing levensstrategieën

4.3.1 Achtergrond

Om het voorkomen van soorten te verklaren is kennis nodig van de onderliggende (causale) mechanismen. Om deze te achterhalen dienen kenmerken van het landschap te worden geïntegreerd met de kenmerken van de soorten zelf. Immers, elke soort heeft in de loop van de evolutie soortskenners ontwikkeld om onder de heersende leefomstandigheden te kunnen blijven voortbestaan (Southwood, 1977). Hierbij worden kenmerken bedoeld die in principe los staan van de omgeving en dus te meten zijn aan de soorten zelf, zoals de lichaamsgrootte, het aantal eieren en de grootte van eieren, de groeisnelheid, de reproductiewijze, het hebben van een diapauze, et cetera. Deze kenmerken bieden oplossingen voor ecologische problemen zoals een hoge zuurgraad (fysiologische aanpassingen), een hoge concurrentiedruk (broedzorg), sterk wisselende omgevingscondities (hoge dispersie, veel nakomelingen of resistente stadia) of effecten van bestrijdingsmiddelen.

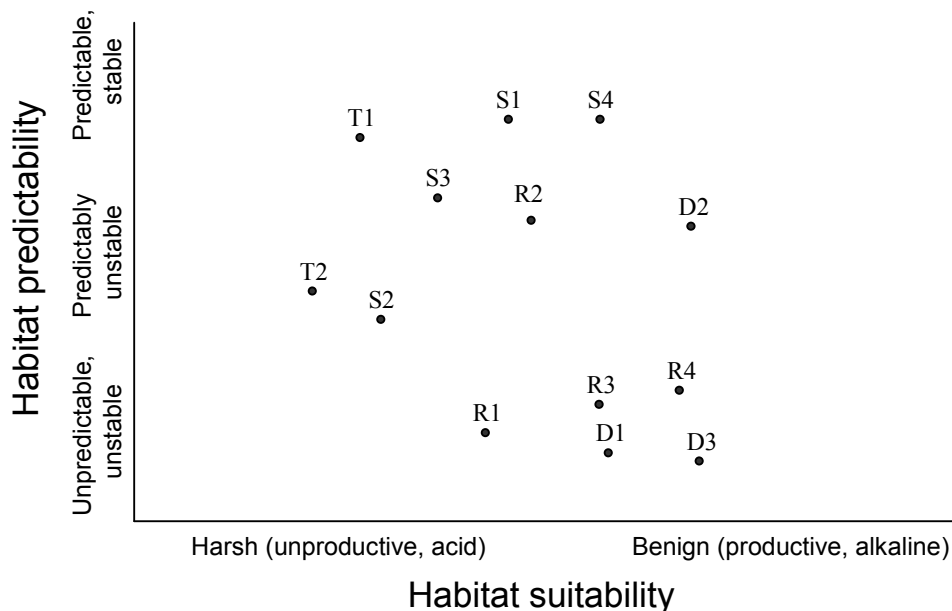
In een bepaald habitat zijn er echter meerdere van dergelijke problemen die soorten moeten oplossen. Mede daardoor staan afzonderlijke kenmerken niet los van elkaar; ze zijn juist via natuurlijke selectie tot een samenhangende set zijn geëvolueerd (Stearns, 1976). Een dergelijke set van kenmerken vormt de overlevingsstrategie van een soort. Overlevingsstrategieën kunnen worden gezien als integrale oplossingen voor ecologische problemen, waarmee het in theorie mogelijk moet zijn om soorten te koppelen aan hun landschap.

De koppeling of 'match' tussen een soort en zijn omgeving kan echter van soort tot soort zeer verschillend zijn. De vraag is of dergelijke soortspecifieke relaties zijn samen te vatten. Met overlevingsstrategieën is dit mogelijk. Deze zijn gebaseerd op een aantal principes:

- Soortskenmerken hangen door investeringen samen
- Investerings in een kenmerk zijn daarbij evolutionair relevant
- Verschillende kenmerken kunnen eenzelfde oplossing vormen, waardoor een interpretatieslag noodzakelijk is.

a. Soortskenmerken

De soortskenmerken hangen met elkaar samen (Figuur 20) door trade-offs en doordat sommige kenmerken juist in combinatie veel voordeel opleveren. Beide vormen van samenhang worden hier kort toegelicht. Het principe van een trade-off is dat een investering in het ene kenmerk ten koste gaat van investeringen in andere kenmerken. Een bekende trade-off is het investeren in veel kleine eieren enerzijds of in minder, maar grotere eieren anderzijds. Hier zitten ook consequenties voor de rest van de levenscyclus aan vast, omdat een klein ei vaak een langere larvale ontwikkeling met zich meebrengt. Een voorbeeld van kenmerken die juist gecombineerd elkaar versterken zijn het combineren van investeren in eigrooite en broedzorg. Investeren in eigrooite zal immers ten koste gaan van het aantal eieren en dan is het voordelig om de overlevingskans per ei te vergroten. Zo voorziet de bloedzuiger *Helobdella stagnalis* (L.) de eieren met veel dooiermateriaal en kent deze soort een uitgebreide broedzorg waarbij de eieren -en later de jongen- worden beschermd door het ouderdier, dat bovendien voedsel vangt voor de jongen. Deze soort produceert per seizoen veel minder eieren (~50) dan de bloedzuiger *Erpobdella octoculata* (L.) (~1000 eieren per seizoen) die geen noemenswaardige broedzorg heeft (Kutschera & Wirtz, 2001). Het omgekeerde, veel kleine eieren combineren met broedzorg komt veel minder voor. Een ander voorbeeld van kenmerken die goed te combineren zijn, is de combinatie van gesynchroniseerd uitsluipen van larven met een korte adulte levensduur. Door het gesynchroniseerd uitsluipen neemt de dichtheid van de soort tijdelijk sterk toe, waardoor onder andere het vinden van een partner minder tijd in beslag neemt. De combinatie van deze kenmerken zien we bijvoorbeeld bij libellen, waarbij soorten die een kortere vliegtijd hebben ook meer gesynchroniseerd uitsluipen.



Figuur 20. Positionering van de verschillende overlevingsstrategieën naar habitatgeschiktheid en habitatvoorspelbaarheid (Verberk et al., 2008b).

b. Investeringspatronen

Vanuit de samenhang in soortskenmerken wordt duidelijk dat een soort niet in alle soortskenmerken maximaal kan investeren. Daarom zal een hoge investering in een bepaald soortskenmerk en een relatief sterke ontwikkeling van dat kenmerk waarschijnlijk evolutionair relevant zijn (geweest) bij het oplossen van een ecologisch probleem. Ze gaat immers ten koste van investeringen in andere kenmerken. Dit betekent dat de kosten van kenmerken (de hoeveelheid tijd of energie die een soort in het kenmerk investeert) zeer wezenlijk zijn bij het doorgronden van de overlevingsstrategie. Dergelijke investeringen zijn afhankelijk van de beperkingen en mogelijkheden, die voortvloeien uit het bouwplan van de soort, zijn dieet en de overige soortskenmerken.

c. Verschillende kenmerken

Verschillende combinaties van kenmerken kunnen bovendien eenzelfde functie hebben, ofwel er zijn verschillende oplossingen voor hetzelfde probleem. Zo kunnen soorten op verschillende manieren hun eieren beschermen. De staafwants (*Ranatra linearis* (L.)) doet dit door de eieren met een legboor in de vegetatie af te zetten. De eieren zijn voorzien van adembuisjes waarmee het embryo kan ademen. Een andere manier wordt toegepast door sommige kokerjuffers van het geslacht *Limnephilus* die hun eieren verpakken in een beschermende gelei. Weer een andere manier is om de eieren en later ook de jongen zelf mee te dragen, zoals gebeurt bij de bloedzuiger *Alboglossiphonia heteroclita* (L.). Een radicaal andere oplossing is om het eistadium over te slaan, zoals bij de haft *Cloeon dipterum* (L.). Bij deze soort komen de eitjes direct na watercontact uit. Zo blijken er dwars door verschillende taxonomische groepen vergelijkbare oplossingen te zijn maar met heel andere soortskenmerken en vanuit een heel ander bouwplan.

Vanuit inzicht in bestaande investeringspatronen en hoe deze een oplossing kunnen bieden voor ecologische problemen zijn 13 overlevingsstrategieën gedefinieerd op kwalitatieve verschillen in investeringspatronen in kenmerken (Verberk *et al.*, 2008a). Deze overlevingsstrategieën geven uiting aan de verschillende manieren om succesvol nageslacht voort te brengen, verschillen in de timing voor de ontwikkeling van jongen (snelheid, periode) en hoe verplaatsing kan plaatsvinden. Aan deze verschillende manieren liggen verschillende combinaties van soortskenmerken ten grondslag die daarmee de basis vormen van overlevingsstrategieën. De 13 strategieën beslaan 4 domeinen: synchronisatie (S), dispersie (D), reproductie (R) en ontwikkeling trade-off (T). Een verdere beschrijving van de 13 strategieën wordt in Bijlage 7 gegeven.

Vervolgens werden soorten op basis van de beschikbare gegevens over hun soortskenmerken toegewezen aan een bepaalde overlevingsstrategie. Deze toedeling staat los van de omgevingscondities waaronder ze voorkomen maar vond dus plaats puur op basis van informatie over hun soortskenmerken en theoretische kennis over de functie van combinaties van kenmerken. Doordat soortskenmerken aan elkaar gerelateerd zijn of combinaties van kenmerken eenzelfde functie hadden konden ook soorten, waarvoor relatief weinig informatie beschikbaar was, worden toegedeeld aan één van de overlevingsstrategieën.

4.3.2 Aanpak

Voor de aangetroffen soorten in de sloten (paragraaf 4.1) is nagegaan wat hun overlevingsstrategie is (voor zover reeds aangegeven in Verberk *et al.*, 2008b), of deze is bepaald aan de hand van beschikbare kennis over hun biologie (excl. Hydrachnella (mijten) en Mollusca (slakken en schelpen)). Vervolgens is de verdeling van aangetroffen aantallen uitgezet voor de verschillende overlevingsstrategieën. Verschillen in dominantie qua overlevings-

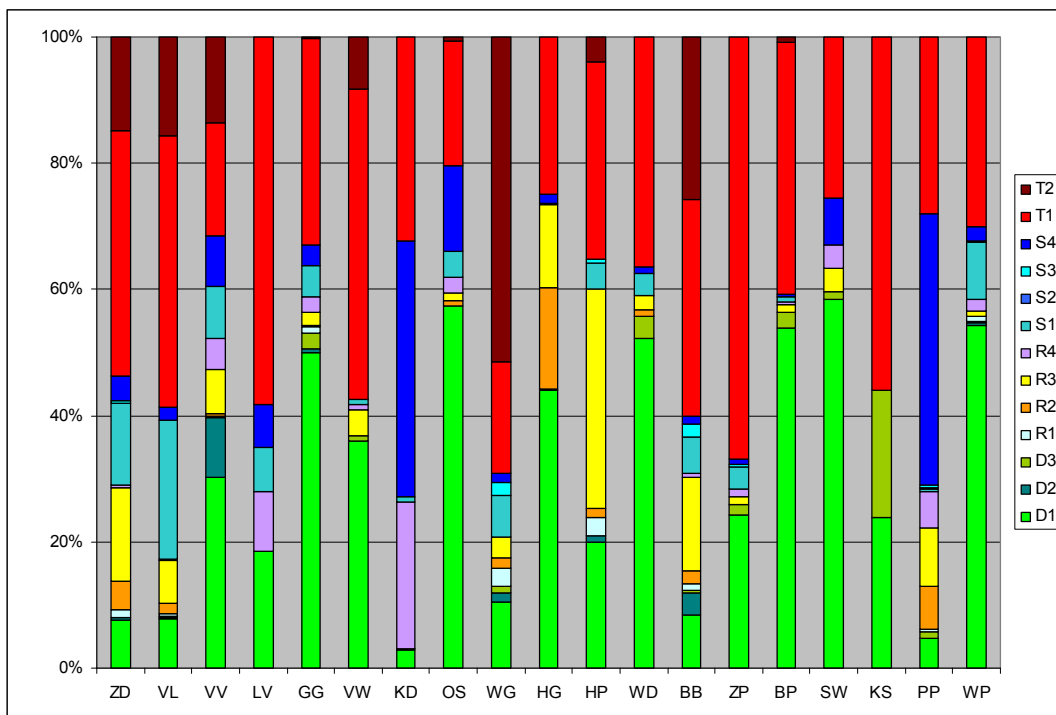
strategieën duiden daarbij op een anders functioneren van de leefomgeving. Voor de assen voorspelbaarheid en habitatgeschiktheid zijn in Verberk *et al.* (2008b) de verschillende overlevings-strategieën gepositioneerd (zie Figuur 20).

4.3.3 Resultaten

Per locatie is een overzicht gegenereerd van de procentuele dominantie van elke overlevingsstrategie (Figuur 21). Let wel, per locatie is er ook een deel soorten waarvan de levensstrategie nog niet is vastgesteld. Deze worden in de bespreking verder buiten beschouwing gelaten. Uit Figuur 21 blijkt dat alle locaties gedomineerd worden door strategie T1, D1 en in mindere mate S4, S1 en R3.

Karakteristiek voor soorten in strategie T1 zijn de hoge investeringen in fysiologische en morfologische aanpassingen (o.a. haemoglobine, kieuwen). Hierdoor hebben ze een hoge tolerantie voor extreme omgevingscondities (hoge zuurgraad, lage zuurstofconcentraties) maar dit gaat ten koste van investeringen in dispersie, reproductie, groei, of een combinatie daarvan. In eutrofe sloten met periodieke periodes van zuurstofloosheid kan dit een succesvolle strategie zijn.

Soorten in strategie D1 investeren met name in dispersie en combineren dit met een snelle larvale ontwikkeling. Dientengevolge hebben ze langlevende adulte stadia. Deze strategie is succesvol als wateren voor korte tijd geschikt zijn, zodat ze zich succesvol kunnen voortplanten, onder meer onstabiele, wisselende condities (zie Figuur 20).



Figuur 21. Procentuele dominantie van de overlevingsstrategieën per locatie, waarbij het aandeel van afzonderlijke soorten met dezelfde overlevingsstrategie is opgeteld. Afkorting locaties als in Figuur 11.

Soorten van strategie S1 en S4 kennen een sterke mate van synchronisatie in hun levenscyclus. Soorten van S1 hebben een lange larvale ontwikkeling, vergelijkbaar met strategie T1, maar zijn minder goed aangepast aan extreme abiotische condities. De monsterpunten met een hoog aandeel aan strategie S1 worden dus door de soorten als minder extreem ervaren. Soorten van S4 planten zich daarnaast asexueel voort en kunnen zich snel vermeerderen, iets wat ze gemeenschappelijk hebben met strategie R4 (die eenzelfde patroon laat zien als strategie S4).

Soorten in strategie R3 investeren in grote eieren. Hierdoor is het aantal eieren per legsel relatief laag, maar dit wordt gecompenseerd doordat voortplanting gedurende een lange periode plaatsvindt en de overlevingskans van het nageslacht wordt verhoogd door broedzorg. Bovendien is de juveniele ontwikkeling snel, waardoor het nageslacht zich nog in hetzelfde seizoen kan voortplanten. Deze strategie kan zich dus onder gunstige condities snel uitbreiden en onder wisselende condities toch nog een of enkele keren succesvol voortplanten.

4.3.4 Conclusies levensstrategieën

De strategieën die domineren komen overeen met wat verwacht wordt voor voedselrijke sloten:

- Aanwezige soorten zijn aangepast aan extremen (zuurstofarmoede);
- Aanwezige soorten zijn ingesteld op dynamiek (korte larvale ontwikkeling met veel generaties, of korte larvale ontwikkeling met dispersie);
- De profielen qua overlevingsstrategieën zijn duidelijk verschillend tussen de locaties.

De mate waarin de bovenstaande strategieën domineren laat duidelijke verschillen zien tussen de onderzoekslocaties. Dit maakt het mogelijk om na te gaan hoe overlevingsstrategieën reageren op verschillen in omgevingscondities tussen de locaties, waaronder de mate van bestrijdingsmiddelen, zodat duidelijk zal worden in hoeverre overlevingsstrategieën eenduidig reageren op bestrijdingsmiddelen en in hoeverre ze dus bruikbaar zijn als beoordelingsinstrument.

De groepen mijten, slakken en schelpen zijn in de analyse niet verwerkt, van de soorten binnen deze groepen is de levensstrategie nog niet vastgesteld.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Indicator exoten

In deze rapportage is voor macrofauna en waterplanten het aandeel exoten onderzocht ten opzichte van het totaal aantal aanwezige soorten. Van de huidige soorten waterplanten en macrofauna in Nederland is respectievelijk 8 en 2% exoot. Dit is minder dan het aandeel exoten bij de vissen, dat op ruim 1/3 ligt.

Van de waterplant en macrofauna exoten is de route van vestiging, oorsprong, periode van vestiging en mate van voorkomen weergegeven. Dit zijn bruikbare indicatoren om vestiging en uitbreiding van exoten in kaart te brengen. Door deze inventarisatie in de tijd te herhalen, ontstaat er een beeld van de snelheid van vestiging van exoten en eventuele verschuivingen in vestigingsroute, oorsprong of mate van voorkomen.

De meeste waterplant exoten komen uit gematigde gebieden (N-Amerika en Europa). Echter, de exoten die overlast geven komen alle uit warmere gebieden. De door klimaatverandering warmere temperaturen en uitblijven van strenge winters bevordert de vestiging van deze exoten.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen introducties door menselijk toedoen, de soorten die opzettelijk geïntroduceerd of ontsnapt zijn, en introducties met meer natuurlijke oorsprong, via kanalen of door klimaatgedreven areaaluitbreiding. De eerste route verdient specifieke aandacht in het beleid omdat vestiging van deze exoten voorkomen had kunnen worden.

5.2 Indicator zoetwaterkwaliteit

In deze rapportage is onderzocht welke methodieken beschikbaar zijn om als indicator zoetwaterkwaliteit te dienen, gericht op het weergeven van milieudruk. Hiervoor is specifiek gekeken naar methodieken die gebruik maken van de eigenschappen en kenmerken van macrofaunasoorten. Dit is een veelbelovende onderzoeksrichting, die de laatste jaren vanuit zowel ecotoxicologie als fundamentele ecologie toenemende aandacht heeft gekregen.

Wat is een goede indicator milieudruk? Een indicator die kenmerken samenbrengt die informatie geven over blootstelling, gevoeligheid en herstel. Kenmerken die daarbij horen zijn habitatvoorkeur, lichaamsgrootte, wijze van zuurstofademhaling, en levenscyclus. Belangrijk onderdeel van de levenscyclus is het aantal generaties per jaar (voltinisme).

Uit de drie verschillende analyses van de data komt het volgende naar voren:

- Het kenmerk voltinisme (aantal generaties per jaar) heeft een relatie met milieudruk (paragraaf 4.1). Ecosystemen onder hogere menselijke druk herbergen meer individuen die twee of meer generaties per jaar produceren, en minder individuen die maar één generatie per jaar produceren. Dit kenmerk kan in combinatie met de taxonomische groep informatie geven over de gevoeligheid en herstelbaarheid van ecosystemen.
- Het kenmerk functionele voedingsgroep geeft geen duidelijk beeld van de milieudruk (paragraaf 4.2).

- De methodiek van levensstrategieën lijkt veelbelovend te zijn (paragraaf 4.3). Deze methode is ontwikkeld voor macrofauna in stilstaande veenwateren. Voor deze studie is de methode uitgebreid naar soorten die in stilstaande voedselrijkere wateren voorkomen. Een aantal groepen macrofauna ontbreekt echter nog wel in de analyse, zoals mijten en slakken.
- De mate waarin levensstrategieën domineren laat duidelijke verschillen zien tussen de onderzoekslocaties. Dit maakt het mogelijk om na te gaan hoe overlevingsstrategieën reageren op verschillen in omgevingscondities tussen de locaties, waaronder de belasting met bestrijdingsmiddelen. Hieruit moet duidelijk worden in hoeverre overlevingsstrategieën eenduidig reageren op bestrijdingsmiddelenbelasting en in hoeverre ze dus bruikbaar zijn als beoordelingsinstrument.
- De combinatie van levensstrategie met wijze van ademhaling is een mogelijkheid voor het verder ontwikkelen van een indicator milieudruk.

5.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Verdere analyse soortskenmerken en levensstrategieën van exoten

Soms is een invasieve exoot een soort uit een genus met veel soorten met vergelijkbare ecologie. Wat maakt een soort invasief? Waarom is dit vaak maar één soort uit een genus? Is dit te herleiden tot een onderscheidend kenmerk van die ene soort? Door dit te analyseren voor voorbeelden van invasieve exoten uit meerdere taxonomische groepen kan er wellicht een grote gemene deler gevonden worden. Te denken valt hierbij aan macrofauna (zoet en marien), vaatplanten (terrestrisch en aquatisch) en vissen (zoet en marien).

Klimaatverandering

Welke soorten (zowel inheems als exoot) zijn kwetsbaar voor klimaatverandering? Om dit te analyseren kan er een kwetsbaarheidsanalyse ontwikkeld worden, waarbij soortskenmerken van macrofauna en waterplanten gebruikt worden om kwetsbaarheid voor klimaatverandering, met name veranderingen in hydrologie en temperatuur, vast te stellen.

Klimaatverandering en vestiging exoten

Bovenstaande vraag kan verder worden toegespitst op de vestiging van exoten. Welke aspecten van klimaatverandering bevorderen de vestiging van exoten? Of zijn er ook aspecten die de vestiging belemmeren? Voor welke exoten moet men waakzaam zijn?

Verdere ontwikkeling indicator milieudruk

De toegepaste indicator levensstrategie is nu voor de sloten in kassengebied toegepast en laat verschillen zien tussen de monsterlocaties. Nadere analyse aan andere slootssystemen kan waardevol zijn als vergelijking.

Literatuur

- Baird DJ, Van den Brink PJ (2007) Using biological traits to predict species sensitivity to toxic substances. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 67:296-301
- Bij de Vaate A, Jazdzewski K, Ketelaars HAM, Gollasch S, Van der Velde G (2002) Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59:1159-1174
- Bij de Vaate A, Pavluk TI (2004) Practicability of the Index of Trophic Completeness for running waters. *Hydrobiologia* 519:49-60
- Bremner J, Rogers SI, Frid CLJ (2006) Methods for describing ecological functioning of marine benthic assemblages using biological traits analysis (BTA). *Ecological Indicators* 6:609-622
- Dick JT, Platvoet D (2000) Invading predatory crustacean *Dikerogammarus villosus* eliminates both native and exotic species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 267:977-983
- Dolédec S, Olivier JM, Statzner B (2000) Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: Effects of taxonomic and spatial resolution. *Archiv für Hydrobiologie* 148:25-43
- Horrigan N, Baird DJ (2008) Trait patterns of aquatic insects across gradients of flow-related factors: A multivariate analysis of Canadian national data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65:670-680
- Kutschera U, Wirtz P (2001) The evolution of parental care in freshwater leeches. *Theory in Biosciences* 120:115-137.
- Liess M, Von Der Ohe C (2005) Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:954-965
- Loonen *et al.* 2008, posterpresentatie bij WEW exoten bijeenkomst.
- Middelkoop H, van Haselen COG (eds.) (1999) Twice a River. Rhine and Meuse in the Netherlands. RIZA rapport 99.003.
- Peeters ETHM, de Lange HJ, de la Haye MAA (2008a) KRW-Maatlat macrofauna voor zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei (R8). AKWA/Waterdienst rapport.
- Peeters ETHM, de Lange HJ, de la Haye MAA, Rutjes HA, Janmaat LM (2008b) Achtergrond rapport KRW-maatlat macrofauna R8. Bewerking en analyse data. AKWA/Waterdienst rapport.
- Paulissen M, Verdonschot PFM (2007) Levensstrategieën van exoten in Nederlandse binnenwateren. Een verkennende studie. Alterra-rapport 1496, Wageningen.
- Pavluk TI, Bij de Vaate A, Leslie HA (2000) Development of an Index of Trophic Completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing water. *Hydrobiologia* 427:135-141
- Poff NL, Olden JD, Vieira NKM, Finn DS, Simmons MP, Kondratieff BC (2006) Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal of the North American Benthological Society* 25:730-755
- Pot R (2007) Veldgids. Water- en oeverplanten. Tweede druk. KNNV Uitgeverij.
- Resh VH, Hildrew AG, Statzner B, Townsend CR (1994) Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: a synthesis of long-term ecological research on the Upper Rhône River in the context of concurrently developed ecological theory. *Freshwater Biology* 31:539-554
- Rubach M, Ashauer R, Baird D, Maund S, Hamer M, Van den Brink P (2008) A trait-based study of arthropod sensitivity to pesticides. Presentation at 5th SETAC World Congress, Sydney Australia.
- Schmidt-Kloiber A, Graf W, Lorenz A, Moog O (2006) The AQEM/STAR taxalist – a pan-European macroinvertebrate ecological database and taxa inventory. *Hydrobiologia* 566:325-342
- Siepel H (1994) Life-history tactics of soil microarthropods. *Biology and Fertility of Soils* 18:263-278
- Soes M & Van Eekelen R (2006) Rivierkreeften, een oprukkend probleem? *De Levende Natuur* 107: 56-59.
- Southwood TRE (1977) Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology* 46:337-365.

- Southwood TRE (1988) Tactics, Strategies and Templets. *Oikos* 52:3-18
- Statzner B, Bonada N, Dolédec S (2007) Conservation of taxonomic and biological trait diversity of European stream macroinvertebrate communities: a case for a collective public database. *Biodiversity and Conservation* 16:3609-3632
- Stearns SC (1976) Life-history tactics: A review of the ideas. *Quarterly Review of Biology* 51:3-47.
- Townsend CR, Hildrew AG (1994) Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology* 31:265-275
- Usseglio-Polatera P, Bournaud M, Richoux P, Tachet H (2000) Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwater Biology* 43:175-205
- Van der Velde G, Rajagopal S, Kelleher B, Muskó IB, Bij de Vaate A (2000) Ecological impact of crustacean invaders: General considerations and examples from the river Rhine. *Crustacean Issues* 12:3-33
- Van der Velde G, Nagelkerken I, Rajagopal S, Bij de Vaate A (2002) Invasions by alien species in inland freshwater bodies in western Europe: the Rhine Delta. In: Leppäkoski E, Gollasch S, Olenin S (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distributions, impacts and management*. Kluwer Dordrecht, pp 360-372
- Van der Weijden WJ, Leewis R & Bol P (2007) Indicatoren voor 'Convention on biodiversity 2010'. Indicatoren voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland. Werkdocument 53.6, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wageningen.
- Van Emmerik WAM, De Laak GAJ (2008) Oriënterend onderzoek exotische rivierkreeften Wilnis Bovenlanden, Polder Groot-Wilnis-Vinkeveen. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Straalen NM (1994) Biodiversity of ecotoxicological responses in animals. *Netherlands Journal of Zoology* 44:112-129.
- Verberk WCEP (2008) Matching species to a changing landscape. Aquatic macroinvertebrates in a heterogeneous landscape. Proefschrift Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Verberk WCEP, Siepel H, Esselink H (2008a) Life-history strategies in freshwater macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 53:1722-1738.
- Verberk WCEP, Siepel H, Esselink H (2008b) Applying life-history strategies for freshwater macroinvertebrates to lentic waters. *Freshwater Biology* 53: 739-1753.
- Verdonschot PFM (1990) Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (the Netherlands). Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Williamson M, Fitter A (1996) The Varying Success of Invaders. *Ecology* 77:1661-1666
- Zonderwijk M (2008) Zwarte lijst van woekerende exotische waterplanten. *H₂O* 6:4-6.

Websites:

- Asterics programma, vrij verkrijgbaar op: <http://www.fliessgewaesser-bewertung.de/en/download/berechnung/>
- Ministerie LNV, Beleidsnota invasieve exoten:
http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640321&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_file_id=22123
- Milieu- en Natuurcompendium website, laatst geraadpleegd 12 november 2008:
<http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl1355-Soortensamenstelling-zoetwatervissen.html?i=2-41>
- Nederlands Soortenregister, laatst geraadpleegd 13 november 2008:
<http://www.soortenregister.nl/nlsr/nlsr/i000000.html>
- SPEAR – Species at Risk: <http://www.systemecology.eu/SPEAR/Start.html>
- Pond-FX database: <http://ipmnet.org/PondFX/>
- STOWA, laatst geraadpleegd 18 november 2008: <http://themas.stowa.nl/Themas/Exoten.aspx?rID=991>
- Taxa Waterbeheer Nederland lijst:
http://www.idsw.nl/standaarden/domeintabellen/taxa_waterbeheer/twn_lijst/
- Werkgroep Ecologische Waterbeheer, subgroep exoten website, laatst geraadpleegd 16 december 2008:
http://www.wew.nu/sub_exoten.php

Bijlage 1 Status en voorlopige prioritering van indicatoren

- = lage prioriteit, + = hoge prioriteit

Nr.	Indicator	Bestaand	Ontwikkelen/verbeteren	Prioriteit
1	Abundance and distribution of selected species	Ja Gemiddelde trend NEM gegevens voor watervogels en libellen	Meer aandacht voor onderwaterleven (Limnodata reeksen van RIZA)	++
2	Red list index	Ja, Voor vogels, zoogdieren, vlinders, amfibieën en reptielen	Lijst (volgens criteria rode lijst) samenstellen van waterdieren bijv. steenvliegen of kokerjuffers in beken	++
3	Species of European interest	Ja, Bijlage vogelhabitat richtlijn		-
4	Ecosystem coverage	Ja, Basiskaart natuur		-
5	Habitats of European interest	Ja, Habitatrichtlijn	Richtlijn voor mariene gebied (VHR & EHS Marien inventariseren bij IMARES?)	+
7	Nationally designated protected areas	Ja, Natura 2000, EHS, Agrarisch natuurbeheer, nationale landschappen		-
8	Sites designated under habitat and Bird directive	Natura 2000, VHR		-
10	Invasive alien species	Fragmentarisch, Aquatisch: RIZA meetreeks vast substraat	Aquatische indicator ontwikkelen. Zoetwater kan op vis: hondsvij, zonnebaars, blauwneus? Of evertbraten: rivier- en vlokreeften? Is zoutwater haalbaar?	++
11	Occurrence of temperature-sensitive species	Gering, Werk aan libellen bekend – veel terrestrisch	Aquatisch (zoet&zout) van toegevoegde waarde?	+/-
12	Marine Trophic Index	Ja, WOT rapport 53.8	Mogelijk aanpassing van type data (survey), nieuwe trofische indeling, bepaling van cutt-off en referentie waarde	+/-
14	Fragmentation of river systems	Nee, Wordt aan gewerkt MNP	Doorzwembaarheids/knelpunten kaart	+
15	Nutrients in transitional, coastal and marine waters	Ja, RIKZ levert data aan EIONET (EEA)	Duidelijker in kaart brengen?	-
16	Freshwater Quality	Ja, KRW-maatlatten en referenties		-
21	Commercial fish stocks	Ja, Vangstdata bekend	Duidelijker in kaart brengen?	-
22	Aquaculture: Effluent water quality from finfish farms	Nee, Open 'finfish farm' is geen NL aangelegenheid	Karteren watergebruik en zuivering gesloten 'fishfarms' in NL?	-

Bijlage 2 Overzicht exoten in zoetwater

Waterplanten

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Landoltii punctata</i>		N-Amerika	ontsnapt	2007	2 gevallen
<i>Lagarosiphon major</i>		Z-Afrika	aquariumhandel	2005	nog niet
<i>Lemna turionifera</i>		N-Amerika	ontsnapt	2002	weinig
<i>Nymphaea marliacea</i>		Z-Afrika	tuinvijvers	ca 1900 ?	vrij algemeen
<i>Epilobium ciliatum</i>	Beklierde basterdwederik	N-Amerika	onbekend	1915	algemeen
<i>Elodea canadensis</i>	Brede waterpest	N-Amerika	ontsnapt	ca. 1860	plaatselijk algemeen
<i>Lemna minuta</i>	Dwergkroos	N-Amerika	creeren habitat	ca. 1990	zeer succesvol
<i>Egeria densa</i>	Egeria	Z-Amerika	ontsnapt	1901-1950	weinig
<i>Mimulus guttatus</i>	Gele maskerbloem	N-Amerika	kruidenmengsels		zeldzaam
<i>Cotula coronopifolia</i>	Goudknopje	Z-Afrika	kruidenmengsels		zeer zeldzaam
<i>Angelica archangelica</i>	Grote engelwortel	O-Europa	tuinplant	1934	vrij algemeen
<i>Azolla filiculoides</i>	Grote kroosvaren	N-Amerika	ontsnapt	1851-1900	zeer succesvol
<i>Salvinia molesta</i>	Grote vlotvaren	tropen	ontsnapt	1901-1950	weinig
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Grote waternavel	N en Z Amerika	ontsnapt	1993	plaatselijk algemeen
<i>Fallopia japonica</i>	Japanse duizendknoop	Japan	tuinplant		algemeen
<i>Acorus calamus</i>	Kalmoes	ZO-Azie	ontsnapt	17e eeuw	algemeen
<i>Azolla mexicana</i>	Kleine kroosvaren	N-Amerika	ontsnapt	1851-1900	plaatselijk algemeen
<i>Salvinia natans</i>	Kleine vlotvaren	Z-Europa	ontsnapt	1901-1950	weinig
<i>Pontederia cordata</i>	Moerashyacint	N en Z Amerika	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	Ongelijkbladig vederkruid	N-Amerika	ontsnapt	2003	enkele plaatsen in Limburg
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Parelvederkruid	Z-Amerika	ontsnapt	1851-1900	weinig
<i>Sagittaria latifolia</i>	Pijlkruid	N-Amerika	ontsnapt		weinig
<i>Impatiens glandulifera</i>	Reuzenbalsemien	India	tuinplant		vrij algemeen
<i>Carex vulpinoidea</i>	Ribbelzegge	N-Amerika	onbekend		zeer zeldzaam
<i>Bidens connata</i>	Smal tandzaad	N-Amerika	onbekend		vrij algemeen

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Elodea nuttallii</i>	Smalle waterpest	N-Amerika	ontsnapt	1948	zeer succesvol
<i>Vallisneria spiralis</i>	Vallisneria	Z-Europa	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Crassula helmsii</i>	Watercrassula	Austr/N-Zeeland	ontsnapt	1993-2001	nogal succesvol
<i>Eichhornia crassipes</i>	Waterhyacinth	Z-Amerika	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Pistia stratiotes</i>	Watersla	tropics	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Ludwigia grandiflora</i>	Waterteunisbloem	tropics	ontsnapt	ca. 1990	toenemend aantal plaatsen
<i>Cabomba caroliniana</i>	Waterwaaier	Z-Amerika	ontsnapt	1986	Nieuw-Loosdrecht, Z-Limburg
<i>Juncus ensifolius</i>	Zwaardrus	N-Amerika	onbekend	1935	zeer zeldzaam
<i>Bidens frondosa</i>	Zwart tandzaad	N-Amerika	onbekend		algemeen

Macrofauna

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Subgroep	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Aedes albopictus</i>	Aziatische Tijgermug	Diptera	N-Amerika/Azie	import planten	2005	
<i>Astacus leptodactylus</i>	Turkse rivierkreeft	Crustacea	O-Europa	export vanuit Turkije en Polen	1977	plaatselijk algemeen
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Zoetwatergarnaal	Crustacea	Middellandse zee gebied	kanalen	1915	plaatselijk algemeen
<i>Austropotamobius torrentium</i>		Crustacea	ZO-Europa	uitgezet/ontsnapt	1956	eenmalige vangst
<i>Barbronia asiuti/weberi complex</i>		Hirudinea	Z-Azie of Egypte	aquaria?	2003	zeer zeldzaam
<i>Branchiodrilus hortensis</i>		Oligochaeta	O-en Z-Azie/Australie/Afrika	tuinen, aquaria	2002	zeldzaam
<i>Branchiura sowerbyi</i>	Kieuwworm	Oligochaeta	O-Azie	schepen, aquaria ?	1919	zeer succesvol
<i>Callinectes sapidus</i>	Blauwe zwemkrab	Crustacea	oostkust N- en Z-Amerika	geïntroduceerd/schepen	1932	Westerschelde, Noordzeekanaal
<i>Caspihalacarus hyrcanus danubialis</i>		Acari	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal	2000	plaatselijk algemeen
<i>Caspiobdella fadejewi</i>		Hirudinea	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal, vissen	1999 (1996?)	plaatselijk algemeen
<i>Chaetogammarus ischnus</i>		Crustacea	Ponto-Kaspisch	Mittelland kanaal	1991	plaatselijk algemeen
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	Kaspische slijkgarnaal	Crustacea	Ponto-Kaspisch	Mittelland kanaal	1987	zeer succesvol
<i>Chelicorophium robustum</i>		Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal	2004	zeldzaam
<i>Corbicula fluminalis</i>	Toegeknepen korfmossel	Mollusca	O-Azie	zeeschepen	1988	zeer succesvol
<i>Corbicula fluminea</i>	Aziatische korfmossel	Mollusca	O-Azie	zeeschepen	1988	zeer succesvol
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>		Crustacea	N-Amerika	vogels? schepen/uitgezet ?	1979	plaatselijk algemeen
<i>Craspedacusta sowerbyi</i>	Zoetwaterkwal	Hydrozoa	O-Azie	aquaria, schepen, vogels	1930	plaatselijk algemeen

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Subgroep	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>		Tricladida	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal	1999	plaatselijk algemeen
<i>Dicranomyia longipennis</i>		Diptera	China, Taiwan	bonsai bomen import	1987	zeer zeldzaam, onsuccesvol
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>		Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal	<2002?	enkele waarnemingen
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Reuzenvlokreeft	Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donaukanaal	1994	zeer succesvol
<i>Dreissena polymorpha</i>	Driehoeksmossel	Mollusca	Ponto-Kaspisch	schepen, nat hout	1826	zeer succesvol
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	quaggamossel	Mollusca	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	19 april 2006	tussen driehoeksmosselen, vast
<i>Dugesia tigrina</i>	Tijgerplatworm	Tricladida	N-Amerika	aquaria, schepen/ontsnapt	<1934	plaatselijk algemeen
<i>Echinogammarus trichiatus</i>		Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1998?	zeldzaam
<i>Eriocheir sinensis</i>	Chinese wolhandkrab	Crustacea	ZO-Azie (China)		1929 (1931)	zeer succesvol
<i>Ferrissia clessiniana</i>	Smurfslak	Mollusca	Nilotisch gebied	natuurlijke weg al liftend		zeer succesvol
<i>Gammarus roeseli</i>		Crustacea	O-Europa ?			vrij algemeen in het pleistocene deel
<i>Gammarus tigrinus</i>	Tijgervlokreeft	Crustacea	N-Amerika	uitgezet	1960	zeer succesvol
<i>Gyraulus chinensis</i>		Mollusca	ZO-Azie	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Helisoma nigricans</i>		Mollusca	N-Amerika	ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Helobdella europaea</i>		Hirudinea	centraal- en Z-Amerika		app. 2000	zeer zeldzaam
<i>Hemimysis anomala</i>	Bloedrode aasgarnaal	Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1997	plaatselijk algemeen
<i>Hypania invalida</i>		Polychaeta	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1995	zeer succesvol
<i>Jaera istri</i>	Donaupissebed	Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1997	plaatselijk algemeen
<i>Limnodrilus cervix</i>		Oligochaeta	N-Amerika		1999?	plaatselijk algemeen
<i>Limnodrilus maumeensis</i>		Oligochaeta	N-Amerika		1994	plaatselijk algemeen
<i>Limnomysis benedeni</i>	Slanke aasgarnaal	Crustacea	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1997	plaatselijk algemeen
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	Eeltslak	Mollusca	Ponto-Kaspisch, Donau stroomgebied	schepen, vogels, vis	1870	plaatselijk algemeen
<i>Melanoides tuberculatus</i>	Slanke knobbelhoren	Mollusca	Afrika/Azie		1983	weinig
<i>Menetus dilatatus</i>	Hoekige dwergposthoren, Amerikaanse dwergposthorenslak	Mollusca	N-Amerika	aquarium- en vijverplanten	1986	weinig
<i>Musculium transversum</i>	Late hoornschaal	Mollusca	N-Amerika	schepen	1954	weinig
<i>Orchestia cavimana</i>	Oevervlokreeft	Crustacea	waarschijnlijk Ponto-Kaspisch	schepen	1878	plaatselijk algemeen
<i>Orconectes limosus</i>	Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	Crustacea	N-Amerika	uitzetten	1968	zeer succesvol

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Subgroep	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Californische rivierkreeft	Crustacea	N-Amerika	ingevoerd/uitgezet ?	2004	twente
<i>Physella acuta</i> (en <i>Physella heterostropha</i>)	Puntige blaashoren	Mollusca	Z-Europa/Afrika	aquaria, schepen/ontsnapt	1851-1900 (ca 1870)	plaatselijk algemeen
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Jenkins' waterhoren	Mollusca	Nieuw-Zeeland	schepen, vogels, vis	app. 1890	zeer succesvol
<i>Potamothenix vejvodskyi</i>		Oligochaeta	Ponto-Kaspisch	Main-Donau kanaal	1995	weinig
<i>Proasellus meridianus</i>		Crustacea	Z-Europa	via kanalen	1924	
<i>Procambarus clarkii</i>	Rode rivierkreeft	Crustacea	N-Amerika	ingevoerd/ontsnapt	1985	lokaal algemeen
<i>Quistadrilus multisetosus</i>		Oligochaeta	N-Amerika		1977-1982	zeer algemeen
<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	Zuiderzeekrabje	Crustacea	N-Amerika		1874	zeer succesvol
<i>Sigthoria nilotica</i>		Hydrachnellae	tropisch	libellen	1991	zeer zeldzaam, onsuccesvol
<i>Stenopelmus rufinusus</i>		Coleoptera	N-Amerika	Azolla	1915-1922	zeer succesvol
<i>Tartarothyas romanica</i>		Hydrachnellae	Z- en of N-Europa	libellen ?	1991	zeer zeldzaam, onsuccesvol

Amfibieën, reptielen en zoöplankton

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Herkomst	Via	Sinds	Voorkomen
<i>Rana catesbeiana</i>	Amerikaanse brulkikker	N-Amerika	uitgezet/ontsnapt	1951-1992	weinig
<i>Hyla meridionalis</i>	mediterrane boomkikker	Z-Europa ?			onvoldoende gegevens
<i>Triturus carnifex</i>	Italiaanse kamsalamander	Z-Europa	aquaria ?	2001	weinig
<i>Chelydra serpentina</i>	Bijtschildpad	N-Amerika	ontsnapt	1951-1992 (2002?)	weinig
<i>Emys orbicularis</i>	Europese moerasschildpad	Z-Europa		1851-1900	weinig
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Roodwangschildpad				
<i>Daphnia ambigua</i>		N-Amerika			
<i>Bythotrephes longimanus</i>	Langstaartwatervlo	NO-Europa	creëren van habitat en transport via rusteieren	1987	plaatselijk algemeen

Bijlage 3 Overzicht methoden met soortskenmerken macrofauna

Townsend & Hildrew, 1994	
Categorie	Kenmerk
fysio/morfo	relatively invulnerable life stages
fysio/morfo/gedrag	inundation tolerance
fysio/morfo/gedrag	desiccation tolerance
fysiologie	reproductive technique
gedrag	parental care
gedrag	attachment
gedrag	mobility
levenscyclus	min age at reproduction
levenscyclus	offspring per reproductive cycle
levenscyclus	reproductive cycles/year
levenscyclus	potential life span
levenscyclus	total reproductive cycles per individual
levenscyclus	potential for regeneration
levenscyclus/morfologie	annual P/B ratio
morfologie	potential size
morfologie	body flexibility
morfologie	body form
more general for river species	

Resh <i>et al.</i>, 1994			
Categorie	Voortbordurend op Townsend & Hildrew 1994	# Organisme	Veerkracht ?
	Kenmerk	groepen waarvoor gebruikt	
fysio/morfo	resistant stages (cf seed banks)	4	resistance
fysio/morfo/gedrag	humidity tolerance	5	resistance
fysiologie	reproductive technique	4	resilience
gedrag	parental care	6	resilience
gedrag	distance moved with current	4	resilience
gedrag	distance moved against current	4	resilience
gedrag	attachment	8	
gedrag	general mobility	5	resilience
levenscyclus	offspring per reproductive cycle	9	resilience
levenscyclus	reproductive cycles/year	6	resilience
levenscyclus	total reproductive cycles per individual	3	resilience
levenscyclus	reproductive period		
levenscyclus	potential for regeneration	4	resistance
levenscyclus	insect adult longevity	3	resistance
levenscyclus	larval longevity	1	
levenscyclus	total longevity	2	
morfologie	size	11	
morfologie	body flexibility	5	resistance
morfologie	body form	7	resistance
voedsel	food or feeding characteristics		
alluvial floodplain France			

Usseglio-Palatero <i>et al.</i>, 2000		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo/gedrag	respiration	5
fysiologie	reproduction mode	8
gedrag	dispersal	4
gedrag	locomotion + substrate	8
habitat	transversal distribution	7
habitat	longitudinal distribution	8
habitat	altitude	3
habitat	biogeographic region	5
habitat	substrate	9
habitat	current velocity	4
habitat	trophic status	3
habitat	salinity	2
habitat	temperature	3
habitat	saprobity	5
habitat	pH	6
levenscyclus	life cycle duration	2
levenscyclus	no reproductive cycles per year	3
levenscyclus	aquatic stages	4
morfologie	maximal size	7
morfologie	resistance form	5
voedsel	food	9
voedsel	feeding habits	8
472 taxa uit Frans zoetwater		
8 biologische groepen		
7 ecologische groepen		

Statzner <i>et al.</i>, 2007		
indeling gelijk aan Usseglio-Palatero <i>et al.</i>, 2000		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo/gedrag	respiration	4
fysiologie	reproduction mode	8
gedrag	dispersal	4
gedrag	locomotion and substrate	8
levenscyclus	levensduur	2
levenscyclus	reproductive cycles/year	3
levenscyclus	aq stage	4
morfologie	max size	7
morfologie	resistance form	5
voedsel	food	9
voedsel	feeding habits	8
database op genus level		
312 genera		
stromend water		

Liess & Von der Ohe, 2005		SPEAR
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
levenscyclus	emergence before May	2
levenscyclus	generatie tijd	2
fysiologie	gevoeligheid voor pesticiden	continu
gedrag	migratie	2
	ontwikkeld voor stromend water	
	1386 taxa geclassificeerd als at risk of not at risk	
	sommige soorten verschillen per regio hierin	
	Duitsland/midden-Europa	

Bremner <i>et al.</i>, 2006		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysiologie	reproductive technique	4
fysiologie	sexual differentiation	3
gedrag	rel. adult mobility	4
gedrag	attachment	3
gedrag	adult movement	4
gedrag	sociability	3
gedrag	migration	3
gedrag	living habit	4
levenscyclus	adult longevity	3
morfologie	individual/colony size	1
morfologie	relative weight	4
morfologie	body flexibility	3
morfologie	body form	3
voedsel	feeding habit	4
	onbekend aantal taxa	
	mariene bentische invertebraten	
	Noordzee en Kanaal	

Poff <i>et al.</i>, 2006		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo/gedrag	respiration	3
gedrag	adult ability to exit	2
gedrag	female dispersal	2
gedrag	adult flying strength	2
gedrag	drift	3
gedrag	crawling rate	3
gedrag	swimming ability	3
gedrag	habit	6
habitat	rheophily	3
habitat	thermal preference	3
leven/fysio/morfo/gedrag	ability survive desiccation	2
levenscyclus	voltinism	3
levenscyclus	development	3
levenscyclus	synchronization emergence	2
levenscyclus	adult life span	3
morfologie	attachment	3
morfologie	armoring	3
morfologie	shape	2
morfologie	size at maturity	3
voedsel	trophic habit	5
	311 N-Amerikaanse taxa	
	stromend water	

Schmidt-Kloiber <i>et al.</i>, 2006		AQEM/STAR database
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
gedrag	locomotion types	6
habitat	saprobic valences	5
habitat	stream zonation preference	10
habitat	current preference	7
habitat	substrate preference	8
voedsel	feeding types	10
<p>database + diverse beoordelingssystemen ASTERICS software gericht op stromend water</p>		

Baird & Van den Brink, 2007		TERA
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
	tax. groep	2
morfologie	biomassa	5
morfologie	lengte	5
levenscyclus	life-cycle duration	5
fysio/morfo/gedrag	respiration	3
voedsel	feeding type 1 (micro of macrofaag)	2
voedsel	feeding type 2 (dieet)	3
<p>matrix 12 soorten x 15 verontreinigingen</p>		

Horrigan & Baird, 2008		= gebaseerd op Poff <i>et al.</i>, 2006
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo/gedrag	respiration	3
gedrag	crawling rate	3
gedrag	female dispersal	1
gedrag	drift	3
gedrag	adult ability to exit	1
gedrag	adult flying strength	1
gedrag	habitat (behaviour)	5
gedrag	swimming ability	3
habitat	rheophily	3
habitat	thermal	3
leven/fysio/morfo/gedrag	ability survive dessiccation	1
levenscyclus	development	3
levenscyclus	adult life span	3
levenscyclus	synchronization emergence	1
levenscyclus	voltinism	3
morfologie	armorning	3
morfologie	attachment	3
morfologie	shape	1
morfologie	size at maturity	3
voedsel	feeding habits	5
<p>onbekend aantal N-Amerikaanse aq insects stromend water cluster analysis geeft 3 groepen</p>		

Verberk, 2008		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo	tolerance to adverse abiotic conditions	2
fysiologie	genetic recombination	2
gedrag	dispersal	3
levenscyclus	juvenile development	2
levenscyclus	period of juv development	2
levenscyclus	adult life span	2
levenscyclus	per capita investment	3
levenscyclus	synchronisation juv development	2
levenscyclus	synchronisation adult emergence	3
levenscyclus	voltinism	3
	strategieën ontwikkeld voor stilstaand water	
	238 soorten uit hoogveen gebied	
	13 strategieën in 4 hoofddomeinen	

Pond-FX database		
Categorie	Kenmerk	Aantal modaliteiten
fysio/morfo/gedrag	Zuurstofbron (water of atmosfeer)	3
fysiologie	Wijze van reproductie	3
gedrag	Kolonisatie	5
gedrag	Dispersie	3
gedrag	Mobiliteit	3
habitat	Water type	5
habitat	Plek in waterkolom	4
habitat	Type habitat (substraat)	7
levenscyclus	Draagkracht K max	7
levenscyclus	Reproductie snelheid	3
levenscyclus	Kolonisatie seizoen	4
levenscyclus	Aquatisch of terrestrisch milieu per levensstadium	2
levenscyclus	Voorkomen (abundantie)	6
levenscyclus	Ontwikkelingstijd	continu
levenscyclus	Levensduur	6
levenscyclus	Voltinisme	5
voedsel	Voedingsgroep dieet	5
	onbekend aantal Britse taxa	
	stilstaand water	

Bijlage 4 Functionele voedingsgroepen

Het onderscheiden van functionele voedingsgroepen wordt veel toegepast in macrofauna onderzoek. Meestal wordt de wijze van voedselvergaren onderscheiden (bijv. grazen, knippen, filtreren), of het type voedsel (herbivoor, carnivoor, detritivoor, omnivoor), of een combinatie daarvan.

Voor benthische macrofauna in stromend water is een Index of Trophic Completeness ontwikkeld door Pavluk en co-auteurs (2000). Ze onderscheiden 12 functionele voedingsgroepen, op basis van de volgende aspecten (Tabel B.1):

- samenstelling dieet (aandeel dierlijk voedsel);
- wijze van voedsel vergaren;
- grootte voedsel;
- voedselzoek gedrag;
- totaal of deels prooi opeten.

In totaal worden zo 12 trofische groepen ingedeeld. In ongestoorde situaties verwacht je alle 12 trofische groepen, terwijl er in verstoorde situaties er groepen ontbreken. De methode is met name in Nederland bij het RIZA (nu Waterdienst) toegepast.

Tabe B.1. indeling trofische groepen (uit Pavluk et al. 2000)

Groep	Dieet	Wijze van voedsel vergaren	Grootte voedsel (mm)	Voedselzoek-gedrag	Prooi inname
1	carnivoor	knippen/kauwen	>1	actief	totaal
2	carnivoor	knippen/kauwen	>1	matig actief	totaal
3	omnivoor	knippen/kauwen verzamelen	>1	actief matig actief	totaal
4	herbivoor	knippen/kauwen	>1	matig actief	totaal
5	herbivoor	knippen/kauwen	<1	matig actief	totaal
6	herbivoor	schrappen	<1	matig actief	totaal
7	herbivoor	verzamelen	<1	matig actief	totaal
8	herbivoor	filtreren	<1	passief	totaal
9	carnivoor	zuigen	>1	matig actief	deels
10	carnivoor	zuigen	>1	matig actief	totaal
11	herbivoor	zuigen	>1	matig actief	deels
12	omnivoor	knippen/kauwen	<1	matig actief	totaal

Dit principe is op een iets andere wijze gebruikt in een studie naar macrofauna in benedenrivierengebied door Peeters en co-auteurs (2008a,b). Zij onderscheiden 10 functionele voedingsgroepen, die handmatig of met behulp van de software Asterics bepaald worden. In ongestoorde situaties verwacht je veel functionele voedingsgroepen. In verstoorde situaties (bijvoorbeeld door sedimentverontreiniging) verwacht je een lager aantal functionele voedingsgroepen.

Functionele voedingsgroepen:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Grazers en schrappers; | 6. Actieve filtreerders; |
| 2. Mineerders; | 7. Passieve filtreerders; |
| 3. Houteters; | 8. Predatoren; |
| 4. Knippers; | 9. Parasieten; |
| 5. Vergaarders/verzamelaars; | 10. Andere voedingsgroepen. |

Bijlage 5 Dataset soortskmerken macrofauna

Biologische kenmerken, modaliteit per kenmerk en gebruikte definities

Traits		Modalities	Definitions
colonisation		not moderate high	The likelihood that a waterbody is visited or colonised by a taxon from another waterbody during a one year period <i>has no wings, cannot fly</i> <i>has wings, cannot fly a great distance</i> <i>has wings, fly a great distance</i>
fly period		january february march april may june july august september october november december	The period of the year in which the adults fly
development time		< 1 week 1-2 weeks 2 weeks - 1 month 1-2 months 2-3 months 3-6 months 6-12 months 12-24 months 24-36 months	The time period between hatching and development to sexual maturity (the ability to breed again).
feeding type	juvenile adult	herbivore detritivore carnivore omnivore parasite herbivore detritivore carnivore omnivore parasite	Describes the feeding habit(s) of the taxon as a larvae or adult. Functional feeding groups (e.g. shredder, collector-gatherer) were not used.
lifestage environment		adult aqu. adult terr. egg aqu. egg terr. pupae aqu. pupae terr. no pupae	Notes whether adults, pupae or eggs are to be found in terrestrial or aquatic environments and whether the animal has no pupal stage.
longevity	aquatic terrestrial	0-0,1 year 0,1-0,5 year 0,5-1 year 1-2 year 2-5 year > 5 year 0-0,1 year 0,1-0,5 year 0,5-1 year 1-2 year 2-5 year > 5 year	The average maximum potential lifespan (in years) from hatching till death, in the aquatic stage and (when applying) terrestrial stage

Traits		Modalities	Definitions
mobility		free-moving affixed both	Notes whether members of the taxon are affixed (or sedentary), free-moving or both affixed & free-moving (not necessarily during the same lifestage).
oxygen source	juvenile adult	water atmosphere water atmosphere	Notes whether the animals obtain oxygen from the water or the atmosphere (as a larvae or as an adult)
respiration fysiologie	juvenile adult	gill trachea skin gill trachea skin	Notes the part of the body which is used to obtain the oxygen in the larval or adult stage
reproduction rate		1-30 31-150 151-1500	The reproduction rate, calculated as the number of juveniles (e.g. hatched eggs) from one generation produced from a single individual.
reproduction style		sexual asexual	Notes whether the animals reproduce sexually or asexually
voltinism		semi uni bi multi	Describes the number of generations produced annually <i><1 generation per year</i> <i>1 generation per year</i> <i>2 generations per year</i> <i>>2 generations per year</i>
strategy		R-strategist K-strategist	Notes the kind of strategy a taxon uses to survive. Is a kind of summation of all the columns <i>based on reproduction: quick generations and many individuals</i> <i>based on quality of life: reproduction is slow with few individuals</i>
resistance form		eggs cocoons cells against desiccation diapauze or dormancy none	

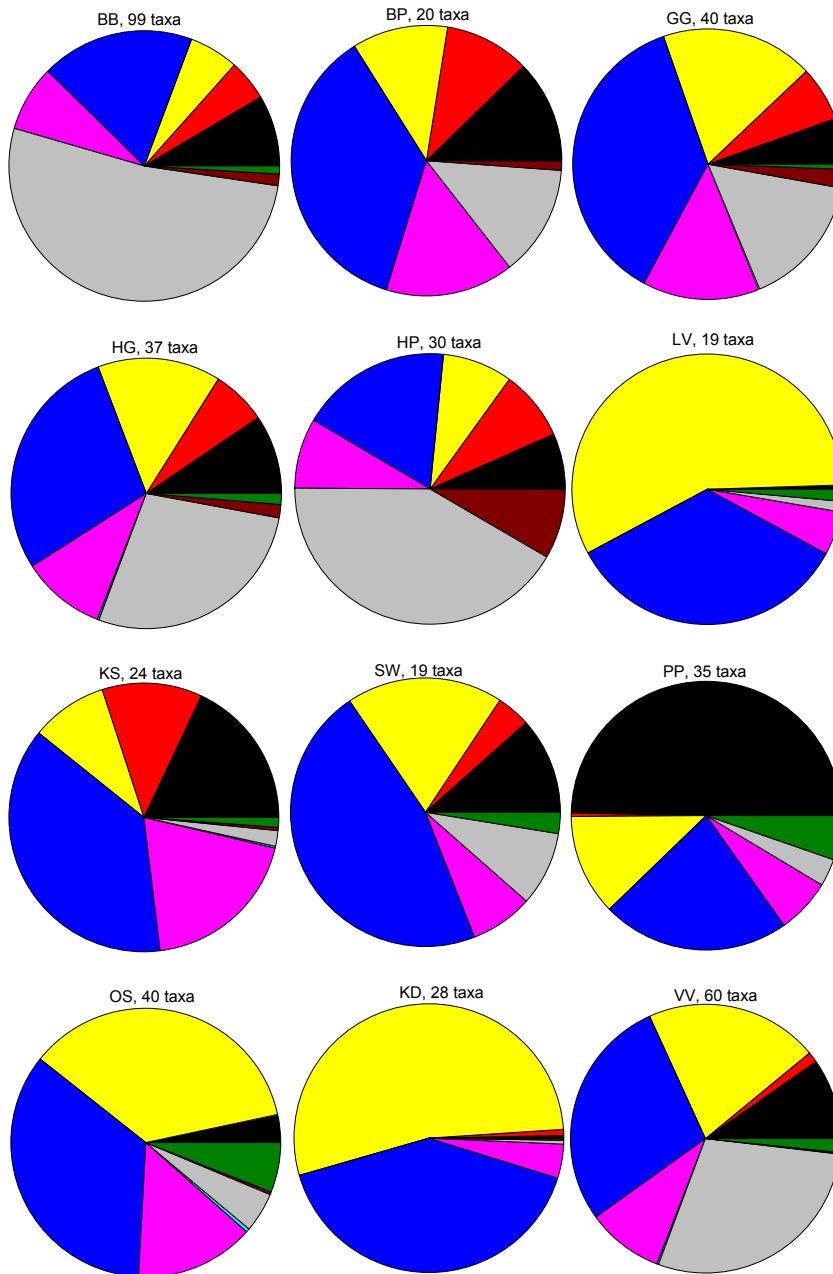
Ecologische kenmerken, modaliteit per kenmerk en gebruikte definities

Traits	Modalities	Definitions
habitat type	stones/ hard surfaces vegetation open water on / in detrituslayer buried in the sediment	Notes whether the animals occur on stones and hard surfaces, in (or on) vegetation, open water, in or on the detrituslayer, buried in the sediment
abundance	low numbers moderate numbers high numbers	amount of individuals that occur in a waterbody <i>0-100</i> <i>100-10000</i> <i>>100000</i>
occurrence in the Netherlands	very common common quite common quite rare rare very rare	The frequency with which a taxon occurs average over the country <i>>1032 different locations in the Netherlands</i> <i>343-1032 different locations in the Netherlands</i> <i>129-342 different locations in the Netherlands</i> <i>44-128 different locations in the Netherlands</i> <i>13-43 different locations in the Netherlands</i> <i>0-12 different locations in the Netherlands</i>

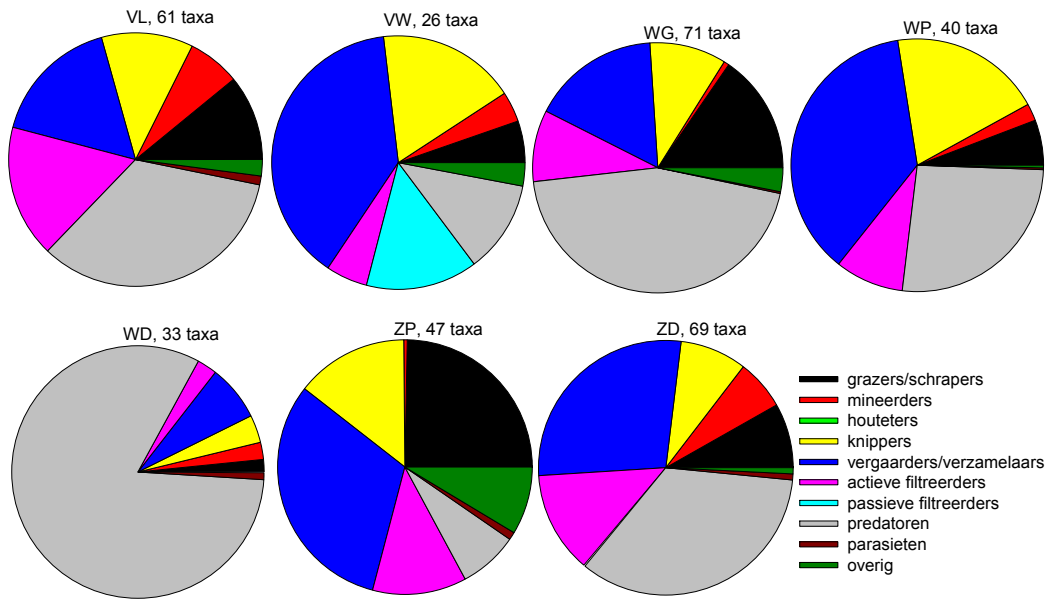
waterbody type	still water slowly running water fast running water springs temporary	Notes the waterbody type (broadly) in which the animals may be found.
watertype	ditch pool pond lake moreland pool canal brook river	Notes the dimension of the waterbody in which the animals may be found
nutrients	oligotrophic mesotrophic eutrophic	The amount of phosphate (PO ₄) found in the waterbody. Notes that our definition of oligotrophe, mesotrophe and eutrophe not always correspond with the literature <i>0 - 0,5 μmol PO₄ /L</i> <i>0,6 - 4,0 μmol PO₄ /L</i> <i>> 4,0 μmol PO₄ /L</i>
chloride	fresh oligohalien mesohalien euhalien salt	The amount of chloride found in the waterbody. <i>0 - 135 mg Cl/L</i> <i>136 - 300 mg Cl/L</i> <i>301-1000 mg Cl/L</i> <i>1001 - 7225 mg Cl/L</i> <i>> 7225 mg Cl/L</i>
pH	acid water mainly mildly acid mildly acid to circumneutral circumneutral to alkaline alkaline	<i>pH < 5,0</i> <i>pH 5,0 - 5,9</i> <i>pH 6,0 - 7,2</i> <i>pH 7,3 - 8,4</i> <i>pH ≥ 8,5</i>
water depth	shallow (to 30 cm) 31 - 50 cm 51 - 80 cm 81 - 150 cm deep (>150 cm)	Notes where animals are found in the water column. Animals can occur in more than one of these habitats.

Bijlage 6 Resultaten functionele voedingsgroepen

Per locatie is een gemiddelde over de monsterjaren berekend, en hieronder weergegeven (Figuur B.1) in een taartdiagram. Het totaal aantal aangetroffen taxa per locatie is tevens weergegeven.

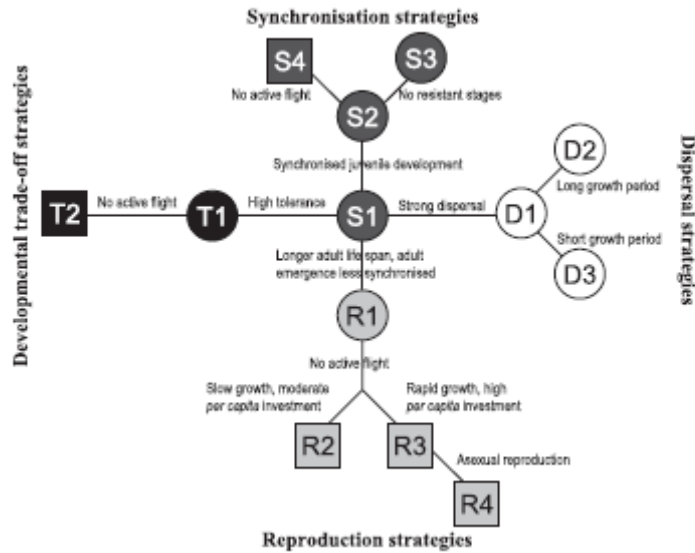


Figuur B.1 Gemiddelde abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen voor alle monsterpunten (BB, BG etc)



Figuur B.1 (vervolg). Gemiddelde abundantie over de verschillende functionele voedingsgroepen voor alle monsterpunten (BB, BG etc)

Bijlage 7 Beschrijving levensstrategieën



Figuur B.2: Overzicht van samenhang tussen de 13 verschillende strategieën. Strategieën met actieve dispersie zijn weergegeven met cirkels, strategieën zonder zijn weergegeven met vierkanten (figuur overgenomen uit Verberk et al., 2008a)

Tabel B.2: Beschrijving levensstrategieën

Cluster	Code	Omschrijving
Dispersie strategieën	D1	korte ontwikkelingstijd en sterke dispersie
	D2	grote clutches en sterke dispersie
	D3	jonge leeftijd bij eerste reproductie en sterke dispersie
Synchronisatie strategieën	S1	langzame groei en gesynchroniseerd uitsluipen
	S2	korte groei periode en resistente stadia
	S3	korte gesynchroniseerde jeveniele ontwikkelingstijd
	S4	hoge investering, geen actieve vlucht
Ontwikkeling trade-off strategieën	T1	hoge tolerantie, actieve dispersie
	T2	hoge tolerantie, geen active vlucht
Reproductie strategieën	R1	openvolgende reproducties, actieve dispersie
	R2	openvolgende reproducties met veel kleine eieren, geen actieve vlucht
	R3	openvolgende reproducties met broedzorg, geen actieve vlucht
	R4	jonge leeftijd bij eerste reproductie, geen actieve vlucht

Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2006

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl
De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de WOt-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

2006

- 21** *Rienks, W.A., I. Terluin & P.H. Vereijken.* Towards sustainable agriculture and rural areas in Europe. An assessment of four EU regions
- 22** *Knegt, B. de, H.W.B. Bredenoord, J. Wiertz & M.E. Sanders.* Monitoringsgegevens voor het natuurbeheer anno 2005. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 1
- 23** *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-001 – Monitor- en Evaluatiesysteem Agenda Vitaal Platteland
- 24** *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek Natuurplanbureaufunctie
- 25** *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-385 - Milieuplanbureaufunctie
- 26** *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-394 – Natuurplanbureaufunctie
- 27** *Jaarrapportage 2005.* WOT-04 - Kennisbasis
- 28** *Verboom, J., R. Pouwels, J. Wiertz & M. Vonk.* Strategisch Plan LARCH. Van strategische visie naar plan van aanpak
- 29** *Velthof, G.L. en J.J.M. van Grinsven (eds.)* Inzet van modellen voor evaluatie van de meststoffenwet. Advies van de CDM-werkgroep Harmonisatie modellen
- 30** *Hinssen, M.A.G., R. van Oostenbrugge & K.M. Sollart.* Draaiboek Natuurbalans. Herziene versie
- 31** *Swaay, C.A.M. van, V. Mensing & M.F. Wallis de Vries.* Hotspots dagvlinder biodiversiteit
- 32** *Goossen, C.M. & F. Langers.* Recreatie en groen in en om de stad. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 33** *Turnhout, Chr. Van, W.-B. Loos, R.P.B. Foppen & M.J.S.M. Reijnen.* Hotspots van biodiversiteit in Nederland op basis van broedvogelgegevens
- 34** *Didderen, K en P.F.M. Verdonschot.* Graadmeter Natuurwaarde aquatisch. Typen, indicatoren en monitoring van regionale wateren
- 35** *Wamelink, G.W.W., G.J. Reinds, J.P. Mol-Dijkstra, J. Kros & H.J.J. Wieggers.* Verbeteringen voor de Natuurplanner
- 36** *Groeneveld, R.A. & R.A.M. Schrijver.* FIONA 1.0; Technical description
- 37** *Luesink, H.H., M.J.C. de Bode, P.W.G. Groot Koerkamp, H. Klinker, H.A.C. Verkerk & O.Oenema.* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen
- 38** *Bakker-Verdurmen, M.R.L., J.W. Eimers, M.A.G. Hinssen-Haanen, T.J. van der Zwaag-van Hoorn.* Handboek secretariaat WOT Natuur & Milieu
- 39** *Pleijte, M. & M.A.H.J. van Bavel.* Europees en gebiedsgericht beleid: natuur tussen hamer en aambeeld? Een verkennend onderzoek naar de relatie tussen Europees en gebiedsgericht beleid
- 40** *Kramer, H., G.W. Hazeu & J. Clement.* Basiskaart Natuur 2004; vervaardiging van een landsdekkend basisbestand terrestrische natuur in Nederland
- 41** *Koomen, A.J.M., W. Nieuwenhuizen, J. Roos-Klein Lankhorst, D.J. Brus & P.F.G. Vereijken.* Monitoring landschap; gebruik van steekproeven en landsdekkende bestanden
- 42** *Selnes, T.A., M.A.H.J. van Bavel & T. van Rheenen.* Governance of biodiversity
- 43** *Vries, S. de. (2007)* Veranderende landschappen en hun beleving
- 44** *Broekmeijer, M.E.A. & F.H. Kistenkas.* Bouwen en natuur: Europese natuurwaarden op het ruimtelijk ordeningsspoor. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 45** *Sollart, K.M. & F.J.P. van den Bosch.* De provincies aan het werk; Praktijkervaringen van provincies met natuur- en landschapsbeleid in de periode 1990-2005. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 46** *Sollart, K.M. & R. de Niet met bijdragen van M.M.M. Overbeek.* Natuur en mens. Achtergronddocument bij de Natuurbalans 2006
- ### 2007
- 47** *Ten Berge, H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof.* Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek; Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek
- 48** *Kruit, J. & I.E. Salverda.* Spiegeltje, spiegeltje aan de muur, valt er iets te leren van een andere planningscultuur?
- 49** *Rijk, P.J., E.J. Bos & E.S. van Leeuwen.* Nieuwe activiteiten in het landelijk gebied. Een verkennende studie naar natuur en landschap als vestigingsfactor
- 50** *Ligthart, S.S.H.* Natuurbeleid met kwaliteit. Het Milieu- en Natuurplanbureau en natuurbeleidsevaluatie in de periode 1998-2006
- 51** *Kennismarkt 22 maart 2007; van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP in 27 posters*
- 52** *Kuindersma, W., R.I. van Dam & J. Vreke.* Sturen op niveau. Perversies tussen nationaal natuurbeleid en besluitvorming op gebiedsniveau.
- 53.1** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. National Capital Index version 2.0
- 53.3** *Windig, J.J., M.G.P. van Veller & S.J. Hiemstra.* Indicators voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Biodiversiteit Nederlandse landbouwhuisdieren en gewassen
- 53.4** *Melman, Th.C.P. & J.P.M. Willemen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Coverage protected areas.
- 53.6** *Weijden, W.J. van der, R. Leewis & P. Bol.* Indicators voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Indicators voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland
- 53.7a** *Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Influence of climate change on biodiversity.

- 53.7b** *Moraal, L.G.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen.
- 53.8** *Fey-Hofstede, F.E. & H.W.G. Meesters.* Indicatoren for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Exploration of the usefulness of the Marine Trophic Index (MTI) as an indicator for sustainability of marine fisheries in the Dutch part of the North Sea.
- 53.9** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicatoren for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Connectivity/fragmentation of ecosystems: spatial conditions for sustainable biodiversity
- 53.11** *Gaaff, A. & R.W. Verburg.* Indicatoren for the 'Convention on Biodiversity 2010' Government expenditure on land acquisition and nature development for the National Ecological Network (EHS) and expenditure for international biodiversity projects
- 53.12** *Elands, B.H.M. & C.S.A. van Koppen.* Indicatoren for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Public awareness and participation
- 54** *Broekmeyer, M.E.A. & E.P.A.G. Schouwenberg & M.E. Sanders & R. Pouwels.* Synergie Ecologische Hoofdstructuur en Natura 2000-gebieden. Wat stuurt het beheer?
- 55** *Bosch, F.J.P. van den.* Draagvlak voor het Natura 2000-gebiedenbeleid. Onder relevante betrokkenen op regionaal niveau
- 56** *Jong, J.J. & M.N. van Wijk, I.M. Bouwma.* Beheerskosten van Natura 2000-gebieden
- 57** *Pouwels, R. & M.J.S.M. Reijnen & M. van Adrichem & H. Kuipers.* Ruimtelijke condities voor VHR-soorten
- 58** *Bouwma, I.M.* Quickscan Natura 2000 en Programma Beheer.
- 59** *Schouwenberg, E.P.A.G.* Huidige en toekomstige stikstofbelasting op Natura 2000-gebieden
- 60** Niet verschenen/ vervallen
- 61** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-001 – ME-AVP
- 62** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 63** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 64** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-385 – Milieuplanbureaufunctie
- 65** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-394 – Natuurplanbureaufunctie
- 66** *Brasser E.A., M.F. van de Kerkhof, A.M.E. Groot, L. Bos-Gorter, M.H. Borgstein, H. Leneman* Verslag van de Dialogen over Duurzame Landbouw in 2006
- 67** *Hinssen, P.J.W.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Werkplan 2007
- 68** *Nieuwenhuizen, W. & J. Roos Klein Lankhorst.* Landschap in Natuurbalans 2006; Landschap in verandering tussen 1990 en 2005; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006.
- 69** *Geelen, J. & H. Leneman.* Belangstelling, motieven en knelpunten van natuuraanleg door grondeigenaren. Uitkomsten van een marktonderzoek.
- 70** *Didderen, K., P.F.M. Verdonshot, M. Bleeker.* Basiskaart Natuur aquatisch. Deel 1: Beleidskaarten en prototype
- 71** *Boesten, J.J.T.I., A. Tiktak & R.C. van Leerdam.* Manual of PEARLNEQ v4
- 72** *Grashof-Bokdam, C.J., J. Frissel, H.A.M. Meeuwssen & M.J.S.M. Reijnen.* Aanpassing graadmeter natuurwaarde voor het agrarisch gebied
- 73** *Bosch, F.J.P. van den.* Functionele agrobiodiversiteit. Inventarisatie van nut, noodzaak en haalbaarheid van het ontwikkelen van een indicator voor het MNP
- 74** *Kistenkas, F.H. en M.E.A. Broekmeyer.* Natuur, landschap en de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
- 75** *Luttik, J., F.R. Veeneklaas, J. Vreke, T.A. de Boer, L.M. van den Berg & P. Luttik.* Investeren in landschapskwaliteit; De toekomstige vraag naar landschappen om in te wonen, te werken en te ontspannen
- 76** *Vreke, J.* Evaluatie van natuurbeleidsprocessen
- 77** *Apeldoorn, R.C. van,* Working with biodiversity goals in European directives. A comparison of the implementation of the Birds and Habitats Directives and the Water Framework Directive in the Netherlands, Belgium, France and Germany
- 78** *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Onderdeel Planbureaufuncties Natuur en Milieu.
- 79** *Custers, M.H.G.* Betekenissen van Landschap in onderzoek voor het Milieu- en Natuurplanbureau; een bibliografisch overzicht
- 80** *Vreke, J., J.L.M. Donders, B.H.M. Elands, C.M. Goossen, F. Langers, R. de Niet & S. de Vries.* Natuur en landschap voor mensen Achtergronddocument bij Natuurbalans 2007
- 81** *Bakel, P.J.T. van, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, H.Th.L. Massop, D.J.J. Walvoort.* Reparatie Hydrologie voor STONE 2.1. Beschrijving reparatie-acties, analyse resultaten en beoordeling plausibiliteit.
- 2008**
- 82** *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma.* Jurisprudentie-monitor natuur 2005-2007; Rechtsontwikkelingen Natura 2000 en Ecologische Hoofdstructuur
- 83** *Berg, F. van den, P.I. Adriaanse, J. A. te Roller, V.C. Vulto & J.G. Groenwold.* SWASH Manual 2.1; User's Guide version 2
- 84** *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, P. Roza & T. Selnes.* Tussen de bomen het geld zien. Programma Beheer en vergelijkbare regelingen in het buitenland (een quick-scan)
- 85** *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema.* Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet; versie 1.0
- 86** *Goossen, C.M., H.A.M. Meeuwssen, G.J. Franke & M.C. Kuyper.* Verkenning Europese versie van de website www.daarmoetikzijn.nl.
- 87** *Helming, J.F.M. & R.A.M. Schrijver.* Economische effecten van inzet van landbouwsubsidies voor milieu, natuur en landschap in Nederland; Achtergrond bij het MNP-rapport 'Opties voor Europese landbouwsubsidies
- 88** *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Programma 001/003/005
- 90** *Kramer, H.* Geografisch Informatiesysteem Bestaande Natuur; Beschrijving IBN1990t en pilot ontwikkeling BN2004
- 92** *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-001 – Koepel
- 93** *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 94** *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 95** *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-005 – M-AVP
- 96** *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie

- 97 *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 98 *Wamelink, G.W.W.* Geveiligheids- en onzekerheidsanalyse van SUMO
- 99 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, L.J. Mokveld & J.H. Wisman.* Ammoniakemissies uit de landbouw in Milieubalans 2006: uitgangspunten en berekeningen
- 100 *Kennismarkt 3 april 2008; Van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP*
- 101 *Mansfeld, M.J.M. van & J.A. Klijn,* "Balansen op de weegschaal". Terugblik op acht jaar Natuurbalansen (1996-2005)
- 102 *Sollart, K.M. & J. Vreke.* Het faciliteren van natuur- en milieueducatie in het basisonderwijs; NME-ondersteuning in de provincies
- 103 *Berg, F. van den, A. Tiktak, J.G. Groenwold, D.W.G. van Kraalingen, A.M.A. van der Linden & J.J.T.I. Boesten,* Documentation update for GeoPEARL 3.3.3
- 104 *Wijk, M.N., van (redactie).* Aansturing en kosten van het natuurbeheer. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer
- 105 *Selnes, T. & P. van der Wielen.* Tot elkaar veroordeeld? Het belang van gebiedsprocessen voor de natuur
- 106 *Annual reports for 2007; Programme WOT-04*
- 107 *Pouwels, R. J.G.M. van der Gref, M.H.C. van Adrichem, H. Kuiper, R. Jochem & M.J.S.M. Reijnen,* LARCH Status A
- 108 *Wamelink, G.W.W.* Technical Documentation for SUMO2 v. 3.2.1,
- 109 *Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra & G.J. Reinds,* Herprogrammeren van SUMO2. Verbetering in het kader van de modelkwaliteitsslag
- 110 *Salm, C. van der, T. Hoogland & D.J.J. Walvoort,* Verkenning van de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een metamodel voor de uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden
- 111 *Dobben H.F. van & R.M.A. Wegman,* Relatie tussen bodem, atmosfeer en vegetatie in het Landelijk Meetnet Flora (LMF)
- 112 *Smits, M.J.W. & M.J. Bogaardt.* Kennis over de effecten van EU-beleid op natuur en landschap
- 113 *Maas, G.J. & H. van Reuler.* Boomkwekerij en aardkunde in Nederland,
- 114 *Lindeboom, H.J., R. Witbaard, O.G. Bos & H.W.G. Meesters.* Gebiedsbescherming Noordzee, habitattypen, instandhoudingdoelen en beheermaatregelen
- 115 *Leneman, H., J. Vader, L.H.G. Slangen, K.H.M. Bommel, N.B.P. Polman, M.W.M. van der Elst & C. Mijnders.* Groene diensten in Nationale Landschappen- Potenties bij een veranderende landbouw,
- 116 *Groeneveld, R.A. & D.P. Rudrum.* Habitat Allocation to Maximize Biodiversity, A technical description of the HAMBO model
- 117 *Kruit, J., M. Brinkhuijzen & H. van Blerck.* Ontwikkelen met kwaliteit. Indicatoren voor culturele vernieuwing en architectonische vormgeving
- 118 *Roos-Klein Lankhorst, J.,* Beheers- en Ontwikkelingsplan 2007: Kennismodel Effecten Landschap Kwaliteit; Monitoring Schaal; BelevingsGIS
- 119 *Henkens, R.J.H.G.,* Kwalitatieve analyse van knelpunten tussen Natura 2000-gebieden en waterrecreatie
- 120 *Verburg, R.W., I.M. Jorritsma & G.H.P. Dirx.* Quick scan naar de processen bij het opstellen van beheerplannen van Natura 2000-gebieden. Een eerste verkenning bij provincies, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied
- 121 *Daamen, W.P.* Kaart van de oudste bossen in Nederland; Kansen op hot spots voor biodiversiteit
- 122 *Lange de, H.J., G.H.P. Arts, W.C.E.P. Verberk,* Verkenning CBD 2010-indicatoren zoetwater. Inventarisatie en uitwerking relevante indicatoren voor Nederland
- 123 *Vreke, J., N.Y. van der Wulp, J.L.M. Donders, C.M. Goossen, T.A. de Boer, R. Henkens,* Recreatief gebruik van water. achtergronddocument Natuurbalans 2008
- 124 *Oenema, O., J.W.H. van der Kolk,* Over de complexiteit van milieubeleid en haar berekenbaarheid (Essay)
- 125 *Oenema, O., A. Tiktak,* Niets is zonder grond (Essay)
- 126 *Kamphorst, D.A.,* Beleidsprogramma Biodiversiteit. Verkenning van de beleidstheorie
- 127 *Dirx, G.H.P., F.J.P. van den Bosch,* Quick scan gebruik Catalogus groenblauwe diensten
- 128 *Loeb, R., P.F.M. Verdonschot,* De complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren
- 129 *Kruit, J., P.M. Veer,* Herfotografie van landschappen
- 130 *Smit, A., O. oenema, J.W.H. van der Kolk,* Indicatoren Landelijk Gebied
- 131 *Agricola, H.J.,* Achtergronddocument nulmeting Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 132 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-001 – Koepel
- 133 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 134 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 135 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-005 – M-AVP
- 136 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 137 *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie