

NOTITIE KIWK

Maatregелеffectiviteit beek- en rivierherstel

Macrofaunarespons op de herinrichting van de Regge



Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Gertie Schmidt en Piet Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

December 2020

Auteurs

Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Gertie Schmidt en Piet Verdonschot (correspondentie: gea.vanderlee@wur.nl)

Opdrachtgever

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Waterschap Vechtstromen

Projectgroep

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

Wijze van citeren

van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M., Schmidt G., en Verdonschot P.F.M. (2020). Maatregелеffectiviteit beek- en rivierherstel: Macrofaunarespons op de herinrichting van de Regge. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 14 pp.

Trefwoorden

Regge, macrofauna, beekherstel

Beeldmateriaal

Maarten Zonderwijk

DOI: <https://doi.org/10.18174/538103>

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK).

© 2020 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

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

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

Inhoud

Inhoud	1
Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methoden	4
2.1 Metingen	4
2.2 Taxonomische afstemming	4
2.3 Data-analyse	4
3 Resultaten	7
3.1 Macrofauna	7
4 Conclusies	13
5 Literatuur	14

Samenvatting

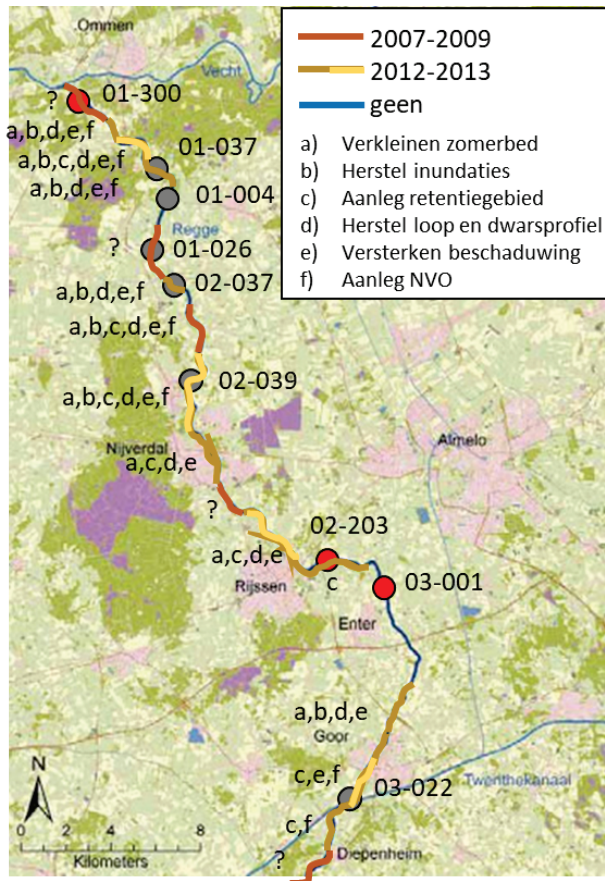
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document wordt de effectiviteit de herinrichting op de macrofaunagemeenschap in de Regge geanalyseerd. De macrofaunagemeenschap is veranderd in de gehele Regge. In de midden Regge heeft deze verandering waarschijnlijk vóór de herstelmaatregelen plaatsgevonden en in de beneden Regge rond 2013. De autecologie van de soorten die voor verschillen indicatief zijn laten echter geen verbetering in beekkenmerken zien. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de herstelmaatregelen tot op heden nog niet het gewenste effect op de stroomsnelheid hebben gehad.

1 Inleiding

Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document wordt de effectiviteit de herinrichting op de macrofaunagemeenschap in de Regge geanalyseerd.

De Regge ontspringt in de nabijheid van Diepenheim en loopt 70 km door een agrarisch landschap afgewisseld door bos, natuur en stedelijk gebied om vervolgens uit te monden in de Vecht bij Ommen. De Regge is onderverdeeld in de boven (Diepenheim-Rijssen), midden (Rijssen-Hellendoorn) en beneden Regge (Hellendoorn-Ommen). De boven-Regge is geclassificeerd als een langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand (KRW watertype R5) en de midden- en beneden-Regge als een langzaam stromende rivier op zand/kleigrond (KRW watertype R6). De beek is permanent watervoerend vanwege effluent en waterinlaat uit het Twenthekanaal. De beek is in het verleden op veel plaatsen genormaliseerd en gestuwd. Tussen 2007 - 2009 en tussen 2012-2013 zijn op verschillende trajecten herstelmaatregelen uitgevoerd, zoals het verkleinen van het zomerbed, het herstel van inundatiezones, de aanleg van een retentiegebied, het herstel van de loop en het dwarsprofiel, en de aanleg van natuurvriendelijke oevers (NVOs) (Figuur 1).

A



B



Figuur 1: A) Overzicht van trajecten in de Regge. De macrofauna monsterpunten met lange termijn data zijn aangegeven met een rode stip. De overige macrofauna monsterpunten zijn aangegeven met een grijze stip. B) foto van de beek nabij Velderberg (boven) en Hellendoorn (onder).

2 Materiaal en methoden

2.1 Metingen

De macrofauna is op negen locaties bemonsterd met een standaard macrofaunanet, waarvan drie een langere termijn serie aan monsters bevat (Figuur 1A; Tabel 1). De meeste monsters zijn in het voorjaar (maart-mei) genomen en een beperkt aantal in het najaar. De monsternames in het najaar zijn voor de homogeniteit van de analyse niet meegenomen.

Tabel 1: Overzicht macrofauna monsterlocaties

Traject	Naam	Code	Coördinaten	Metingen (voorjaar)
Boven	Ypeloweg, Ypelo	03-001	52.30678, 6.58574	1982-1988, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019
Midden	Provinciale weg, Rijssen	02-203	52.31816, 6.54476	1984-1988, 2007-2019
Beneden	Vilsterseweg, Ommen	01-300	52.51098, 6.39155	1981, 2003, 2008-2019

2.2 Taxonomische afstemming

De taxonomische lijsten, afkomstig uit verschillende jaren en van verschillende locaties, laten verschillen zien in taxonomische niveaus. Voor de analyse is een eenduidig gegevensbestand noodzakelijk. Daarom is voor de analyse de oorspronkelijke macrofaunadata taxonomisch afgestemd op basis van frequentie van voorkomen in de monsters en totale abundantie. Indien een genus op een paar uitzonderingen na was gedetermineerd tot op soortniveau, is het genus verwijderd en zijn de soorten gehandhaafd. Indien de frequentie waarmee het genus voorkomt echter hoog was, is de data geaggregeerd op genusniveau. Voor de genera *Glyptotendipes* en *Chironomus* zijn alle gegevens geaggregeerd naar genusniveau, omdat determinatie van deze groep niet consistent is uitgevoerd en minder betrouwbaar is. Bij de Tubificidae (oligochaete wormen) zijn naast de soorten ook de gehele groep Tubificidae meegenomen, omdat een groot aantal juveniele Tubificidae indicatief is voor bepaalde milieumomstandigheden. Arachnida waren in de jaren '80 niet consequent gedetermineerd en zijn daarom niet in de analyse meegenomen.

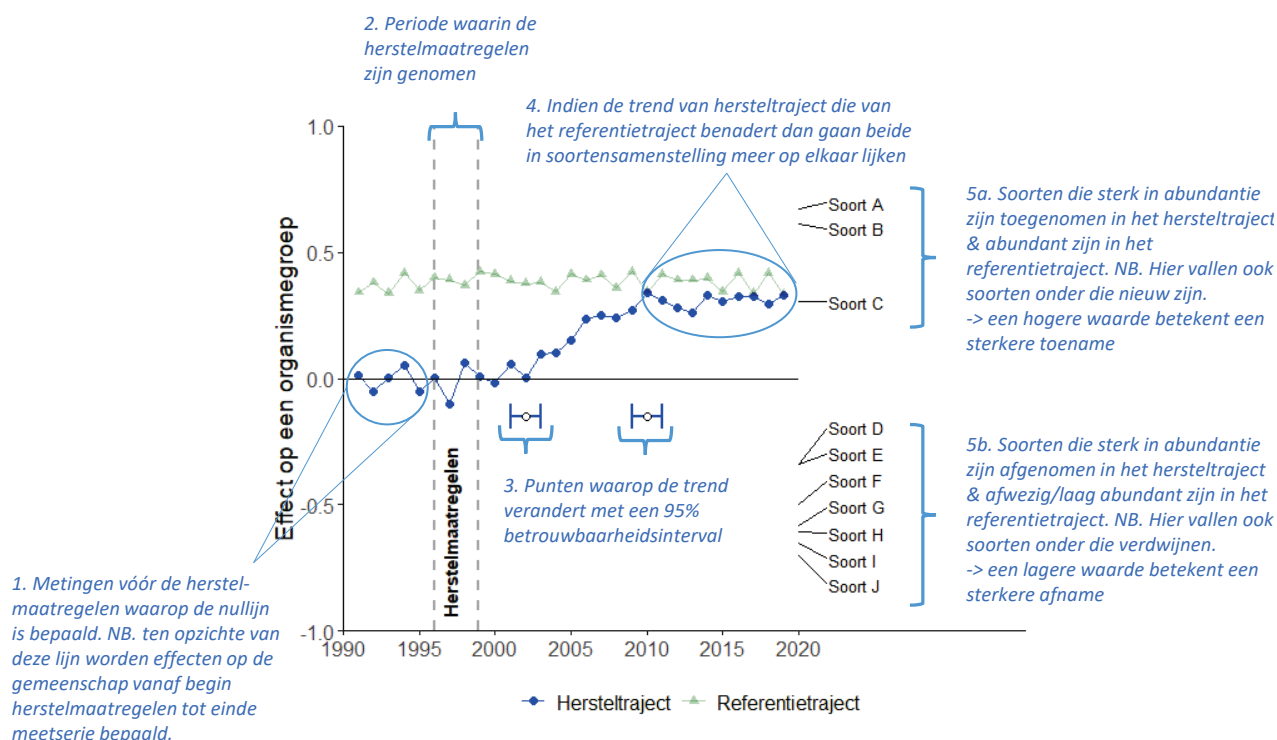
2.3 Data-analyse

De abundantie van de macrofauna is eerst $\log_{10}(x+1)$ getransformeerd om het effect van hoge dichtheden te verminderen en de rol van laag-abundante soorten te vergroten. De data is doormiddel van een Principale-ComponentenAnalyse (PCA) geplot om de patronen in de macrofaunagemeenschap tussen de meetpunten weer te geven. De data is vervolgens geanalyseerd volgens de 'Principal Response Curve (PRC)' methode (Van den Brink & ter Braak, 1999; zie Box 1 voor uitgebreide uitleg). Deze methode biedt de mogelijkheid om veranderingen in de gemeenschap bij verschillende maatregelen (zogenoemde 'treatments') uit te zetten tegen de tijd. Dit resulteert in een grafiek met de tijd op de x-as en de verandering in de gemeenschap (zogenoemde 'canonical coefficient C_{dt} ') ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap voor de herstelmaatregelen zijn uitgevoerd. Deze analyse hebben we uitgevoerd voor de twee monsterpunten 02-203 en 01-300 waarvoor lange termijn gegevens beschikbaar waren en herstelmaatregelen zijn uitgevoerd. Als controle hebben we de mediaan van de gemeenschap van voor de herstelmaatregelen gebruikt (d.w.z. 1984-2013 voor monsterpunt 02-203 en 1981-2009 voor monsterpunt 01-300). Vervolgens is een 'change point analysis' gebruikt om aan te geven wanneer (met een 95% betrouwbaarheidsinterval) een eventuele verandering in de trend over tijd heeft plaatsgevonden (Zeileis et al., 2003). Het optimale aantal breekpunten wordt automatisch bepaald op basis van de resterende som van de kwadraten.

Ieder taxon heeft een gewicht (zogenoemde 'species weight b_k ') gekregen, wat aangeeft in welke mate het taxon het patroon van de respons volgt. Taxa met een positief gewicht volgen de verandering, taxa met een hoog negatief gewicht vertonen een tegenovergestelde respons, ze zijn minder abundant aanwezig en taxa met een gewicht van bijna nul vertonen geen respons of een respons die niet gerelateerd is aan het

patroon dat in het diagram wordt getoond. Voor de macrofauna hebben we deze score vergeleken met de KRW-maatlatwaarden van soorten voor watertype R6 (Altenburg et al., 2018), de WEW autecologie score voor stroming (Verberk et al., 2012) en de Duitse saprobie index (Friedrich & Herbst, 2004; German saprobic Index new version). Voor de KRW-maatlatwaarden hebben we onderscheid gemaakt tussen dominant negatieve taxa (N) en positieve/kenmerkende taxa (P/K). Voor de stroming hebben we onderscheid gemaakt tussen soorten met een affiniteit voor stilstaand tot zeer langzaam stromend (< 10 cm/s), langzaam stromend (10-15 cm/s) en matig tot snelstromend (> 15 cm/s). Alle analyses zijn gedaan in R (versie 3.6.3) met softwarepakket *vegan* (Oksanen et al., 2019).

Box 1: Uitleg bij de grafiek van de 'Principal Response Curve' (PRC) analyse



De bovenstaande figuur laat een hypothetisch voorbeeld zien van de uitkomst van de 'Principal Response Curve' analyse waarmee de resultaten grafisch inzichtelijk worden gemaakt. Het voorbeeld volgt een zogenaamd BACI-ontwerp met jaarlijkse metingen vóór (Before) en ná (After) het nemen van de herstelmaatregelen in een referentietraject met de gewenste situatie (dit wordt de Control, genoemd en kan bijvoorbeeld een natuurgebied bovenstrooms zijn) en met jaarlijkse metingen vóór (Before) en ná (After) in het hersteltraject, het traject waar de maatregelen zijn genomen (Impact). In plaats van een referentietraject kan de Control ook bestaan uit een traject dat vergelijkbaar is met het hersteltraject, maar waar geen maatregelen zijn genomen. In dat geval zou de lijn van de control rond de nullijn moeten lopen omdat die situatie bijna gelijk is aan die in het hersteltraject voor het nemen van de maatregelen.

In de grafiek staat tijd op de x-as en de (eventuele) verandering in de gemeenschap (zogenoemde 'canonical coefficient C_{dt} ') op de y-as. De verandering in de gemeenschap wordt uitgezet tegen de mediaan van de gemeenschap vóór de herstelmaatregelen, de zogehete nullijn (het traject aangeduid door tekstblok 1). Om deze nullijn goed te definiëren is het belangrijk dat er voldoende meetjaren beschikbaar zijn. De periode waarin de herstelmaatregelen zijn genomen wordt in de grafiek aangegeven met twee verticale grijze stippellijnen, in dit geval tussen 1996 en 1999 (aangeduid met tekstblok 2). In dit voorbeeld hebben de maatregelen een effect gehad op de samenstelling van de gemeenschap, aangezien de C_{dt} score van het hersteltraject van de nullijn gaat afbewegen na de uitvoering van het herstel. Dit betekent hoe hoger de C_{dt} score wordt des te groter is het effect van de maatregel(en). Als er geen verandering optreedt dan blijft de C_{dt} score van het hersteltraject rondt de nullijn schommelen. Indien er voldoende data beschikbaar is (minimaal 10 meetjaren), kan met een zogenaamde 'changepoint analysis' worden aangegeven of en wanneer verandering in de trend heeft plaatsgevonden (aangeduid met tekstblok 3). In het bovenstaande voorbeeld laten deze punten met het 95% betrouwbaarheidsinterval (de horizontale blauwe lijnstukken) zien dat de gemeenschap tussen 2002 en 2010 is veranderd. We zien ook dat de lijn van het hersteltraject de lijn van het referentietraject gaat benaderen (aangeduid met tekstblok 4). Dit betekent dat de herstelmaatregelen een positief effect gehad op deze gemeenschap. Aan de rechterkant van de grafiek is af te lezen welke soorten het sterkst aan deze verandering hebben bijgedragen (zogenoemde 'species weight b_k '). Soorten die zijn toegenomen in het hersteltraject en abundant zijn in het referentietraject hebben een positieve score (aangeduid met tekstblok 5a) en soorten die zijn afgenomen in het hersteltraject en minder abundant/afwezig zijn in het referentietraject hebben een negatieve score (aangeduid met tekstblok 5b).

De analyse kan in principe ook worden gedaan met alleen een BA- of CI-ontwerp. Bij een BA-ontwerp is het echter niet uit te sluiten of de veranderingen door de herstelmaatregelen worden veroorzaakt of in het hele gebied hebben plaatsgevonden. Bij een CI design moet de nullijn worden bepaald op basis van de mediaan van de Control (de waarnemingen in het referentie- of controletraject). Als de Control in milieu-omstandigheden (typologisch) niet goed vergelijkbaar is met de situatie in het herstel van voor de maatregelen dan zullen alleen deze verschillen worden weergegeven in de grafiek. Ook is niet uit te sluiten dat de veranderingen al voor de herstelmaatregelen waren begonnen.

3 Resultaten

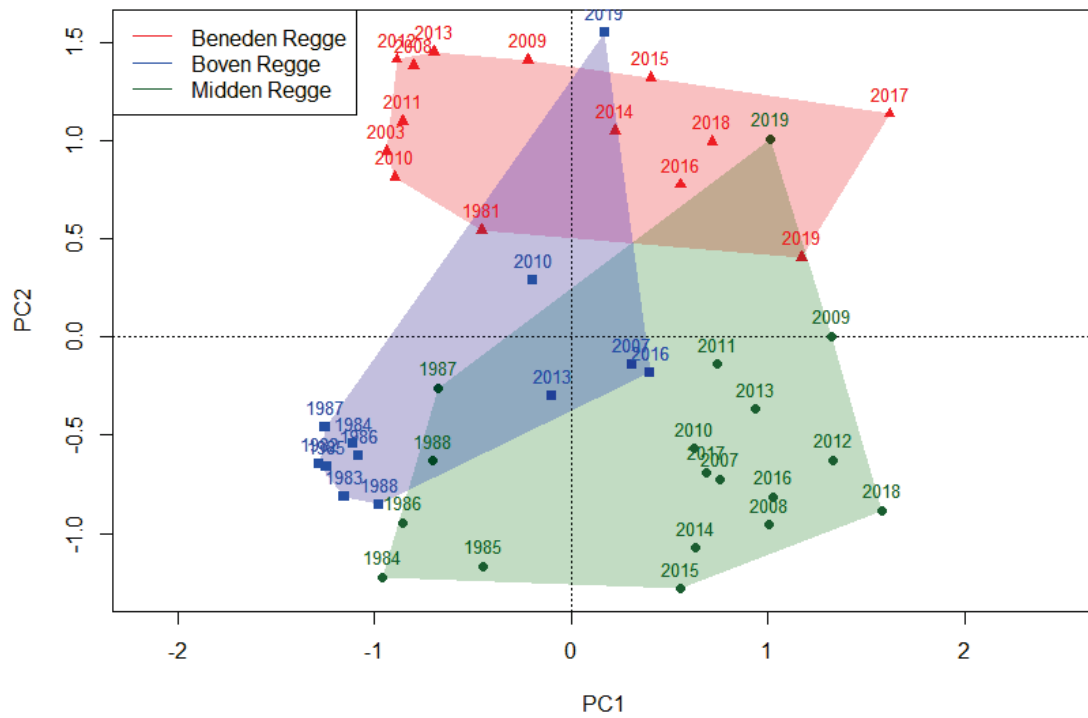
3.1 Macrofauna

De PCA ordinatie laat zien dat de macrofaunagemeenschap in de boven en midden Regge, met uitzondering van de meting in 2019, verschillend is van de macrofaunagemeenschap in de beneden Regge (Figuur 2A; blauwe en groene polygoon overlappen niet met rode polygoon). Verder laat de ordinatie zien dat de macrofaunagemeenschap in de gehele Regge is veranderd over tijd, d.w.z. alle pijlen bewegen naar rechts over de eerste PC-as (Figuur 2B). De midden en boven Regge volgen een vergelijkbaar patroon met een grote verschuiving tussen de monsters genomen vóór 1988 en ná 2007 (in de periode hiertussen zijn geen monsters in het voorjaar beschikbaar). Ook de monsters genomen in 2019 zijn afwijkend, maar dan op de tweede PC-as (de pijl beweegt hier richting de beneden Regge). De macrofaunagemeenschap in de beneden Regge veranderd rond 2013.

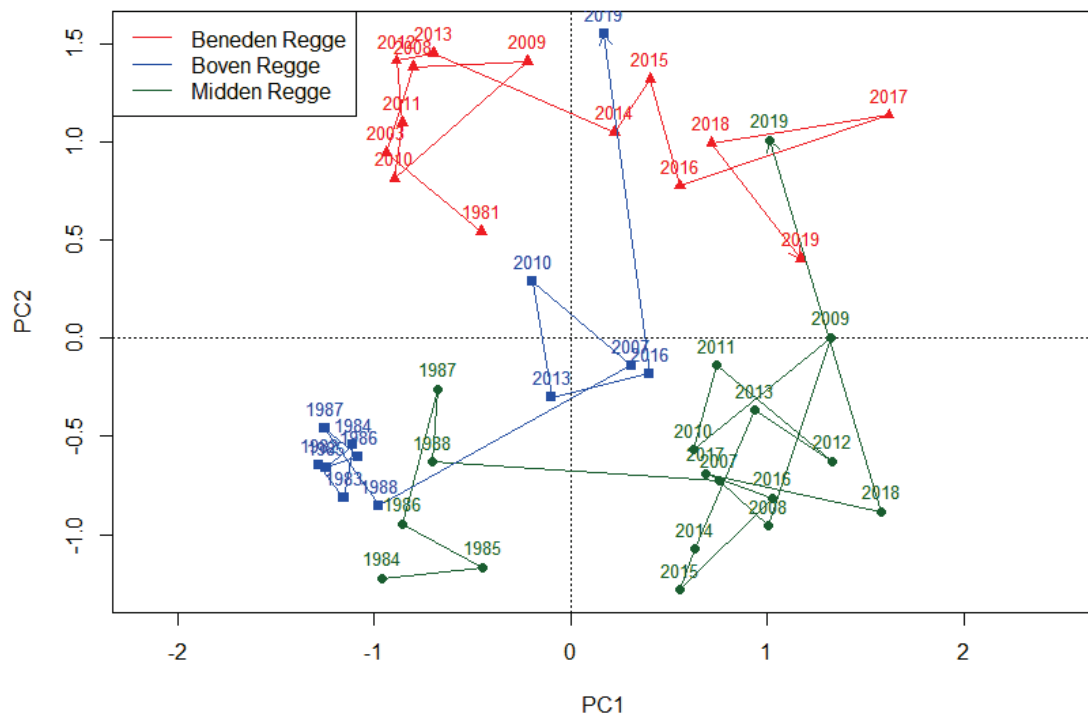
Wanneer we, gebruik makend van een PRC-analyse, de macrofaunagemeenschap uitzetten in de tijd tegen de mediaan van de gemeenschap op de locaties voor de herstelmaatregelen zien we de trend die zichtbaar was langs de eerste as van de PCA ordinatie (Figuur 2) terug in Figuur 3 (midden Regge) en Figuur 4 (beneden Regge). Voor monsterpunt 02-203 in de midden Regge geldt dat de macrofaunagemeenschap voor 1988 anders is dan na 2007, maar doordat er in deze periode geen bemonstering in het voorjaar heeft plaatsgevonden is het niet mogelijk om vast te stellen hoe deze verandering is verlopen (Figuur 3). Na de herstelmaatregelen hebben geen duidelijke veranderingen in de trend plaatsgevonden. De macrofaunagemeenschap op monsterpunt 01-300 in de beneden Regge is sterk veranderd rond 2013 met een 95% betrouwbaarheidsinterval tussen 2012 en 2014 (Figuur 4). De timing van deze verandering valt samen met de maatregelen die in de trajecten bovenstrooms van dit monsterpunt zijn genomen tussen 2012-2013.

De soorten die typerend zijn voor de verandering op beide monsterpunten hebben allen een preferentie voor stilstaand tot langzaam stromend water (Tabel 2; Tabel 3). Taxa die zijn toegenomen op beide trajecten zijn *Micronecta*, *Phaenopsectra*, *Acroloxus lacustris*, *Clinotanypus nervosus* en *Ophidonais serpentina*. Opvallend is dat *Chironomus* is toegenomen op monsterpunt 02-203 en afgenomen op 01-300, terwijl *Gammarus pulex* is toegenomen op monsterpunt 01-300 en afgenomen op 02-203.

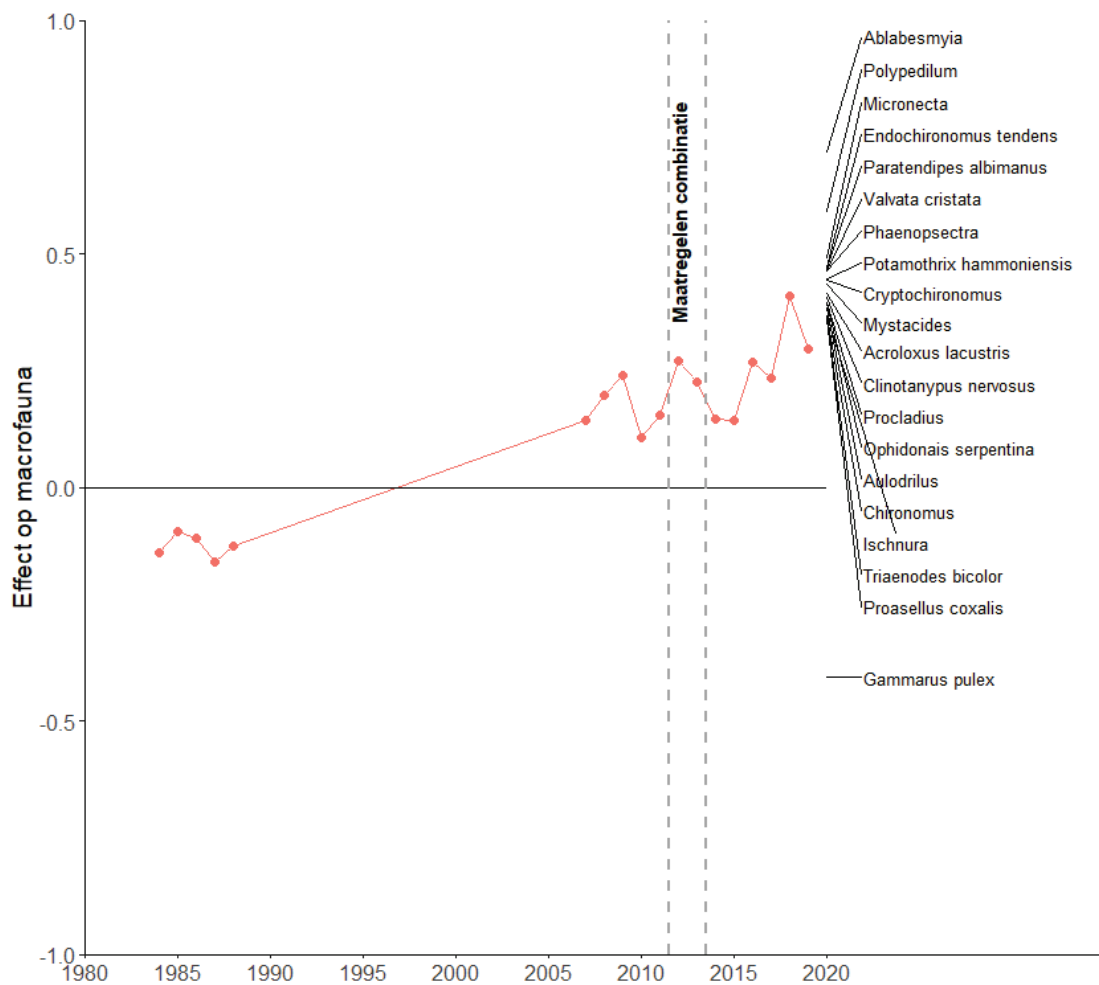
A



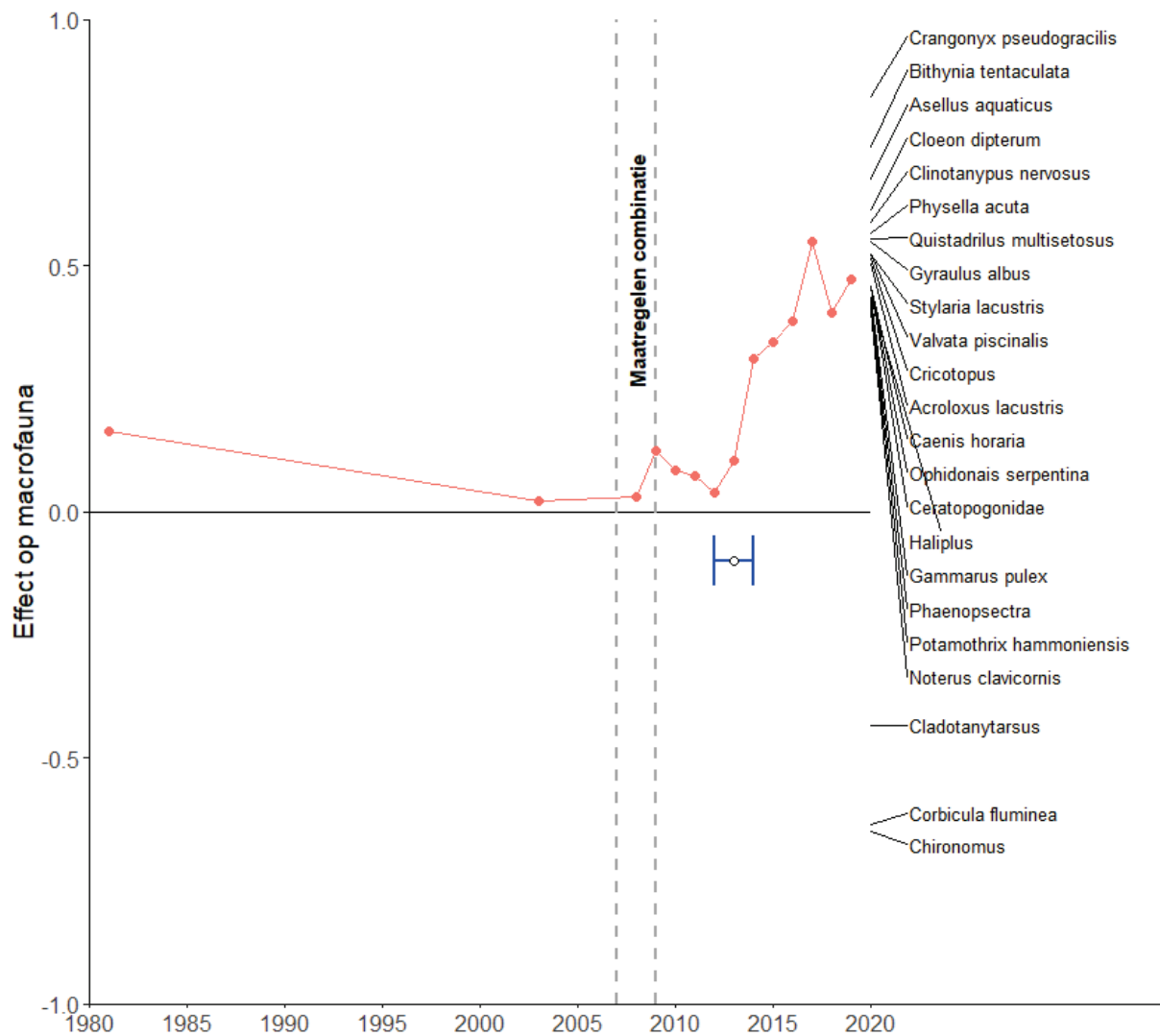
B



Figuur 2: Ordinatatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap op de verschillende monsterpunten in de Regge: 01-300 beneden Regge (rood), 03-001 boven Regge (blauw) en 02-203 midden Regge (groen). A) De verschillende locaties aangeduid met een polygoon om de meetpunten. B) De trends die de macrofaunagemeenschap op elke locatie volgt aangeduid met een pijl.



Figuur 3: Verandering in de macrofaunagemeenschap over tijd ten op zichte van de mediaan van de gemeenschap voor de herstelmaatregelen ('Principal Response Curve') voor monsterpunt 02-203. Er is geen verandering in de trend gevonden. De soortgewichten in het rechterdeel van de diagram vertegenwoordigen de affiniteit van elke soort met de respons weergegeven in het diagram. Voor de duidelijkheid zijn alleen soorten met een gewicht < -0.4 en > 0.4 weergegeven en zijn de waarden geschaald.



Figuur 4: Verandering in de macrofaunagemeenschap over tijd ten op zichte van de mediaan van de gemeenschap voor de herstelmaatregelen ('Principal Response Curve') voor monsterpunt 01-300. De blauwe foutbalk geeft de 95% betrouwbaarheidsinterval van een relevante verandering in de trend weer. De soortgewichten in het rechterdeel van de diagram vertegenwoordigen de affiniteit van elke soort met de respons weergegeven in het diagram. Voor de duidelijkheid zijn alleen soorten met een gewicht < -0.4 en > 0.4 weergegeven en zijn de waardes geschaald.

Tabel 2: Overzicht van preferentie voor stroming (volgens WEW autecologie), saprobie (volgens German Saprobie Index) en maatlatwaarde (volgens KRW watertype R6) voor de macrofauna die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons in de PRC van figuur 3A (soortgewicht < -0.4 of > 0.4). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

Taxonnaam	Soort gewicht bk	Stroming (WEW)	Saprobie (SIN)	Maatlatwaarde (KRW)
Ablabesmyia	0.80	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Polypedilum	0.66	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Micronecta	0.55	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Endochironomus tendens	0.52	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Paratendipes albimanus	0.52	<15 cm/s	n.v.t.	Positief
Valvata cristata	0.52	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Phaenopsectra	0.51	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Potamothenis hammoniensis	0.50	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
Cryptochironomus	0.49	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
Mystacides	0.48	n.v.t.	2.1	n.v.t.
Acroloxus lacustris	0.46	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Clinotanytus nervosus	0.45	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Procladius	0.44	n.v.t.	n.v.t.	Negatief
Ophidionis serpentina	0.44	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Aulodrilus	0.43	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Chironomus	0.41	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Ischnura	0.41	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Triaenodes bicolor	0.41	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Proasellus coxalis	0.40	<15 cm/s	2.8	geen score
Gammarus pulex	-0.45	<15 cm/s	2.0	Positief

Tabel 3: Overzicht van preferentie voor stroming (volgens WEW autecologie), saprobie (volgens German Saprobic Index) en maatlatwaarde (volgens KRW watertype R6) voor de macrofauna die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons in de PRC van figuur 3B (soortgewicht < -0.4 of > 0.4). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

Taxonnaam	Soort gewicht b_k	Stroming (WEW)	Saprobie (SIN)	Maatlatwaarde (KRW)
<i>Micronecta</i>	1.01	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	0.84	n.v.t.	n.v.t.	geen score
<i>Bithynia tentaculata</i>	0.74	<15 cm/s	2.3	geen score
<i>Asellus aquaticus</i>	0.68	<15 cm/s	2.8	Negatief
<i>Cloeon dipterum</i>	0.61	<15 cm/s	2.3	Negatief
<i>Clinotanypus nervosus</i>	0.59	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
<i>Physella acuta</i>	0.57	<15 cm/s	2.8	geen score
<i>Quistadrilus multisetosus</i>	0.56	n.v.t.	n.v.t.	geen score
<i>Gyraulus albus</i>	0.55	<15 cm/s	2.0	geen score
<i>Stylaria lacustris</i>	0.52	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
<i>Valvata piscinalis</i>	0.52	<15 cm/s	2.0	Negatief
<i>Cricotopus</i>	0.52	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Acroloxus lacustris</i>	0.50	<15 cm/s	n.v.t.	n.v.t.
<i>Caenis horaria</i>	0.46	<15 cm/s	2.0	Negatief
<i>Ophidonais serpentina</i>	0.46	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
Ceratopogonidae	0.46	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Haliphus</i>	0.44	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Gammarus pulex</i>	0.43	<15 cm/s	2.0	Positief
<i>Phaenopsectra</i>	0.43	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
<i>Potamothenis hammoniensis</i>	0.42	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
<i>Noterus clavicornis</i>	0.41	<15 cm/s	n.v.t.	geen score
<i>Cladotanytarsus</i>	-0.43	<15 cm/s	n.v.t.	n.v.t.
<i>Corbicula fluminea</i>	-0.64	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Chironomus</i>	-0.65	<15 cm/s	n.v.t.	geen score

4 Conclusies

De macrofaunagemeenschap is veranderd in de gehele Regge. Op monsterpunt 02-203 in de midden Regge heeft deze verandering waarschijnlijk vóór de herstelmaatregelen plaatsgevonden en op monsterpunt 01-300 in de beneden Regge rond 2013. De autecologie van de soorten die voor verschillen indicatief zijn laten echter geen verbetering in beekkenmerken zien. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de herstelmaatregelen tot op heden nog niet het gewenste effect op de stroomsnelheid hebben gehad. Het kan worden aanbevolen om hydromorfologische processen te verbeteren door middel van:

- Het bovenstrooms langer water conserveren, vasthouden en bergen en vertraagd laten afvoeren.
- Het nog verder verkleinen van het zomerbed om de stroming bij lage afvoeren te waarborgen door bijvoorbeeld:
 - Het verder (laten) verondiepen van de stroomgeul, bijvoorbeeld met lage bodemdrempels en verzanding.
 - Het verdergaand bebossen van de oevers waar door een deel van de beek beschaduwd raakt en wat de waterplantengroei verminderd. Of het aanbrengen van beddingreliëf en structuren, zoals het inbrengen van dood hout.
 - Het achterwege laten van maaibeheer of overgaan tot een sequentie van 2-3 jaar alternerend pluksgewijs maaien.

5 Literatuur

- Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., van den Berg, M. S., van den Broek Broek, T., Buskens, R., ... & Walvoort, D. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. STOWA.
- Friedrich, G., & Herbst, V. (2004). Eine erneute Revision des Saprobiensystems-weshalb und wozu?. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 32(1), 61-74.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Van den Brink, P. J., & Braak, C. J. T. (1999). Principal response curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 18(2), 138-148.
- Verberk, W. C. E. P., Verdonschot, P. F. M., Haaren, T. V., & Maanen, B. V. (2012). Milieu-en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwater-macrofauna. STOWA.
- Zeileis, A., Kleiber, C., Krämer, W., & Hornik, K. (2003). Testing and dating of structural changes in practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, 44(1-2), 109-123.