

NOTITIE KIWK

Maatregелеffectiviteit beek- en rivierherstel

Macrofaunarespons op de herinrichting van de Beerze



Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Mark Scheepens en Piet Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Januari 2021

Auteurs

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

Opdrachtgever

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Waterschap de Dommel

Projectgroep

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

Wijze van citeren

van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M., Scheepens M., en Verdonschot P.F.M. (2021). Maatregелеffectiviteit beek- en rivierherstel: Macrofaunarespons op de herinrichting van de Beerze. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 13 pp.

Trefwoorden

Beerze, Kampina, macrofauna, beekherstel

Beeldmateriaal

Waterschap de Dommel

DOI: <https://doi.org/10.18174/539902>

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

© 2021 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	5
2.1 Metingen	5
2.2 Taxonomische afstemming	5
2.3 Data-analyse	5
3 Resultaten	8
3.1 Macrofauna	8
3.2 Libellen en vlinders	11
4 Conclusies en aanbevelingen	12
5 Literatuur	13

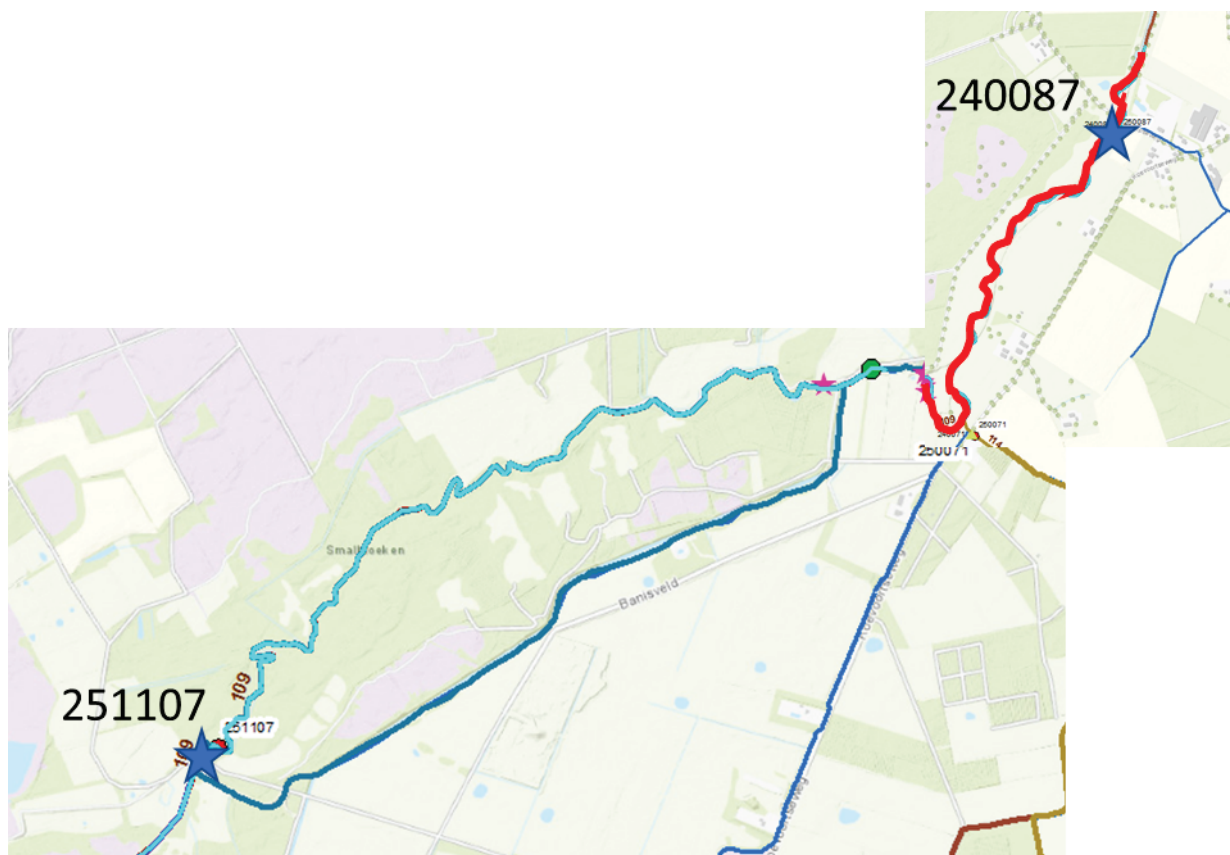
Samenvatting

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 Beerze geanalyseerd. De analyses laten zien dat de macrofaunagemeenschap nog zeer verschillend is tussen het hersteltraject en het referentietraject. In de jaren direct na de herstelmaatregelen van 2013 is de macrofaunagemeenschap van het hersteltraject iets meer op het bovenstroomse referentietraject gaan lijken, maar daarna werd deze weer vergelijkbaar met die van voor de herstelmaatregelen. Het referentietraject wordt gekenmerkt door taxa met preferentie voor hoge stroomsnelheden, die positief scoren op de KRW-maatlatten. Terwijl het hersteltraject wordt gekenmerkt door taxa met preferentie voor lage stroomsnelheden, die dominant negatief scoren op de KRW-maatlatten. Er kan worden geconcludeerd dat de herstelmaatregelen nog niet het gewenste effect op de macrofauna hebben gehad, mogelijk door ongeschikte hydrologische processen en of nog onvoldoende habitatheterogeniteit. De bomen op de oever zijn ook nog jong, waardoor de ecologische functie nog beperkt is. Op langere termijn zal de beekbegeleidende houtige vegetatie zorgen voor beschaduwing waardoor minder maaibeheer nodig is en er meer habitatstructuren ontstaan. Er kan worden aanbevolen om het water bovenstrooms langer te conserveren, vast te houden en te bergen en vertraagd te laten afvoeren. Daarnaast kan het zomerbed nog verder worden verkleind om de stroming bij lage afvoeren te waarborgen.

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 Beerze geanalyseerd.

De Beerze is een langzaam stromende midden/benedenloop op zand (KRW type R5). De Beek loopt door een agrarisch landschap afgewisseld met natuurgebieden. In het verleden is de beek op veel plaatsen genormaliseerd. Ook loost RWZI Hapert effluent via een waterharmonica op de Beerze en zijn er verschillende overstorten aanwezig. Tussen 2012 en 2013 heeft Waterschap de Dommel ca. 1 km van de Beerze vanaf de uitstroom uit natuurgebied Kampina tot de Kempseweg opnieuw ingericht (Figuur 1 rode lijn). Als inspiratiebron voor de loop van de nieuwe beek zijn de tekeningen van de oude loop van voor de normalisering in de jaren veertig (1946/1947) gebruikt. De herstelmaatregelen bestonden uit het hermeanderen en verkleinen van het profiel, het inrichten van natuurvriendelijke oevers, de aanleg van poelen, houtwallen en greppels, het opheffen van landbouw op de oeverlanden en het aanpassen van het onderhoud van 2x per jaar intensief naar 1x per jaar extensief (Figuur 2). Op RWZI Hapert vindt sinds 2013 verdergaande fosfaatverwijdering plaats (door toedienen natriumaluminaat) en in 2018 is het zuiverende moerasbos (een zogenaamde waterharmonica) volledig vernieuwd. Net bovenstrooms het herstelde traject stroomt de beek door het natuurgebied Kampina/Smalbroeken, waar geen onderhoud wordt gepleegd. In dit referentietraject is de Beerze een bosbeek met veel hout in de beek en een natuurlijke meandering met beperkte stuwinvloed (Figuur 1 licht blauwe lijn).



Figuur 1: Overzicht van de Beerze met hersteltraject in rood en referentietraject in de Kampina in lichtblauw. Monsterpunten zijn weergegeven met een blauwe ster.

A



B



Figuur 2: Foto's van de locaties in de Beerze A) voor herstelmaatregelen en B) na herstelmaatregelen.

2 Materiaal en methoden

2.1 Metingen

De macrofauna is bijna ieder najaar van 2003 tot en met 2019 met een standaard macrofaunanet bemonsterd in 1) het referentietraject Kampina en 2) in het benedenstroomse hersteltraject (Tabel 1). Een beperkt aantal monsternames waren afwijkend omdat ze in het voorjaar zijn genomen of zijn uitgevoerd volgens de Eco-inventarisatie-methode en zijn daarom niet meegenomen.

Tabel 1: Overzicht macrofauna monsterlocaties

Naam	Traject	Code	Coördinaten	Metingen (najaar)
Beerze Kampina	Referentie	251107	51.553995, 5.269823	2003 - 2011, 2013 - 2017, 2019
Beerze benedenstrooms	Herstel	250087	51.568666, 5.303577	2003, 2005 - 2011, 2014, 2016 - 2019

Aanvullend zijn in de maanden mei, juni, juli, september van 2011, 2015, 2017 en 2018 libellen en vlinders geïnventariseerd op drie trajecten: 1) referentietraject Kampina, 2a) hersteltraject langs de bosrand en 2b) hersteltraject langs de oeverzone. In juni 2017 is wegens omstandigheden geen inventarisatie uitgevoerd.

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.

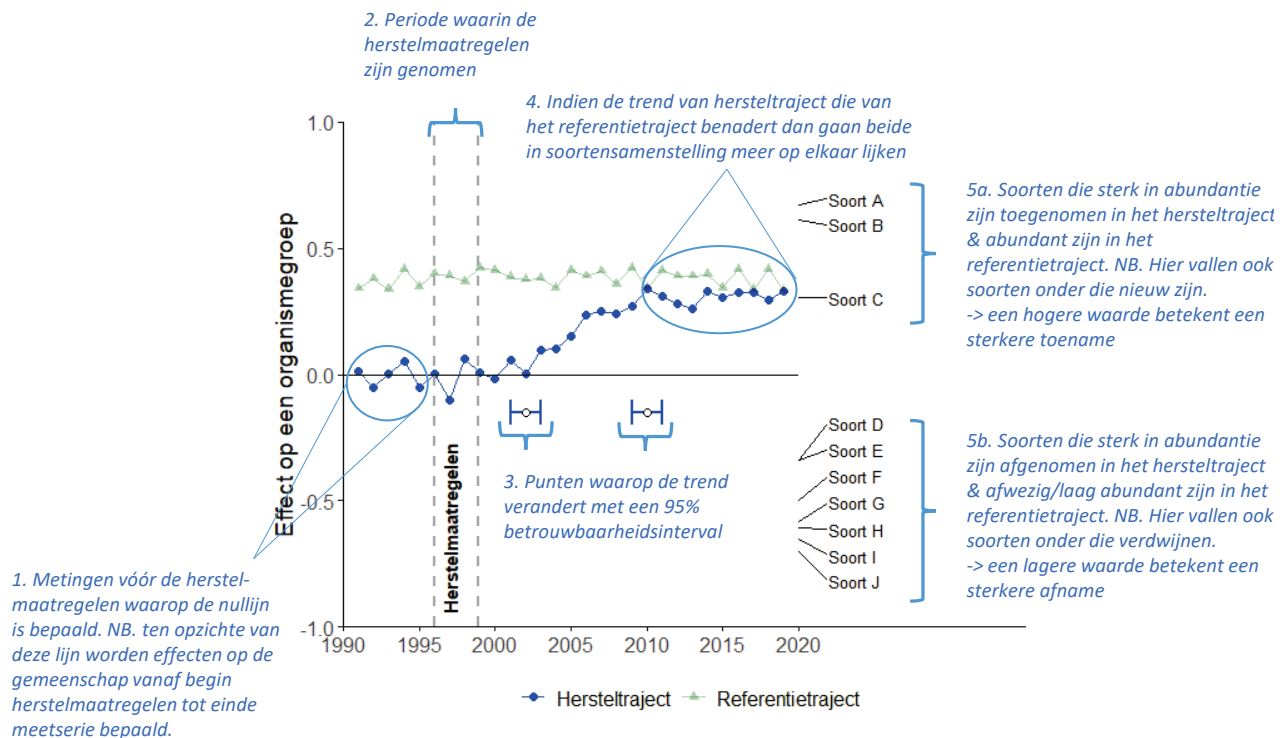
2.3 Data-analyse

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. Voor de libellen en vlinders bestond de controle dus uit de data van 1 meetjaar. Wanneer de lijn van het hersteltraject naar het referentietraject toe beweegt, gaat de gemeenschap meer op de referentie lijken. Vervolgens is voor de macrofauna een 'changepoint 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. Voor de libellen en vlinders zijn te weinig datapunten om de vervolgens een 'changepoint analysis' toe te passen, dus hebben we de grafieken 'op het oog' geïnterpreteerd.

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 R5 (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) en *strucchange* (Zeileis et al., 2002).

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 hebben 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

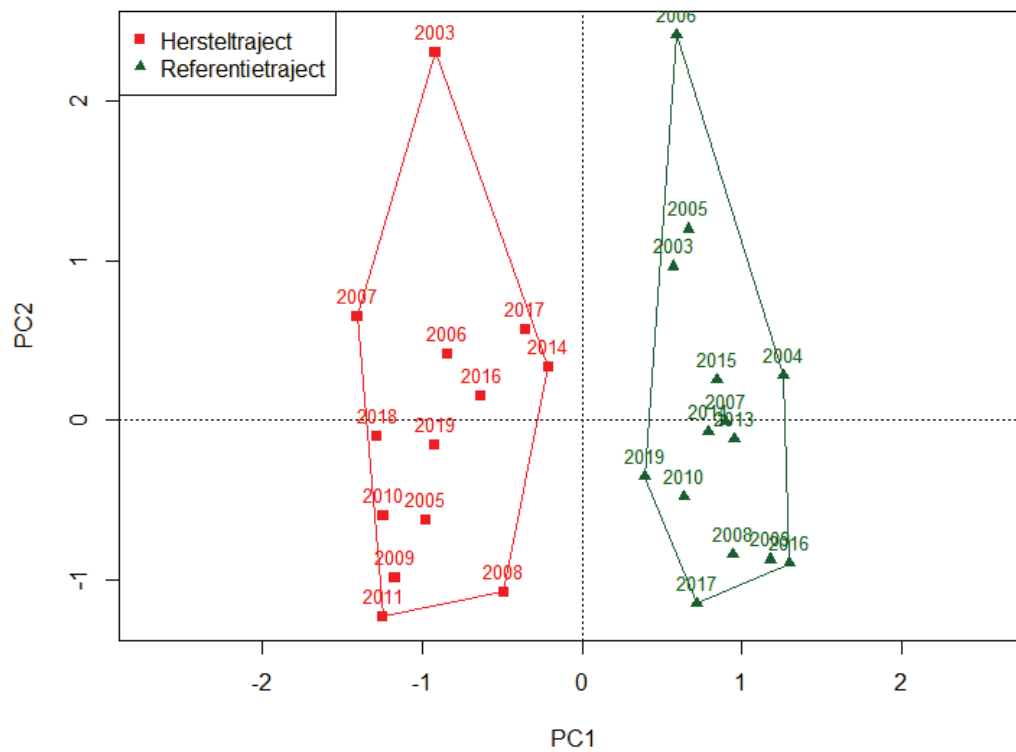
3.1 Macrofauna

De PCA ordinatie laat zien dat de macrofaunagemeenschap zeer verschillend is tussen het hersteltraject en het referentietraject (Figuur 3A, rode en groene polygonen overlappen niet). Het hersteltraject laat daarbij geen duidelijke trend richting het referentie traject zien (Figuur 3B, groene pijl beweegt niet richting de rode pijl). Wanneer we, gebruik makend van een PRC-analyse, de macrofaunagemeenschap uitzetten in de tijd tegen de mediaan van de gemeenschap in het hersteltraject voor de maatregelen, zien we de splitsing tussen de twee trajecten terug in Figuur 4. In de jaren direct na de herstelmaatregelen van 2013 lijkt de macrofaunagemeenschap van het hersteltraject iets richting de macrofaunagemeenschap van het bovenstroomse referentietraject te zijn veranderd (Figuur 4). Dit effect is echter van korte duur aangezien de macrofaunagemeenschap daarna weer vergelijkbaar werd met die voor de herstelmaatregelen. De soortensamenstelling in het referentietraject was constant over de jaren.

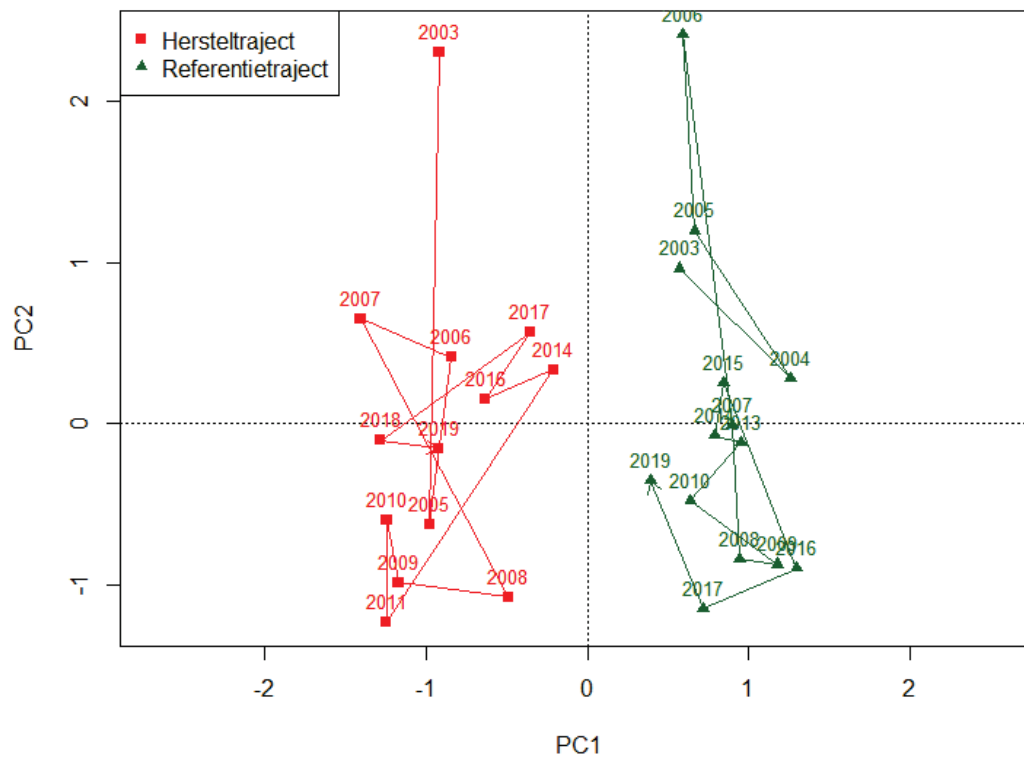
De taxa die gerelateerd aan het patroon in Figuur 4, geven voornamelijk het verschil tussen het herstel- en referentietraject weer. Taxa met een hoog positief gewicht hebben een hogere abundantie in het referentietraject dan in het hersteltraject voor de herstelmaatregelen in 2013. Deze taxa hebben allen een preferentie voor matig tot snel stromend water en drie van de vijf taxa hebben een positieve/kenmerkende waarde binnen de KRW-maatlatten R5 (Tabel 2). De andere twee taxa zijn op genus geaggregeerd en hebben daarom geen waarde toegekend gekregen. De soorten die binnen deze genera zijn waargenomen hebben echter ook positieve/kenmerkende waarde (*Hydropsyche angustipennis*, *H. pellucidula*, *Calopteryx splendens* en *C. virgo*). Als de macrofaunagemeenschap van het hersteltraject richting de lijn van het referentietraject beweegt, komen er dus meer positieve/kenmerkende taxa met preferentie voor hoge stroomsnelheden bij.

Taxa met een hoog negatief gewicht hebben een lagere abundantie in het referentietraject dan in het hersteltraject voor de maatregelen. Deze taxa hebben behalve de libel *Platycnemis pennipes* allen een preferentie voor stilstaand tot langzaam stromend water en acht van de 16 taxa hebben een negatieve waarde binnen de KRW-maatlatten R5 (Tabel 2). Voor het genus *Gyraulus* heeft de enige waargenomen soort *Gyraulus albus* ook een negatieve waarde. Twee taxa (*Platycnemis pennipes* en *Gammarus pulex*) hebben een positief/ kenmerkende waarde. De andere vijf taxa was er geen maatlatwaarde of was er op dat taxonomisch niveau geen informatie beschikbaar. Als de macrofaunagemeenschap van het hersteltraject richting de lijn van het referentietraject beweegt, verdwijnen er dus negatief dominante taxa met preferentie voor lage stroomsnelheden.

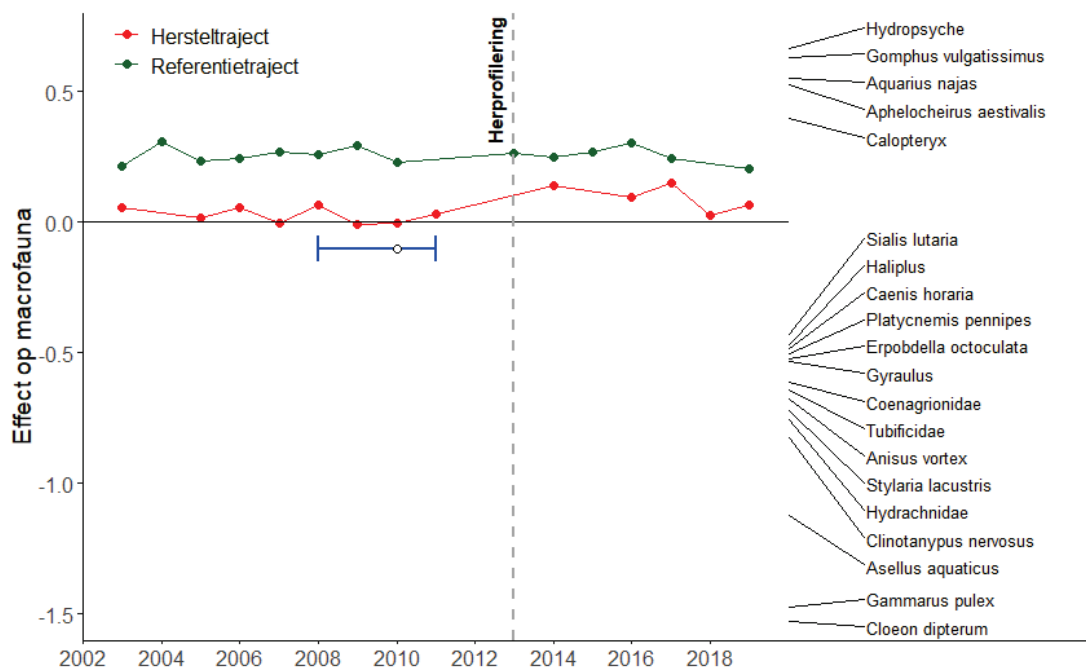
A



B



Figuur 3: Ordinatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap op de verschillende monsterpunten in de Beerze. 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.



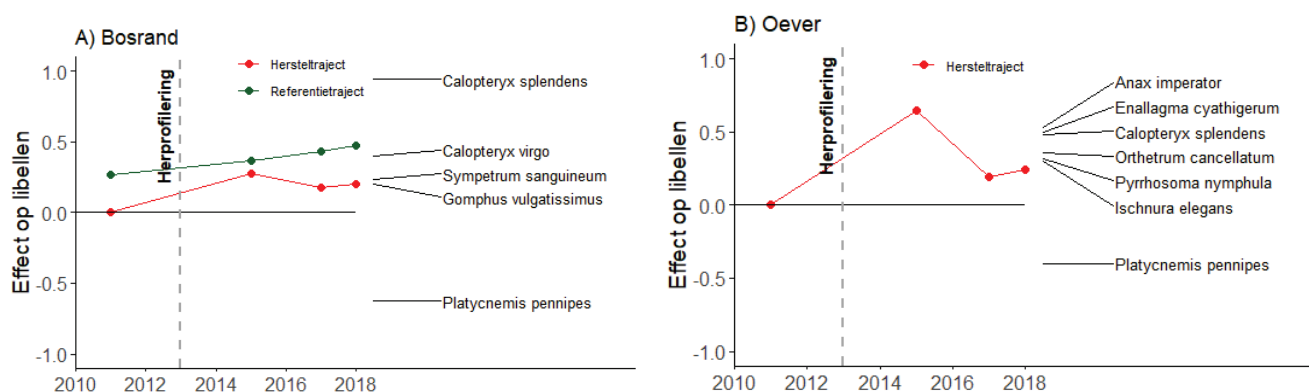
Figuur 4: Verandering in de macrofaunagemeenschap over tijd ten op zichte van de mediaan van de gemeenschap in het hersteltraject voor de herstelmaatregelen ('Principal Response Curve'). De blauwe foutbalk geeft de 95% betrouwbaarheidsinterval van een relevante verandering in de trend weer. De soortgewichten 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 Saprobic Index) en maatlatwaarde (volgens KRW watertype R5) voor de macrofauna die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons in de PRC van figuur 4 (soortgewicht < -0.4 of > 0.4). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is. * Voor de genera is gekeken welke soorten in de Beerze voorkomen en wat de waardes zijn.

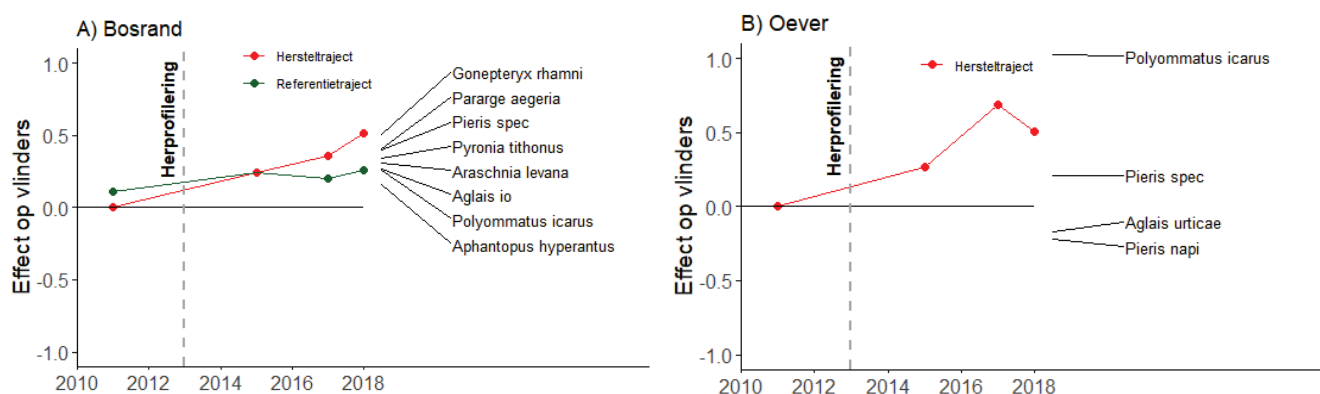
Taxonnaam	Soort gewicht b_k	Stroming (WEW)	Saprobie (SIN)	Maatlatwaarde (KRW)
<i>Hydropsyche</i>	0.66	>15 cm/s	n.v.t.	n.v.t. *Taxa positief
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0.63	>15 cm/s	2	Positief
<i>Aquarius najas</i>	0.55	>15 cm/s	n.v.t.	Positief
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	0.53	>15 cm/s	2	Positief
<i>Calopteryx</i>	0.40	>15 cm/s	2	n.v.t. *Taxa positief
<i>Sialis lutaria</i>	-0.43	<15 cm/s	2.5	Geen waarde
<i>Haliplus</i>	-0.47	<15 cm/s	n.v.t.	n.v.t. *Taxa wisselend
<i>Caenis horaria</i>	-0.48	<15 cm/s	2	Negatief
<i>Platycnemis pennipes</i>	-0.50	>15 cm/s	2.1	Positief
<i>Erpobdella octoculata</i>	-0.52	<15 cm/s	2.8	Geen waarde
<i>Gyraulus</i>	-0.53	<15 cm/s	2	n.v.t. *Taxa negatief
Coenagrionidae	-0.61	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Tubificidae	-0.64	n.v.t.	3.6	Negatief
<i>Anisus vortex</i>	-0.68	<15 cm/s	2	Negatief
<i>Stylaria lacustris</i>	-0.72	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
Hydrachnidae	-0.76	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Clinotanypus nervosus</i>	-0.83	<15 cm/s	n.v.t.	Negatief
<i>Asellus aquaticus</i>	-1.12	<15 cm/s	2.8	Negatief
<i>Gammarus pulex</i>	-1.47	<15 cm/s	2	Positief
<i>Cloeon dipterum</i>	-1.53	<15 cm/s	2.3	Negatief
<i>Sialis lutaria</i>	-0.43	<15 cm/s	2.5	Geen waarde

3.2 Libellen en vlinders

De libellen en vlinders zijn maar één jaar voor de herstelmaatregelen geïnventariseerd, waardoor het niet met zekerheid te zeggen is of er veranderingen plaats hebben gevonden of dat 2011 een afwijkend jaar is. Voor de libellen zijn verschillende soorten sterk in abundantie toegenomen ten opzichte van 2011, terwijl *Platycnemis pennipes* langs de bosrand en oeverzone is afgenomen (Figuur 5). Voor de vlinders langs de bosrand zijn verschillende soorten sterk in abundantie toegenomen ten opzichte van 2011 en de response gaat zelfs boven het referentietraject (Figuur 6A). Voor de vlinders langs de oeverzone is er vooral een toename in abundantie van *Polyommatus icarus* (Figuur 6B).



Figuur 5: Verandering in de libellengemeenschap over tijd ten op zichte van de gemeenschap in het hersteltraject in 2011 ('Principal Response Curve') voor A) hersteltraject langs de bosrand (met referentietraject Kampina) en B) hersteltraject langs de oeverzone. De soortgewichten in het rechter deel 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 < -0.2 en > 0.2 weergegeven en zijn de waardes geschaald.



Figuur 6: Verandering in de vlindergemeenschap over tijd ten op zichte van de gemeenschap in het hersteltraject in 2011 ('Principal Response Curve') voor A) hersteltraject langs de bosrand (met referentietraject Kampina) en B) hersteltraject langs de oeverzone. De soortgewichten in het rechter deel 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 < -0.2 en > 0.2 weergegeven en zijn de waardes geschaald.

4 Conclusies en aanbevelingen

De analyses laten zien dat de macrofaunagemeenschap nog zeer verschillend is tussen het hersteltraject en het referentietraject. In de jaren direct na de herstelmaatregelen van 2013 is de macrofaunagemeenschap van het hersteltraject iets meer op het bovenstroomse referentietraject gaan lijken, maar daarna was de macrofaunagemeenschap weer vergelijkbaar met die van voor de herstelmaatregelen. Het referentietraject wordt gekenmerkt door taxa met preferentie voor hoge stroomsnelheden, die positief scoren op de KRW-maatlat watertype R5. Terwijl het hersteltraject wordt gekenmerkt door taxa met preferentie voor lage stroomsnelheden, die dominant negatief scoren op de KRW-maatlat watertype R5.

Beperkte data van vlinders en libellen laten zien dat verschillende soorten sterk in abundantie zijn toegenomen langs de bosrand en oeverzone. *Gomphus vulgatissimus* en *Calopteryx* zijn tevens kenmerkend voor de macrofaunagemeenschap in het referentietraject. Een toename in de vlinder *Polyommatus icarus* langs de oeverzone is te verklaren doordat er kort na het herstelwerk er een enorme toename van de waardplant moerasrolklaver was. Opvallend is dat de libel *Platycnemis pennipes*, een soort die kenmerkend is voor grotere wateren zoals benedenlopen, kanalen, rivieren en ook meren, en mogelijk zuurstofgevoelig, in NW Europa in stromend water voorkomt maar in de rest van Europa vooral in stilstaand water, hier als adult af is genomen ten opzichte van 2011 en als larve in hogere abundantie aanwezig is in het hersteltraject dan in het referentietraject.

Er kan worden geconcludeerd dat de herstelmaatregelen nog niet het gewenste effect op de macrofauna hebben gehad, mogelijk door ongeschikte hydrologische processen en of nog onvoldoende habitat heterogeniteit. De bomen op de oever zijn ook nog jong, waardoor de ecologische functie nog beperkt is. Op langere termijn zal de beekbegeleidende houtige vegetatie zorgen voor beschaduwing waardoor minder maaibeheer nodig is en er meer habitatstructuren ontstaan. 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 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.
- Zeileis, A., Leisch, F., Hornik, K., & Kleiber, C. (2002). Strucchange: An r package for testing for structural change in linear regression models. *Journal of statistical software*, 7(2), 1-38.