

## NOTITIE KIWK

### **Maatregелеffectiviteit beek- en rivierherstel**

Macrofaunarespons op het onderhoud in de Chaamse beken



Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Marco Beers en Piet Verdonschot

**Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research**

Februari 2021

**Auteurs**

Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Marco Beers en Piet Verdonschot (correspondentie: [gea.vanderlee@wur.nl](mailto:gea.vanderlee@wur.nl))

**Opdrachtgever**

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Waterschap Brabantse Delta

**Projectgroep**

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

**Wijze van citeren**

van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M., Beers M.C., en Verdonschot P.F.M. (2021). Maatregелеffectiviteit beek en rivierherstel: Macrofaunarespons op het onderhoud in de Chaamse beken. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 20 pp.

**Trefwoorden**

Chaaanse beek, macrofauna, beekherstel, onderhoud

**Beeldmateriaal**

Waterschap Brabantse Delta

DOI: <https://doi.org/10.18174/540650>

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 Algemene trends	8
3.2 Habitat indicatoren	8
3.3 EKR score	15
4 Conclusies	19
5 Literatuur	20

## Samenvatting

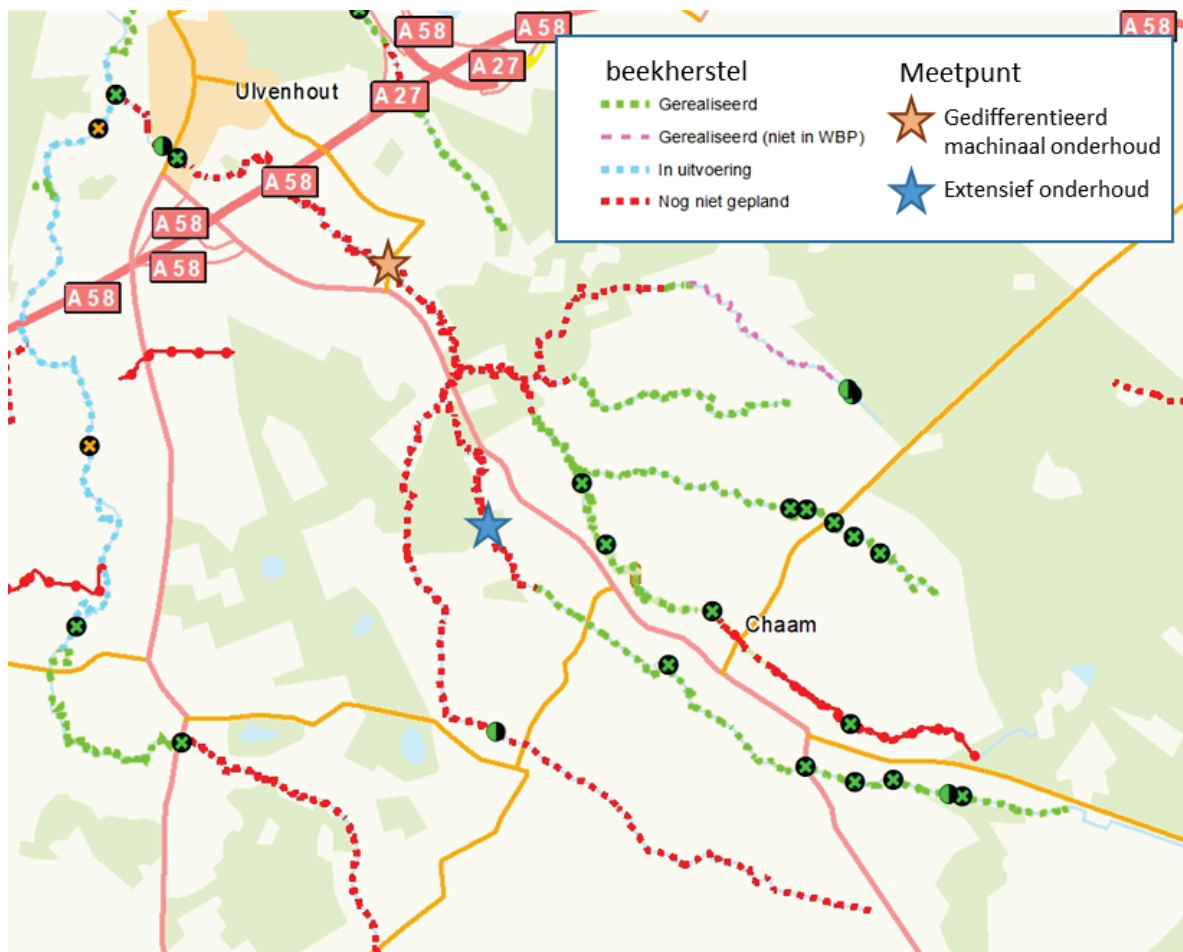
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document wordt de effectiviteit van extensivering van onderhoud op de macrofaunarespons in de Chaamse beken geanalyseerd. De macrofaunagemeenschap laat een habitat gebonden verandering op beide trajecten zien sinds de verandering in onderhoud eind jaren '90. Tot ongeveer 1995 was de macrofaunagemeenschap op beide trajecten vergelijkbaar. Door in het beschaduwde deel onderhoud te extensiveren zijn er habitats gecreëerd voor taxa met een preferentie voor hogere stroomsnelheden. De erosie van de oevers van de beek duiden op grote wisseling in de waterafvoer. Er treden waarschijnlijk hoge afvoerpieken op, waardoor positieve KRW indicatoren beperkt kunnen voorkomen en de EKR score weinig is verbeterd. Door benedenstrooms in banen te maaien zijn er habitats gecreëerd voor taxa met een preferentie voor hogere stroomsnelheden en taxa met preferentie voor waterplanten en slib. De aanwezigheid van waterplanten en slib heeft ook tot een toename in negatieve KRW indicatoren geleidt, waardoor een verbetering in de EKR score benedenstrooms beperkt blijft. In het beschaduwde deel van de beek kan de stroomgeul worden verondiept met bijvoorbeeld lage bodemdrempels en verzanding. Extra maatregelen in het benedenstroomse deel zouden zich erop moeten richten om stroombaan maaien overbodig te maken. Daarvoor is een mogelijkheid om een kleiner profiel aan te leggen. Parallel met een kleiner profiel zou extra aanplant van bomen meer schaduw geven zodat waterplanten nog beperkt tot ontwikkeling komen. Aanbevolen wordt om de hydromorfologische processen in het gehele gebied te verbeteren door middel van het bovenstrooms langer water conserveren, vasthouden en bergen en vertraagd laten afvoeren. Met plekken voor inundatie bij eventuele extreme piekafvoeren zou het gebied in droge zomers natter blijven, geen wateroverlast optreden en de KRW doelen dichterbij brengen.



## 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 van extensivering van onderhoud op de macrofaunarespons in de Chaamse beken geanalyseerd.

De Chaamse beken bestaan uit een stelsel van één tot enkele meters brede, ondiepe bovenlopen (KRW watertype R4a) die ter hoogte en ten oosten van het dorp Chaam ontspringen om vervolgens in westelijke richting te stromen. Tussen Chaam en Ulvenhout komen de bovenlopen samen en stromen daarna als één beek verder en deze beek mondt ten zuiden van Breda in de Boven Mark uit. In benedenstroomse richting wisselen slingerende en rechtgetrokken delen elkaar af. Het landgebruik in het stroomgebied bestaat in hoofdzaak uit natuur en landbouw en in veel mindere mate uit bebouwing. Eind jaren negentig van de vorige eeuw is het waterschap gestart met de extensivering van onderhoud ten behoeve van de ecologische ontwikkeling. Tot die periode werd de beek 'geheel leeggeschept', waarbij ook het substraat in de vorm van hout en blad in de waterlopen in het bos volledig werd verwijderd. In het beschaduwde deel van de beek is dit onderhoud vervangen door inspecties waarbij door medewerkers zo nodig handmatig obstructies worden verwijderd (bijvoorbeeld ingevallen bomen die door belemmering van afvoer wateroverlast kunnen veroorzaken) (Figuur 2A). Benedenstreams is het onderhoud vervangen door onderhoud (nog steeds machinaal) waarbij een beperkt deel van de waterplanten gespaard wordt (Figuur 2B).



**Figuur 1:** Kaart van de Chaamse beken met status van beekherstel en macrofaunamonsterpunten aangegeven met een ster. Het meetpunt met gedifferentieerd machinaal onderhoud is aangegeven met een oranje ster en het meetpunt met extensief onderhoud is aangegeven met een blauwe ster.



A



B



**Figuur 2:** Foto's van de Chaamse beken nabij de macrofaunamonsterpunten met A) extensief onderhoud en B) gedifferentieerd machinaal onderhoud.



## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Metingen

De macrofauna is sinds 1990 in een beschaduwde deel van de Chaamse beken bemonsterd, waar onderhoud vanaf eind jaren negentig is geëxtensiveerd (Figuur 1; Tabel 1). Daarnaast is een langjarige meetreeks van macrofauna benedenstrooms daarvan in open landschap beschikbaar, waar het onderhoud nog steeds machinaal is maar wel gedifferentieerd plaatsvindt. Per jaar is er vaak zowel in het voorjaar (maart-juni) als het najaar (augustus-september) bemonsterd. De twee seizoenen en monsterpunten zijn apart geanalyseerd, omdat niet ieder jaar in beide seizoenen is bemonsterd.

**Tabel 1:** Overzicht van de macrofaunamonsterlocaties.

Naam	Code	Coördinaten	Metingen
Gedifferentieerd onderhoud	210803	51.53523, 4.82135	Voorjaar: 1990-2000, 2003-2005, 2007-2018 Najaar: 1990-1996, 2000-2002, 2004, 2006, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019
Extensief onderhoud	210812	51.51444, 4.83458	Voorjaar: 1992-1996, 2000, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019 Najaar: 1992-1996, 2000, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016

### 2.2 Taxonomische afstemming

De taxonomische lijsten, afkomstig uit verschillende jaren en van verschillende locaties, laten verschillen zien in taxonomische niveaus. Voor deze overkoepelende 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 zijn naast de soorten ook de gehele groep Tubificidae meegenomen, omdat een groot aantal juveniele Tubificidae indicatief is voor bepaalde milieumomstandigheden.

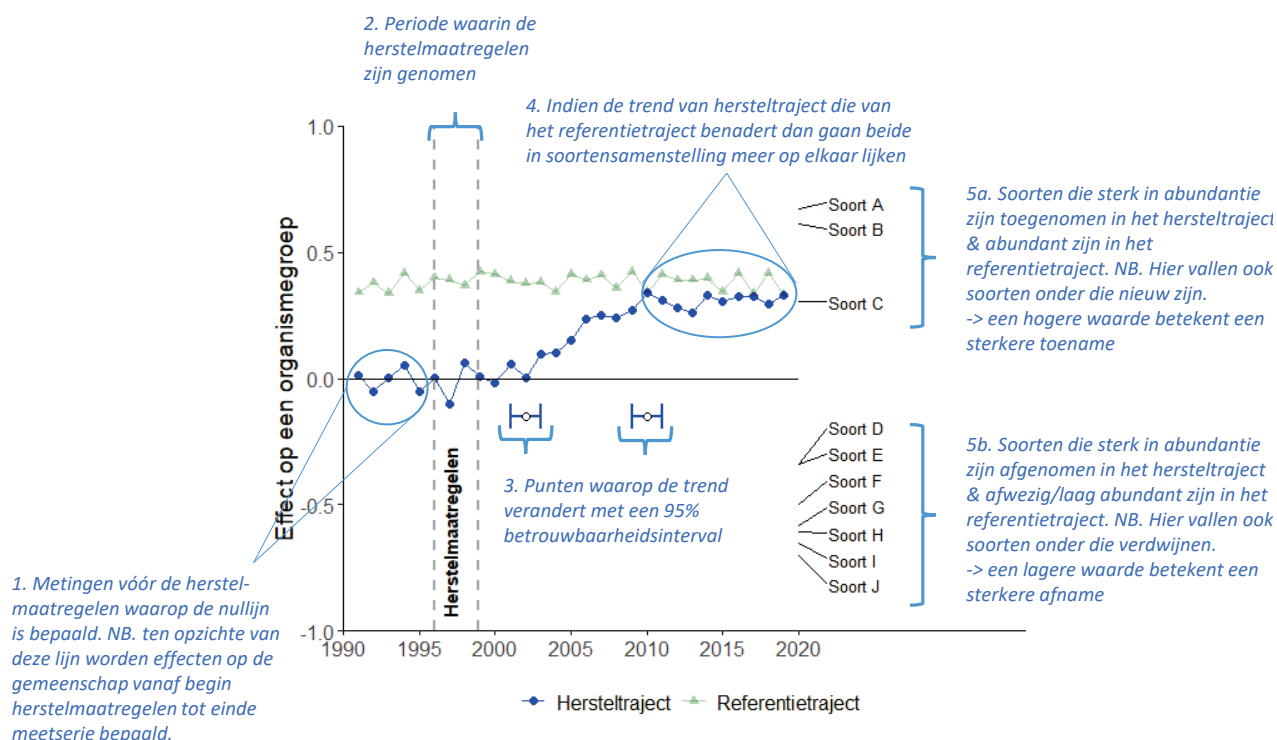
### 2.3 Data-analyse

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 door middel van een Principale-ComponentenAnalyse (PCA) geanalyseerd en geplotted 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 start van de extensivering op de y-as. Aangezien we geen precies jaartal van de start weten zijn we uitgegaan van de periode voor 2000 voor beide locaties. 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 negatief gewicht vertonen een tegenovergestelde respons 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 R4 volgens de oude maatlaten uit 2012 en de nieuwe maatlaten uit 2018 (Altenburg et al., 2018), de WEW autecologie score voor stroming en habitat preferentie (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). Voor de habitat preferentie hebben we onderscheid gemaakt tussen soorten met affiniteit voor zand, klei/leem, waterplanten, grove detritus, hout, grind/stenen. Daarnaast is ook de EKR score berekend volgens de berekening voor watertype R4a uit 2018. 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 Algemene trends

De PCA ordinatie laat zien dat de macrofaunagemeenschap op beide meetpunten tot ongeveer 1995 vergelijkbaar was (Figuur 3; blauwe en rode lijn overlappen). Daarna is de macrofaunagemeenschap in beide meetpunten door de tijd veranderd, d.w.z. de pijlen verschuiven op de eerste as. Deze verandering is echter verschillend verlopen op de meetpunten waarbij gedifferentieerd en extensief onderhoud heeft plaatsgevonden, d.w.z. de rode en blauwe pijlen bewegen uit elkaar op de tweede as. De differentiatie tussen de twee meetpunten over tijd is het meest duidelijk in het najaar (Figuur 3B).

Wanneer we, gebruik makend van een PRC-analyse, de macrofaunagemeenschap per seizoen en meetpunt uitzetten in de tijd tegen de mediaan van de gemeenschap van dat meetpunt voor 2000, zien we de trend die zichtbaar was langs de eerste as van de PCA ordinatie (Figuur 3) terug in Figuur 4 (meetpunt met gedifferentieerd onderhoud) en Figuur 5 (meetpunt met extensief onderhoud). De trend verandert rond 1994-1996 (met het grootste onzekerheidsinterval tussen 1990 en 2000) (Figuur 4 en 5). Deze periode komt overeen met de periode dat het waterschap is gestart met de extensivering van onderhoud. De voorjaarsmonsters het benedenstroomse meetpunt laten zien dat de verandering in de eindjaren '90 geleidelijk is verlopen (Figuur 4A). Voor het andere meetpunt zijn in deze periode geen monsters beschikbaar. Na 2000 is de macrofaunagemeenschap op enkele schommelingen na ongeveer gelijk gebleven.

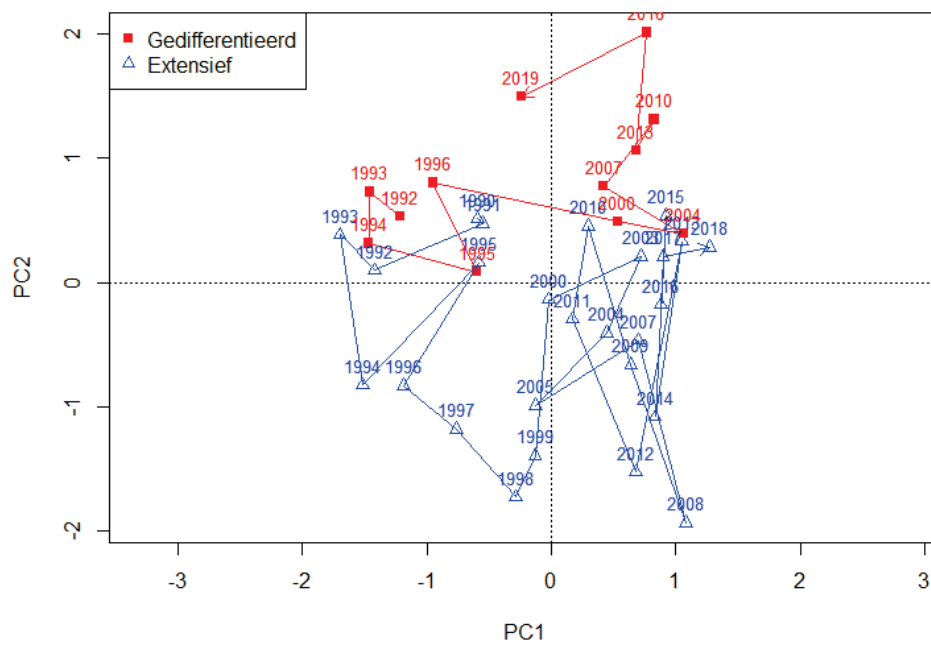
### 3.2 Habitat indicatoren

De taxa die het sterkst zijn gerelateerd aan deze verandering duiden op een habitat gebonden verandering, gerelateerd aan de aanpassing in onderhoud. In het benedenstroomse meetpunt met gedifferentieerd onderhoud zijn enkele taxa toegenomen in abundantie die een preferentie hebben voor een hogere stroomsnelheid, zoals *Oulimnius* (beide seizoenen), *Limnephilus lunatus* (voorjaar), *Tvetenia discoloripes* agg. (voorjaar), *Polypedilum scalaenum* (voorjaar) en *Conchapelopia* (najaar) (Tabel 2). Er zijn behalve *Macropelopia* (najaar) alleen taxa met een voorkeur voor stilstaand tot zeer langzaam stromend water afgenomen. Dit effect lijkt het sterkst zichtbaar in het voorjaar. Daarnaast is er met name in het najaar een sterke toename in abundantie van bloedzuiger *Helobdella stagnalis* en een aantal slakken soorten met een preferentie voor waterplanten. Verder duidt de toename in *Gammarus pulex* in beide seizoenen op een toename in grof organisch materiaal.

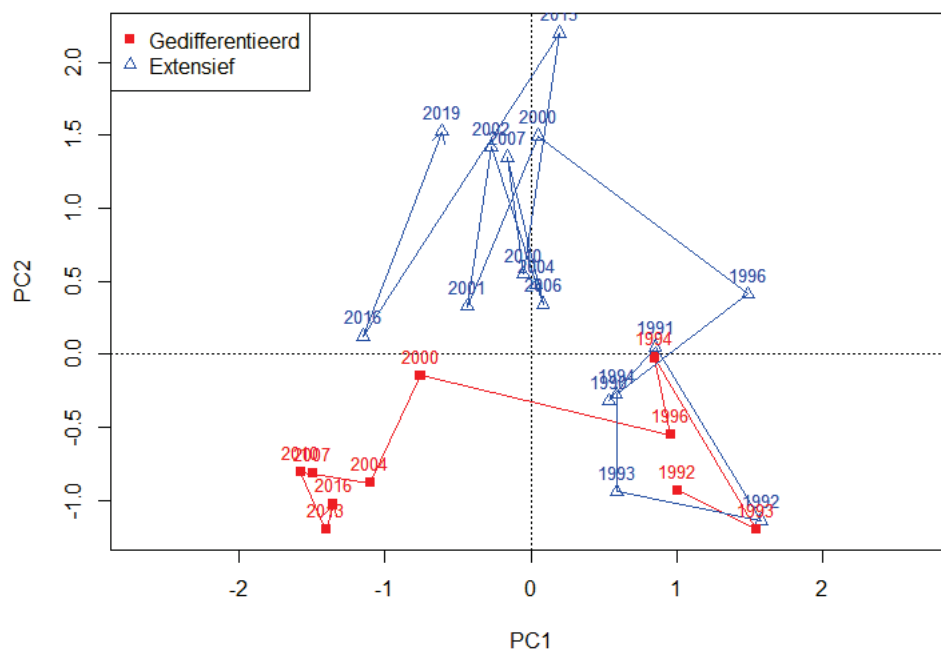
Ook op het meetpunt met extensief onderhoud zijn enkele taxa toegenomen in abundantie die een preferentie hebben voor een hogere stroomsnelheid, zoals *Paracladopelma nigrilulum* (voorjaar), *Limnephilus lunatus* (voorjaar), *Micropsectra* (voorjaar) en *Beraeodes minutus* (najaar) (Tabel 3). Er zijn behalve *Macropelopia* (beide seizoenen) alleen taxa met een voorkeur voor stilstaand tot zeer langzaam stromend water afgenomen. De taxa die zijn toegenomen hebben veelal een preferentie voor slib en fijne detritus. Een toename in *Gammarus pulex* in beide seizoenen duidt verder op een toename in grof organisch materiaal. Er is echter (nog) geen toename in taxa met een habitatpreferentie voor dood hout.



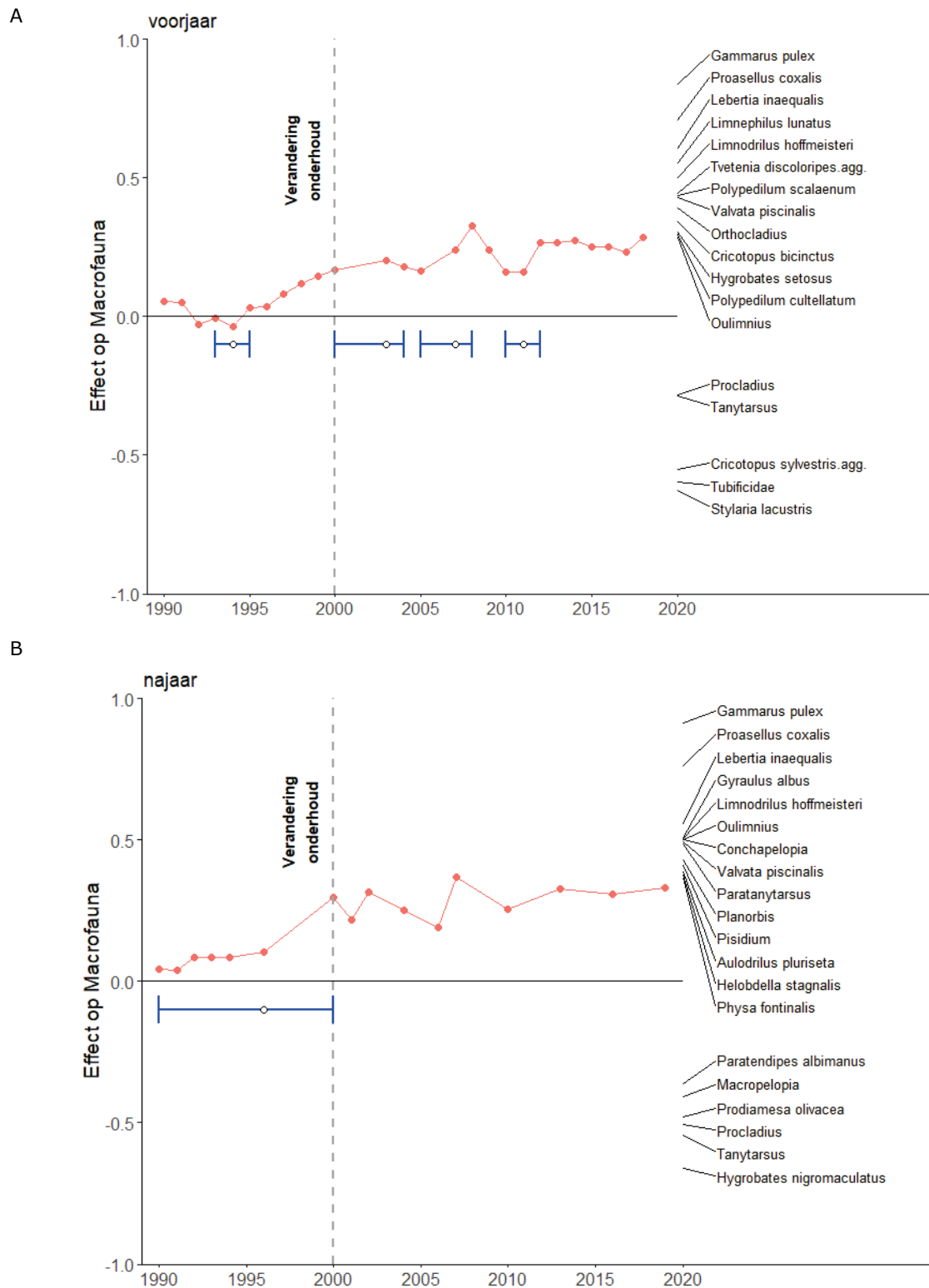
A



B

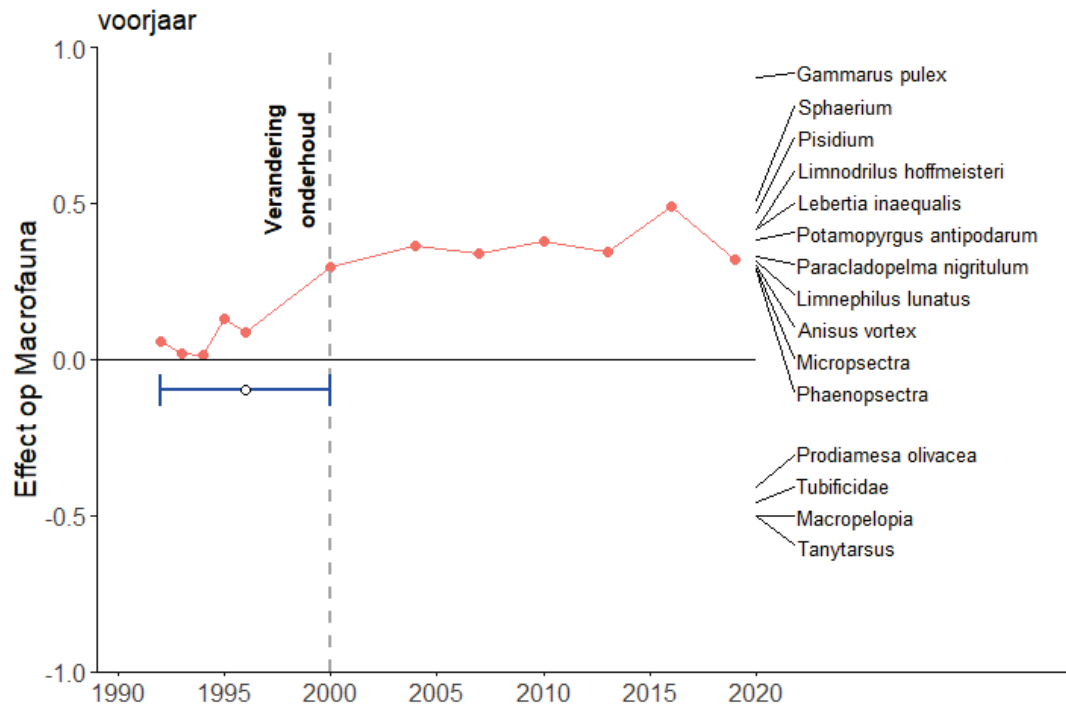


**Figuur 3:** Ordinatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap door de tijd aangegeven met een pijl voor voorjaarsmonsters A) en najaarsmonsters B). Het meetpunt met extensief beheer is in rood weergegeven en het meetpunt met gedifferentieerd, maar nog steeds machinaal beheer in blauw. Het getal geeft het monsterjaar aan.

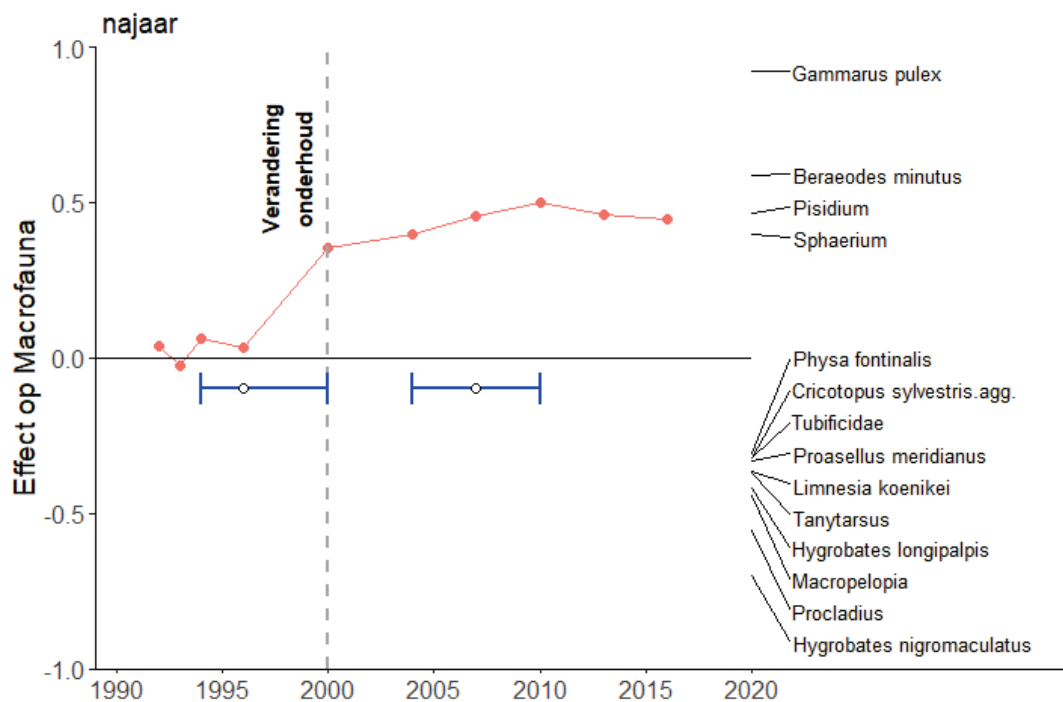


**Figuur 4:** Verandering in de macrofaunagemeenschap in de Chaamse beek met gedifferentieerd onderhoud ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap in de periode voor verandering in het onderhoud in 2000 in het A) voorjaar en B) najaar. De data is gepresenteerd volgens de zogeheten Principal Response Curve. De blauwe foutbalk geeft de 95% betrouwbaarheidsinterval van een relevante verandering in de trend weer. De soortgewichten in het rechterdeel van het diagram vertegenwoordigen de affiniteit van elk taxon met de respons weergegeven in het diagram. Voor de duidelijkheid zijn alleen de afnemende taxa met een gewicht  $<-0.4$  en de toenemende taxa met een gewicht  $>0.4$  weergegeven en zijn de waarden geschaald.

A



B



**Figuur 5:** Verandering in de macrofaunagemeenschap in Chaamse beken met extensief onderhoud ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap in de periode voor verandering in het onderhoud in 2000 in het A) voorjaar en B) najaar. De data is gepresenteerd volgens de zogeheten Principal Response Curve. De blauwe foutbalk geeft de 95% betrouwbaarheidsinterval van een relevante verandering in de trend weer. De soortgewichten in het rechterdeel van het diagram vertegenwoordigen de affiniteit van elk taxon met de respons weergegeven in het diagram. Voor de duidelijkheid zijn alleen de afnemende taxa met een gewicht  $<-0.4$  en de toenemende taxa met een gewicht  $>0.4$  weergegeven en zijn de waarden geschaald.

**Tabel 2:** Overzicht van preferentie voor stroming (volgens WEW autecologie), saprobie (volgens German Saprobie Index) en maatlatwaarde (volgens KRW watertype R4a) en habitatpreferentie (volgens WEW autecologie) voor de macrofauna die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons in de PRC van **figuur 4 voor het gedifferentieerde onderhoud** (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)		Habitat preferentie						
		voorjaar	najaar			2012	2018	slib/ fijne detritus	zand	klei/ leem	Water-planten	grove detritus	hout	grind/ stenen
Toename beide seizoenen	<i>Gammarus pulex</i>	1.20	1.01	<10 cm/s	2	Positief	Positief	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6
	<i>Proasellus coxalis</i>	1.01	0.85	<10 cm/s	2.8	geen score	geen score	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.6
	<i>Lebertia inaequalis</i>	0.87	0.62	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0.72	0.56	<10 cm/s	3.3	Negatief	geen score	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Valvata piscinalis</i>	0.62	0.55	<10 cm/s	2	Negatief	Negatief	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Oulimnius (O. tuberculatus)</i>	0.41	0.56	<b>&gt;15 cm/s</b>	n.v.t.	geen score	Positief	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4
Toename voorjaar	<i>Limnephilus lunatus</i>	0.79		<b>10-15 cm/s</b>	2	Negatief	Positief	0.4	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
	<i>Tvetenia discoloripes agg.</i>	0.64		<b>&gt;15 cm/s</b>	n.v.t.	Positief	Positief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Polypedilum scalaenum</i>	0.62		<b>&gt;15 cm/s</b>	n.v.t.	geen score	Positief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Orthocladius</i>	0.56		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Cricotopus bicinctus</i>	0.49		n.v.t.	n.v.t.	geen score	Negatief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Hygrobates setosus</i>	0.44		n.v.t.	n.v.t.	geen score	Positief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Polypedilum cultellatum</i>	0.42		n.v.t.	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Toename najaar	<i>Gyraulus albus</i>		0.57	<10 cm/s	2	Negatief	Negatief	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0
	<i>Conchapelopia (C. melanops)</i>		0.56	<b>&gt;15 cm/s</b>	n.v.t.	Positief	Positief	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Paratanytarsus</i>		0.54	<10 cm/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Planorbis (P. carinatus/planorbis)</i>		0.48	<10 cm/s	2	n.v.t.	n.v.t.	0.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
	<i>Pisidium</i>		0.45	<10 cm/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.6	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	<i>Aulodrilus pluriseta</i>		0.43	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Helobdella stagnalis</i>		0.42	<10 cm/s	2.6	Negatief	geen score	0.2	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3
	<i>Physa fontinalis</i>		0.40	<10 cm/s	2	geen score	geen score	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0
Afname beide seizoenen	<i>Procladius</i>	-0.40	-0.56	n.v.t.	n.v.t.	geen score	geen score	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Tanytarsus</i>	-0.41	-0.60	<10 cm/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Afname	<i>Cricotopus sylvestris agg.</i>	-0.79	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
voorjaar	Tubificidae	-0.85	n.v.t.	3.6	Negatief	Negatief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Stylaria lacustris</i>	-0.89	<10 cm/s	n.v.t.	Negatief	Negatief	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2
Afname	<i>Paratendipes albimanus</i>	-0.40	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	Positief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
najaar	<i>Macropelopia</i>	-0.45	<b>10-15 cm/s</b>	2.5	n.v.t.	n.v.t.	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Prodiamesa olivacea</i>	-0.53	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	Positief	0.2	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3
	<i>Hygrobates nigromaculatus</i>	-0.73	<10 cm/s	n.v.t.	Positief	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

**Tabel 3:** Overzicht van preferentie voor stroming (volgens WEW autecologie), saprobie (volgens German Saprobic Index) en maatlatwaarde (volgens KRW watertype R4a) en habitatpreferentie (volgens WEW autecologie) voor de macrofauna die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons in de PRC van **figuur 5 voor het extensieve onderhoud** (soortgewicht < -0.4 of > 0.4). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

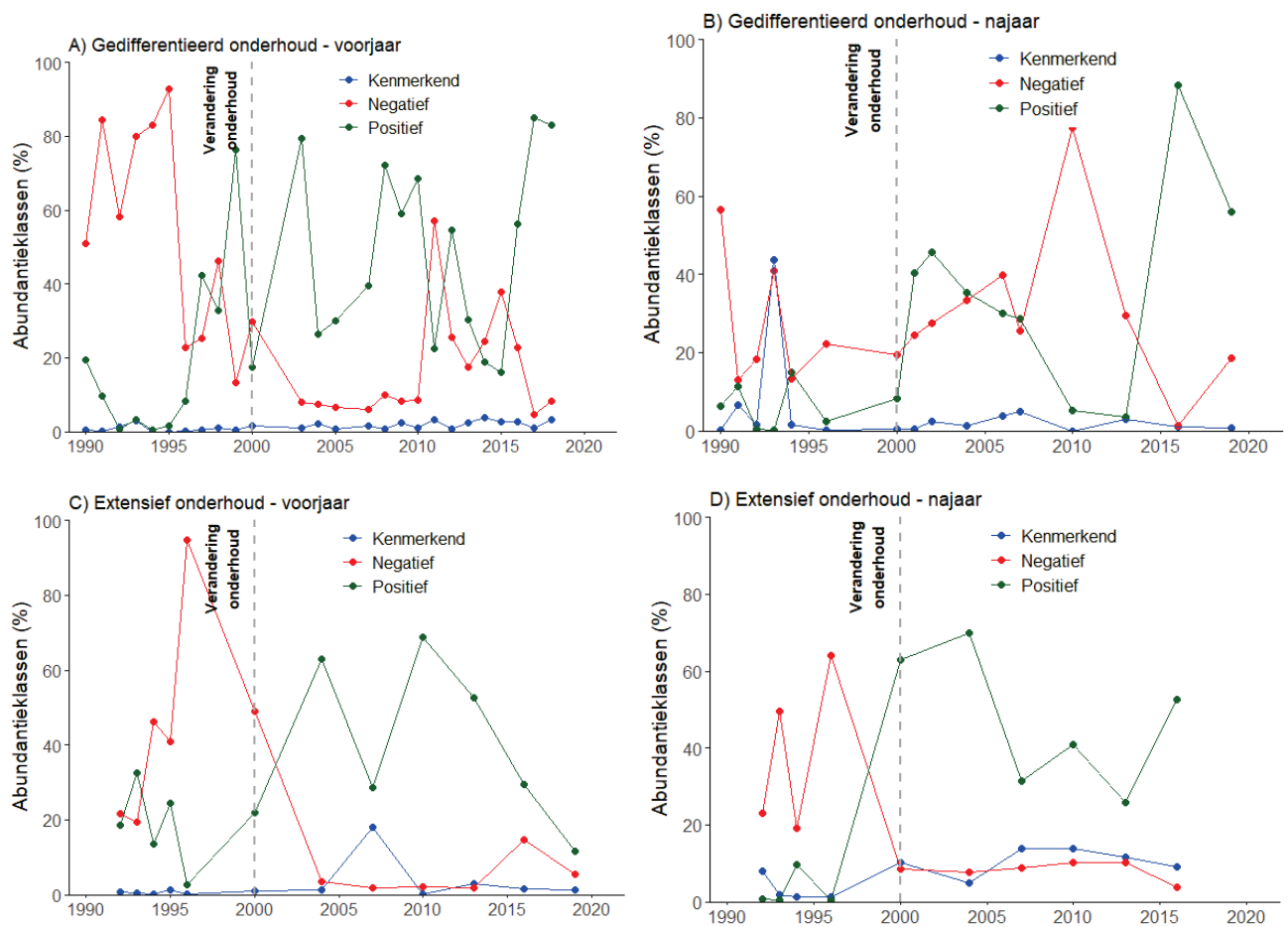
Taxonnaam		Soort gewicht $b_k$		Stroming (WEW)	Saprobie (SIN)	Maatlatwaarde (KRW)		Habitat preferentie						
		voorjaar	najaar			2012	2018	slib/ fijne detritus	zand	klei/ leem	Water-planten	grove detritus	hout	grind/ stenen
Toename beide seizoenen	<i>Gammarus pulex</i>	1.29	1.32	<10 cm/s	2	Positief	Positief	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6
	<i>Sphaerium</i>	0.73	0.57	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Pisidium</i>	0.67	0.67	<10 cm/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.6	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Toename voorjaar	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0.60		<10 cm/s	3.3	Negatief	geen score	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Lebertia inaequalis</i>	0.60		<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0.55		<10 cm/s	2.3	geen score	geen score	0.4	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
	<i>Paracladopelma nigratum</i>	0.47		<b>&gt;15 cm/s</b>	n.v.t.	geen score	Positief	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Limnephilus lunatus</i>	0.45		<b>10-15cm/s</b>	2	Negatief	Positief	0.4	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
	<i>Anisus vortex</i>	0.43		<10 cm/s	2	Negatief	Negatief	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Micropsectra</i>	0.41		<b>10-15cm/s</b>	n.v.t.	geen score	geen score	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
	<i>Phaenopsectra</i>	0.41		<10 cm/s	n.v.t.	Negatief	geen score	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.4
Toename najaar	<i>Beraeodes minutus</i>		0.84	<b>&gt;15 cm/s</b>	2	Positief	Positief	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0
Afname beide seizoenen	Tubificidae	-0.65	-0.46	n.v.t.	3.6	Negatief	Negatief	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Macropelopia</i>	-0.72	-0.63	<b>10-15cm/s</b>	2.5	n.v.t.	n.v.t.	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Tanytarsus</i>	-0.72	-0.53	<10 cm/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Afname voorjaar	<i>Prodiamesa olivacea</i>	-0.58		<10 cm/s	n.v.t.	geen score	Positief	0.2	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3
Afname najaar	<i>Physa fontinalis</i>		-0.44	<10 cm/s	2	geen score	geen score	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0
	<i>Cricotopus sylvestris agg.</i>		-0.46	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Proasellus meridianus</i>		-0.47	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.6
	<i>Limnesia koenikei</i>		-0.52	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Hygrobates longipalpis</i>		-0.60	<10 cm/s	n.v.t.	geen score	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	<i>Procladius</i>		-0.79	n.v.t.	n.v.t.	geen score	geen score	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Hygrobates nigromaculatus</i>		-1.00	<10 cm/s	n.v.t.	Positief	geen score	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.



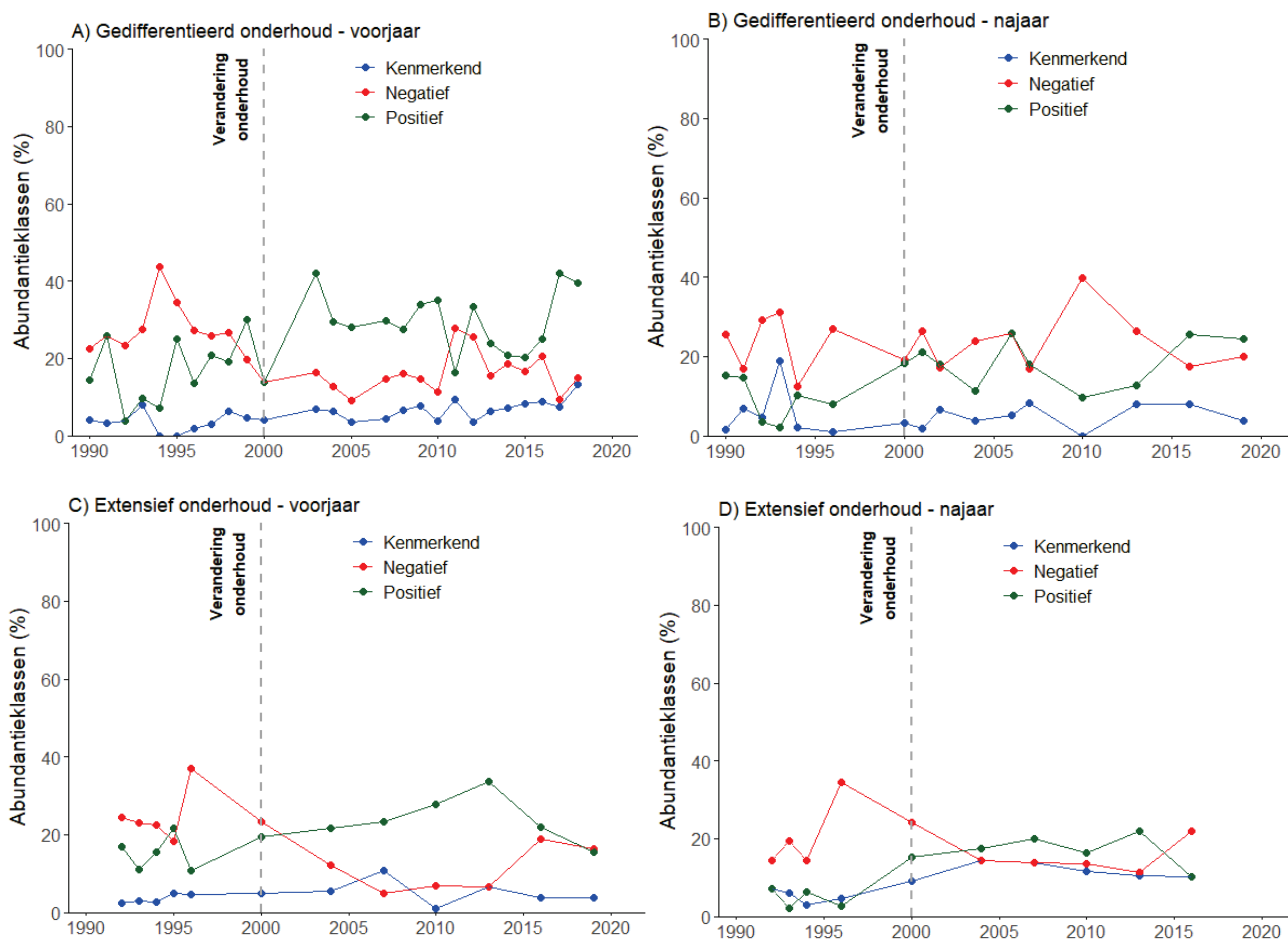
### 3.3 EKR score

De taxa die zijn toegenomen in abundantie in het benedenstroomse meetpunt met gedifferentieerd onderhoud geven zowel een positieve als negatieve indicatie op de KRW maatlat R4 uit 2018 (Tabel 2). Dit komt waarschijnlijk door het stroombaanmaaien. Feitelijk wordt het beekmilieu door deze vorm van beheer in twee delen gesplitst, een middenbaan waar de stromingscondities verbeteren en stromingsminnende soorten van profiteren en twee baarden waar de stroming verder afneemt en stilstaand water soorten talrijker (in individuen) worden. De stromingsminnende soorten zijn vaak positieve KRW indicatoren en de slib gebonden soorten vaak negatieve KRW indicatoren. Met name in het voorjaar is de relatieve abundantie van de dominant positieve KRW indicatoren sinds de aanpassing in het onderhoud toegenomen, terwijl de relatieve abundantie van de negatieve indicatoren is afgenomen (Figuur 6A). Echter worden bij de berekening van de EKR scores geen abundanties maar abundantieklassen gebruikt om te voorkomen dat hoge abundanties van enkele soorten de score te zwaar beïnvloeden. Op basis van deze abundantieklassen is weinig verandering in de KRW indicatoren waar te nemen (Figuur 7A). Een zeer hoge abundantie van enkele negatieve indicatoren (bijv. Tubificidae en *Stylaria lacustris* voor aanpassing in onderhoud) geeft in dit geval dezelfde score als meerdere negatieve indicatoren met een veel lagere abundantie (bijv. bloedzuigers en slakken met preferentie voor waterplanten na aanpassing in onderhoud). De EKR score voor type R4a laat dan ook weinig verandering zien in de tijd (Figuur 8A).

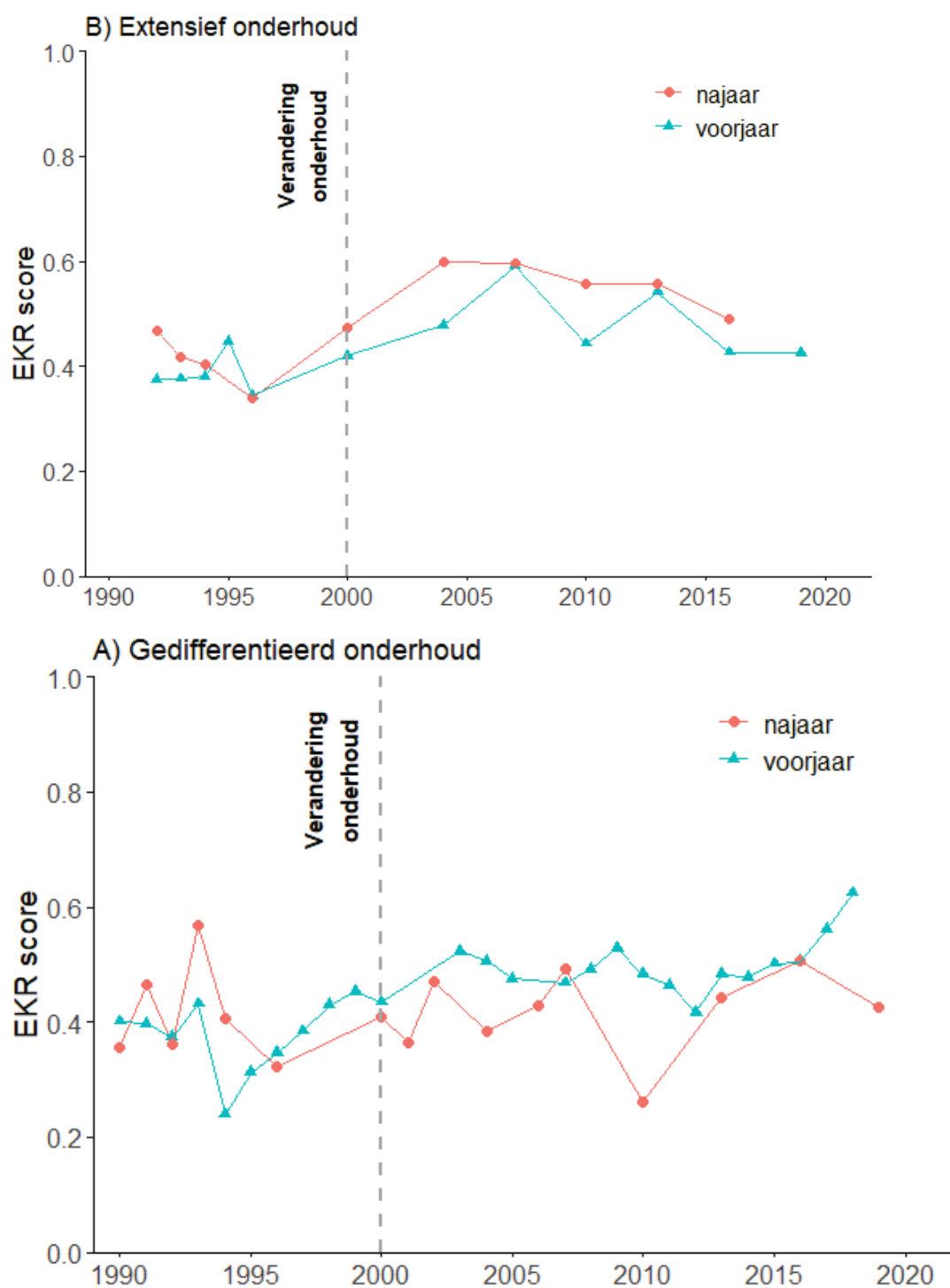
In het beschaduwde deel van de beek met extensief onderhoud zijn enkele positieve KRW indicatoren toegenomen in abundantie, zoals *Gammarus pulex* en *Beraeodes minutus* (Tabel 3). Enkele taxa die zijn toegenomen in abundantie in het voorjaar scoorden negatief op de oude KRW maatlatten uit 2012, maar hebben geen score (*Limnodrilus hoffmeisteri* en *Phaenopsectra*) op de nieuwe KRW maatlatten uit 2018. Opvallend is dat *Limnephilus lunatus* negatief scoorde op de oude KRW maatlatten uit 2012 en sinds 2018 is ingedeeld als positief scorende soort. Het is een soort die vooral in genormaliseerde beken met stroming talrijk wordt. Negatieve KRW indicator *Anisus vortex* is toegenomen in abundantie in het voorjaar, terwijl negatieve KRW indicator Tubificidae is afgenomen in abundantie in beide seizoenen. Ook op dit meetpunt zijn enkele positieve KRW indicatoren sinds de aanpassing in het onderhoud in relatieve abundantie toegenomen ten opzichte van de negatieve indicatoren (Figuur 6C en D), maar is dit verschil bij indeling in abundantieklassen niet waar te nemen (Figuur 7C en D). De EKR score voor type R4a laat dan ook slechts een beperkte verbetering zien in de tijd (Figuur 8B). De erosie van de oevers van de beek duiden op grote wisseling in de waterafvoer (Figuur 2A). Er treden waarschijnlijk hoge afvoerpieken op, waardoor meerdere kenmerkende beeksoorten beperkt kunnen voorkomen en de EKR score weinig is verbeterd.



**Figuur 6:** Abundantie (%) van EKR maatlat indicatoren R4 uit 2018 op A) meetpunt met gedifferentieerd onderhoud in het voorjaar, B) meetpunt met gedifferentieerd onderhoud in het najaar, C) meetpunt met extensief onderhoud in het voorjaar, D) meetpunt met extensief onderhoud in het najaar.



**Figuur 7:** Abundantieklasse (%) van EKR maatlat indicatoren R4 uit 2018 op A) meetpunt met gedifferentieerd onderhoud in het voorjaar, B) meetpunt met gedifferentieerd onderhoud in het najaar, C) meetpunt met extensief onderhoud in het voorjaar, D) meetpunt met extensief onderhoud in het najaar.



**Figuur 8:** EKR maatlat scores op basis van de macrofaunagemeenschap (watertype R4a) door de tijd aangegeven voor het meetpunt met A) extensief onderhoud en B) gedifferentieerd, maar nog steeds machinaal onderhoud.

## 4 Conclusies

De macrofaunagemeenschap laat een habitat gebonden verandering op beide meetpunten zien sinds de verandering in onderhoud eind jaren '90. Tot ongeveer 1995 was de macrofaunagemeenschap op beide meetpunten vergelijkbaar.

Door in het beschaduwde deel het onderhoud te extensiveren zijn habitats gecreëerd voor taxa met een preferentie voor hogere stroomsnelheden. Een toename in *Gammarus pulex* in beide seizoenen duidt verder op een toename in grof organisch materiaal. Er is echter (nog) geen toename aan taxa met preferentie voor dood hout. De erosie van de oevers van de beek duiden op grote wisseling in de waterafvoer. Er treden waarschijnlijk hoge afvoerpieken op, waardoor positieve KRW indicatoren beperkt kunnen voorkomen en de EKR score weinig is verbeterd. De stroomgeul kan worden verondiept met bijvoorbeeld lage bodemdrempels en verzanding.

Door benedenstrooms blokken te sparen zijn habitats gecreëerd voor taxa met een preferentie voor hogere stroomsnelheden en taxa met preferentie voor waterplanten. Doordat de stroomsnelheid in de gemaaide baan toeneemt en in de begroeide oevers daardoor afneemt, nemen ook enkele aan stilstaand water en slib gebonden soorten (negatieve KRW indicatoren) toe en blijft benedenstrooms een verbetering in de EKR score uit. Om een verdergaande verbetering te bereiken zou overwogen kunnen worden om de baarden helemaal niet meer te onderhouden, waardoor het profiel geleidelijk verkleint. Extra maatregelen zouden zich erop moeten richten om stroombaan maaien overbodig te maken. Daarvoor is een mogelijkheid om een kleiner profiel aan te leggen. Parallel met een kleiner profiel zou extra aanplant van bomen meer schaduw geven zodat waterplanten nog beperkt tot ontwikkeling komen.

Aanbevolen wordt om de hydromorfologische processen in het gehele gebied te verbeteren door middel van het bovenstrooms langer water conserveren, vasthouden en bergen en vertraagd laten afvoeren. Met plekken voor inundatie bij eventuele extreme piekafvoeren zou het gebied in droge zomers natter blijven, geen wateroverlast optreden en de KRW doelen dichterbij brengen.

## 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., Kraemer, W., & Hornik, K. (2003). Testing and Dating of Structural Changes in Practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, 44, 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.