

NOTITIE KIWK

Maatregel-effectiviteit venherstel

Diatomeeënrespons op de herstelmaatregelen in het Grote Beegdersven



Annalieke Bakker, Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Barend van Maanen, Esther de Jong en Piet Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Januari 2022

Auteurs

Annalieke Bakker, Gea van der Lee, Ralf Verdonshot, Barend van Maanen, Esther de Jong, en Piet Verdonshot (*correspondentie*: gea.vanderlee@wur.nl)

Opdrachtgever

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Waterschap Limburg

Projectgroep

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

Wijze van citeren

Bakker A.M., van der Lee G.H., Verdonshot R.C.M, Maanen B., de Jong E. en Verdonshot P.F.M. (2022). Maatregel-effectiviteit venherstel: Diatomeeënrespons op de herstelmaatregelen in Grote Beegderven. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 15 pp.

Trefwoorden

Grote Beegderven, diatomeeën, venherstel

Beeldmateriaal

Foto voorzijde: Grote Beegderven (foto: Waterschap Limburg)

DOI: <https://doi.org/10.18174/563541>

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	4
2.1 Metingen	4
2.2 Taxonomische afstemming	5
2.3 Data-analyse	5
3 Resultaten	8
3.1 Algemene trends	8
3.2 PCA ordinatie	9
3.3 PRC analyse	10
3.4 Taxa gerelateerd aan verandering in PRC	11
4 Conclusies	12
5 Literatuur	13

Samenvatting

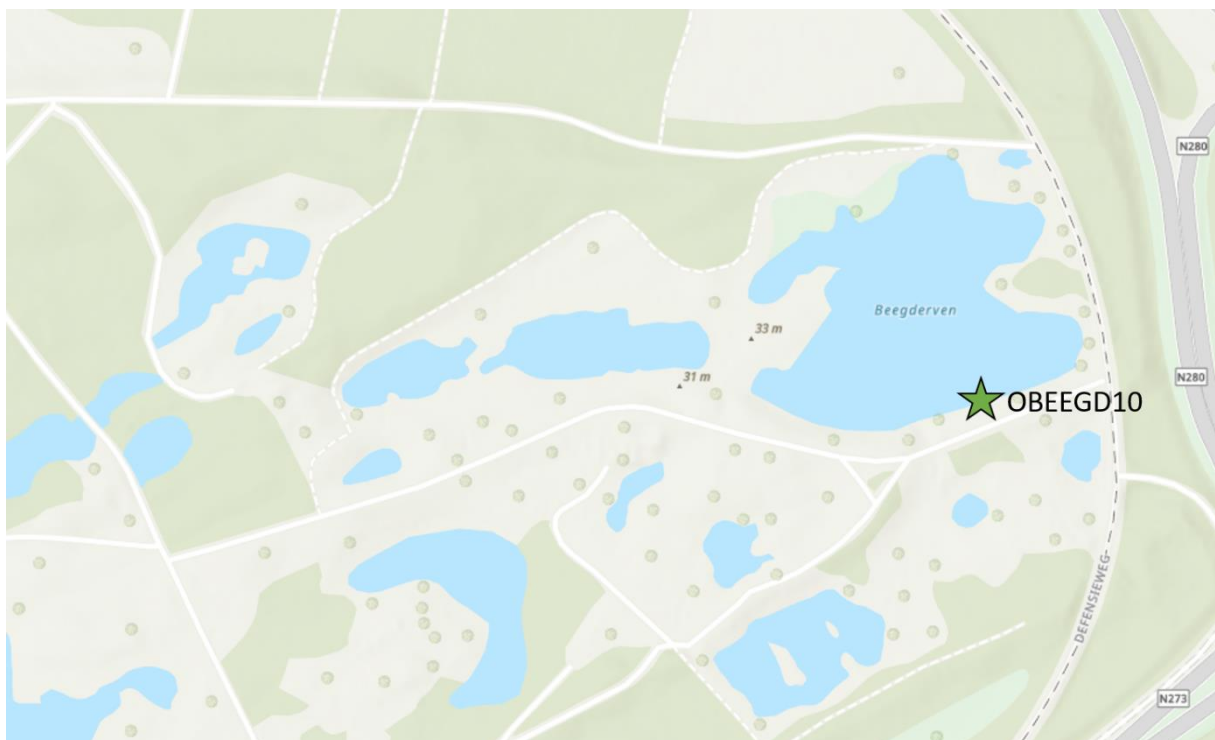
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document is de effectiviteit van de herinrichting van het Grote Beegderven op de diatomeeëngemeenschap geanalyseerd. De herinrichting betrof het baggeren van het ven en het verwijderen van een gedeelte van het bos rond het ven. Er kan worden geconcludeerd dat er een verandering heeft plaatsgevonden in de diatomeeëngemeenschap sinds 1996 na de start van de herstelmaatregelen. Tijdens de herstelmaatregelen werden tijdelijk meer taxa getroffen waarna het aantal aangetroffen diatomeeëntaxa daalde naar 6 á 7. De verandering hangt samen met een sterke toename in relatieve abundantie van *Eunotia incisa* en een afname van een aantal andere soorten, waaronder met name *Tabellaria flocculosa* en *Eunotia bilunaris*. Deze veranderingen duiden op een afname in saprobie en verzuring; een milieu waarin slechts een klein aantal zeer specifieke soorten kan overleven.

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 is de effectiviteit van de herinrichting van het Grote Beegderven op de diatomeeëngemeenschap geanalyseerd.

Het Grote Beegderven is een klein ondiep zuur ven (KRW type M13). Het ven ligt op de Beegderheide, waar in totaal 11 vennen zijn. De Lange Vlieter (grindput) op de Beegderheide wordt gebruikt als reservoir voor drinkwatervoorziening. Het Grote Beegderven heeft het grootste oppervlakte van de aanwezige vennen (Figuur 1).

In de periode 1995-1998 is het ven heringericht. Het bos aan de noordelijke en westelijk zijde van het ven, met voornamelijk naaldbomen, is gekapt. Daarnaast is het ven in drie fases uitgebaggerd.



Figuur 1: Kaart van het Grote Beegderven, de groene ster geeft de monsterlocatie van de diatomeeën weer (opentopo.nl).

2 Materiaal en methoden

2.1 Metingen

De diatomeeëngemeenschap is op één locatie in het Grote Beegderven bemonsterd door het afschrapen van harde substraten en het knippen van plantenstengels (Figuur 1; Tabel 1). De meeste monsters zijn in het voorjaar en begin van de zomer (april-juni) genomen (Tabel 2). Voor de homogeniteit van de analyse (het uitsluiten van seizoenseffecten) zijn de monsters na juli niet meegenomen in de analyse. Uit 1990 zijn beide bemonsteringen meegenomen in de analyse. De meting in 1996 is genomen tijdens de herstelmaatregelen.

Tabel 1: Details van de monsterlocatie in het Grote Beegderven.

Locatie	Code	Coördinaten
Grote Beegderven	OBEEGD10	51.20932, 5.90839

Tabel 2: Overzicht van het aantal beschikbare monsters per jaar en per maand op meetpunt OBEEGD10. De periode waarin de herstelmaatregelen hebben plaatsgevonden is aangegeven met een grijze markering.

Jaar	Maand						Totaal
	4	5	6	7	8	9	
1987	1						1
1990	1	1				1	3
1993	1				1		2
1995							0
1996	1					1	2
1998							0
1999	1				1		2
2001		1			1		2
2005	1					1	2
2007			1		1		2
2009	1						1
Totaal	7	2	1	0	4	3	17

2.2 Taxonomische afstemming

De taxonomische lijsten, afkomstig uit verschillende jaren, laten verschillen zien in taxonomische niveaus. Voor de analyse is een eenduidig gegevensbestand noodzakelijk. Daarom is voor de analyse de oorspronkelijke data taxonomisch afgestemd op basis van frequentie van voorkomen in de monsters en totale abundantie per taxon. De namen van de taxa zijn afgestemd op de meest recente TWN-lijst (Taxa Waterbeheer Nederland, 06-04-2020). Forma en ondersoorten zijn teruggebracht naar soortniveau. 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.

2.3 Data-analyse

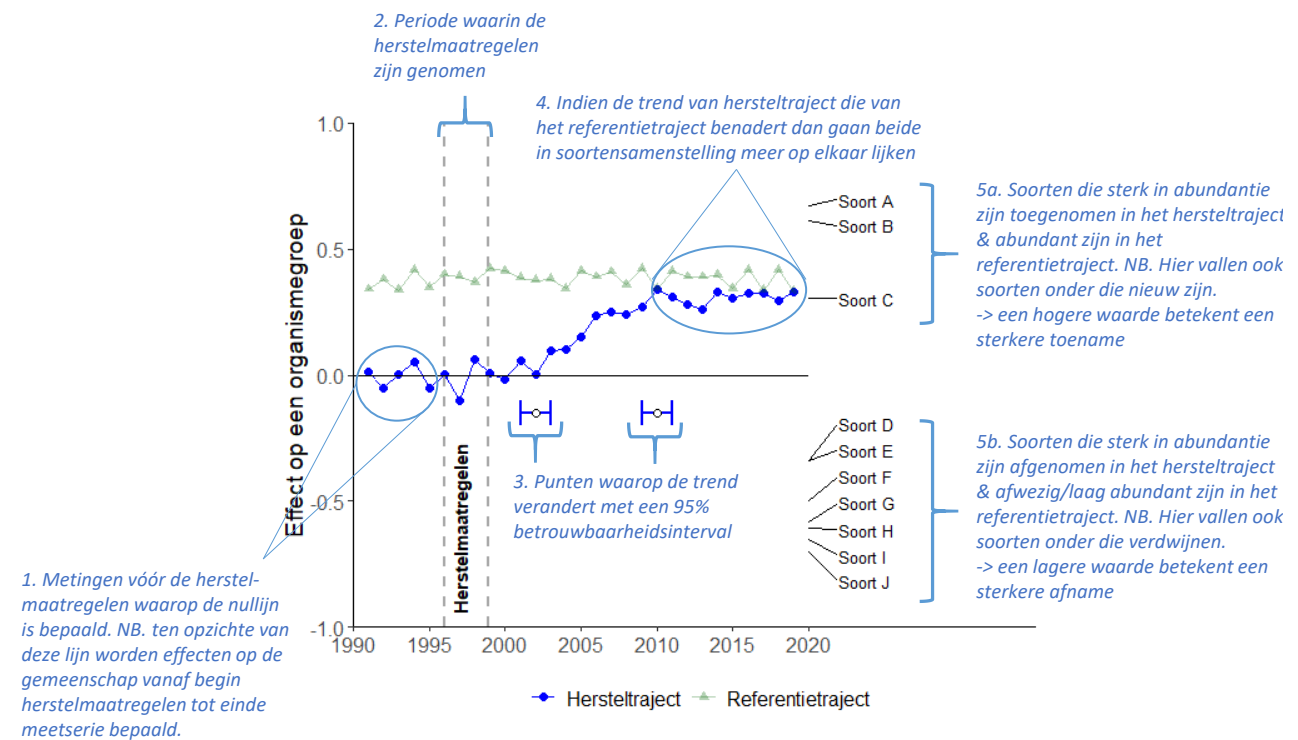
Bij de analyse van de diatomeeëngemeenschap is de relatieve abundantie (procentueel) gebruikt, omdat niet hetzelfde aantal cellen is geteld. Vervolgens is de relatieve abundantie van de diatomeeën $\log_{10}(x+1)$ getransformeerd om de rol van laag-abundante soorten te vergroten. De data is met een Principale-ComponentenAnalyse (PCA) techniek geanalyseerd en geploteerd om de patronen in de diatomeeëngemeenschap tussen de meetpunten te verkrijgen. De data is geanalyseerd met 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} ') op het meetpunt ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap op meetpunt OBEEGD10 voordat de maatregelen zijn uitgevoerd, op de y-as. Er waren te weinig datapunten om een 'changepoint analysis' toe te passen, dus hebben we de grafiek 'op het oog' geïnterpreteerd.

Aan ieder taxon is in de analyse een gewicht (zogenoemde 'species weight b_k ') toegekend, 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 diatomeeën hebben we deze score vergeleken met KRW-maatlatwaarden van soorten voor watertype M13 (Altenburg et al., 2018), voor de KRW-maatlatwaarden hebben we onderscheid gemaakt tussen dominant negatieve taxa (N) en positieve/kenmerkende taxa (P/K). De diatomeeën taxa zijn gescoord aan de hand van de categorieën van de van Dam index voor pH, stikstof, zuurstof, saprobie en trofische toestand (Tabel 4; Van Dam et al., 1994). Alle analyses zijn gedaan in R (versie 3.6.3) met softwarepakket *vegan* (Oksanen et al., 2019).

Tabel 4: De van Dam index met bijbehorende categorieën (Van Dam et al., 1994).

categorie	pH	stikstof	zuurstof	saprobie	trofische toestand
1	Preferentie voor pH <5.5	Tolerant voor lage concentraties organisch stikstof	Hoog(100%)	oligosaproob	oligotroof
2	Preferentie voor pH <7	Tolerant voor verhoogde organisch stikstof concentraties	Redelijk hoog (>75%)	oligo- mesosaproob	β- oligo- mesotroof
3	Preferentie voor pH rond de 7	Organische stikstof periodiek benodigd	Middelmatig (>50%)	β- mesosaproob	mesotroof
4	Preferentie voor pH>7	Organische stikstof continu benodigd	Laag (>30%)	β-α- mesosaproob	meso-eutroof
5	Alleen voorkomend pH>7		Erg laag (10%)	β-meso- polysaproob	eutroof
6	Geen duidelijk optimum				hypereutroof
7					oligo- tot eutroof (geen optimum)

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 rond de nullijn moeten lopen omdat die situatie bijna gelijk is aan die in het hersteltraject voor het nemen van de maatregelen.

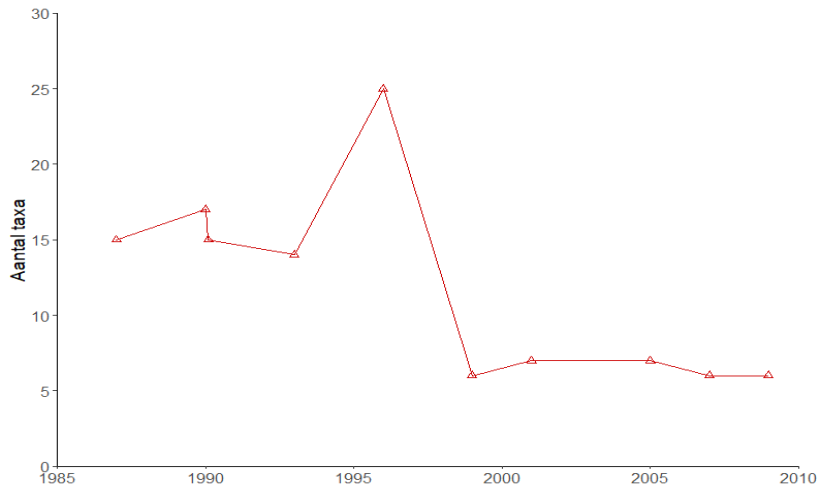
In de grafiek staat tijd op de x-as en de (eventuele) verandering in de gemeenschap (zogenoemde 'canonical coefficient C_{dt} ') op de y-as. De verandering in de gemeenschap wordt uitgezet tegen de mediaan van de gemeenschap vóór de herstelmaatregelen, de zogehete nullijn (het traject aangeduid door 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

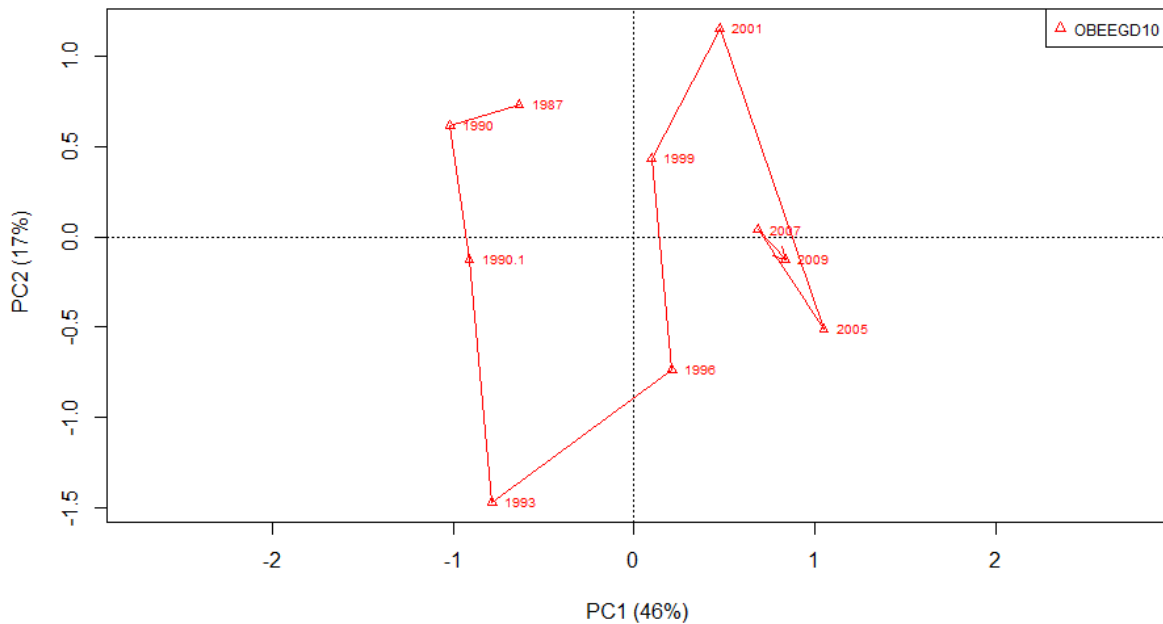
Er zijn vóór de herstelmaatregelen tussen 1987 en 1993 tussen de 15 en 17 diatomeeëntaxa in het Grote Beegderven (OBEEGD10) aangetroffen (Figuur 2). Tijdens de herstelmaatregelen in 1996 waren dit er meer (25 taxa) en na de herstelmaatregelen daalde het aantal aangetroffen diatomeeëntaxa naar 6 á 7.



Figuur 2: Aantal diatomeeëntaxa op de monsterlocatie in het Grote Beegderven (OBEEGD10) over tijd. In 1990 is een meting in april en mei gedaan.

3.2 PCA ordinatie

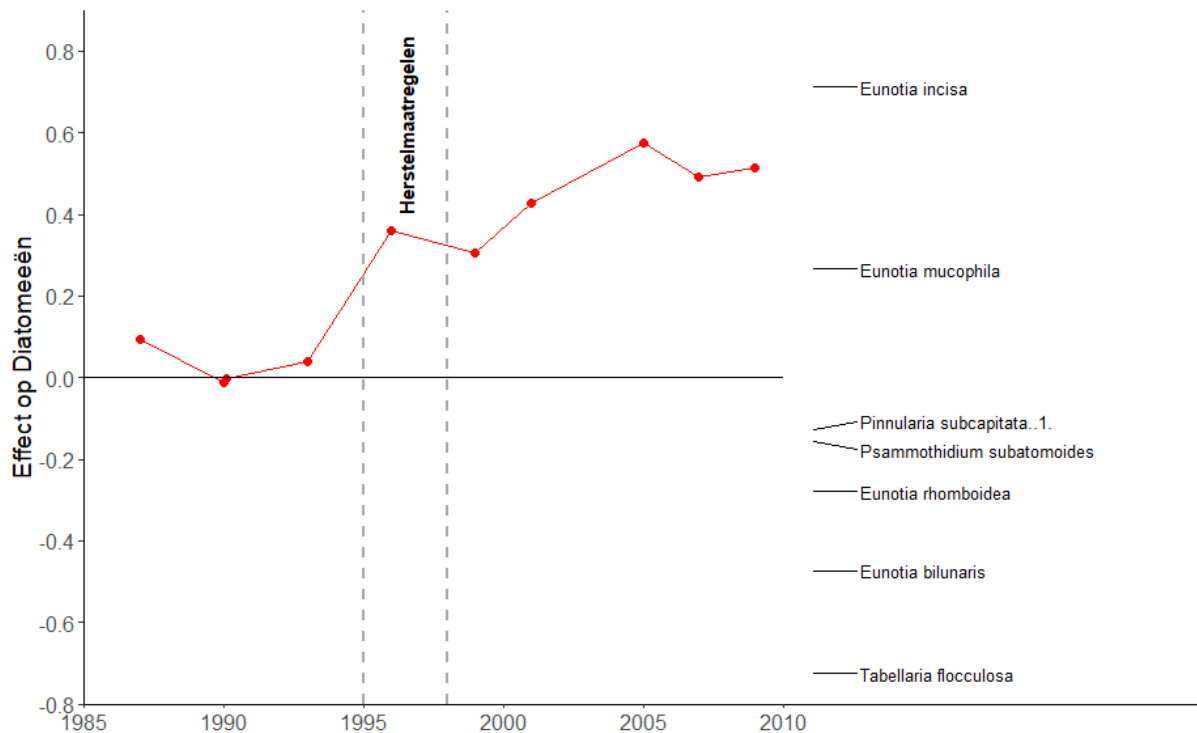
De PCA ordinatie laat de trend van het meetpunt in de tijd zien waarbij opeenvolgende jaren verbonden zijn met een rode pijl (Figuur 3). De eerste PC- as verklaard een groot deel van de variantie (46%). De diatomeeëngemeenschap varieerde vóór de maatregelen op de tweede PC-as. De metingen ordenen zich vervolgens over tijd op de eerste PC-as met de grootste verandering tussen 1993 en 1996 als de eerste maatregelen zijn genomen en nog een kleinere verandering tussen 1999 en 2004. Tussen 1993 en 2001 veranderde de samenstelling ook langs de tweede as en in de jaren na 2001 vond er nog een tegengestelde verandering plaats over de tweede PC-as.



Figuur 3: Ordinatie (PCA) van de diatomeeëngemeenschap op het meetpunt in het Grote Beegderven (OBEEGD10). De trend die de diatomeeëngemeenschap volgde is aangeduid met een rode pijl. In 1990 is een meting in april (aangeduid als 1990) en mei (aangeduid als 1990.1) genomen. Het percentage variantie die wordt verklaard door de PC- as is vermeld in de as-titel.

3.3 PRC analyse

Wanneer we, gebruikmakend van een PRC-analyse, de diatomeeëngemeenschap van het meetpunt in het Grote Beegderven (OBEEGD10) uitzetten in de tijd tegen de mediaan van de gemeenschap voor de herstelmaatregelen in 1995 wordt een verandering in de trend zichtbaar die vergelijkbaar is met die langs de eerste as van de PCA ordinatie (Figuur 4). Hieruit blijkt dat de diatomeeëngemeenschap vooral veranderd is tijdens de uitvoering van de herstelmaatregelen tussen 1993 en 1996, gevolgd door een kleine aanvullende verandering in dezelfde richting tussen 1999 en 2004 (Figuur 4).



Figuur 4: Principal Response Curve (PRC) plot van de diatomeeëngemeenschap in het Beegderven ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap voordat de herstelmaatregelen zijn genomen in 1995. 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 < -0.2 en de toenemende taxa met een gewicht > 0.2 weergegeven en zijn de waarden geschaald. De twee metingen in april en mei 1990 liggen op hetzelfde punt.

3.4 Taxa gerelateerd aan verandering in PRC

Uit de PRC analyse blijkt dat het relatieve aandeel van *Eunotia incisa* en in enkele jaren (met name 2005) *Eunotia mucophila* is toegenomen na het nemen van de eerste maatregelen (Tabel 3). *Eunotia incisa* had voor de herstelmaatregelen een gemiddelde (\pm SD) relatieve abundantie van 2 ± 3 % en na het nemen van de herstelmaatregelen was dit $66\% \pm 23$ % (Tabel 4). Deze soort wordt als positief aangeduid volgens de KRW maatlatten (Tabel 3). Er zijn ook meerdere taxa in relatieve abundantie afgenomen, waaronder met name *Tabellaria flocculosa* en *Eunotia bilunaris*. *Eunotia bilunaris* wordt als kenmerkend aangeduid op de KRW-maatlatten voor dit waterlichaam. De variatie op de tweede PC as wordt voornamelijk gestuurd door de dominantie van een aantal taxa. *Eunotia rhomboidea* was dominant in 1993 en in mindere mate in 1996, terwijl *Eunotia naegeli* domineerde in 1987 en 2001 (Tabel 4). Zowel de toegenomen als afgenomen soorten hebben een preferentie voor een pH onder de 7 of geen optimum, zijn tolerant voor lage of verhoogde organisch stikstof concentraties, hebben een preferentie voor een hoog tot redelijk hoog zuurstofgehalte (>75-100%) en indiceren oligo- tot mesotrofe omstandigheden (Tabel 3). De twee taxa die de sterkste afname in relatieve abundantie lieten zien (*Tabellaria flocculosa* en *Eunotia bilunaris*) duiden mogelijk op oligo- β -mesosaprobe omstandigheden, terwijl de twee taxa die de sterkste toename in relatieve abundantie (*Eunotia incisa* en *Eunotia mucophila*) lieten zien duiden op oligosaprobe omstandigheden (Tabel 3).

Tabel 3: Overzicht van preferentie voor pH, stikstof, zuurstof, saprobie en trofische toestand volgens de van Dam index voor de diatomeeën die het sterkst zijn gerelateerd aan de respons van OBEEGD10 in de PRC (Figuur 4; soortgewicht < -0.2 of > 0.2). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

Taxonnaam	Soort gewicht b_k	KRW-maatlat score	pH	stikstof	zuurstof	saprobie	trofie
<i>Eunotia incisa</i>	1.19	positief	2	1	1	1	1
<i>Eunotia mucophila</i>	0.44	n.v.t.	2	2	2	1	2
<i>Eunotia naegeli</i>	-0.22	n.v.t.	2	1	1	1	1
<i>Psammothidium subatomoides</i>	-0.26	n.v.t.	2	1	1	1	2
<i>Eunotia rhomboidea</i>	-0.46	geen score	2	1	1	1	1
<i>Eunotia bilunaris</i>	-0.79	positief	6	2	2	2	7
<i>Tabellaria flocculosa</i>	-1.21	geen score	2	1	1	2	3

Tabel 4: De relatieve abundantie (%) van de toegenomen en afgenomen taxa uit de PRC analyse. In 1990 is een meting in april (aangeduid als 1990) en mei (aangeduid als 1990.1) genomen. De periode waarin de herstelmaatregelen hebben plaatsgevonden is aangegeven met een grijze markering (1995-1998).

Taxa	1987	1990	1990.1	1993	1996	1999	2001	2005	2007	2009
<i>Eunotia incisa</i>	6.9	0.0	1.9	0.8	57.7	70.8	39.9	46.1	93.0	81.0
<i>Eunotia mucophila</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.9	0.0	6.5
<i>Eunotia naegeli</i>	32.7	9.2	3.4	0.0	1.5	4.5	55.3	0.0	0.5	6.0
<i>Psammothidium subatomoides</i>	10.3	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Eunotia rhomboidea</i>	9.0	0.0	6.3	50.2	15.0	0.0	0.0	0.0	0.5	6.0
<i>Eunotia bilunaris</i>	14.6	15.2	14.6	4.4	2.9	5.3	0.0	0.0	1.5	0.0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	5.3	59.1	62.1	32.3	1.5	17.3	0.7	0.0	0.0	0.0

4 Conclusies

De diatomeeëngemeenschap in het Grote Beegderven is veranderd tussen 1993 en 1996 (in de periode dat de herstelmaatregelen zijn genomen). Tijdens de herstelmaatregelen werden tijdelijk meer taxa getroffen waarna het aantal aangetroffen diatomeeëntaxa daalde naar 6 á 7. De verandering hangt samen met een sterke toename in relatieve abundantie van *Eunotia incisa* en een afname van een aantal andere soorten, waaronder met name *Tabellaria flocculosa* en *Eunotia bilunaris*. De preferenties van de soorten duiden mogelijk op een lichte afname in saprobie wat zou kunnen samen hangen met het baggeren van het ven. Over *E. incisa* wordt in de literatuur vermeld dat het vaker de dominante soort wordt, mogelijk door stress in de chemische waterkwaliteit (Round, 1990a). Hoewel er geen verschil is in de preferentie en optima van pH volgens de gebruikte database, wordt *E. incisa* wel genoemd als doelsoort en triviale soort bij zure vennen (Van Dam & Mertens, 2015; Van Dam en Mertens, 1990). Verder bleek uit de studie van Round (1990b) dat *T. flocculosa* minder goed groeit onder extreem zure omstandigheden dan *E. incisa*, wat kan betekenen dat de verandering in de diatomeeëngemeenschap ook gerelateerd kan zijn aan een verlaging in pH. Ook in andere vennen op de Beegderheide trad verarming op na de herstelmaatregelen en gingen soorten uit zure oligotrofe milieus overheersen (Lamberigts et al. 2003). Mogelijk is deze verzuring onderdeel van de successie waarin een relatief soortenrijk milieu plaatsmaakt voor een milieu waarin slechts een klein aantal zeer specifieke soorten kan overleven.

5 Literatuur

Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., van den Berg, M. S., van den Broek Broek, T., Buskens, R., ... & Evers, C. H. M. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. STOWA.

AquaSense (2005). Monitoring van diatomeeën in vennen in het waterschap 'De Dommel' 2004. In opdracht van: Gemeenschappelijk Waterschaps Laboratorium (GWL). Rapportnummer: 2005.1841-5a.

Friedrich, G., & Herbst, V. (2004). Eine erneute Revision des Saprobiensystems-weshalb und wozu?. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 32(1), 61-74.

Lamberigts, M., Van Maanen, B & Pex, B. (2003). De vennen op de Beegderheide: diatomeeën, macrofauna en waterkwaliteit. *Natuurhistorisch Maandblad*, 92(5), 112-125.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, 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>

Round, F. E. (1990a). Diatom communities-their response to changes in acidity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 327(1240), 243-249.

Round, F. E. (1990b). The effect of liming on the benthic diatom populations in three upland Welsh lakes. *Diatom research*, 5(1), 129-140.

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.

Van Dam, H. & Mertens, A. (2015). Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014: temperatuur; hydrologie, chemie, kiezelwieren. In opdracht van: Provincie Drenthe, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap De Dommel en AQUON. Rapport nr 1303. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 123p.

Van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1), 117-133.

Van Dam, H., & Mertens, A. (1990). Lange-termijnonderzoek naar verzuring van vennen. *De levende natuur*, 91(4), 184-191.

Verberk, W. C. E. P., Verdonschot, P. F. M., Haaren, T. V., & Maanen, B. V. (2012). Milieu-en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwater-macrofauna. STOWA.