

NOTITIE KIWK

Maatreguleffectiviteit plasherstel

Algenrespons op mosselfilter in de Linievijver



Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Guido Waajen en Piet Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Augustus 2021

Auteurs

Gea van der Lee, Ralf Verdonshot, Guido Waajen en Piet Verdonshot (*correspondentie: gea.vanderlee@wur.nl*)

Opdrachtgever

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Waterschap de Brabantse Delta

Projectgroep

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

Wijze van citeren

van der Lee G.H., Verdonshot R.C.M., Waajen, G. en Verdonshot P.F.M. (2021). Maatregелеffectiviteit plasherstel: Algenrespons op mosselfilter in de Linievijver. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 13 pp.

Trefwoorden

Linievijver, algen, plasherstel, nutriënten

Beeldmateriaal

Guido Waajen - Waterschap de Brabantse Delta

DOI: <https://doi.org/10.18174/551443>

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	4
2.3 Data-analyse	4
3 Resultaten	7
3.1 Algemene trends	7
3.2 PCA ordinatie en cluster analyse	9
3.3 PRC analyse	10
4 Conclusies	11
5 Literatuur	12
6 Supplement	13

Samenvatting

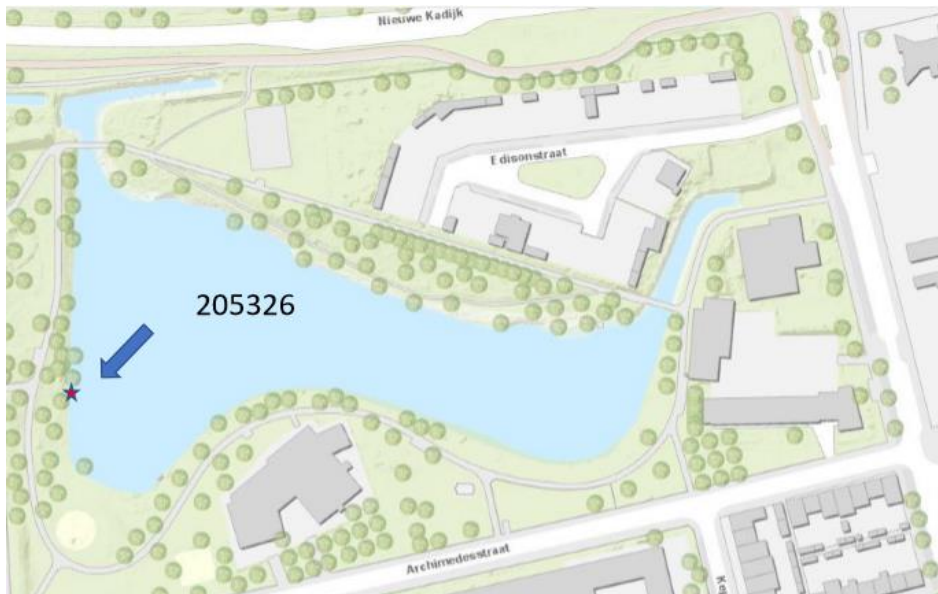
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document wordt de effectiviteit van een mosselfilter op de algenrespons in de Linievijver geanalyseerd. Op basis van de chlorofyl-*a* en nutriënten concentraties en het aandeel blauwalgen (Cyanophyta) in de fytoplanktonmonsters kan worden geconcludeerd dat er een tijdelijke vermindering in eutrofiëring was tijdens de periode (2014-2016) waarin het mosselfilter werkzaam was. De analyse van de fytoplanktongemeenschap laat een verdeling in drie groepen over de tijd zien, waarbij er ook verschillen zijn tussen verschillende jaren dat het mosselfilter niet actief was. Door het verschil in de fytoplanktongemeenschap voor en nadat het mosselfilter actief, komt de verbetering niet goed naar voren in de trendanalyse met de Principal Response Curve methode. Fytoplankton heeft echter een zeer korte levensduur waardoor algenbloei zeer variabel kan zijn over tijd. Zeer frequente metingen van (blauwalgen) chlorofyl-*a* concentraties geven mogelijk efficiënter inzicht in de maat van algen bloeien en daarmee eutrofiëring over tijd dan moment opnames van de fytoplanktongemeenschap in plassen en meren. Een nadeel is echter dat met het gebruik van chlorofyl-*a* concentraties niet naar het effect van eutrofiëring op hogere planten, andere algen (benthisch) en dieren gekeken wordt. Deze andere organismen kunnen tevens als indicator dienen voor langere termijn processen, waarvoor fytoplankton minder geschikt is.

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 een pakket van de mosselfilter op de algenrespons in de Linievijver geanalyseerd.

De Linievijver is een stadsvijver in Breda van 0.011 km² groot, met een zandbodem bedekt met een sliblaag (KRW watertype M11; Figuur 1). In het voorjaar van 2013 zijn 800 kunststof kratten, die begroeid waren met quagga mosselen (*Dreissena rostriformis bugensis*) aangebracht in de afgesloten stadsvijver. In de zomer van 2013 bleek dat de meeste mosselen waren afgestorven. In het voorjaar van 2014 zijn aanvullend 800 met mosselen begroeide kratten op een andere locatie in de proefvijver aangebracht. In de jaren 2014-2016 was het mosselfilter levend en effectief, maar sinds begin 2017 is de hoeveelheid levende mosselen al flink verminderd en het filter is verder afgestorven gedurende 2017.

A



B



C)



Figuur 1: A) Kaart van de Linievijver met algenmonsterpunt. B) Foto van het plaatsen van de mosselkratten, 2 april 2013. C) Foto van de Linievijver, 22 juli 2013. (Bron: Guido Waajen - Waterschap de Brabantse Delta).

2 Materiaal en methoden

2.1 Metingen

Het fytoplankton is sinds 2000 op 1 locatie in de vijver bemonsterd (Figuur 1; Tabel 1; data afkomstig van Waterschap de Brabantse Delta). Per jaar zijn er 3-4 monsters genomen tussen juni en september en een beperkt aantal in de overige maanden (Tabel 2). In 2011 in deze periode is alleen in september bemonsterd. Voor de vergelijkbaarheid zijn in deze analyse alleen de monsters tussen juni en september meegenomen.

Tabel 1: Overzicht van de algenmonsterlocatie.

Naam	Code	Coördinaten	Metingen
Linievijver	205326	51.59976, 4.78216	2000, 2004, 2011, 2013-2018

Tabel 2: Overzicht van het aantal monsters dat per maand is genomen over de verschillende jaren en het aantal jaren dat iedere maand is bemonsterd.

Jaar	Maanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000						1	1	1	1	2	1	
2004			1	1	1	1		1	1	1		
2011	2		1	1	1				1	1	1	
2013						1	1	1				
2014						1	1	1	1			
2015						1	1	1				
2016						1	1	1	1			
2017						1	1	1	1			
2018		1				1	1	1	1			
Totaal	1	1	2	2	2	8	7	8	7	3	2	0

2.2 Taxonomische afstemming

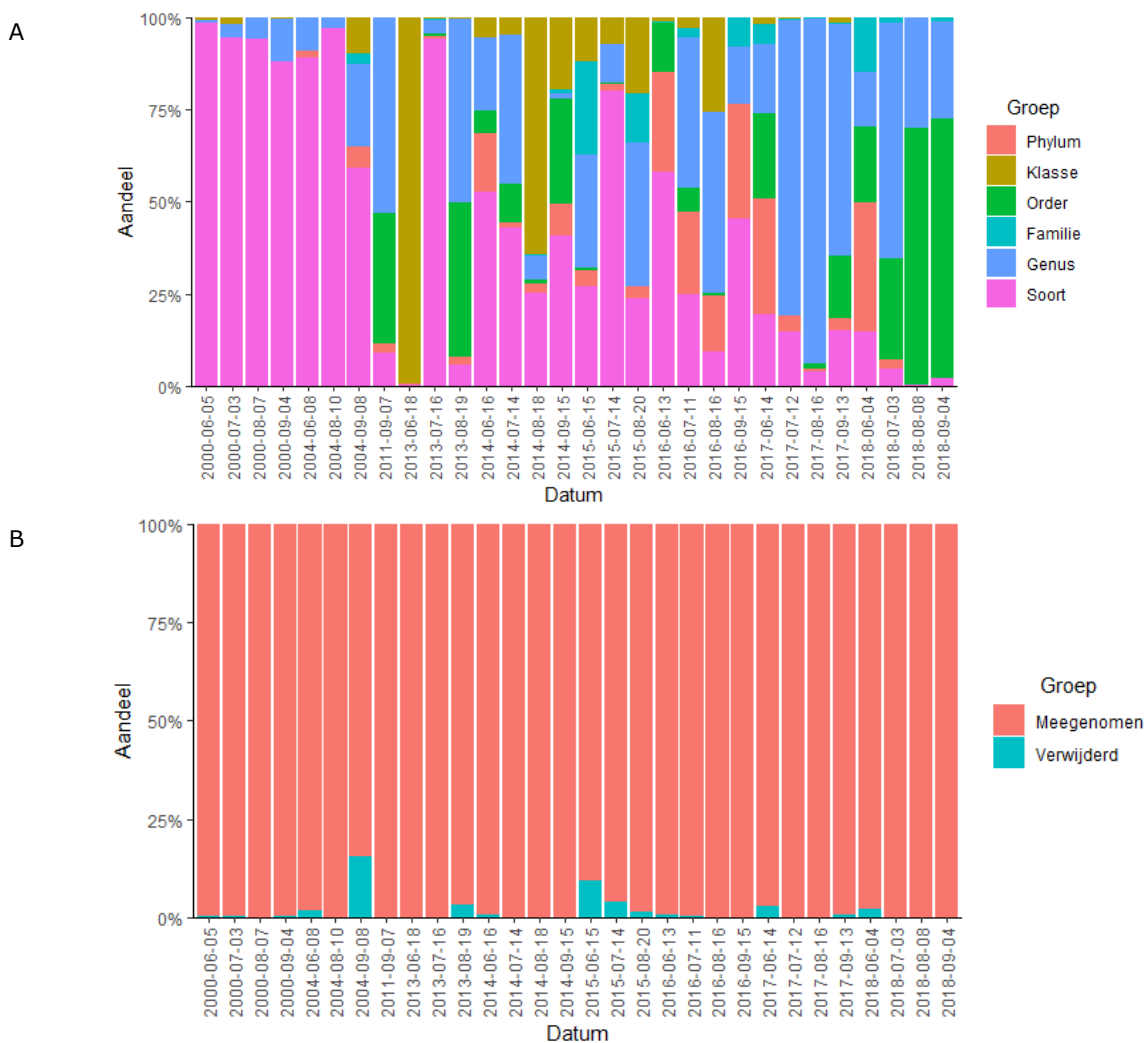
De taxonomische lijsten, afkomstig uit verschillende jaren en van verschillende locaties, laten verschillen zien in taxonomische niveaus (Figuur 2A). Vooral in 2000 en 2004 is een groot aandeel van het monster op soort gedetermineerd, terwijl in latere jaren een groter aandeel van het monster tot op genus of een lager taxonomisch niveau is gedetermineerd. 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. Alle variëteiten zijn op soortniveau meegenomen. 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 of lager taxonomisch niveau voorkomt echter hoog was, is de data geaggregeerd op dat niveau. Voor Chlorophyta, Chroococcales en Chrysophyceae zijn naast de soorten ook de gehele groep meegenomen. Maximaal 20% van de gegevens is verwijderd (Figuur 2B).

2.3 Data-analyse

Er is eerst een gemiddelde abundantie per taxa per jaar berekend, waarna de gemiddelde abundantie is gestandaardiseerd naar een relatief aandeel per jaar. De gemiddelde relatieve abundantie is daarna $\log_{10}(x+1)$ getransformeerd om het effect van hoge dichtheden te verminderen en de rol van laag-abundante soorten te vergroten. Allereerst hebben we de monsters puntsgewijs geclusterd volgens de *k-means* clustering methode. Het optimale aantal clusters is gekozen doormiddel van de *silhouet* analyse met een maximum van 4 clusters (Kassambara 2017). Per cluster hebben we de indicatorsoorten bepaald op basis van de getrouwheid en de relatieve abundantie binnen de groep (Dufrière & Legendre 1997). We zijn hier uitgegaan van indicatorsoorten met $p < 0.05$. De indicatiewaarde geeft aan in hoeverre een taxa gerelateerd is aan een bepaald cluster. De indicatorsoorten hebben we vergeleken met de optimumcurves van de fytoplanktongenera volgens de *Plankton trophic index* (Phillips et al. 2012). Daarna hebben we de

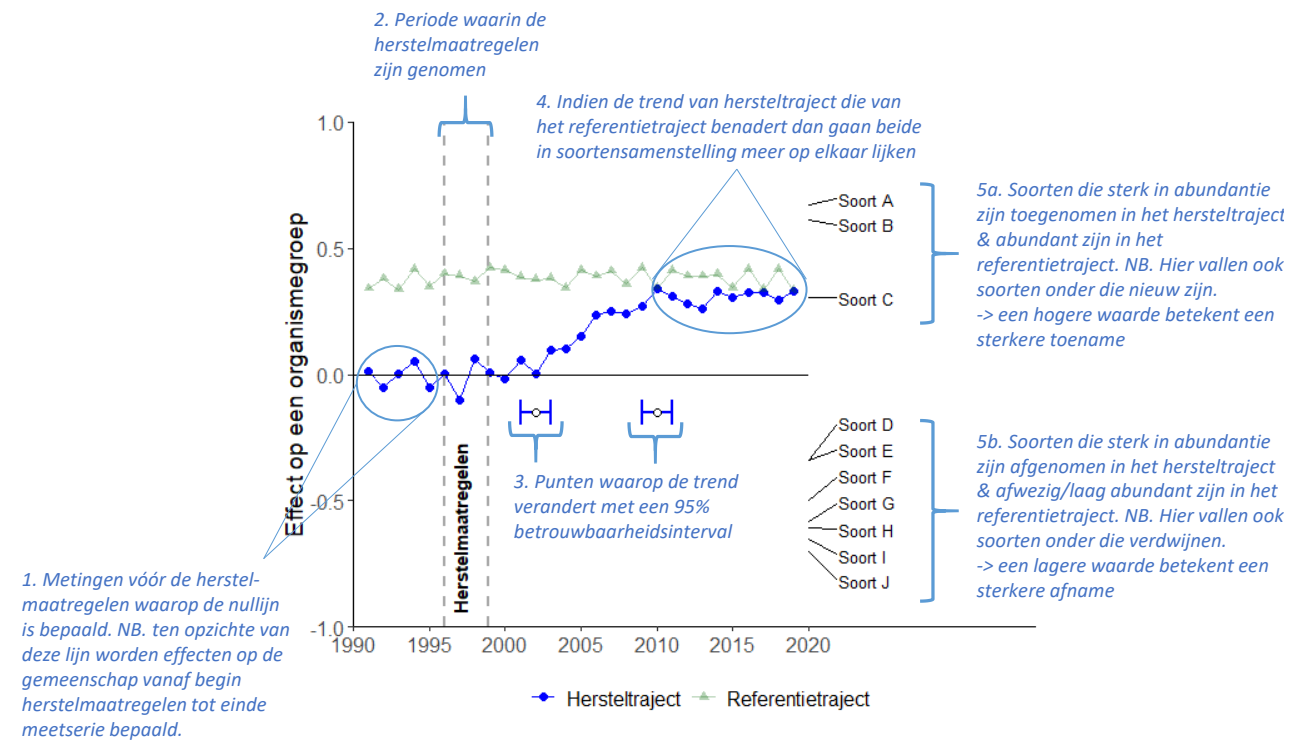
data doormiddel van een Principale-ComponentenAnalyse (PCA) geplot om de patronen in de algengemeenschap tussen de jaren weer te geven.

Vervolgens hebben we de data ook 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 uitvoering van de herstelmaatregelen in de periode 2000 – 2014 op de y-as. Er zijn te weinig datapunten om vervolgens een 'change point analysis' toe te passen, dus hebben we de grafiek '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 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. Alle analyses zijn gedaan in R (versie 3.6.3) met softwarepakketten *vegan* (Oksanen et al. 2019) en *factoextra* (Kassambara & Mundt 2020).



Figuur 2: A) Aandeel algencellen dat op verschillende taxonomische niveaus is gedetermineerd. B) Aandeel algencellen dat door de afstemming is verwijderd.

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 'change point 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).

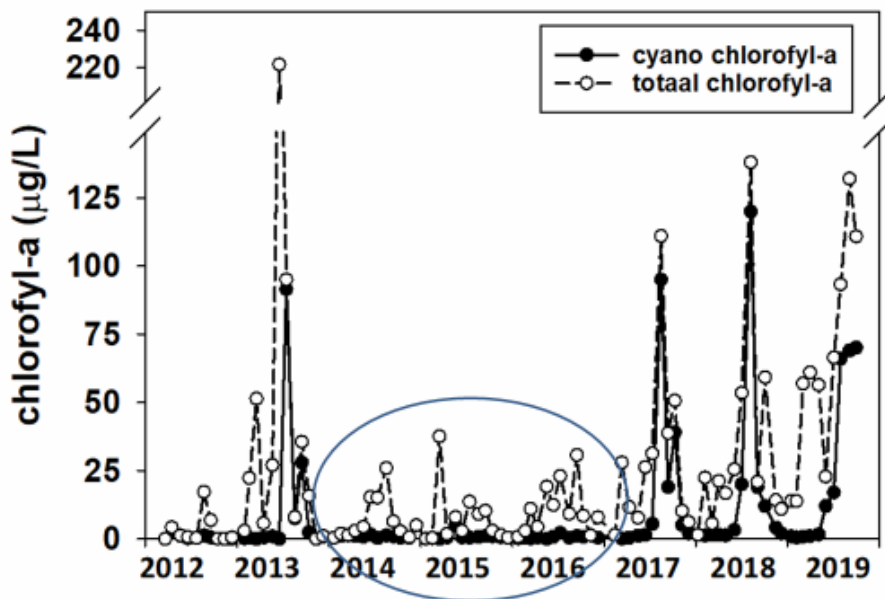
De analyse kan in principe ook worden gedaan met alleen een BA- of CI-ontwerp. Bij een BA-ontwerp is het echter niet uit te sluiten of de veranderingen door de herstelmaatregelen worden veroorzaakt of in het hele gebied hebben plaatsgevonden. Bij een CI design moet de nullijn worden bepaald op basis 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

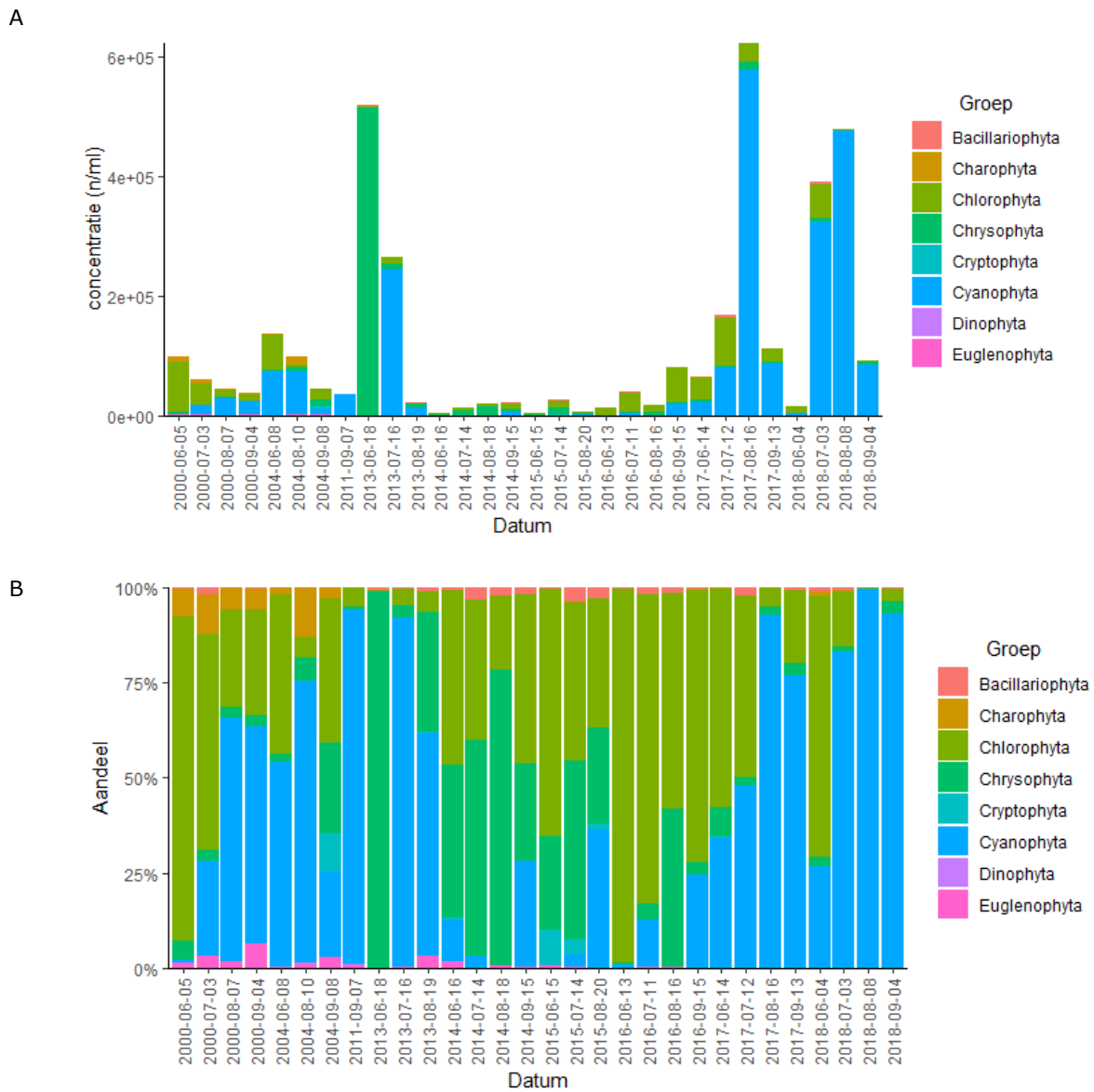
3.1 Algemene trends

Tijdens de periode (2014-2016) waarin het mosselfilter werkzaam was, is een duidelijke afname in de totaal en blauwalgen chlorofyl-a concentraties gemeten (Figuur 3). Na het afsterven van het filter (vanaf mid-2017) zijn de chlorofyl-a concentraties weer min of meer terug bij de uitgangssituatie. Ook zijn enkele waterkwaliteitsvariabelen in de periode 2014-2017 (met actief mosselfilter) significant in omvang gedaald t.o.v. de periode 2008-2013 (geen actief mosselfilter), zoals de concentraties totaal fosfor en totaal nitraat (Supplement Tabel S1).

De concentratie blauwalgen cellen in de fytoplanktonmonsters laten ook een duidelijke afname in blauwalgen (Cyanophyta) zien tussen 2014 en 2016 (Figuur 4A). Na het afsterven van het filter (vanaf mid-2017) nemen de blauwalg concentraties weer sterk toe. Blauwalgen domineren vaak onder eutrofe omstandigheden, met name in meren met een chlorofyl-a > 10 µg/L (Phillips et al. 2003, Ptacnik et al. 2008). Ook op basis van de relatieve abundantie is zichtbaar dat de blauwalgen (Cyanophyta) zijn afgenomen in de periode dat het mosselfilter actief was (Figuur 4B). Groene algen (Chlorophyta) en Cryptophyta zijn gedurende deze periode gaan domineren.



Figuur 3: Concentraties totaal en blauwalgen-chlorofyl-a. Het mosselfilter was actief van 2014-2016 (aangegeven met blauwe cirkel).



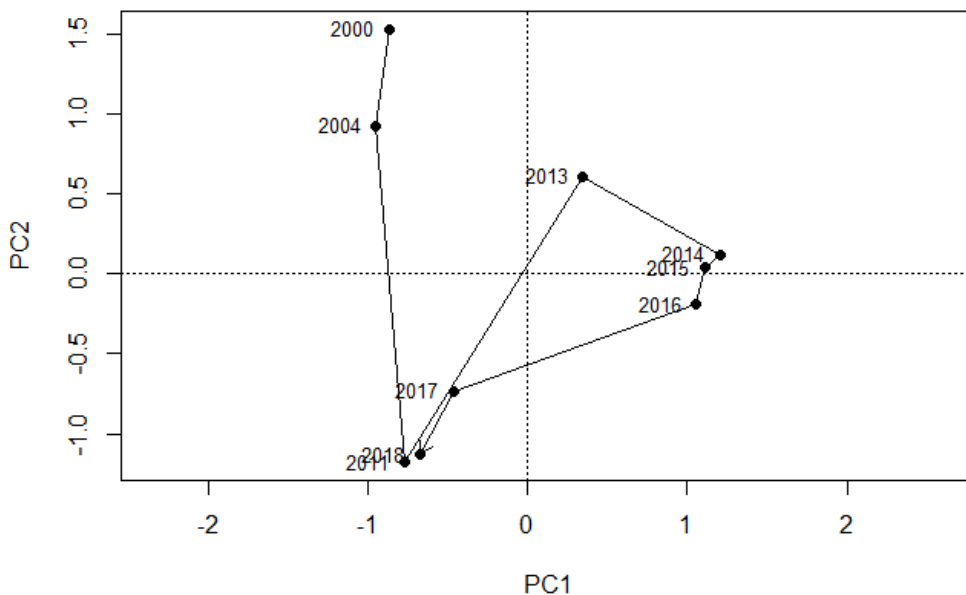
Figuur 4: Voorkomen verschillende groepen in A) absolute concentraties en B) aandeel van het monster

3.2 PCA ordinatie en cluster analyse

De clustering van de fytoplanktongemeenschap laat een verdeling in drie groepen over de tijd zien (Tabel 2). Cluster 1 bestaat uit de jaren 2000 en 2004, cluster 2 uit de jaren 2011, 2017 en 2018 en cluster 3 uit de jaren 2013-2016. De PCA ordinatie laat hetzelfde patroon tussen de jaren zien als de cluster analyse met een nuance voor 2013 (Figuur 5). De pijl beweegt naar beneden op de tweede PC-as tussen 2004 en 2011. Vervolgens beweegt de pijl iets naar rechts op de eerste PC-as in 2013 (het jaar dat de mosselen waren aangebracht, die weer zijn afgestorven). De jaren 2014-2016 bevinden zich nog verder naar rechts op de eerste PC-as en de algengemeenschap is zeer vergelijkbaar in deze jaren (met actief mosselfilter). In 2017 (aantal levende mosselen sterk verminderd) en 2018 (mosselfilter volledig afgestorven) is de pijl weer terug bij de situatie in 2011. Er zijn dus in feite twee verschillende trends zichtbaar, waarbij de trend over de eerste PC-as overeen lijkt te komen met de aanwezigheid van het mosselfilter. De oorzaak van de verschuiving langs de tweede as is onbekend. In Tabel 3 staan de taxa die specifiek gerelateerd zijn aan de drie clusters. Van de helft van deze taxa zijn echter geen optimumcurves bekend.

Tabel 2: Overzicht van clustering van de jaren.

Jaar	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
2000	x		
2004	x		
2011		x	
2013			x
2014			x
2015			x
2016			x
2017		x	
2018		x	



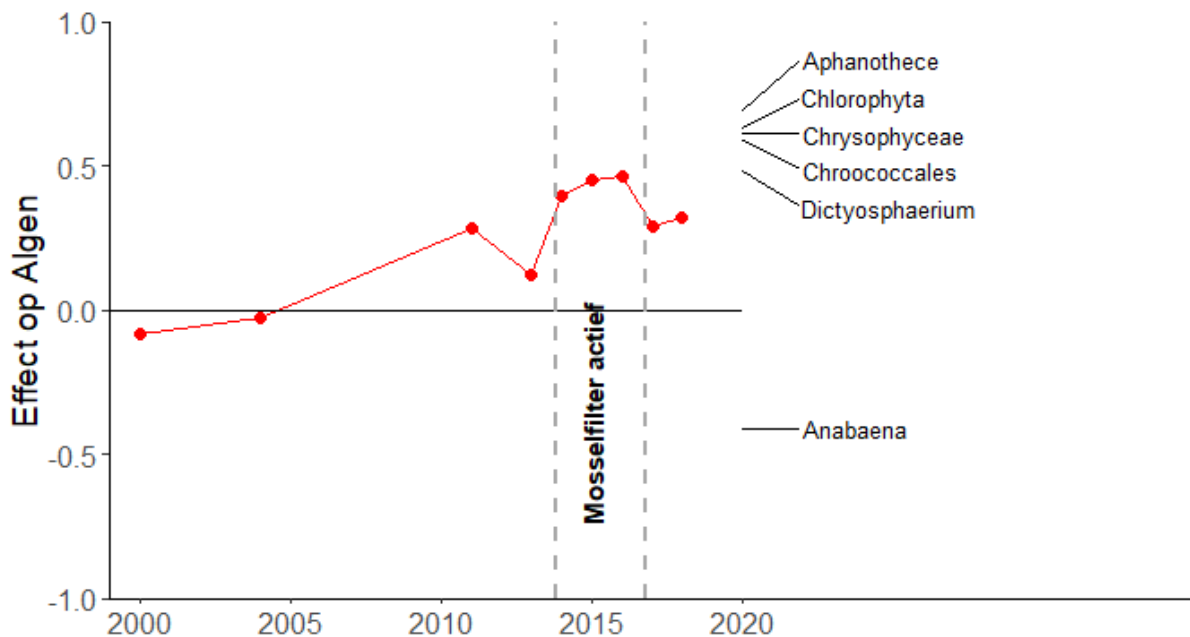
Figuur 5: Ordinatie (PCA) van de gemiddelde algengemeenschap per jaar door de tijd aangegeven met een pijl.

Tabel 3: Overzicht van taxa die indicatief zijn voor de groepen uit tabel 2. De Indval-waarde (indicatiewaarde) geeft aan in hoeverre een taxon gerelateerd is aan een bepaald cluster, de p-waarde geeft de waarschijnlijkheid van het verkrijgen van een even hoge indicatorwaarden als waargenomen over de gespecificeerde iteraties en de frequentie geeft het voorkomen in de verschillende monsters in een cluster. De indicatorsoorten hebben we vergeleken met de optimumcurves van de fytoplanktongenera volgens de Plankton trophic index (Phillips et al. 2012). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

Taxa	cluster	Indval-waarde	p-waarde	Frequentie	Tolerantie TP ($\mu\text{g}/\text{L}$)		
					Gemiddeld	Minimum	Maximum
<i>Crucigeniella pulchra</i>	1	1.00	0.033	2	22	12	40
<i>Nephrocytium</i>	1	1.00	0.033	2	13	8	21
<i>Staurodesmus</i>	1	1.00	0.041	2	9	6	13
<i>Planktothrix agardhii</i>	1	0.97	0.038	3	50	28	88
<i>Closterium</i>	1	0.95	0.043	8	32	19	54
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	1	0.94	0.034	3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Desmodesmus armatus</i>	1	0.93	0.044	6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Pleurochloridaceae	1	0.57	0.031	9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Aphanothece</i>	2	0.82	0.026	5	22	15	33
Chroococcales	2	0.75	0.019	6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Pseudopedinella</i>	3	1.00	0.014	4	10	6	15
Chrysophyceae	3	0.97	0.01	5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Monomastix</i>	3	0.81	0.031	7	13	8	21
Coscinodiscophyceae	3	0.68	0.042	8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.3 PRC analyse

Wanneer we, gebruik makend van een PRC-analyse, de algengemeenschap uitzetten in de tijd tegen de mediaan van de gemeenschap in de periode voordat het mosselfilter actief was, is het verschil tussen het tweede en derde cluster minder goed zichtbaar (Figuur 6). Deze analyse methode lijkt minder geschikt wanneer de verandering niet rechtlijnig is, maar in feite over twee assen plaatsvindt (Figuur 5).



Figuur 6: Verandering in de algengemeenschap in de Linievijver ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap voordat het mosselfilter actief was en gepresenteerd volgens de zogeheten Principal Response Curve. 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.

4 Conclusies

De afname in de totaal en blauwalgen chlorofyl-a en nutriëntenconcentraties tijdens de periode (2014-2016) waarin het mosselfilter werkzaam was, duidt op een tijdelijke vermindering in eutrofiëring. Ook het aandeel blauwalgen (Cyanophyta) in de fytoplanktonmonsters is gedurende deze periode sterk afgenomen. Blauwalgen domineren vaak onder eutrofe omstandigheden. De analyse van de fytoplanktongemeenschap laat een verdeling in drie groepen over de tijd zien, waarbij er ook verschillen zijn tussen verschillende jaren dat het mosselfilter niet actief was. De oorzaak van deze verschuiving is onbekend. Door het verschil in de fytoplanktongemeenschap voor en nadat het mosselfilter actief is, komt de verbetering niet goed naar voren in de trendanalyse met de Principal Response Curve methode. Fytoplankton heeft echter een zeer korte levensduur waardoor algen bloeien zeer variabel kunnen zijn over tijd. Zeer frequente metingen van (blauwalgen) chlorofyl-a concentraties geven mogelijk efficiënter inzicht in de maat van algen bloeien en daarmee eutrofiëring over tijd dan moment opnames van de fytoplanktongemeenschap in plassen en meren. Een nadeel is echter dat met het gebruik van chlorofyl-a concentraties niet naar het effect van eutrofiëring op hogere planten, andere algen (benthisch) en dieren gekeken wordt. Deze andere organismen kunnen tevens als indicator dienen voor langere termijn processen, waarvoor fytoplankton minder geschikt is.

5 Literatuur

- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.
- Kassambara, A. & Mundt, F. (2020). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kassambara, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning* (Vol. 1). Sthda.
- 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>
- Phillips, G., Lyche-Solheim, A., Skjelbred, B., Mischke, U., Drakare, S., Free, G., ... & Carvalho, L. (2013). A phytoplankton trophic index to assess the status of lakes for the Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 704(1), 75-95.
- Ptácnik, R., Lepistö, L., Willén, E., Brettum, P., Andersen, T., Rekolainen, S., ... & Carvalho, L. (2008). Quantitative responses of lake phytoplankton to eutrophication in Northern Europe. *Aquatic Ecology*, 42(2), 227-236.
- 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.
- Zeileis, A., Kleiber, C., Kraemer, W., & Hornik, K. (2003). Testing and Dating of Structural Changes in Practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, 44, 109-123.

6 Supplement

Table S1: Gemiddelden van de concentraties van chlorofyl-**a** (Chl-**a**, $\mu\text{g L}^{-1}$; bepaald met FluoroProbe als som van 4 chlorofyl-**a** fracties, en spectrofotometrisch bepaald), blauwalgen chlorofyl-**a** (cyano chl-**a**, $\mu\text{g L}^{-1}$; bepaald met FluoroProbe), troebelheid (FTU), totaal fosfor (TP, mg P L^{-1}), ortho-fosfaat (OP, mg P L^{-1}), totaal stikstof (TN, mg N L^{-1}), nitraat (NO_3^- , mg N L^{-1}), pH en zwevende stof (mg L^{-1}). Weergegeven zijn de resultaten van de metingen in de periode vóór aanwezigheid van een levend mosselfilter (2008-2013, tenzij anders aangegeven) en tijdens aanwezigheid van een levend mosselfilter (2014-2017). Tussen haakjes is bij de gemiddelden de standaarddeviatie gegeven. Vet gedrukt betekent significant verschil voor en na maatregelen ($P < 0,05$).

summer (Apr-Sep)	before (2008-2013)	after (2014-2017)
Chlorophyll-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	40.1 (± 48.2)	12.2 (± 8.6)
Cyanobacterial chlorophyll-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	11.2 (± 26.5)*	0.8 (± 0.5)
Turbidity (FTU)	9.2 (± 12.2)**	3.0 (± 2.2)
TP (mg P L^{-1})	0.15 (± 0.10)	0.07 (± 0.03)
o-P (mg P L^{-1})	0.02 (± 0.02)	0.02 (± 0.01)
TN (mg N L^{-1})	1.63 (± 0.65)	0.88 (± 0.25)
NO₃⁻ (mg N L^{-1})	0.11 (± 0.18)	0.03 (± 0.04)
pH	8.3 (± 0.7)	7.6 (± 0.3)
Suspended solids (mg L^{-1})	16 (± 15)	3 (± 2)

(bold = significant, < 0.05)
*2012-2013, **2010-2012