



Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014

temperatuur, hydrologie, chemie, kiezelwieren

Natuur
Water *Herman van Dam*

Monitoring herstel verzu- ring en klimaatverandering vennen 1978-2014

temperatuur, hydrologie, chemie, kiezelwieren

**[Monitoring recovery of acidification and effects of
climate change in shallow soft water lakes in The
Netherlands: Temperature, hydrology, chemistry,
diatoms]**

in opdracht van	Provincie Drenthe, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap De Dommel, AQUON	
auteurs	H. van Dam (Adviseur Water en Natuur), A. Mertens (Grontmij)	
namens opdrachtgevers	E. Dijk, I. Bogerd-Spijkerboer, M. Scheepens, J. van der Wal	
rapportnummer	code opdrachtgever	status
AWN 1303	201400546-00413022, EXPL007164, 505570	definitief
datum	7 december 2015	

Referaat

H. van Dam & A. Mertens (2015). Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014: temperatuur; hydrologie, chemie, kiezelwieren [Monitoring recovery of acidification and effects of climate change in shallow soft water lakes in The Netherlands: Temperature, hydrology, chemistry, diatoms]. 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 1978 tot en met 2014 zijn in elf vennen regelmatig waarnemingen van chemie van het oppervlaktewater en diatomeeën (kiezelwieren) verricht, om de effecten van verminderde verzurende depositie te kunnen volgen. De gegevens zijn verwerkt, samen met waarnemingen uit dezelfde vennen vanaf 1916.

De pH, de alkaliniteit en het gehalte aan oplosbare organische koolstof van de vennen zijn gestegen en de concentraties van o.a. sulfaat, ammonium en het toxische aluminium zijn sterk afgenomen, wat een positieve invloed heeft op de kiezelwierensoortensamenstelling. De toestand van voor de sterke verzuring is echter (nog) niet bereikt. Tot ongeveer 2000 gingen deze veranderingen vrij snel, daarna veel langzamer. Er treedt echter (nog steeds) interne eutrofiëring op door mobilisatie van nutriënten uit de onderwaterbodem, wat gefaciliteerd wordt door de temperatuurstijging door klimaatverandering.

Het project heeft in de loop der jaren voortdurend nieuwe inzichten opgeleverd in het functioneren van vennen, zoals de interne eutrofiëring en de invloed van de gestegen watertemperatuur, maar ook de betekenis van de morfometrie voor de zwavel- en stikstofhuishouding van de vennen, die weer direct invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfaat. De chlorideconcentratie is door nog onbekende oorzaken sinds 1978 meer dan gehalveerd. Vennen kunnen nog steeds groeien: op één locatie is de gemiddelde waterstand de laatste 15 jaar met 3 dm gestegen.

De verzamelde gegevens zijn zeer geschikt als referentie voor vennen waarin in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) beheersmaatregelen worden uitgevoerd en om fundamenteel inzicht te krijgen in de effecten van langdurig te hoge stikstofdeposities.

Het voortbestaan van het meetnet is zeer ongewis, doordat er geen duidelijke probleemeigenaar is. Voor de provincies is hier een duidelijke voorttrekkersrol weggelegd.

Trefwoorden: vennen, atmosferische depositie, luchtverontreiniging, waterstand, hydrologie, droogte, chemie, stikstof, zwavel, temperatuur, kiezelwieren, diatomeeën, klimaatverandering, verzuring, eutrofiëring, herstel, EKR, ecologische kwaliteit, monitoring, rapportagegrenzen, detectiegrenzen, bemonsteringsmethoden, PAS, Programmatische Aanpak Stikstof

Synopsis

H. van Dam & A. Mertens (2015). Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014: temperatuur; hydrologie, chemie, kiezelwieren [Monitoring recovery of acidification and effects of climate change in shallow soft water lakes in The Netherlands: Temperature, hydrology, chemistry, diatoms]. Commissioned by: Provincie Drenthe, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap De Dommel and AQUON. Report nr 1303. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 123p.

Observations of chemistry and diatoms have been conducted in surface water of 11 Dutch isolated shallow soft water seepage lakes, from 1978 through 2014 in order to retrieve the effects of the decrease of atmospheric acid deposition. The data are processed along with historical data from the same lakes, dating back to 1916.

pH, alkalinity and concentrations of dissolved organic carbon in the lakes have increased and concentrations of substances, including sulphate, ammonium and toxic aluminium have decreased strongly, which has a positive impact on quality of the species composition of diatom assemblages. Acidification indicators (*Eunotia exigua*) are decreasing and low alkalinity species (e.g. *Tabellaria flocculosa*) are increasing.

However, the pre-acidification status is (still) not restored. Until the year 2000 the changes occurred fairly rapidly, but more slowly later on. In these shallow lakes (maximum depth about 2m) processes in the water bottom have a large impact on surface water chemistry. The increase of pH and alkalinity facilitate nutrient releasing processes like sulphate reduction and denitrification, causing (internal) eutrophication of the lake water. These processes are enhanced by the increase of the water temperature by 2 degrees C. In the more recent samples diatoms of eutrophic acid waters (e.g. *Eunotia naegelii*) and even acid waters loaded with decomposing organic material (*Nitzschia paleaeformis*) are appearing.

In the course of time the project has given new insights in the functioning of these shallow lakes, like the internal eutrophication and the impact of the increased water temperature and the significance of lake morphometry for the sulphur and nutrient cycles. Sulphur compounds and nutrients are accumulated more efficiently in the permanent submerged bottoms of the lakes with steep slopes than in the bottoms of lakes with weak slopes, which are (partly) exposed to the atmosphere in (extremely) dry years, occurring once in about 6-10 years. The chloride concentration in the rain water fed lakes has been more than halved since 1978, maybe by changes in atmospheric circulation patterns and/or decreases of industrial emissions. In one of the lakes the water level increased by 15 cm over 30 years, probably by the growth of the underlying placic horizon.

The data from these lakes are suitable as reference values in similar lakes, where in the framework of the National Nitrogen Action Plan measures are taken to reduce the impact of nitrogen on biocommunities and to get insight in the effects of long-term exposure to nitrogen stress. However, the continuation of the monitoring program is very uncertain.

Keywords: shallow soft water lakes, moorland pools, atmospheric deposition, air pollution, water level, hydrology, drought, chemistry, nitrogen, sulphur, acidification, temperature, climate change, diatoms, internal eutrophication, recovery, Ecological Quality Ratio (EQR), monitoring, detection limits, sampling methods,

Inhoud

Samenvatting en conclusies	1
1. Inleiding	7
2. Locaties	9
2.1. Intensief bemonsterde vennen.....	9
2.2. Extensief bemonsterde vennen.....	14
3. Weer, klimaat en depositie	21
3.1. Temperatuur en neerslagoverschot	21
3.2. Atmosferische depositie	23
4. Fysische en chemische gegevens	27
4.1. Methoden	27
4.1.1. Waterstand.....	27
4.1.2. Temperatuur	28
4.1.3. Overige variabelen	28
4.2. Kwaliteit van de gegevens	30
4.3. Resultaten	31
4.3.1. Temperatuur	31
4.3.2. Waterstand.....	32
4.3.3. Chemische samenstelling	34
4.3.4. Chemische kwaliteit	43
5. Kiezelwieren	45
5.1. Methoden	45
5.1.1. Veld en laboratorium.....	45
5.1.2. Verwerking	46
5.2. Resultaten	50

5.2.1. Alle vennen	50
5.2.2. Intensief bemonsterde vennen	58
5.2.3. Vergelijking bemonsteringsmethoden.....	64
6. Hoe verder?	67
7. Dankwoord	71
8. Literatuur	73
8.1. Algemene literatuur	73
8.2. Determinatieliteratuur kiezelwieren	78
Bijlagen	81
Bijlage 1. Fysische en chemische methoden 2011-2014	83
Bijlage 2. Fysische en chemische gegevens 1919-2014	85
Bijlage 3. Waterstanden 2011-2014	87
Bijlage 4. Waterstanden 1979-2014	89
Bijlage 5. Analyse verschillen waterchemie Gerritsfles.....	91
Bijlage 6. Jaarlijkse veranderingen waterchemie	93
Bijlage 7. Uitslagen Friedmantoets voor geselecteerde waterchemische gegevens.....	95
Bijlage 8. Indeling ecologische indicatiegetallen kiezelwieren	97
Bijlage 9. Kiezelwierenmonsters 2011-2014	99
Bijlage 10. Analyses kiezelwieren 2011-2014	101
Bijlage 11. Ecologische indicatiewaarden en ecologische groepen Gerritsfles 2011-2014.....	103
Bijlage 12. Overzicht van alle bestudeerde monsters 1916 - 2014	105
Bijlage 13. Alle kiezelwierentellingen 1916 - 2014	107
Bijlage 14. Tijdreeksen van de kiezelwieren van de intensief bemonsterde vennen 1916-2014	109
Bijlage 15. Tijdreeksen van de kiezelwieren van de extensief bemonsterde vennen 1917-2014	111
Bijlage 16. Overzicht van alle aangetroffen taxa 1916 - 2014 .	112
Bijlage 17. Veranderingen ecologische groepen extensief bemonsterde vennen 1917-2010	115
Bijlage 18. Belangrijkste resultaten ordinatie alle vennen 1916- 2014	117
Bijlage 19. Belangrijkste resultaten ordinatie intensief bemonsterde vennen 1916-2014	120

Samenvatting en conclusies

Aanleiding	Het behoud van de levensgemeenschappen in de Nederlandse vennen is vanwege hun grote bijdrage tot de biodiversiteit (inter)nationaal van belang. Door hun oorspronkelijke voedselarmoede zijn de vennen gevoeliger dan andere ecosystemen voor de effecten van grootschalige luchtverontreiniging. Dit uit zich in de lage kritische depositieniveaus, met name voor stikstofverbindingen. De invloed van atmosferische depositie heeft geleid tot een zeer sterke achteruitgang van de levensgemeenschappen in vennen. In de afgelopen dertig jaar zijn veel maatregelen genomen om de depositie van verzurende zwavel- en stikstofverbindingen te verminderen. Daarnaast is de gemiddelde temperatuur van het venwater in die periode door klimaatverandering ongeveer twee graden gestegen, wat een sterke (ongunstige) invloed heeft op de biogeochemische processen in de vennen.
Doel	Het doel van dit onderzoek is om in (vrijwel) uitsluitend door regenwater gevoede vennen de effecten van deze veranderingen te volgen op de chemie en de kiezelwieren (diatomeeën). Dat zijn eencellige algen die heel gevoelig zijn voor veranderingen in de zuurgraad en de voedselrijkdom van het water. De gegevens zijn niet alleen van belang voor de evaluatie van maatregelen tegen verzuring, maar ook als nulsituatie voor vennen waar beheersmaatregelen zijn of worden uitgevoerd, o.a. in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS).
Opzet	In drie vennen (Drenthe, Veluwe, Brabant) zijn van 1978 tot en met 2014 jaarlijks ten minste vier maal chemische monsters en twee maal kiezelwierenmonsters verzameld. Hier is ook het waterpeil meerdere malen per jaar gemeten. Daarnaast zijn in die periode elke vier jaar acht vennen bemonsterd, waarvan uit de periode 1916-1977 veel verspreide waterkwaliteitsgegevens bekend zijn. Ze vormen een goede doorsnede van de geïsoleerde en verzuurde vennen in Nederlandse natuurgebieden, die nauwelijks worden beïnvloed door directe aanvoer van meststoffen door landbouw, vogelkolonies en dergelijke. Het beheer van de meeste van deze vennen is de laatste jaren relatief weinig veranderd.
Rapportage	In dit rapport worden de veranderingen in het waterpeil en de kwaliteit tussen 1916 en 2014 zichtbaar gemaakt en in relatie gebracht met ver-

anderingen in de depositie van verzurende en vermestende stoffen, de temperatuur en de neerslaghoeveelheid. Er wordt ingegaan op de te hoge detectiegrenzen van verschillende chemische variabelen en de verschillen tussen bemonsteringsmethoden van de kiezelwieren worden geanalyseerd. De resultaten van de metingen van 1916 tot en met 2014 worden gepresenteerd en het toekomstperspectief van de monitoring wordt beschreven.

Temperatuur, neerslagoverschot en waterstand

De gemiddelde luchttemperatuur is tussen 1985 en 2005 met ongeveer twee graden gestegen. De gemiddelde venwatertemperatuur is vooral tussen 1985 en 1995 evenveel gestegen. De toename van de jaarlijkse neerslag sinds 1980 wordt gemiddeld precies gecompenseerd door de verdamping, zodat het neerslagoverschot niet is veranderd. Ongeveer eens per zeven jaar zijn er (zeer) droge zomers waarbij de venbodems gedeeltelijk droogvallen. In het Achterste Goorven zijn het peil en de jaarlijkse amplitude daarvan sinds het minder fluctuerende peil in het aangrenzende Voorste Goorven na de in 1995 getroffen maatregelen met enkele centimeters afgenomen. Sinds 2000 is de gemiddelde waterstand van de Gerritsfles ongeveer 3 dm gestegen, mogelijk door een toename van de gemiddelde neerslag op de Veluwe, waardoor de dunne ondoorlatende ijzerlaag onder het ven zich nog steeds uitbreidt.

Chloride

Tussen 1978 is de concentratie van het biologisch vrijwel inerte chloride in het venwater meer dan gehalveerd, parallel met de daling in het regenwater. De oorzaak van deze daling is niet duidelijk: misschien komt dit door veranderingen in het neerslagpatroon. Ook kan de sterk afgenomen antropogene depositie een rol spelen.

Veranderingen in waterchemie door verzuring

Door verzuring van de onderzochte vennen als gevolg van atmosferische depositie van zwavel- en stikstofverbindingen was de zuurgraad van de onderzochte vennen in de loop van de twintigste eeuw sterk toegenomen (de pH was gedaald van waarden rond 6, tot waarden beneden 4). Niet alleen de sulfaat- en ammoniumconcentraties waren hierdoor sterk verhoogd, maar ook de concentraties van het voor veel waterorganismen giftige aluminium. Heel belangrijk was ook de remming van de afbraak van organische stof, die door de aanwezige planten werd geproduceerd. Hierdoor werd de bodem van de vennen met een dikke modderlaag bedekt. Deze zuurstofarme modderlaag is rijk aan stikstof- en fosforverbindingen; noodzakelijke voedingsstoffen voor hogere planten en algen. Bovendien was er veel gereduceerd zwavel in opgeslagen.

Veranderingen in waterchemie door vermindering verzuring en stijging van de temperatuur

De reductie van emissies van verzurende stoffen sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw heeft geleid tot een aanzienlijke vermindering van de zure depositie. Daardoor zijn de concentraties van sulfaat en ammonium in de onderzochte vennen sterk gedaald. Bij het dalen van de sulfaatconcentraties steeg de pH (tot waarden boven 5), waardoor de oplosbaarheid van het voor veel waterorganismen giftige aluminium afnam. Verder kwam de afbraak van het in de bodem opgeslagen organisch materiaal weer op gang, door denitrificatie en zwavelreductie. Daarbij werd alkaliniteit geproduceerd, wat weer leidt tot een hogere pH. Dit is een proces van positieve terugkoppeling, waarbij het vrijkomen van het in de bodem opgeslagen fosfaat en stikstof tot (interne) eutrofiëring van de vennen leidt. De toegenomen afbraak van organisch materiaal en de verminderde binding van organische stof aan vrij aluminium veroorzaken een toename van de concentraties organische stof (DOC). Dit hele proces is nog eens versneld door de temperatuurstijging van twee graden.

	In grote lijnen hebben de grootste veranderingen zich voorgedaan in de periode 1978 – 2000. Daarna gaan de veranderingen slechts langzaam. In een plas als <u>Kliplo</u> zijn er echter vanaf 2006 nog grote veranderingen opgetreden.
Veranderingen in chemische kwaliteit	Voor de zomergemiddelden van totaal-fosfaat en totaal-stikstof is een toetsing aan de KRW-normen uitgevoerd. Tussen de regio's zijn er grote verschillen: van noord naar zuid verslechtert de kwaliteit, vooral voor totaal-stikstof. In Drenthe, op de Veluwe en in Brabant scoren respectievelijk 92, 86 en 77% van de metingen tussen 1978 en 2014 voldoende voor totaal-fosfaat. Voor totaal-stikstof zijn deze getallen 65, 75 en 43%. In Brabant is er sinds 2009 een opvallende verbetering van de kwaliteit voor totaal-stikstof, van overwegend matig, naar overwegend goed. Wellicht is hier een samenhang met de verminderde depositie.
Invloed van vorm van het ven op sulfaat en voedingsstoffen	In droge zomers vallen de oevers van vennen met flauw hellende oevers, zoals het <u>Achterste Goorven</u> (Brabant), droog en oxideren de in de bodem opgeslagen zwavelverbindingen, waardoor er tijdelijk een zure episode optreedt, met hoge sulfaatconcentraties. Doordat de nitrificatie dan ook geremd wordt kunnen ook hoge ammoniumconcentraties voorkomen. In de twintigste eeuw waren deze sulfaatpieken nog hoog, maar door afnemende verzuring en verminderde opslag van gereduceerd zwavel in de bodem zijn deze pieken in de huidige eeuw nauwelijks meer waarneembaar. Tijdens de perioden met hoge sulfaatgehalten is door wegzijging bij hoge waterstand veel zwavel uit dit type ven afgevoerd. Deze vennen zijn als het ware doorgespoeld. In vennen met steile oevers, zoals <u>Kliplo</u> (Drenthe), valt in droge zomers maar een zeer gering deel van de oevers droog. Dit ven heeft op het eerste gezicht nooit last gehad van verzuring: de toename van sulfaat, nitraat en ammonium in de depositie kon gemakkelijk worden opgevangen door toename van de sulfaatreductie en denitrificatie. De pH lag hier vrijwel altijd rond 5. Doordat zich hier nog veel meer zwavel in de bodem bevindt is hier, meer dan in de vennen met vlakke oevers, sprake van interne eutrofiëring. Dit soort vennen zijn zinkputten voor zwavel. De toegenomen beschikbaarheid van voedingsstoffen uit zich o.a. in het optreden van bloei van groenwieren. Ook in andere Drentse vennen, zoals <u>Diepveen</u> en het <u>Ven in het Echtenerzand</u> liepen de pH-waarden in 2010 en 2011 soms op tot waarden boven 7 (normale waarden liggen tussen 4 en 6).
Vergelijking met buitenlandse meren	De afname van de sulfaatconcentratie in het venwater tussen 1990 en 2010 bedraagt gemiddeld $2,0 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ en ligt daarmee in dezelfde grootteorde als die in andere verzuringsgevoelige meren in NW-Europa. Ammonium neemt af met $1,1 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$. Dit kan niet goed worden vergeleken met de beschikbare gegevens van buitenlandse meren, omdat anorganisch gebonden stikstof daar voornamelijk als nitraat voorkomt. Dat verandert met snelheden tussen $-0,09$ en $+0,13 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$. In vergelijking met het buitenland neemt een biologisch belangrijke component als opgeloste organische koolstof (DOC) in Nederland sinds 1990 veel sterker toe dan in het buitenland.
Kiezelwieren en hun milieu	In 439 monsters werden 197 taxa aangetroffen. Slechts enkele tientallen soorten komen veel voor. Dit zijn voornamelijk soorten uit sterk tot zwak zure, voedselarme tot matig voedselrijke wateren, van de genera <i>Eunotia</i>, <i>Frustulia</i>, <i>Kobayasiella</i> en <i>Tabellaria</i> en enkele in Nederland

en de rest van Europa zeldzame soorten, zoals de recent beschreven *Encyonopsis neerlandica*.

Uit multivariate analyse blijkt dat de milieuvariabelen sulfaat, pH, opgeloste organische koolstof (inclusief totaal-stikstof en ijzer), ammonium en metalen als het (toxische) aluminium en calcium een sterke en significante correlatie hebben met de kiezelwierensamenstelling. Met fosfaat is er minder correlatie, maar dat kan ook wel zijn doordat beschikbaar fosfaat direct wordt opgenomen.

Veranderingen in kiezelwieren

In 1978 en 1982 bestond gemiddeld in alle vennen ruim de helft van het aantal exemplaren kiezelwieren uit de verzuringsindicator *Eunotia exigua*. Rond 1920 was de gemiddelde hoeveelheid hiervan 1% van het totaal en in 2014 was het percentage alweer gezakt tot 4%. De soorten van laag-alkaliene, niet verzuurde wateren, die rond 1920 een kwart van het totaal uitmaakten, zijn nu met 19% aanwezig. Een groep van soorten die goed gedijt in zure, eutrofere wateren, komt in de huidige monsters met 8% van het aantal exemplaren voor: in 1920 was dat maar 1%. Dat zijn dus duidelijke tekenen van interne eutrofiëring. De kiezelwieren herstellen zich dus maar gedeeltelijk van de verzuring.

Tot 2002 verandert de kiezelwierensamenstelling in de onderzochte vennen vrij snel. Daarna gaan de veranderingen veel langzamer.

In Kliplo en het Achterste Goorven komen het laatste decennium in kleine aantallen soorten voor die kenmerkend zijn voor verontreiniging met afbreekbaar, organisch materiaal. Dat wijst op afbraak van de organische stof uit het sediment van dit ven.

Desondanks geeft de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) van de meeste vennen weer een (zeer) goede kwaliteit aan, net als in het begin van de vorige eeuw. In de jaren tachtig van de vorige eeuw was die op een dieptepunt. De huidige EKR geeft echter een iets te optimistisch beeld omdat de maatlat nog niet is aangepast op grond van recente kennis van de ecologie van sommige soorten.

Compleetheid en detectiegrenzen waterchemie

Sinds 1997 worden de chemische analyses verricht door de waterschapslaboratoria, waar o.a. DOC (opgeloste organische koolstof) en aluminium niet standaard worden bepaald. In de Drentse vennen ontbreekt daardoor sinds 2005 meestal de waarde voor DOC. Zowel in de Drentse als de Veluwe vennen zijn totaal anorganische koolstof (TIC) of CO₂ nauwelijks bepaald. Deze variabelen zijn belangrijke indicatoren voor de koolstofkringloop (anorganische koolstof is in vennen vaak limiterend voor de plantengroei).

Voor de laatste jaren, nu de concentraties van diverse variabelen sterk zijn gedaald, is het percentage waarnemingen met concentraties beneden de gehanteerde detectiegrenzen voor een aantal variabelen (te) hoog. Koplopers zijn belangrijke nutriënten en verzuringsactoren als ortho-fosfaat (92%), sulfaat (83%), ammonium (64%) en nitraat (75%); maar ook totaal-fosfaat (31%) en alkaliniteit (39%) liggen te vaak beneden de detectiegrenzen. Voor totaal-fosfaat, ammonium en sulfaat zou een verlaging tot ongeveer een kwart van de huidige detectiegrenzen al veel soelaas geven. Voor de andere genoemde variabelen zijn verlagingen tot tien procent van de huidige detectiegrenzen noodzakelijk om toekomstige veranderingen op zinvolle wijze te kunnen volgen.

Verschillen bemonsteringsmethoden kiezelwieren

Op termijn van enkele decennia gezien zijn er weinig verschillen in de soortensamenstelling van netplankton enerzijds en uitknijsel en aan-

groeisel anderzijds. Op kortere termijn zijn er echter wel verschillen, die zich eerder uiten in de soortensamenstelling dan in de waarden van de EKR. Het aantal soorten in de aangroeisels en uitknijpsels is geringer dan in de monsters die met het planktonnet zijn genomen. Dat is meestal ook lichtjes over de bodem getrokken en bevat dus ook 'bodemsornten'. De berekende pH en EKR kunnen tussen de verschillende methoden respectievelijk enkele tienden of honderdsten verschillen, maar de richting van deze verschillen varieert per ven.

Eindconclusies

De pH, de alkaliniteit en het gehalte aan oplosbare organische koolstof van de vennen zijn gestegen en de concentraties van o.a. sulfaat, ammonium en het toxische aluminium zijn sterk afgenomen, wat een positieve invloed heeft op de kiezelwierensoortensamenstelling. De toestand van voor de sterke verzuring is echter (nog) niet bereikt. Tot ongeveer 2000 gingen deze veranderingen vrij snel, daarna veel langzamer. Er treedt echter (nog steeds) interne eutrofiëring op door mobilisatie van nutriënten uit de onderwaterbodem, wat gefaciliteerd wordt door de temperatuurstijging door klimaatverandering.

Het project heeft in de loop der jaren voortdurend nieuwe inzichten opgeleverd in het functioneren van vennen, zoals de interne eutrofiëring en de invloed van de gestegen watertemperatuur, maar ook de betekenis van de morfometrie voor de zwavel- en stikstofhuishouding van de vennen, die weer direct invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfaat. De chlorideconcentratie is door nog onbekende oorzaken sinds 1978 meer dan gehalveerd. Vennen kunnen nog steeds groeien: in de Gerritsfles is de gemiddelde waterstand de laatste 15 jaar met 3 dm gestegen.

Vooruitzichten

De verzamelde gegevens zijn zeer geschikt als referentie voor vennen waarin in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) beheersmaatregelen worden uitgevoerd en om fundamenteel inzicht te krijgen in de effecten van langdurig te hoge stikstofdeposities.

Het voorbestaan van het meetnet is zeer ongewis, doordat er geen duidelijke probleemeigenaar is. Voor de provincies is hier een duidelijke voortrekkersrol weggelegd.

I. Inleiding

Dit rapport is het zevende in een reeks reguliere verslagen van een meetnet dat in 1978 is gestart om de invloed van de vermindering van verzurende atmosferische depositie te kunnen documenteren. Het betreft de veranderingen in de waterchemie en de kiezelwieren (diatomeeën) van een aantal geïsoleerde vennen (Van Dam 1987, AquaSense 1995, 1999, 2003, Van Dam & Mertens 2008a, 2011). Regelmatig is over de resultaten gerapporteerd in de internationale literatuur (o.a. Van Dam 1988, 1996, Van Kleef e.a. 2010, Van Dam & Mertens 2013) en in Nederlandse milieu- en natuurtijdschriften (o.a. Van Dam 1997, Van Dam & Mertens 1990, 2004, 2008b, 2014). Vroegere resultaten zijn gebruikt om de basis te leggen voor een ecosysteemmodel van de vennen (Van Dam e.a. 1996).

Sinds 1978 is er nu dus een min- of meer homogene reeks van 36 jaar opgebouwd. In wezen gaan de waarnemingen veel verder terug: in de eerste verslagen zijn de directe waarnemingen van diverse onderzoekers vanaf 1916 opgenomen en in begeleidende publicaties zijn de resultaten van palaeolimnologisch onderzoek opgenomen (Dickman e.a. 1987, Van Dam e.a. 1988) waardoor we van enkele vennen informatie hebben over de veranderingen in de levensgemeenschappen en hun omgeving sinds ongeveer het begin van de 19^e eeuw; nu zo'n twee eeuwen geleden.

De resultaten zijn ingebracht in internationale meetnetten voor het waarnemen van het herstel van verzuring van oppervlaktewateren (Stoddard e.a. 1999) en zijn in Nederland gebruikt als referenties bij het opstellen en evalueren van venherstelplannen (bijv. Brouwer e.a. 2009).

Het meetnet is begonnen toen 'zure regen' een belangrijk onderwerp was in het milieubeleid. Door maatregelen in nationaal en internationaal kader (VROM 1976, UN-ECE 1979) is inmiddels de depositie van zwavelverbindingen beneden de kritische drempel gekomen. De depositie van stikstofverbindingen (Velders e.a. 2014) zal ook in de komende decennia nog enkele malen groter zijn dan de kritische depositiewaarden zoals die voor zeer gevoelig habitattypen als vennen zijn vastgesteld (Van Dobben e.a. 2012).

Uit de eerdere vierjaarlijkse rapportages van dit meetnet is gebleken dat naast verzuring door atmosferische depositie ook de temperatuurstijging door klimaatverandering effect heeft op de vennen door versnelling van afbraak van organisch materiaal. De activiteit van zwavelreducerende en denitrificerende bacteriën, die mede deze afbraak verzorgen, kan door enkele graden temperatuurverhoging al sterk toenemen. De afbraak van organische stof heeft al geleid tot interne eutrofiëring van sommige vennen

Het is daarom belangrijk om de effecten van de daling van de stikstofdepositie op chemie en biota, zoals die wordt verwacht op grond van de Programmatische Aanpak Stikstof goed te blijven volgen (Van der Hoek e.a. 2015).

De opbouw van dit rapport volgt in grote lijnen die van de eerder verschenen rapporten, met hoofdstukken over klimaat, depositie, fysische en chemische gegevens en kiezelwieren (diatomeeën).

Dit rapport bevat niet alleen de resultaten van metingen op een aantal vennen in de periode 2010-2014, maar in digitale bijlagen ook de resultaten van vroeger jaren.

De veranderingen in de kwaliteit van drie jaarlijks bemonsterde vennen en de acht vierjaarlijks bemonsterde vennen over een periode van 36 jaar wordt zichtbaar gemaakt en in relatie gebracht met veranderingen in de depositie van verzurende en vermestende depositie. Als referentie worden waarnemingen uit het begin van de 20^e eeuw gebruikt. Er wordt vooral ook aandacht besteed aan invloeden van beheer en klimaatsverandering.

2. Locaties

De bemonsterde vennen liggen in Drenthe, op de Veluwe en in Noord-Brabant (Figuur 1, Tabel 1). In elk gebied zijn één ven intensief (meerdere malen per jaar) en twee of drie vennen extensief (eens per vier jaar) bemonsterd.



Figuur 1. Ligging van de locaties in Nederland. Drenthe: Kliplo, Diepveen, Poort 2, Ven in Echtenerzand; Veluwe: Gerritsfles, Kempesfles, Deelse Was; Brabant: Achterste Goorven, Groot Huisven, Middelste Wolfspuutven, Schaapsven.

2.1. Intensief bemonsterde vennen

De omgeving, landschapsgeschiedenis, hydrologie en vegetatie van de drie intensief bemonsterde vennen (Figuur 3) zijn in eerdere rapportages uitvoerig aan de orde geweest en samengevat door Van Dam & Buskens

Tabel 1. Ligging, oppervlakte, maximale diepte en type (Kaderrichtlijn Water) van de onderzochte vennen. Typen volgens Elbersen e.a. (2002): M12 ondiepe zwak gebufferde plassen, M13 ondiepe zure plassen, M26 ondiepe zwak gebufferde hoogveenplassen.

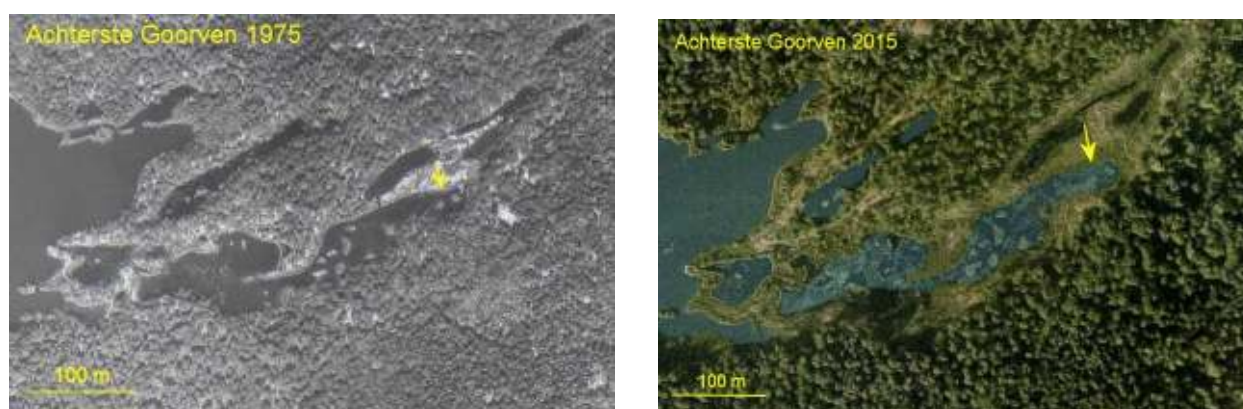
Frequentie Afk.	Type	Ven	Plaats	Opp. (ha)	Diepte (m)	X-coörd.	Y-coörd.	Gemeente	Eigenaar	Waterschap
intensief										
AGE	M12	Achterste Goorven	Punt E, oostzijde	2,4	1,9	142,98	397,32	Oisterwijk	Natuurmonumenten	De Dommel
KLI	M26	Kliplo	Midden westoever	0,5	1,1	225,84	539,10	Westerveld	Staatsbosbeheer	Reest en Wieden
GER	M12	Gerritsfles	Punt F, W landtong ZW-oev.	6,8	1,2	184,48	463,60	Apeldoorn	Staatsbosbeheer	Vallei en Veluwe
extensief										
DIE	M26	Diepveen	Midden O-oever	0,8	1,2	225,95	537,30	Westerveld	Staatsbosbeheer	Reest en Wieden
POO	M26	Poort 2	O-oever grootste poel	0,02	1,3	225,45	538,53	Westerveld	Staatsbosbeheer	Reest en Wieden
ECH	M26	Echternersand	Midden O-oever	0,2	>1	222,65	526,56	De Wolden	Staatsbosbeheer	Reest en Wieden
DEE	M12	Deelense Was	Midden Z-oever	0,5	1,3	187,25	456,15	Ede	Hoge Veluwe	Vallei en Veluwe
KEM	M13	Kempestles	Midden O-oever	0,9	1,0	182,67	461,84	Ede	Defensie	Vallei en Veluwe
GHU	M12	Groot Huisven	ZO-oever	3,4	1,7	146,35	398,75	Boxtel	Natuurmonumenten	De Dommel
MWO	M13	Wolfspuizen	Midden W-oev. midd. poel	0,7	0,6	143,38	398,53	Oisterwijk	Natuurmonumenten	De Dommel
SCH	M12	Schaapsven	Midden O-oever	1,6	1,0	139,22	396,68	Tilburg	Brabants Landschap e.a.	De Dommel

(1993 en Van Dam & Mertens (2008a). Het zijn alle drie oorspronkelijk voedselarme vennen, die in de 19^e eeuw door menselijke activiteiten, zoals het wassen van schapen of inlaat van water, enigszins zijn gebufferd en met voedingsstoffen verrijkt. Na het staken hiervan heeft zich een verzuringsproces ingezet, dat is versterkt door atmosferische depositie. De laatste jaren treedt herstel van verzuring op. Thans zijn de vennen hydrologisch geïsoleerd en worden ze alleen door regenwater gevoed. Na 1968 zijn deze vennen relatief weinig door direct menselijk ingrijpen beïnvloed. Daarvoor zijn ze soms gebruikt om te zwemmen of om schapen in te wassen.

Achterste Goorven

Het Achterste Goorven (Oisterwijk) is lang en smal en ligt tussen stuifheuvelds die al meer dan een eeuw geleden met grove dennen zijn beplant. In 2004-2005 zijn de dennen tot ongeveer dertig meter uit de oever verwijderd (Figuur 2) Om het ven is er nu een ruig terrein met veel pijpenstrootje. Om recreanten te weren zijn hier dode takken gelegd. Er komt hier steeds meer opslag van berken en dennen.

Het ven wordt grotendeels gevoed door regenwater, maar er is ook enige grondwaterinvloed. In extreem droge jaren, zoals 1976, valt ruim 70% van de bodem droog.



Figuur 2. Links: Luchtfoto van het Achterste Goorven door Hansa Luftbild op 28 mei 1975. Rechts: stelletopname uit 2015 van Google Earth. De punten van de pijlen geven de ligging van de bemonsteringslocatie aan. In 2005 is een strook bos van enkele tientallen meters breed rond het ven verwijderd.

In het begin van de 20^e eeuw had het Achterste Goorven een rijk ontwikkelde flora met een gradiënt van soorten uit zwak gebufferde tot zeer zwak gebufferde wateren.

De laatste vier decennia is de plantengroei van dit ven typerend voor die van verzuurde vennen. Enkele jaren na de droogte van 1976 was bijna het hele wateroppervlak bedekt met Knolrus, maar die is sindsdien weer sterk afgenomen. De laatste 10-15 jaar lijkt er enige verbetering op te treden doordat er langs de oever drijvend veen, met o.a. witte snavelbies en Ronde zonnedauw tot ontwikkeling komt. In dit ven verdwijnt zwavel langzaam uit het systeem (de modder riekt niet meer naar toxische sulfiden) en wordt methaan ontwikkeld dat voor drijftilontwikkeling zorgt (Brouwer & Lucassen 2013). Lokaal bevindt zich Veenpluis. Hoger op de oever is er veel gagel en pijpenstrootje. Enkele tientallen meters ten oosten van het monsterpunt heeft zich een trilveenstrook ontwikkeld, met aan de rand van het water zelfs een vitale populatie van het waterdrieblad, wat wijst op iets voedselrijkere condities.



Figuur 3. Drijftilontwikkeling met Ronde zonnedauw langs de oever van het Achterste Goorven (Foto: Herman van Dam, 7 mei 2014).

Waterlelie is de meest opvallende waterplant. Knolrus komt onder water nog maar weinig voor, maar langs de oever staat het nog wel, samen met water-, geoord en gewimperd veenmos. Onder water langs de oever komt aangehecht op takjes en stengels het kikkerdrilwier (*Batrachospermum turfosum*) vaak voor. Dit is een soort van voedselarme, vaak licht zure, humeuze wateren met een lage geleidbaarheid (Simons e.a. 1999, Eloranta & Kwadrans 2007), die de laatste jaren lijkt toe te nemen.

In het voorjaar zijn er kikkervisjes, o.a. van de groene kikker en salamandertjes (pers. med. J. van der Wal). De laatste jaren broeden Canadese ganzen op het ven.

Gerritsfles

De Gerritsfles (Kootwijk) ligt op de grens van stuifzand en podzolgronden in een relatief open landschap met veel pijpenstrootje, gedeeltelijk begroeid met Grove dennen, berken en Vuilbomen, met in de ondergroei o.a. Blauwe bosbes, Dopheide en Kraaiheide (Figuur 3). Het ven met omgeving is gesloten voor publiek. De toegangsbeperking wordt niet door iedereen gerespecteerd. Eind 2014 is er om het ven een hek geplaatst om wisenten tegen te houden, die binnenkort voor begrazing zullen worden ingezet.



Figuur 4. De Gerritsfles (Foto: KLM Luchtfotografie, 1 september 1991). De gele pijl geeft het vaste monsterpunt sinds 1978 aan. Op de locatie met de rode pijl bevindt zich de peilschaal (Figuur 5) en worden sinds 2013 ook chemische monsters genomen



Figuur 5. De Gerritsfles bij de peilschaal naar het oosten (Foto Herman van Dam, 6 mei 2014).

Het ven heeft een schijngrondwaterspiegel en is permanent met water gevuld. In droge jaren kan ongeveer de helft van de bodem droogvallen.

Rond 1900 was de Gerritsfles matig voedselarm en licht zuur, dankzij de jaarlijkse toevoer van nutriënten bij het wassen van schapen. Naderhand is het ven verzuurd.

In de winter van 1999 is de noordwestelijke arm opgeschoond en in de winter van 2005-2006 is de oever van deze arm geplagd, nadat in de voorgaande winters het sporkenhoutstruweel hier was opgeruimd. Er staat hier nog steeds veel Kleine zonnedaauw en Moeraswolfskluuw. In de winter van 2011 – 2012 is de dennenopslag tussen de twee westelijke armen verwijderd. Net na de verslagperiode, in het voorjaar van 2015 zijn (nogmaals) jonge dennetjes op de oostoever verwijderd.

Langs de hele west- en zuidwestoever zijn veel zoelplekken van wilde zwijnen. Deze lijken de laatste jaren steeds talrijker te worden. Er broeden de laatste jaren Grauwe ganzen op het ven. Ook de Wilde eend is als broedvogel gesignaleerd. Soms zijn er ook zwanen.

De begroeiing van de Gerritsfles is typerend voor verzuurde vennen, o.a. met grote tapijten veenmos op de bodem. Ook de Knolrus komt regelmatig voor. Andere belangrijke soorten zijn Gewone waterbies (teruglopend), Veenpluis, Snavelzegge en Pijpenstrootje. Op veel plaatsen langs de oever staat Pitrus, maar de indruk bestaat dat deze wat terugtreedt. Op de geplagde delen is de soort nagenoeg verdwenen. De Drijvende egelskop komt hier en daar voor, vaak alleen met onderwaterbladeren, maar soms ook bloeiend (Boedeltje & Van Beers 2015). De laatste auteurs presenteren ook een vegetatiekaartje en de verspreidingspatronen van enkele indicatorsoorten. Evenals in het Achterste Goorven groeit er in de Gerritsfles Kikkerdrilwier (*Batrachospermum turfosum*), in mei 2015 was dit zelfs zeer massaal aanwezig op het veenmos bij de vaste monsterplaats.

Het water in de Gerritsfles was sinds onze eerste bezoeken in 1977 vrijwel altijd kleurloos en glashelder als kraanwater, soms met een lichtgele zweem, maar in november 2008 en mei 2009 zag het water bruin van de humusverbindingen. Tot de zomer van 2012 was het water weer vrijwel kleurloos, daarna was er weer bruinkleuring.

Kliplo

Kliplo (Dwingeloo) wordt voornamelijk door stuifzand omgeven, dat gedeeltelijk met jeneverbessenheide en gedeeltelijk met moerasbos en open grove-dennenbos is begroeid. Het ven is niet verzuurd en duidelijk voedselrijker dan de twee andere intensief bemonsterde vennen. Er zwemmen regelmatig honden in het ven.

In extreem droge jaren valt slechts ongeveer 20% van de bodem droog. Het ven wordt uitsluitend door regenwater gevoed. Bij veel regenval stroomt het water oppervlakkig af naar de lager gelegen omgeving, via het bos aan de noordoostzijde.

Het open water van Kliplo is in het begin van de 19^e eeuw ontstaan door uitgraven van veen en is in de loop van die eeuw met nutriënten verrijkt, waarschijnlijk door het wassen van schapen en het strooien van lokvoer voor eenden.

Aan de oostoever is een strandje, waar vanaf regelmatig honden in het ven zwemmen. Het vaste bemonsteringspunt is daarom gekozen aan de rand van het veentje aan de westzijde, zonder directe beïnvloeding van toeristen (Figuur 6).

De plantengroei van Kliplo wijst vanouds op een wat minder zuur en een wat voedselrijker en dynamischer milieu dan op de vorige locaties. In de eerste helft van de jaren tachtig was er zeer veel van - het in allerlei (matig) voedselrijke wateren algemene - Drijvend fonteinkruid, dat daarna sterk is afgenomen. In 1994 waren daarvan nog maar weinig

planten. Na 2002 is het fonteinkruid weer aanzienlijk toegenomen. De andere belangrijke waterplant is de – in matig zure en matig voedselarme wateren zeldzame – Drijvende egelskop. In 1984 was daarvan nog een klein veldje. Pas in 2003 werd weer een flink ontwikkelde populatie gesignaleerd en tot 2006 is de soort steeds verder toegenomen. Daarna nam de soort weer af en na 2010 zijn nog maar weinig planten waargenomen.

Langs de rand en oever komen behalve de Wataardbei nog voor: Snavelzegge, Knolrus, veenmos, Veenpluis, Pijpenstrootje, Pitrus, Waternavel, Gewone waterbies en Riet. Aan de westoever is een veentje (Figuur 3) met veel veenmos, Dopheide en Veenbes. Sinds enkele jaren verschijnen hier steeds meer vliegdenetjes. Karakteristiek is de rietkraag langs de noordoostelijke oever. Van de macroscopische algen komt, evenals in de twee vorige vennen Kikkerdrilwier (*Batrachospermum*) regelmatig voor.

De geschiedenis, beïnvloeding en beheer en de biotische en abiotische kenmerken van Kliplo worden uitgebreid besproken door Van Dam e.a.(2013).



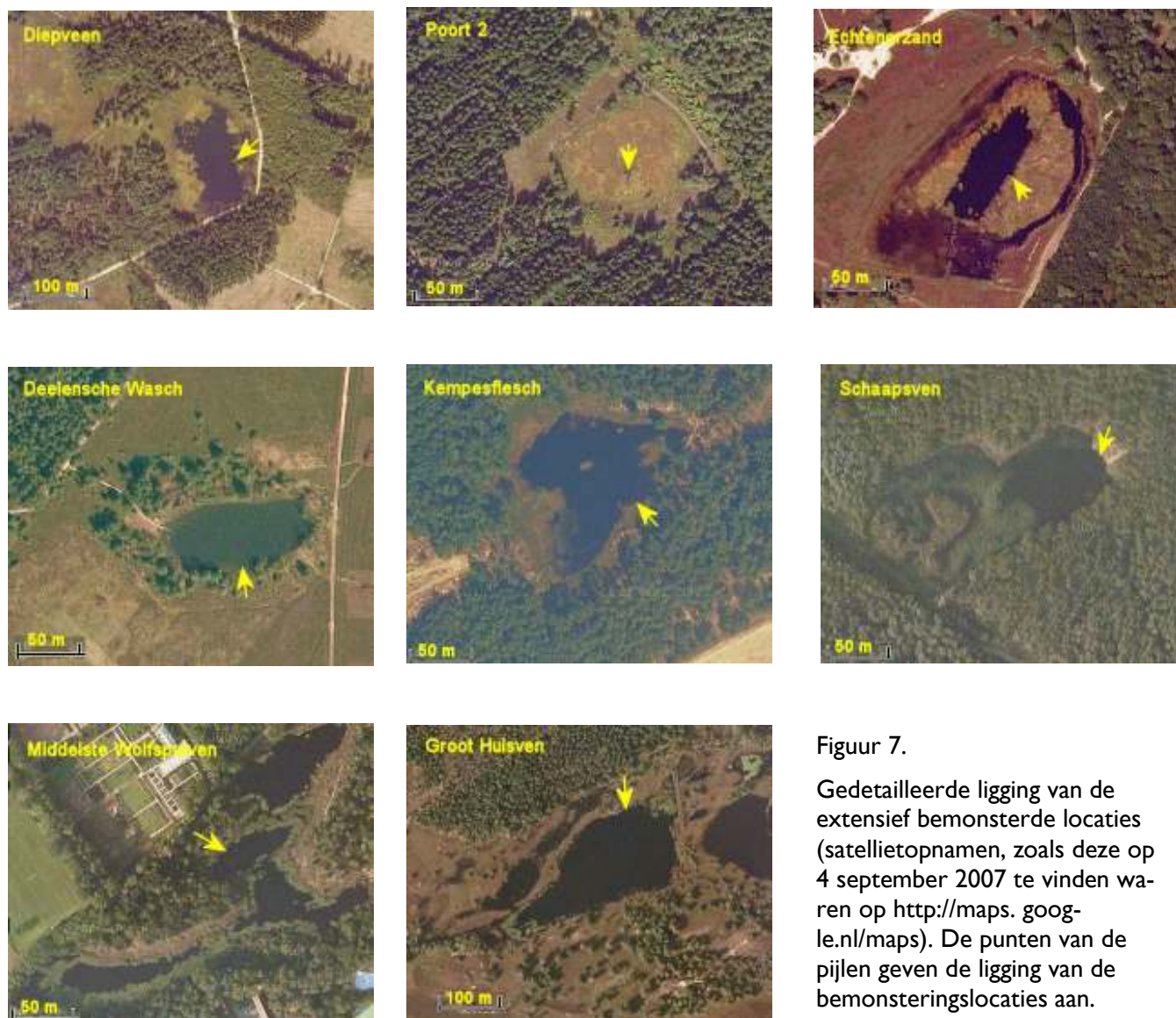
Figuur 6. Bemonstering van kiezelwieren en sialgalen aan de westzijde van Kliplo (Foto: Roelf Pot, 9-5-2011).

Het ven was in de periode 1989- '92 steeds groen(bruin) gekleurd door de aanwezigheid van planktonalgen. Daarna herkeeg het water weer zijn vertrouwde bruine kleur, totdat sinds de zomer van 2008 vrijwel bij alle maandelijkse bezoeken door medewerkers van het waterschap weer groenkleuring werd geconstateerd, wat wijst op interne eutrofiëring (Van Dam & Mertens 2014).

2.2. Extensief bemonsterde vennen

De omgeving, landschapsgeschiedenis, hydrologie en vegetatie van de acht extensief bemonsterde vennen (Figuur 4) zijn in eerdere rapportages uitvoerig aan de orde geweest (o.a. AquaSense 1999, 2003, Van Dam & Mertens 2008a). Zie voor de Drentse vennen ook Van Dam

e.a.2013. De belangrijkste feiten en veranderingen in het laatste decennium worden hieronder samengevat. De bemonsteringslocaties zijn aangegeven in Figuur 7.



Figuur 7.

Gedetailleerde ligging van de extensief bemonsterde locaties (satellietopnamen, zoals deze op 4 september 2007 te vinden waren op <http://maps.google.nl/maps>). De punten van de pijlen geven de ligging van de bemonsteringslocaties aan.

Drenthe

Het *Diepveen* (Dwingeloo) ligt te midden van percelen met grove den-nen. In 1997 is een strook van 30 m langs de zuid-, west- en noordoever gekapt. Tussen 2006 en 2010 is ook het perceel ten zuidoosten van het ven gekapt (nog niet op foto in Figuur 4). Sinds 1985 is de waterstand in diverse fasen opgezet. Bovendien is er geplagd. In 1978 kon de bemonsteringslocatie nog gemakkelijk met gewone kaplaarzen worden bereikt, in 2006 en latere jaren was daarvoor een bootje nodig. De plas wordt uitsluitend door regenwater gevoed. Bij hoog water stroomt het aan de zuidzijde af. Het ven is omgeven door een fraaie hoogveenverlandingsvegetatie. In het water groeien o.a. Waterveenmos, Veelstengelige waterbies, Snavelzegge en veel Waterdrieblad.

De pingoruïne *Poort 2* (Dwingeloo) is omringd door naaldbos. Het hoogveen is in de 20^e eeuw putsgewijs verveend. Daarna is in de putjes weer actieve veengroei opgetreden. Die verlanding gaat zeer snel. De

slootvormige laagte, die in 1978 nog veel open water had, is thans vrijwel dichtgegroeid. Er resteert nog een plasje van ongeveer twee bij vijf meter (Figuur 8). Het ven wordt voornamelijk gevoed door regenwater en in geringe mate ook door zeer lokaal grondwater van een heuveltje.



Figuur 8. De bemonsterde poel in het veentje Poort 2 groeit snel dicht. Links de toestand op 4 oktober 2010 en rechts die op 29 september 2014 (Foto's: Herman van Dam).

De waterstand is zeer stabiel. Het water kan in noordwestelijke richting oppervlakkig afstromen. Het veen heeft een zeer fraaie begroeiing, waarin beenbreek en lavendelheide opvallen. De waterkolom van het driehoekige putje, waar steeds de monsters zijn genomen (Figuur 5) is grotendeels gevuld met Waterveenmos en Klein blaasjeskruid. Langs de oever hiervan staan Snavelzegge en Witte snavelbies. Waterdrieblad staat niet meer in het plasje, maar wel in het zeer fraai ontwikkelde veentje eromheen, met soorten als Beenbreek (massaal), Lavendelheide, Kleine veenbes en Ronde zonnedaauw.

Het pad dat de pingo tot voor kort aan de oostzijde doorsneed is verlegd en loopt nu over de pingorand.

Het Ven in het Echtenerzand (Ruinen) ligt in een open omgeving. Het ven is ontstaan door het uitgraven van hoogveen. Sinds 1990 is de waterstand opgezet, door het afdammen van sloten. De omgeving van de plas heeft een fraai ontwikkelde hoogveenvegetatie, met soorten als Lavendelheide, Rondbladige zonnedaauw en Kleine veenbes, die het Pijpenstrootje langzaam verdringen. Op de bodem van het open water bevond zich tot en met 2002 veel waterveenmos, dat daarna veel minder algemeen is geworden.

Veluwe

De Deelense Was (Hoenderloo) ligt in een voormalig stuifzandgebied, voor een groot deel met Pijpenstrootje begroeid, met om het ven ook bomen (elzen) en struiken. Het ven wordt door regenwater en lateraal toestromend water gevoed (Jansen e.a. 2008). Vroeger werd het ven gebruikt voor het wassen van schapen. Tegenwoordig is het een verzuurd ven, dat af en toe wordt gebruikt als blusvijver. Rond 2000 is een steiger aangelegd. De recreanten gaan soms te water en voeren broedende eenden. Ook zwemmen er vaak honden. Bij de steiger aan de westzijde is het water enigszins troebel, maar verder er vanaf glashelder. Het 10 – 30 cm dikke veenmospakket (*Sphagnum cuspidatum*) (det. W. Leurs) op de bodem is daardoor goed te zien. Op een enkele plek is de kale zandbodem nog zichtbaar. Langs de rand staat veel Waternavel, Knolrus, Moerasstruisgras en veenmos. De Gewone waterbies lijkt nog

steeds toe te nemen. Langs het ven is ook de Klokjesgentiaan nog gezien. Zie voor nadere gegevens over hydrologie en plantengroei ook Jansen e.a. 2008, 2013).



Figuur 9. Gezicht op het bemonsteringspunt in de Deelse Was (Foto: Emiel Nat, 10 september 2014).

De *Kempesfls* (Harskamp) had in het begin van de 20^e eeuw een bijzondere algenbegroeiing van matig zure wateren, die later door verzuring is verdwenen. Het ven werd wel gebruikt voor het verwateren van hout. Tussen 1995 en 1998 zijn bomen langs de oever gerooid, de oevers zijn opgeschoond en de wilde zwijnen zijn uitgerasterd. Tussen 2006 en 2011 is het bos rond het ven opener gemaakt, o.a. door lichten, het ringen en verwijderen van bomen en het bestrijden van Amerikaanse vogelkers. Aan de oostoever is een schuilhut om zoelende zwijnen waar te nemen: de afrastering functioneert niet goed meer. Op de oevers is alweer opslag van ca 6m hoog.

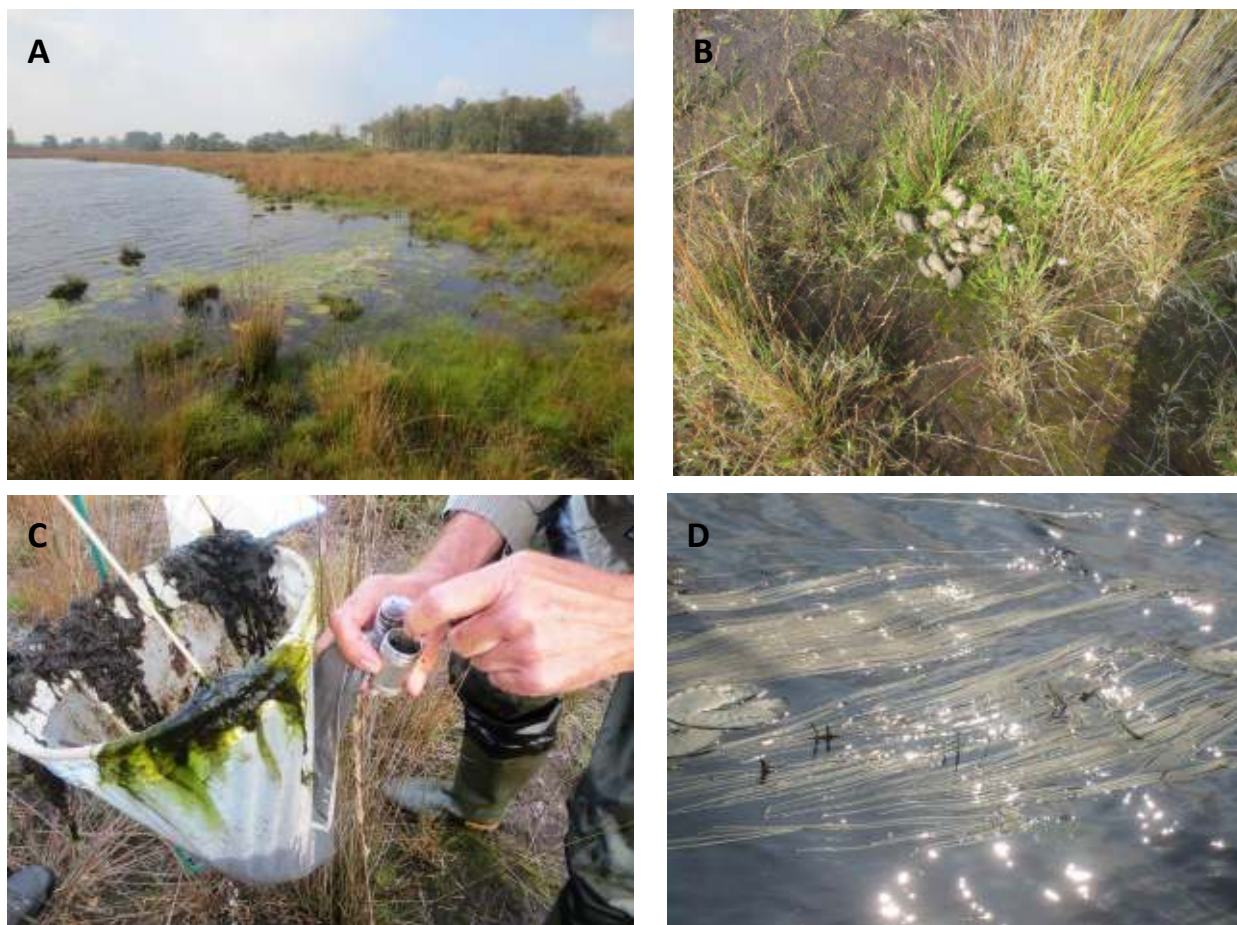
In het water, bij de monsterplek in het midden van de noordoever, zijn geen planten (gedregd). Langs de oever staan vrij veel Knolrus, Pitrus, Veelstengelige waterbies, Veenpluis Pijpenstrootje en plaatselijk ook Snavelzegge en Gewone waterbies, naast Mannagras, Waternavel en veenmos. Dit is een assortiment dat op verzuring en vermesting wijst. Interessant zijn ook kleine hoeveelheden van Duizendknoopfonteinkruid en Vlottende bies, die op enige buffering wijzen.

Het *Groot Huisven* (Boxtel) was tot ca 1950 een van Nederlands belangrijkste vennen voor Oeverkruidverbondsoorten, zoals Waterlobelia en Grote biesvaren, die hier door verzuring zijn verdwenen.

Sinds enkele tientallen jaren zijn de Grove dennen langs de randen van het ven verwijderd, dat nu in een halfopen landschap ligt (Figuur 10A). In 2009 is vooral het westelijk deel van het ven met behulp van een bootje gebaggerd. Het slib is buiten het natuurgebied geborgen (L. de Bruijn, pers. med.). In 2010 is de noordoever tot op ca 100 m van het ven geplagd. In de winter van 2013-2014 zijn er aan de noord- en zuidzijde van het ven nog veel bomen verwijderd (gedeeltelijk zijn de stobben verwijderd en gedeeltelijk zijn ze gefreesd) en is er geplagd. Ook in de bredere omgeving van het ven zijn veel bomen gekapt. Het terrein

Noord-Brabant

wordt sinds 1988 door koeien en meer recent ook door paarden begraasd. Ongeveer 200 m ten noorden van het ven is in het voorjaar van 2014 een deel van het terrein bekalkt.



Figuur 10. Groot Huisven. A. Gezicht op monsterplaats aan NO-oever. B. Ganzenkeutels. C. Draadwieren op planktonnet. D. Drijvende egelskop (Foto's: Herman van Dam, 30 september 2014).

Het ven wordt grotendeels door regenwater en ten dele door lokaal grondwater gevoed en als rustgebied door ganzen gebruikt. Vroeger waren dat alleen overwintelaars, maar tegenwoordig zijn ze het gehele jaar aanwezig. Door de medewerkers van Natuurmonumenten worden ze regelmatig met laserlicht verjaagd (pers. med. J. Dolman). Dat is niet afdoende, gezien de veertjes en keutels op de oever (Figuur 10B).

In 2014 was het veenmos op de bodem langs de noordoever weer met veel draadwieren bedekt (Figuur 10C), wat op eutrofiëring duidt. De Drijvende egelskop (Figuur 10D), een soort van oligo-mesotrofe vennen komt hier nog voor (det. A. Aptroot en E. van den Dool) en is hier al eerder aangetroffen (Mörzer Bruyns e.a. 1943). Witte waterlelie was nog wel aanwezig, maar veel minder dan voorheen. Langs de oever werden nog Knolrus en Waternavel gezien en op enkele jaren geleden geplagde plekken ook Ronde en Kleine zonnedauw en Moeraswolfsklauw, tussen paardedrollen, Straatgras en klaver.

Het Groot Huisven is verzuurd door atmosferische depositie en wordt geëutrofiëerd door ganzen, runderen en paarden.

In het randven aan de noordzijde is nog steeds een fraai stukje drijvend veen.

Het *Middelste Wolfspuutven* (Oisterwijk) is van oorsprong een veenputtencomplex en een van de weinige sterk humeuze vennen in dit vennen-gebied. Het ven wordt omgeven door dennenbos, dat in 2003 langs het ven sterk is gedund. De bomen die destijds bij de voet zijn afgezaagd lopen nu al weer tot vijf meter hoog uit. Het ven wordt door regenwater gevoed.

Door verzuring zijn de drijvende veenvegetaties met bijzondere soorten algen in de afgelopen eeuw verloren gegaan. In het open water staat alleen Witte waterlelie, wat veenmos en draadwier. Langs de oever en op de dammetjes tussen de drie compartimenten van het ven staat veel gagel met berkenopslag. Op de vrij steile oevers staat veel Pitrus en Pijpenstrootje, met wat veenmos en Waternavel.

De begroeiing van het ven is kenmerkend voor verzuring en eutrofiëring door atmosferische depositie.

Het heide- en stuifzandgebied rond het *Schaapsven* (Berkel-Enschot) werd pas rond 1930 met grove dennen bebost. Rond 2010 is langs vrijwel het hele ven een strook van 5-10 m bos langs het ven gekapt. Het ven wordt waarschijnlijk geheel of grotendeels door regenwater gevoed. Aan de NO-zijde is een sloot voor waterafvoer, die echter is afgedamd door een pad langs de oever.

De noord- en zuidoever zijn in handen van het Brabants Landschap, de overige oevers zijn in particulier bezit. Het is daardoor een rommelig ven (Figuur 11A). Het wordt als schaatsbaan en als drinkplaats voor paarden gebruikt. Volgens omwonenden is er te weinig toezicht: er zijn regelmatig feesten en kampvuren en de gemaakte rommel wordt niet opgeruimd. Het ven met omgeving is een perfecte hondenuitlaatplaats. De dieren gaan bij het strandje aan de oostzijde te water (Figuur 11B). Er ligt veel hondenpoep op het pad langs het ven. Vroeger was het water helder en waren er weinig drijvende waterplanten, waardoor er veel in het ven werd gezwommen. Thans is het water groen en troebel. In het water zijn in 2004 door de particuliere eigenaar van het oostelijk deel van het ven Graskarpers (det. H.A. Rutjes) uitgezet (Figuur 11C). In april 2014 werden in het ven ongeveer 30 dode Graskarpers aangetroffen (M. Scheepens, pers. med.)

Behalve de aanwezigheid van planktonalgen (groene kleur) zijn er nog andere tekenen van eutrofiëring, zoals de abundante groei van Groot blaasjeskruid (det. R. Pot) (Figuur 11D) onder water, de sterke ontwikkeling van Gele plomp en de aanwezigheid van Grote en Kleine lisdoden langs de oever. Ook de forse ontwikkeling van Waterdrieblad en Pitrus wijst op eutrofiëring. Iets hoger op de oever komen veel Wilde gagel en Pijpenstrootje voor.

Daar het ven geïsoleerd is kan de eutrofiëring alleen afkomstig zijn van de door bezoekers veroorzaakte rommel, de hondenuitwerpsels en vooral ook opwoeling van bodemmateriaal door graskarpers.

De plaat drijvend veen aan de zuidoostzijde werd niet bekeken.



Figuur 11. Schaapsven. A. De oeervegetatie, met Lisdodden, Gele lis en Waterdrieblad duidt op eutrofiëring. B. Er zwemmen regelmatig honden in het ven. C. Dode Graskarper. D. Groot blaasjeskruid (Foto B: Ab Bosman, overige: Herman van Dam, 30 september 2014)

3. Weer, klimaat en depositie

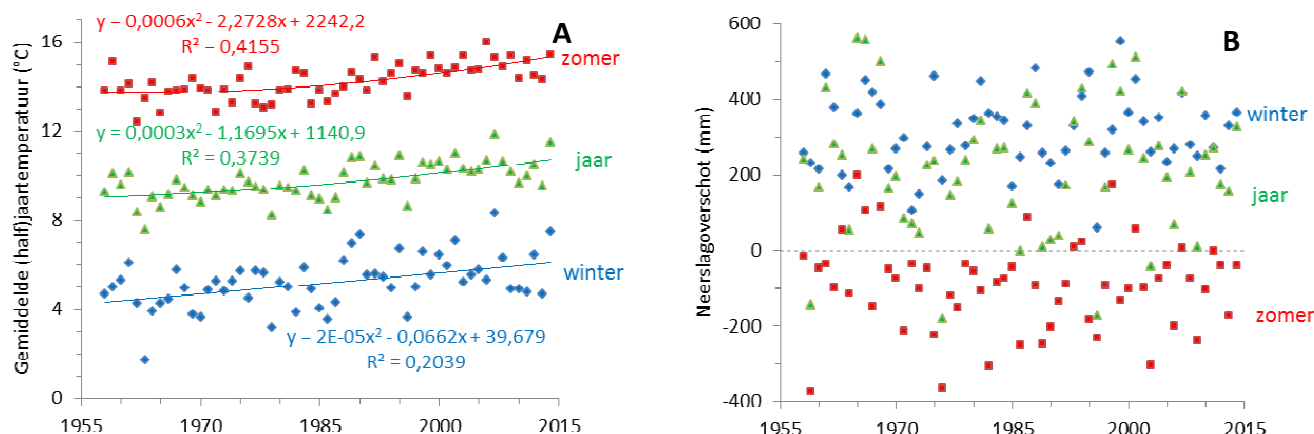
Het weer, in het bijzonder de variatie in neerslag en verdamping, heeft grote invloed op het peil en de chemische samenstelling van het venwater en daarmee op de levensgemeenschappen. Daarnaast beïnvloedt de temperatuur de snelheid van de biogeochemisch processen in de vennen.

De peilen van de onderzochte vennen bereiken het jaarlijkse minimum eind augustus – begin september en het maximum eind februari – begin maart. In het winterhalfjaar (hier gedefinieerd als de periode september – december van het vorige kalenderjaar en de maanden januari en februari van het lopende kalenderjaar) is de neerslag groter dan de verdamping en stijgt het waterpeil. In het zomerhalfjaar (de periode maart – augustus van het lopende kalenderjaar) is de verdamping groter dan de neerslag en daalt het waterpeil. De weers- en klimaatgegevens worden hier daarom uitgesplitst in het winter- en zomerhalfjaar.

3.1. Temperatuur en neerslagoverschot

Temperatuur

Voor elk zomer- en winterhalfjaar sinds 1958 (toen de verdampingsmetingen begonnen) is de gemiddelde temperatuur te De Bilt berekend uit de gehomogeniseerde reeks van maandtemperaturen van De Bilt (1901-heden) op www.knmi.nl en uitgezet in Figuur 12A. Vanaf ongeveer 1980 is de temperatuur gaan stijgen, samen met de trend en de voortschrijdende gemiddelden over perioden van vijf jaar. De jaarlijkse stijging sinds dat jaar bedraagt in het winterhalfjaar 0,034 °C per jaar en in het zomerhalfjaar zelfs 0,040 °C. De bandbreedte van de fluctuaties in het winterhalfjaar is groter dan die in het zomerhalfjaar. Dit is in overeenstemming met het landelijk beeld (Sluijter 2011). Opvallend zijn de (hydrologische) jaren 2007 en 2014 met gemiddelde temperaturen van respectievelijk 11,8 en 11,4 °C, vooral door de extreem warme winters van die jaren.



Figuur 12. Verloop van temperatuur (A) en neerslagoverschot (B) boven open water te De Bilt vanaf 1958 tot 2014 in winter- en zomerhalfjaar. De getrokken lijnen geven de trend aan. Het winterhalfjaar loopt van oktober van het voorafgaande jaar tot en met maart van het aangegeven jaar.

Neerslagoverschot

Het neerslagoverschot is berekend als het verschil van de neerslag en de potentiële verdamping van een open-wateroppervlak. Daartoe zijn op www.knmi.nl de daggegevens van neerslag en verdamping (volgens Makkink 1957) opgezocht. Deze verdampingsgegevens (voor gesloten grasland) zijn omgerekend naar verdamping voor open water door vermenigvuldiging met een factor 1,1 (Droogers 2009).

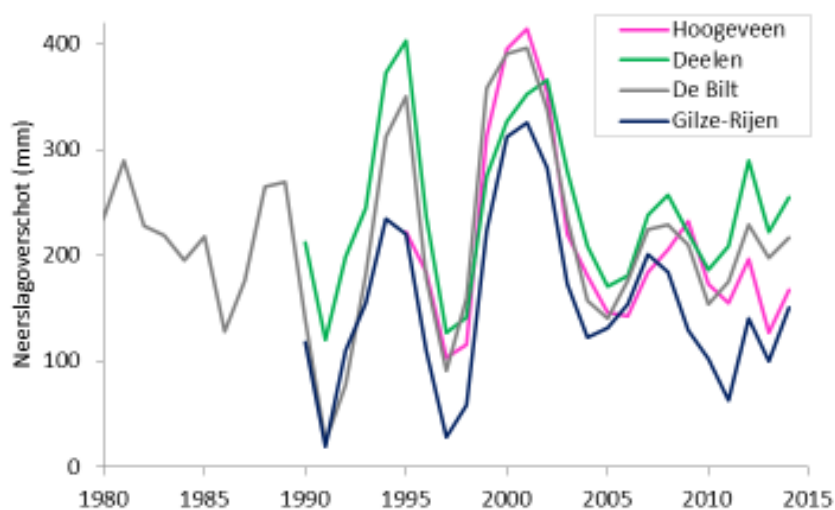
In de gegevens voor De Bilt van Figuur 12B is geen trend te onderkennen, hoewel de jaarlijkse neerslag sinds 1980 wel is toegenomen (Sluijter 2011, Daniels 2014). Deze toename wordt echter voor de periode 1958 – 2014 gemiddeld precies gecompenseerd door de toename van de verdamping.

Zeer natte winterhalfjaren, met een neerslagoverschot van 450 mm of meer zijn die van 1961, 1975, 1988, 1995 en 2001 en treden dus ongeveer eens in de elf tot twaalf jaar op, maar de spreiding in de frequentie is groot. (Zeer) droge zomerhalfjaren, met een neerslagtekort van 200 mm of meer zijn 1959, 1976, 1986, 1989, 1996, 2003 en 2009 en treden met een frequentie van ongeveer eens per zeven jaar op. De spreiding is minder groot dan die van de zeer natte winters.

Meer in de buurt van de vennen worden door het KNMI op de stations Deelen (Veluwe) en Gilze-Rijen (Noord-Brabant) sinds 1988 verdampingscijfers gepubliceerd en vanaf 1994 ook van Hoogeveen (Drenthe). Hieruit zijn de voortschrijdende gemiddelden van het neerslagoverschot over perioden van drie jaar berekend en weergegeven in Figuur 13. De tijdvakken van drie jaar sluiten aan op de verblijftijd van het water in de vennen (Van Dam 1988).

Het neerslagoverschot te Gilze-Rijen bedraagt over de periode 1995 – 2014 gemiddeld 161 mm en is lager dan dat te Hoogeveen (212 mm) en vooral te Deelen (247 mm). De ontwikkeling in de loop der jaren verloopt grotendeels parallel, maar vanaf ongeveer 2005 lijkt er een divergentie op te treden. Op de stations Gilze-Rijen en Hoogeveen lijkt het neerslagoverschot dan af te nemen, terwijl dat op het station Deelen

juist toe gaat nemen. Op het verder van de onderzochte vennen af gelegen station De Bilt blijft het neerslagoverschot ongeveer gelijk.



Figuur 13. Verloop van de driejaarlijkse voortschrijdende gemiddelden van het neerslagoverschot boven open water op KNMI-meetstations in de buurt van de onderzochte vennen. Het jaar loopt steeds van oktober van het voorafgaande jaar tot en met maart van het aangegeven jaar.

3.2. Atmosferische depositie

Methoden

Schattingen van de depositie van zwavel- en vooral stikstofverbindingen op vennen zijn nog steeds problematisch. Uit berekeningen met het model AquAcid op de vennen Gerritsfles en Kliplo blijkt dat de beste schatting van de stikstofdepositie de natte depositie is, voor zwavel is er waarschijnlijk ook sprake van droge depositie (Van Dam e.a. 1996, Wortelboer 1998). De beste benadering voor de veranderingen van de depositie op de onderzochte vennen zijn de waarnemingen van de regenwaterkwaliteit sinds 1970 op enkele stations, zoals uiteengezet in AquaSense (2002).

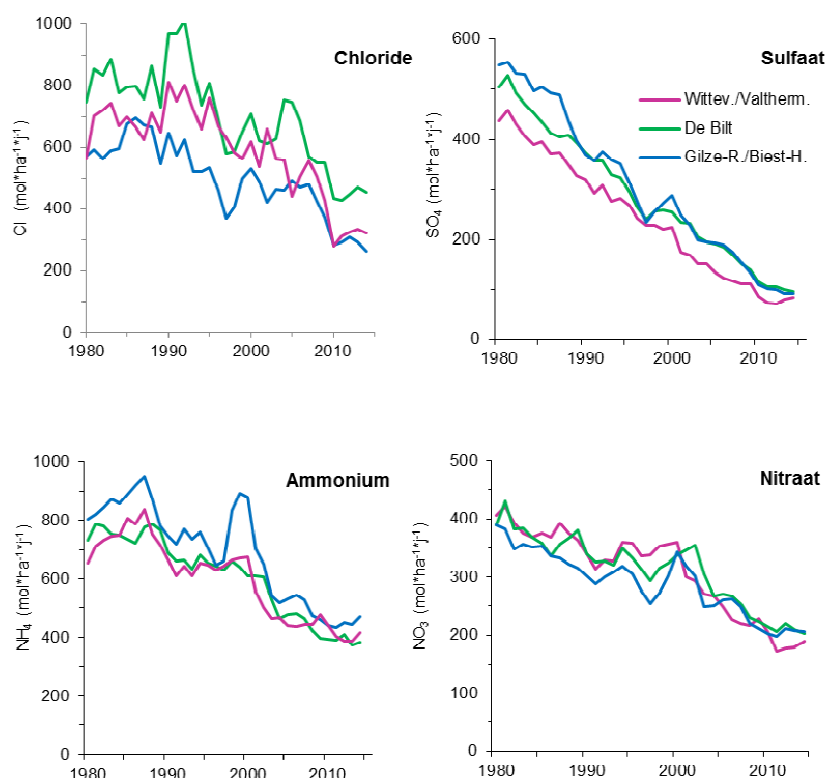
Van De Bilt zijn continue reeksen sinds 1978. Het station Witteveen werd voor het laatst bemonsterd in 1999. De metingen zijn in 2001 voortgezet in het 15 km ONO daarvan gelegen Valtherrmond. Het station Gilze-Rijen werd in januari 2013 vervangen door het 20 km meer OZO gelegen Biest-Houtakker. De gebruikte verzamelmethode zijn sinds 1979 veranderd, zoals beschreven door Van Dam & Mertens (2011). De belangrijkste verandering is de overgang van open naar gesloten vangers (alleen open tijdens neerslagperiodes) in januari 1988. Daarom zijn de oorspronkelijke getallen uit de periode 1978-1987 met een factor 0,9 vermenigvuldigd (E. van der Swaluw, RIVM, pers. med.). Sinds januari 2013 worden de monsters niet meer eens per twee weken, maar eens per vier weken verzameld en geanalyseerd (RIVM 2013).

Trends

In Figuur 14 zijn de driejaars-voortschrijdende gemiddelden van drie stations van het landelijk regenwatermeetnet uitgezet. Er is voor een periode van drie jaar gekozen omdat dit de soms sterke veranderingen

van jaar tot jaar enigszins afvlakt en omdat de verblijftijd van het water in de onderzochte vennen ten minste drie jaar bedraagt (Van Dam 1988).

De gegevens geven niet de absolute depositie op de onderzochte vennen aan. In de eerste plaats liggen sommige stations op flinke afstand van de onderzochte vennen en kan de samenstelling van de neerslag dus verschillen van die op de vennen, met name door de aanwezigheid van lokale bronnen van stikstofemissie. Voorts is de depositie op de vennen niet alleen afhankelijk van de samenstelling van de neerslag, maar ook van andere factoren, zoals de mate van expositie aan de wind (aan- of afwezigheid van bos). Daarom zijn de gegevens in eerste instantie alleen geschikt om trends aan te geven.



Figuur 14. Voortschrijdende gemiddelden (driejaars) van de (natte) depositie van enkele componenten van de neerslag op enkele stations. Gegevens van KNMI-RIVM (1979-1988), RIVM (ongepubliceerd, 1989-1991, 2014) en www.lml.rivm.nl/gevalideerd (1992-2013). Witteveen/Valthermond staat voor de Drentse vennen, De Bilt voor de Veluwe en Gilze-Rijen/Biest-Houtakker voor Noord-Brabant.

Opmerkelijk is de (niet-monotone) daling van de chloridedepositie met 50% sinds 1980. De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk, maar heeft wellicht te maken met veranderingen in het neerslagpatroon (Daniels 2014). Ook kan de sterk afgenomen antropogene depositie een rol spelen: de emissie bedroeg in de jaren 1990, 2001 en 2005 respectievelijk 10 363, 1 008 en 323 ton (Peek 2007). Als de gehele emissie ook weer in Nederland zou neerslaan zou de depositie van 1990 tot 2005 zijn gedaald van 72 naar 2 $\text{mol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ en dat komt ongeveer overeen met de

daling van de chloridedepositie in die periode in Figuur 14. In 2010 lijkt de daling tot stilstand te zijn gekomen. Ook in Britse meren is de chlorideconcentratie tussen 1986 en 2007 gedaald, wat wordt toegeschreven aan vermindering van industriële emissies (Evans e.a. 2011).

Sulfaat is in 2014 teruggelopen tot minder dan 20% van de waarden rond 1980, vooral in Noord-Brabant. Behalve door maatregelen ter vermindering van de depositie van zwavelverbindingen zal dit ook worden veroorzaakt door afname van de depositie van marien sulfaat. De daling van de concentraties lijkt sinds 2010 af te vlakken.

De depositie van stikstofverbindingen is minder sterk afgenomen, tot waarden van bijna de helft van de uitgangsdpositie. De daling heeft zich vooral afgespeeld tussen 2000 en 2010 en lijkt daarna af te vlakken. Daarbij lijkt de daling van de ammoniumdepositie de laatste jaren af te vlakken.

De depositie van potentieel verzurende stoffen is dus in de laatste 25 jaar sterk verminderd, in het bijzonder van sulfaat.

Depositie per ven

Door Van Dam & Mertens (2008a) worden uitkomsten van berekeningen van de depositie per ven in 2004 gepresenteerd. Hier is wel rekening gehouden met de verschillen in openheid van het landschap rond de vennen, de aard van de oeverbegroeiing en de oppervlakte van de vennen. Voor een meer recente situatie zijn geen berekeningen uitgevoerd. In Kliplo, Gerritsfles en Achterste Goorven bedroeg de depositie respectievelijk 1114, 1469 en 1570 mol ha⁻¹ j⁻¹. Die waarden zijn hoger dan die in Figuur 9 en hoger dan de kritische depositieniveaus. Voor stikstof ligt deze in een range van 5 tot 10 kg ha⁻¹ j⁻¹, ofwel 357 tot 714 mol ha⁻¹ j⁻¹ (Arts e.a. 2002).

4. Fysische en chemische gegevens

4.1. Methoden

4.1.1. Waterstand

Veldopname

Het waterpeil is afgelezen van de in de vennen geplaatste peilschalen. In Kliplo gebeurde dit eenmaal per maand door medewerkers van het Waterschap Reest en Wieden en onafhankelijk daarvan nog een keer door medewerkers van het Staatsbosbeheer. In de Gerritsfles werd de waterstand elk kwartaal opgenomen door medewerkers van het Waterschap Veluwe en eens per maand door de heer R. Torenbeek (Hoenderloo). Het peil van Achterste Goorven werd twee maal per maand afgelezen door medewerkers van de Vereniging Natuurmonumenten. Bovendien werd in elk ven twee maal per jaar de waterstand nog eens afgelezen bij de kiezelwierenbemonstering door de Adviseur Water en Natuur. Bij de opgegeven peilschaalgegevens van Natuurmonumenten is steeds 0,52 m opgeteld. In 1986 werd het nulpunt van de peilschaal ingemeten op 7,78 m +NAP en in 1996 zou dit veranderd zijn in 7,26 m, terwijl er aan de positie van de peilschaal niets werd veranderd.

Verwerking

De gegevens zijn verzameld met grote verschillen in frequentie. Daarom is een wegingsprocedure gekozen voor de berekening van de gemiddelden. Daartoe zijn eerst de maandgemiddelden berekend. Uit de maandgemiddelden zijn kwartaalgemiddelden berekend, waaruit weer jaargemiddelden van de NAP-niveaus per ven zijn berekend. Dat totale gemiddelde wordt korthedshalve het gemiddelde NAP-niveau genoemd. Om de getallen tussen de vennen vergelijkbaar te maken is per ven het gemiddelde NAP-niveau over de periode 1980-2014 van de oorspronkelijke waarnemingen afgetrokken. Voor de trendanalyse zijn

vrijwel altijd jaargemiddelden gebruikt van hydrologische jaren (oktober – september) waarvan alle kwartaalgemiddelden beschikbaar zijn en dat van de Gerritsfles uit 1999 met drie kwartaalgemiddelden. Uit de Gerritsfles zijn voor 1997, 1998, 2002 en 2003 onvoldoende gegevens beschikbaar.

4.1.2. Temperatuur

Tijdens de veldbezoeken aan de drie intensief bemonsterde vennen rond 10 februari, 10 mei, 10 augustus en 10 november van elk jaar en de veldbezoeken aan de acht overige vennen in de loop van 2014 is steeds de temperatuur gemeten tot op 0,5 °C met een vloeistofthermometer of met aan pH-, geleidbaarheids- of zuurstofmeters gekoppelde temperatuurvoelers.

4.1.3. Overige variabelen

Gegevensoverdracht

Bij het Waterschap Reest en Wieden werden gegevens opgevraagd van chemische bemonsteringen van Kliplo, Diepveen, Poort 2 en het ven in het Echtenerzand en bij het Waterschap Vallei en Veluwe van de Gerritsfles, Kempesfles en Deelense Was. Deze waterschappen besteden de analyses uit aan Aqualysis, de opvolger van het laboratorium van het Waterschap Groot Salland. Bij AQUON (voorheen o.a. Gemeenschappelijk Waterlaboratorium) werden de in opdracht van het Waterschap ‘De Dommel’ verrichte analyses opgevraagd van het Achterste Goorven, Groot Huisven, Wolfspuutven en Schaapsven.

De gemeten waarden van sommige variabelen liggen vaak beneden de rapportagegrens (detectiegrens). Om een indruk te krijgen van de mate van overschrijding van de rapportagegrens werden ook de ruwe meetgegevens van beide laboratoria opgevraagd.

Bemonstering en analyse

De intensief bemonsterde vennen zijn in de verslagperiode (2011-2014), door waterschapslaboratoria ten minste elk kwartaal bemonsterd op de chemische samenstelling van het oppervlaktewater, in beginsel rond 10 februari, 10 mei, 10 augustus en 10 november van elk jaar. Bij sterke ijsvorming tijdens de winterbemonstering werd deze enkele weken tot een maand verschoven. De extensief bemonsterde vennen zijn alleen een of meerdere malen in 2013 en/of 2014 bemonsterd.

Bij elk van de bemonsteringen werd in het veld steeds de pH, het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) en het zuurstofgehalte gemeten met daartoe geschikte apparatuur en elektroden. Bij de veldbezoeken ten behoeve van de kiezelwierenbemonsteringen door de Adviseur Water en Natuur werden monsters voor pH en EGV genomen, die meestal binnen 24 uur in het laboratorium van Grontmij (Amsterdam) werden doorgemeten, meestal met apparatuur van WTW.

Een monster uit de Deelense Was van 2014 werd geanalyseerd door het laboratorium van de Stichting Waterproef (Edam).

Bijlage 1 geeft een overzicht van de door de laboratoria (behalve Stichting Waterproef) gehanteerde methoden en rapportagegrenzen (detec-

Harmonisatie en validatie

tiegrenzen) voor de relevante variabelen. Voor vrijwel alle variabelen zijn de laboratoria geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie.

De aangeleverde gegevens werden naar een uniform format geconverteerd, dat aansluit op de eerdere onderzoeken in deze vennen. Het belangrijkste verschil met de aangeleverde gegevens is dat de concentraties van stoffen niet in mg of µg per liter maar in millimolen per m³ (= µmol l⁻¹) worden weergegeven. In Bijlage 1 zijn de omrekeningsfactoren vermeld.

De concentraties van metalen in hetzelfde ven in hetzelfde jaar zijn in de aangeleverde gegevens soms in mg/l en soms in µg/l aangegeven. Hiervoor werd gecorrigeerd. Bij het elektrisch geleidingsvermogen zijn soms decimale correcties toegepast omdat verkeerde eenheden zijn gebruikt (µS/cm, in plaats van de aangegeven mS/m).

Verder werd gecontroleerd op uitschieters (onwaarschijnlijk hoge of lage waarden in de meetreeksen), maar dat waren slechts een paar van de ruim 3500 gecontroleerde getallen.

Bij de controle van de aangeleverde gegevens werden ionenbalansen berekend. Indien gemeten zijn de organische anionen en de kationen aluminium en ijzer in de ionenbalans betrokken. De concentratie van organische anionen (A, in mmol m⁻³) werd uit de pH en de concentratie opgeloste organische koolstof (DOC) berekend met de formule:

$$A = \frac{5 \times \text{DOC}}{1 + 10^{(0.96 + 0.9 \times \text{pH} - 0.039 \times \text{pH} \times \text{pH} - \text{pH})}},$$

die is ontleend aan Sullivan e.a. (1989). De coëfficiënt 5 staat voor de ladingsdichtheid van de organische koolstof en is ontleend aan Henriksen & Seip (1980) en Brakke e.a. (1987).

De concentratie van het opgeloste aluminium is afhankelijk van de pH. Beneden pH 4 is alle aluminium opgelost (valentie = 3) ; tussen 4 en 7 is de valentie gelijk aan 7 – pH (Sullivan e.a. 1989)

De ionenbalansen zijn slechts berekend indien van de kationen hydronium (berekend uit de pH), ammonium, kalium, natrium, calcium en magnesium en van de anionen chloride, nitraat en sulfaat waren gemeten

Het procentuele kationenoverschot (ksur) is berekend met de formule $\text{ksur} = 100 \times (\text{skat} - \text{san}) / (\text{skat} + \text{san})$, waarin skat en san respectievelijk de kationen- en de anionensom voorstellen. Volgens Stuyfzand (1989) zijn ionenbalansen met een kationenoverschot tussen -5 en +5% acceptabel. Onze ionenbalansen zijn slechts benaderingen, met name voor de organische anionen. Voor ijzer is met een waardigheid van 3 gerekend, maar ook deze is, net als voor aluminium, afhankelijk van de pH en bovendien van het zuurstofgehalte. Omdat er in onze monsters veel van deze onzekerheden zijn accepteren we ook vaak waarden buiten de door Stuyfzand genoemde grens. Van 570 analyses met metingen van alle 14 relevante kationen en anionen ligt 66,8% tussen een ksur van -5 tot +5%, 20% wijkt tussen 5 en 10% af van 0, 10,4% heeft een afwijking tussen 10 en 20% en 2,8% een afwijking tussen 20 en 37%.

Als maat voor het regenwaterkarakter is de Ionic Ratio (IR) volgens Van Wirdum (1991) berekend. $\text{IR} = 2 \times \text{Ca} / (2 \times \text{Ca} + \text{Cl})$.

Toetsen van trends

Van enkele sleutelvariabelen uit de intensief bemonsterde vennen werden, ook van vroegere jaren, medianen berekend. Van alle bemonsterde vennen werden de beschikbare gegevens over pH, sulfaat, ammonium, DOC, chloride en alkaliniteit geclassificeerd in de jaren 1978, 1982, 1986, 1990, 1994, 1998, 2002, 2006, 2010 en 2014. Van de Drentse vennen zijn vanaf 2006 niet of nauwelijks DOC-gegevens verzameld. Soms zijn gegevens van een jaar vroeger of later dan het aangegeven jaar gebruikt. Tevens zijn de novemberwaarnemingen van de genoemde jaren uit de intensief bemonsterde vennen gebruikt. Voor pH werd de veldwaarneming gebruikt. De extreem hoge chloridewaarneming van het Wolfspuiven uit 1998 (toen hier grondwater werd ingelaten) bleef buiten beschouwing. Vanwege de scheve verdeling van de waarnemingen werd een verdelingsvrije variantie-analyse voor herhaalde waarnemingen aan dezelfde objecten uitgevoerd, door middel van de Friedman-toets. Paarsgewijze verschillen werden daarna getoetst met de Wilcoxon-toets, door middel van het programma Past (Hammer e.a. 2001).

Kwaliteit

De nutriëntenconcentraties zijn beoordeeld volgens de indelingen van Tabel 2. Het zal niet altijd mogelijk zijn om de beschikbare monsters goed te classificeren, daar de detectiegrens van veel waterlaboratoria voor totaal-fosfaat met $1,29 \text{ mmol m}^{-3}$ ($0,04 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$) juist op de grens van de klassen (vrij) goed en goed ligt. De klassen goed en zeer goed zullen daarom vaak niet van elkaar te zijn onderscheiden.

Tabel 2. Indelingen in kwaliteitsklassen voor totaal-fosfaat en totaal-stikstof volgens Van der Molen e.a. (2012, 2014). De concentraties zijn zomer-gemiddelde waarden in mmol m^{-3} .

Variabele	Type	zeer goed	goed	matig	onvoldoende	slecht
Totaal P	M12, M13, M26	≤ 1	$\leq 3,2$	3,2 - 6,5	6,5 - 12,9	$> 12,9$
Totaal N	M12, M13, M26	≤ 50	≤ 143	143 - 186	186 - 271	> 271

4.2. Kwaliteit van de gegevens

In de meeste gevallen zijn steeds de voor dit onderzoek relevante variabelen bepaald: in de intensief bemonsterde vennen vier maal per jaar en in de extensief bemonsterden op of nabij de bemonsteringsdatum van de kiezelwieren. In de Drentse vennen ontbreekt sinds 2005 echter meestal de waarde voor DOC (opgeloste organische koolstof). Zowel in de Drentse als de Veluwe vennen is totaal anorganische koolstof (TIC) nauwelijks bepaald. Dat bemoeilijkt de interpretatie van de gegevens, want anorganische koolstof kan in vennen perkend zijn voor de plantengroei (Bloemendaal & Roelofs 1988), terwijl organische koolstof vrijkomt bij de afbraak van organisch materiaal door zwavelreductie en denitrificatie. Dat beïnvloedt ook weer de zuurstofhuishouding.

Verder liggen de concentraties van een aantal variabelen (te) vaak beneden de gehanteerde rapportagegrenzen. Dat blijkt vooral de laatste jaren, nu de concentraties van diverse variabelen sterk zijn gedaald. Tabel 3 geeft hiervan een overzicht.

Nitriet ligt altijd beneden de rapportagegrens, maar dat is kwantitatief niet van belang. Koplopers bij het aantal waarnemingen beneden de

rapportagegrenzen zijn verder belangrijke nutriënten en verzuringsactoren als ortho-fosfaat (92%), ammonium (64%) en nitraat (75%); maar ook totaal-fosfaat (31%), sulfaat (83%) en alkaliniteit (39%) liggen te vaak beneden de rapportagegrens. Hierdoor zijn eventuele veranderingen in de toekomst steeds moeilijker vast te stellen.

Het percentage waarnemingen dat ligt tussen de rapportagegrens en de helft daarvan geeft – in relatie tot het percentage waarnemingen beneden de rapportagegrens – inzicht in welke mate de rapportagegrenzen worden overschreden. Zo is te zien dat voor sulfaat relatief veel waarnemingen maar weinig lager zijn dan de rapportagegrens. Een verlaging hiervan tot ongeveer een kwart van de huidige waarden zou hier al veel soelaas geven. Voor de andere variabelen zijn veel drastischer verlagingen van de rapportagegrenzen noodzakelijk om toekomstige veranderingen op zinvolle wijze te kunnen volgen, zoals ook al werd geconstateerd in de vorige rapportage (Van Dam & Mertens 2011).

Tabel 3. Overzicht van aantallen, gemiddelden en overschrijdingen van de rapportagegrenzen (detectiegrenzen) van geselecteerde variabelen voor de laboratoria van Waterschap Groot-Salland en Aqualysis (samen AQL) en AQUON (AQU) voor de metingen van 2011-2014. Zie Bijlage 2 voor minder gebruikelijke afkortingen.

Parameter	Lab.	Chl-a BZV5		oP	tP	kN	NH4	NO3	NO2	K	Ca	Al	Fe	SO4	Cl	alk	HCO3
		µg/l	mg/l	.....	.....	.....	.....	.....	.....	mmol/m ³	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Aantal waarnemingen	AQL	46	97	118	118	118	118	118	118	55	55	55	55	61	118	45	
	AQN	17	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	17	29
	alle	63	126	147	147	147	147	147	147	84	84	84	84	89	147	62	29
Gemiddelden	AQL	88	7,4	0,2	1,8	126	9	4	0,7	22	15	5	14	35	170	41	
	AQN	45	3,6	0,2	1,8	129	35	3	0,4	25	28	13	21	33	159	174	91
	alle	76	6,5	0,2	1,8	127	14	4	0,7	23	19	8	16	35	168	77	91
Rapportagegrenzen	AQL	10/25	1	0,3	1,3	36	7	4	1	3	13	2		52	85	40	
	AQN	5	1	0,5	0,6/1,3	7	2	4	1	5	3	2	0,9	52	73	100	82
%beneden rapportagegrens	AQL	28	14	96	34	8	69	78	99	4	38	9	7	92	1	38	
	AQN	18	0	76	17	0	41	62	97	7	0	0	0	64	21	41	28
	alle	25	11	92	31	6	64	75	99	5	25	6	5	83	5	39	28
%helft tot hele rapportagegrens	AQL	9	7	14	22	5	14	8	1	0	38	9	7	44	1	22	
	AQN	12	0	14	7	0	31	14	21	0	0	0	0	4	14	0	10
	alle	10	6	14	19	4	18	10	5	0	25	6	5	31	3	16	10

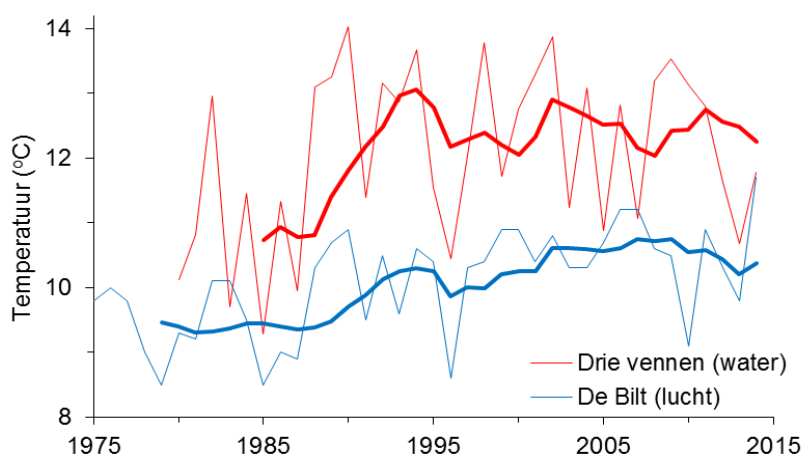
4.3. Resultaten

4.3.1. Temperatuur

De jaargemiddelden en de zesjaars voortschrijdende gemiddelden van de drie intensief bemonsterde vennen zijn uitgezet in Figuur 15.

De luchttemperatuur neemt toe tussen 1985 en 2005 en stabiliseert daarna of neemt zelfs iets af. De venwatertemperatuur neemt vooral tussen 1985 en 1995 sterk toe en blijft daarna ongeveer gelijk. Hierbij moet worden bedacht dat de venwatertemperaturen met eenvoudige, ongecalibreerde veldthermometers zijn verricht, dat er per ven maar vier waarnemingen per jaar (rond 10 februari, 10 mei, 10 augustus en 10 november) zijn uitgevoerd op wisselende tijdstippen van de dag.

Ondanks deze beperkingen bedraagt de Pearson-correlatiecoëfficiënt tussen de jaargemiddelden van de water- en luchttemperatuur 0,54 ($p < 0,001$) en die tussen de zesjaars voortschrijdende gemiddelden is met 0,80 ($p < 0,0001$) nog veel groter. Het verschil tussen water- en luchttemperatuur bedraagt gemiddeld 1,9 °C.



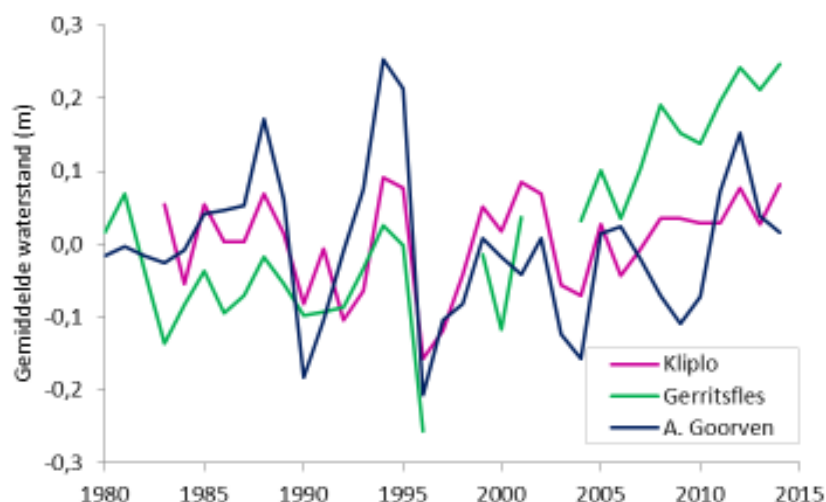
Figuur 15. Veranderingen van de gemiddelde jaarlijkse watertemperatuur van de drie intensief bemonsterde vennen, in vergelijking met de trend van de luchttemperatuur te De Bilt (www.knmi.nl). De dunne lijnen verbinden de jaargemiddelden en de dikke lijnen geven de zesjaars voortschrijdende gemiddelden weer.

4.3.2. Waterstand

De resultaten voor de periode 2007-2010 zijn vermeld in Bijlage 3. In Bijlage 4 zijn de waterstanden over de hele waarnemingsperiode grafisch weergegeven. Figuur 16 is een samenvatting daarvan. Enkele belangrijke daaruit berekende karakteristieken zijn vermeld in Tabel 4. Daarbij is de hele waarnemingsperiode gesplitst in de perioden 1980 – 1995 en 1996 – 2014. Daarvoor is gekozen omdat in 1995 het naast het Achterste Goorven gelegen Voorste Goorven wegens restauratiewerkzaamheden tijdelijk is drooggezet. Tevens is toen de afwatering van het Voorste Goorven veranderd, waardoor dat ven een constanter peil heeft gekregen. De zomer van 1996 was zeer droog, waardoor toen in alle vennen het waterpeil ver is weggezakt. Na enkele jaren was de waterstand alweer tot een min of meer normaal peil gestegen.

Het peil in het Achterste Goorven had voor 1996 met 36 cm de grootste amplitude (verschil tussen hoogste en laagste jaarlijkse waterstand). Na

de restauratie van het Voorste Goorven is de gemiddelde jaarlijkse amplitude hier 6 cm afgenomen terwijl het peil gemiddeld met 4 cm is verminderd.



Figuur 16. Veranderingen van de gemiddelde jaarlijkse waterstand in de drie intensief bemonsterde vennen. Een jaar loopt van oktober van het voorafgaande jaar tot en met september van het aangegeven jaar.

Tabel 4. Enkele karakteristieken van het waterpeil in de drie intensief bemonsterde vennen. De product-moment-correlatie is tussen gemiddeld peil en (hydrologisch) jaar. Significanties: * = $p \leq 0,05$, *** = $p \leq 0,001$. De referentie voor het peil is de gemiddelde waterstand in de periode 1980 – 2014.

Variabele	Periode	A. Goorven	Gerritsfles	Kliplo
Gemiddeld peil (cm)	1980 - 1995	3	-5	-1
	1996 - 2014	-4	9	0
Amplitude (cm)	1980 - 1995	36	31	28
	1996 - 2014	30	25	31
Product-moment-correlatie	1980 - 1995	0,40	0,23	-0,07
	1996 - 2014	0,55*	0,93***	0,56*

In de Gerritsfles is de gemiddelde amplitude van het waterpeil na 1995 6 cm lager geworden dan in de periode daarvoor, maar de gemiddelde waterstand tussen beide perioden is met 14 cm toegenomen.

In Kliplo zijn de verschillen tussen beide perioden gering.

Opmerkelijk zijn de significante stijgingen van het waterpeil na 1996, vooral vanaf 2005 en dan met name in de Gerritsfles. Sinds 2000 is de waterstand hier ongeveer 3 dm gestegen. Dat lijkt een respons op de stijging van de gemiddelde neerslag op de Veluwe (Figuur 14). Het is heel goed mogelijk dat de dunne ijzerlaag onder en aan de zijkant van

het ven (Schimmel & Ter Hoeve 1952; Mulder 1988) zich nog steeds uitbreidt.

4.3.3. Chemische samenstelling

De chemische gegevens van alle beschikbare bemonsteringen zijn vermeld in Bijlage 2¹. Het verloop van de mediane concentraties per jaar van een aantal chemische variabelen in de drie intensief bemonsterde vennen is uitgezet in de figuren van Bijlage 6. Ze zijn samengevat in de Figuren 17-25. Voor de drie intensief onderzochte vennen zijn daartoe steeds driejaars voortschrijdende gemiddelden berekend. De periode van drie jaar komt ongeveer overeen met de verblijftijd van het water in de vennen (Van Dam 1988). Omdat de nadruk van het onderzoek op de langetermijnveranderingen ligt is het een voordeel dat de kortetermijnfluctuaties hierdoor enigszins worden afgevlakt.

De mediane waarden van een aantal chemische variabelen in de vierjaarlijkse bemonsteringen van elf vennen zijn vermeld in Tabel 5. Het verloop van de medianen van een aantal van deze variabelen is ook weergegeven in de Figuren 17-25. De uitslagen van de Friedmantoetsen en de post-hoc Wilcoxontoets voor de elf vennen zijn vermeld in Bijlage 7. De significanties zijn ook vermeld in de Figuren 17-25.

Tabel 5. Mediane waarden van chemische variabelen in 11 vennen. Zie Bijlage 2 voor minder gebruikelijke afkortingen.

Jaar	pHv	EC25v	DOC*	oP	tP	tN	H	NH4	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Cl	NO3	NO2	SO4	alk	IR	N/P
.....mmol m ⁻³																					
1978	4,3	10,0	313	0,2			59	34	28	315	75	68	15	8	388	5	0	229	-20	0,31	
1982	4,5	8,7	516	0,2			31	34	46	261	50	37	8	18	339	4	0	135	0	0,20	
1986	4,3	7,4	866	0,1			12	78	38	239	52	29	7	8	282	1	0	104	33	0,22	
1990	4,2	8,4	566	0,2	0,2		25	39	38	283	45	37	6	8	336	2	0	104	8	0,19	
1994	4,9	4,9	1 332	0,1	0,6		12	12	45	191	27	25	3	14	248	2	0	51	66	0,20	
1998	4,9	4,7	475	0,2	1,0	123	29	21	18	182	23	24	5	6	231	4	1	83	49	0,20	283
2002	5,2	5,2	1 091	0,2	1,5	104	2	4	21	170	20	22	4	13	197	4	0	26	41	0,17	80
2006	5,5	5,0	1 366	0,2	2,3	131	3	6	17	217	25	29	3	10	248	2	0	26	41	0,18	60
2010	5,4	3,5	1 082	0,2	1,6	95	4	4	21	177	21	25	5	8	169	2	1	42	55	0,19	51
2014	5,3	3,5	841	0,2	1,6	87	5	5	17	159	17	21	5	9	152	2	1	26	50	0,15	57

*zonder Drentse vennen

Veel relaties tussen de variabelen en het bemonsteringsjaar zijn niet lineair. Het ontbreken van een significante correlatie zegt daarom niet altijd iets over de afwezigheid van een trend. Een significante correlatie is wel een aanwijzing voor de aanwezigheid van een trend.

De belangrijkste veranderingen in de waterchemie zijn samengevat in Tabel 6, samen met gegevens van enkele buitenlandse overzichtspublicaties. Deze worden hieronder besproken. Met het jaar 1980 wordt steeds de combinatie van de jaren 1978 en 1982 bedoeld en met 2012 de combinatie van de jaren 2010 en 2014. De combinaties zijn gekozen om het effect van extremen iets te verminderen.

¹ In de Gerritsfles zijn in 2013 en 2014 op twee locaties monsters genomen. Bijlage 5 geeft een analyse van de overeenkomsten en verschillen.

Tabel 6. Veranderingen in enkele chemische variabelen van de onderzochte vennen en buitenlandse verzuringsgevoelige meren, gebaseerd op medianen. In de vennen gaat het om de gemeten sulfaatconcentraties, in de buitenlandse meren om niet-marien sulfaat. **Grijs** gedrukte waarden zijn onzeker wegens te hoge rapportagegrenzen.

Gebied	Periode	Loca- ties	Verandering per jaar (mmol m ⁻³)							Verandering hele periode (%)					
			SO ₄ ⁼	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	H ⁺	Alk ^b	DOC ^e	SO ₄ ⁼	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	H ⁺	DOC ^e	Bron ^c	
Nederland	1980-2012 ^d	11	-3,7	-1,0	-0,10	-0,8	1,6	20	-82	-90	-64	-85	196	1	
Nederland	1990-2010	11	-2,0	-1,1	-0,01	-0,7	1,3	16	-61	-91	-11	-84	91	1	
West-Duitsland	1990-2008	6	-1,9		0,13		0,5	4	-31		5	-69	22	2	
Zuid-Zweden	1985-2010	32	-2,9		0,08				-66		40			3	
Zuid-Scandinavië ^a	1990-2008	13	-2,3		-0,04		0,5	7	-59		-19	-23	35	2	
Schotland	1985-2010	42	-1,6		-0,28				-73		-47			3	
Verenigd Koninkrijk	1990-2008	6	-0,6		-0,09		0,3	9	-48		-12	-51	113	2	

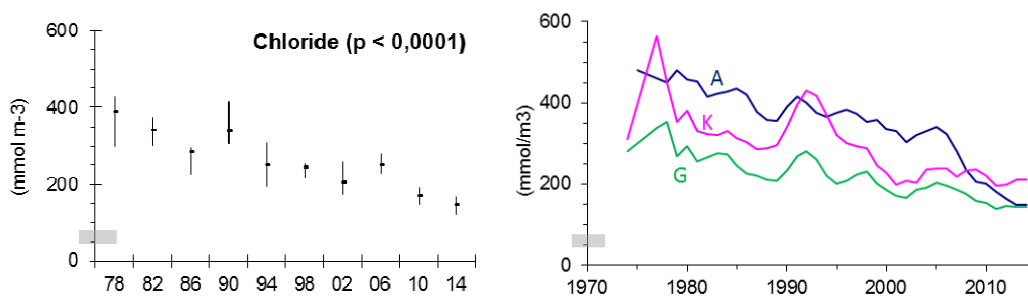
^aZuid-Noorwegen, Zuid-Zweden, Zuid-Finland, ^bAlkaliniteit, ^c 1 dit onderzoek, 2 Garono e.a. (2015), 3 Hellwéll e.a. (2014)

^d1980 is medianen van waarden uit 1978 en 1982, 2012 is medianen van waarden uit 2010 en 2014, ^eexclusief Drentse vennen

Chloride

Chloride is een biologisch vrijwel inert element en kan daarom goed worden gebruikt om uitspraken te doen over de herkomst van het water. De onderzochte vennen worden voor het merendeel uitsluitend door regenwater gevoed. Het is daarom ook niet verwonderlijk dat de veranderingen in de concentraties van het venwater (Figuur 17) goed overeen komen met die in de neerslag (Figuur 14).

De daling van de chlorideconcentraties, zoals die al in eerdere rapportages werd geconstateerd, heeft zich voortgezet. Dat is een rechtstreeks gevolg van de daling van de chlorideconcentraties in het regenwater. De



Figuur 17. Links: veranderingen van de mediane waarden van de chlorideconcentraties in 11 vennen. De verticale lijnen verbinden de 25- met de 75-percentielwaarden. Rechts: veranderingen van de driejaars voortschrijdende gemiddelden van de chlorideconcentraties in de intensief bemonsterde vennen Achterste Goorven (A), Gerritsfles (G) en Kliplo (K). p geeft de mate van significantie van de veranderingen aan. De grijze blokjes indiceren de rapportagegrens.

concentraties van de verschillende vennen zijn ook onderling steeds minder gaan verschillen. De jaarlijkse afname van de mediane concentraties tussen 1980 en 2012 bedraagt 6 mmol m^{-3} , van 353 mol m^{-3} in 1980 naar 159 mmol m^{-3} in 2012.

In hun geheel zijn de veranderingen in de loop der tijd zeer significant ($p < 0,0001$). Ook de verschillen tussen de verschillende jaren zijn over het algemeen significant. Alleen het jaar 1998 heeft weinig verschillen met andere jaren. De piek van de concentraties in 1990 en 1991 valt samen met een droge zomer en een piek in de concentraties van de

Sulfaat

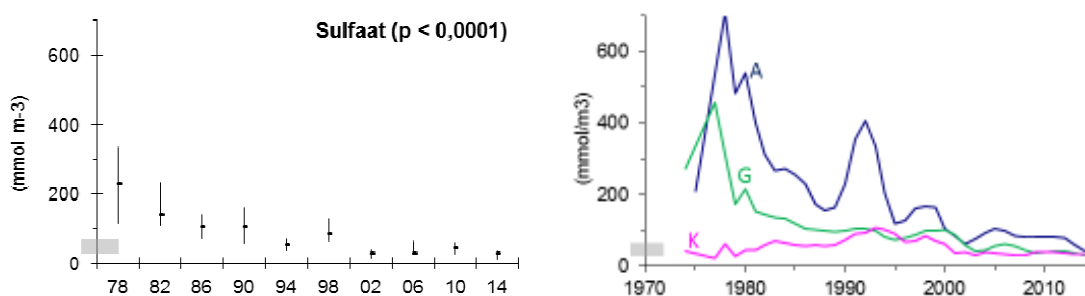
neerslag (Figuur 14). De pieken van Gerritsfles en Kliplo in 1977 zijn naweeën van de uiterst droge zomer van 1976.

Luchtverontreiniging door emissies van zwaveloxiden en de omzettingen daarvan, zoals zwavelzuur, werd in de zeventiger jaren van de vorige eeuw herkend als oorzaak van verzuring van Scandinavische meren (Almer e.a. 1978).

Anders dan chloride zijn zwavelverbindingen in hoge mate chemisch en biologisch actief. Door zwavelreducerende bacteriën wordt sulfaat omgezet in sulfiden, die in de bovenste bodemlagen worden opgeslagen. In zeer droge zomers wordt een deel van de venbodem blootgesteld aan de lucht en oxideren de sulfiden weer. Als het ven zich weer vult veroorzaakt dit herverzuring.

De mediane concentraties van sulfaat in de elf vennen zijn zeer significant ($p < 0,0001$) afgenomen van 146 mmol m^{-3} in 1980 tot 26 mmol m^{-3} in 2012 (Figuur 18). Dat is een afname van 82% ($3,7 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$). Vanaf 1990 is de afnamesnelheid $2 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$, wat redelijk in overeenstemming is met die van meren in Zuid-Scandinavië en West-Duitsland (Tabel 6). In de buitenlandse meren gaat het om niet-marien sulfaat. In de Nederlandse vennen is het aandeel van niet-marien sulfaat moeilijk vast te stellen, door de sterk veranderende chlorideconcentraties en de sterke interactie tussen bodem en water.

Na 2002 zijn er geen grote veranderingen meer. Zo die er al zijn ontsnappen deze aan de waarneming, door de in verhouding (te) hoge rapportagegrens voor sulfaat.



Figuur 18. Veranderingen van de sulfaatconcentraties in 11 vennen. Zie verder legenda Figuur 17.

De drie intensief onderzochte vennen zijn geselecteerd op grond van de grote verschillen in de sulfaatconcentraties bij aanvang van het onderzoek. De verschillen tussen de vennen hangen o.a. samen met de morfometrie en de daarmee samenhangende verblijftijd van het water (Van Dam 1988).

In zeer droge zomers, zoals 1976, 1990, 1996, 2003 en 2009, viel een groot deel van het Achterste Goorven droog, waardoor de in het sediment opgeslagen gereduceerde zwavelverbindingen tot sulfaat oxideerden en weer in de waterlaag terecht kwamen. Dit werd vervolgens uit het ven afgevoerd met het winterse neerslagoverschot, waardoor de pieken na de droge zomers steeds lager werden. Na de droge zomer van 2009 was er helemaal geen piek meer.

In de Gerritsfles is er na het record droge jaar 1976 weliswaar een piek, maar verloopt de afname van sulfaat meer monotoon dan in het A. Goo-

venen. In Kliplo, waar door de in verhouding steile oevers de bodem nauwelijks droogvalt, heeft de sulfaatconcentratie een ander verloop. Er is sprake van een – in verhouding – laag maximum (ca 100 mmol m⁻³) in de vroege jaren negentig en daarna is er een significante afname tot waarden beneden de detectielimiet (52 mmol m⁻³). De oorzaak van de stijging van de sulfaatconcentraties in Kliplo tussen 1980 en 1990 hangt wellicht samen met de stijging van de ammoniumconcentratie in die periode. Wellicht hebben de andere twee vennen een vergelijkbaar patroon, dat dan echter gemaskeerd wordt door de veranderingen bij het droogvallen..

De lage sulfaatconcentraties in de laatste jaren zijn niet alleen het gevolg van de sterke vermindering van de atmosferische depositie (Figuur 14), maar ook van sulfaatreductie, die dank zij de toegenomen pH, alkaliniteit en temperatuur in de loop der tijd steeds beter verloopt. Daarbij wordt ook weer alkaliniteit geproduceerd, zodat er sprake is van positieve terugkoppeling.

Anorganische stikstof

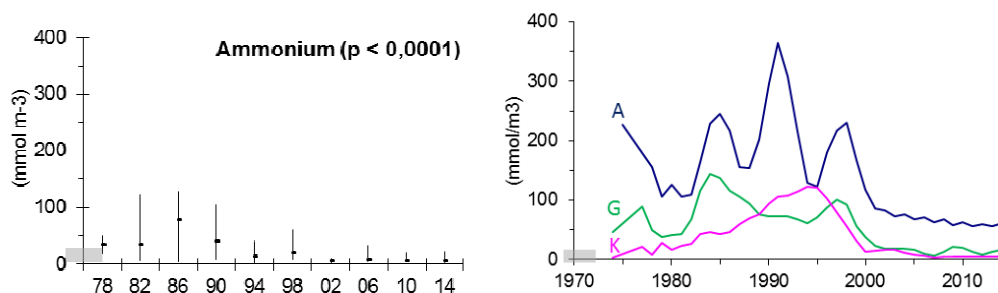
Bij de evaluatie van het verzuringsbeleid bleek dat niet alleen zwavelverbindingen, maar ook anorganische stikstofverbindingen, in het bijzonder ammoniak en ammonium uit de intensieve veehouderij belangrijke oorzaken zijn van de verzuring van oppervlaktewateren (Manuel e.a. 1984).

Nog sterker dan zwavelverbindingen zijn stikstofverbindingen biologisch actief, omdat stikstof een essentiële bouwstof is van organismen. Ammonium wordt door bacteriën in zuurstofrijke omgeving omgezet in nitraat, waarbij (verzurende) protonen vrijkomen. Nitraat kan in zuurstofarme omgeving worden omgezet in vrije stikstof, waarbij weer protonen worden opgenomen (denitrificatie).

Tussen de concentraties van ammoniumstikstof in de verschillende jaren zijn significante verschillen (Figuur 19). Rond 1980 bedraagt de mediane concentratie 34 mmol m⁻³. Vooral in de jaren 1982, 1986 en 1990 zijn de concentraties vaak hoog, ongeveer overeenkomend met het patroon in de drie intensief bemonsterde vennen. Daarna is er een sterke afname tot waarden beneden de 10 mmol m⁻³, beneden de rapportagegrens. Dat is van 1980 tot 2012 gemiddeld een afname van 1,0 mmol m⁻³ j⁻¹. De verschillen tussen de vennen zijn echter zeer groot.

Na 2002 zijn er geen grote veranderingen meer. Eventuele veranderingen na 2002 ontsnappen deze aan de waarneming, door de in verhouding hoge rapportagegrens.

Rond 1980 was anorganische stikstof voor bijna 90% aanwezig als ammonium. Er zijn niet veel vergelijkbare getallen uit het buitenland, waar stikstof in verzuringsgevoelige wateren vooral als nitraat aanwezig is en geen duidelijke afname laat zien (Tabel 4). In deze tabel zijn de waarden van nitraat voor Nederland grijs gedrukt, omdat ze door de hoge rapportagegrenzen zeer onzeker zijn.



Figuur 19. Veranderingen van de ammoniumconcentraties in 11 vennen. Zie verder legenda Figuur 17.

In de drie intensief onderzochte vennen bereiken de ammoniumconcentraties maximale waarden ongeveer halverwege de onderzoeksperiode; de Gerritsfles iets eerder en Kliplo iets later. Er is geen sprake van een lineaire trend.

Sinds 2000 blijft ammonium op een laag niveau. In Kliplo en Gerritsfles blijven de concentraties de laatste jaren heel vaak beneden de rapportagegrens. In het Achterste Goorven zijn de concentraties nog steeds hoger. De concentraties in het laatste ven vertonen pieken en dalen, die ongeveer samenvallen met die van sulfaat, die het gevolg is van de peilfluctuaties. Kennelijk wordt ook ammonium gemobiliseerd na perioden van droogte, als gevolg van een versterkte mineralisatie van de in het sediment opgeslagen voorraad organisch gebonden stikstof. Ook geremde nitrificatie kan hierbij een rol spelen. Ook in de Gerritsfles is zo'n patroon zichtbaar, zij het zwakker dan in het Achterste Goorven. In Kliplo zijn de fluctuaties anders: na een stijging tot 1993 is er een snelle daling, totdat vanaf 2002 heel vaak waarden beneden de detectielimiet worden vastgesteld. De snelle daling gaat deels samen met een stijging van de pH, die een stimulerend effect heeft op de denitrificatie.

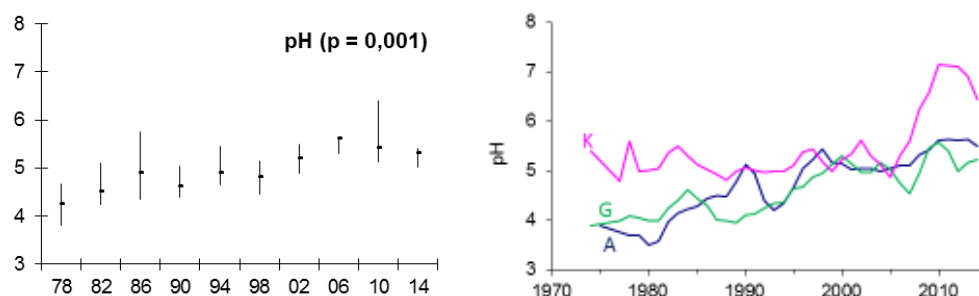
Als gevolg van de grote biologische activiteit van ammonium dalen de concentraties daarvan veel sneller dan in de neerslag (vergelijke de Figuren 14 en 19).

Zuurgraad en zuurbindend vermogen (alkaliniteit)

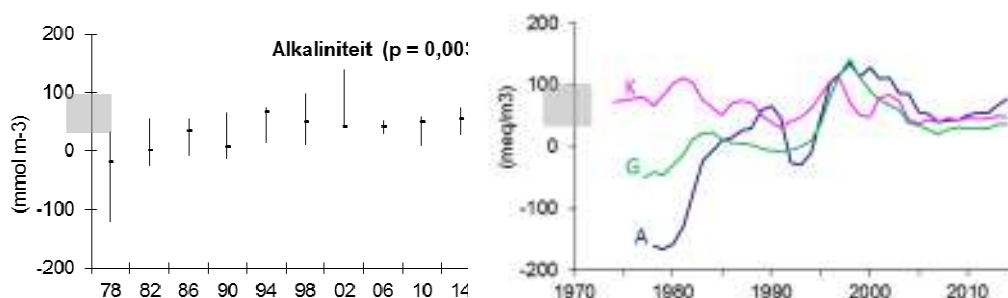
Een van de eerste gevolgen van de verzuring van oppervlaktewateren is een toename van de zuurgraad, ofwel een daling van de pH. Op het hoogtepunt van de verzuring (rond 1980) was deze in vennen zeer laag; de mediaan was 4,5, maar waarden rond 3,7 waren zeer gewoon. Door de afname van verzurende depositie is de mediane pH zeer significant ($p = 0,001$) gestegen tot 5,3 rond 2012. De protonenconcentratie is daardoor met 85% afgenomen, wat aanzienlijk meer is dan in buitenlandse verzuringsgevoelige meren (Tabel 6).

In de Gerritsfles verloopt de toename van de pH tamelijk geleidelijk. In het Achterste Goorven is er overall een grote toename van de pH, maar de stijging is niet monotoon. Na zeer droge zomers komt er veel zwavelzuur uit de bodem vrij, wat leidt tot een tijdelijke daling van de pH. In Kliplo is de pH met waarden tussen 4,5 en 5,5 lange tijd stabiel geweest, maar vanaf de zeer warme zomer van 2006 (Figuur 12) is de pH hier plotseling gestegen, een gevolg van de interne eutrofiëring van dit plasje door zwavelaccumulatie in de bodem (Van Dam & Mertens 2014).

De toename van sterke(stabiele) anionen, zoals sulfaat en nitraat, door atmosferische depositie, veroorzaakt een afname van zwakke anionen, zoals bicarbonaat en in mindere mate organische zuurresten, die zorgen voor het zuurbindend vermogen (alkaliniteit). In de meeste gevallen wordt dit in het laboratorium bepaald door titratie van het monster met verdund zoutzuur tot het omslagpunt van methylooranje (rond pH 4,4). In de monsters van vóór 1995 was de pH vaak lager dan 4,4 en is de aciditeit (negatieve alkaliniteit) bepaald door titratie met verdund



Figuur 20. Veranderingen van de zuurgraad in I I vennen. Zie verder legenda Figuur 17.



Figuur 21. Veranderingen van de alkaliniteit in I I vennen. Zie verder legenda Figuur 17.

natronloog tot pH ~4,4. In de monsters na die tijd is dit laatste niet meer gebeurd en is alleen de alkaliniteit bepaald, met een vrij hoge rapportagegrens. Hierdoor zijn eventuele veranderingen van de alkaliniteit vanaf 1995 niet altijd goed herkenbaar.

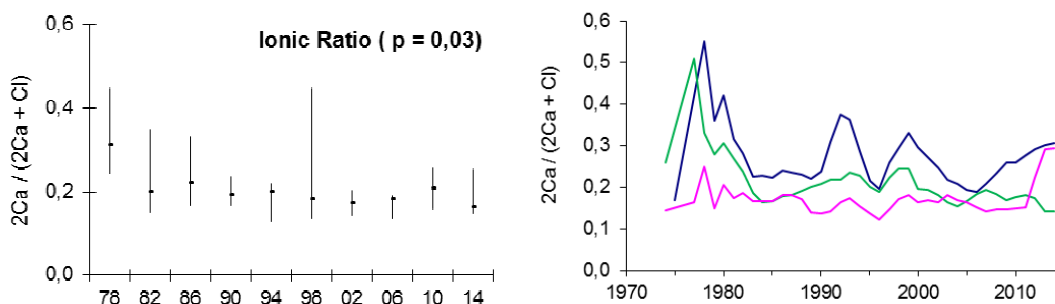
De mediane alkaliniteit is tussen 1980 en 2012 gestegen van 0 tot 50 meq m⁻³, overeenkomend met 1,6 meq m⁻³ j⁻¹, wat hoger is dan in buitenlandse verzuringsgevoelige meren (Tabel 6). Deze snelheid wordt echter wellicht overschat door de hoge rapportagegrens (zie de figuur in Bijlage 6).

Metalen

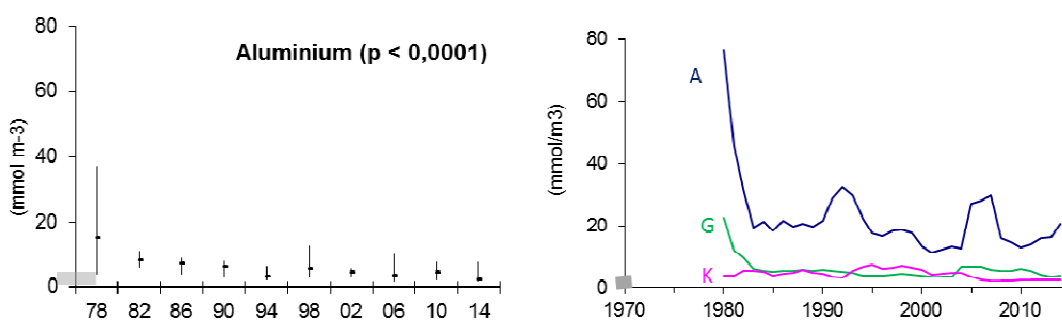
Bij lage pH waarden worden metalen, zoals calcium, magnesium en aluminium uit het bodemmateriaal opgelost. Hierdoor neemt de Ionic Ratio (IR) toe. Bij afnemende verzuring neemt de IR weer af, zoals blijkt uit Figuur 22. Opmerkelijk zijn de uitschieters in 1998. Wellicht is dat nog na-ijlen van de zeer droge zomer van 1996.

Belangrijk is ook aluminium. Bij lage pH-waarden lost dit toxische metaal gemakkelijk op en kan al negatieve effecten hebben op verschillende groepen van waterorganismen bij concentraties in het bereik van 1-10 mmol m⁻³ (Butcher 1988) en dat zijn de concentraties die ook voorkomen in de onderzochte vennen (Figuur 23). Met name bij de lage pH-

waarden rond 1980 waren de concentraties hoog, vooral in het Achterste Goorven.



Figuur 22. Veranderingen van de Ionic Ratio (IR) in 11 vennen. Zie verder legenda Figuur 17.



Figuur 23. Veranderingen van de totale concentraties van aluminium in 11 vennen.. Zie verder legenda Figuur 17.

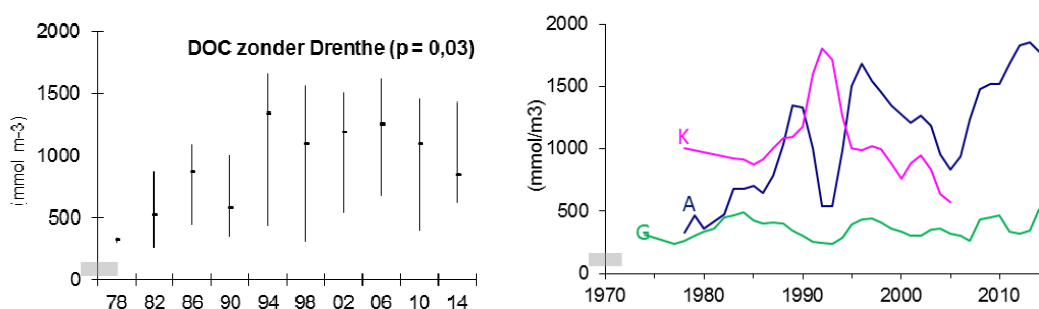
Opgeloste organische koolstof (DOC) en kleur

In Nederland is DOC (voornamelijk bepaald door het gehalte aan humusverbindingen) nauwelijks opgenomen in routinematige meetnetten voor de waterkwaliteit. Dit ten onrechte want een hoog DOC betekent vaak een verminderde lichteveelheid voor waterplanten. Daarnaast vormt DOC complexen met metalen en bepaalt daarmee de beschikbaarheid en toxiciteit van zware metalen (Verschoor 2013).

De concentratie van opgeloste organische koolstof (DOC) in de onderzochte vennen is laag in periodes met hoge sulfaatconcentraties en lage pH, door precipitatie van humusverbindingen met aluminium, dat bij lage pH in oplossing komt (Figuren 20, 23 en 24). Ook ontkleurt het water hierdoor (Steinberg & Kühnel 1987).

De variatie tussen de vennen in het gehalte aan opgeloste organische koolstof (DOC = dissolved organic carbon) is zeer groot. Omdat in de Drentse vennen DOC sinds 2005 niet is gemeten zijn deze bij de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

De mediane DOC- concentratie in de zeven vennen is zeer significant ($p = 0,03$) toegenomen van 325 mmol m^{-3} in 1980 tot 962 mmol m^{-3} in 2012 (Figuur 24). Dat is een toename van 196% ($20 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$), wat aanzienlijk meer is dan in buitenlandse verzuringsgevoelige meren. (Tabel 6). De toename heeft vooral plaatsgehad tussen 1990 en 1994.



Figuur 24. Veranderingen van de opgeloste organische koolstof (DOC) in 7 Veluwe en Brabantse vennen. Zie verder legenda Figuur 17.

De toename van DOC wijst op een toename van de afbraak van organisch materiaal, o.a. door sulfaatreductie en denitrificatie.

Venwater is van nature (vrijwel) kleurloos tot donkerbruin, afhankelijk van onder andere zuurgraad en de hoeveelheid humuszuren. In Kliplo is sinds 2000 maandelijks de kleur van het water vastgesteld. Deze was kleurloos tot bruin tot en met 2007. Daarna was het water meestal groen gekleurd, gepaard gaande met hoge chlorofylconcentraties, verminderde zichtdiepte, soms iets verhoogde zuurstofgehalten en een sterk verhoogd biochemisch zuurstofverbruik (Tabel 7). Er is hier een vrijwel permanente bloei van planktonische groenwieren, wat duidt op (interne) eutrofiëring. Ook in het Schaapsven wordt bij de incidentele bemonsteringen vanaf 1994 regelmatig groenkleuring van het water waargenomen (Bijlage 2).

Tabel 7. Percentage groen gekleurde monsters per jaar en jaargemiddelden van enkele overige variabelen in Kliplo (n = aantal monsters per jaar).

jaar	Groenkleuring		Chl-a	ZD	O ₂	BZV5
	eenh.	%	μg/l	cm	%	mg/l
	n	12-13	5-8	9-12	9-12	9-12
2007		0	15	>100	89	3
2008		43	70	91	98	7
2009		100	199	37	104	8
2010		73	185	51	97	8
2011		100	150	60	97	10
2012		93	134	41	105	11
2013		100	177	44	101	12
2014		100	76	55	96	13

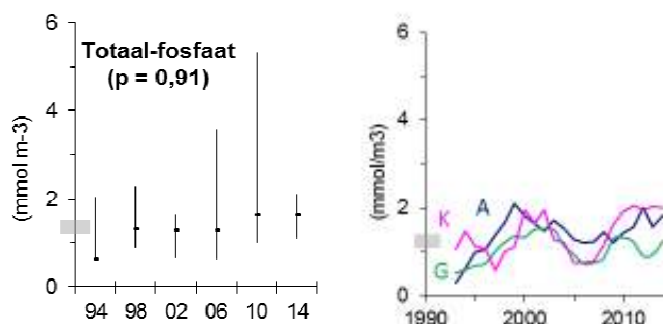
Nutriënten

De concentraties van totaal-fosfaat bewegen zich steeds om en nabij de gehanteerde rapportagegrenzen en de fluctuaties voltrekken zich in een onregelmatig patroon. Er is daardoor geen sprake van een significante trend (Figuur 25). Fosfaten die vrij komen bij de afbraak van organische stof door sulfaatreductie en denitrificatie worden kennelijk weer snel opgenomen, o.a. door het plankton (Kliplo).

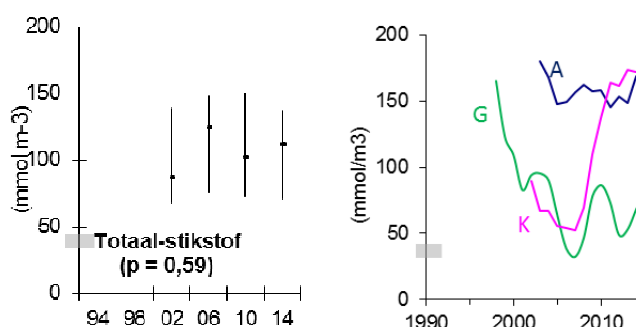
De N/P-verhouding (medianen tussen 51 en 283, Tabel 5) is aanzienlijk hoger dan de verhouding van 16 - 23, waarboven fosfaat beperkend is

voor de algengroei in zoete wateren (Borchardt 1996, Wetzel 2001, Reynolds 2006).

De mediane concentraties totaal-stikstof liggen steeds rond 100 mmol m⁻³ en zijn daarmee laag (Figuur 25). De waarnemingsreeksen zijn nog kort en er is geen trend in de gegevens van alle elf vennen tezamen. Wel lijkt de concentratie constant relatief hoog te zijn in het Achterste Goorven, terwijl er in de Gerritsfles een duidelijke afname is, tegenover een toename in Kliplo. Het laatste zou een gevolg kunnen zijn van toegenomen afbraak van organisch materiaal.



Figuur 25. Veranderingen van de concentratie totaal-fosfaat in 11 vennen. Zie verder legenda Figuur 17.



Figuur 26. Veranderingen van de concentratie totaal-stikstof in 11 vennen. Zie verder legenda Figuur 17.

In vennen is de beschikbaarheid van anorganische koolstof in de vorm van kooldioxide vaak nog belangrijker dan die van fosfaat en stikstof (Brouwer & Lucassen 2013). Van 1979 tot 1996, toen de chemische analyses in eigen regie van de auteurs werden uitbesteed aan waterleidinglaboratoria, is daarom CO₂ steeds gemeten (Bijlage 2). Na die tijd zijn de analyses verricht door de waterschapslaboratoria, die CO₂ niet in hun pakket hebben.

heid van veel fosfaat en stikstof in humeus materiaal. In totaal scoren hier zeven van de 30 venmeetjaren (23%) onvoldoende voor fosfaat en 17 (57%) venmeetjaren halen onvoldoende punten voor stikstof. Heel opvallend zijn de verbeteringen in de kwaliteit, in het bijzonder voor totaal-stikstof vanaf 2009.

5. Kiezelwieren

5.1. Methoden

5.1.1. Veld en laboratorium

	De gebruikte methoden komen in hoofdzaak overeen met die in het Handboek Hydrobiologie (Van Dam & Mertens 2010).
Bemonstering	Kiezelwierenmonsters (een per ven per bemonstering) zijn genomen door een planktonnet (maaswijdte 30 µm) te trekken door het open water, door water- en oeverplanten en voorzichtig over de bovenste bodemlaag. Bij de <u>Gerritsfles</u> is ook steeds een monster genomen door het uitknippen van knolrus, mossen of ander (dood) plantenmateriaal langs de oever op ca 2 dm onder de waterlijn. Tot en met 2009 werden de monsters geconserveerd met formaldehyde (eindconcentratie ca 4%) en in flesjes van ca 50 ml naar het laboratorium getransporteerd, waar ze bij kamertemperatuur werden bewaard tot de verdere bewerking. Vanaf 2010 werd in het veld geen conserveermiddel meer toegevoegd, maar werden de monsters vanaf het eind van de dag van monstername tot aan de verdere bewerking bewaard in de diepvries (ca -12 °C)
Vorbewerking	In het laboratorium is zoutzuur (10%) toegevoegd aan het monster om de diatomeeën los te weken en om eventueel aanwezig ijzer te verwijderen. Na verwijdering van eventueel aanwezige grove plantendelen is het materiaal geoxideerd door verhitting (80°C) in waterstofperoxide (30%). Na herhaald spoelen in water zijn preparaten vervaardigd door inbedden in Naphrax.
Analyse	De vervaardigde preparaten zijn bekeken onder een Zeiss Axioskop 20 microscoop met fase-contrastbelichting bij een vergroting van 1000 x (n.a. 1,30). Er zijn 400 schaaltes in aselekt gekozen beeldvelden gede-termineerd en geteld. Daarbij is gebruik gemaakt van de in de literatuurlijst genoemde determinatieliteratuur. Daarbij zijn de taxonomische in-

deling en naamgeving van Taxa Waterbeheer Nederland (TWN) gebruikt (<http://www.aquo.nl/tools/twn-lijst/>).

De resultaten van de tellingen zijn ingevoerd in de EcoLIMS-database.

5.1.2. Verwerking

Harmonisatie

De taxonomie en nomenclatuur van kiezelwieren is in de laatste decennia aan verandering onderhevig geweest. Daarom zijn soms taxa samengevoegd, zoals in de laatste kolom van Bijlage 10 is aangegeven.

Ecologische groepen

Alle soorten uit de monsters zijn ingedeeld in ecologische groepen volgens Tabel 9. De gegevens van de individuele soorten werden ontleend aan Van Dam & Arts (1993) en aan latere rapportages met betrekking tot kiezelwieren in vennen (AquaSense 1999, 2003).

Per monster werd berekend welk percentage van de getelde individuen tot de vermelde ecologische groepen behoorde. Voor elk ven werd per jaar of periode het gemiddelde percentage per ecologische groep berekend.

Berekende pH

Uit de soortensamenstelling van de kiezelwieren is de geschatte pH als gewogen gemiddelde van de pH-optima van de soorten van het water berekend volgens de formule:

$$pH_{wa} = -1,487 + 1,337 \cdot (\sum y_k \cdot u_k) / \sum y_k,$$

waarin y_k het aantal schalen van soort k en u_k het pH-optimum van soort k voorstellen (Ter Braak & Van Dam 1989). Van een aantal soorten is het pH-optimum niet bekend, maar deze soorten komen slechts met geringe hoeveelheden voor. Anders dan de indicatiegetallen voor de zuurgraad (R) in Van Dam e.a. (1994) gaat het hier om pH-waarden.

Ecologische indicatiegetallen

Voor de recentste monsters uit de Gerritsfles werden de gemiddelde ecologische indicatiegetallen voor zuurgraad, zoutgehalte, organisch gebonden stikstof, zuurstof, saprobie, trofie en vocht berekend volgens Van Dam e.a. (1994), zoals vermeld in Bijlage 8.

Tabel 9. Indeling in ecologische groepen, aangepast naar Van Dam & Arts (1993).

Afk.	Afkorting	Omschrijving	Toelichting
X	<i>E. exi</i>	Verzuringindicator	Het kiezelwier <i>Eunotia exigua</i>
T	Triv.	Triviale soorten uit zuur water	Gewone soorten uit onverstoorde vennen
N	Zr., eutr.	Soorten uit zure, eutrofe wateren	Soorten die optreden in zure of verzuurde wateren die door vrijkomen van nutriënten uit de bodem licht worden geëutrofiëerd
D	Doel.	Doelsoorten uit laag-alkalene wateren	Soorten die vooral in (zeer) zwak gebufferde wateren voorkomen en vaak zeldzaam zijn in Nederland en de rest van Europa. In deze soorten komt de specifieke natuurwaarde van vennen tot uiting
A	<i>A. min.</i>	<i>Achnanthes minutissimum</i> (ubiquist)	Algemeenste soort zoetwaterdiatomee ter wereld, die in veel verschillende soorten oppervlaktewateren voorkomt
E	Eut.	Trofie-indicatoren	Algemene soorten uit voedselrijke wateren
S	Sap.	Storingsindicatoren	Soorten van organisch belaste, vaak zuurstofarme wateren
O	Onb.	Onbekend	Soorten met onbekende ecologie

Toetsen van trends

Om de veranderingen in de kiezelwierensamenstelling van de intensief bemonsterde vennen na te gaan werden de ecologische groepen en de berekende pH uit de verschillende jaren, inclusief de jaren voor 2007, in grafiek gezet. Hierbij werden steeds de twee monsters uit elk jaar gemiddeld.

Van alle vennen werden de beschikbare gegevens over de EKR, de berekende pH, de aantallen soorten in de telling, de dominantiepercentages en ecologische groepen geassocieerd in de jaren 1920, 1978, 1982, 1986, 1990, 1994, 1998, 2002, 2006, 2010 en 2014. Soms zijn gegevens van een jaar vroeger of later dan het aangegeven jaar gebruikt. Het jaar 1920 staat hier voor de periode 1916-1933. Tevens zijn de novemberwaarnemingen van de genoemde jaren uit de intensief bemonsterde vennen gebruikt.

De gemiddelde hoeveelheden van de ecologische groepen en de medianen van de EKR, de aantallen soorten en de dominantie werden berekend. De veranderingen tussen de perioden zijn, getoetst met de Friedman-test uit het programma Past (Hammer e.a. 2001), nadat enkele ontbrekende waarnemingen werden geschat². De paarsgewijze verschillen tussen perioden zijn met Past nog getoetst met de Wilcoxon-toets voor gepaarde waarnemingen.

Kwaliteit

Aan de hand van de relatieve verdeling van de ecologische groepen (Tabel 10) is een KRW-conforme kwaliteitsindex berekend (Arts e.a., 2002, Van der Molen e.a. 2012, 2014). Eerst worden punten toegekend op grond van de aandelen van verzuringsindicatoren, trofie- + storingsindicatoren en doelsoorten³ (Tabel 10). Als kwaliteitsindex per monster is het gemiddelde puntenaantal voor de drie indicatoren ($S_{\text{gemiddeld}}$) berekend, waaruit een kwaliteitsindex ($EKR_{\text{niet-genormaliseerd}}$) wordt berekend als $EKR_{\text{niet-genormaliseerd}} = 0,2 * (1 - S_{\text{gemiddeld}})$. Dit getal is omgezet naar een oordeel volgens indeling van Tabel 11 (Van der Molen e.a. 2012).

Tabel 10. Toekennen van punten voor kwaliteitsbeoordeling aan percentages ecologische klassen van kiezelwieren.

Punten	Percentages van het totaal aantal getelde exemplaren		
	Verzuringsindicatoren	Trofie- + storingsindicatoren	Doelsoorten
1	<1	<1	60-100
2	1-5	1-3	30-60
3	5-10	3-20	5-30
4	10-40	20-50	1-5
5	40-100	50-100	<1

² De geschatte waarde is hier gelijk aan de som van de gemiddelden van alle bekende waarnemingen van de betreffende variabele over alle vennen in de betreffende periode en die van alle bekende waarnemingen van de betreffende variabele over perioden het betreffende ven, verminderd met het gemiddelde van alle bekende waarnemingen over alle vennen en perioden.

³ Bij de doelsoorten zijn hier ook de soorten van zuur, voedselrijk water gerekend. De laatste groep is pas in 2010 afgesplitst van de doelsoorten (Van Dam & Mertens 2011). Eigenlijk zouden de maatlaten hierop nog moeten worden aangepast.

Het nadeel van de niet-genormaliseerde EKR is dat de grenzen niet steeds bij 0,2 en dan steeds 0,2 eenheid hoger liggen. Daarom zijn de waarden volgens de niet-genormaliseerde schaal door de methode van lineaire interpolatie (Van den Berg e.a. 2004) omgezet naar een genormaliseerde schaal, die is weergegeven in Tabel 11. In de rest van dit rapport wordt met EKR steeds de genormaliseerde EKR bedoeld.

Tabel 11. Voorlopige kwaliteitsomschrijving voor de niet-genormaliseerde en genormaliseerde EKR met kiezelwieren aan de hand van het gemiddelde puntenaantal van de indicatoren uit Tabel 10.

Gemiddelde score (niet genormaliseerde EKR)	Klasse	Oordeel	Kleur	Genormaliseerde EKR
> 0.70	1	zeer goed	blauw	> 0.80
0.50 - 0.70	2	goed	groen	0.60 - 0.80
0.30 - 0.50	3	matig	geel	0.40 - 0.60
0.10 - 0.30	4	ontoereikend	oranje	0.20 - 0.40
< 0.10	5	slecht	rood	0.00 - 0.20

Ordinaties (principes)

De berekende pH, ecologische indicatiewaarden en kwaliteitsgetallen (EKR) zijn manieren om aspecten van de aangetroffen combinaties van kiezelwiersoorten om te zetten in een min of meer eenvoudig te begrijpen getal. Het is echter niet goed mogelijk om daarmee te onderzoeken of er in de aangetroffen soorten en hoeveelheden misschien niet geheel nieuwe soorten van trends zijn te ontdekken.

Daarom is hier gebruik gemaakt van statistische ordinatiemethoden. Het doel hiervan is om de informatie die is verborgen in de tabel van de hoeveelheden van alle aangetroffen soorten per monster overzichtelijk weer te geven. Deze datareductie gebeurt op zo'n manier dat in zo weinig mogelijk dimensies een zo groot mogelijk deel van de variatie wordt weergegeven.⁴

Bij ordinatie wordt de oorspronkelijke variatie in een meerdimensionale ruimte gereduceerd naar een ruimte met een kleiner aantal dimensies. De eerste dimensie van deze ruimte (ofwel de eerste as) verklaart het grootste deel van de variatie, de tweede as een wat kleiner deel, enzovoorts.

Het is gebruikelijk om de positie van de monsters weer te geven in tweedimensionale grafieken of ordinatiediagrammen. Vaak wordt in een grafiek van de eerste en de tweede as of de eerste en derde as al voldoende variatie weergegeven. Naarmate hun overeenkomst in soortensamenstelling groter is liggen de monsters in de diagrammen dichter bij elkaar.

Door het berekenen van correlaties wordt geanalyseerd door welke milieuvariabelen de variatie in soortensamenstelling het beste kunnen verklaren. Een milieuvariabele die een goede correlatie heeft met de soortensamenstelling wordt met een pijl weergegeven. Alle milieuvariabelen worden met een pijl vanuit het middelpunt van het ordinatiediagram

⁴ Een eenvoudig voorbeeld is een regressielijn die kan worden berekend in een grafiek die het verband tussen twee variabelen weergeeft. Op die lijn kunnen de punten uit de grafiek worden geprojecteerd, waardoor de oorspronkelijk in twee dimensies beschreven variatie wordt teruggebracht tot een variatie op één dimensie.

weergegeven. De lengte van de pijl geeft de hoogte van de correlatie aan. Naarmate pijlen dicht bij elkaar liggen, zijn de betreffende factoren sterker met elkaar gecorreleerd. De oorsprong van de pijl vertegenwoordigt de gemiddelde waarde van de factor. In de richting van de pijlpunt neemt de waarde toe. In de tegenovergestelde richting vanaf de oorsprong neemt de waarde van die factor af. Uit de loodrechte projectie van een opnamepunt op een pijl (een milieuvariabele) kan worden afgeleid of de milieuvariabele een bovengemiddelde (richting pijlpunt), een minder dan gemiddelde (tegenovergestelde richting van pijlpunt) of een gemiddelde waarde (centrum) aanneemt in het betreffende monster. Een monster dat dicht bij een pijl ligt correleert sterker met die milieuvariabele dan een monster op grotere afstand van die pijl.

Ordinaties (uitvoering)

Voor het uitvoeren van ordinaties is een groot aantal technieken en programma's beschikbaar, afhankelijk van de onderliggende structuren in de gegevens. Een belangrijk onderscheid is die tussen lineaire methoden, die het meest gebruikt worden bij korte milieugradiënten, die zich vertalen in toe- of afnamen van enkele soorten en tussen unimodale methoden, die het meest gebruikt worden bij langere milieugradiënten, waarbij sprake is van een opeenvolging van soorten die langs de gradient toe- en afnemen. Zie verder Hoofdstuk 6 in het Handboek Hydrobiologie (Bijkerk 2010).

Als lineaire methode is gekozen voor PCA (principal component analysis of hoofdcomponentenanalyse) en als unimodale methode voor DCA (detrended correspondence analysis). De geëxtraheerde assen zijn na het uitvoeren van de ordinaties gecorreleerd met de milieuvariabelen. Dit heeft boven methoden als RDA en CCA, waarbij deze correlaties al tijdens de ordinatie worden gelegd, niet alleen het voordeel dat de verschillen in soortensamenstelling in de ordinatiediagrammen beter behouden blijven, maar meer nog dat bij PCA en DCA deze correlaties ook onderzocht kunnen worden als niet voor alle monsters milieugegevens beschikbaar zijn, wat hier het geval is. Voor RDA en CCA moeten wel voor alle monsters milieuvariabelen beschikbaar zijn.

Voor het uitvoeren van de analyses is het computerprogramma Canoco 5.04 van Ter Braak & Šmilauer (2012) gebruikt. Een meer toegankelijke handleiding hiervoor geven Van Katwijk & Ter Braak (2003).

Als milieuvariabelen zijn waarnemingen uit monsters gebruikt die ten hoogste een maand vroeger of later dan de kiezelwierenmonsters zijn genomen. Van pH-veld, *EC25-veld (EGV)⁵, *oP (ortho-fosfaat), *NH₄, *K, Na, *Ca, *Mg, Cl, *NO₃, *NO₂, *SO₄ en alkaliniteit, zijn van bijna al deze monsters waarnemingen beschikbaar. Van DOC (opgeloste organische koolstof) ontbreken, vooral uit Drenthe, vrij veel waarnemingen. Voor de canonische ordinaties zijn deze ingeschat volgens de methode uit voetnoot 2 in dit rapport. De Pearsoncorrelatiecoëfficiënten tussen de assen van de ordinaties en de (getransformeerde) milieuvariabelen zijn berekend en de significanties daarvan zijn getoetst met een t-verdeling.

⁵ * betekent dat de betreffende variabele vóór de correlatieberekeningen logaritmisch is getransformeerd. Dat is gebeurd wanneer de variabele scheef is verdeeld. Een variabele is hier als scheef verdeeld beschouwd als de verhouding van de gemiddelde tot de mediaan groter is dan 1,1 (Tabor 2010).

Er zijn twee aparte analyses uitgevoerd voor de drie intensief onderzochte vennen en voor alle vennen samen. Daarbij zijn de standaardinstellingen van het programma gevolgd, maar de abundanties van de soorten werden logaritmisch getransformeerd, na optellen van 1 bij de oorspronkelijke hoeveelheid.

Alle vennen

Voor het bereiken van een goed resultaat van de analyse is het noodzakelijk dat het gebruikte gegevensbestand evenwichtig is opgebouwd. Omdat van de meeste onderzochte vennen maar één monster van het netplankton van begin van de twintigste eeuw beschikbaar is en verder vanaf 1978 één netplanktonmonster per vier jaar, is de hoofdcomponentenanalyse van de tweede analyse hiertoe beperkt. Uit de drie intensief bemonsterde vennen zijn hiervoor de najaarsmonsters uit dezelfde monsterjaren als de andere vennen gebruikt. Van het Achterste Goorven zijn nog wat meer oudere monsters (1916-1928) en van Gerritsfles en Kliplo nog enkele monsters uit de periode 1948-1973 toegevoegd. Een aantal monsters van uitknijpsel en bodemmateriaal is niet meegenomen. In totaal zijn 166 monsters uit de periode 1916 – 2010 bij de ordinatie betrokken. In totaal zijn hierin 157 taxa aangetroffen, maar alleen de 54 taxa die in totaal 99% van de procentuele hoeveelheid uitmaken zijn meegenomen.

De lengte van de gradiënt is 3,49, voldoende lang om de unimodale DCA (detrended correspondence analysis) als ordinatiemethode te kiezen.

Intensief bemonsterde vennen

Bij de ordinatie van de drie intensief bemonsterde vennen zijn ook de door derden geanalyseerde monsters van aangroei en uitknijpsel van water- en oeverplanten betrokken. Omdat niet in alle monsters evenveel kiezelwieren zijn geteld werden de abundanties van de taxa eerst omgerekend naar percentages. In totaal omvat deze ordinatie 306 monsters (247 netplankton, 42 uitknijpsel, 15 aangroei, 1 mengmonster) uit de periode 1916 – 2014, waarin in de tellingen totaal 140 taxa werden aangetroffen. Hiervan werden alleen de 40 taxa gebruikt die samen 99,65% van de totale hoeveelheid geteld schaaltes omvatten.

Ook hier is DCA gebruikt (lengte van de gradiënt 3,0 SD).

Similariteitsanalyse

Voor elk vierjaarlijks netplanktonmonster uit de periode 1982-2014 is met het programma Past (Hammer e.a. 2001) de similariteitscoëfficiënt van Bray & Curtis (1957) berekend met het netplanktonmonster uit hetzelfde ven van vier jaar eerder. Voor 1978 is de bemonstering rond 1930 als vergelijkingswaarde genomen.

5.2. Resultaten

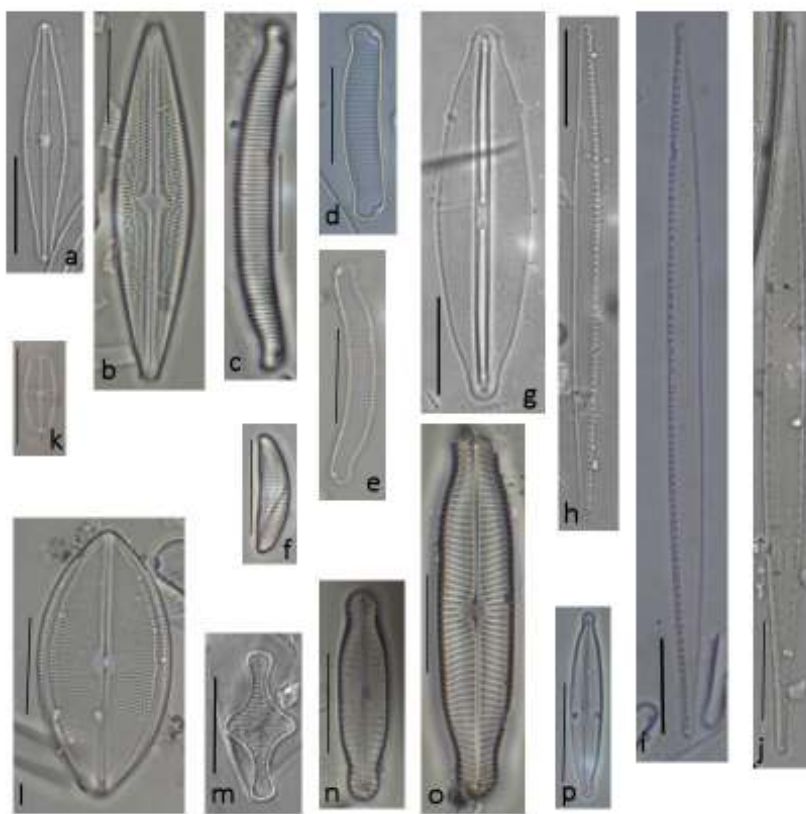
5.2.1. Alle vennen

Bijlage 9 geeft de metadata van de in 2011-2014 door de diverse laboratoria genomen en geanalyseerde monsters. De volledige resultaten van de tellingen in de jaren 2011-2014 volgens de door de laboratoria gebruikte nomenclatuur zijn weergegeven in Bijlage 10 (zie voor eerdere

Opmerkelijke soorten

jaren Van Dam e.a. 1996, AquaSense 1999, 2002, 2003 en Van Dam & Mertens 2008a).

De meeste soorten zijn ook al in eerdere jaren aangetroffen. Dat is ook het geval voor *Encyonopsis neerlandica* (Figuur 27p), die pas recent is beschreven (Van de Vijver e.a. 2012), en in het verleden als *Cymbella cesatii* is gedetermineerd.. De soort is vaak geassocieerd met andere soorten uit zwak gebufferde wateren, zoals *Brachysira procera* (Figuur 27a), *B. neoexilis*, *Rossithidium pusillum*, *Stauroforma exiguiformis* en *Eunotia*-soorten. *Eolimna elorantana* (Figuur 27k) is een recent beschreven soort (Kulikovskiy e.a. 2010) uit ionenarme, zwak humuszure veenputjes. Eerder werd deze soort benoemd als *Navicula pseudoven-tralis*. *Nitzschia oligodystrophila* (Figuur 27i) is een nog niet officieel beschreven soort, maar wordt wel genoemd en afgebeeld in de literatuur (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991). Deze werd vroeger tot *N. paleaeformis* gerekend, maar onderscheidt zich door grootte, vorm en mogelijk ook door ecologische preferentie.



Figuur 27. Afbeeldingen van enkele soorten. a. *Brachysira procera*. b. *B. wygaschii*. c. *Eunotia fennica*. d. *E. neocompacta* var. *vixcompacta*. e. *E. nymanniana*. f. *E. veneris*. g. *Frustulia crassinervia*. h. *Nitzschia gracilis*. i. *N. oligodystrophila*. j. *Stenopterobia delicatissima*. k. *Eolimna elorantana*. l. *Neidium densestriatum*. m. *Tabellaria flocculosa*. n. *Pinnularia schroeterae*. o. *P. microstauron* var. *non-fasciata*. p. *Encyonopsis neerlandica*. De maatstrepen komen overeen met 0,01 mm.

Indicatiewaarden Gerritsfles

Monsters

In Bijlage 11 zijn de gemiddelde ecologische indicatiewaarden en de samenstelling van de ecologische groepen van de Gerritsfles in 2011-2014 vermeld.

Bijlage 12 is een lijst van alle monsters tussen 1916 en 2010 die in de loop der tijd voor bovengenoemde en nog eerdere projecten zijn bestudeerd. Hierin zijn alle 439 monsters genoemd. Het betreft hoofdzakelijk netplanktonmonsters, aangevuld met een aantal monsters van uitknijpsel of aangroei van substraten. Ook zijn dertig monsters van andere laboratoria (Koeman en Bijkerk, AQUON en TNO Bouw en Ondergrond) opgenomen.

Tabel 12 geeft een samenvatting van de regionale en temporele verdeling van de 343 netplanktonmonsters die geschikt zijn voor onderlinge

Tabel 12. Overzicht van de beschikbare monsters op verschillende locaties in de diverse perioden.

Regio	Periode	20	60	70	80	90	00	10	alle
Locatie	van tot	1916 1933	1948 1965	1972 1979	1980 1989	1990 1999	2000 2009	2010 2014	1919 2010
Drenthe									
Kliplo		2	4	3	19	20	20	10	78
Poort 2		1	-	1	1	3	2	2	10
Diepveen		2	-	1	2	3	2	2	12
Echtenerzand		1	1	1	2	3	2	2	12
subtotaal		6	5	6	24	29	26	16	112
Veluwe									
Gerritsfles		3	8	5	20	20	20	10	86
Kempesfles		1	-	2	4	6	3	2	18
Deelense Was		1	-	-	2	2	2	2	9
subtotaal		5	8	7	26	28	25	14	113
Noord-Brabant									
Achterste Goorven		10	-	3	20	20	20	10	83
Groot Huisven		2	-	2	1	3	2	2	12
M. Wolfspuven		2	-	1	2	2	2	2	11
Schaapsven		2	1	2	1	2	2	2	12
subtotaal		16	1	8	24	27	26	16	118
Nederland		27	13	21	74	84	77	46	343

vergelijking. Het hele tijdvak van 1916 tot 2014 is hier ingedeeld in perioden die elk ongeveer een decennium bestrijken. Vanaf 1980 zijn veel monsters beschikbaar: van de perioden daarvoor minder, maar zeker voor de perioden 1916-1933 en 1972-1979 kan nog wel een goed beeld worden gekregen van de veranderingen. Voor de periode 1948-1965 gaat dat wat minder goed, met name in de Brabantse vennen, waarvan dan maar één monster uit één ven bestudeerd kon worden.

Bijlage 13 bevat de resultaten van de tellingen en determinaties en tellingen van alle analyses van de van 1916 tot 2014 genomen monsters. Daarnaast zijn in deze bijlage ook karakteristieken als de aantallen soorten, EKR en samenstelling van ecologische groepen per monsters vermeld. en uitgesplitst per ven (intensief bemonsterde vennen) of per groep van vennen (extensief bemonsterde vennen) in respectievelijk de Bijlagen 14 en 15.

Alle taxa

Alle 197 in de tellingen aangetroffen taxa zijn vermeld in Bijlage 16. Omdat sommige taxa pas recent van andere, gelijkende taxa, zijn onderscheiden zijn deze samengevoegd met de meer 'klassieke' taxa, zoals is

aangegeven in de kolom met voetnootverwijzingen. Verder zijn in deze bijlage per taxon nog de ecologische groep (conform Tabel 9) en het pH-optimum (Ter Braak & Van Dam 1989) aangegeven. Voor elke soort is per periode een gemiddelde procentuele hoeveelheid in de netplanktonmonsters uitgerekend. Om te voorkomen dat regio's of perioden met weinig monsters te weinig gewicht kregen ten opzichte van vennen met veel monsters is eerst per ven per periode een gemiddelde berekend en vervolgens per regio en per periode en pas daarna voor heel Nederland per periode. Die resultaten staan in Bijlage 16. Daarnaast is vermeld in welk percentage van de 311 netplanktonmonsters en alle 361 monsters de taxa zijn aangetroffen.

Meest algemene taxa

In Tabel 13 zijn die soorten uit Bijlagen 13 en 14 opgenomen, die met elkaar 96% van de totale hoeveelheid van alle gevonden exemplaren uitmaken. Binnen elke ecologische groep zijn de soorten gerangschikt naar het optimale jaar van voorkomen. Sommige doelsoorten, zoals *Oxyneis binalis* hebben hun optimum duidelijk in de eerste helft van de 20e eeuw, terwijl veel triviale soorten uit zure wateren, zoals *E. rhomboidea* en *Tabellaria quadrisepata* hun optimum in de tweede helft van de twintigste eeuw hebben. *Eunotia exigua*, de verzuringsindicator, komt het meest voor in de zeventiger jaren. Soorten uit geëutrofeerd, zuur water, zoals *E. naegeli* en *E. meisteri*, komen pas vanaf 1990 in grotere aantallen voor. Zij ontbreken goeddeels in de oudste monsters.

Gemiddelden van karakteristieken

In de Drentse vennen lijkt het gemiddeld aantal soorten per monster van nature lager te zijn dan in de Veluwe en Brabantse vennen. Vooral in de jaren van de hevigste verzuring, in de zeventiger en tachtiger jaren nam het aantal soorten sterk af, het minst nog in de Brabantse vennen (Tabel 13). In de negentiger jaren is het aantal soorten weer wat hersteld, vooral in Noord-Brabant. Het dominantiepercentage geeft de procentuele hoeveelheid van de meest abundante soort aan en varieert vaak tegengesteld aan het soorten aantal. Het dominantiepercentage is met gemiddelden rond 45% in de niet-verzuurde vennen vrij hoog.

De berekende pH (pH-wa) is ook weer het laagst in de jaren zeventig en tachtig (4,3 – 4,5). Voor de jaren twintig werden waarden tussen 4,8 en 5,0 berekend. In de huidige situatie is de pH-wa met waarden tussen 4,5 en 4,8 meestal nog steeds lager dan bijna een eeuw geleden. De uit de soortensamenstelling berekende EKR heeft de laagste waarden (0,39 – 0,45) in de monsters uit de jaren zeventig en tachtig. In de jaren twintig lagen deze waarden hoger, tussen 0,67 en 0,78. De huidige waarden liggen gemiddeld hoger, tussen 0,66 en 0,84, maar in de Brabantse vennen zijn de oude niveaus nog niet bereikt. De huidige waarden zijn echter wat te optimistisch, daar de maatlatten nog niet zijn aangepast naar de nieuwe categorie van soorten uit zure, voedselrijke wateren, die vóór 2010 bij de doelsoorten werden gerekend.

Ecologische groepen en medianen van karakteristieken

Vanaf 1978 tot en met 2014 zijn de vennen elke vier jaar bemonsterd. De gemiddelde waarden per ecologische groep⁶ en de medianen van de soorten aantallen, dominantie, de berekende pH en de EKR zijn uitgezet in de Figuren 28 en 29. De verschillen van *Eunotia exigua* en de triviale soorten uit zuur water zijn significant (p respectievelijk 0,002 en

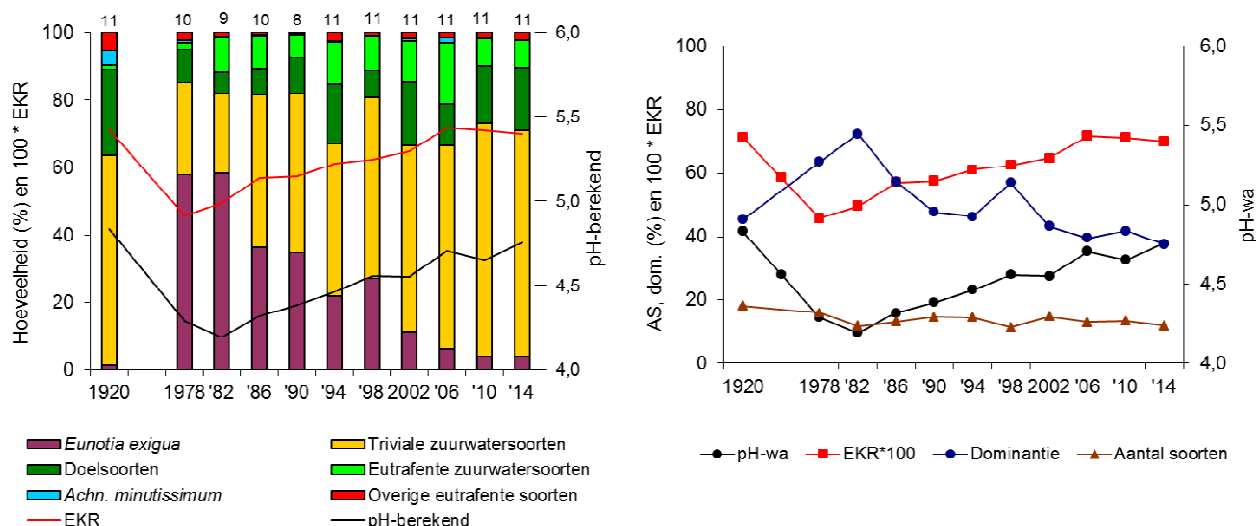
⁶ De gegevens zijn scheef verdeeld en daarom zouden in Figuur 28 beter medianen uitgezet hebben kunnen worden. Deze stapelen echter niet tot 100%, wat een beeld oplevert waaraan de lezer niet is gewend.

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

4,6	4,8	4,4	4,3	4,4	4,5	4,5	5,3	4,4	4,1	4,2	4,4	4,7	4,7	4,7	5,1	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8	4,6
0,68	0,55	0,52	0,72	0,71	0,77	0,76	0,67	0,57	0,39	0,42	0,50	0,61	0,74	0,78	0,57	0,39	0,45	0,57	0,65	0,66	,61

steeds met procentuele hoeveelheden tussen 8 en 20% aanwezig.

jaren zijn significant,.



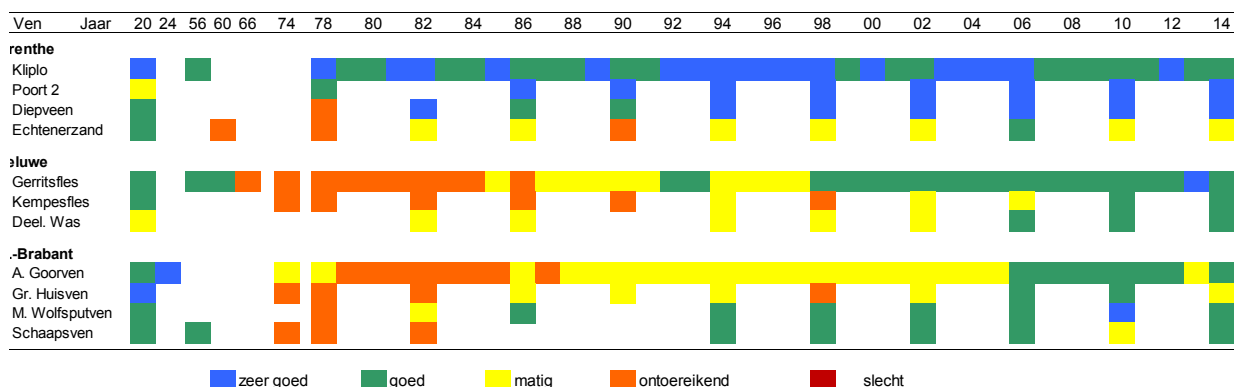
Figuur 28. Links: veranderingen van de gemiddelde hoeveelheid van ecologische groepen van diatomeeën in alle onderzochte vennen. De getallen boven de kolommen geven het aantal monsters weer.

Figuur 29. Rechts: veranderingen van de medianen van enkele diatomeeënkenmerken.

De berekende pH was het hoogst in 1920 (4,8) en is na het dieptepunt van 1982 (4,2) geleidelijk gestegen tot 4,7, bijna tot aan de referentiewaarden. De EKR verloopt parallel met de berekende pH en ligt thans weer op het niveau van 1920 (0,71, goed). De dominantie verloopt tegengesteld aan de berekende pH en EKR; het aantal soorten in de telling bedraagt 18 in de referentiemonsters en ligt in de latere jaren steeds rond de 14. In Bijlage 17 zijn de veranderingen van de hoeveelheid ecologische groepen en de EKR van de extensief bemonsterde vennen per ven uitgezet en in § 5.2.2 die van de intensief bemonsterde vennen.

Kwaliteit

In Figuur 30 zijn de veranderingen in de kwaliteit (EKR) van de elf vennen in de loop der jaren uitgezet. Hieruit blijkt dat de Drentse vennen Kliplo, Poort 2 en Diepveen meestal een betere kwaliteit hebben dan de Veluwe en Brabantse vennen. De kwaliteit van het Ven in het Echtenerzand komt meer overeen met die van de kleinere Veluwe



Figuur 30. Overzicht van de veranderingen van de waterkwaliteit in de onderzochte vennen aan de hand van de kiezelwieren. Vanaf 1978 zijn exact de bemonsterde jaren aangegeven. De jaartallen vóór 1978 zijn soms gemiddelden van perioden.

Relaties soortensamenstelling en milieu

vennen, zoals Kempesfles en Deelense Was. De kwaliteit was in de jaren twintig in meeste vennen goed tot zeer goed; in 1978 was deze door de verzuring verslechterd tot ontoereikend. Daarna is in de meeste vennen, in wisselend tempo, herstel opgetreden, totdat na 2000 de kwaliteit in de meeste vennen weer goed tot zeer goed was. Daarna is de kwaliteit van de meeste vennen vrij stabiel, hoewel er van jaar tot jaar soms afwijkingen van een klasse hoger of lager kunnen voorkomen

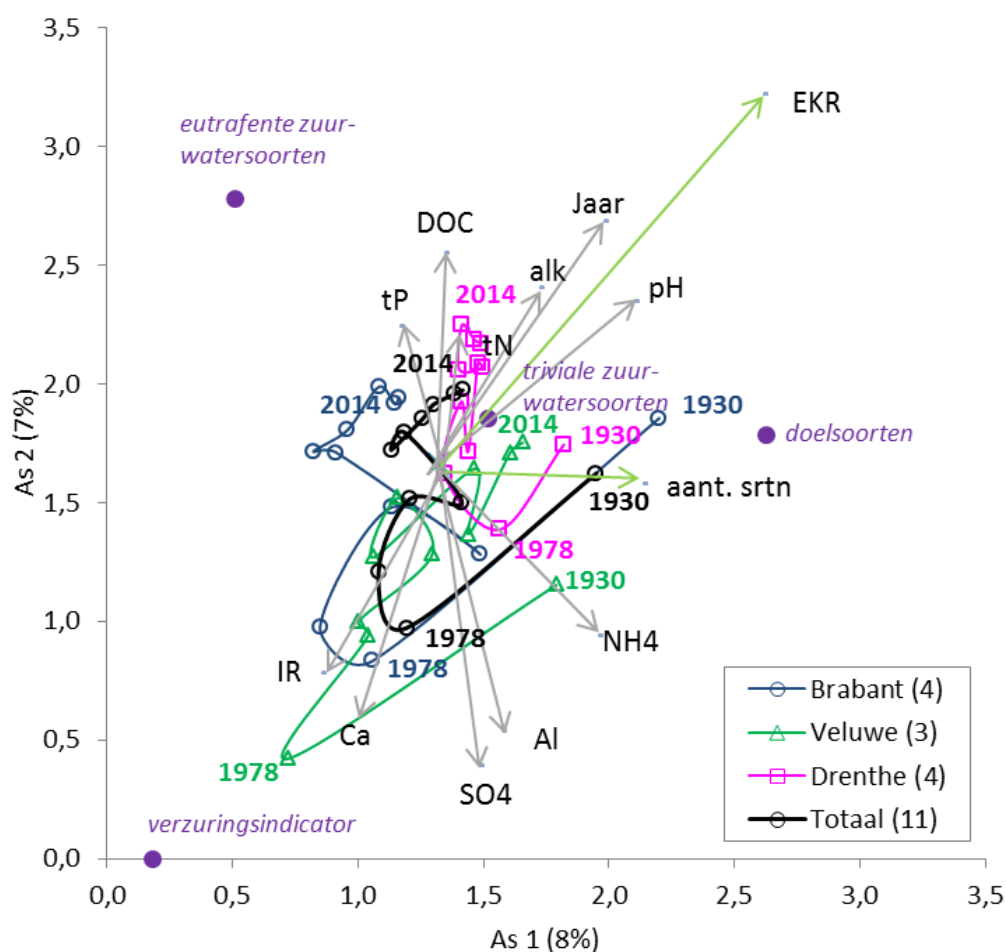
De scores van de soorten op de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) zijn vermeld in Bijlage 18. De eerste as verklaart 8,4% van de variatie in soortensamenstelling, wat in vergelijking met andere, soortgelijke exercities gebruikelijk is. De tweede as voegt daar nog eens 6,7% aan toe, terwijl de derde en vierde as respectievelijk 5,5 en 3,8% van de variatie verklaren. Bijlage 18 geeft ook een samenvatting van de variatie en de correlaties van de milieuv variabelen met de assen. De belangrijkste daarvan zijn ook in het diagram van Figuur 31 vermeld.

Ter wille van de overzichtelijkheid zijn de soorten hier samengevoegd tot de ecologische groepen van Tabel 9 (de scores hiervan zijn naar het gewicht gewogen gemiddelden van de scores van de soorten uit Bijlage 18). De monsters zijn ingedeeld in drie regio's, waarvan voor de monsters vanaf 1970 periodes van acht jaar zijn onderscheiden, die in Figuur 31 zijn aangeduid met het laatste bemonsteringsjaar van elke periode. Zo is elke stip vanaf 1986 een gemiddelde van 6 – 8 monsters, de stippen van 1978 zijn gemiddelden van 4 – 7 monsters en die van 1930 gemiddelden van 5 (Veluwe), 7 (Drenthe) en 16 (Brabant) monsters.

In het diagram is goed te zien wat de belangrijkste verschillen zijn tussen de soortensamenstelling van de drie gebieden en hoe deze in de loop der jaren is veranderd. De meest voorkomende groep bestaat uit de triviale soorten en die liggen keurig middenin het diagram, zoals dat ook hoort bij een correspondentieanalyse.

In de curve voor alle vennen samen is de afname van doelsoorten en de toename van de verzuringsindicator tussen circa 1930 en 1978 goed te zien. Daarna treedt herstel op, maar de doelsoorten worden gedeeltelijk vervangen door de eutrafente zuurwatersoorten. Dat herstel gaat langs een vloeiende lijn, met een afwijking in 1990. De veranderingen gaan met de tijd ook steeds langzamer.

Per regio volgen de vennen het algemene patroon, maar de details zijn zeer verschillend. In de oude monsters van de Brabantse vennen zijn veel doelsoorten aanwezig. In 1978 zijn deze goeddeels vervangen door de verzuringsindicator, die daarna weer afneemt, maar nu ten gunste van de eutrafente zuurwatersoorten. Deze vennen zijn nog steeds relatief ver verwijderd van de oude toestand. In de oude monsters van de Veluwe vennen zijn de doelsoorten minder abundant dan in de Brabantse vennen. Tijdens het hoogtepunt van de verzuring lijken ze veel op de Brabantse vennen, maar in de herstelperiode daarna, vooral vanaf 1994 gaan ze hun eigen weg. Ook in de Drentse vennen zijn langetermijnveranderingen, maar deze zijn veel geringer dan in de Brabantse vennen. Rond 1980 is hier wel enige toename van de verzuringsindicatoren, maar veel minder dan in de Brabantse vennen. Daarna treedt weer een herstel op, maar de soortensamenstelling ligt in 2014 toch wat meer in de richting van de eutrafente zoetwatersoorten dan voorheen.



Figuur 31. Samenvatting van de ordinatie (DCA) van monsters uit alle vennen. De lengte van de grijze pijlen is een maat voor de sterkte van de relatie met de milieuv variabelen en geven de correlaties ($\times 2$) aan met de assen. De lengte van de groene pijlen geeft de correlatie van de assen met kwaliteitsvariabelen aan. De scores van de ecologische groepen zijn abundantie gewogen gemiddelden van de soorten uit deze groepen. De scores van de monsters zijn gemiddelden per periode van 8 jaar vanaf 1978 van alle 166 monsters van de ordinatie. Steeds is het laatste jaar van zo'n periode vermeld. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1948.

Karakteristieken als de EKR en het aantal soorten hebben vooral in de oude monsters, maar ook in de meest recente monsters, de hoogste waarden.

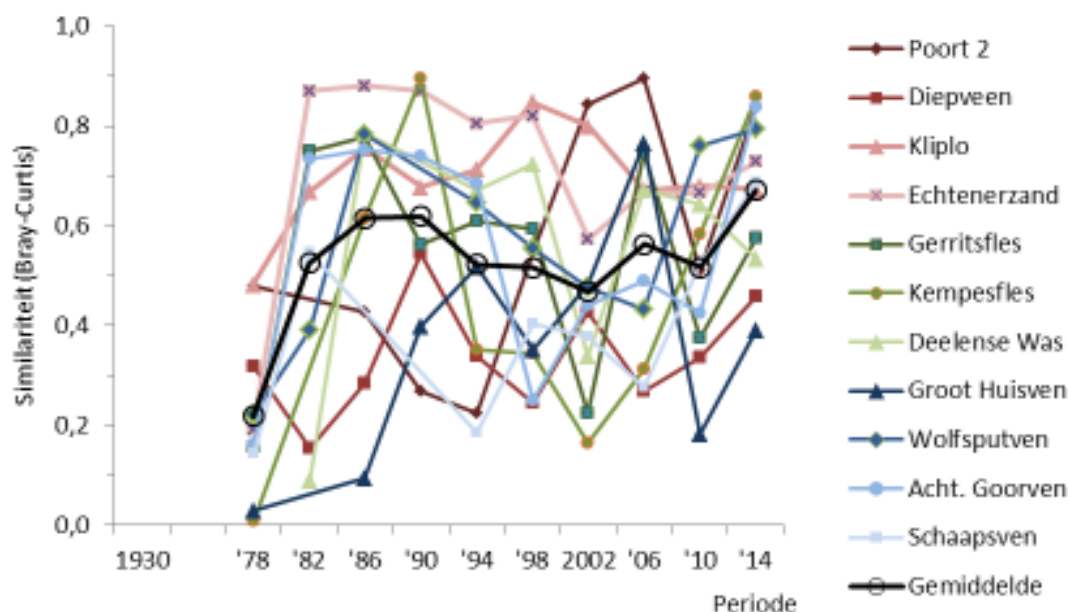
De correlaties tussen de milieuv variabelen en de soortensamenstelling zijn vermeld in Bijlage 18. Een aantal variabelen met significante ($p \leq 0,05$) correlaties, plus het niet-significante totaal-stikstof (tN), is met pijlen weergegeven in Figuur 31. De verzuringsgradiënt loopt hierin van linksonder (hoge sulfaat- en aluminiumconcentraties en relatief hoge calciumgehalten door uitspoeling) naar rechtsboven (hoge alkaliniteit en pH). De afbraak van organisch materiaal wordt bevorderd door hogere pH-waarden, waardoor de DOC-waarden bij hogere pH en alkaliniteit ook hoger zijn. Bovendien slaat DOC bij lagere pH-waarden neer als DOC-Al-complexen. Ammonium is in de sterkst verzuurde situaties hoger dan in de minder verzuurde toestand, waarschijnlijk door geremde nitrificatie en denitrificatie bij lagere pH-waarden. Er is een parallel

tussen de concentraties van totaal-fosfaat en het voorkomen van de eutrafente zuurwatersoorten.

De belangrijkste milieuvariabelen zijn pH, sulfaat, DOC en metalen als calcium en aluminium. Dat blijkt uit de lengte van de pijlen in Figuur 31 en ook uit een canonische correspondentieanalyse (resultaten niet gepresenteerd).

Similariteitsanalyse

De gemiddelde similariteit van de monsters van een lopend jaar met het daaraan voorafgaand bemonsteringsjaar periode is laag voor 1978 (Figuur 32). Tussen 1978 en ongeveer 1930 ligt dan ook een tijdvak van ongeveer vijftig jaar, waarin de verzuring de soortensamenstelling ingrijpend heeft veranderd. Van 1978 tot 1990 neemt de similariteit toe door de toename van een beperkt aantal triviale zuurwatersoorten in alle onderzochte vennen. Van 1990 tot 2002 neemt de similariteit weer af door een betrekkelijk snel herstel van de verzuring. Vervolgens stijgt de similariteit tussen twee opeenvolgende perioden weer, doordat dit herstel en overige veranderingen in de vennen steeds langzamer gaan. Uit Figuur 32 blijkt dat de ontwikkelingen in de afzonderlijke vennen sterk kunnen afwijken van het gemiddelde verloop.

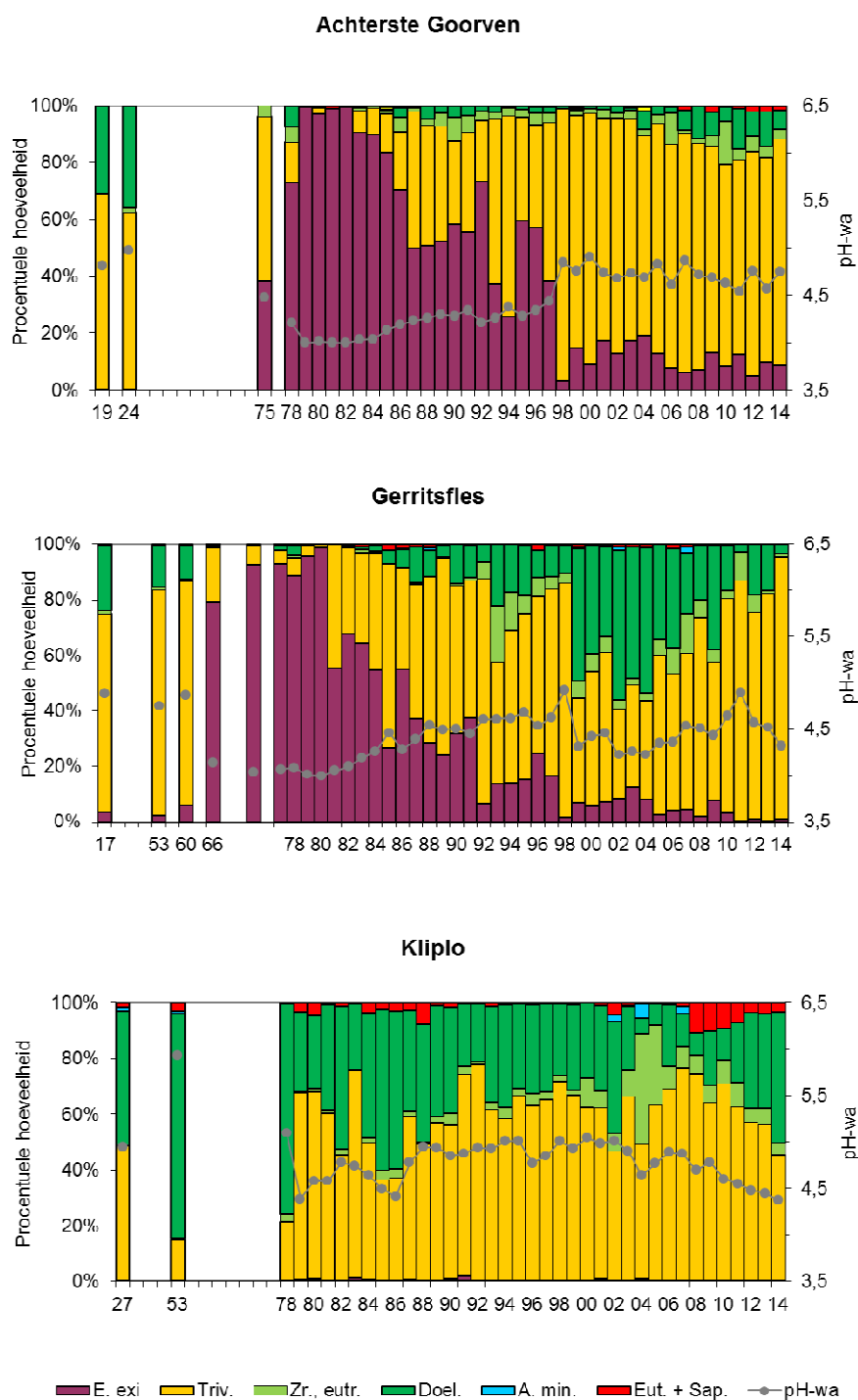


Figuur 32. Verloop van de Bray-Curtis similariteitscoëfficiënt tussen het monster van de aangegeven periode en de daaraan voorafgaande periode van de verschillende vennen. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1939.

5.2.2. Intensief bemonsterde vennen

Gegevens

De soortensamenstelling en aantallen soorten per monster, het dominantiepercentage, de berekende pH en de EKR zijn vermeld in Bijlage 13. In Bijlage 14 zijn de tijdreeksen van de drie vennen afzonderlijk weergegeven. In Figuur 33 zijn de jaarlijkse veranderingen van de hoeveelheid per ecologische groep en de berekende pH vermeld.



Figuur 33. Langetermijnveranderingen van ecologische groepen (afkortingen uit Tabel 9) van kiezelwieren en daaruit berekende pH (pH-wa) in Kliplo, Gerritsfles en Achterste Goorven. De historische monsters van Kliplo uit de periodes 1924-1929 en 1948-1958 zijn samengevoegd tot respectievelijk 1927 en 1953, die van Gerritsfles 1916-1918, 1950-1958 en 1960-1973 tot respectievelijk 1917, 1953, 1965 en die van Achterste Goorven E 1919-1920 en 1922-1928 tot respectievelijk 1919 en 1925. Vanaf 1980 zijn de kolommen steeds gemiddelde van een voor- en een najaarsmonster. De kolommen vóór 1980 zijn gemiddelden van I – II monsters.

Ecologische groepen en EKR

Het patroon van de veranderingen in het Achterste Goorven (Figuur 33) correspondeert goed met dat in alle vennen (Figuur 28). Hierin was de verzuringsindicator (*Eunotia exigua*) dominant en geleidelijk aan is deze afgenomen, voornamelijk ten gunste van de triviale soorten uit zuur water (Achterste Goorven) in overeenstemming met de afname van sulfaat en de toename van pH in dit ven (Figuur 20). Na de sulfaatpieken van 1990 en 1995 nog weer even een toename van *E. exigua*, maar daarna is er ook hier een snelle terugval naar waarden in de buurt van 10% van het totale aantal kiezelwieren. Dan stijgt hier ook de berekende pH. De laatste tien jaar is de situatie hier redelijk stabiel. De kwaliteit van het Achterste Goorven was vanouds her (zeer) goed, maar ontoereikend in de periode van sterke verzuring. Vanaf 2006 is de kwaliteit op een enkel jaar na meestal weer goed (Figuur 30).

In de Gerritsfles verloopt het herstel sneller dan in het Achterste Goorven. Er treden vooral vanaf 1998 hier weer veel doelsoorten op, tot ongeveer 2010 zelfs meer dan in de oudste monsters. In 1996 en 2003 (droogten) zijn er nog een paar piekjes van *Eunotia exigua*, maar sinds 2010 komt deze verzuringsindicator nauwelijks meer voor. Wel is er vanaf 2004 een afname van de doelsoorten, ten gunste van triviale soorten uit zuur water en soorten van zuur en voedselrijk milieu. De berekende pH-waarden fluctueren rond 4,5, wat iets lager is dan de gemeten pH (Figuur 20). De kwaliteit van de Gerritsfles (Figuur 30) was goed in de monsters van bijna een eeuw terug, maar door de verzuring in de jaren zestig tot tachtig ontoereikend. Daarna is de kwaliteit geleidelijk tot goed verbeterd, met zelfs een uitschieter naar zeer goed in 2012.

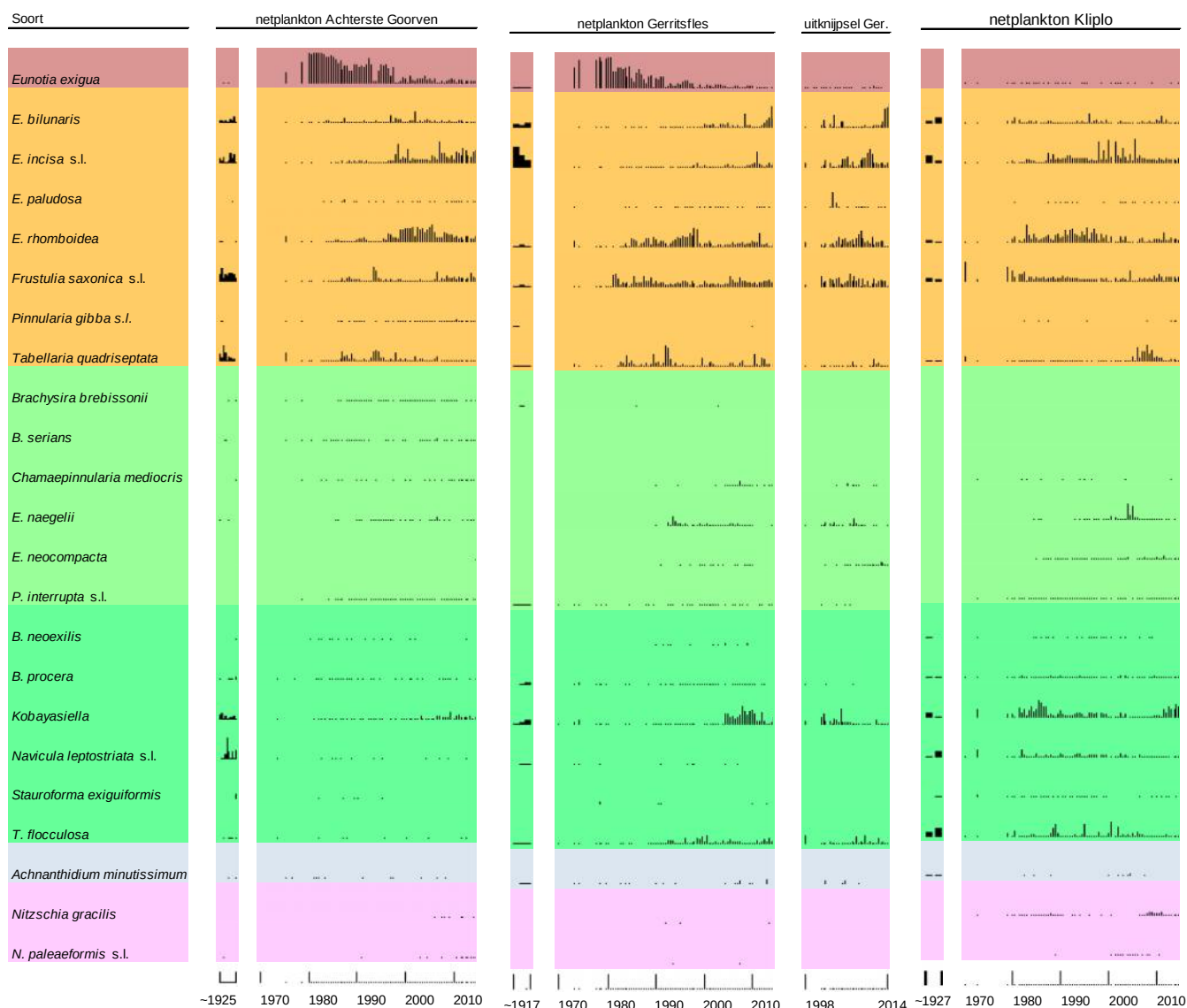
Kliplo volgt een duidelijk ander patroon (Figuur 33). Hier werden vanaf 1978 niet of nauwelijks verzuringsindicatoren aangetroffen. De hoeveelheid hiervan neemt significant af, maar ook de doelsoorten nemen hier af. De vooruitgang van de procentuele hoeveelheid komt hier tot 1996 vooral ten goede aan de triviale en eutrafente soorten uit zuur water. Vanaf 2008 zijn de soorten uit eutrofe en organisch verontreinigd water, zoals *Nitzschia gracilis* en *N. paleaeformis* hier tamelijk abundant aanwezig. In 2008 was er een ongunstige situatie door de grote hoeveelheid storingsindicatoren en de geringe hoeveelheid doelsoorten, maar dat is daarna weer bijgetrokken. In Kliplo is de kwaliteit van alle monsters goed tot zeer goed, hoewel sinds 2006 de kwalificatie zeer goed nauwelijks meer voorkomt. Bij verdere eutrofiëring zal de kwaliteit gaan afnemen.

Opmerkelijk is de achteruitgang van de met de kiezelwieren berekende pH in Kliplo van ongeveer 5 tot circa 4,5 tussen 2002 en 2014, terwijl vooral sinds 2006 sindsdien de gemeten waarden zijn toegenomen van 5 tot boven 7. Misschien komt dit doordat een soort als de thans vaak aangetroffen *Eunotia neocompacta* toen nog nauwelijks voorkwam.

Soortensamenstelling

In Figuur 34 zijn de relatieve hoeveelheden van de belangrijkste soorten als tijdreeksen weergegeven, waardoor de veranderingen in soortensamenstelling binnen de ecologische groepen duidelijker worden.

In het Achterste Goorven zijn er grote verschillen in de monsters van bijna een eeuw terug en de sinds 1975 genomen monsters. In de oudste monsters domineren triviale soorten uit zure wateren, samen met de doelsoorten *Kobayasiella* (gemiddelde hoeveelheid 17%) en *Navicula leptostriata* (16%). Vanaf het zeer droge jaar 1976 tot 1980 is er een sterke toename van *Eunotia exigua* (100%). Dan is er in 1997 een



Figuur 34. Tijdreeksen van de 23 meest voorkomende soorten (98,8% van de totale abundantie) in 243 netplankton- en 32 uitknijpselmonsters van Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo. De lengte van de staafjes geeft de procentuele abundantie in de monsters weer. De langste staafjes komen overeen met 100%. De kleuren geven de ecologische groepen aan (indeling van Tabel 9) en komen ongeveer overeen met die in Figuur 33.

duidelijke cesuur, als *E. exigua* sterk achteruit gaat, *Tabellaria quadrisepata* nog maar weinig voorkomt en *E. incisa* en vooral *E. rhomboidea* gaan co-domineren. De laatste soort kwam in de monsters van 1919 – 1928 nog maar weinig voor en neemt ook weer na de droge zomer van 2006 af, ten gunste van de doelsoort *Kobayasiella* (gemiddeld 10% tot 2014). Daarmee gaat de soortensamenstelling weer een klein beetje meer lijken op die van vroeger. Een soort als *Navicula leptostriata*, eerder beschreven als *N. heimansii* (Van Dam & Kooyman 1982), komt dan echter nauwelijks meer voor. Vanaf 2006 komen hier regelmatig storingssoorten als *Nitzschia gracilis* en *N. paleaeformis* voor, die hier een begin van interne eutrofiëring aanduiden. De soortensamenstelling verschilt van die van de andere twee intensief bemonsterde vennen o.a. door het regelmatig optreden van *Brachysira brebissonii* en *B. serians*, terwijl *Eunotia neocompacta* zeer schaars voorkomt.

In de oudste monsters van de Gerritsfles komen minder doelsoorten voor dan in het Achterste Goorven. Deze worden overheerst door de triviale soort uit zuur water *Eunotia incisa* (gemiddeld 45%). In de jaren zeventig van de vorige eeuw is er al veel *E. exigua*, die na een piek rond 1980 afneemt tot 1998. In 1981 verschijnt *Frustulia saxonica* (een bewoner van niet-mineraalzure, zure wateren) op het toneel en van 1985 tot 1998 speelt *E. rhomboidea*, net als in het vorige ven, een belangrijke rol. Vanaf 1992 piekt de triviale soort uit zure wateren *Tabellaria quadrisepata* minder vaak, maar gaat de soort uit zure, voedselrijke wateren *E. naegeli* regelmatig voorkomen. Tussen 1992 en 2010 is de doelsoort *Kobayasiella* met een vrij hoge abundantie (gemiddeld 28%) aanwezig. Na 2010 neemt deze soort weer af en gaat *E. bilunaris* een grotere rol spelen. Die is hier nog ingedeeld bij de triviale soorten van zure wateren, maar kan ook voorkomen in (matig) zure, voedselrijke wateren (Lange-Bertalot e.a. 2011). Dat zou op geringe eutrofiëring kunnen wijzen (afbraak van organisch materiaal door hogere waterstand?).

Anders dan in de vorige twee vennen heeft de soortensamenstelling van Kliplo in de laatste decennia nog steeds veel overeenkomst met die van bijna een eeuw terug, hoewel er toch veranderingen zijn. Zo zijn de soorten van zuur, voedselrijk water, zoals *Eunotia neocompacta*, in de oudste monsters niet aangetroffen. De soort is hier ook algemener dan in de twee andere intensief bemonsterde vennen. De toename van de eutrafente *Nitzschia gracilis* sinds 2007 zou een gevolg van de interne eutrofiëring van de laatste jaren kunnen zijn⁷. Van 2001 – 2010 was er ook de storingssoort *N. paleaeformis*. Andere soorten uit dit ven vertonen ook optima in bepaalde perioden, zoals *E. rhomboidea* van 1981 tot 2000, *Tabellaria quadrisepata* van 2006 tot 2008 en *Kobayasiella* van 1981 tot 1987 en vanaf 2011 tot 2014 en mogelijk later, zonder dat dit direct aan bepaalde externe milieuv variabelen gerelateerd kan worden.

Relaties soortensamenstelling en milieu

De scores van de 40 soorten op de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) van de 306 monsters zijn vermeld in Bijlage 19. De eerste as verklaart 21,1% van de variatie in soortensamenstelling, wat in vergelijking met andere, soortgelijke exercities vrij veel is. De tweede as voegt daar nog eens 7,7% aan toe, terwijl de derde en vierde as respectievelijk 5,4 en 4,0% van de variatie verklaren. Bijlage 18 geeft ook een samenvatting van de variatie en de correlaties van de milieuv variabelen met de assen.

De belangrijkste daarvan zijn ook in de diagrammen van Bijlage 19 vermeld. De diagrammen vormen samen een zogenaamde triplot en kunnen in gedachten over elkaar heen worden geprojecteerd.

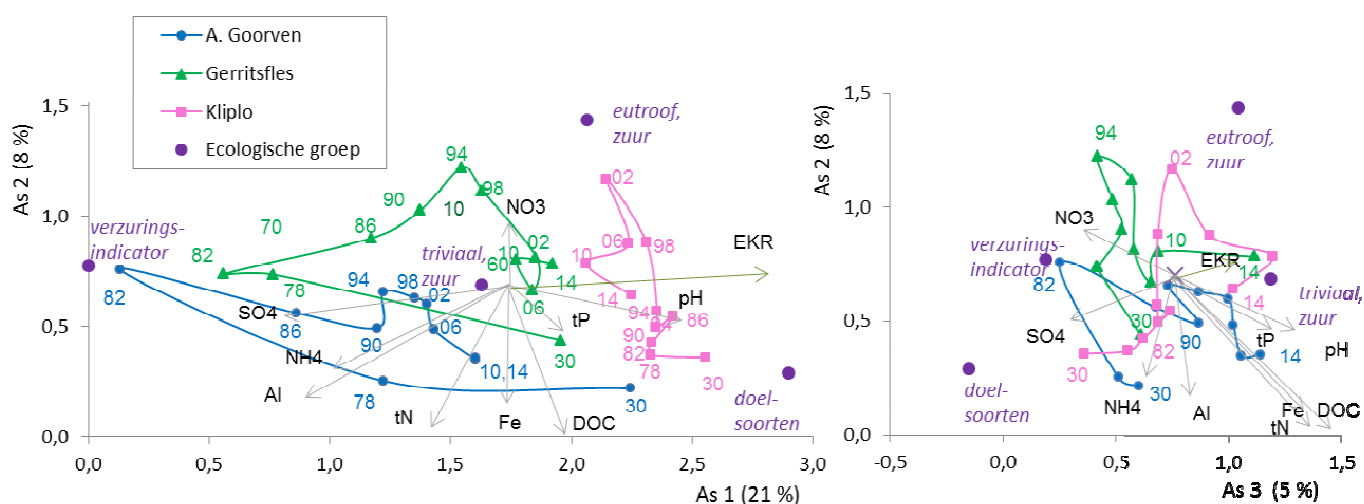
In Figuur 35 is een deel van de gegevens uit beide figuren van Bijlage 19 weergegeven, samen met een diagram dat de scores op de tweede en derde as van de ordinatie weergeeft, omdat ook de derde as veel significante correlaties met milieuv variabelen heeft.

Voor de monsters vanaf 1974 zijn periodes van vier jaar onderscheiden, die in de figuur zijn aangeduid met het laatste bemonsteringsjaar van elke periode. Zo is elke stip vanaf 1986 een gemiddelde van 8 monsters,

⁷ Het gaat hier om een gemiddelde hoeveelheid van 6%. In de periode 1979-'90 bedroeg deze 3%. In een monster uit 1964 was de procentuele abundantie 18% (Bijlage 14C). In die tijd werd er door recreanten zeer veel gezwommen in het ven (Glas 1958, Brouwer 1968), thans alleen nog door honden.

de stippen van 1982 zijn gemiddelden van 6-7 monsters, die van 1978 zijn gemiddelden van 1-2 monsters en die van '1930' gemiddelden van 10 (Achterste Goorven, 1916 – '25), 3 (Gerritsfles, 1916 – '18) en 2 (Kliplo, 1924 – '29) monsters.

In de diagrammen is goed te zien wat de belangrijkste verschillen zijn tussen de samenstelling van de ecologische groepen in de drie vennen en hoe deze in de loop der jaren is veranderd. De driedimensionale projectie van de monsters heeft ongeveer de vorm van een kegel. Op de eerste twee assen is een lengtedoorsnede van de kegel te zien en op de tweede en derde as het grondvlak. De meest voorkomende ecologische groepen zijn de triviale soorten uit zuur water, de



Figuur 35. Samenvatting van de eerste drie assen van de correspondentieanalyse (DCA) van monsters uit de drie intensief bemonsterde vennen. De soorten zijn geclusterd in de ecologische groepen van Tabel 9. De scores van de monsters zijn gemiddelden per periode van 4 jaar vanaf 1978 van alle 306 monsters van de ordinatie. Steeds is het laatste jaar van zo'n periode vermeld. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1929. De lengte van de grijze pijlen is een maat voor de sterkte van de relatie met de milieuvariabelen en geven de correlaties ($\times 1,5$) aan met de assen.

verzuuringsindicator, de doelsoorten en de soorten uit eutroof, zuur water. Zoals verwacht ligt de meest voorkomende groep, van de triviale zuurwatersoorten, ongeveer in het midden van het diagram. De overige groepen, die meer specifiek zijn voor bepaalde vennen en/of perioden, liggen meer aan de periferie.

In Figuur 35 is goed te zien dat de gradiënt op de eerste ordinatie-as veel langer is dan op de twee volgende assen. Dit is een typische verzuuringsgradiënt, wat bijvoorbeeld blijkt uit de hoge, tegengestelde correlaties met sulfaat ($r = -0,62$) en pH ($0,46$) en met sulfaat gecorreleerde ionen als aluminium ($-0,57$) en ammonium ($-0,48$). De tweede as heeft hoge correlaties met DOC ($-0,47$), totaal stikstof ($-0,43$) en ijzer ($-0,40$). Dit is een typische as voor organische stof: totaal stikstof bestaat in deze vennen voor 66% uit organisch gebonden stikstof en hoge humus(DOC) gehalten gaan vaak samen met verhoogde ijzerconcentraties (Tranvik & Von Wachenfeldt 2009). Ook op de derde as scoort dit trio hoog (r tussen $0,36$ en $0,47$) en significant. Totaal fosfaat heeft niet een hoge ($0,29$), maar wel significante ($p < 0,001$) correlatie met deze as.

De tijdpaden van de drie vennen hebben een verschillend verloop en overlappen elkaar op de eerste twee assen nauwelijks. Vooral in het Achterste Goorven is de grote verschuiving van de situatie met veel doelsoorten en relatief hoge pH aan het begin van de vorige eeuw naar de sterk verzuurde toestand met een zeer hoog aandeel van de verzuringsindicator bij hoge sulfaatconcentraties rond 1980 goed te zien. Daarna is er een beweging in de richting van de oude situatie, die steeds langzamer verloopt. Op de derde as is te zien dat er ook tussen 2010 en 2014 nog (kleine) veranderingen zijn. In de meest recente monsters zijn er minder doelsoorten en meer soorten van zuur, voedselrijk water dan in de monsters van bijna een eeuw terug. Op de tweede en derde as komt de richting van de curve sinds 1994 overeen met die van de pijl voor totaal-fosfaat.

De curve van de Gerritsfles is een vervormde variant van die van het Achterste Goorven. De amplitude op de eerste as is kleiner, terwijl die op de tweede as groter is. Vanaf 2002 zijn er nog nauwelijks veranderingen op de eerste as, maar die zijn er dan nog wel op de tweede as, waarschijnlijk door de toename van *Kobayasiella* (Figuur 34). Mogelijk is hier een samenhang met de fosfaatconcentraties.

De veranderingen in Kliplo verlopen heel anders: in 1978 is de situatie nog niet veel anders dan vijftig jaar eerder. Daarna is er tot 2002 een toename van soorten uit zuur, eutroof water, ten koste van de doelsoorten en daarna is er weer een beweging terug (zie ook Figuur 33). Vooral op de derde as blijkt dat de toestand in 2014 nogal verschilt van die rond 1930. In het laatste decennium zijn er grotere veranderingen dan in beide vorige vennen, mogelijk samenhangend met de sterkere interne eutrofiëring van Kliplo.

Karakteristieken als de EKR en het aantal soorten hebben in het Achterste Goorven en de Gerritsfles vooral in de oude monsters, maar ook in de meest recente monsters, de hoogste waarden. In Kliplo is het aantal soorten en de EKR ten opzichte van de andere twee vennen altijd relatief hoog.

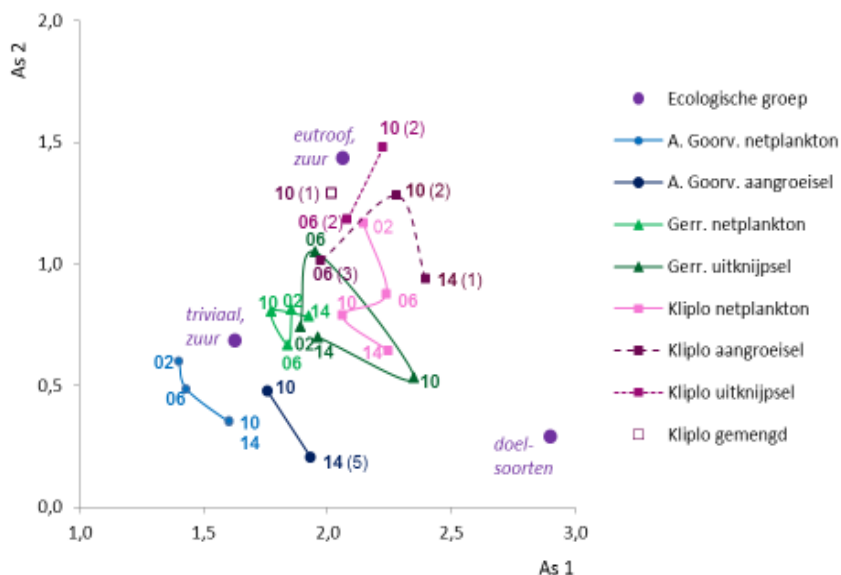
5.2.3. Vergelijking bemonsteringsmethoden

In het vorige verslag (Van Dam & Mertens 2011) is de vergelijking van verschillende bemonsteringsmethoden al uitvoerig aan de orde geweest. De conclusies hiervan werden als volgt verwoord: “Op termijn van enkele decennia gezien zijn er weinig verschillen in de soortensamenstelling van netplankton enerzijds en uitknijpsel en aangroei anderzijds. Op kortere termijn zijn er echter wel verschillen, vooral doordat de monsters van uitknijpsels en aangroei de trend wat sneller registreren dan het netplankton (de laatste tien jaar is dat eutrofiëring). Het aantal soorten in de aangroei en uitknijpsels is geringer dan in de monsters die met het planktonnet zijn genomen. Dat is meestal ook lichtjes over de bodem getrokken en bevat dus ook ‘bodemsoorten’. De berekende pH en EKR kunnen tussen de verschillende methoden respectievelijk enkele tienden of honderdsten verschillen, maar de richting van deze verschillen varieert per ven.”

Deze analyse wordt hier niet in zijn geheel herhaald, maar wel wordt een relevant deel van de ordinatieresultaten weergegeven in Figuur 36,

waarin naast de resultaten van de monsters tot en met 2010 ook die uit de jaren 2011-2014 (aangeduid met periode 14) zijn toegevoegd.

Hieruit blijkt ook weer dat de monsters van aangroei­seisels en uitknijpsels altijd wel in de buurt liggen van de netplanktonmonsters, maar dat de ontwikkelingen in de loop der tijd verschillen. Dat is heel duidelijk in de Gerritsfles, waar de scores van de knijpmonsters uit de periodes 06 (de jaren 2003 – 2006) en 10 (2007 – 2010) op de assen 1 en 2 behoort­lijk verschillen van die van de netplanktonmonsters, terwijl dat voor de periodes 02 (1999 – 2002) en 14 (2011 – 2014) niet zo is. In het Ach­terste Goorven verschillen de scores voor de periodes 10 en 14 nauwe­lijks van elkaar, terwijl dat voor de aangroei­seisels wel het geval is. Uit Bijlage 9 blijkt dat in verschillende jaren verschillende substraten zijn bemonsterd. Van Kliplo zijn er te weinig monsters van aangroei­seisels en uitknijpsels om uitspraken over de achtergronden van verschillen met de netplanktonmonsters te doen.



Figuur 36. Uitsnede uit de linkerhelft van Figuur 35 (netplanktonmonsters), met daaraan toegevoegd de positie van monsters van uitknijsel, aangroei-
sel en gemengde aard. De vetgedrukte getallen geven de perioden aan
en de getallen tussen haakjes het aantal monsters waarvan de weerge-
geven score een gemiddelde is. Als het aantal monsters niet is vermeld
bedraagt dit 8.

6. Hoe verder?

Aanleiding

De monitoring is in 1978 begonnen tegen de achtergrond van het verzuringsbeleid: toen een van de belangrijkste milieuproblemen (Ginjaar 1979, Manuel e.a. 1984). De vennen zijn als monitoringsobject uitgekozen omdat ze in vergelijking met andere ecosysteemtypen een zeer lage kritische depositie hebben (Van Dobben e.a. 2015) en zeer hoge natuurwaarden hebben, ook in internationaal opzicht (Verkaar e.a. 1992).

Beleidsachtergrond

De werkzaamheden zijn gestart als regulier project van het vroegere Rijksinstituut voor Natuurbeheer (Ministerie LNV, thans Alterra) en is tot 1994 ondersteund door de Europese Unie en het voormalige Ministerie VROM, ten behoeve van het OECD-programma 'Acidification of Rivers and Lakes'. Vanaf 1995 is het programma voortgezet met jaarlijkse subsidies van diverse fondsen en als project van betrokken waterschappen en provincies, zoals door Van Dam & Mertens (2011) uitvoerig is beschreven.

Het verzuringsonderzoek heeft geen hoge beleidsprioriteit meer, nu door de aanzienlijke reducties van emissies en depositie de effecten op milieu en natuur sterk zijn verminderd en andere milieuproblemen, zoals klimaatverandering, de aandacht vragen. De depositie van stikstof zal echter de komende decennia nog wel boven de kritische depositiewaarden blijven liggen (Velders e.a. 2014).

Belangrijkste resultaten

De doelstelling om de effecten van verminderde verzurende depositie te kunnen volgen is gerealiseerd: de pH, de alkaliniteit en het gehalte aan oplosbare organische koolstof van de vennen zijn gestegen en de concentraties van o.a. sulfaat, ammonium en het toxische aluminium zijn sterk afgenomen, wat een positieve invloed heeft op de kiezelwierensoortensamenstelling. De toestand van voor de sterke verzuring is echter (nog) niet bereikt. Tot ongeveer 2000 gingen deze veranderingen vrij snel, daarna veel langzamer. Er treedt echter (nog steeds) interne eutrofiëring op door mobilisatie van nutriënten uit de onderwaterbodem, wat gefaciliteerd wordt door de temperatuurstijging door klimaatverandering.

Ondanks de verminderde interesse van het beleid voor verzuringsonderzoek is dit door de auteurs steeds voortgezet omdat het voortdurend

nieuwe inzichten op heeft geleverd in het functioneren van vennen, zoals de genoemde interne eutrofiëring en de invloed van de gestegen watertemperatuur, maar ook de betekenis van de morfometrie voor de zwavel- en stikstofhuishouding van de vennen, die weer direct invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfaat (Van Dam & Mertens 2011).

Uit de voorliggende rapportage blijkt dat de chlorideconcentratie van de vennen door nog onbekende oorzaken sinds 1978 meer dan gehalveerd is en dat vennen nog steeds kunnen groeien: in de Gerritsfles is de gemiddelde waterstand de laatste 15 jaar met 3 dm gestegen.

Noodzaak van voortgezette monitoring

Hoewel de zwaveldepositie nu ver beneden de kritische depositiewaarden ligt, is de zwavelproblematiek nog niet opgelost. In de sedimenten van de vennen zijn, afhankelijk van de morfometrie, grote hoeveelheden gereduceerd zwavel geaccumuleerd, die nog veel invloed op de toekomstige mate van verzuring en de nutriëntenconcentraties kunnen hebben.

De stikstofproblematiek zal onverminderd de aandacht blijven vragen, vooral van de provincies, in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS, Dijksma & Schulz van Haegen 2015).

Het is daarom noodzakelijk om een meer fundamenteel inzicht te ontwikkelen in de verhouding tussen langdurig (te) hoge stikstofdeposities, andere standplaatsfactoren en de buffermechanismen in de diverse stikstofgevoelige landschappen van Nederland. Hiertoe kunnen in een representatief aantal van de gevoeligste habitattypen 'longterm ecological research sites' worden ingericht waar een abiotisch en biotisch onderzoek wordt uitgevoerd gericht op de bepaling van balansen van nutriënten en water en de (populatie)dynamiek van soorten (Bobbink e.a. 2015).

De onderzochte vennen en zeker de drie intensief bemonsterde vennen zijn hiervoor uitstekend geschikt en er zijn ook al eerder balansstudies uitgevoerd (Van Dobben e.a. 1992, Marnette e.a. 1993, Van Dam e.a. 1996).

Voor evaluatie van de PAS is een statistisch onderbouwde *effect*-monitoring nodig die niet straffeloos te vervangen is door bijvoorbeeld het inventariseren van proces-indicatoren zonder dat hieraan een statistisch monitoringprotocol ten grondslag ligt (Haveman 2015). De resultaten uit de hier onderzochte vennen zijn uitstekend statistisch onderbouwd.

In veel vennen zijn of worden in het kader van de PAS of anderszins maatregelen getroffen in de hoop ecologische effecten van de te hoge stikstofdepositie te mitigeren. Dat is in de elf vennen van het huidige netwerk niet het geval en zeker de gegevens van de drie intensief gemonitorde vennen zijn daarom heel geschikt als blanco referentie voor vennen waar wel maatregelen worden uitgevoerd. Dat is bijvoorbeeld al eerder gebeurd bij de evaluatie van herstelbeheer in vennen en duinplas-sen op de middellange termijn (Brouwer e.a. 2009).

Probleemeigenaren

In de eerste 15 jaar van het huidige monitoringsprogramma lag het accent op de zwavelproblematiek. Wegens de vaak lange afstanden tussen emissie en depositie van zwavelverbindingen was het Rijk verantwoordelijk voor de aanpak hiervan. Daarna is er een steeds grotere nadruk op de stikstofproblematiek gaan liggen. Binnen de door het Rijk gestelde kaders zijn de provincies verantwoordelijk voor de aanpak hiervan.

Zij beheren de PAS-gelden en behoren dan ook in eerste instantie verantwoordelijk te zijn voor de monitoring van de uitgevoerde maatregelen en effecten. De Provincie Drenthe heeft daarom ook budget beschikbaar gesteld voor het tot stand komen van deze rapportage. De Provincie Noord-Brabant heeft al enige tijd geleden een venherstelplan opgesteld (Geujen e.a. 2007), dat in nauwe samenspraak met de waterschappen en natuurbeheerders wordt uitgevoerd en heeft recent een nieuw groot vennenmonitoringsproject opgestart in het kader van de PAS. Het Waterschap Veluwe heeft beschikbare venmonitoringsgegevens over een periode van negen jaar geëvalueerd (Van Beers & Boeldtje 2011).

Voor een adequate voortgezette monitoring is het nodig dat de genoemde actoren samen een aanzet geven tot een meerjarig monitoringsplan, waarin het doel en de verwachtingen van een voortgezette monitoring van ten minste de elf onderzochte vennen wordt aangegeven en daarvoor ook een budget beschikbaar stellen.

Aanpak van de monitoring

De aanpak van de monitoring hangt af van de nog vast te stellen doelstellingen. Daarna moeten er keuzes gemaakt worden ten aanzien van de locaties, de te bemonsteren variabelen, de bemonsterings- en analysemethoden, de bemonsteringsfrequenties, de verwerkingsmethoden en de wijze van rapportage.

Het ligt daarbij voor de hand om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de werkwijze die in de voorliggende rapportage is gekozen. De bemonsteringsfrequentie, de rapportagegrenzen van de fysische en chemische variabelen en de biologische bemonsteringsmethoden verdienen hierbij speciale aandacht.

Uit ervaring blijkt dat voor het vaststellen van significante veranderingen ten opzichte van vorige waarnemingen in dit soort geïsoleerde vennen, reeksen van minimaal zes tot acht nieuwe waarnemingen nodig zijn over een periode van ten minste drie tot vier jaar.

Om de veranderingen goed te kunnen volgen is het belangrijk om steeds dezelfde biologische bemonsteringsmethode van dezelfde substraten te gebruiken. Voor de verwerking van de biologische gegevens is het nodig om de te gebruiken maatlat in overeenstemming te brengen met recente bevindingen over de ecologie van de soorten.

De concentraties van o.a. sulfaat, ammonium en fosfaat zijn meestal zo laag dat ze beneden de rapportagegrenzen van de waterschapslaboratoria liggen, waardoor het niet goed mogelijk is om trends vast te stellen en inzicht te krijgen in nutriëntenbalansen. De bepalingmethoden zullen daarvoor moeten worden aangepast. Verder is het belangrijk om de concentraties te volgen van belangrijke milieuvariabelen, die niet routinematig worden gemeten, zoals het toxische aluminium, opgeloste organische koolstof (DOC) en vrij koolzuur (in vennen een belangrijk nutriënt).

De metingen moeten jaarlijks op een centraal punt worden verzameld en gevalideerd.

7. Dankwoord

De Vereniging Natuurmonumenten, de Stichting 'Het Brabants Landschap', het Nationale Park 'De Hoge Veluwe', het Ministerie van Defensie (Dienst Vastgoed) en het Staatsbosbeheer verleenden toestemming voor het bezoek van hun terreinen.

Rita Hagen en Richard Huinink (Waterschap Vallei en Veluwe), Geert van Triest (Waterschap Reest en Wieden) en medewerkers van AQUON (Boxtel) voerden de meeste fysisch-chemische bemonsteringen uit. Annie Venema (Waterschap Reest en Wieden), Arina Nikkels (Waterschap Vallei en Veluwe) en Jako van der Wal (AQUON) stelden de fysische en chemische gegevens beschikbaar.

Emile Nat (Stichting Waterproef) maakte het uitvoeren van een chemische analyse van de Deelse Was mogelijk.

Gert de Korte en Eric van der Swaluw (RIVM) stelden de resultaten van de regenwateranalyses beschikbaar.

Erwin de Hoop (Natuurmonumenten), Jacco Schilder (Staatsbosbeheer), Rita Hagen (Waterschap Veluwe) en Reinder Torenbeek (Torenbeek Consultant) stelden waarnemingen van de waterstanden beschikbaar.

Wout Anker, Gert-Jan Baaijens, Ab Bosman, Bruno, Floris en Sara van Dam, Jan Dolman, Rita Hagen, Erwin de Hoop, Richard Huinink, Edsge Kranenburg, Koos Meesters, Emile Nat, Roelf Pot, Peter van Puijenbroek, Asje Riezebos, Brechje Rijkens, Mark Scheepens, Geert van Triest, Peter Veen, Kirsten Vendrig en Henk Smit assisteerden bij de veldwerkzaamheden

Roef Pot en Carlo Rutjes bevestigden enkele determinaties..

Peter van Beers (Waterschap Vallei en Veluwe), Eeuwe Dijk (Provincie Drenthe), Doesjka Ertsen (Provincie Noord-Brabant, Martijn Fliervoet (Brabants Landschap), Harry Hees, Mark Scheepens (Waterschap De Dommel), Piet Schipper (Staatsbosbeheer), Eric van der Swaluw (RIVM), Reinder Torenbeek (Torenbeek Consultant), Bram Vreugdenhil (Provincie Gelderland) en Jako van der Wal (AQUON) leverden commentaar op het concept.

8. Literatuur

8.1. Algemene literatuur

- Aqualysis (2015): Bijlage producten en diensten catalogus. Zwolle. 142p.
- AquaSense (1995): Chemical and biological monitoring in acid sensitive surface waters in The Netherlands 1994. Report to the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Department of Air Pollution and Acidification (Contract 94140115). Report 95.0538. Amsterdam. 28p. + ann.
- AquaSense (1999): Monitoring van verzuring in vennen 1995-1998. In opdracht van: Zuiveringsschap Drenthe, Waterschap Veluwe, Waterschap Vallei en Eem, Waterschap De Dommel, Ministerie van Defensie. Rapport 99.1164. Amsterdam. 40p. + bijl.
- AquaSense (2002): Monitoring vennen 2000-2001. In opdracht van: Ministerie van Volksgezondheid en Milieu. Rapport 02.1725. Amsterdam. 31p.
- AquaSense (2003): Monitoring vennen 1978-2002: effecten van klimaatverandering en vermindering van verzuring. In opdracht van: Ministerie van VROM, Waterschap Reest & Wieden, Waterschap Veluwe en Waterschap Vallei en Eem. Rapport 03.1780. Amsterdam. 42p. + bijl.
- AQUON (2015): Overzicht methodes AQUON.
www.aquon.nl/downloads/downloads.aspx.
- Arts, G.H.P., H. van Dam, F.G. Wortelboer, P.W.M. van Beers & J.D.M. Belgers (2002): De toestand van het Nederlandse ven. In opdracht van: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Klimaatverandering en Industrie. Alterra-rapport 542, AquaSense-rapport 02.1715. Alterra, Wageningen / AquaSense, Amsterdam / RIVM, Bilthoven. 123p.
- Beers, P. van & G. Boedeltje (2011): Veluwse vennen in beeld: resultaten van 9 jaar monitoring van ecologie en waterkwaliteit. Waterschap Veluwe, Apeldoorn. 84p.
- Berg, M. van (red), m.m.v., H. Coops, R. Pot, W. Altenburg, R. Nijboer, T. van den Broek, M. Fagel, G. Arts, R. Bijkerk, H. van Dam T. Ietswaart, J. van der Molen, K. Wolfstein, D. de Jong & H. Hartholt (2004): Achtergronddocument referenties en maatlatten waterflora. Expertteam macrofyten en fytoplankton. STOWA, Utrecht / RIZA, / Lelystad. 116p.

- Beijerinck, W. (1926): Over verspreiding en periodiciteit van de zoetwaterwieren in Drentsche heideplassen. *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 25(2) 1-211.
- Bijkerk, R. (red.) (2010): Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Rapport 2010/28. STOWA, Amersfoort. losbladig.
- Bloemendaal, F.H.J.L., J.G.M. Roelofs (red.) (1988): Waterplanten en waterkwaliteit. *Natuurhistorische Bibliotheek van de KNNV* 45: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 189p.
- Bobbink, R., A. Jansen, H. Siepel, T. Verstrael & W. Wiersinga (2015): Kennisontwikkeling is van doorslaggevend belang voor het slagen van de PAS. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 12(116): 3-5.
- Boedeltje, G. & P. van Beers (2015): Monitoring vennen Vallei en Veluwe 2013. Bureau Daslook, Lochem. 51p.
- Borchardt M.A. (1996): Nutrients. In: R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe (Eds) *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego. p. 184-228.
- Braak, C.J.F. ter & H. van Dam (1989): Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia* 178: 209-223.
- Braak, C.J.F. ter & P. Šmilauer (2012): CANOCO reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0). Biometris, Wageningen / České Budějovice. 496p.
- Brakke, D.F., A. Henriksen & S. Norton (1987): The relative importance of acidity sources for humic lakes in Norway. *Nature* 329: 432-434.
- Brantjes, N.B.M. (1972): Methodiek voor waterbeoordeling: met fytoplanktonwaarnemingen verkregen evaluatiecriteria voor natuurgebieden. Afdeling Geobotanie, Katholieke Universiteit, Nijmegen / Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 65p.
- Bray, J.R., J.T. Curtis (1957): An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Brouwer, E. & E.C.H.E.T. Lucassen (2013): Behoud van variatie in vennen met behulp van biogeochemische inzichten. *De Levende Natuur* 114: 146-151.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G.H.P. Arts & J.D.M. Belgers (2009): Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport 2009/dki 126-O. Ministerie LNV, Directie Kennis en Innovatie, Ede. 208p.
- Brouwer, G.A. (1968): Over natuurbehoud in Drenthe. *Mededelingen van de Botanische Tuinen en het Belmonte-Arboretum* 11: 32-119.
- Butcher, G.A. (1988): Water quality criteria for aluminum. Technical Report Water Quality Unit, Resource Quality Section, Water Management Branch, Ministry of the Environment and Parks, Province of British Columbia. 110p.
- Dam, H. van (1987): Monitoring of chemistry macrophytes, and diatoms in acidifying moorland pools. RIN report 87/19. Research Institute for Nature Management, Leersum. 91p. + ann.
- Dam, H. van (1988): Acidification of three moorland pools in The Netherlands by acid precipitation and extreme drought periods over seven decades. *Freshwater Biology* 20: 157-176.
- Dam, H. van (1996): Partial recovery of moorland pools from acidification: indications by chemistry and diatoms. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30: 203-218.
- Dam, H. van (1997): Vennen herstellen zich gedeeltelijk van verzuring. *H₂O* 30: 366-370, 361.
- Dam, H. van & G.H.P. Arts (1993): Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. Provincie Drenthe, Assen / DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Leersum / Grontmij Advies en Techniek, De Bilt. 144p.

- Dam, H. van, G.H.P. Arts, R. Bijkerk, H. Boonstra, J.D.M. Belgers & A. Mertens (2013): Natuurkwaliteit Drentse vennen opnieuw gemeten: bijna een eeuw ecologische veranderingen. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur rapport 1010, Amsterdam /Koeman en Bijkerk rapport 2012-076, Haren / Alterra-rapport 2351, Wageningen. 286p.
- Dam, H. van & R.F.M. Buskens (1993): Ecology and management of moorland pools: balancing acidification and eutrophication. *Hydrobiologia* 265: 225-263.
- Dam, H. van, B. van Geel, A. van der Wijk & M.D. Dickman (1988): Beheer van vennen in historisch perspectief. *De Levende Natuur* 89: 66-73.
- Dam, H. van, H. Houweling, F.G. Wortelboer & J.W. Erisman (1996): Long-term changes of chemistry and biota in moorland pools in relation to changes of atmospheric deposition (Lange-termijnveranderingen van chemie en biologie van vennen in relatie tot veranderingen van atmosferische depositie). Report for the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Directorate-General of the Environment, Directorate Air and rate Air and Energy, Department of Air Pollution and Acidification. AquaSense report 95.0709 / IBN Research Report 96/6 / RIVM-report 732404007. AquaSense, Wageningen / DLO-Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), Wageningen / National Institute for Public Health and Environment, Bilthoven.
- Dam, H. van & A. Mertens (1990): Lange-termijnonderzoek naar verzuring van vennen. *De Levende Natuur* 91: 184-192.
- Dam, H. van & A. Mertens (2004): Vennen in weer en wind: lange-termijneffecten van verzuring en klimaatsverandering op chemie en kiezelwieren. *De Levende Natuur* 105: 13-18.
- Dam, H. van & A. Mertens (2008a): Monitoring van vennen 1978-2006: effecten van klimaatverandering en vermindering van verzuring. In opdracht van: Waterschap Reest & Wieden, Waterschap Veluwe, Waterschap Vallei en Eem, Waterschap De Dommel, Gemeenschappelijk Waterschapslaboratorium. Rapport 202542, Grontmij | AquaSense, Amsterdam / Rapport 606, Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 100p. + bijl.
- Dam, H. van & A. Mertens (2008b): Vennen minder zuur maar warmer. *H₂O* 41(12): 36-39
- Dam, H. van & A. Mertens (2010): Kiezelwieren. In: R. Bijkerk (red.) Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Hoofdstuk 9.. STOWA, Amersfoort. 62p.
- Dam, H. van & A. Mertens (2011): Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2010: temperatuur, hydrologie, chemie, kiezelwieren. In opdracht van: Provincie Drenthe, Waterschap Veluwe, Waterschap Vallei en Eem, Waterschap De Dommel, AQUON. Rapport 911. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 112p.
- Dam, H. van & A. Mertens (2013): Partial recovery of shallow acid-sensitive lakes from acidification. *Environmental Scientist* 22(2): 36-40.
- Dam, H. van & A. Mertens (2014): Vennen herstellen gedeeltelijk van verzuring: het gevaar van interne eutrofiëring. *Landschap* 31: 91-100.
- Dam, H. van, A. Mertens & J. Sinkeldam (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-131.
- Dam, H. van, G. Suurmond & C.J.F. ter Braak (1981): Impact of acidification on diatoms and chemistry of Dutch moorland pools. *Hydrobiologia* 83: 425-459.
- Daniels, E.E., G. Lenderink, R.W.A. Hutjes & A.A.M. Holtslag, (2014): Spatial precipitation patterns and trends in The Netherlands during 1951-2009. *International Journal of Climatology* 34: 1773 - 1784.
- Dickman, M.D., H. van Dam, B. van Geel, A.G. Klink & A. Van der Wijk (1987): Acidification of a Dutch moorland pool - a palaeolimnological study. *Archiv für Hydrobiologie* 109: 377-408.
- Dijkma, S.A.M. & M.H. Schultz van Haegen-Maas Geesteranus, (2015): Regeling Programmatische Aanpak Stikstof. *Staatscourant* 16320.

- Dobben, H.F. van, A. van Hinsberg, D. Bal, J.P. Mol-Dijkstra, H.J.J. Wieggers, J. Kros & W. de Vries (2015): Derivation of critical loads of nitrogen for habitat types and their exceedances in The Netherlands. In: W. de Vries, J.-P. Hettelingh & M. Posch (Eds) Critical loads and dynamic risk assessments: Nitrogen, acidity and metals in terrestrial and aquatic ecosystems. Springer. p. 547-572.
- Dobben, H.F. van, J. Mulder, H. Van Dam & H. Houweling (1992): The impact of atmospheric deposition on the biogeochemistry of moorland pools and surrounding terrestrial environment. Agricultural Research Reports 931. Pudoc, Wageningen. 232p.
- Dobben, H.F. van, R. Bobbink, D. Bal & A. van Hinsberg (2012): Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Rapport 2397. Alterra, Wageningen. 68p.
- Droogers, P. (2009): Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer: definitiestudie. Rapport 2009-11. STOWA, Utrecht. 69p.
- Elbersen, J.W.H., P.F.M. Verdonchot, B. Roels & J.G. Hartholt, (2002): Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW). I. Typologie Nederlandse oppervlaktewateren. Alterra-rapport 669. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen. 72p.
- Eloranta, P. & J. Kwadrans (2007): Freshwater red algae (Rhodophyta): Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland. *Norrinia* 15: 1-103.
- Evans, C.D., D.T. Monteith, D. Fowler, J.N. Cape & S. Brayshaw (2011): Hydrochloric acid: An overlooked driver of environmental change. *Environmental Science and Technology* 45: 1887-1894.
- Garmo, O.A., B.L. Skjelkvåle, H.A. de Wit, L. Colombo, C. Curtis, J. Fölster, A. Hoffmann, J. Hruska, T. Hogåsen, D.S. Jeffries, W.B. Keller, P. Krám, V. Majer, D.T. Monteith, A.M. Paterson, M. Rogora, D. Rzychon, S. Steingruber, J.L. Stoddard, J. Vuorenmaa & A. Worsztynowicz (2014): Trends in surface water chemistry in acidified areas in Europe and North America from 1990 to 2008. *Water, Air and Soil Pollution* 225: 1-14.
- Geujen, C., J. van der Linden, J. Hendriks, R. Ketelaar, F. van Erve, P. Verstappen, K. Hengst, J. de Hoog & R. van den Burg (2007): Uitvoeringsplan venherstel Noord-Brabant: te herstellen vennen en aanpak 2007-2012. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Ginjaar, L. (1979): SO₂-beleidskaderplan. Tweede Kamer der Staten-Generaal Zitting 1979-1980 (15834). Staatsuitgeverij, Den Haag. 156p.
- Glas, P. (1958): Excursierapport Kliplo-ven (Plassenverordening voor Drenthe 1956 nr. 104). Stichting Onderzoek Levensgemeenschappen, Bilthoven. 3p.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 9p.
- Haveman, R. (2015): Monitoring en PAS - de les van het verleden. *De Levende Natuur* 116: 49-50.
- Helliwell, R.C., R.F. Wright, L.A. Jackson-Blake, R.C. Ferrier, J. Aherne, B.J. Cosby, C.D. Evans, M. Forsius, J. Hruska, A. Jenkins, P. Krám, J. Kopacek, V. Majer, F. Moldan, M. Posch, J.K. Potts, M. Rogora & W. Schöpp (2014): Assessing recovery from acidification of European surface waters in the year 2010: Evaluation of projections made with the MAGIC model in 1995. *Environmental Science & Technology* 48: 13280-13288.
- Henriksen, A. & H.M. Seip (1980): Strong and weak acids in surface water of southern Norway and southwestern Scotland. *Water Research* 14: 809-813.
- Hoek, D.-J. van der, R. Folkert & R. Arnouts (2015): Programmatiese Aanpak Stikstof: verkenning effectiviteit en efficiëntie van maatregelen. *De Levende Natuur* 116: 44-48.
- Jansen, A.J.M., J.H. Bouwman & J. Sevink (2013): Waterlandschap Hoge Veluwe; visie op de natte gebieden in Het Nationale Park de Hoge Veluwe. Unie van Bosgroepen, Ede. 53p. + bijl.

- Jansen, A.J.M., M.A.P. Horsthuis & J. Sevink, m.m.v. D. Frissen & J. van Mourik (2008): EGM vooronderzoek Deelensche Veld. Bosgroep Midden Nederland, Ede. 135p.
- Katwijk, M.M. van & C.J.F. ter Braak (2003): Handleiding voor het gebruik van multivariate analysetechnieken in de ecologie. Afdeling Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen / Afdeling Biometrics, Wageningen Universiteit en Research Centrum, Wageningen. 30p.
- Kleef, H.H. van, E. Brouwer, R.S.E.W. Leuven, H. van Dam, A. de Vries-Brock, G. van der Velde & H. Esselink (2010): Effects of reduced nitrogen and sulphur deposition on the water chemistry of moorland pools. *Environmental Pollution* 158: 2679-2685.
- KNMI-RIV(M) (1979-1988): Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland. Jaarrapporten over 1978 - 1988. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt / Rijksinstituut voor Volksgezondheid (en Milieu), Bilthoven.
- Makkink, G. F. (1957). Testing the Penman formula by means of lysimeters, *Journal of the Institution of Water Engineers* 11: 277-288
- Manuel, A.R., R.M. van Aalst, H. Bastiaens, A.H.M. Bresser, A. Don & J. Zoetelief (1984): Verzuring door atmosferische depositie - evaluatierapport. Publikatiereeks Milieubeheer 84/2. Ministerie van Landbouw en Visserij, Den Haag / Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Leidschendam. 83p.
- Marnette, E.C.L., H. Houweling, H. Van Dam & J.-W. Erisman (1993): Effects of decreased atmospheric deposition on the sulfur budgets of two Dutch moorland pools. *Biogeochemistry* 23: 119-144.
- Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers, L. van Nieuwerburgh, (red.) (2012): Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapport 2012-31. STOWA, Amersfoort. 378p.
- Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers, R. Buskens & F.C.J. van Herpen, (red.) (2014): Referenties en maatlatten voor overige wateren (geen KRW-waterlichamen). Rapport 2013/14. STOWA, Amersfoort. 188p.
- Mörzer Bruyns, M.F., H. Passchier & R. van der Wijk (1943): De vegetatie van het Grote Huisven bij Oisterwijk. *Wetenschappelijke Mededelingen van de Werkgroepen der Nederlandse Natuurhistorische Vereniging* 1: 1-20.
- Mulder, P.J.M. (1988): Onderzoek naar de grootte van het intrekgebied van het ven "De Gerritsflesch". DGV-TNO. 5p. + bijl.
- Peek, C.J. (2007): Emissies van prioritare stoffen naar lucht in Nederland 1990-2005: consequenties herziening stoffenlijst. Publicatie 500080010. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven. 21p.
- Redeke, H.C. & A.P.C. de Vos (1932): Beiträge zur Kenntnis der Fauna niederländischer oligotropher Gewässer. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 28: 1-45.
- Reynolds (2006): *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, New York. 535p.
- RIVM (2013): Reductie van chemische analyses van depositie en fijn stof in landelijk meetnet luchtkwaliteit (LML), en sluiting van enkele meetstations, ingaande 1/1/2013. Bilthoven. 5p.
- Schimmel, H.J.W. & J. ter Hoeve (1952): Bodemgesteldheid en waterhuishouding van de "Gerritsflesch" bij Kootwijk. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap* 69: 16-28.
- Simons, J., G.M. Lokhorst & A.P. Van Beem (1999): Bentische zoetwateralgen in Nederland. *Natuurhistorische Bibliotheek* 69. KNNV Uitgeverij, Utrecht. 280p.
- Sluijter, R. (red.) (2011): De Bosatlas van het klimaat. Noordhoff Uitgevers, Groningen / KNMI, De Bilt. 112p.
- Steinberg, C. & W. Kühnel (1987): Influence of cation acids on dissolved humic substances under acidified conditions. *Water Research* 21: 95-98.

- Stoddard, J.L., D.S. Jeffries, A. Lükewille, T.A. Clair, P.J. Dillon C.T. Driscoll, M. Forsius, M. Johannessen J.S. Kahl J.H. Kellogg A. Kemp, J. Mannio, D. Monteith, P.S. Murdoch, S. Patrick, A. Rebsdorf, B.L. Skjelkvåle, M.P. Stainton, T. Traaen H. van Dam, K.E. Webster, J. Wieting & A. Wilander (1999): Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe. *Nature* 401: 575-578.
- Stuyfzand, P.J. (1989): Hydrochemische onderzoeksmethoden ter analyse van grondwaterstroming, deel 1. *H₂O* 22: 141-146.
- Sullivan, T.J., C.T. Driscoll, S.A. Gherini, R.K. Munson, R.B. Cook D.F. Charles & A.P. Yatsko (1989): Influence of aqueous aluminium and organic acids on measurement of acid neutralizing capacity in surface waters. *Nature* 338: 408-411.
- Tabor, J. (2010): Investigating the investigative task: testing for skewness. An investigation of different test statistics and their power to detect skewness. *Journal of Statistics Education* 18(2): 13p.
- Tranvik, L.J. & E. von Wachenfeldt (2009): Interactions of dissolved organic matter and humic substances. In: G.E. Likens (Ed.) *Encyclopedia of inland waters*. Volume 2. Elsevier / Academic Press, Amsterdam. p. 754-760.
- UN-ECE (1979): 1979 Geneva Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. 7p.
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, H.E. Noordijk, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, J. Wesseling & M.C. van Zanten (2014): Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapport 680363002:RIVM, Bilthoven. 108p.
- Verkaar, D., L. van Duuren & J. Schaminée (1992): De internationale betekenis van Nederland voor hogere planten op grond van biografische gegevens. *De Levende Natuur* 93: 34-39.
- Verschoor, A.J. (2013): The power of biotic ligand models: Site-specific impact of metals on aquatic communities. Proefschrift Universiteit Leiden. 147p.
- VROM (1976): Indicatief meerjarenprogramma 1976-1980, ter bestrijding van de luchtverontreiniging. Tweede Kamer der Staten-Generaal, Zitting 1976-1977 14314(1/2). 137p.
- Wetzel, R.G. (2001): *Limnology: lake and river ecosystems*, 3rd ed. Academic Press, San Diego. 1006p.
- Wirdum, G. van (1991): Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Proefschrift :Universiteit van Amsterdam.. 310p.
- Wortelboer, F.G. (1998): Modelling the effect of atmospheric deposition on shallow heathland lakes in the Netherlands: dry deposition on water: now you see it, now you don't. *Environmental Pollution* 102, S1: 539-546.

8.2. Determinatieliteratuur kiezelwieren

- Buczkó, K, A.Z. Wojtal & R. Jahn (2009): *Kobayasiella* species of the Carpathian region: morphology, taxonomy and description of *K. tintinnus* spec. nov. *Diatom Research* 24: 1-21.
- Cejudo-Figueiras, C., E.A. Morales, C.E. Wetzel, S. Blanco, L. Hoffmann & L. Ector (2011) Analysis of the type of *Fragilaria construens* var. *subsalina* (Bacillariophyceae) and description of two morphologically related taxa from Europe and the United States. *Phycologia* 50: 67-77.
- Dam, H. van & H. Kooyman (1982): A new diatom from Dutch moorland pools: *Navicula heimansii* (Bacillariophyceae). *Acta Botanica Neerlandica* 31: 1-4.
- Hofmann, G., M. Werum & H. Lange-Bertalot (2013) *Diatomeen in Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. 2e korrigierte Auflage.* Koeltz Scientific Book, Koenigstein.

- Houk, V. (2003) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae Czech Phycology Supplement:27p.
- Houk, V. & R. Klee (2007) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I) Fottea 7 :85-225
- Houk, V., R. Klee & H. Tanaka (2010) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part III. Stephanodiscaceae A. *Cyclotella*, *Tertiarius*, *Discostella*. Fottea 10 (supplement): 1-498.
- Krammer, K. (1992): *Pinnularia*, eine Monographie der europäischen Taxa. Bibliotheca Diatomologica, Band 26, Cramer, Berlin. 353 p.
- Krammer, K. (1997): Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. Bibliotheca Diatomologica 37. Cramer, Berlin. 469 pp.
- Krammer, K. (2000): The genus *Pinnularia*. Diatoms of Europe 1. Gantner, Ruggell. 703p.
- Krammer, K. (2002): *Cymbella*. Diatoms of Europe. 3. Gantner, Ruggell. 584p
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1986-1991): Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1-4. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Kulikovskiy, M.S., H. Lange-Bertalot & A. Witkowski (2010) Diatom Flora of Polistovo-Lowatski *Sphagnum* tract. Diatom Research 25(1): 77-85
- Lange-Bertalot, H. (1993): 85 Neue Taxa. Bibliotheca Diatomologica 27, Cramer, Berlin. 454 pp.
- Lange-Bertalot, H. & G. Moser (1994): *Brachysira* Monographie der Gattung. Bibliotheca Diatomologica 29, Cramer, Berlin. 212p.
- Lange-Bertalot, H. & D. Metzeltin (1996): Indicators of oligotrophy: 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types carbonate buffered - oligodystrophic - weakly buffered soft water. Iconographia Diatomologica 2: 1-390.
- Lange-Bertalot, H., K. Külbs, T. Lauser, M. Nörpel-Schempp & M. Willmann (1996): Diatom taxa introduced by George Krasske, documentation and revision. Iconographia Diatomologica 3: 1-358.
- Lange-Bertalot, H. (2001): *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu stricto, *Frustulia*. Diatoms of Europe. 2. Gantner, Ruggell. 526p.
- Lange-Bertalot, H., M. Bak & A. Witkowski (2011) *Eunotia* and some related genera. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Water and Comparable Habitats. 6. Gantner, Ruggell. 747p.
- Levkov, Z. (2009) *Amphora* sensu lato. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 5. Gantner, Ruggell. 916p.
- Morales, E.A., M. B. Edlund & S.A. Spaulding. (2010) Description and ultrastructure of araphid diatom species (Bacillariophyceae) morphologically similar to *Pseudo-staurosira elliptica* (Schumann) Edlund et al. Phycological Research 58: 97-107
- Reichardt, E. (1995): Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenbergs Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843). Iconographia Diatomologica 1: 1-107.
- Reichardt, E. (1999): Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Die Arten um *G. affine*, *G. angustatum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. Iconographia Diatomologica 8: 203p.
- Van de Vijver, B., L. Beyens & H. Lange-Bertalot (2004): The Genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-) Antarctic Regions. Bibliotheca Diatomologica 51, Cramer, Berlin. 317p
- Van de Vijver, B., G. Verweij, J. van der Wal & A. Mertens (2012) *Encyonopsis neerlandica*, a new freshwater diatom species (Bacillariophyta) from moorland pools in The Netherlands. Phytotaxa 66: 43-48.

Bijlagen

Bijlage I. Fysische en chemische methoden 2011-2014

Overzicht van de door GWL + Aqualysis (AQL) en AQUON (AQN) gebruikte methoden en rapportage-(detectie-)grenzen (Aqualysis 2015, AQUON 2015). De nummers van de methoden zijn NEN-nummers, voorafgegaan door een c (conform) of een g (gelijkwaardig aan). huism. = huismethode. De een na laatste kolom is het 5%-percentiel van alle monsters uit alle vennen in de periode 2011-2015. Waarden hiervan beneden de rapportagegrenzen (detectiegrenzen) zijn herkenbaar aan het teken <. De laatste kolom geeft omrekeningsfactoren van mmol m⁻³ naar mg l⁻¹.

Variabele	Methode		Eenheden en rapportagegrenzen						Percentiel 5%	Omrekenen mmol/m ³ naar mg/l	
			Oorspronkelijk			Omgerekend					
	AQL	AQN	Eenheid	AQL	AQN	Eenheid	AQL	AQN			
geleiding (EGV)	c7888	c7888	mS/m		1	mS/m		0,3	2		
temperatuur	c6414	c7888	°C	0,1	0,1	°C	0,1	0,1	3,4		
zuurgraad	huism.	c10523	pH	n.v.t.	n.v.t.	pH	n.v.t.	n.v.t.	4,8		
doorzicht	c6606	c6606		-	n.v.t.		-	n.v.t.			
helderheid	huism.	huism.	-	-	-	-	-	-			
kleur	huism.	huism.	-	-	-	-	-	-			
zuurstof	huism.	c5814	mg/l	-	-	mg/l	-	-	7		
biochemisch zuurstofverbruik	g1899-1	c1899-2	mg/l	2	1	mg/l	1	1	1		
orthofosfaat-fosfor	c15681-2	c6604	"	0,01	0,006; 0,01	mmol/m ³	0,3	0,5	<0,3	× 0,031	
totaal fosfaat-fosfor	c15681-2	c15681-2	"	0,04	0,02; 0,04	"	1,3	0,6; 1,3	<1,3	× 0,031	
nitraat-stikstof	c13395	c6604	"	0,05	0,05	"	4	4	<4	× 0,014	
nitriet-stikstof	c13395	c6604	"	0,02	0,01	"	1	1	<1	× 0,014	
nitraat- + nitriet-stikstof	c13395	c6604	"	0,05	0,03	"	4	4	<4	× 0,014	
Kjeldahl-stikstof	c6646	c6646	"	0,5	0,2	"	36	7	26	× 0,014	
ammonium-stikstof	c6646	c6604	"	0,1	0,03	"	7	2	3	× 0,014	
totale alkaliniteit	c9964		mmol/l	0,04	0,1	mmol/m ³	40	100	<40		
bicarbonaat		huism.			4	"		82	<82	× 0,061	
chloride	c15682	c6604	mg/l	3	5	"	85	73	110	× 0,035	
sulfaat	c10304-1	c6604	"	5	2	"	52	52	<52	× 0,096	
aluminium	c17294-2	c17294-2	µg/l	50	10	"	1,9	0,4	3	× 0,027	
calcium	c17294-2	c17294-2	"	500	200	"	13	3	9	× 0,040	
ijzer	c17294-2	c17294-2	"	100	10	"	2	0,2	1	× 0,056	
kalium	c17294-2	c17294-2	"	100	100	"	3	5	10	× 0,039	
magnesium	c17294-2	c17294-2	"	100	10	"	4	0,4	12	× 0,024	
natrium	c17294-2	c17294-2	"	200	200	"	9	9	110	× 0,023	
silicium	-	c6604	mg/l	1	1		36	36	<36	× 0,028	
chlorofyl-a	c6520	c6520	"	10; 25	5	µg/l	10; 25	5	<5		
opgelost org. koolstof (DOC)	extern	c1484	mg/l	1	2	mmol/m ³	83	166	291	× 0,012	

Bijlage 2. Fysische en chemische gegevens 1919-2014

Gegevens alleen digitaal

Gecursiveerde getallen zijn waarnemingen beneden de rapportagegrens (detectiegrens), die op de helft hiervan zijn. gesteld. Onderstreepte getallen zijn waarnemingen tussen de helft van de rapportagegrens en de rapportagegrens. **Vet** zijn waarnemingen die in verband met de ionenbalans zijn gecorrigeerd.

Afkortingen GER = Gerritsfles oude locatie, GEP = Gerritsfles nieuwe locatie, AGA = Achterste Goorven punt A (west, coörd. 142,65 ; 397,23), AGB = Achterste Goorven punt B (midden, damsoksel, coörd. 142,78; 397,25). Overige locaties en afkortingen zie Tabel 1.

Laboratoria:

AQL	Aqualysis (voorheen Groot Salland)	LEEN	P. Leentvaar
AQN	Aquon (voorheen GWL)	NM	Natuurmonumenten
AS	AquaSense, Amsterdam	OYE	P. van Oye, Gent
AWN	Adviseur Water en Natuur, Amsterdam	PPD	Provinciale Planologische Dienst Drenthe
BEY	Beijerinck (1926)	R&VO	Redeke & De Vos (1932)
BRA	Brantjes (1972)	RDR	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
CLVG	Centraal Laboratorium voor de Volksgezondheid	RED	H.C. Redeke
GGD	GGD Amsterdam	RHIL	Rioolwaterzuivering Hilversum
GRS	Waterschap Groot Salland	RING	J. Ringelberg
GTD	Gemeenschappelijke Technologische Dienst, Boxtel	RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
GWL	Gemeenschappelijk Waterlaboratorium (voorheen GTD)	VIT	Vitens (voorheen Hydron)
HEIM	J. Heimans, Amsterdam	WMN	Waterleidingbedrijf Midden-Nederland
HVR	Hugo de Vrieslaboratorium, Universiteit van Amsterdam	WMO	Waterleidinglaboratorium Oost-Gelderland
HYD	Hydron (voorheen WMN)	WSV	Waterschap Veluwe
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen, Vakgroep Aquatische Oecologie	ZSD	Zuiveringschap Drenthe

Afwijkende afkortingen voor variabelen::

pHv	pH, gemeten in het veld of vlak na de monsternamen
ECv	elektrisch geleidingsvermogen bij 25° C (veld)
Chl-a	chlorofyl-a
ZD	zichtdiepte (Secchi-schijf)
O2%	zuurstofverzadigingspercentage
DOC	opgeloste organische koolstof
TIC	totaal anorganische koolstof
oP	ortho-fosfaat
tP	totaal-fosfaat
A	organische anionen, berekend uit DOC en pH
alk	alkaliniteit
skat	kationensom2 (= H + NH4 + 2 × Ca + 2 × Mg + 3 × Fe + (3-(pH-4) × Al))
san	anionensom (= Cl + NO3 + NO2 + 2 × SO4 + A + alk)
ksur	kationenoverschot (%) (= 100 × (skat – san)/(skat + san))
IR	ionic ratio (2 × Ca / (2 × Ca + Cl))

In de tabel zijn waarden beneden de rapportagegrenzen (zie Bijlage 1) bijgesteld. Op ruwe waarden gezet indien ze hoger zijn dan de halve rapportagegrens, anders op halve rapportagegrens.

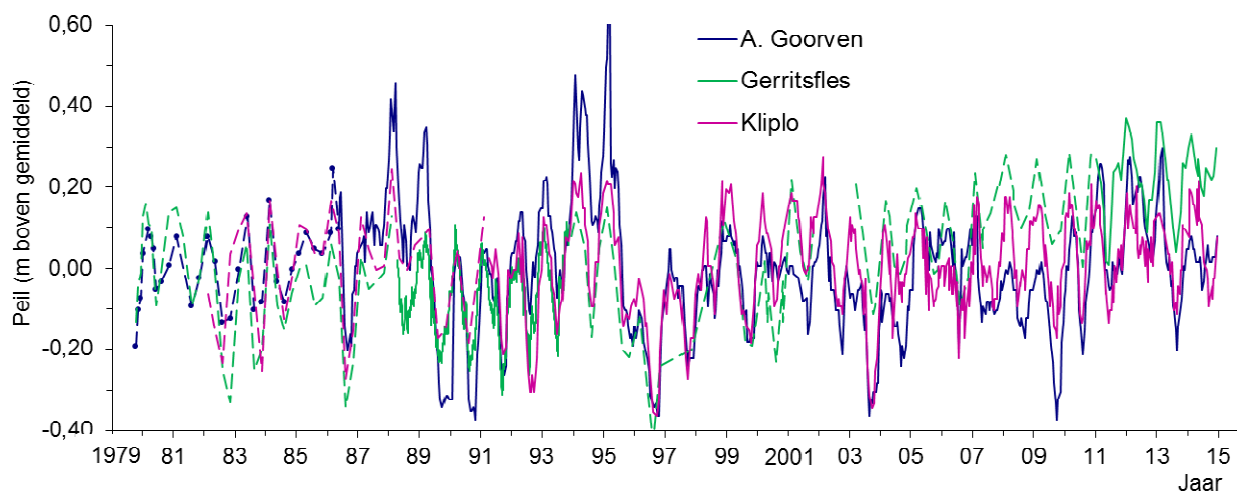
Bijlage 3. Waterstanden 2011-2014

De getallen geven de afwijking ten opzichte van de gemiddelde waterstand over de periode 1980 – 2014 aan. Deze bedragen voor Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo respectievelijk 8,30, 39,95 en 13,00 m +NAP. Bronnen: AWN = Adviseur Water en Natuur, NM = Vereniging Natuurmonumenten, R&W = Waterschap Reest & Wieden, RTO = R. Torenbeek, SBB = Staatsbosbeheer, WV = Waterschap Veluwe.

Achterste Goorven			Achterste Goorven			Gerritsfles			Kliplo			Kliplo		
Datum	Peil (m)	Bron	Datum	Peil (m)	Bron	Datum	Peil (m)	Bron	Datum	Peil (m)	Bron	Datum	Peil (m)	Bron
14-01-2011	0,15	NM	16-07-2013	-0,09	NM	20-01-2011	0,27	RTO	18-01-2011	0,17	R&W	11-06-2013	-0,01	R&W
29-01-2011	0,19	NM	28-07-2013	-0,10	NM	14-02-2011	0,25	RTO	28-01-2011	0,15	SBB	28-06-2013	0,02	SBB
14-02-2011	0,23	NM	14-08-2013	-0,15	NM	14-03-2011	0,21	RTO	09-02-2011	0,15	R&W	10-07-2013	-0,04	R&W
28-02-2011	0,26	NM	28-08-2013	-0,20	NM	14-04-2011	0,14	RTO	20-02-2011	0,16	R&W	29-07-2013	-0,10	SBB
14-03-2011	0,26	NM	14-09-2013	-0,14	NM	09-05-2011	0,03	AWN	28-02-2011	0,15	SBB	15-08-2013	-0,08	R&W
28-03-2011	0,25	NM	16-10-2013	-0,09	NM	14-05-2011	0,02	RTO	08-03-2011	0,11	R&W	29-08-2013	-0,11	SBB
14-04-2011	0,21	NM	28-10-2013	-0,07	NM	12-06-2011	0,01	RTO	28-03-2011	0,08	SBB	13-09-2013	-0,04	R&W
28-04-2011	0,00	NM	14-11-2013	0,01	NM	15-07-2011	0,14	RTO	28-04-2011	-0,01	SBB	30-09-2013	-0,06	SBB
28-05-2011	0,00	NM	29-11-2013	0,00	NM	14-08-2011	0,24	RTO	09-05-2011	-0,06	AWN	10-10-2013	0,00	R&W
14-06-2011	-0,04	NM	18-12-2013	0,05	NM	15-09-2011	0,25	RTO	11-05-2011	-0,05	R&W	29-10-2013	0,00	SBB
28-06-2011	-0,05	NM	30-12-2013	0,05	NM	14-10-2011	0,26	RTO	28-05-2011	-0,08	SBB	12-11-2013	0,11	AWN
14-07-2011	-0,04	NM	17-01-2014	0,05	NM	14-11-2011	0,22	RTO	10-06-2011	-0,13	R&W	12-11-2013	0,10	R&W
28-07-2011	0,02	NM	28-01-2014	0,07	NM	14-11-2011	0,22	AWN	28-06-2011	-0,10	SBB	27-11-2013	0,10	SBB
15-08-2011	0,00	NM	14-02-2014	0,08	NM	14-01-2012	0,37	RTO	14-07-2011	-0,10	R&W	22-01-2014	0,08	R&W
29-08-2011	0,01	NM	03-03-2014	0,07	NM	14-02-2012	0,35	RTO	28-07-2011	-0,04	SBB	28-01-2014	0,20	SBB
30-09-2011	-0,01	NM	14-03-2014	0,05	NM	14-03-2012	0,32	RTO	10-08-2011	-0,08	R&W	19-02-2014	0,19	R&W
19-10-2011	0,03	NM	28-03-2014	0,05	NM	13-04-2012	0,27	RTO	28-08-2011	0,01	SBB	26-02-2014	0,18	SBB
15-11-2011	0,00	NM	15-04-2014	0,02	NM	16-05-2012	0,24	AWN	16-09-2011	-0,03	R&W	14-03-2014	0,16	R&W
28-11-2011	-0,01	NM	22-05-2014	0,02	NM	14-06-2012	0,20	RTO	28-09-2011	0,01	SBB	27-03-2014	0,16	SBB
14-12-2011	0,07	NM	28-05-2014	0,03	NM	13-07-2012	0,21	RTO	12-10-2011	0,05	R&W	28-04-2014	0,11	R&W
16-01-2012	0,21	NM	14-06-2014	0,00	NM	14-08-2012	0,17	RTO	28-10-2011	0,03	SBB	29-04-2014	0,20	SBB
30-01-2012	0,27	NM	30-06-2014	-0,05	NM	16-09-2012	0,09	RTO	08-11-2011	0,06	R&W	06-05-2014	0,12	AWN
15-02-2012	0,26	NM	16-07-2014	-0,03	NM	14-10-2012	0,17	RTO	14-11-2011	0,01	AWN	23-05-2014	0,22	R&W
28-02-2012	0,28	NM	31-07-2014	0,01	NM	06-11-2012	0,17	AWN	28-11-2011	0,00	SBB	26-05-2014	0,13	SBB
14-03-2012	0,23	NM	11-08-2014	0,02	NM	14-11-2012	0,17	RTO	08-12-2011	0,05	R&W	24-06-2014	0,11	R&W
30-03-2012	0,16	NM	28-08-2014	0,06	NM	14-12-2012	0,24	RTO	28-12-2011	0,11	SBB	27-06-2014	0,10	SBB
14-04-2012	0,17	NM	17-09-2014	0,03	NM	14-01-2013	0,36	RTO	16-01-2012	0,19	R&W	22-07-2014	0,02	R&W
14-05-2012	0,20	NM	01-10-2014	0,02	NM	14-02-2013	0,36	RTO	26-01-2012	0,10	SBB	28-07-2014	0,01	SBB
31-05-2012	0,19	NM	15-10-2014	0,02	NM	14-03-2013	0,33	RTO	27-02-2012	0,16	SBB	21-08-2014	0,00	R&W
13-06-2012	0,23	NM	30-10-2014	0,03	NM	14-04-2013	0,27	RTO	05-03-2012	0,14	R&W	28-08-2014	-0,02	SBB
28-06-2012	0,23	NM	13-11-2014	0,03	NM	12-05-2013	0,22	RTO	04-04-2012	0,10	R&W	19-09-2014	-0,09	R&W
13-07-2012	0,21	NM	28-11-2014	0,03	NM	13-05-2013	0,22	AWN	27-04-2012	0,10	SBB	29-09-2014	-0,07	SBB
28-07-2012	0,20	NM	15-12-2014	0,06	NM	14-07-2013	0,10	RTO	03-05-2012	0,09	R&W	27-10-2014	-0,04	SBB
14-08-2012	0,12	NM	29-12-2014	0,08	NM	18-08-2013	0,04	RTO	15-05-2012	0,20	AWN	30-10-2014	-0,07	R&W
28-08-2012	0,10	NM				14-09-2013	0,08	RTO	29-05-2012	0,05	SBB	12-11-2014	-0,02	AWN
14-10-2012	0,06	NM				14-10-2013	0,14	RTO	06-06-2012	0,03	R&W	27-11-2014	-0,02	SBB
28-10-2012	0,03	NM				12-11-2013	0,26	RTO	28-06-2012	0,06	SBB	29-12-2014	0,08	SBB
14-11-2012	0,04	NM				12-11-2013	0,26	AWN	05-07-2012	0,04	R&W			
28-11-2012	0,03	NM				14-12-2013	0,25	RTO	26-07-2012	0,08	SBB			
14-12-2012	0,07	NM				14-01-2014	0,30	RTO	07-08-2012	0,07	R&W			
28-12-2012	0,13	NM				14-02-2014	0,33	RTO	28-08-2012	0,01	SBB			
30-01-2013	0,22	NM				14-03-2014	0,30	RTO	12-09-2012	0,07	R&W			
12-02-2013	0,28	NM				17-04-2014	0,25	RTO	28-09-2012	-0,03	SBB			
28-02-2013	0,29	NM				06-05-2014	0,23	AWN	03-10-2012	0,05	R&W			
14-03-2013	0,30	NM				14-05-2014	0,27	RTO	06-11-2012	0,02	AWN			
28-03-2013	0,09	NM				16-06-2014	0,20	RTO	07-11-2012	0,08	R&W			
16-04-2013	0,05	NM				15-07-2014	0,18	RTO	29-11-2012	0,01	SBB			
29-04-2013	0,02	NM				14-08-2014	0,25	RTO	05-12-2012	0,12	R&W			
14-05-2013	0,00	NM				14-10-2014	0,22	RTO	30-01-2013	0,14	SBB			
28-05-2013	0,03	NM				14-11-2014	0,23	RTO	28-03-2013	0,09	SBB			
17-06-2013	-0,04	NM				20-11-2014	0,25	AWN	13-05-2013	0,04	AWN			
28-06-2013	-0,03	NM				15-12-2014	0,30	RTO	29-05-2013	0,04	SBB			

Bijlage 4. Waterstanden 1979-2014

Veranderingen van de waterstand in de intensief bemonsterde vennen. Met streepjeslijnen zijn de perioden met extensieve waarnemingen (kwartaalgemiddelden) weergegeven. De getrokken lijnen stellen perioden met maandgemiddelden voor. De getallen op de horizontale as staan bij het streepje van 1 januari van het betreffende jaar.



De getallen zijn vermeld in de digitale bijlage

Bijlage 5. Analyse verschillen waterchemie Gerritsfles

In 2013 en 2014 zijn in de Gerritsfles op twee plaatsen monsters voor chemische analyse genomen, op de traditionele locatie (274300) aan de ZO-zijde (coördinaten 184,501; 463,611), in Bijlage 2 aangeduid als GER en op een gemakkelijker bereikbare locatie (274301) bij de peilschaal aan de westelijke oever (coördinaten 184,561 ; 463,740), in Bijlage 2 aangeduid als GEP.

De resultaten zijn vermeld in Bijlage 2 en in onderstaande tabel, samen met de resultaten van een t-toets (type 2, gepaarde waarnemingen), uitgevoerd in Excel.

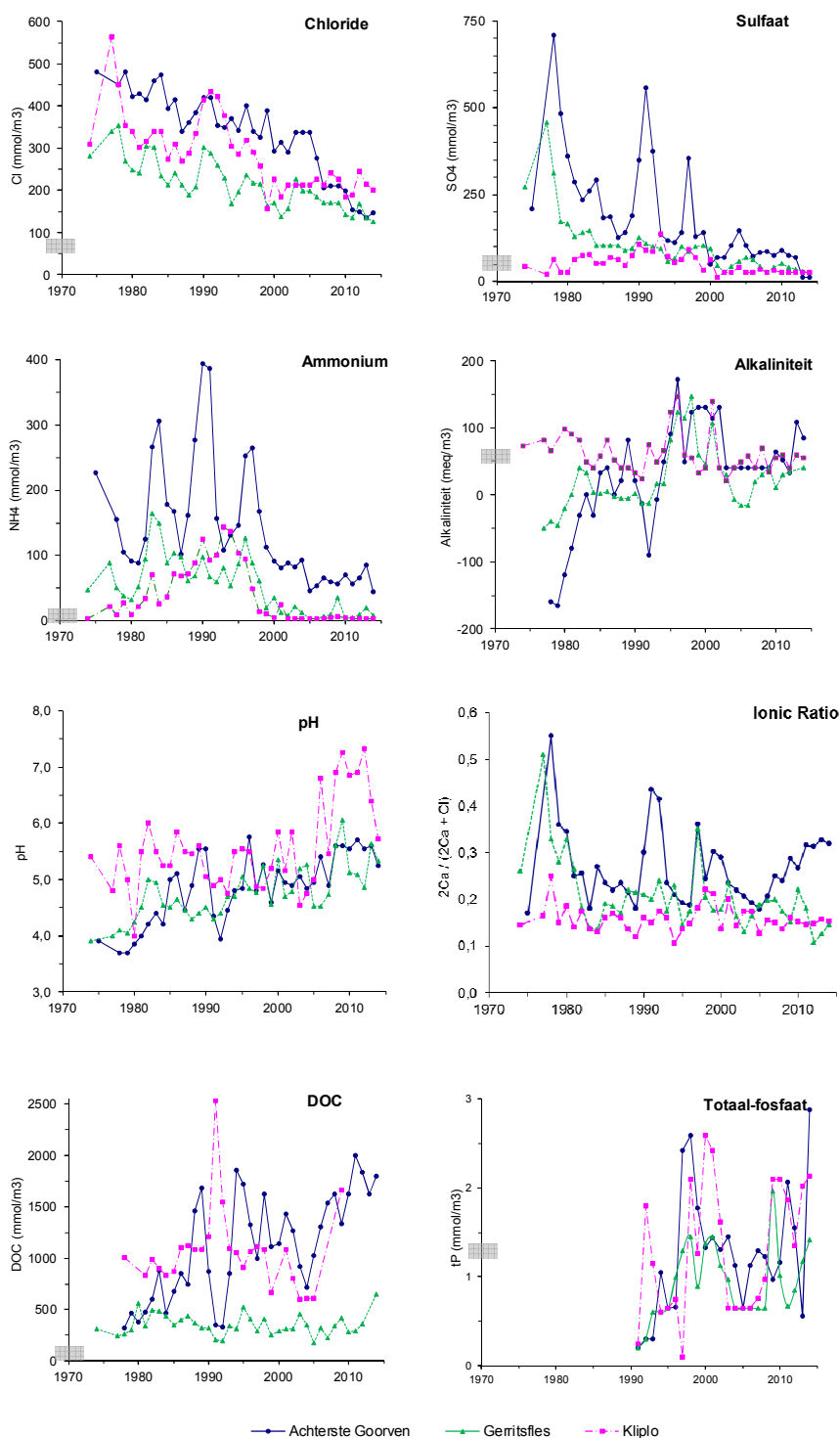
Punt	Datum	Temp °C	pHv	EC25v mS/m	DOC	Si	oP	tP	kN	NH4	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Cl	NO3	NO2	SO4	alk	O2 mg/l	O2% %
					mmol/m3																		
GEP	26-02-13	3,0	5,5	2,3			0,2	0,9	83	36							115	14	1	32		13,7	101
GEP	02-05-13	15,8	5,0	3,0			0,3	0,6	61	8	22	125	9	16	4	4	119	10	1	26		10,3	105
GEP	19-08-13	20,4	5,8	2,6			0,2	1,3	64	4							150	2	1	26		9,2	103
GEP	12-11-13	6,9	5,8	2,5			0,2	1,4	102	29	20	110	10	12	5	9	124	6	1	37		10,7	87
GEP	06-02-14	6,2	5,3	3,2			0,2	1,0	52	12							129	16	1	30		12,3	101
GEP	08-05-14	14,2	5,5	2,4	691	0	0,2	2,6	121	5	1		10	5	6	14	117	2	1	26	40	10,0	98
GEP	07-08-14	21,2	5,1	2,5	616	2	0,2	1,7	82	4	14	128	9	16	5	20	108	2	1	26	40	8,4	94
GEP	06-11-14	9,9	5,2	3,3	500	1	0,2	0,6	79	33	19	131	12	15	5	7	138	6	1	26	30	9,1	82
GER	26-02-13	3,7	5,4	3,1			0,2	1,1	68	41							133	14	1	33		13,6	101
GER	02-05-13	15,4	5,1	2,9			0,2	0,6	55	9	22	127	9	16	4	4	170	12	1	26		10,2	103
GER	19-08-13	19,8	5,9	3,0			0,2	1,5	53	4							136	2	1	26		9,3	102
GER	12-11-13	7,4	6,0	2,6			0,2	1,3	98	30	21	111	10	12	4	10	112	5	1	36		10,4	85
GER	06-02-14	7,5	5,3	3,2			0,2	1,5	64	14							123	17	1	26		12,1	103
GER	08-05-14	14,8	5,4	2,4	649	0	0,2	1,3	70	4	1		25	9	5	15	116	2	1	26	40	9,7	97
GER	07-08-14	21,6	5,1	2,5	741	2	0,2	2,3	93	4	23	131	9	17	5	22	128	2	1	26	40	7,7	88
GER	06-11-14	10,0	5,3	3,3	500	1	0,2	1,2	78	33	19	131	11	15	5	7	134	6	1	26	30	9,0	80
GEP	gemiddeld	12,2	5,4	2,7	602	1	0,2	1,3	80	16	15	123	10	13	5	11	125	7	1	29	37	10,5	96
GER	gemiddeld	12,5	5,5	2,9	630	1	0,2	1,4	72	17	17	125	13	14	4	12	131	7	1	28	37	10,2	95
p (t-toets)		0,18	0,32				0,35	0,72	0,29	0,27	0,31	0,07	0,38	0,21	0,07	0,26	0,44	0,21		0,45		0,02	0,16

Het resultaat van de toets geeft de kans aan dat er geen aantoonbare verschillen zijn tussen beide locaties. In vrijwel alle gevallen waar voldoende waarnemingen beschikbaar zijn voor het uitvoeren van de toets is die kans groter dan 0,05.

Alleen voor de zuurstofconcentratie is er waarschijnlijk wel een verschil ($p = 0,02$). Dat is echter goed voorstelbaar omdat er een tijdsverschil van ongeveer een kwartier tussen beide metingen ligt en omdat locatie GER zeker 's morgens iets meer beschaduwde ligt dan locatie GEP, waardoor het zuurstofgehalte op locatie GER hoger kan zijn. Ook een mogelijk temperatuurverschil tussen beide locaties kan een rol spelen.

Bijlage 6. Jaarlijkse veranderingen waterchemie

Veranderingen van de gemiddelden van de waterstand en de medianen van geselecteerde chemische parameters in de intensief bemonsterde vennen. De grijze blokjes indiceren de rapportagegrens.



Bijlage 7. Uitslagen Friedmantoets voor geselecteerde waterchemische gegevens

Onder de afkorting van elke variabele is de significantie van de verschillen tussen de bemonsteringsjaren vermeld (nulhypothese: er zijn geen verschillen). zijn de uitslagen van de post-hoc paarsgewijze Wilcoxon-toetsen (zonder Bonferronicorrecties) vermeld. Significante ($p \leq 0,05$) verschillen zijn vet onderstreept.

Variabele Signific.										Variabele Signific.									
Cl	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	SO4	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014
5,56E-10	1978	0,083	<u>0,008</u>	0,783	<u>0,019</u>	0,051	<u>0,007</u>	<u>0,010</u>	<u>0,002</u>	<u>0,001</u>	1,27E-13	1978	0,057	<u>0,025</u>	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>
	1982		<u>0,014</u>	<u>0,044</u>	<u>0,015</u>	0,083	<u>0,019</u>	<u>0,007</u>	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>		1982		0,077	0,101	<u>0,001</u>	0,085	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>
	1986			<u>0,001</u>	0,501	0,479	<u>0,033</u>	0,186	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>		1986			0,300	<u>0,001</u>	0,899	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>
	1990				<u>0,001</u>	0,054	<u>0,002</u>	<u>0,002</u>	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>		1990				<u>0,001</u>	0,770	<u>0,002</u>	<u>0,002</u>
	1994					0,784	0,175	0,577	<u>0,005</u>	<u>0,001</u>		1994				<u>0,003</u>	<u>0,005</u>	<u>0,045</u>	0,107
	1998						0,175	0,956	<u>0,033</u>	<u>0,005</u>		1998					<u>0,001</u>	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>
	2002							0,432	0,064	<u>0,007</u>		2002					<u>0,012</u>	<u>0,037</u>	0,844
	2006								<u>0,002</u>	<u>0,002</u>		2006							0,844
	2010									0,279		2010							0,099
NH4	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	Alk	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006		2014
7,63E-05	1978	0,700	0,401	0,520	0,084	0,625	<u>0,001</u>	<u>0,024</u>	<u>0,016</u>	<u>0,003</u>	0,00288	1978	0,074	<u>0,006</u>	0,054	0,057	<u>0,007</u>	<u>0,005</u>	<u>0,009</u>
	1982		0,735	0,765	<u>0,044</u>	0,094	<u>0,005</u>	<u>0,010</u>	<u>0,015</u>	<u>0,010</u>		1982		0,497	0,540	0,240	0,068	<u>0,022</u>	0,125
	1986			0,700	<u>0,006</u>	0,155	<u>0,017</u>	<u>0,020</u>	<u>0,010</u>	<u>0,015</u>		1986			0,922	0,481	0,127	<u>0,021</u>	0,577
	1990				<u>0,015</u>	0,252	<u>0,020</u>	0,065	<u>0,020</u>	<u>0,022</u>		1990				0,335	0,153	<u>0,001</u>	0,430
	1994					0,653	<u>0,038</u>	0,696	0,481	0,169		1994					0,491	<u>0,028</u>	0,715
	1998						<u>0,009</u>	0,194	0,100	<u>0,041</u>		1998						0,364	0,700
	2002							0,174	0,840	0,721		2002						0,097	<u>0,012</u>
	2006								0,183	0,194		2006							0,542
	2010									0,525									
pHv	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	DOC	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014
0,001074	1978	0,056	<u>0,001</u>	<u>0,041</u>	<u>0,014</u>	<u>0,020</u>	<u>0,011</u>	<u>0,011</u>	<u>0,001</u>	<u>0,009</u>	0,03189	1978	0,163	<u>0,023</u>	0,085	0,077	0,163	0,054	<u>0,023</u>
	1982		0,276	0,711	0,649	0,335	0,101	0,069	<u>0,002</u>	0,116		1982		0,380	0,643	0,225	0,473	0,323	0,054
	1986			0,287	0,481	0,770	0,782	0,604	<u>0,025</u>	0,497		1986			0,446	0,225	0,845	0,302	<u>0,039</u>
	1990				0,409	0,415	0,153	0,053	<u>0,024</u>	0,098		1990				<u>0,039</u>	0,302	0,116	<u>0,039</u>
	1994					1,000	0,255	0,076	<u>0,050</u>	0,217		1994					0,690	0,690	0,814
	1998						0,446	0,166	0,061	0,174		1998					0,938	0,457	0,846
	2002							0,380	0,233	0,346		2002						0,473	0,938
	2006								0,276	0,715		2006						0,302	1,000
	2010									0,290		2010							0,302
P-tot				1994	1998	2002	2006	2010	2014	N-tot						2002	2006	2010	2014
0,5954	1994				0,608	0,869	0,844	0,276	0,966	0,91421	2002						0,249	0,763	0,622
	1998					0,253	0,887	0,477	0,717		2006							0,981	0,638
	2002						0,082	<u>0,025</u>	0,175		2010								0,413
	2006							0,107	0,279										
	2010								0,083										
Al	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014										
9,92E-05	1978	<u>0,013</u>	<u>0,045</u>	<u>0,009</u>	<u>0,007</u>	<u>0,003</u>	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>										
	1982		0,228	0,151	<u>0,041</u>	0,317	<u>0,041</u>	0,084	0,052	0,128									
	1986			0,886	0,337	0,575	0,099	0,362	0,307	0,452									
	1990				<u>0,023</u>	1,000	<u>0,032</u>	0,151	0,116	0,259									
	1994					0,276	0,793	0,922	0,821	0,868									
	1998						0,099	0,083	0,088	0,276									
	2002							0,887	0,868	0,868									
	2006								0,751	0,611									
	2010									0,393									

Bijlage 8. Indeling ecologische indicatiegetallen kiezelwieren

R pH	1	Acidobiont	optimaal bij pH < 5,5	
	2	acidofiel	voornamelijk bij pH < 7	
	3	circumneutraal	voornamelijk bij pH ~ 7	
	4	alkalifiel	voornamelijk bij pH > 7	
	5	alkalibiont	uitsluitend bij pH > 7	
	6	indifferent	geen duidelijk pH-optimum	

H Zoutgehalte			Cl ⁻ (mg/l)	Saliniteit (‰)
	1	Zoet	< 100	< 0,2
	2	zoetbrak	< 500	< 0,9
	3	brakzoet	500 - 1000	0,9 - 1,8
	4	Brak	1000 - 5000	1,8 - 9,0

N Stikstofopname	1	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor zeer geringe concentraties organisch gebonden stikstof		
	2	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor hogere concentraties organisch gebonden stikstof		
	3	facultatief stikstofheterotrofe soorten, hebben periodiek hogere concentraties organisch gebonden stikstof nodig		
	4	obligaat stikstofheterotrofe soorten, hebben voortdurend hogere concentraties organisch gebonden stikstof nodig		

O Zuurstofbehoefte	1	voortdurend hoog (ca 100% verzadiging)		
	2	vrij hoog (boven 75% verzadiging)		
	3	matig (boven 50% verzadiging)		
	4	laag (boven 30% verzadiging)		
	5	zeer laag (ca 10% verzadiging)		

S Saprobie			waterkwali- teitsklasse	O ₂ -verzadi- ging (%)	BOD ₅ ²⁰ (mg/l)
	1	oligosaproob	I, I-II	> 85	< 2
	2	β-mesosaproob	II	70 - 85	2 - 4
	3	α-mesosaproob	III	25 - 70	4 - 13
	4	α-meso-/ polysaproob	III-IV	10 - 25	13 - 22
	5	polysaproob	IV	< 10	> 22

T Trofie	1	oligotrafent		
	2	oligo-mesotrafent		
	3	mesotrafent		
	4	meso-eutrafent		
	5	eutrafent		
	6	hypereutrafent		
	7	indifferent		

M Vocht	1	nooit of slechts zeer zelden buiten het water voorkomend		
	2	voornamelijk in het water, maar soms ook op vochtige plaatsen voorkomend		
	3	voornamelijk in het water, maar regelmatig ook op natte en vochtige plaatsen voorkomend		
	4	voornamelijk op natte en vochtige of tijdelijk droogvallende plaatsen voorkomend		
	5	bijna uitsluitend buiten het water voorkomend		

Uit: Van Dam e.a. (1994)

Bijlage 9. Kiezelwierenmonsters 2011-2014

In onderstaande tabel zijn de metagegevens van alle 46 geanalyseerde monsters van 2010 tot en met 2014 vermeld. Voor afkortingen van vennamen zie Tabel 1.

Aard: AA = aangroei, NP = netplankton, UI = uitknijpsel

Lab: AWN/GM = monstername door de Adviseur Water en Natuur en analyse door Grontmij, KB = monstername en analyse door Koeman en Bijkerk, AQ = monstername en analyse door AQUON.

Geteld: het aantal exemplaren in de telling

Ven	X-coörd.	Y-coörd.	Omschrijving locatie	Datum	Labnr	Aard	Omschrijving aard	Lab	Geteld
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	01-05-2011	409463	NP	netplankton over bodem en met wat Sphagnum	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	12-11-2011	409464	NP	netplankton over bodem en met wat Sphagnum	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	14-05-2012	415394	NP	netplankton over bodem en door wat Nymphaea	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	11-11-2012	415395	NP	netplankton over bodem	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	28-04-2013	418996	NP	netplankton over bodem	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	07-11-2013	418997	NP	netplankton door Nymphaea alba en Juncus bulbosus	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	07-05-2014	422194	NP	netplankton door Nymphaea en over bodem	AWN/GM	400
AGE	142,98	397,32	Punt E, O-zijde	14-11-2014	422409	NP	netplankton over bodem	AWN/GM	400
DEE	187,25	456,15	Midden Z-oever	10-09-2014	422316	NP	netplankton over Sphagnum cuspidatum en door draadwieren	AWN/GM	400
DIE	225,95	537,30	Midden O-oever	29-09-2014	422313	NP	netplankton door Menyanthes	AWN/GM	400
ECH	222,65	526,56	Midden O-oever	29-09-2014	422315	NP	netplankton over bodem met wat Batrachospermum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	09-05-2011	409467	NP	netplankton over bodem met Sphagnum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	14-11-2011	409469	NP	netplankton over bodem met Sphagnum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	15-05-2012	415391	NP	netplankton over bodem door Sphagnum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	06-11-2012	415392	NP	netplankton over bodem	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	13-05-2013	418990	NP	over bodem met Sphagnum en Batrachospermum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	12-11-2013	418992	NP	over bodem met Sphagnum en Batrachospermum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	06-05-2014	422191	NP	netplankton over bodem met Sphagnum en Batrachospermum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	20-11-2014	422406	NP	netplankton over bodem met Sphagnum	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	09-05-2011	409468	UI	uitknijpsel Sphagnum met dode Molinia	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	14-11-2011	409470	UI	uitknijpsel Sphagnum met Juncus bulbosus	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	15-05-2012	415389	UI	uitknijpsel Sphagnum en Molinia	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	06-11-2012	415390	UI	uitknijpsel Sphagnum en wat Juncus bulbosus	AWN/GM	400
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	13-05-2013	418991	UI	uitknijpsel Juncus bulbosus, Molinia, Batrachospermum	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	12-11-2013	418993	UI	uitknijpsel Sphagnum en Juncus bulbosus	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	06-05-2014	422192	UI	uitknijpsel Sphagnum, Molinia, Batrachospermum	AWN/GM	200
GER	148,48	463,60	Punt F, W. zijde landtong ZW-oever	20-11-2014	422407	UI	uitknijpsel Sphagnum, Molinia, Batrachospermum	AWN/GM	200
GHU	146,35	398,75	ZO-oever	30-09-2014	422318	NP	netplankton over bodem, door Sphagnum, draadwieren en Nymphaea	AWN/GM	400
KEM	182,67	461,84	Midden O-oever	10-09-2014	422317	NP	netplankton over bodem	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	09-05-2011	409465	NP	netplankton door Carex rostrata	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	14-11-2011	409466	NP	netplankton door Carex rostrata met wat bodemmateriaal	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	15-05-2012	415396	NP	netplankton door Carex rostrata, over bodem en Sphagnum	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	06-11-2012	415397	NP	netplankton over bodem en door Carex rostrata + Potamogeton natans	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	13-05-2013	418994	NP	netplankton over bodem (met Sphagnum)	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	12-11-2013	418995	NP	netplankton over bodem en door Carex rostrata	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	06-05-2014	422193	NP	netplankton over bodem door Sphagnum, Potamogeton natans en Carex rostrata	AWN/GM	400
KLI	225,84	539,10	Midden W-oever	20-11-2014	422408	NP	netplankton over bodem door Potamogeton natans en Carex rostrata	AWN/GM	400
POO	225,45	538,53	O-oever grootste poel	29-09-2014	422314	NP	uitknijpsel en netplankton Sphagnum en Utricularia minor	AWN/GM	400
SCH	139,22	396,68	Midden O-oever	30-09-2014	422320	NP	netplankton over bodem en door Nuphar	AWN/GM	400
MWO	143,38	398,53	Midden W-oever van middelste poel	30-09-2014	422319	NP	netplankton door Nymphaea en over bodem	AWN/GM	400
KLI				29-05-2012	598700	AA	aangroei Phragmites australis en Potamogeton natans	KB	200
AGE	142,973	397,318	Bij bord MP	19-05-2011	18837	AA	Veenmos en takken.	AQ	200
AGE	142,973	397,318	Bij bord MP	15-11-2011	18975	AA	"Nieuwe" omgevallen boompje beetje afgeschraapt, Veenmos afgeknipt, Waterlelie stengels, stengels van Rus (in water hangend)	AQ	200
AGE	142,973	397,318	Bij bord MP	20-04-2012	19010	AA		AQ	200
AGE	142,973	397,318	Bij bord MP	15-11-2012	19166	AA		AQ	200
AGE	142,973	397,318	Bij bord MP	14-05-2013	15080	AA		AQ	200

Bijlage 10. Analyses kiezelwieren 2011-2014

Aantallen getelde exemplaren per preparaat

Ecologische groep	Nieuwe soortnaam	Achterste Goonen E												Gerritsies F												Oude soortnaam																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Aard		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP			NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP		NP	

[illegible]

Bijlage II. Ecologische indicatiewaarden en ecologische groepen Gerritsfles 2011-2014

Gewogen gemiddelden van ecologische indicatiewaarden en aandeel van het aantal soorten en de relatieve hoeveelheden individuen van ecologische groepen in de monsters van Gerritsfles (2011-2014).

- = afwezig. NP = netplankton, UI = uitknijpsel.

Datum		9-mei-11	14-nov-11	15-mei-12	6-nov-12	13-mei-13	12-nov-13	6-mei-14	20-nov-14	9-mei-11	14-nov-11	15-mei-12	6-nov-12	13-mei-13	12-nov-13	6-mei-14	20-nov-14
Aard		NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI
Geteld aantal		400	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200	200	200	200	200	200
Gewogen gemiddelde indicatiewaarden	R	1,8	1,8	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,2
	H	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,7	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,6	1,7	1,8
	N	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,7	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,6	1,7	1,8
	O	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,7	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,6	1,7	1,8
	S	1,1	1,0	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	1,3	1,2	1,3	1,3	1,1	1,3	1,6	1,7	1,8
	T	1,1	1,0	1,4	1,2	1,4	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,4	1,0	1,3	1,1	1,1	1,0
	M	2,4	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,8	2,6	2,7	2,7	2,9	2,8	2,9	2,8	3,0
Aantal soorten per ecologische groep	X	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
	T	6	6	6	6	6	6	4	5	5	6	6	6	5	6	5	4
	D	2	1	1	3	1	2	3	4	3	3	1	1	1	1	2	-
	N	2	1	3	2	2	2	2	4	1	4	2	2	2	2	2	1
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	O	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-
Percentage individuen per ecologische groep	X	0	0	1	1	1	-	1	1	1	7	1	1	2	-	-	-
	T	92	82	71	78	74	90	95	81	92	65	73	82	79	96	90	93
	D	4	16	1	11	1	1	1	2	3	6	6	13	7	2	3	-
	N	4	2	27	9	24	9	3	16	5	22	21	6	12	2	8	8
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	O	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-

Bijlage 12. Overzicht van alle bestudeerde monsters 1916 - 2014

Toelichting op de tabel:

Collecties van ruw materiaal

A	Alterra, Wageningen
B	Aquon, Boxtel
G	Grontmij | AquaSense, studio Overasselt
K	Koeman & Bijkerk, Haren
L	Universiteit van Amsterdam, Hugo de Vrieslaboratorium (thans in herbarium NCB Naturalis, Leiden)
N	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Wageningen
O	Universiteit Gent, Vakgroep Biologie (coll. P. van Oye)
T	T = TNO Bouw & Ondergrond, Utrecht

Aard

AA	aangroeiisel
BO	bodemmateriaal
BP	bezinkingsplankton
KL	algenklodders
NP	netplankton
PE	perifyton
UI	uitknijpsel mossen en andere waterplanten

Vennen

KEB	Kempesflës, NW-oever
KEC	Kempesflës, 30 m ten N. van KEM
overige afkortingen volgens Tabel 1	

de onderstreepte monsters zijn niet betrokken bij de berekeningen van de gemiddelde procentuele hoeveelheid (Bijlage 10 en Tabel 10)

Details over de herkomst van de oudere monsters zijn vermeld in Van Dam (1987)

De originele preparaten van vrijwel alle monsters zijn aanwezig bij Grontmij | AquaSense (studio Overasselt), duplo's van de meeste preparaten tot en met 1994 zijn aanwezig bij Alterra (Wageningen)

Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014

[illegible]

Bijlage 13. Alle kiezelwierentellingen 1916 - 2014

Deze bijlage (alleen digitaal) bevat de resultaten van 409 onder eigen regie en 30 door externe laboratoria getelde monsters.

Voor de namen van de vennen zijn de afkortingen uit Tabel 1 gebruikt, behalve voor de Kempesfles. KEA is de locatie die in Tabel als KEM is vermeld. KEB is dezelfde locatie (midden zuidoever), maar met een andere bemonsteringsmethode. KEC is een locatie aan de NW-oever (coördinaten 182,62 ; 461,90).

De aard van de monsters is aangeduid met de afkortingen uit Bijlage 10, de ecologische groepen van de taxa zijn vermeld volgens de indeling van Tabel 9. De pH-optima van de taxa zijn ontleend aan Ter Braak & Van Dam (1989).

De nieuwe taxonnamen zijn zo goed mogelijke vertalingen van de oude namen naar de recente TWN-nomenclatuur (versie 15 januari 2015).

Aan het einde van elke regel zijn de berekende diversiteitsindices, de hoeveelheden van de verschillende ecologische groepen en de EKR-waarden vermeld.

Bijlage 14. Tijdreeksen van de kiezelwieren van de intensief bemonsterde vennen 1916-2014

In de volgende tabellen (alleen digitaal) is steeds procentuele hoeveelheid van de meest voorkomende taxa vermeld.

De soorten zijn gerangschikt per ecologische groep (Tabel 9). De pH-optima van de soorten zijn ontleend aan Ter Braak & Van Dam (1989).

Bijlage 15. Tijdreeksen van de kiezelwieren van de extensief bemonsterde vennen 1917-2014

In de volgende tabellen (alleen digitaal) is steeds procentuele hoeveelheid van de meest voorkomende taxa vermeld.

De soorten zijn gerangschikt per ecologische groep (Tabel 9). De pH-optima van de soorten zijn ontleend aan Ter Braak & Van Dam (1989).

Bijlage 16. Overzicht van alle aangetroffen taxa 1916 - 2014

Ecol. gr.	pH-opt.	TWN-naam (aangepast)	Periode Aantal monsters Aantal vennen	Procentuele hoeveelheid								1916-2014 jaar voor- komen	Optimale Aant. monsters (%)		Eerder gebruikte naam	Voet- noot
				20	60	70	80	90	00	01	1916-2006					
				27	14	21	74	84	77	46	343		439			
aantal	monsters			11	5	10	11	11	11	11		11	11			
E		Achnantheidium exiguum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Achnanthes exigua	
A	6,8	Achnantheidium minutissimum s.l.	5,0	0,2	0,5	0,2	0,2	1,3	0,0	-	1,063	1967	21,3	18,7	Achnanthes minutissima	1
S		Actinocyclus normanii	-	-	-	0,0	-	-	-	-	0,000	1981	0,3	0,2	Actinocyclus normanii morf. subsalsus	
E		Amphora copulata	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1991	0,3	0,5	Amphora copulata	
E		Amphora pediculus	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,004	1975	0,6	0,9	Amphora pediculus	
O		Aulacoseira	0,1	-	-	0,0	-	-	-	-	0,020	1950	0,9	0,7	Aulacoseira spec.	
D		Aulacoseira alpigena	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,001	1991	0,3	0,2	Aulacoseira alpigena	
D		Aulacoseira crenulata	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1991	0,3	0,2	Aulacoseira crenulata	
D		Aulacoseira distans var. nivalis	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1991	0,3	0,2	Aulacoseira distans var. nivalis	
E		Aulacoseira granulata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Aulacoseira granulata	
D		Aulacoseira pflaffiana	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,000	2010	0,3	0,2	Aulacoseira pflaffiana	
N	4,8	Brachysira brebissonii	0,1	-	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,070	1989	17,5	14,6	Anomoeoneis brachysira	
D		Brachysira neoxillis	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,054	1991	16,3	12,8	Anomoeoneis vitrea	
D	5,9	Brachysira procera	0,9	9,0	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1	0,1	1,653	1976	48,7	39,9	Anomoeoneis vitrea f. lanceolata	
N		Brachysira serians	0,0	-	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,122	1995	12,8	11,2	Anomoeoneis serians	
D		Brachysira styriaca	-	-	-	0,0	-	-	-	-	0,000	1987	0,3	0,2	Anomoeoneis styriaca	
E		Caloneis lancetula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Caloneis bacillum	
N	4,2	Chamaepinnularia mediocris	0,1	0,0	0,1	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,179	2000	21,6	20,0	Navicula mediocris	
E		Cocconeis placentula s.l.	0,5	0,1	0,2	0,1	-	0,0	-	-	0,123	1948	3,2	4,1	Cocconeis placentula s.l.	
S		Craticula buderi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Craticula buderi	
S		Ctenophora pulchella	-	-	-	0,0	-	-	-	-	0,004	1982	0,6	0,5	Fragilaria pulchella	
S		Cyclotella meneghiniana	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,003	1978	0,3	0,2	Cyclotella meneghiniana	
E		Cyclotella ocellata	-	-	-	-	-	0,0	-	-	0,001	2002	0,3	0,2	Cyclotella ocellata	
E		Cymbella naviculiformis	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,0	0,006	2005	0,6	0,5	Cymbella naviculiformis	
E		Diatoma tenuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Diatoma tenuis	
O		Discostella stelligera	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,004	1918	0,3	0,2	Cyclotella stelligera	
D		Encyonema hebridicum	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,001	1922	0,3	0,2	Cymbella hebridica	
D		Encyonema lunatum s.l.	0,3	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,114	1969	16,6	13,0	Cymbella gracilis	
E		Encyonema minutum	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,003	1924	0,3	0,2	Cymbella minuta	
D		Encyonema perpusillum	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,004	1929	0,6	0,5	Cymbella perpusilla	
E		Encyonema silesiacum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	Cymbella silesiaca	
D		Encyonopsis descripta	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1993	0,3	0,2	Cymbella descripta	
D		Encyonopsis microcephala	0,1	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,018	1945	1,5	1,6	Cymbella microcephala	
D		Encyonopsis neerlandica	0,0	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,013	1990	2,0	1,6	Cymbella cesatii	
D		Eolimna elorantana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Navicula pseudoventralis	
S		Eolimna minima	0,0	0,1	0,1	0,0	-	-	-	-	0,036	1965	2,3	2,3	Navicula minima	
S		Eolimna subminuscule	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,001	1919	0,3	0,2	Navicula subminuscule	
D		Eucocconeis laevis	-	-	-	0,0	-	-	-	-	0,000	1984	0,3	0,2	Achnanthes laevis	
O		Eunotia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	Eunotia	
D		Eunotia arcus	0,1	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,028	1953	4,1	3,4	Eunotia arcus	
D		Eunotia arcus	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,005	1977	0,6	0,5	Eunotia arcus	
T	4,3	Eunotia bilunaris s.l.	10,7	3,2	3,2	4,0	3,2	4,7	5,2	4,897	1987	84,0	84,1	Eunotia bilunaris s.l.	1	
T	5,0	Eunotia botuliformis	0,8	1,2	0,2	0,2	-	0,0	0,0	0,344	1951	4,7	4,1	Eunotia botuliformis		
X	4,1	Eunotia exigua s.l.	1,4	31,4	59,7	43,7	28,6	8,7	3,8	25,330	1986	81,9	76,5	Eunotia exigua s.l.	3	
D		Eunotia faba	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,020	1980	2,0	2,1	Eunotia faba		
D		Eunotia fallax	-	-	0,0	-	0,0	0,0	-	-	0,002	1993	1,2	1,4	Eunotia fallax	
D		Eunotia fennica	1,9	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	2,0	0,644	1978	4,7	4,1	Eunotia denticulata		
D		Eunotia flexuosa	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,000	1928	0,3	0,2	Eunotia flexuosa	
D		Eunotia glacialis	0,0	0,0	-	0,1	0,2	0,1	0,4	0,123	1999	6,7	5,9	Eunotia glacialis		
D		Eunotia groenlandica	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,004	2003	0,6	0,7	Eunotia fallax var. groenlandica		
T		Eunotia implicata	0,3	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,058	1967	3,8	3,2	Eunotia implicata		
T	5,0	Eunotia incisa s.l.	21,3	4,1	1,5	2,0	7,7	19,4	22,8	11,253	1992	88,0	87,9	Eunotia incisa s.l.	4	
D		Eunotia intermedia	0,4	1,3	0,4	0,1	-	-	-	0,302	1957	11,1	9,1	Eunotia intermedia		
N		Eunotia meisteri	-	0,0	-	0,0	2,8	2,2	2,4	1,058	2004	7,6	6,4	Eunotia meisteri		
D		Eunotia microcephala	0,1	-	-	-	-	-	-	0,018	1919	0,6	0,5	Eunotia microcephala		
T		Eunotia minor	0,0	-	-	0,0	0,0	-	-	0,006	1966	0,9	0,9	Eunotia minor		
N	4,2	Eunotia naegeli	0,3	0,0	1,2	10,3	5,1	10,8	3,4	4,460	1998	49,6	50,8	Eunotia naegeli		
T		Eunotia neoscandinavica	0,0	-	0,0	-	-	-	-	0,003	1948	0,6	0,5	Eunotia monodon var. bidens		
N		Eunotia neocompacta (incl. var. vixcompacta)	0,3	-	-	0,0	0,4	0,5	1,1	0,339	2004	27,7	28,2	Eunotia nymmaniana		
T	3,8	Eunotia paludosa	0,2	0,3	0,0	0,3	0,4	0,4	0,3	0,251	1995	29,4	30,8	Eunotia paludosa		
T		Eunotia pectinalis var. biconstricta	0,0	-	-	-	-	0,0	0,2	0,028	2002	1,2	0,9	Eunotia pectinalis		
D		Eunotia praerupta	-	0,0	-	-	0,0	0,0	-	0,012	1986	0,9	0,7	Eunotia praerupta		
T	4,9	Eunotia rhomboidea	1,6	17,8	5,0	11,8	15,7	13,7	17,6	11,876	1996	89,5	87,0	Eunotia rhomboidea		
D		Eunotia satelles	-	-	-	0,2	-	-	-	0,032	1987	0,3	0,2	Eunotia rhynchocephala var. satelles		
T		Eunotia subarcuatoidea	-	-	-	0,0	-	-	-	0,002	1986	0,3	0,2	Eunotia subarcuatoidea		
D		Eunotia sudetica	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1924	0,3	0,2	Eunotia sudetica		
D		Eunotia tenella	-	-	-	0,0	-	0,0	0,1	0,020	2008	0,9	0,9	Eunotia tenella		
D		Eunotia varioundulata	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,037	1982	9,9	8,0	Eunotia varioundulata		
D		Fallacia vitrea	-	0,0	-	-	0,0	-	0,0	0,005	1999	1,2	1,1	Navicula festiva		
E		Fragilaria capucina s.l.	0,5	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,072	1933	2,0	2,1	Fragilaria capucina	5	
D		Fragilaria nanana	-	-	-	-	-	0,0	-	0,001	2001	0,3	0,2	Fragilaria nanana		
E		Fragilaria parasitica	0,0	-	-	-	-	-	-	0,003	1919	0,3	0,2	Fragilaria parasitica		
S		Fragilaria striatula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Fragilaria subsalina	6
E		Fragilaria vaucheriae	-	-	0,0	-	-	-	-	0,006	1978	0,3	0,2	Fragilaria capucina var. vaucheriae		
D		Fragilariforma constricta	0,3	-	-	-	-	-	-	0,037	1919	0,3	0,2	Fragilaria constricta		
D	5,6	Fragilariforma virescens	0,1	0,3	0,0	0,1	-	-	-	0,085	1949	2,6	2,1	Fragilaria virescens		
T	4,7	Frustulia krammeri	0,3	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	-	0,096	1960	8,7	7,5	Frustulia rhomboides	7	
T	4,2	Frustulia saxonica s.l.	19,5	7,3	11,7	12,9	13,4	14,5	9,8	12,722	1986	97,4	97,5	Frustulia saxonica s.l.	8	
E		Gomphonema acuminatum	-	0,0	0,0	-	-	0,0	-	0,007	1974	0,9	0,9	Gomphonema acuminatum		
O		Gomphonema angustum	0,0	-	0,0	-	-	-	-	0,007	1946	0,6	0,5	Gomphonema angustum		
E		Gomphonema clavatum	-	-	-	-	-	0,0	-	0,000	2004	0,3	0,5	Gomphonema clavatum	9	
D		Gomphonema exilissimum	-	-	-	-	0,1	0,3	0,0	0,054	1999	2,3	2,1	Gomphonema parvulum var. exilissimum		
D		Gomphonema gracile	0,1	0,0	-	0,0	0,0	-	-	0,020	1959	2,6	2,1	Gomphonema gracile		
D		Gomphonema hebridense	-	-	-	-	0,0	0,2	0,0	0,031	2006</					

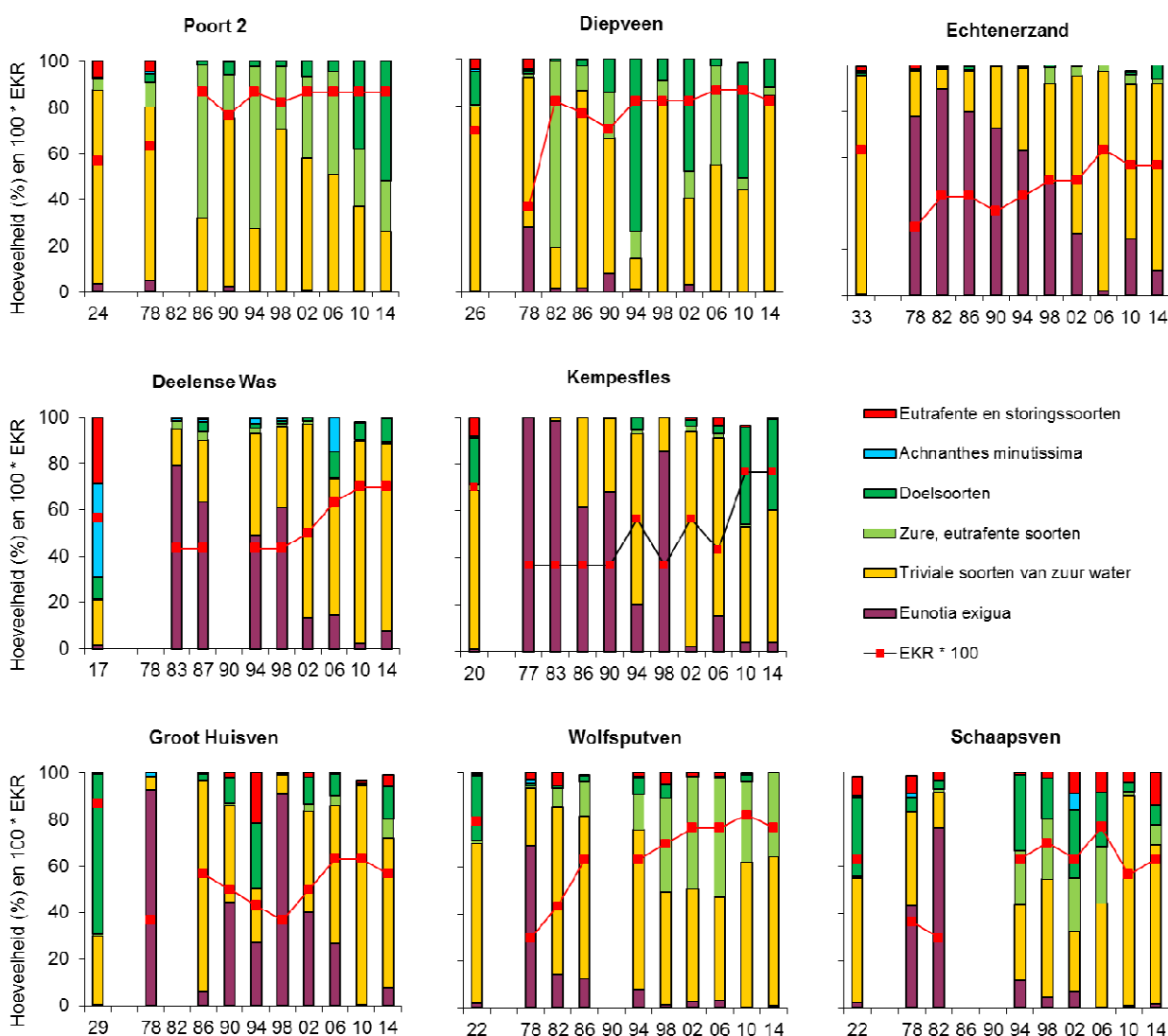
Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2014

Ecol. gr.	pH-opt.	TWN-naam (aangepast)	Periode Aantal monsters Aantal vennen	Procentuele hoeveelheid								Optimale jaar voor- komen	Aant. monsters (%)		Eerder gebruikte naam	Voet- noot
				1916-2014									1916-2006			
				20 27	60 14	70 21	80 74	90 84	00 77	01 46	343		343	439		
11	5	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11				
S		Luticola goeppertiana	-	-	-	0,0	-	-	-	0,003	1986	0,3	0,2	Navicula goeppertiana		
O		Mayamaea agrestis	-	-	-	-	0,0	-	-	0,001	1994	0,3	0,2	Navicula agrestis		
O		Mayamaea asellus	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1985	0,3	0,2	Navicula asellus		
S		Mayamaea atomus	-	-	0,0	-	-	-	-	0,003	1978	0,3	0,2	Navicula atomus		
S		Mayamaea excelsa	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1919	0,3	0,5	Navicula atomus var. excelsa		
E		Mayamaea fossalis var. obsidialis	-	-	-	-	0,0	-	-	0,000	1990	0,3	0,2	Navicula fossalis var. obsidialis		
S		Mayamaea permissis	-	-	-	-	0,0	-	-	0,001	1994	0,3	0,2	Navicula atomus var. permissis		
S		Mayamaea recondita	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,001	1993	0,6	0,5	Navicula atomus var. recondita		
O		Melosira dickiei	-	-	-	-	-	0,0	0,7	0,103	2010	3,8	3,4	Melosira dickiei		
E		Melosira varians	0,1	-	-	-	-	-	-	0,010	1931	0,6	0,5	Melosira varians		
E		Meridion circulare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Meridion circulare		
E		Navicula cryptocephala	0,0	-	-	0,0	-	0,0	-	0,008	1960	1,2	0,9	Navicula cryptocephala		
D		Navicula difficillima	-	-	-	-	-	-	0,0	0,006	2014	0,3	0,2	Navicula difficillima		
E		Navicula exilis	-	-	0,0	0,1	-	-	-	0,008	1980	0,9	0,7	Navicula exilis		
S		Navicula gregaria	0,0	-	0,0	0,1	-	-	-	0,019	1966	1,5	1,1	Navicula gregaria		
D	5,9	Navicula leptostriata s.l.	2,7	2,3	0,9	0,5	0,6	0,2	0,1	1,043	1966	33,2	26,7	Navicula leptostriata s.l.	11	
E		Navicula radiosa	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1919	0,3	0,2	Navicula radiosa		
E		Navicula rhynchocephala	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,006	1980	0,6	0,9	Navicula rhynchocephala		
E		Navicula tripunctata	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,009	1979	0,6	0,5	Navicula tripunctata		
E		Navicula veneta	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1929	0,3	0,2	Navicula veneta		
E		Neidium affine	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	0,060	1961	7,3	5,7	Neidium affine		
D		Neidium affine var. longiceps	0,1	0,1	-	0,0	0,0	0,0	-	0,037	1967	5,2	4,1	Neidium affine var. longiceps		
O		Neidium ampliatum s.l.	0,0	-	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,090	1998	20,7	19,8	Neidium ampliatum	12	
D		Neidium bisulcatum	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,001	1982	0,6	0,5	Neidium bisulcatum		
D		Neidium densestriatum	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,088	1976	7,9	6,8	Neidium densestriatum		
O		Nitzschia	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,001	2009	0,9	0,7	Nitzschia		
S		Nitzschia archibaldii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Nitzschia archibaldii		
E		Nitzschia dissipata	-	0,0	-	-	-	-	-	0,001	1964	0,3	0,2	Nitzschia dissipata		
E		Nitzschia gracilis	1,3	2,1	0,3	0,2	0,2	0,9	1,2	0,876	1992	23,3	20,0	Nitzschia gracilis		
T		Nitzschia hantzschiana	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,005	1963	0,6	0,5	Nitzschia hantzschiana		
D		Nitzschia lacuum	-	-	-	-	-	0,0	-	0,000	2008	0,3	0,2	Nitzschia lacuum		
E		Nitzschia linearis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Nitzschia linearis		
S		Nitzschia palea	0,1	-	0,0	-	-	-	0,0	0,022	1967	1,2	1,1	Nitzschia palea		
S		Nitzschia paleacea	-	-	0,0	-	-	-	-	0,006	1978	0,3	0,2	Nitzschia paleacea		
S	4,5	Nitzschia paleaeformis s.l.	0,0	0,8	-	0,0	0,8	0,4	0,3	0,335	1999	12,8	12,5	Nitzschia paleaeformis	13	
D		Nitzschia perminuta	1,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-	0,191	1934	5,0	4,1	Nitzschia perminuta		
S		Nitzschia pusilla	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1925	0,3	0,2	Nitzschia pusilla		
S		Nitzschia sigma	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1981	0,3	0,2	Nitzschia sigma		
O		Nitzschia spec. 199.1	0,1	-	-	-	-	-	-	0,012	1918	0,3	0,2	Nitzschia spec. 199.1		
E		Nitzschia subacicularis	0,0	-	-	-	-	-	-	0,003	1919	0,3	0,2	Nitzschia subacicularis		
O		Oxyneis tenuis	0,1	-	-	-	-	-	-	0,010	1919	0,3	0,2	Nitzschia linearis var. tenuis		
D		Oxyneis binalis	5,5	0,0	0,0	-	-	-	-	0,796	1930	2,0	1,6	Tabellaria binalis		
O		Oxyneis binalis var. elliptica	-	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,104	1998	13,1	12,1	Tabellaria binalis var. elliptica		
O		Pennales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Pennales		
D		Peronia fibula	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,016	1955	4,7	3,6	Peronia fibula		
O		Pinnularia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	Pinnularia		
T		Pinnularia borealis	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,006	1965	1,7	1,4	Pinnularia borealis		
T		Pinnularia brebissonii	-	-	0,1	0,0	-	0,0	0,1	0,024	2002	2,3	2,5	Pinnularia microstauron var. brebissonii		
D		Pinnularia gentilis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Pinnularia gentilis		
T	4,7	Pinnularia gibba	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,6	0,8	0,269	2002	26,2	22,6	Pinnularia gibba	14	
O		Pinnularia hemiptera	0,0	-	-	-	-	-	0,0	0,006	1964	0,6	0,5	Pinnularia hemiptera		
N	4,6	Pinnularia interrupta s.l.	0,4	0,1	0,2	0,3	0,6	0,3	0,4	0,332	1994	56,0	48,3	Pinnularia interrupta s.l.	15	
T	5,0	Pinnularia microstauron-groep	0,6	1,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,360	1971	16,3	14,1	Pinnularia microstauron-groep	16	
D		Pinnularia nobilis	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1983	0,3	0,2	Pinnularia nobilis		
D		Pinnularia obscura	-	-	-	-	0,0	-	-	0,000	1994	0,3	0,2	Pinnularia obscura		
T	4,9	Pinnularia perforata	-	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,027	1988	3,5	3,0	Pinnularia appendiculata		
T		Pinnularia schroeterae	-	-	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,073	1996	2,3	2,1	Pinnularia subinterrupta		
T		Pinnularia subangula	0,2	-	-	0,1	-	0,0	0,1	0,059	1977	2,3	2,5	Pinnularia subcapitata		
T	3,5	Pinnularia subcapitata var. elongata	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,016	1995	2,9	2,5	Pinnularia subcapitata var. hilseana		
T		Pinnularia viridis s.l.	0,1	0,0	-	-	0,1	0,0	0,0	0,044	1990	4,4	4,3	Pinnularia viridis	17	
E		Placoneis clementis	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1981	0,3	0,2	Navicula clementis		
S		Planotheridium delicatulum	-	0,1	-	0,0	-	-	-	0,013	1965	0,6	0,5	Achnanthes delicatula ssp. delicatula		
E		Planotheridium frequentissimum	-	0,0	-	-	-	-	0,0	0,004	1998	0,6	0,5	Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima		
E		Planotheridium lanceolatum	0,2	0,0	0,3	0,0	-	-	-	0,082	1950	3,8	3,2	Achnanthes lanceolata		
E		Planotheridium rostratum	-	-	0,1	0,0	-	-	-	0,016	1978	0,9	1,1	Achnanthes lanceolata ssp. rostrata		
D		Platessa conspicua	-	-	-	0,0	-	-	-	0,000	1988	0,3	0,2	Achnanthes conspicua		
D		Psammothidium altaicum	-	-	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,003	1990	1,5	1,4	Achnanthes altaica		
D		Psammothidium bristollicum	-	-	-	-	0,7	0,1	-	0,116	1999	0,6	0,5	Achnanthes marginulata		
D		Psammothidium chlidanos	-	-	-	-	-	0,7	-	0,094	2002	0,3	0,2	Achnanthes chlidanos		
N		Psammothidium helveticum	-	-	-	-	0,7	0,1	0,1	0,135	1997	1,7	1,4	Achnanthes helvetica		
D		Psammothidium subatomoides	-	-	-	0,0	-	0,0	-	0,002	1997	0,6	0,5	Achnanthes subatomoides		
D		Psammothidium ventrale	-	-	-	-	1,2	-	-	0,177	1994	0,3	0,2	Achnanthes ventralis		
E		Pseudostauroneis alvareziae	0,1	-	-	-	-	-	-	0,009	1919	0,3	0,2	Fragilaria construens f. subsalina		
D		Pseudostauroneis brevistriata	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,000	2002	0,6	0,5	Fragilaria brevistriata		
E		Punctulata radiosa	-	-	-	-	0,0	-	-	0,000	1992	0,3	0,2	Cyclotella radiosa		
E		Rhoicosphenia abbreviata	0,0	-	0,0	-	-	-	-	0,009	1951	0,6	1,1	Rhoicosphenia abbreviata		
E		Rhopalodia gibba	0,0	-	-	-	-	-	-	0,004	1919	0,3	0,2	Rhopalodia gibba		
D		Rosillidium pusillum	0,0	-	-	-	-	-	0,0	0,003	1951	0,6	0,5	Achnanthes pusilla		
D		Seliaphora laevissima	-	-	-	-	-	0,0	-	0,000	2004	0,3	0,2	Navicula laevissima		
E		Seliaphora pupula	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,000	1984	0,6	0,5	Navicula pupula		
S		Seliaphora seminulum	0,0	-	0,0	0,2	0,0	-	-	0,043	1973	2,9	2,5	Navicula seminulum		
D	5,6	Stauroneis exiguiformis	0,2	0,6	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,176	1966	17,2	13,4	Fragilaria exigua		
O		Stauroneis	0,0	-	-	-	-	-	-	0,001	1918	0,3	0,2	Stauroneis		
E		Stauroneis anceps s.l.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,029	1990	13,4	10,9	Stauroneis anceps		
O		Stauroneis borrichii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Stauroneis borrichii		
D		Stauroneis gracilior	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	0,039	1954	4,1	3,2	Staur		

Bijlage 17. Veranderingen ecologische groepen extensief bemonsterde vennen 1978-2010

De vorige versie van onderstaande grafieken (tot en met 2010) is besproken door Van Dam & Mertens (2011).

Opvallend sindsdien zijn de afname van *Eunotia exigua* in 2014 in het Ven in het Echtenerzand en de bestendiging van de toename van doelsoorten in de Kempesfles. In de Deelense Was lijkt de eutrofiëring te zijn beperkt tot het westelijk deel van het plasje (het monsterpunt voor diatomeeën ligt aan de zuidoever). In het Schaapsven nemen de soorten uit alkalisch, eutroof water toe.



Bijlage 18. Belangrijkste resultaten ordinatie alle vennen 1916-2014

Samenvatting

	As 1	As 2	As 3	As 4	Alle
Eigenwaarden	0,294	0,232	0,194	0,133	3,4899
Verklaarde variatie (cumulatief)	8,44	15,09	20,65	24,45	
Lengte van de gradiënt	2,77	3,06	2,84	2,48	

Taxa

E: ecologische groep volgens Tabel 9. As 1...4. Scores van de soorten op de eerste vier assen van de DCA. Gewicht: gewicht van de soort in de ordinatie, N2 = effectieve aantal monsters (Ter Braak & Šmilauer 2022).

E	Soort	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2	E	Soort	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2
X	Eunotia exigua s.l.	0,183	0,000	2,765	0,000	317,43	97,00	D	Psammothidium ventrale	-1,455	2,856	3,241	-3,871	3,43	1,00
T	Frustulia saxonica s.l.	1,797	2,202	1,611	1,488	371,84	137,74	D	Nitzschia perminuta	3,162	-1,300	-1,992	2,847	8,51	5,59
T	Eunotia incisa s.l.	1,988	1,769	1,694	1,841	292,35	107,40	D	Psammothidium bristolicum	-1,314	2,840	-0,154	3,062	4,20	1,76
T	Eunotia rhomboidea	0,734	1,398	1,049	1,524	298,23	110,19	D	Stenopterobia delicatissima	1,853	3,468	3,081	1,901	6,69	3,99
T	Tabellaria quadriseptata	1,497	1,929	2,423	1,053	261,71	108,42	D	Encyonema lunatum s.l.	3,259	0,906	-0,173	2,106	10,95	13,34
T	Eunotia bilunaris s.l.	2,062	2,019	1,002	1,859	197,34	90,44	D	Eunotia glacialis	0,303	1,003	2,436	-0,104	11,86	15,25
T	Eunotia paludosa	-0,007	2,226	0,591	2,382	24,22	23,60	D	Psammothidium chlidanos	-1,039	2,829	-0,503	3,545	2,82	1,00
T	Pinnularia gibba	0,206	2,074	1,384	0,702	26,06	26,27	D	Neidium densestriatum	0,116	0,331	3,027	2,771	8,22	10,00
T	Pinnularia microstauron-gr.	-0,018	0,442	0,748	2,812	20,16	19,62	D	Gomphonema exilissimum	-0,483	2,447	-0,199	3,032	4,80	4,18
T	Eunotia botuliformis	2,092	0,230	3,550	3,228	15,08	11,36	D	Eunotia arculus	3,293	1,349	-0,856	2,255	5,93	7,46
T	Frustulia krammeri	3,152	2,610	3,643	3,099	9,48	12,69	D	Brachysira neoexilis	3,403	1,087	-0,746	-0,915	6,37	10,79
T	Pinnularia schroeterae	-0,298	2,875	-0,275	2,873	6,03	6,23	D	Eunotia varioundulata	3,526	1,517	-0,358	-1,383	5,54	9,19
T	Pinnularia viridis s.l.	-0,247	3,222	0,910	2,771	5,93	11,05	D	Fragilariforma virescens	3,303	1,447	3,689	3,254	5,27	7,47
T	Pinnularia subanglica	-0,223	0,415	-0,308	3,177	4,58	5,96	D	Stauroneis gracilior	3,642	0,551	-0,250	0,739	4,93	6,58
N	Eunotia naegeli	-0,022	3,621	0,447	0,543	132,27	51,48	D	Neidium affine var. longiceps	2,304	0,334	0,776	1,477	4,46	6,11
N	Eunotia meisteri	-0,648	3,555	-0,405	2,720	28,94	11,04	A	Achnanthes minutissimum s.l.	0,748	-0,453	0,395	3,088	34,55	24,23
N	Eunotia neocompacta	1,286	3,114	0,129	0,066	29,64	24,63	E	Nitzschia gracilis	2,013	1,322	-0,098	2,440	37,63	24,34
N	Pinnularia interrupta s.l.	1,579	1,187	0,906	1,085	36,10	47,86	E	Planothidium lanceolatum	1,498	-0,307	3,215	3,145	7,65	9,45
N	Chamaepinnularia mediocris	2,078	0,488	0,553	2,415	18,38	19,65	E	Cocconeis placentula s.l.	0,999	0,314	2,907	3,032	6,34	6,62
N	Brachysira serians	0,779	1,234	1,275	-0,827	9,19	5,18	S	Nitzschia paleaeformis s.l.	-0,139	2,529	-0,165	2,562	18,52	12,61
N	Psammothidium helveticum	-1,080	2,653	0,972	2,434	6,94	3,97	S	Gomphonema parvulum s.l.	0,105	-0,439	-0,258	3,201	13,59	11,82
N	Brachysira brebissonii	2,638	0,203	0,872	-0,347	10,87	11,85	O	Neidium ampliatus s.l.	1,591	0,957	2,556	1,364	11,53	17,35
D	Kobayasiella	2,841	2,647	1,151	0,790	168,48	66,99	O	Melosira dickiei	1,112	2,324	1,023	-1,105	7,77	6,85
D	Tabellaria flocculosa	2,544	1,219	0,566	1,527	121,69	68,77								
D	Navicula leptostriata s.l.	3,567	1,608	-0,086	0,016	62,10	25,42	X	Gewogen gemiddelde groep X	0,183	0,000	2,765	0,000	317,43	97,00
D	Brachysira procera	3,260	1,005	-0,112	0,427	61,24	33,26	T	Gewogen gemiddelde groep T	1,519	1,852	1,562	1,596	275,40	106,83
D	Oxyneis binalis	4,649	3,364	4,250	3,731	9,98	2,75	N	Gewogen gemiddelde groep N	0,514	2,783	0,448	0,887	77,49	37,28
D	Eunotia fennica	0,699	4,536	2,901	2,952	20,27	8,78	D	Gewogen gemiddelde groep D	2,630	1,783	0,706	0,975	89,52	42,14
D	Oxyneis binalis var. elliptica	0,004	3,055	-0,215	-1,034	16,77	10,60	A	Gewogen gemiddelde groep A	0,748	-0,453	0,395	3,088	34,55	24,23
D	Eunotia intermedia	2,820	0,110	0,873	1,289	22,25	16,33	E+S	Gewogen gemiddelde groepen E+S	1,104	1,078	0,391	2,700	24,39	17,01
D	Stauriforma exiguiiformis	3,526	0,499	-1,485	-0,664	15,38	10,16								

Monsters

Monster: aanduiding van het monster (eerste twee letters staan voor de locatie, de twee cijfers staan voor het jaar, de eerste kleine letter duidt het seizoen aan [v = voorjaar, z = zomer, n = najaar, w = winter], een eventuele tweede letters staat voor de aard [a, c = aangroei, b = bodemmateriaal; m = mengmonsters, u = uitknijpsel], monsters zonder tweede kleine letter zijn netplanktonmonsters. As 1 ... 4. Scores van de monsters op de eerste vier assen van de DCA. Gewicht = belang van de monsters in de ordinatie, N2 = effectieve aantal soorten (Ter Braak & Šmilauer 2002). Monsters met *cursieve* nummers zijn niet weergegeven in het ordinatiediagram.

Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew.	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew.	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew.	N2
AG19v	2,088	2,028	1,439	1,289	17,248	6,353	GE16v	1,906	1,562	1,361	1,441	14,922	6,572	KE14n	1,601	1,708	1,309	1,439	19,839	8,602
AG19z	2,147	2,077	1,410	1,219	16,586	6,315	GE18z	2,026	1,396	1,224	1,279	25,268	12,561	KL24z	1,941	1,489	1,203	1,601	22,615	10,007
AG21z	2,511	1,957	1,046	0,932	12,675	4,653	GE50n	1,767	1,326	1,235	1,390	21,773	10,084	KL48v	2,546	1,216	0,346	1,088	26,267	13,246
AG24v	2,161	1,957	1,361	1,375	16,364	6,148	GE51n	1,830	1,344	1,012	1,272	21,241	11,363	KL58v	2,581	1,460	0,573	0,964	17,573	7,665
AG25v	2,425	1,836	0,969	1,206	19,774	8,166	GE58n	1,449	1,662	1,561	1,316	15,907	6,773	KL62z	2,106	1,460	0,948	1,381	21,473	9,412
AG26v	2,243	2,028	1,298	1,317	16,716	6,022	GE60z	1,448	1,169	1,255	1,564	22,172	9,992	KL64v	2,228	1,458	0,595	1,135	25,139	12,674
AG28z	2,773	1,025	0,000	1,047	23,419	11,497	GE64n	0,683	0,802	2,065	0,885	9,285	3,373	KL72z	1,928	1,605	1,406	1,194	14,901	6,343
AG20wa	2,010	1,898	1,479	1,359	16,060	6,437	GE65n	0,569	0,662	2,372	0,547	7,570	2,359	KL29v	2,476	1,718	0,850	1,137	20,239	8,646
AG20za	2,240	2,023	1,325	1,060	16,585	5,959	GE73v	0,978	0,892	1,385	0,989	12,584	4,611	KL78n	2,606	1,483	0,546	0,762	25,426	13,036
AG75n	1,083	1,197	1,876	0,728	14,956	5,510	GE18v	2,045	1,365	1,077	1,386	25,540	13,281	KL82n	2,278	1,679	0,938	1,172	22,112	10,519
AG22n	2,189	1,762	1,097	0,984	21,360	9,439	GE78n	1,261	0,842	1,655	0,908	12,120	5,731	KL86n	2,199	1,806	0,955	1,137	20,739	9,312
AG78n	1,552	1,008	1,535	0,776	17,906	9,339	GE82n	1,177	1,188	2,032	0,882	12,932	4,867	KL90n	2,041	1,691	0,941	1,086	24,550	11,768
AG82n	0,325	0,107	2,652	0,153	5,056	1,197	GE86n	1,456	1,302	1,646	1,065	17,355	7,988	KL94n	2,162	1,679	0,915	1,122	21,729	9,572
AG86n	1,217	1,207	1,797	0,748	14,307	6,163	GE90n	1,496	1,391	1,541	1,067	19,236	7,838	KL98n	2,200	1,741	0,858	1,084	22,776	10,253
AG90n	1,384	1,297	1,575	0,835	20,778	9,899	GE94n	1,233	1,697	1,369	1,156	20,595	9,022	KL02n	1,959	1,898	0,768	1,102	25,288	12,044
AG94n	1,211	1,506	1,796	0,982	16,682	6,647	GE98n	1,506	1,695	1,327	1,344	16,750	7,032	KL06n	1,965	1,887	0,892	1,008	26,442	13,003
AG98n	1,494	1,714	1,487	1,562	13,866	5,035	GE02n	1,744	1,677	1,395	1,192	18,708	9,050	KL10n	1,768	1,950	1,046	1,334	24,516	11,496
AG02v	1,489	1,618	1,615	1,268	17,873	7,015	GE02nu	1,517	1,876	1,132	1,440	21,739	10,082	KL14n	1,887	1,920	1,131	1,317	21,185	9,580
AG06n	1,245	2,016	1,434	1,051	18,368	7,081	GE06n	1,777	1,687	1,275	1,252	22,042	10,277	PO24zu	0,943	2,865	1,112	1,185	10,004	3,310
AG10n	1,379	1,682	1,470	1,143	21,761	9,966	GE06nu	1,437	1,937	1,260	1,225	19,719	8,334	PO24z	1,327	1,634	1,564	1,479	19,706	8,759
AG14n	1,384	1,671	1,441	1,208	21,070	9,791	GE10n	1,702	1,859	1,536	1,432	16,955	6,512	PO78n	1,273	1,782	1,495	1,357	20,939	9,652
DE17v	1,355	0,344	0,584	2,482	19,512	9,230	GE10nu	1,548	1,908	1,382	1,430	14,610	5,315	PO82nu	1,242	2,620	1,195	1,033	11,938	4,360
DE83w	0,904	0,688	1,604	1,422	13,621	6,117	GE14n	1,811	1,893	1,315	1,334	20,503	8,673	PO86n	1,185	2,729	1,391	1,073	11,599	4,002
DE87z	0,708	0,514	1,441	1,387	11,712	4,335	GE14nu	2,037	2,100	1,244	1,543	11,083	3,852	PO86nu	0,827	1,899	1,585	0,853	15,161	5,802
DE94z	1,083	1,154	1,656	1,322	17,004	7,282	HU29za	2,711	2,069	2,837	2,462	14,421	6,280	PO90n	1,315	1,724	1,265	0,991	14,641	6,400
DE98z	0,737	1,070	1,712	1,123	14,556	5,953	HU52vb	1,208	1,243	1,953	1,566	15,811	6,505	PO94n	0,960	2,802	1,136	0,804	10,854	3,582
DE02z	1,216	1,459	1,726	1,320	16,573	6,518	HU76zb	1,678	1,281	2,024	1,561	23,006	12,142	PO98n	1,160	2,657	1,305	1,132	13,265	4,669
DE06n	1,221	0,983	1,331	1,645	16,134	6,449	HU29zc	2,764	2,257	2,411	2,127	16,090	7,446	PO02n	1,222	2,666	1,515	1,200	14,338	5,471
DE10n	1,438	1,555	1,647	1,088	15,283	7,072	HU78n	0,813	0,349	2,534	1,086	8,350	2,814	PO06n	1,063	2,899	1,489	1,274	11,934	4,100
DE14n	1,560	1,660	1,664	1,202	18,977	7,743	HU78nu	0,749	0,119	2,268	1,409	9,006	3,181	PO10n	1,277	2,922	1,570	1,303	16,923	6,194
DI24z	1,679	1,489	1,540	1,895	14,885	6,336	HU82nu	0,380	0,289	2,714	0,158	5,414	1,342	PO14n	1,348	3,065	1,630	1,361	15,167	5,167
DI29v	2,146	2,083	1,338	1,495	13,830	4,871	HU86n	1,197	1,319	1,713	1,387	14,114	5,740	SC25z	1,970	1,614	1,542	1,592	22,291	9,920
DI78n	1,405	1,392	1,819	1,293	16,981	6,793	HU86nb	1,122	1,206	1,812	1,028	13,875	4,965	SC57n	1,994	1,474	0,996	1,646	20,621	9,524
DI82n	0,819	2,325	1,283	0,970	12,179	4,845	HU86nu	1,219	1,431	1,629	1,199	10,908	3,617	SC75n	1,049	0,959	2,189	0,916	9,220	3,054
DI86n	1,317	2,035	1,312	1,256	15,697	6,122	HU90n	1,587	1,273	1,337	1,082	22,486	11,853	SC19v	1,969	1,503	1,221	1,579	22,400	12,465
DI90n	1,356	2,183	1,491	1,143	21,468	9,126	HU94n	1,222	1,343	1,112	1,461	18,914	7,756	SC78n	0,929	0,736	2,131	1,520	14,779	6,097
DI94n	1,614	2,471	1,468	0,977	13,436	5,300	HU98n	0,876	0,822	1,987	0,777	9,153	3,295	SC82n	1,000	1,128	2,070	1,245	13,929	6,289
DI98n	1,547	2,220	1,340	1,177	16,420	6,456	HU02n	1,303	1,452	1,449	1,191	18,874	8,019	SC94n	0,253	2,001	1,509	0,709	22,748	11,300
DI02n	1,411	2,106	1,472	1,020	19,085	8,053	HU06n	1,307	1,501	1,300	1,155	20,562	9,280	SC98n	0,000	2,125	0,699	2,027	19,624	9,027
DI06n	1,353	2,385	0,970	1,175	16,445	6,470	HU10n	1,232	1,903	1,644	1,096	13,062	5,731	SC02n	0,348	1,878	0,566	1,940	33,418	19,570
DI10n	1,747	2,235	1,231	1,101	18,784	7,986	HU14n	1,269	1,894	1,508	1,309	23,528	11,453	SC06n	1,304	2,068	0,760	1,460	16,886	6,651
DI14n	1,529	2,069	1,239	1,165	19,708	8,303	KB94zu	0,908	2,319	1,095	0,583	14,804	5,087	SC10n	1,266	1,689	1,044	1,715	18,406	8,240
EC60z	0,935	1,076	2,011	0,887	10,348	4,033	KC98zu	1,268	1,560	2,225	1,041	10,755	3,839	SC14n	1,230	1,938	0,923	1,560	25,028	13,557
EC33z	1,335	1,544	1,219	1,934	17,251	7,874	KE73z	1,217	1,503	1,645	1,165	17,983	7,662	WO21z	1,359	2,424	2,012	1,784	16,998	7,102
EC78n	0,976	0,890	1,940	1,048	11,111	4,166	KE18z	1,972	1,751	1,222	1,491	20,067	9,294	WO22z	1,880	1,905	1,956	1,755	19,131	9,507
EC82n	0,937	0,867	2,109	0,705	8,973	3,157	KE77n	0,183	0,000	2,765	0,000	4,615	1,000	WO78n	0,942	1,241	1,639	1,287	15,678	7,298
EC86n	0,948	1,138	1,953	0,891	12,644	5,179	KE83v	0,594	0,404	2,477	0,375	5,919	1,605	WO82n	1,222	1,697	1,748	1,507	21,161	9,434
EC90n	1,044	1,263	1,982	0,932	13,365	5,164	KE86v	0,843	1,183	2,048	0,892	8,974	2,584	WO86n	0,986	1,916	1,260	1,460	21,659	9,668
EC94n	1,177	1,402	1,765	1,059	14,884	5,777	KE90z	1,098	1,178	2,029	0,881	10,447	3,519	WO94n	0,967	1,999	1,131	1,680	27,468	15,006
EC98n	1,083	1,663	1,680	1,061																

Correlaties

Correlatiecoëfficiënten van de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) met milieuvariabelen en diatomeeënkenmerken. Cursief gedrukte variabelen zijn logaritmisch getransformeerd. Verklaring van de gebruikte chemische symbolen in Bijlage 2. n = aantal waarnemingen. S = aantal soorten, Dom% = dominantiepercentage, pH-wa = berekende pH, EKR = ecologisch kwaliteitsgetal. Significantie: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$.

Groep	Param.	n	As 1	As 2	As 3	As 4
Tijd	Jaar	102	,16	,51 ***	-,39 ***	,37 ***
zuurgraad,	pH	102	,22 *	,34 ***	-,49 ***	,31 **
alkaliniteit,	alk	102	,03	,37 ***	-,47 ***	,44 ***
koolstof	TIC	54	-,03	-,03	-,08	,00
	CO ₂	49	-,15	,20	-,15	-,02
	ANC	90	-,05	,05	-,03	,08
zuurstof-	DOC	102	-,16	,45 ***	-,47 ***	,42 ***
huishouding,	A	94	-,08	,42 ***	-,49 ***	,41 ***
org. stof	NO ₂	102	-,07	,08	-,17	,10
macro-	EC25-v	102	,08	,02	-,01	,08
ionen	skat	102	-,13	-,46 ***	,27 **	-,23 *
	K	102	,03	-,11	-,03	,00
	Na	102	-,03	-,10	-,04	,04
	Ca	102	-,32 ***	-,53 ***	,25 *	-,09
	Mg	102	-,10	-,51 ***	,29 **	-,32 **
	Fe	102	-,05	,29 **	-,11	-,01
	Al	102	-,04	-,56 ***	,45 ***	-,33 ***
	IR	102	-,40 ***	-,44 ***	,27 **	-,02
	Cl	102	,00	-,14	-,03	-,01
	SO ₄	102	-,09	-,63 ***	,50 ***	-,38 ***
nutri-	oP	102	-,08	-,02	-,02	,00
enten	tP	66	-,25 *	,29 *	-,26 *	,32 **
	NH ₄	102	,15	-,36 ***	,21 *	-,28 **
	NO ₃	102	,08	-,08	-,04	,01
	kN	45	-,14	,29	-,04	,14
	tN	45	-,11	,29	-,05	,14
	Si	66	-,16	,11	-,16	,09
diato-	S	102	,24 *	-,04	-,39 ***	,46 ***
meeën-	Dom%	102	-,34 ***	-,45 ***	,65 ***	-,41 ***
karakte-	pH-wa	102	,28 **	,06	-,57 ***	,52 ***
ristieken	EKR	102	,48 ***	,78 ***	-,62 ***	,22 *

Bijlage I9. Belangrijkste resultaten ordinatie intensief bemonsterde vennen 1916-2014

Samenvatting

	As 1	As 2	As 3	As 4	Alle
Eigenwaarden	0,252	0,092	0,064	0,048	1,19262
Verklaarde variatie (cumulatief)	21,11	28,82	34,17	38,19	
Lengte van de gradiënt	2,84	1,56	1,56	1,47	

Taxa

E: ecologische groep volgens Tabel 9. As 1...4. Scores van de soorten op de eerste vier assen van de DCA. Gew.: gewicht van de soort in de ordinatie, N2 = effectieve aantal monsters (Ter Braak & Šmilauer 2012).

E	Soort	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew.	N2	E	Soort	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew.	N2
X	Eunotia exigua s.l.	-0,048	0,773	0,190	0,828	518,98	160,60	D	Eunotia varioundulata	4,485	0,204	-0,567	2,065	6,18	25,86
T	Eunotia rhomboidea	1,407	1,083	1,043	1,506	688,31	243,24	D	Nitzschia perminuta	3,155	-0,084	-1,998	5,846	0,51	4,66
T	Eunotia incisa s.l.	2,270	0,577	1,711	1,827	654,06	234,71	D	Eunotia arcus	2,492	-3,736	-1,152	2,262	1,16	8,92
T	Frustulia saxonica s.l.	1,508	0,618	0,789	0,308	731,06	270,63	D	Peronia fibula	1,433	-2,982	-0,303	2,517	1,41	10,80
T	Tabellaria quadrisepata	0,963	1,455	0,403	-0,303	460,30	201,82	D	Neidium affine var. longiceps	0,872	1,646	-5,791	3,815	1,41	10,96
T	Eunotia bilunaris s.l.	1,986	-0,373	1,586	0,651	465,60	217,30	D	Neidium densestriatum	1,752	1,063	-3,828	0,412	1,83	14,12
T	Eunotia paludosa	1,530	1,984	3,780	-0,748	68,53	55,44	D	Stauroneis gracilior	4,249	-1,328	-3,148	1,262	1,04	9,27
T	Pinnularia gibba	0,453	-2,983	2,659	0,302	27,64	40,20	A	Achnantheidium minutissimum s.l.	1,876	2,526	0,228	4,498	19,60	28,60
T	Pinnularia microstauron-gr.	0,299	1,252	-0,885	4,813	3,66	13,27	E	Stauroneis anceps s.l.	3,298	0,584	-0,718	2,129	8,74	38,41
N	Eunotia naegeli	2,244	2,969	-0,320	-0,621	174,15	96,67	E	Staurosira construens	1,494	4,262	2,988	0,870	0,24	3,31
N	Eunotia neocompacta	3,497	2,317	2,875	1,794	98,55	71,36	E	Nitzschia gracilis	4,080	0,705	1,946	-2,346	56,80	43,17
N	Pinnularia interrupta s.l.	1,604	0,263	0,885	0,267	110,90	135,30	S	Nitzschia paleaeformis s.l.	2,656	2,334	2,962	0,251	14,29	27,88
N	Chamaepinnularia mediocris	1,202	-0,228	1,665	0,384	45,86	47,91	S	Gomphonema parvulum s.l.	3,636	1,696	0,043	6,495	0,68	7,39
N	Brachysira brebissonii	0,188	-2,189	1,881	0,726	23,99	38,52	O	Neidium ampliatum s.l.	0,895	1,377	-1,679	1,150	30,67	49,98
N	Brachysira serians	0,098	-1,769	2,341	-0,411	18,92	33,07	O	Eunotia	1,267	-1,324	1,999	-1,468	0,00	4,07
D	Kobayasiella	2,793	-0,732	0,648	-0,085	466,18	181,69	O	Melosira dickiei	1,771	-1,385	2,716	-0,028	0,11	7,19
D	Tabellaria flocculosa	2,855	2,160	-0,278	1,635	364,41	167,21	X	Gewogen gemiddelde groep X	-0,048	0,773	0,190	0,828	518,98	160,60
D	Navicula leptostriata s.l.	4,319	-0,813	-0,695	0,610	134,40	64,94	T	Gewogen gemiddelde groep T	1,627	0,687	1,183	0,837	603,44	231,62
D	Brachysira procera	3,195	0,108	-1,114	0,883	147,66	103,00	N	Gewogen gemiddelde groep N	2,063	1,435	1,041	0,266	117,23	90,22
D	Stauroforma exiguiiformis	4,105	-0,710	-1,274	2,723	13,33	25,94	D	Gewogen gemiddelde groep D	3,021	0,291	-0,153	0,788	329,58	144,65
D	Eunotia intermedia	0,892	-1,512	-3,856	5,570	10,72	21,73	A	Gewogen gemiddelde groep A	1,876	2,526	0,228	4,498	19,60	28,60
D	Brachysira neoexilis	2,434	-0,020	-0,889	1,935	20,81	38,85	E+S	Gewogen gemiddelde groepen E+S	3,732	0,999	1,825	-1,318	43,44	39,53
D	Oxyneis binalis var. elliptica	1,564	2,192	-1,499	-1,032	7,73	21,67								
D	Encyonema lunatum s.l.	2,512	0,895	-1,537	1,258	7,19	25,40								

Monsters

Legenda als in Bijlage 18.

Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gew	N2
A19v	2,000	0,428	0,732	0,484	17	6,2	A09va	1,966	0,181	1,124	0,699	14,2	4,85	G99au	1,875	0,750	0,711	0,583	20,1	8,5	K84v	2,441	0,346	0,669	0,673	20,35	8,84
A19z	2,113	0,156	0,787	0,434	16,3	6,09	A09na	2,003	0,299	1,030	0,469	13,2	4,66	G00v	1,982	0,833	0,776	0,649	20,65	8,33	K84n	2,350	0,509	0,578	0,693	23,85	11,49
A20wp	1,913	0,587	0,801	0,585	15,5	6,04	A10v	1,593	0,268	1,080	0,643	20,88	9,17	G00n	1,838	0,848	0,408	0,611	23,19	10,34	K85v	2,530	0,263	0,563	0,663	22,9	10,6
A20zp	2,213	0,143	0,650	0,351	16,4	5,86	A10n	1,488	0,257	1,157	0,776	19,92	8,95	G00vu	2,142	0,611	0,815	0,635	17,6	6,75	K85n	2,315	0,550	0,570	0,556	17,9	7,94
A21z	2,642	0,001	0,392	0,471	12,7	4,65	A10va	1,610	0,496	1,048	0,719	17,6	6,79	G00au	1,955	0,926	0,831	0,904	19,6	8,15	K86v	2,435	0,505	0,504	0,379	20,2	9,79
A22n	2,232	0,328	0,353	0,593	20,3	8,74	A10na	1,543	0,434	1,247	0,592	21,7	9,78	G01v	1,819	0,854	0,671	0,666	23,94	11,00	K86n	2,401	0,289	0,606	0,685	20,7	9,27
A24v	2,045	0,312	0,833	0,649	16,2	6,02	A11v	1,566	0,244	1,113	0,726	20,06	8,49	G01n	1,849	0,892	0,689	0,581	23,89	10,87	K87v	2,558	0,305	0,682	0,697	21,3	9,67
A25v	2,423	0,104	0,535	0,661	18,7	7,54	A11n	1,621	0,311	1,123	0,646	21,01	9,07	G01vu	1,913	0,865	0,769	0,636	21	8,64	K87n	2,313	0,412	0,807	0,861	20,9	9,16
A26v	2,208	0,122	0,872	0,594	16,5	5,86	A11va	1,864	0,103	1,087	0,651	15,2	5,74	G01au	1,832	1,062	1,563	0,282	15,3	5,76	K88v	2,598	0,492	0,633	0,708	23,6	10,7
A28z	2,680	0,005	0,048	1,146	18,2	9,83	A11na	1,415	0,512	1,022	0,742	19	7,87	G02v	1,854	0,820	0,599	0,681	22,34	10,04	K88n	2,488	0,632	0,706	0,828	19,2	8,22
A75n	0,826	0,638	0,790	0,595	14,2	5,11	A12v	1,801	0,474	1,148	0,723	19,17	8,64	G02n	1,795	0,477	0,613	0,608	18,02	8,47	K89v	2,188	1,046	1,059	1,004	19,1	8,49
A78n	1,219	0,255	0,510	0,924	16,16	8,39	A12n	1,553	0,259	1,181	0,752	20,33	9,07	G02vu	1,923	0,780	0,645	0,452	19	7,84	K89n	2,369	0,541	0,566	0,936	20,9	9,17
A79n	0,019	0,787	0,230	0,595	4,83	1,10	A12va	2,121	0,312	1,275	0,926	10,5	3,59	G02au	1,849	0,805	1,183	0,501	21,8	10,3	K90v	2,516	0,428	0,693	0,755	22,9	10,2
A80v	0,228	0,780	0,299	0,816	5,57	1,45	A12na	2,127	0,071	1,011	0,538	12,7	4,24	G03v	1,811	0,611	0,550	0,650	21,04	9,71	K90n	2,353	0,505	0,760	0,800	23,9	11,3
A80n	0,392	0,722	0,347	0,715	7,19	2,26	A13v	1,563	0,422	1,123	0,651	22,02	10,50	G03n	1,792	0,682	0,599	0,723	23,65	11,23	K91v	2,062	0,667	0,844	0,896	21,8	10,3
A81v	0,000	0,817	0,191	0,920	4,71	1,05	A13n	1,564	0,360	0,989	0,699	20,41	8,78	G03vu	1,878	0,809	1,045	0,714	19,1	8,09	K91n	2,348	0,539	0,741	0,974	21,9	9,88
A81n	0,102	0,742	0,130	0,831	4,84	1,10	A13va	2,143	0,020	1,127	0,536	12,6	3,98	G03au	1,956	0,115	1,045	0,695	14,6	5,22	K92v	2,215	0,480	0,664	0,959	19,3	8,21
A82v	0,116	0,680	0,303	0,814	5,02	1,17	A14v	1,599	0,371	1,268	0,595	20,76	9,76	G04v	1,861	0,573	0,620	0,679	20,99	9,65	K92n	2,388	0,516	0,725	0,978	19,7	8,89
A82n	0,046	0,764	0,257	0,761	5,03	1,19	A14n	1,570	0,404	1,173	0,780	19,65	8,74	G04n	1,858	0,511	0,725	0,754	20,33	9,38	K93v	2,465	0,553	0,700	0,785	22,7	10,3
A83v	0,471	0,605	0,726	0,531	7,30	2,37	G16v	1,874	0,430	0,921	1,270	13,9	5,99	G04vu	1,985	0,601	0,969	0,960	17,2	6,58	K93n	2,433	0,312	0,628	0,885	22,2	9,93
A83n	0,771	0,475	0,756	0,726	8,96	2,95	G18v	1,982	0,470	0,511	1,005	22	10,5	G04au	2,001	0,801	0,995	1,318	17,4	7,37	K94v	2,559	0,486	0,629	0,845	23,7	10,9
A84v	0,847	0,558	0,676	0,708	9,69	3,48	G18z	2,021	0,411	0,401	0,967	22,2	10,5	G05v	1,815	0,469	0,980	0,615	20,37	8,91	K94n	2,338	0,421	0,567	0,972	21,6	9,49
A84n	0,809	0,554	0,749	0,712	9,28	3,44	G50n	1,681	0,604	0,422	1,321	18,4	8,77	G05n	1,882	0,989	0,600	0,543	20,03	8,30	K95v	2,255	0,860	0,655	1,164	18,4	7,97
A85v	0,811	0,555	0,692	0,731	9,75	3,58	G51n	1,819	0,680	0,276	1,135	16,4	7,88	G05vu	1,957	0,693	1,213	0,842	20,4	8,87	K95n	2,128	0,625	0,671	0,950	20,6	9,95
A85n	0,970	0,890	0,584	0,803	12,61	5,30	G58n	1,501	1,013	0,637	0,671	14,2	5,53	G05au	1,952	0,889	0,849	0,647	18,5	7,77	K96v	2,399	0,384	0,567	0,762	21,9	9,75
A86v	1,213	0,431	0,573	0,844	17,77	9,47	G60z	1,544	0,669	0,502	1,406	18,1	8,88	G06v	1,776	0,887	0,594	0,596	23,18	10,31	K96n	2,418	0,367	0,632	0,955	22,2	10,1
A86n	0,987	0,408	0,663	0,570	13,81	5,85	G64v	1,091	0,830	0,736	0,774	15	6,35	G06n	1,855	0,616	0,573	0,671	21,73	10,14	K97v	2,436	0,404	0,634	0,965	20,1	8,93
A87v	1,163	0,661	0,883	0,536	16,19	6,56	G64n	0,678	0,842	0,530	0,964	8,67	3,02	G06vu	1,784	0,987	0,740	0,733	19,1	7,64	K97n	2,444	0,381	0,618	0,936	22,4	9,91
A87n	1,050	0,851	1,147	0,297	14,18	5,00	G65v	0,836	0,861	0,650	0,710	11,2	4,32	G06au	1,798	1,045	0,614	0,574	19,6	8,27	K98v	2,245	1,132	1,085	1,467	12,1	4,28
A88v	1,069	0,585	0,640	0,469	14,14	5,44	G65n	0,413	0,958	0,362	0,696	7,4	2,26	G07v	1,822	0,908	0,564	0,623	23,77	10,57	K98n	2,426	0,403	0,603	0,923	22,6	10,1
A88n	1,433	0,298	0,777	0,648	19,93	9,03	G73v	0,833	0,968	0,445	1,034	11,6	4,11	G07n	1,626	0,903	0,596	0,786	20,58	9,42	K99v	2,457	0,427	0,594	0,996	21,3	9,95
A89v	1,277	0,423	0,805	0,590	18,40	8,05	G74v	0,812	0,741	0,614	0,823	9,14	3,38	G07vu	1,909	1,235	0,890	0,735	20,3	8,9	K99n	2,383	0,430	0,596	0,968	22,7	10,4
A89n	1,131	0,505	0,901	0,682	17,14	7,70	G77n	0,903	0,655	0,317	0,884	8,7	3,16	G07au	1,803	1,223	0,940	1,043	19,2	8,83	K00v	2,340	1,166	0,961	1,191	13,8	5,68
A90v	1,228	0,323	0,861	0,528	19,10	10,07	G78n	1,077	0,744	0,350	1,002	11,01	4,87	G08v	1,735	1,013	0,644	0,593	20,95	9,10	K00n	2,225	1,273	0,572	0,927	18	7,44
A90n	1,232	0,298	0,901	0,726	19,57	9,28	G78zu	0,278	0,797	0,376	0,929	5,74	1,52	G08n	1,832	0,689	0,786	0,698	19,63	8,57	K01v	2,213	0,908	0,573	0,933	19,9	9,33
A91v	1,249	0,442	0,803	0,794	18,91	9,11	G79n	0,565	0,747	0,434	0,800	7,08	2,16	G08vu	1,880	1,218	0,954	0,999	15,3	5,89	K01n	2,135	1,064	0,754	0,866	14,4	5,86
A91n	1,174	0,390	0,794	0,770	18,01	7,94	G80v	0,176	0,678	0,324	0,792	5,23	1,28	G08au	2,011	1,024	1,229	0,979	15,7	6,1	K02v	2,281	1,211	0,777	0,994	21	10,2
A92v	1,280	0,416	0,774	0,788	17,99	8,48	G80n	0,185	0,750	0,280	0,750	5,41	1,34	G09v	1,788	0,734	0,655	0,668	22,91	10,12	K02n	2,447	0,576	0,651	0,802	24	11,3
A92n	1,044	0,640	0,815	0,829	12,17	5,01	G81v	0,740	0,717	0,508	0,622	8,24	2,20	G09n	1,837	0,652	0,610	0,716	23,77	10,74	K02vu	2,339	1,427	0,757	1,255	10,3	3,9
A93v	1,215	0,858	0,504	0,507	15,60	6,76	G81n	0,711	0,697	0,482	0,574	7,85	2,00	G09vu	2,224	1,042	1,149	1,102	18,1	7,16	K02nu	2,222	1,134	0,968	1,338	13,2	4,86
A93n	1,241	0,877	0,671	0,359	13,85	5,18	G82v	0,673	0,754	0,456	0,533	8,26	2,25	G09au	1,837	0,646	1,281	0,992	16,2	6,35	K02va	2,146	0,892	1,099	1,371	9,05	3,21
A94v	1,382	0,735	0,788	0,435	17,16	7,25	G82n	0,899	0,819	0,431	0,683	12,14	4,37	G10v	1,802	0,672	0,737	0,767	23,67	10,92	K02na	1,979	0,681	1,285	1,288	7,93	2,3
A94n	1,181	0,891	0,690	0,576	16,50	6,52	G83v	1,026	0,857	0,527	0,597	13,47	5,06	G10n	1,744	0,862	0,908	0,798	16,92	6,49	K03v	2,248	1,060	1,160	0,943	19,9	8,89
A95v	1,121	0,695	0,761	0,681	16,03	6,59	G83n	0,916	0,892	0,571	0,732	12,44	4,36	G10vu	2,078	1,052	1,170	1,232	15,9	6,46	K03n	2,420	0,672	0,604	0,804	25,2	11,9
A95n	1,227	0,759	0,779	0,652	17,13	7,44	G84v	1,002	0,898	0,521	0,563	13,65	4,83	G10au</													

Correlaties

Correlatiecoëfficiënten van de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) met milieuvariabelen en diatomeeën karakteristieken. *Cursief gedrukte variabelen zijn logaritmisches getransformeerd.* Verklaring van de gebruikte chemische symbolen in Bijlage 2. n = aantal waarnemingen. S = aantal soorten, Dom% = dominantiepercentage, pH_{wa} = berekende pH, EKR = ecologisch kwaliteitsgetal. Significantie: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$.

Groep	Param.	n	As 1	As 2	As 3	As 4
Tijd	Jaar	214	,39 ***	,04	,66 ***	-,09
zuurgraad, alkaliniteit, koolstof	pH	204	,46 ***	-,15 *	,36 ***	-,13
	alk	202	,29 ***	-,09	,29 ***	,03
	TIC	123	,02	-,20 *	,36 ***	-,06
	CO ₂	115	-,42 ***	-,21 *	-,03	-,11 *
zuurstof- huishouding, org. stof	DOC	187	,15 *	-,47 ***	,47 ***	,00
	NO ₂	212	,07	,14 *	,02	,14
	<i>EC-25v</i>	213	-,61 ***	-,23 ***	-,36 ***	,07
	skat	207	-,55 ***	-,29 ***	-,16 *	,10
	<i>K</i>	212	-,19 **	-,24 ***	-,10	,02
	<i>Na</i>	211	-,26 ***	-,36 ***	-,15 *	,10
	<i>Ca</i>	212	-,52 ***	-,23 ***	-,09	,11
	<i>Mg</i>	212	-,47 ***	-,31 ***	-,14 *	,07
	<i>Fe</i>	197	-,01	-,40 ***	,38 ***	,03
	<i>Al</i>	198	-,57 ***	-,35 ***	,05	,11
	<i>IR</i>	210	-,46 ***	-,13	,04	,10
	san	199	-,55 ***	-,29 ***	-,20 **	,11
	Cl	214	-,35 ***	-,31 ***	-,21 **	,07
	<i>SO₄</i>	213	-,62 ***	-,14 *	-,32 ***	,08
	<i>oP</i>	207	,02	-,09	,05	-,02
	tP	142	,15	-,14	,29 ***	,02
nutri- enten	<i>NH₄</i>	211	-,48 ***	-,26 ***	-,16 *	,10
	<i>NO₃</i>	213	,00	,13	-,28 ***	,08
	kN	88	-,22 *	-,43 ***	,39 ***	-,05
	tN	88	-,22 *	-,43 ***	,39 ***	-,05
	<i>Si</i>	139	-,11	-,27 **	,22 *	-,13
diato- meeën- karakte- ristieken	S	214	,60 ***	-,28 ***	,11	-,01
	Dom	214	-,70 ***	,07	-,23 ***	,09
	pH _{wa}	214	,72 ***	,03	,34 ***	,45 ***
	EKR	214	,89 ***	,04	,18 *	,18 **

Ordinatio diagrammen

Bovenste figuur

In dit figuur zijn de abundantie gewogen gemiddelden van de soorten uit de *ecologische groepen* uit Tabel 9 vermeld, naast de correlaties van **milieuvariabelen** met de eerste twee assen. De lengte van de *grijze pijlen* is een maat voor de sterkte van de relatie met de milieuvariabelen en geven de correlaties ($\times 4$) aan met de assen. De lengte van de *groene pijlen* is een maat voor de sterkte van de relatie met de diatomeeën karakteristieken en geven de correlaties ($\times 2$) aan met de assen. Significante ($p \leq 0,05$) correlaties zijn onderstreept.

Onderste figuur

De scores van de monsters zijn gemiddelden per periode van 4 jaar vanaf 1978 van alle 306 monsters van de ordinatie. Steeds is het laatste jaar van zo'n periode vermeld. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1948.

