

The cover features a vertical strip of blue water on the left side. The rest of the cover is a green-tinted photograph of reeds in a pond, with their reflections clearly visible in the water. The text is overlaid on this background.

# Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2010

temperatuur, hydrologie, chemie, kiezelwieren

Natuur  
Water *Herman van Dam*



# Monitoring herstel verzu- ring en klimaatverandering vennen 1978-2010

temperatuur, hydrologie, chemie, kiezelwieren

<b>in opdracht van</b>	Provincie Drenthe, Waterschap Veluwe, Water- schap Vallei & Eem, Waterschap De Dommel, Aquon
<b>auteurs</b>	Dr. H. van Dam, ing. A. Mertens
<b>namens opdrachtgever</b>	Drs. B. Hoentjen, drs. P. van Beers, ir. R. Gerrit- sen, M. Scheepens, ing. J. van der Wal
<b>rapportnummer</b>	<b>code opdrachtgevers</b> <b>status</b>
AWN 911	64849, 181445, 138213, definitief U10-180
<b>datum</b>	16 juni 2011

## Referaat

H. van Dam & 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 en Aquon. Rapport nr 911. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 112p.

Van 1978 tot en met 2010 zijn in elf vennen regelmatig waarnemingen van chemie van het oppervlaktewater en diatomeeën (kiezelwieren) verricht. De gegevens zijn verwerkt, samen met waarnemingen uit dezelfde vennen vanaf 1916. Het oorspronkelijke doel was om het herstel van verzuring door atmosferische depositie van zwavel- en stikstofverbindingen te volgen. Het bleek dat ook klimaatverandering belangrijke veranderingen veroorzaakt van de biogeochemische processen in de vennen.

De mediane sulfaatconcentratie nam tussen 1978 en 2002 af met  $6,0 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  af, wat veel is in vergelijking met andere Europese landen en stagneerde daarna. Na tijdelijk droogvallen in droge jaren zijn steeds lagere pieken van de sulfaatconcentraties waargenomen. De concentratie van ammonium is afgenomen van  $34$  tot  $6 \text{ mmol m}^{-3}$ . De afname is vooral na 1990. Sulfaatreductie en denitrificatie veroorzaken interne eutrofiëring, waardoor bloei van groenwieren kan optreden, vooral in vennen die vrijwel nooit droogvallen. Het constateren van verdere veranderingen is niet goed mogelijk door de hoge detectiegrenzen van vooral ammonium, sulfaat en fosfaat.

Het aandeel van de doelsoorten diatomeeën voor zwakgebufferde wateren was in het begin van de 20e eeuw groot en bereikte een dieptepunt in de zeventiger en tachtiger jaren. Daarna trad herstel op en kwamen er niet alleen meer doelsoorten, maar ook enkele soorten uit zuur en voedselrijk milieu. De Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) is weer op het niveau van een eeuw geleden. Monsters van uitgroei en aangroei van waterplanten zijn armer aan soorten dan netplanktonmonsters en ook zijn er kleine verschillen in EKR en berekende pH tussen de methoden. Op termijn van enkele jaren zijn er verschillen in de soortensamenstelling tussen de methoden, maar op termijn van enkele decennia nauwelijks.

Voor het gecoördineerd voortzetten van de waarnemingen is structurele financiering noodzakelijk.

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

# Inhoud

Samenvatting en conclusies	1
1. Inleiding	5
2. Locaties	9
2.1. Intensief bemonsterde vennen.....	9
2.2. Extensief bemonsterde vennen.....	13
3. Weer, klimaat en depositie	19
3.1. Noord-Atlantische Oscillatie (NAO).....	19
3.2. Temperatuur.....	20
3.3. Neerslag en verdamping.....	21
3.4. Atmosferische depositie.....	22
4. Fysische en chemische gegevens	25
4.1. Methoden.....	25
4.1.1. Waterstand.....	25
4.1.2. Temperatuur.....	26
4.1.3. Overige variabelen.....	26
4.2. Kwaliteit van de gegevens.....	28
4.3. Intensief bemonsterde vennen.....	30
4.3.1. Temperatuur.....	30
4.3.2. Waterstand.....	30
4.3.3. Chemie.....	33
4.4. Alle vennen.....	36
4.5. Veranderingen van chemische kwaliteit.....	39

5.	Kiezelwieren	41
5.1.	Methoden .....	41
5.1.1.	Veld en laboratorium.....	41
5.1.2.	Verwerking .....	42
5.2.	Resultaten .....	46
5.2.1.	Alle vennen .....	46
5.2.2.	Intensief bemonsterde vennen .....	53
5.2.3.	Vergelijking bemonsteringsmethoden.....	58
6.	Dankwoord	61
7.	Literatuur	63
8.1.	Algemene literatuur .....	63
8.2.	Determinatieliteratuur kiezelwieren .....	68
	<b>Bijlagen</b>	<b>69</b>
Bijlage 1.	Fysische en chemische methoden 2007-2010 .....	71
Bijlage 2.	Fysische en chemische gegevens 2007-2010 .....	73
Bijlage 4.	Waterstanden 2007-2010 .....	77
Bijlage 5.	Geselecteerde chemische gegevens van alle vennen (1978 – 2010).....	79
Bijlage 6.	Indeling ecologische indicatiegetallen kiezelwieren.....	81
Bijlage 7.	Analyses kiezelwieren 2010 .....	83
Bijlage 8.	Ecologische indicatiewaarden en ecologische groepen Gerritsfles 2007-2010 .....	85
Bijlage 9.	Overzicht van alle bestudeerde monsters 1916 - 2010.....	87
Bijlage 10.	Overzicht van alle aangetroffen taxa 1916 - 2010.	89
Bijlage 11.	Tijdreeksen van de meest algemene kiezelwieren en karakteristieken van intensief bemonsterde vennen 1916-2010.....	91
Bijlage 12.	Tijdreeksen van de meest algemene kiezelwieren en karakteristieken van extensief bemonsterde vennen 1917-2010.....	95
Bijlage 13.	Veranderingen ecologische groepen extensief bemonsterde vennen 1917-2010.....	99
Bijlage 14.	Belangrijkste resultaten ordinatie alle vennen 1916-2010.....	101
Bijlage 15.	Belangrijkste resultaten ordinatie intensief bemonsterde vennen 1916-2010.....	105
Bijlage 16.	Gegevens van karakteristieken voor vergelijking bemonsteringsmethoden .....	109
Bijlage 17.	Over dit rapport .....	110

# 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.
Doel	Het doel van dit onderzoek is daarom 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.
Opzet	In drie vennen (Drenthe, Veluwe, Brabant) zijn van 1978 tot en met 2010 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 acht vennen elke vier jaar bemonsterd. Uit de periode 1916-1977 zijn er bovendien veel verspreide waterkwaliteitsgegevens van deze vennen. 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 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 2010 zichtbaar gemaakt en in relatie gebracht met veranderingen in de depositie van verzurende en vermestende stoffen, de temperatuur en de neerslaghoeveelheid. Er wordt ingegaan op de te ho-

ge detectiegrenzen van verschillende chemische variabelen en de verschillen tussen bemonsteringsmethoden van de kiezelwieren worden geanalyseerd. De resultaten van de metingen van 2007 tot en met 2010 worden gepresenteerd en de historie van het onderzoek wordt in een bijlage beschreven.

NAO en waterstand

De laatste jaren is er bij ecologen, in verband met de klimaatverandering, steeds meer belangstelling voor de Noord-Atlantische Oscillatie (NAO), die een maat is voor het binnendringen van atlantische, danwel continentale lucht in West-Europa. Een directe relatie tussen de venwaterstanden en de NAO kan echter nog niet worden vastgesteld, mogelijk door ontbrekende waarnemingen van een aantal jaren uit de Gerritsfles. De gemiddelde waterstanden in de vennen zijn positief gecorreleerd met de hoeveelheid neerslag.

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 wordt 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.

Invloed van vorm van het ven op sulfaat en voedingsstoffen

In droge zomers vallen de oevers van vennen met flauw hellende oevers, zoals het Achterste Goorven (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 Kliplo (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 Diepveen en het Ven in het Echtenerzand, zijn de thans optredende pH-waarden rond 7 (voorheen 4-5).

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 2010 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 18% aanwezig. Een groep van soorten die goed gedijt in zure, eutrofe wateren, komt in de huidige monsters met rond 10% van het aantal exemplaren voor: in 1920 was dat maar 1%. Dat zijn dus duidelijke tekenen van interne eutrofiëring. In Kliplo (steile oevers) manifesteert zich de laatste drie jaren zelfs een groep van soorten die kenmerkend is voor verontreiniging met afbreekbaar, organisch materiaal. Dat wijst op afbraak van de organische stof uit het sediment van dit ven. Dit verschijnsel is nog niet in die mate in de andere onderzochte vennen geconstateerd. 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. Die was op een dieptepunt in de jaren tachtig van de vorige eeuw.

Signaalfunctie

Reeksen als deze geven dus niet alleen informatie over het probleem waar ze voor zijn opgezet, maar ze hebben ook een belangrijke signaalfunctie voor nieuwe problemen. In dit geval bleek niet alleen de afname van de verzuring te kunnen worden gedocumenteerd, maar ook de effecten van klimaatverandering. Dat probleem werd in de tachtiger jaren nog niet onderkend. Als de metingen worden voortgezet kunnen de reeksen in de toekomst wellicht informatie verschaffen over nu nog niet onderkende problemen in de voedselarme vennen, die behoren tot de meest waardevolle en internationaal belangrijke ecosystemen in ons land.

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 CO<sub>2</sub> 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 verzuringsfactoren als ortho-fosfaat (93%), ammonium (60%) en nitraat (70%); maar ook totaal-fosfaat (41%), sulfaat (46%) en alkaliniteit (40%) liggen te vaak

Verschillen bemonsteringsmethoden kiezelwieren	<p>beneden de detectiegrens. 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.</p> <p>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 aangroeisels wat vooruitlopen op de trend zoals die door het netplankton wordt aangegeven (de laatste tien jaar is dat eutrofiëring). 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 'bodemsporten'. 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.</p>
Continuering van de metingen	<p>Door voortzetting van de metingen in het tot nu toe gevolgde schema zullen toekomstige veranderingen in de vennen door veranderingen van atmosferische depositie en klimaat kunnen worden gevolgd.</p> <p>De huidige opzet van het meetnet voldoet als de waarnemingen strikt volgens het schema worden uitgevoerd en alle belangrijke variabelen (o.a. aluminium, opgeloste organische koolstof, alkaliniteit en vrij koolzuur) steeds worden gemeten. De waterstand moet ten minste maandelijks worden geregistreerd en de detectiegrenzen van een aantal variabelen moeten worden verlaagd.</p> <p>De metingen moeten jaarlijks op een centraal punt worden verzameld en gevalideerd. Voor het correct uitvoeren en coördineren van de metingen is het ook nodig dat de financiering van dit meetnet niet meer jaarlijks ad hoc, maar structureel geschiedt.</p>

# I. Inleiding

Dit rapport is het zesde 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 2008). Regelmatig is over de resultaten gerapporteerd in de internationale literatuur (o.a. Van Dam 1988, 1996, Van Kleef e.a. 2010) en in Nederlandse milieu- en natuurtijdschriften (o.a. Van Dam 1997, Van Dam & Mertens 1990, 2004, 2008).

Sinds 1978 is er nu dus een min- of meer homogene reeks van 32 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<sup>e</sup> 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. Van Dam & Arts 1993, Arts e.a. 2002, Bijkerk e.a. 2004, Grontmij | AquaSense & Alterra 2005, Brouwer e.a. 2009).

Ook bij het verzamelen van de gegevens voor dit onderzoek is weer gebleken dat het uitvoeren van een consistent monitoringsprogramma over een lange reeks van jaren misschien schijnbaar eenvoudig, maar in de praktijk zeer gecompliceerd is. Het project is begonnen in een tijd dat verzuring voor het eerst aan de horizon verscheen en liep door in een tijd dat de verzuring uit het zicht leek te zijn verdwenen, waardoor de financiering erg moeilijk was. Bij het begin van het project was klimaatverandering nog een volstrekt onbekend probleem en kwam bij het uitbrengen van het vorig vierjaarlijks verslag langzamerhand in beeld.

De onderzoeker van langetermijnprocessen is voortdurend in een spaagaat: aan de ene kant eist de monitoring dat er zo strak mogelijk wordt vastgehouden aan de oorspronkelijk opzet van het onderzoek (locaties, tijdsintervallen, parameters, methoden in het veld en laboratorium en data-opslag, rapportage), aan de andere kant eist de wetenschap dat er rekening wordt gehouden met de snelle veranderingen in methodiek en de maatschappij (publiek, beleid) dat de metingen relevantie hebben voor de problemen van vandaag en morgen: gisteren en overmorgen schijnen nauwelijks belangrijk te zijn (zie ook Knotters e.a. 2008).

In het begin van de tachtiger jaren van de vorige eeuw werd verzuring 'ontdekt' en was er veel publieke belangstelling voor deze toen nieuwe bedreiging van het milieu. Hoewel deze interesse geleidelijk is weggeëbd, hebben verzuring en grootschalige luchtverontreiniging nog steeds een ingrijpende invloed op de kwaliteit van milieu en natuur in Nederland. De verzuring door zwaveloxiden is weliswaar zeer sterk gereduceerd in de afgelopen decennia, maar de stikstofdepositie legt nog steeds een grote druk op de natuur (Buijsman e.a. 2010). De heide, maar in het bijzonder vennen behoren door hun voedselarmoede tot de gevoeligste ecosystemen voor grootschalige luchtverontreiniging. De kritische depositieniveaus, met name voor stikstof, zijn lager dan in enig ander ecosysteemtype (zie bijvoorbeeld Bobbink & Roelofs 1995 en <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0197-Stikstofdepositie-op-vennen.html?i=14-66>).

De invloed van atmosferische depositie heeft geleid tot een zeer sterke achteruitgang van vrijwel alle componenten van de levensgemeenschappen in vennen. Het betreft niet alleen de typische flora van hogere planten en karakteristieke soorten amfibieën en libellen (Van Duuren e.a. 2003), maar ook de overigens zeldzame soorten van bijvoorbeeld kiezelwieren (diatomeeën) en sialgen (desmidiaceeën) (zie bijvoorbeeld Van Dam & Buskens 1993 en Mulderij e.a. 2007).

Daar bij ongewijzigd beleid veel karakteristieke soorten organismen voorgoed uit Nederland zouden verdwijnen zijn er in veel vennen in het kader van het Overlevingsplan Bos- en Natuur maatregelen in vennen getroffen om deze soorten te doen overleven tot het moment dat de depositie beneden de kritische niveaus is gedaald (Van Ommering & Hendriks 2004). Doordat de Nederlandse vennen in het centrum van het verspreidingsgebied van een aantal karakteristieke soorten planten liggen is het behoud van deze soorten ook internationaal van betekenis (Verkaar e.a. 1992, Schaminée e.a. 2010).

Er is daarom nog steeds behoefte aan actuele informatie omtrent de effecten van reeds genomen maatregelen tegen luchtverontreiniging, de huidige toestand van de Nederlandse vennen en de manier waarop deze zich gaat ontwikkelen bij verschillende depositiescenario's. Daartoe zijn van representatieve vennen homogene meetreeksen van verzuringsindicatoren nodig. Hiermee kunnen modellen worden ontwikkeld en extrapolaties naar de toekomst worden gedaan. Uit de vorige rapportages (AquaSense 2003, Van Dam & Mertens 2008) bleek dat de in de laatste jaren toegenomen temperaturen grote invloed hebben op het verloop van de biogeochemische processen in vennen. De verzamelde gegevens kunnen dus ook worden gebruikt voor onderzoek van effecten van klimaatveranderingen op aquatische ecosystemen.

Daarnaast kunnen de verzamelde gegevens worden gebruikt voor de evaluatie van maatregelen volgens het zogenaamde BACI (**B**efore-**A**fter-**C**ontrol-**I**mpact) model (Stewart-Oaten e.a. 1986, Smith 2002, Schwarz 2007). Hierbij wordt, om beheersmaatregelen te evalueren, niet alleen het systeem waar de beheersmaatregelen plaatsvinden voor en na het uitvoeren van de maatregelen een of meerdere malen bemonsterd, maar ook één of meer systemen waar geen maatregelen zijn uitgevoerd. Dit om effecten van de maatregelen goed te kunnen onderscheiden van autonome ontwikkelingen (zoals die er in vennen ook zijn).

Dit rapport bevat de resultaten van metingen op een aantal vennen in de periode 2007-2010. De veranderingen in de kwaliteit van drie jaarlijks bemonsterde vennen en de acht vierjaarlijks bemonsterde vennen over een periode van 32 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<sup>e</sup> eeuw gebruikt. Er wordt tevens aandacht besteed aan invloeden van beheer en klimaatverandering. Verder is er aandacht voor de detectiegrenzen (rapportagegrenzen) van de chemische variabelen en de verschillen tussen bemonsteringsmethoden van de kiezelwieren.



## 2. Locaties

De bemonsterde vennen liggen in Drenthe, op de Veluwe en in Noord-Brabant (Figuur 2, 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 2. Ligging van de locaties in Nederland. *Drenthe*: Kliplo, Diepveen, Poort 2, Ven in Echtenerzand; *Veluwe*: Gerritsfles, Kempesfles, Deelensche Wasch; *Brabant*: Achterste Goorven, Groot Huisven, Middelste Wolfsputven, Schaapsven.

### 2.1. Intensief bemonsterde vennen

De omgeving, landschapsgeschiedenis, hydrologie en vegetatie van de drie intensief bemonsterde vennen (Figuur 3) zijn in eerdere rapportages

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.

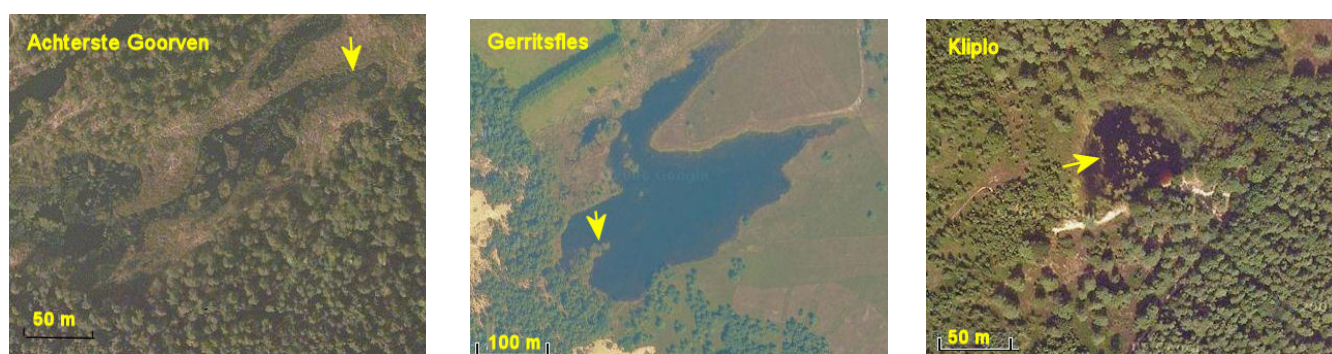
Frequentie Afk.	Type	Ven	Plaats	Opp. (ha)	Diepte (m)	X-coörd.	Y-coörd.	Gemeente	Eigenaar	Waterschap
<i>Intensief</i>										
AGE	M12	Achterste Goorven	Punt E, oostzijde	2.4	1.9	142.98	397.23	Oisterwijk	Natuurmonumenten	De Dommel
KLI	M26	Kliplo	Midden westoever	0.5	1.1	225.84	539.10	Westerveld	Staatsbosbeheer	Reest en Wieden
GER	M12	Gerritsfles	Punt F, W landtong ZW-ov.	6.8	1.2	184.48	463.60	Apeldoorn	Staatsbosbeheer	Veluwe
<i>Extensief</i>										
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	Echtenerzand	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 Eem
KEM	M13	Kempesfles	Midden O-oever	0.9	1.0	182.67	461.84	Ede	Defensie	Vallei en Eem
GHU	M12	Groot Huisven	ZO-oever	3.4	1.7	146.35	398.75	Boxtel	Natuurmonumenten	De Dommel
MWO	M13	Wolfspuiven	Middenpoel, midden W-ov.	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	Oisterwijk	Brabans Landschap e.a.	De Dommel

uitvoerig aan de orde geweest en samengevat door Van Dam & Buskens (1993 en Van Dam & Mertens (2008). Het zijn alle drie oorspronkelijkvoedselarme vennen, die in de 19<sup>e</sup> 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. Daarvóór 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. 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 grondwaterinvoer. In extreem droge jaren, zoals 1976, valt ruim 70% van de bodem droog.



Figuur 2. Gedetailleerde ligging van de intensief 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.



In het begin van de 20<sup>e</sup> 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 vijf tot tien jaar lijkt er enige verbetering op te treden doordat soms kleine stukjes drijvend veen, met o.a. witte snavelbies, tot ontwikkeling komen. 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. Vooral in perioden met hoog water is er sprake van een beginnende veenvorming. De witte snavelbies en de veelstengelige waterbies zijn toegenomen. Lokaal bevindt zich veenpluis. Hoger op de oever is er veel gagel en pijpenstrootje. Onder water langs de oever komt het kikkerdrilwier (*Batrachospermum*) vaak voor.

In het voorjaar zijn er kikkervisjes, o.a. van de groene kikker. 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.

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 veel zonedauw en moeraswolfsklauw.

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: in 2010 15 paar (pers. med. J. Rouwenhorst, SBB).

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, 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, alleen met onderwaterbladeren.

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.

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<sup>e</sup> 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.

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 in 2010 zijn nog maar weinig planten waargenomen.

Langs de rand en oever komen behalve de wateraardbei 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. Karakteristiek is de rietkraag langs de noordoostelijke oever. Van de macroscopische algen komt kikkerdrilwier (*Batrachospermum*) regelmatig voor. Er zijn veel kikkers in en rond het ven.



Figuur 3. Links: Planktonbemonstering Kliplo (H.D. Eldering, 11-11- 2009). Rechts: Zoelplekken langs NW-oever Gerritsfles (H. van Dam, 10-5-2010).

Het ven was in de periode 1989- '92 steeds groen(bruin) gekleurd door de aanwezigheid van planktonalgen, zoals *Coenochloris helvetica*. Daarna verkreeg het water weer zijn vertrouwde bruine kleur, totdat sinds de zomer van 2008 vrijwel bij alle maandelijks bezoeken door medewerkers van het waterschap weer groenkleuring werd geconstateerd<sup>1</sup>. De planktonische muggenlarven van het geslacht *Chaoborus*, die een voorkeur hebben voor eutrofe wateren, komen veel voor.

## 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 2008). De belangrijkste feiten en veranderingen in het laatste decennium worden hieronder samengevat.

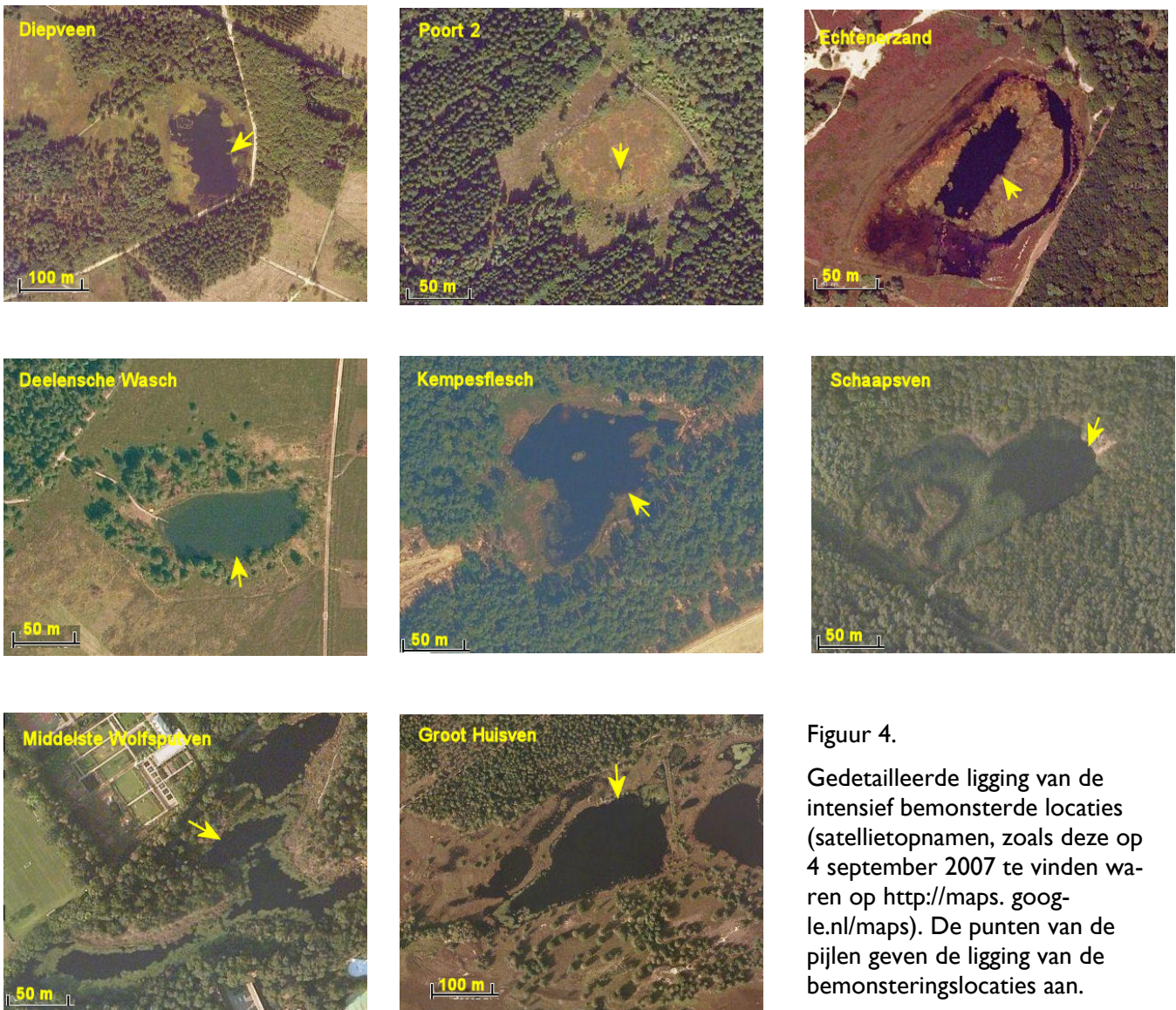
### Drenthe

Het *Diepveen* (Dwingeloo) ligt te midden van percelen met grove den- en eiken. In 1997 is een strook van 30 m langs de zuid-, west- en noordoevers 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 2010 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 werden bij de bemonstering kikkerdrilwier (*Batrachospermum*), waterveenmos, veelstengelige waterbies en snavelzegge en weer meer waterdriblad dan in vorige jaren gezien.

De pingoruïne *Poort 2* (Dwingeloo) is omringd door naaldbos. Het hoogveen is in de 20<sup>e</sup> eeuw putsgewijs verveend. Daarna is in de putjes weer actieve veengroei opgetreden. Die verlanding gaat vrij snel. De slootvormige laagte, die in 1978 nog veel open water had, is thans vrijwel dichtgegroeid. Het ven wordt voornamelijk gevoed door regenwater en in geringe mate ook door zeer lokaal grondwater van een heuveltje. Bij hoge waterstand stroomt het water in noordwestelijke richting oppervlakkig af. Het veen heeft een zeer fraaie begroeiing, met 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 veel waterdriblad en snavelzegge.

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, die zich steeds be-

<sup>1</sup> In monsters van september 2008 en mei 2009 werd door R. Bijkerk (pers. med.) een heel klein ulotrichaal groenalgie (1,7-2,5 µm breed, 5-10 µm lang) aangetroffen, dat waarschijnlijk *Stichococcus minor* betreft, in een hoge dichtheid (ca 3×10<sup>5</sup> cellen per ml). Daarnaast was er nog een chlorococcaal groenalgie (*Desmodesmus costato-granulatus*) talrijk, met een één orde grotere lagere dichtheid. Over de ecologie van deze soorten is nog weinig bekend.



Figuur 4.

Gedetailleerde ligging van de intensief 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.



Figuur 5. Links: Planktonbemonstering Poort 2 (4-10-2010). Rechts: Eendjes voeren in de Deelense Was (10-8-2010) (H. van Dam)

beter ontwikkelt, met soorten als lavendelheide, eenarig wollegras, rondbladige zonnedauw en kleine veenbes, die het pijpenstrootje overwoekeren. Op de bodem van het open water bevond zich tot en met 2002 veel waterveenmos, dat daarna veel minder algemeen is geworden. In 2010 werd hier ook nog drijvend fonteinkruid gezien.

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 alleen door regenwater gevoed. 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 (Figuur 5). Ook zwemmen er vaak honden. Het water is nog steeds glashelder en het 10 – 30 cm dikke veenmospakket met veel draadwieren 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 en veenmos. De gewone waterbies lijkt nog steeds toe te nemen. Er zijn veel schaatsenrijders en libellen.

De *Kempesfles* (Harskamp) had in het begin van de 20<sup>e</sup> 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 geroid, 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. Ondanks de recente reparatie van de afrastering rond het ven is hier toch een zoelplek. Op de oevers is alweer opslag van ca 3m hoog<sup>2</sup>. Bij de monsterlocatie (Figuur 6) werd in 2010 onder water klein blaasjeskruid (geen veenmos) gezien, wel was daar een decimeters dikke modderlaag, met in de top veel dood materiaal van veenmos en knolrus. Verderop in het water staat ook veel snavelzegge. Langs de oever komen hier veel veelstengelige waterbies, waternavel veenmos en pijpenstrootje voor (geen knolrus). De grote hoeveelheden pitrus langs de oever duiden op sterke eutrofiëring.

Noord-Brabant

Het *Groot Huisven* (Boxtel) was tot ca 1950 een van Neêrlands 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. 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.). Vroeg in 2010 is de noordoever tot op ca 100 m van het ven geplagd. Het ven wordt grotendeels door regenwater en ten dele door lokaal grondwater gevoed en als rustgebied door ganzen gebruikt. Sinds 1988 wordt de omgeving door koeien begraaasd, die de oevers vertrappen en

<sup>2</sup> Deze zal in de periode 2011-2014 worden verwijderd (pers. med. A. Varkevisser, Dienst Vastgoed Defensie).



Figuur 6. Links: de Kempesfles van de monsterplek naar het noordoosten (H. van Dam, 10-8-2010). Rechts: geplagde en sterk door koeien vertrapte oever van het Groot Huisven (H.D. Eldering, 3-10-10).

het ven met excrementen vervuilen (Figuur 6). In 2010 was het veenmos op de bodem langs de noordoever sterk teruggedrongen en waren er weer veel draadwieren. Ook was er nog wel knolrus en plaatselijk (drijvend of duizendknoop-) fonteinkruid en hier en daar witte waterlelie. Op de bodem was een dikke baggerlaag. In het oostelijk hoekje was er nog wel veenmos op een harde zandbodem, met hier en daar open plekken. Verder veel pitrus en waternavel langs de oever: tekenen van eutrofiëring. 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 vennengebied. Het ven wordt omgeven door dennenbos, dat in 2003 langs het ven sterk is gedund (Figuur 7). Het ven wordt door regenwater gevoed.



Figuur 7. Links: Middelste Wolfspuutven. Rechts: het groengele water van het Schaapsven (H.D. Eldering, 3-10-10).

Door verzuring zijn de drijvende veenvegetaties met bijzondere soorten algen in de afgelopen eeuw verloren gegaan. In het open water staat

alleen waterlelie en langs de oever en op de dammetjes tussen de drie compartimenten van het ven staat veel gagel met berkenopslag. Andere planten die in 2010 langs de oever voorkwamen, zoals veel waternavel en veenmos en daarnaast pitrus, grote waternavel en pijpenstrootje zijn kenmerkend voor door atmosferische depositie (en mogelijk bladval) verzuurde en geëutrofiëerde wateren.

Het heide- en stuifzandgebied rond het *Schaapsven* (Berkel-Enschot) werd pas rond 1930 met grove dennen bebost. Kort voor de bemonstering in 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. De noord- en zuidoever zijn in handen van het Brabants Landschap, de overige oevers zijn in particulier bezit. Het is daardoor een rommelig ven<sup>3</sup>. Het wordt als schaatsbaan<sup>4</sup> en als drinkplaats voor paarden<sup>5</sup> gebruikt. Volgens omwonenden zou er sinds een paar jaar een meerval in het ven zitten en R. Buskens (Royal Haskoning, pers. med.) heeft hier graskarpers gezien. Bij het strandje aan de oostkant waren zwemmende honden, evenals in voorgaande jaren. Mogelijk zijn hier bij mooi weer ook veel zwemmers. Volgens bejaarde omwonenden was het water vroeger helder en waren er weinig drijvende waterplanten, waardoor er veel in het ven werd gezwommen. Thans is het water groengeel en matig troebel (Figuur 7). De plantengroei lijkt de laatste jaren niet veel te zijn veranderd: in het open water is nog steeds veel waterlelie met langs de oever bij het monsterpunt waterdrieblad, gele lis, gele plomp en pitrus. Aan de noordoostelijke oever staat grote lisdodde, gele lis en waterdrieblad. Evenals bij voorgaande bezoeken waren de planten hier deels doodgespoten. De plaat drijvend veen aan de zuidoostzijde werd wegens het hoge water niet bekeken.

---

<sup>3</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=uMQrmVRv6Fg>

<sup>4</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=-LuVRXCdYg>

<sup>5</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=uMQrmVRv6Fg>





## 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 biogeochemische processen in de vennen. De achterliggende atmosferische processen worden in belangrijke mate bepaald door het atmosferisch circulatiepatroon, dat hier wordt besproken in de vorm van de Noord-Atlantische Oscillatie.

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. Noord-Atlantische Oscillatie (NAO)

#### Achtergrond

Het weer in noordwest Europa wordt in belangrijke mate bepaald door de invloed van de Atlantische Oceaan. Tijdens perioden met een groot drukverschil tussen IJsland (lage druk) en de Azoren (hoge druk) komt er met de zogenaamde straalstroom veel oceanische lucht over ons land. De meeste neerslag komt met dergelijke westwaartse luchtstromingen ons land binnen. In het winterhalfjaar leidt dat tot relatief hoge temperaturen in het zomerhalfjaar juist tot relatief lage temperaturen. Als dit drukverschil gering is komt er meer continentale lucht over Nederland. In de winter zijn dan de temperaturen laag en in de zomer juist hoog.

Niet in alle jaren zijn deze invloeden gelijk en omdat er verschillende periodiciteiten zijn ontdekt in deze fluctuaties staat het verschijnsel bekend als Noord-Atlantische Oscillatie. Er is een kwantitatieve maat voor ontwikkeld die bekend staat als NAO. Bij een sterke Atlantische straalstroom is de NAO positief en bij een zwakke straalstroom is deze juist negatief (zie bijvoorbeeld Hurrell & Deser 2009). Afnemende temperatuurverschillen tussen de Noordpool en de equatoriale gordel (vooral ten gevolge van het grootschalig verlies van zomerijs in het poolgebied) spelen een rol bij het verzwakken van de straalstroom in de afgelopen decennia (Francis e.a. 2009). De toename van temperatuur vanaf ongeveer 1970 ging voor een belangrijk deel samen met hogere waarden van de NAO (Hurrell & Van Loon 1997).

#### NAO en ecologie

Rip (2007) vond een samenhang tussen de NAO en heldere en troebele fasen in de plassen van Botshol. Nattere condities in jaren met een hoge NAO leiden tot versterkte uitspoeling van nutriënten, wat leidt tot hogere planktonbloei en afname van ondergedoken waterplanten. Netten e.a. (2011) vonden dat in sloten drijvende waterplanten en wintergroene ondergedoken waterplanten het beter doen na winters met een hoge NAO. In buitenlands onderzoek is een samenhang gevonden tussen de NAO en fysische, chemische en ecologische processen, zoals temperatuur, nutriënten, zuurstof, populatiedynamica, competitie en predator-prooi-relaties (Ottersen e.a. 2001, Straile e.a. 2003).

#### NAO 1958 – 2010

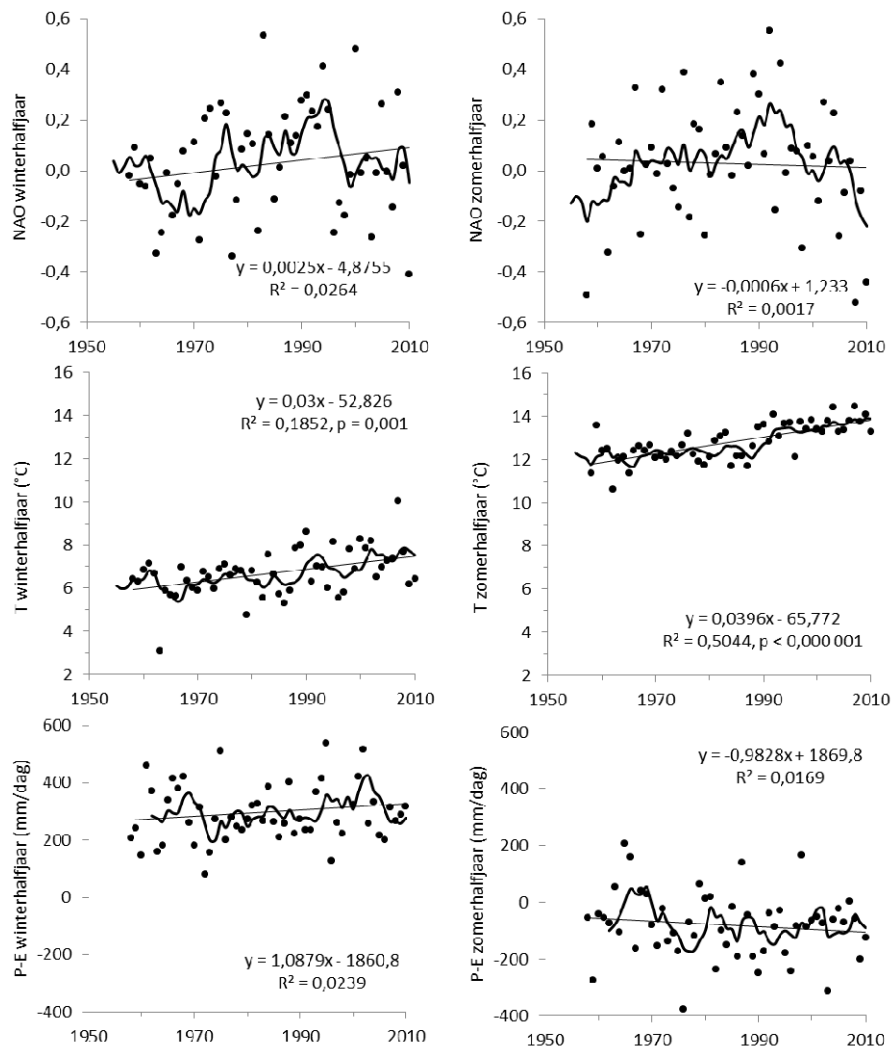
De dagelijks berekende waarden van de NAO zijn ontleend aan <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/cwlinks/norm.daily.nao.index.b500101.current.ascii>. Omdat er naast een sterke jaarlijkse variatie over langere reeksen van jaren reeksen zijn met hogere of juist lagere waarden van de NAO (Hurrell & Van Loon 1997) zijn in Figuur 8 ook de voortschrijdende gemiddelden over perioden van vijf jaar vermeld.

Het patroon van de variatie komt goed overeen met dat van Hurrell & Deser (2009), die opmerken dat de winter-NAO (dec-jan), die al wordt gemeten vanaf 1864, geen specifiek patroon van toe- of afname vertoont. De stijgende trend van de NAO in het winterhalfjaar is niet significant, evenals de daling in het zomerhalfjaar. In onze grafieken is wel de vrijwel continue daling van de NAO in het zomerhalfjaar sinds ongeveer 1990 opmerkelijk. Stijging van de NAO in de winter leidt tot een toename van de winterneerslag en de temperatuur. De afname daarvan in de zomer leidt tot afname van de neerslag en hogere temperaturen.

## 3.2. Temperatuur

Voor elk zomer- en winterhalfjaar sinds 1958 is de gemiddelde temperatuur te De Bilt berekend uit de dagwaarden op [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) en uitgezet in Figuur 8, samen met de trend en de voortschrijdende gemiddelden over perioden van vijf jaar. De jaarlijkse stijging in het winterhalfjaar bedraagt 0,03 °C per jaar en in het zomerhalfjaar zelfs bijna 0,04 °C/j. Die significante stijgingen kunnen worden toegeschreven aan de antropogene klimaatverandering (Kattenberg 2008).

De periode sinds 1978, waarin de vennen regelmatig zijn bemonsterd, behoort tot de warmste periode sinds het begin van de instrumentele metingen van de temperatuur in Nederland in 1706. De jaren 2006 en 2007 zijn met gemiddelden van 11,2 °C de warmste jaren sinds 1706.



Figuur 8. Verloop van NAO, temperatuur (T) en neerslagoverschot boven open water (P-E) te De Bilt vanaf 1958 tot 2010 in winter- en zomerhalfjaar. De dunne getrokken lijnen geven de trend aan. Voor significante correlaties is de mate van significantie (p) vermeld. De dikke getrokken lijnen zijn voortschrijdende gemiddelden over perioden van vijf jaar.

De periode 1997-2009 was één aaneengesloten reeks van warme jaren, met gemiddelden boven 10 °C.

De hoge waarden van de temperaturen in het zomerhalfjaar in de laatste 20 jaar komen overeen met een vrijwel voortdurende daling van de voortschrijdende gemiddelden van de NAO.

### 3.3. Neerslag en verdamping

Voor hoofdstations in de omgeving van vennen (De Bilt, Deelen, Hoo-geveen, Eelde, Gilze-Rijen) zijn op [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) de daggegevens van neerslag en verdamping (volgens Makkink 1957) opgezocht. De verdampingsgegevens volgens Makkink zijn omgerekend naar openwaterverdamping door vermenigvuldiging met een factor 1,1 (Van Loon en

Droogers 2006). Het neerslagoverschot (P-E) is bepaald als verschil tussen neerslag (P) en openwaterverdamping (E). Uit de daggegevens zijn de sommen per winter- en zomerhalfjaar berekend.

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 8. Hieruit blijkt dat het neerslagoverschot sinds 1958 in het winterhalfjaar (niet significant) jaarlijks met 0,088 mm per dag is toegenomen. In de zomer is dit jaarlijks (eveneens niet significant) afgenomen met 0,017 mm per dag.

Deze veranderingen komen overeen met die welke op grond van de verschillende klimaatscenario's van het KNMI worden verwacht (Kattenberg 2008). Weliswaar neemt in deze scenario's de neerslag in het zomerhalfjaar toe, maar deze wordt overtroffen door de toename van de verdamping, waardoor er netto een afname is van het neerslagoverschot.

Zeer natte winters, met een neerslagoverschot van 450 mm of meer zijn die van 1961, 1975, 1995 en 1999 en treden dus zo'n eens in de twaalf jaar op, maar de spreiding in de frequentie is groot. (Zeer) droge zomers, met een neerslagtekort van 200 mm of meer zijn 1959, 1976, 1982, 1990, 1996, 2003 en 2009 en treden met een frequentie van ongeveer eens per zes jaar op. De spreiding is minder groot dan die van de zeer natte winters.

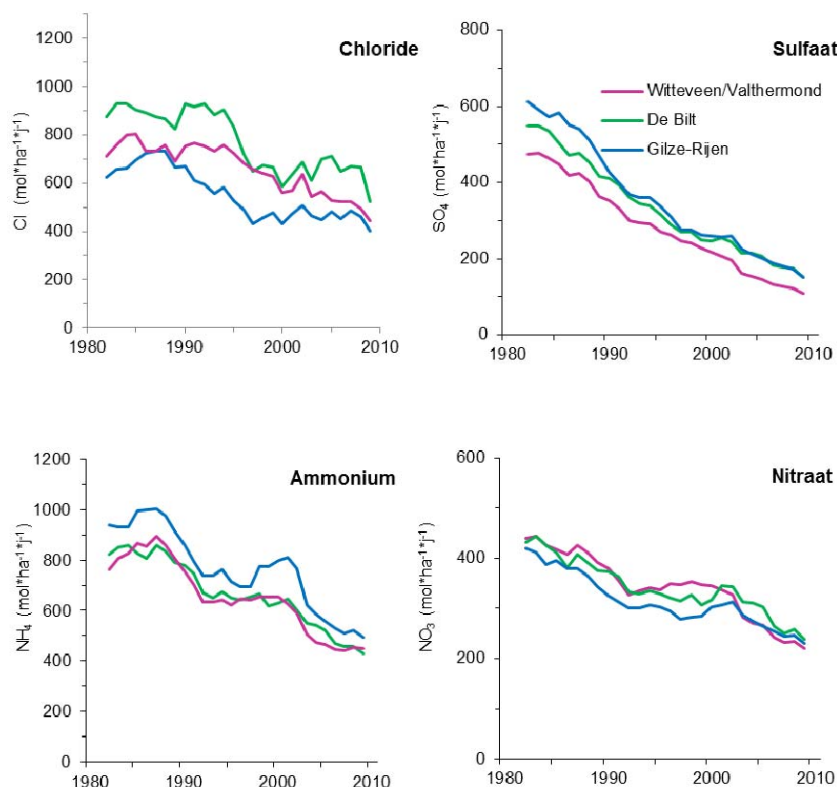
## 3.4. Atmosferische depositie

### Methoden

Schattingen van de depositie van zwavel- en vooral stikstofverbindingen op vennen zijn nog steeds problematisch. Uit berekeningen met het model AquaAcid 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 en Gilze-Rijen zijn continue reeksen sinds 1978. Het station Witteveen werd voor het laatst bemonsterd in 1999. De metingen zijn in 2001 voortgezet in Valthermond.

Tot 1982 werd gebruik gemaakt van bulkregenvangers met doorzichtige verzamelflessen. Van 1982 tot 1 april 1988 werden bulkregenvangers met ondoorzichtige verzamelflessen gebruikt. In dat jaar werd overgeschakeld op z.g. wet-only vangers, waarvan in 2006 een nieuw type in gebruik werd genomen (Buijsman 1989, 2010; Van der Swaluw e.a. 2010a). In de eerste jaren kon de ammoniumconcentratie met 50% worden onderschat (Buijsman 1994). In later jaren waren deze afwijkingen veel geringer (Blank 2003). De beide typen wet-only vangers geven vergelijkbare resultaten (Van der Swaluw e.a. 2010a).



Figuur 9. Voortschrijdende gemiddelden (vijfjaars) van de (natte) depositie van enkele componenten van de neerslag op enkele stations. Gegevens van KNMI-RIVM (1979-1988), RIVM (ongepubliceerd, 1989-2005) en [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl) (2006-2009). Witteveen/Valthermond staat voor de Drentse vennen, De Bilt voor de Veluwe en Gilze-Rijen voor Noord-Brabant.

## Trends

In Figuur 9 zijn de vijfjaars-voortschrijdende gemiddelden van drie stations van het landelijk regenwatermeetnet uitgezet. 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.

Opmerkelijk is de (niet-monotone) daling van de chloridedepositie met ongeveer 30% sinds 1980. Deze daling werd nog niet geconstateerd bij een analyse van de meetresultaten over de periode 1992-2004 (Van der Swaluw e.a. 2010b, 2011). De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk.

Sulfaat is in 2009 teruggelopen tot ongeveer een kwart van de waarden rond 1980, vooral in Noord-Brabant. De depositie van stikstofverbindingen is minder sterk afgenomen, tot waarden tussen de 40-50% van de uitgangsdpositie en het verloop van de afname verloopt ook wat grilliger dan bij sulfaat. Ook nitraat is gereduceerd tot 40-50%.

Depositie per ven

De depositie van potentieel verzurende stoffen is dus in de laatste 25 jaar sterk verminderd, in het bijzonder van sulfaat. Deze resultaten komen ongeveer overeen met die van Van der Swaluw e.a. (2011).

Door Van Dam & Mertens (2008) 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<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>, ofwel 357 tot 714 mol ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> (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 in het Achterste Goorven twee maal per maand 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.

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 maanden onderverdeeld in de decade 1 (dag 1-10), 2 (dag 11-20) en 3 (dag 21-31). Per decade is een gemiddelde van de beschikbare waarnemingen berekend. Uit de een tot drie beschikbare decadegemiddelden (afhankelijk van de meetfrequentie), zijn maandgemiddelden berekend. Uit de maandgemiddelden zijn kwartaalgemiddelden berekend, waaruit weer jaargemiddelden van de NAP-niveaus per ven zijn berekend. Dat totale gemiddelde wordt kortheids halve het gemiddelde NAP-niveau genoemd. Om de getallen tussen de vennen vergelijkbaar te maken is per ven het gemiddelde NAP-niveau over de periode 1979-2006 van de oorspronkelijke waarnemingen afge-

trokken. Die bedragen voor het Achterste Goorven, Kliplo en de Gerritsfles bedragen respectievelijk 8,30, 12,99 en 39,88 m +NAP (Van Dam & Mertens 2008).

#### 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 2010 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 Veluwe van de Gerritsfles. Beide waterschappen besteden de analyses uit aan het Waterschap Groot Salland (GRS). Dit laboratorium voerde in opdracht van het Waterschap Vallei en Eem ook de analyses uit van de Kempesfles en de Deelense Was. Bij Aquon (GWL) 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 onderschrijding van de rapportagegrens werden ook de ruwe meetgegevens van beide laboratoria opgevraagd. Alleen GRS stelde deze beschikbaar.

##### Bemonstering en analyse

De intensief bemonsterde vennen zijn in de verslagperiode (2007-2010), door waterschapslaboratoria 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 2010 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.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de door de laboratoria gehanteerde methoden en rapportagegrenzen (detectiegrenzen) voor de relevante variabelen. Voor vrijwel alle variabelen zijn de laboratoria geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie.



## Harmonisatie en validatie

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  $\mu\text{g}$  per liter maar in millimolen per  $\text{m}^3$  ( $= \mu\text{mol l}^{-1}$ ) 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  $\mu\text{g/l}$  aangegeven. Hiervoor werd gecorrigeerd. Bij het elektrisch geleidingsvermogen zijn veel decimale correcties toegepast omdat verkeerde eenheden zijn gebruikt ( $\mu\text{S/cm}$ , 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 2753 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  $\text{mmol m}^{-3}$ ) 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 ( $n = 3$ ); tussen 4 en 7 is n gelijk aan  $7 - \text{pH}$  (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.

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 en 2006. Soms zijn gegevens van een jaar

## Kwaliteit

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 Wolfspuutven uit 1998 (toen hier grondwater werd ingelaten) bleef buiten beschouwing. Vanwege de scheve verdeling van de waarnemingen werd een verdelingsvrije variantie-analyse uitgevoerd, door middel van de Kruskal-Wallistest. Hiervoor werd gebruik gemaakt van het programma Past (Hammer e.a. 2001).

De nutriëntenconcentraties zijn beoordeeld volgens de indelingen van Tabel 2, die is ontleend aan Heinis & Evers (2007). Zij geven voor de zeer goede ecologische toestand (ZGET) eenduidige grenswaarden aan voor totaal-fosfaat en totaal-stikstof. Voor de maximale concentraties in de goede ecologische toestand (GET) geven zij voor de typen M12 en M26 een traject op. In onderstaande tabel zijn deze trajecten opgedeeld. Zo is de minimale concentratie van de GET voor P-totaal van type M12 oorspronkelijk  $1,0 \text{ mmol m}^{-3}$  en de maximale concentratie  $1,3 - 3,3 \text{ mmol m}^{-3}$ . Dat is hier vertaald in een klasse goed met concentraties tussen  $1,0$  en  $1,3 \text{ mmol m}^{-3}$  en een klasse (vrij) goed met een concentratie tussen  $1,3$  en  $3,2 \text{ mmol m}^{-3}$ . Formeel behoren beide klassen tot de klasse 'goed' (GET). Alle waarnemingen met concentraties boven die van het GET zijn door ons ingedeeld in een klasse 'onvoldoende'. Voor het berekenen van de zomer-gemiddelde (april-september) concentraties zijn uit de weinig bemonsterde vennen ook de waarnemingen van begin oktober gebruikt.

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 Heinis & Evers (2007). De concentraties zijn zomergemiddelde waarden in  $\text{mmol m}^{-3}$ .

Type	Totaal P				Totaal N			
	onvoldoende	(vrij) goed	goed	zeer goed	onvoldoende	(vrij) goed	goed	zeer goed
M12	> 3.2	1.3 - 3.2	1.0 - 1.3	< 1.0	> 143	58 - 143	49 - 58	< 49
M13			1.0 - 1.3	< 1.0			36 - 42	< 36
M26	> 3.2	1.3 - 3.2	1.0 - 1.3	< 1.0	> 143	66 - 143	57 - 66	< 57

## 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 plan-

tengroei (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 (93%), ammonium (60%) en nitraat (70%); maar ook totaal-fosfaat (41%), sulfaat (GRS 79%, GWL 35%) en alkaliniteit (40%) 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 totaal-fosfaat, ammonium en 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.

Tabel 3. Overzicht van aantallen, gemiddelden en overschrijdingen van de rapportagegrenzen (detectiegrenzen) van geselecteerde variabelen voor de laboratoria van Waterschap Groot-Salland (GRS) en Aquon (GWL) voor de metingen van 2007-2010. Zie Bijlage 2 voor minder gebruikelijke afkortingen.

Parameter	Lab.	Chl-a ug/l	BZV5 mg/l	oP .....	tP .....	kN .....	NH4 .....	K .....	Ca .....	Al .....	Fe .....	NO3 .....	NO2 .....	SO4 .....	alk .....
Aantal waarnemingen	GRS	44	78	87	88	88	88	45	45	46	45	88	88	47	41
	GWL	27	25	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	27
	alle	71	103	118	119	119	119	76	76	77	76	119	119	78	70
Gemiddelden	GRS	84	4,8	0,2	1,7	97	9	19	18	4	13	7	0,7	40	37
	GWL	36	2,8	0,2	2,2	139	40	28	31	10	17	5	0,4	75	46
	alle	66	4,3	0,2	1,8	108	17	23	23	6	14	6	0,6	54	40
Rapportagegrenzen	GRS	10	2,0	0,3	1,3	36	7	3	25	2	2	4	1,4	52	10
	GWL	5	1,0	0,3	1,3	7	3	5	5	2	1	4	0,7	52	82
%beneden rapportagegrens	GRS	23	28	93	44	8	74	20	20	7	9	71	100	79	7
	GWL	17	16	91	33	0	24	0	0	18	0	70	100	3	85
	alle	20	25	93	41	6	60	11	11	11	5	70	100	46	40
%helft tot hele rapportagegrens	GRS	11	3	5	31	3	32	11	14	2	4	9	0	36	0

## 4.3. Intensief bemonsterde vennen

### 4.3.1. Temperatuur

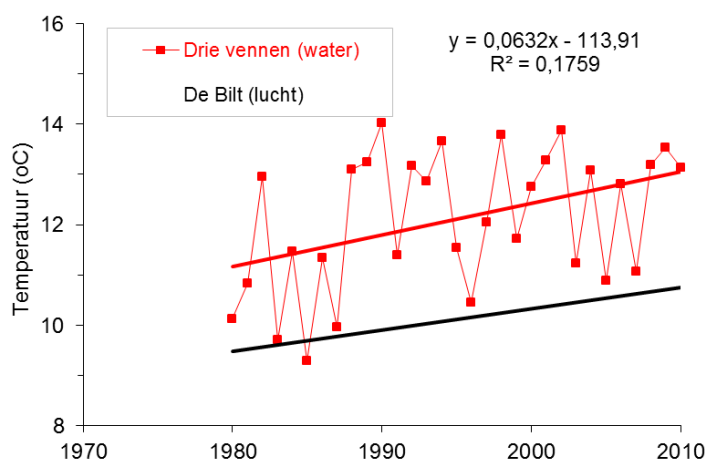
De jaargemiddelden aan de drie intensief bemonsterde vennen zijn uitgezet in Figuur 10. De stijging hiervan gaat ongeveer parallel met die van de luchttemperatuur en bedraagt ongeveer 0,06 °.

### 4.3.2. Waterstand

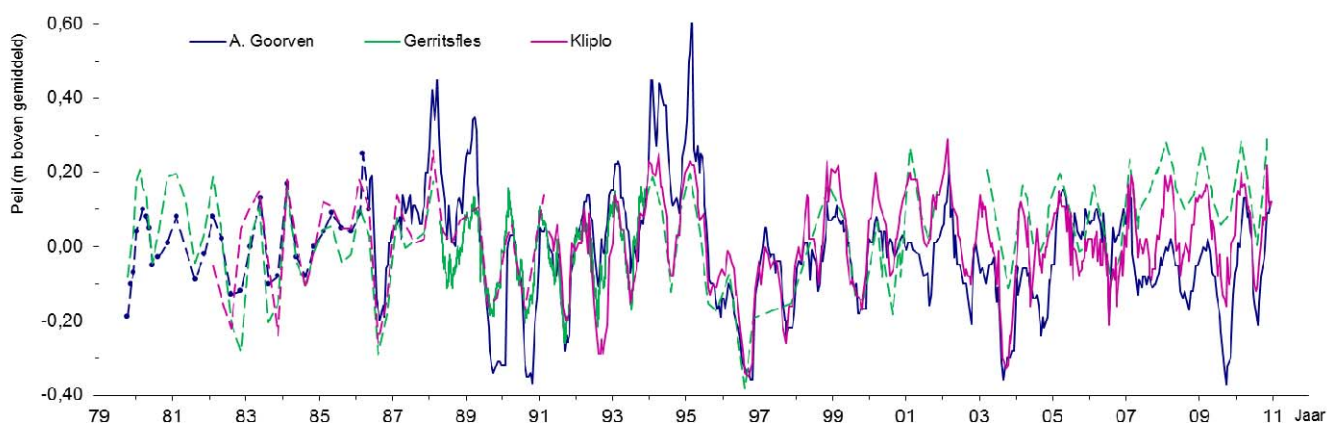
De resultaten voor de periode 2007-2010 zijn vermeld in Bijlage 4. In Figuur 11 zijn de waterstanden over de hele waarnemingsperiode vermeld.

Vooral in het Achterste Goorven zakt de waterstand in droge zomers sterk uit. Over het algemeen is er een nauwe correlatie tussen de waterstand in droge zomers volgens Figuur 11 en het neerslagoverschot volgens Figuur 8. Alleen de zomer van 1989 was volgens Figuur 8 niet erg droog, maar deze cijfers hebben betrekking op De Bilt. In Brabant kan de situatie anders zijn geweest. Na 1995 is de amplitude van de waterstand in het Achterste Goorven verminderd. Dit zal zijn veroorzaakt doordat in dat jaar de waterstand in de aangrenzende Centrale Vennen meer onder controle werd gebracht.

De gemiddelde jaarlijkse waterstanden zijn, zoals verwacht, positief gecorreleerd met de gemiddelde hoeveelheid neerslag, maar zeer sterk zijn deze correlaties niet (Tabel 4).



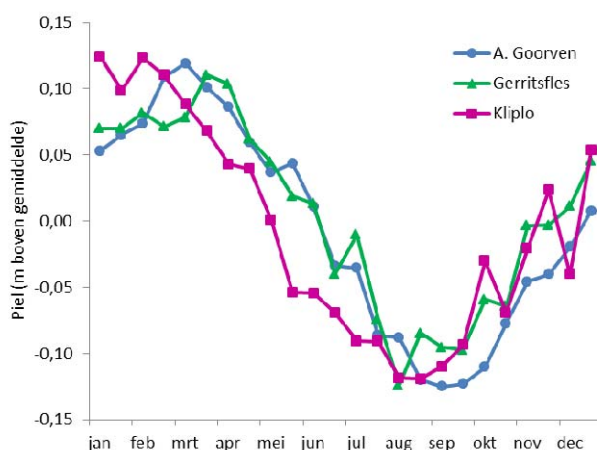
Figuur 10. Veranderingen van de gemiddelde jaarlijkse watertemperatuur van de drie intensief bemonsterde vennen, in vergelijking met de trend van de luchttemperatuur te De Bilt ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)).



Figuur 11. 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 gemiddelde jaarlijkse waterstanden zijn ook nog eens uitgezet in Figuur 13. Voor de waterstand zijn hier niet de betreffende kalenderjaren genomen, maar die van het laatste kwartaal van het jaar voor het aangegeven jaar en de eerste drie kwartalen van het lopende jaar. Voor deze weergave is gekozen omdat het droogvallen van een deel van de bodem in de nazomer en het najaar van grote betekenis is voor de chemie van het water in het daaropvolgende jaar, zoals hieronder zal blijken.

De gemiddelde waterstanden in de tweede en derde decade (rond de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> van elke maand) over de hele onderzoeksperiode zijn vermeld in Figuur 12. De zaagtandstructuren van de lijnen voor Kliplo en Gerritsfles hebben te maken met onvolledige gegevens. De amplitudes in de drie vennen zijn ongeveer gelijk. In Kliplo treden extremen een maand



Figuur 12. Gemiddelden van de waterstanden in de tweede en derde decade van elke maand in drie intensief bemonsterde vennen over de periode 1979 – 2010.

Tabel 4. Pearsoncorrelaties tussen jaargemiddelden van de hoeveelheid, deposities en concentraties van de natte neerslag enerzijds met het peil en de concentraties van ammonium, sulfaat en chloride in het venwater anderzijds (1978 – 2010). Voor A. Goorven, Gerritsfles en Kliplo zijn gegevens van respectievelijk de neerslag op de stations Gilze-Rijen, De Bilt en Witteveen/Valthermond gebruikt. Significantie: **vet**  $p < 0,001$ , onderstreept  $p < 0,01$ , *cursief*  $p < 0,05$ . De niet-rechtstreekse correlaties zijn grijs gedrukt.

Natte depositie	ven variabele	Achterste Goorven					Gerritsfles					Kliplo				
		Jaar	Peil	NH4	SO4	Cl	Jaar	Peil	NH4	SO4	Cl	Jaar	Peil	NH4	SO4	Cl
Hoeveelheid	neerslag	,04	,40	-,33	-,26	-,08	,15	,36	-,25	-,30	-,42	-,01	,24	,25	,23	-,04
Depositie	NH4	<b>-,78</b>	,18	,29	,41	,64	<b>-,85</b>	-,36	<b>,58</b>	<u>,54</u>	<u>,44</u>	<b>-,78</b>	-,08	,27	,37	,37
	NO3	<b>-,83</b>	,31	,10	<u>,51</u>	,73	<b>-,74</b>	-,20	,36	<u>,48</u>	,32	<b>-,85</b>	-,09	,24	,32	,45
	NO3+NH4	<b>-,82</b>	,22	,25	,45	,69	<b>-,83</b>	-,31	<u>,52</u>	<u>,53</u>	<u>,41</u>	<b>-,82</b>	-,08	,26	,36	,41
	SO4	<b>-,96</b>	,24	,25	<b>,61</b>	<b>,80</b>	<b>-,96</b>	-,30	<u>,51</u>	<b>,73</b>	<b>,65</b>	<b>-,96</b>	-,11	,21	,31	<b>,60</b>
	Cl	<b>-,62</b>	,21	,25	,28	<b>,59</b>	<u>-,51</u>	-,18	,30	,34	<u>,45</u>	<u>-,51</u>	,03	,38	,41	<b>,38</b>
Concentratie	NH4	<b>-,74</b>	-,08	,19	<b>,82</b>	<b>,61</b>	<b>-,74</b>	-,16	,23	<b>,71</b>	<b>,67</b>	<b>-,72</b>	-,32	-,05	,17	<b>,62</b>
	NO3	<b>-,70</b>	-,08	,11	<b>,83</b>	<b>,59</b>	<b>-,71</b>	-,11	,17	<b>,69</b>	<b>,63</b>	<b>-,73</b>	-,35	-,07	,12	<b>,63</b>
	NO3+NH4	<b>-,73</b>	-,08	,16	<b>,83</b>	<b>,61</b>	<b>-,73</b>	-,15	,21	<b>,70</b>	<b>,66</b>	<b>-,73</b>	-,33	-,06	,15	<b>,62</b>
	SO4	<b>-,80</b>	-,01	,15	<b>,82</b>	<b>,67</b>	<b>-,79</b>	-,15	,23	<b>,78</b>	<b>,70</b>	<b>-,81</b>	-,31	-,05	,13	<b>,65</b>
	Cl	<b>-,70</b>	-,09	,20	<b>,78</b>	<b>,62</b>	<b>-,62</b>	-,13	,15	<b>,63</b>	<b>,69</b>	<b>-,65</b>	-,28	,04	,25	<b>,66</b>

vroeger op (februari, augustus) dan in het Achterste Goorven (maart, september). In de Gerritsfles lijkt het maximum nog iets later op te treden dan in Kliplo en het minimum iets eerder, maar dat heeft misschien te maken met de in verhouding schaarse gegevens voor de Gerritsfles.

De correlaties tussen de NAO-waarden en de gemiddelde jaarlijkse waterstanden (periode oktober - september) zijn vermeld in Tabel 5. De Gerritsfles neemt in deze tabel een vreemde positie in. De peilen zijn niet gecorreleerd met die van het Achterste Goorven, hoewel dat wel valt te verwachten. Bovendien is de correlatie van de NAO in het zomerhalfjaar en het peil van dit ven sterk negatief. Waarschijnlijk komt dit doordat van de Gerritsfles veel ontbrekende waarnemingen zijn, vooral in de periode 1997 – 2005. Eigenlijk is er alleen een significant positieve correlatie tussen het peil van het Achterste Goorven, het gemiddelde jaarlijkse peil van de drie vennen en de NAO in het winterhalfjaar. Dat is ook volgens de verwachting. De NAO-waarden in het zomerhalfjaar doen er kennelijk niet zoveel toe.

Tabel 5. Pearsoncorrelaties tussen NAO-waarden en de gemiddelde jaarlijkse waterstand (oktober - september) in de drie vennen en de vennen onderling. Achterste Goorven: 1980-2010,  $n = 30$ ; Gerritsfles: 1980-2010,  $n = 23$ ; Kliplo: 1983-2010,  $n = 28$ ). : \*\*\* $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ , + $p < 0,06$ .

	NAOw	NAOz	NAOj	AGE	GER	KLI	GEM
NAO winterhalfjaar	1,00						
NAO zomerhalfjaar	0,31	1,00					
NAO jaar	0,79 ***	0,82 ***	1,00				
Achterste Goorven	0,36 *	0,16	0,32	1,00			
Gerritsfles	-0,17	-0,60 **	-0,47 *	0,19	1,00		
Kliplo	0,29	-0,14	0,08	0,58 **	0,57 **	1,00	
Gemiddelde drie vennen	0,38 *	-0,05	0,19	0,87 *	0,56 *	0,83 ***	1,00

### 4.3.3. Chemie

Het verloop van de concentraties van een aantal chemische variabelen in de drie vennen is uitgezet in Figuur 13. De correlaties met het jaar van monstername en de correlaties met chloride, ammonium, nitraat en sulfaat in neerslag en venwater zijn vermeld in Tabel 4. De correlaties van de chemische variabelen met jaar van monstername en het waterpeil zijn opgenomen in Tabel 6. De significanties zijn in Excel getoetst met een t-verdeling.

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

#### Chloride

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. In de drie vennen zijn de concentraties steeds meer op een zelfde niveau gekomen.

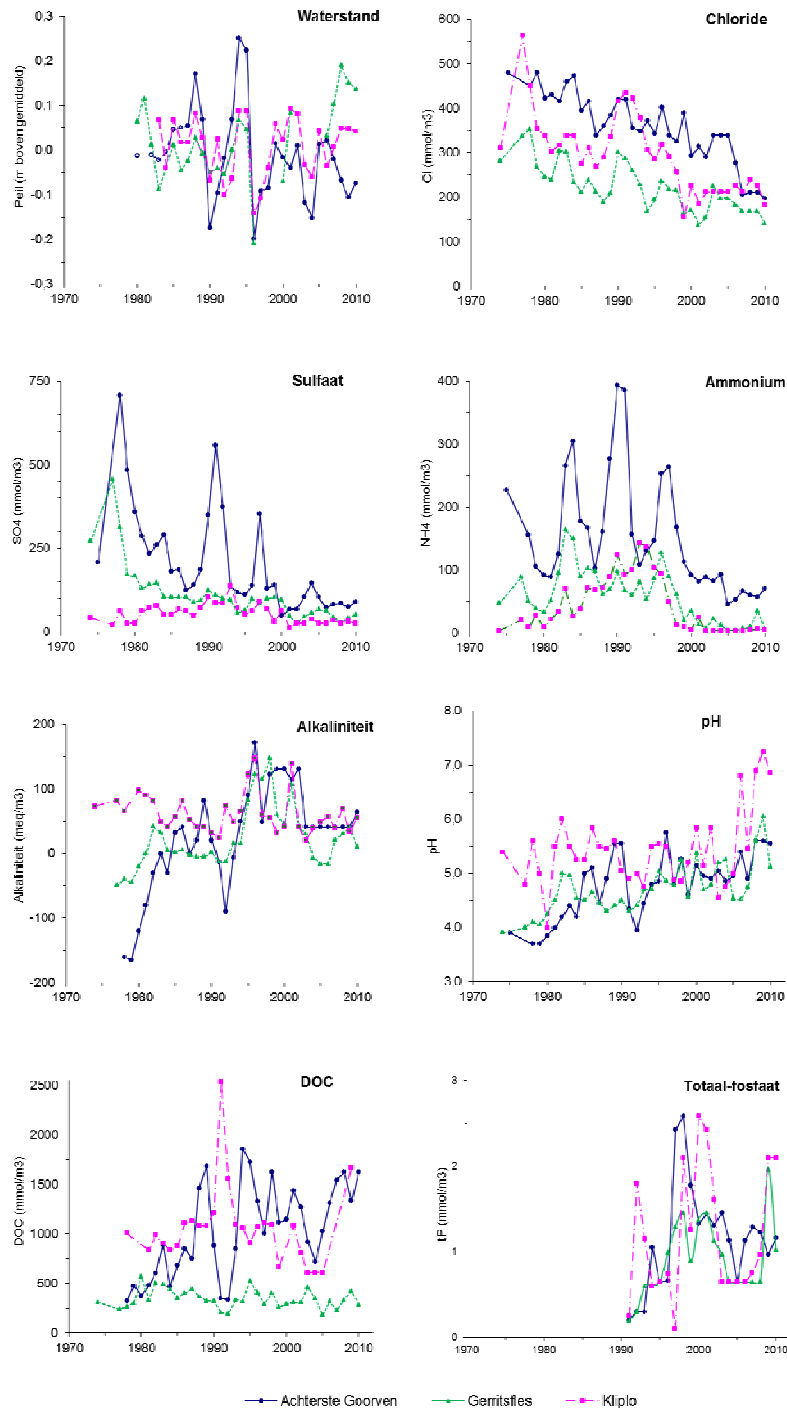
#### Sulfaat

Tussen de drie onderzochte vennen waren bij de aanvang van het onderzoek grote verschillen in de sulfaatconcentraties; daarop zijn ze geselecteerd na het verkennend onderzoek in 1978 (Van Dam e.a. 1981). De verschillen tussen de vennen hangen o.a. samen met de morfometrie en de daarmee samenhangende verblijftijd van het water (Van Dam 1988).

In het Achterste Goorven en de Gerritsfles is een significante daling van de sulfaatconcentraties, zij het met grote pieken en dalen, vooral in het Achterste Goorven. In Kliplo is er van de jaren zeventig een stijging tot ongeveer 1990 en daarna weer een afname tot waarden rond de 80 mmol m<sup>-3</sup> in het A. Goorven en 50 mmol m<sup>-3</sup> in de Gerritsfles. In de loop der tijd zijn de concentraties van sulfaat steeds meer in elkaars buurt gekomen. Vooral in Kliplo, maar soms ook in de andere twee vennen liggen ze nu vaak onder de gehanteerde detectiegrens van 5 mg l<sup>-1</sup> (52 mmol m<sup>-3</sup>).

Tabel 6. Pearsoncorrelaties tussen het jaar van monstername, de gemiddelden van het waterpeil en de jaarlijkse neerslag (nsl) en de medianen van pH-veld, alkaliniteit, DOC, ammonium, totaal-fosfaat, chloride en Ionic Ratio (1978 – 2010) van de drie vennen. n = aantal jaren met waarnemingen. Significantie: **vet** p < 0,001, onderstreept p < 0,01, *cursief* p < 0,05. De niet-significante correlaties zijn grijs gedrukt.

var.	Achterste Goorven											Gerritsfles							Kliplo																
	jaar	pHv	alk	DOC	NH4	tP	SO4	Cl	IR	peil	n	jaar	pHv	alk	DOC	NH4	tP	SO4	Cl	IR	peil	n	jaar	pHv	alk	DOC	NH4	tP	SO4	Cl	IR	peil	n		
pHv	<b>,69</b>											<b>,64</b>											<b>,39</b>												
alk	<b>,65</b>	<b>,79</b>										<b>,34</b>	<b>,50</b>																						
DOC	<b>,63</b>	<b>,74</b>	<b>,73</b>									<b>-,32</b>	<b>,26</b>	<b>,22</b>																					
NH4	<b>-,42</b>	<b>,00</b>	<b>-,02</b>	<b>-,22</b>								<b>-,62</b>	<b>-,16</b>	<b>,15</b>	<b>,45</b>																				
tP	<b>,25</b>	<b>,28</b>	<b>,48</b>	<b>,37</b>	<b>-,10</b>							<b>,36</b>	<b>,62</b>	<b>,61</b>	<b>,38</b>	<b>-,04</b>																			
SO4	<b>-,67</b>	<b>-,66</b>	<b>-,75</b>	<b>-,71</b>	<b>,50</b>	<b>-,23</b>						<b>-,79</b>	<b>-,55</b>	<b>,34</b>	<b>,08</b>	<b>,35</b>	<b>-,21</b>																		
Cl	<b>-,88</b>	<b>-,61</b>	<b>-,48</b>	<b>-,64</b>	<b>,55</b>	<b>-,19</b>	<b>,66</b>					<b>-,74</b>	<b>-,42</b>	<b>-,31</b>	<b>,16</b>	<b>,56</b>	<b>-,46</b>	<b>,81</b>																	
IR	<b>-,33</b>	<b>-,55</b>	<b>-,60</b>	<b>-,57</b>	<b>,22</b>	<b>-,07</b>	<b>,82</b>	<b>,25</b>				<b>-,36</b>	<b>-,51</b>	<b>-,16</b>	<b>-,25</b>	<b>-,16</b>	<b>,03</b>	<b>,52</b>	<b>,26</b>																
peil	<b>-,28</b>	<b>-,27</b>	<b>-,09</b>	<b>,27</b>	<b>-,21</b>	<b>-,21</b>	<b>-,21</b>	<b>,10</b>	<b>-,26</b>			<b>,47</b>	<b>,29</b>	<b>-,13</b>	<b>-,18</b>	<b>-,73</b>	<b>,18</b>	<b>-,51</b>	<b>-,59</b>	<b>,22</b>															
nsl	<b>,04</b>	<b>-,16</b>	<b>,05</b>	<b>,09</b>	<b>-,33</b>	<b>,08</b>	<b>-,26</b>	<b>-,08</b>	<b>-,10</b>	<b>,40</b>		<b>,15</b>	<b>,02</b>	<b>,01</b>	<b>-,13</b>	<b>-,25</b>	<b>,00</b>	<b>-,30</b>	<b>-,42</b>	<b>-,04</b>	<b>,36</b>														



Figuur 13. Veranderingen van de gemiddelden van de waterstand en de medianen van geselecteerde chemische parameters in de intensief bemonsterde vennen. In de grafiek van de waterstand stellen de open symbolen jaren voor waar de waterstand eens per kwartaal is opgenomen en de gesloten symbolen jaren waar dit tenminste maandelijks is geschied. Bij de waterstand lopen de jaren van oktober van het voorafgaande jaar tot en met september van het vermelde jaar. De jaren voor de chemische variabelen vallen samen met kalenderjaren.



Al in het vorige verslag (Van Dam & Mertens 2008) werd beschreven dat de lage sulfaatconcentraties in de laatste jaren niet alleen het gevolg zijn van de sterke vermindering van de atmosferische depositie (Tabel 4), maar ook van sulfaatreductie, die dank zij de toegenomen pH, alkaliniteit en temperatuur in de loop der tijd steeds beter verlopen. Daarbij wordt ook weer alkaliniteit geproduceerd, zodat er sprake is van positieve terugkoppeling.

In zeer droge zomers, zoals 1976, 1990, 1996, 2003 en 2009, viel een (al of niet relatief) 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. Goorven. 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<sup>-3</sup>) in de vroege jaren negentig en daarna is er een significante afname tot waarden beneden de detectielimiet (52 mmol m<sup>-3</sup>). De oorzaak van de stijging van de sulfaatconcentraties in Kliplo tussen 1980 en 1990 is niet duidelijk.

## Ammonium

In alle drie 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.

De daling van de ammoniumconcentratie werd al in eerdere verslagen geconstateerd, maar nu blijft deze ook op een laag niveau. In Kliplo blijven de concentraties de laatste jaren steeds beneden de detectiegrens (0,1 mg l<sup>-1</sup>, 25 mmol m<sup>-3</sup>), in de Gerritsfles is dit vaak het geval. In het Achterste Goorven zijn de concentraties nog steeds hoger, maar blijven beneden 100 mmol m<sup>-3</sup>. In verhouding is de ammoniumconcentratie van de vennen de laatste tien jaar veel sterker gedaald dan in de depositie (Figuren 9 en 13). Kennelijk verdwijnt er, gefaciliteerd door de hogere jaartemperaturen, veel ammonium door nitrificatie en vervolgens denitrificatie (de nitraatconcentraties liggen meestal ook beneden de detectiegrens).

De ammoniumconcentraties in het Achterste Goorven 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 in de Gerritsfles is zo'n patroon zichtbaar, zij het zwakker dan in het Achterste Goorven. In de Gerritsfles lijken de fluctuaties in ammonium in verhouding groter dan die van sulfaat. 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.

De samenhang tussen de concentraties van ammonium in de neerslag en het venwater is geringer dan die voor chloride en sulfaat (Tabel 4). Dat

## Overige variabelen

wijst erop dat de concentratie van ammonium in sterkere mate door biologische processen wordt bepaald dan die van sulfaat en chloride.

Alkaliniteit en pH verlopen in Gerritsfles en Achterste Goorven grotendeels parallel. De afname van sulfaat veroorzaakt een toename van pH en alkaliniteit. De stijging gaat echter niet ongelimiteerd door, o.a. door de protonenproductie bij de nitrificatie van ammonium. De concentratie van opgeloste organische koolstof (DOC) is laag in periodes met hoge sulfaatconcentraties en lage pH, door precipitatie van humusverbindingen met aluminium, dat bij lage pH in oplossing komt.

Bij de afbraak van organische stof door de toegenomen sulfaatreductie en denitrificatie komen o.a. fosfaten vrij. Daaruit is de toename van totaal-fosfaat in de Gerritsfles en het Achterste Goorven te verklaren. In Kliplo heeft totaal-fosfaat een onregelmatig patroon: sinds 2007 is hier weer een sterke stijging<sup>6</sup>. De N/P-verhouding van het Achterste Goorven is bepaald in de periode 2001-2010 en is gemiddeld 151. Dat is vele malen hoger dan de verhouding van 16 - 23, waarboven fosfaat beperkend is voor de algengroei in zoete wateren (Borchardt 1996, Wetzel 2001, Reynolds 2006). Ook in de Gerritsfles (N/P 57) en Kliplo (70) is eerder fosfaat dan stikstof limiterend voor de algengroei.

Sinds de zomer van 2008 is Kliplo vaak groen(bruin) gekleurd door de aanwezigheid van planktonalgen. Dat was ook zo in de jaren 1990-1991, maar niet in de periode 1998-2002, toen hier ook hoge fosfaatconcentraties werden gemeten.

## 4.4. Alle vennen

In Figuur 14 zijn de veranderingen van enkele geselecteerde variabelen aangegeven. De getallen zelf zijn vermeld in Bijlage 5. Met een Excel-programma ([www.viesanimales.org](http://www.viesanimales.org)) is met de verdelingsvrije toets van Friedman voor elke variabele nagegaan of de verschillen tussen de bemonsteringsjaren significant zijn. Voor alle variabelen uit Figuur 14 is dit het geval ( $p < 0,001$ ), behalve voor totaal-fosfaat en totaal-stikstof ( $p > 0,05$ ).

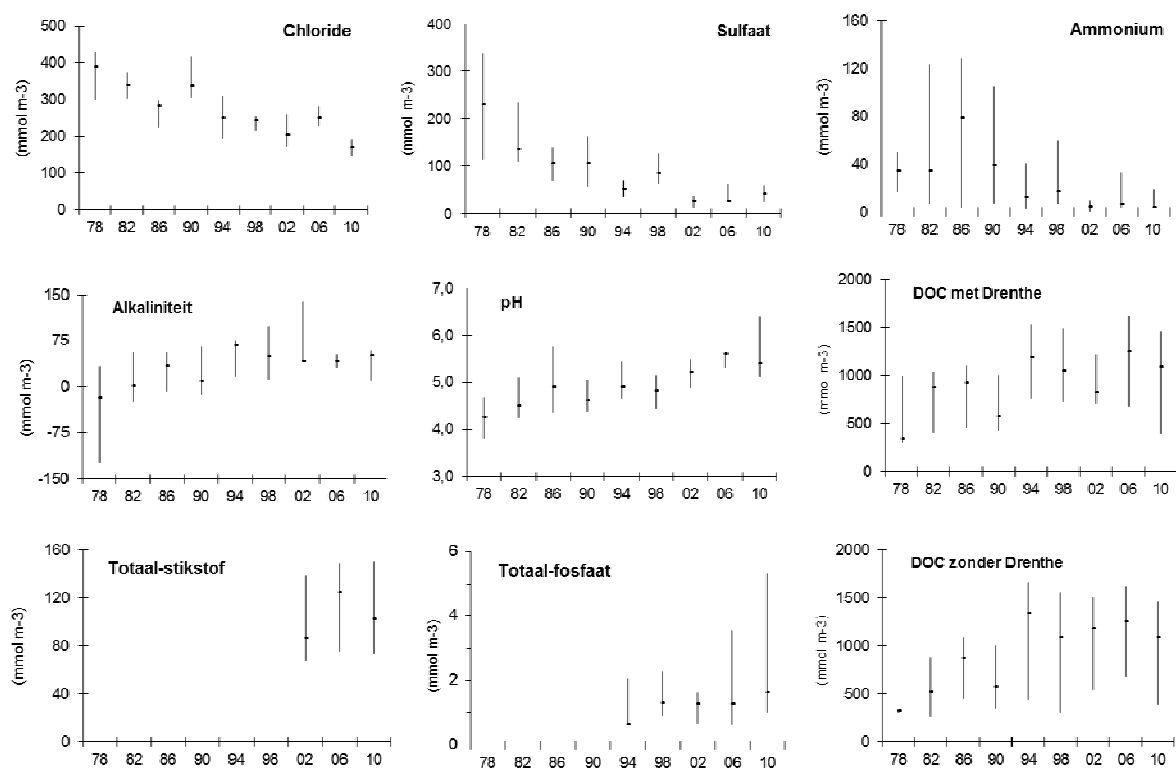
## Chloride

In 1978 was de mediane chlorideconcentratie  $388 \text{ mmol m}^{-3}$ . In de loop der jaren is deze geleidelijk aan afgenomen tot  $169 \text{ mmol m}^{-3}$  in 2010, in lijn met de resultaten van de intensief bemonsterde vennen.

## Sulfaat

Sulfaat is afgenomen van  $229 \text{ mmol m}^{-3}$  in 1978 tot  $26 \text{ mmol m}^{-3}$  in 2002. In 2010 is de mediaan met  $41 \text{ mmol m}^{-3}$  wat hoger, maar dat kan samenhangen met de behandeling van waarden beneden de rapportagegrenzen. In 1998 is de concentratie weer hoger dan in 1994: een na-ijlen van de droogte van 1996-1997, maar daarna treedt weer een sterke daling op.

<sup>6</sup> In 1990 en 1991 zijn de monsters voor totaal-fosfaat gefiltreerd, daarna niet meer. Van 1992 tot 1999 is meerdere malen van laboratorium gewisseld (Waterleidingbedrijf Midden-Nederland, Zuiveringsschap Drenthe, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne). Vanaf 2000 zijn de analyses vrijwel uitsluitend door het laboratorium van het Waterschap Groot-Salland uitgevoerd. De analyses van vergelijkbare bemonsteringsdata van verschillende laboratoria laten echter weinig verschillen zien.



Figuur 14. Veranderingen van de mediane waarden van geselecteerde milieuv variabelen in 11 vennen. De verticale lijnen verbinden de 25- met de 75-percentielwaarden.

De snelheid van de afname in de periode 1978 – 2002 bedraagt  $8,48 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ . Indien dit wordt gecorrigeerd met een verdunningsfactor  $203/388$  (de afname van het inerte chloride) is dit  $6,0 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ . Dat is zeer hoog in vergelijking met de snelheden rond  $3,4 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  in zuidelijk Noorwegen en Zweden rond de  $2 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  in centraal Europa en  $0,7\text{-}0,9$  in de rest van Europa (Skjelkvåle e.a. 2005). De invloed van de bodem, waar de sulfaatreducerende processen plaatsvinden is in de ondiepe Nederlandse vennen duidelijk veel groter dan in de diepere, buitenlandse meren. Na 2002 zijn er geen grote veranderingen meer. Zo die er al zijn ontsnappen deze aan de waarneming, door de in verhouding hoge rapportagegrens voor sulfaat.

#### Anorganische stikstof

Tussen de concentraties van ammoniumstikstof in de verschillende jaren zijn significante verschillen. In 1978 bedraagt de mediane concentratie  $34 \text{ mmol m}^{-3}$ . 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  $10 \text{ mmol m}^{-3}$ , beneden de detectiegrens. Dat is van 1986 tot 2002 gemiddeld een afname van  $4,6 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  (na verdunningscorrectie  $2,4 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ ). De verschillen tussen de vennen zijn echter zeer groot.

Er zijn niet veel vergelijkbare getallen uit het buitenland, waar stikstof in verzuringsgevoelige wateren vooral als nitraat aanwezig is. Dit is in de onderzochte vennen nauwelijks van betekenis. De afname daarvan bedraagt in centraal Europa  $0,9 - 1 \text{ mmol m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ , terwijl in de Alpen, Scandinavië en de Britse eilanden geen veranderingen of juist een toe-

Zuurgraad en zuurbindend vermogen	<p>name zijn gevonden (Skjelkvåle e.a. 2005). Na 2002 zijn er geen grote veranderingen meer. Eventuele veranderingen na 2002 ontsnappen deze aan de waarneming, door de in verhouding hoge rapportagegrens voor ammonium.</p> <p>De laagste waarden van de alkaliniteit (minimum <math>160 \text{ meq m}^{-3}</math>, mediaan <math>-20 \text{ meq m}^{-3}</math>) zijn gemeten in 1978. Daarna is er een geleidelijke stijging tot een mediane waarde van <math>66 \text{ meq m}^{-3}</math> in 1994, die zich daarna niet verder doorzet. De gemiddelde stijging in de periode 1978-1994 is <math>5,2 \text{ meq m}^{-3} \text{ j}^{-1}</math> (na verdunningscorrectie <math>3,3 \text{ meq m}^{-3} \text{ j}^{-1}</math>). Deze waarde is twee tot drie maal hoger dan in andere Europese landen (Skjelkvåle e.a. 2005).</p> <p>De pH-verschillen tussen de verschillende jaren zijn significant (<math>p &lt; 0,05</math>). De mediaan stijgt van 4,3 in 1978 tot 5,0 in 1986 en blijft daarop hangen tot 1998, waarna deze stijgt tot waarden rond 5,5 vanaf 2006. De protonenconcentratie daalt in 32 jaar van 56 naar <math>4 \text{ meq m}^{-3}</math>, een daling van ca <math>1,6 \text{ meq m}^{-3} \text{ j}^{-1}</math> (na verdunningscorrectie <math>0,7 \text{ meq m}^{-3} \text{ j}^{-1}</math>), hetgeen tien maal meer is in vergelijking met de meeste verzuringsgevoelige Europese wateren. In sommige wateren in West-Europa is de protonenconcentratie recent zelfs toegenomen (Skjelkvåle e.a. 2005).</p> <p>Opvallend zijn de verhoudingsgewijs zeer hoge pH-waarden (tot 7,5) in de vanouds (humus)zure vennen als bijvoorbeeld Kliplo en Diepveen in Drenthe, met alkaliniteitswaarden rond de <math>60 \text{ mmol m}^{-3}</math>. Dat wijst op (toenamen van?) intensieve reductieprocessen in deze vennen.</p>
Opgeloste organische koolstof	<p>De variatie tussen de vennen in het gehalte aan opgeloste organische koolstof (DOC = dissolved organic carbon) is zeer groot. Omdat in de Drentse vennen de DOC in 2006 en 2010 niet is gemeten zijn in Figuur 14 zowel de medianen met als zonder de Drentse vennen vermeld. Tot en met 1990 lagen de DOC-concentraties in de Veluwe en Brabantse vennen rond de <math>600 \text{ mmol m}^{-3}</math>. Daarna zijn de concentraties ongeveer verdubbeld. Na toepassing van de chloridecorrectie is er een toename van ongeveer <math>200 \text{ mmol m}^{-3}</math>.</p> <p>In de periode 1990-2001 is het DOC-gehalte van veel Europese verzuringsgevoelige meren toegenomen met ongeveer <math>0,05 \text{ mg/l}</math> per jaar, overeenkomend met <math>4,2 \text{ mmol m}^{-3}</math> per jaar, ofwel <math>46 \text{ mmol m}^{-3}</math> in elf jaar (Skjelkvåle e.a. 2005). In vergelijking met de rest van Europa is de stijging van het DOC-gehalte in de Nederlandse vennen dus zeer aanzienlijk.</p> <p>De toename van DOC wijst op een toename van de afbraak van organisch materiaal, o.a. door sulfaatreductie en denitrificatie.</p>
Nutriënten	<p>De metingen van totaal-fosfaat zijn pas in 1994 begonnen en er zijn door de grote variabiliteit binnen seizoenen en jaren geen significante veranderingen geconstateerd. Mogelijk speelt ook de betrekkelijk hoge detectiegrens van totaal-fosfaat een rol bij het ontbreken van een significante trend in de waarnemingen. Wel is het voorkomen van steeds hogere uiterste waarden opmerkelijk. Mogelijk is dit het gevolg van toegenomen afbraak van organisch materiaal door reductieprocessen.</p> <p>Van totaal-stikstof zijn bepalingen in 2002, 2006 en 2010, zonder dat er duidelijke verschillen tussen de jaren zijn. De mediane verhouding N/P voor deze jaren ligt tussen 48 en 80, wat eerder op fosfaat- dan stikstof-limitatie wijst.</p>

## 4.5. Veranderingen van chemische kwaliteit

De beschikbare zomergemiddelde concentraties van totaal-fosfaat en totaal-stikstof zijn vermeld in Tabel 7.

De concentraties kunnen sterke verschillen vertonen in opvolgende jaren, zoals die van fosfaat in het Middelste Wolfsputven en Schaapsven in 2009 en 2010, waardoor de beoordelingen ook in verschillende klassen terecht komen.

In totaal voldoen tien van de in totaal 67 venmeetjaren (15%) niet aan de eisen voor totaal-fosfaat. Voor stikstof zijn er 29 (43%) venmeetjaren die niet aan de eisen voldoen. Tussen de verschillende regio's zijn er grote verschillen: van Noord naar zuid verslechtert de kwaliteit, vooral voor totaal-stikstof.

In de *Drentse vennen* is het beeld voor fosfaat vrij gunstig. Van de 23 venmeetjaren is er slechts één (4%) onvoldoende. Hier scoort alleen Poort 2 onvoldoende, door de hoge concentratie ( $4,2 \text{ mmol m}^{-3}$ ) in 2002. In Kliplo scoort de stikstofconcentratie onvoldoende. Hier is sinds 2006 een snelle verslechtering van de kwaliteit. Voor stikstof scoren in Drenthe vennen in totaal zes (26%) van de 16 venmeetjaren onvoldoende.

Tabel 7. Zomergemiddelde concentraties van totaal-fosfaat en totaal-stikstof in  $\text{mmol m}^{-3}$  per jaar en gemiddeld voor alle meetjaren. De kwaliteitsklassen zijn aangegeven met de kleuren uit Tabel 6. Aantal waarnemingen: 1 geen kader, 2 dun kader, 5-7 dik kader, 9-43 vet kader.

Type Ven	Totaal P													gem.	Totaal N													gem.									
	Jaar	'96	'97	'98	'99	00	01	02	03	04	05	06	07		08	09	10	'96	'97	'98	'99	00	01	02	03	04	05		06	07	08	09	10				
<b>Drenthe</b>																																					
M26 Kliplo							2,9	2,8	2,7	0,6	0,6	0,7	0,6	1,3	1,6	2,4	2,0																				1,7
M26 Poort 2							2,3	4,2					3,2				1,5																				2,8
M26 Diepveen							0,6	1,8					1,6				1,4																				1,4
M26 Echtenezand							0,6	2,7					2,1				1,8																			1,8	
<b>Veluwe</b>																																					
M12 Gerritsfles	1,4	1,9	0,3	0,7	1,4	2,6	1,1	0,9	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	2,5	1,1																					1,2	
M13 Kempesfles						1,6						3,4				6,8																					3,9
M12 Deelense Was						0,8						0,8																									0,8
<b>N.-Brabant</b>																																					
M12 A. Goorven							2,6	1,4	2,6	1,3	0,6	2,3	1,3	1,9	1,0	2,7																					1,8
M12 Groot Huisven							1,3					3,9			1,5	1,6																					2,1
M13 M. Wolfsputven							3,5					3,6			2,3	6,5																					3,9
M12 Schaapsven							0,7					3,6			2,9	4,2																					2,8

Op de *Veluwe* lijkt de concentratie van totaal-fosfaat in de 15 meetjaren van de Gerritsfles niet te veranderen: hoewel de fluctuaties groot zijn. De toestand is hier steeds (vrij) goed tot zeer goed. Voor stikstof is er een maximum in de kwaliteit in de jaren 2004 – 2006. In de Kempesfles is de nutriëntentoestand onvoldoende. De Deelense Was scoort voor fosfaat en stikstof steeds (vrij) goed tot goed, ondanks de invloed van de eenden en op het ven. Drie van de 21 venmeetjaren (14%) voor fosfaat en zes venmeetjaren (29%) voor stikstof scoren onvoldoende.

In de *Brabantse vennen* voldoet de fosfaatconcentratie in het Achterste Goorven steeds aan de norm, maar voor stikstof is dit niet het geval. Ook in dit ven is vaak veel humeus materiaal met organisch gebonden

stikstof aanwezig (DOC in Figuur 13), maar ook de ammoniumconcentratie is hier vaak hoog (Figuur 13). De chemische kwaliteit van de overige Brabantse vennen vertoont weliswaar onderlinge verschillen, maar de kwaliteit schiet vaak tekort door de aanwezigheid van veel fosfaat en stikstof in humeus materiaal. In totaal scoren hier zes van de 23 venmeetjaren (26%) onvoldoende voor fosfaat en 17 (74%) venmeetjaren halen onvoldoende punten voor stikstof.

## 5. Kiezelwieren

### 5.1. Methoden

#### 5.1.1. Veld en laboratorium

	<p>De gebruikte methoden komen in hoofdzaak overeen met die in het Handboek Hydrobiologie (Van Dam &amp; Mertens 2010).</p>
Bemonstering	<p>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 Gerritsfles 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)</p>
Vorbewerking	<p>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 zwavelzuur en waterstofperoxide (30%). Na herhaald spoelen in water zijn preparaten vervaardigd door inbedden in Naphrax.</p>
Analyse	<p>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 aselect gekozen beeldvelden gede-</p>

termineerd en geteld. Daarbij is gebruik gemaakt van de in de literatuurlijst genoemde determinatieliteratuur. Daarbij zijn de taxonomische indeling en naamgeving van Taxa Waterbeheer Nederland (TWN) gebruikt (<http://www.idsw.nl/aquo-standaard/aquo-domeintabellen/taxa-waterbeheer/>).

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 8. 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 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 6.

Tabel 8. Indeling in ecologische groepen, aangepast naar Van Dam & Arts (1993).

Afk.	Afkorting	Omschrijving	Toelichting
X	<i>E. exi</i>	Verzuringsindicator	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 geëutrofeerd
D	Doel.	Doelsoorten uit laag-alkaliele 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 natuurwaaier van vennen tot uiting
A	<i>A. min.</i>	<i>Achnanthes minutissima</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 belast, 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 en 2010. 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 november-waarnemingen 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. Vanwege de scheve verdeling van de waarnemingen werd een verdelingsvrije 'two-way' variantie-analyse volgens Friedman van de vier laatste parameters uitgevoerd (Siegel 1956). Hiervoor werd gebruik gemaakt van het programma van AnaStats ([www.viesanimales.fr](http://www.viesanimales.fr)).

## Kwaliteit

Aan de hand van de relatieve verdeling van de ecologische groepen (Tabel 9) is een KRW-conforme kwaliteitsindex berekend (Arts e.a., 2002, Van der Molen 2004, Van der Molen & Pot 2007). Eerst worden punten toegekend op grond van de aandelen van verzuringsindicatoren, trofie- + storingsindicatoren en doelsoorten (Tabel 9). 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 10 (Van der Molen 2004).

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 10. In de rest van dit rapport wordt met EKR steeds de genormaliseerde EKR bedoeld.

Tabel 9. Toekennen van punten voor kwaliteitsbeoordeling aan percentages ecologische klassen van kiezelwieren.

Punten	Percentages van het totaal aantal getelde exemplaren		
	Verzuringsindicatoren	Trofie- + storings-indicatoren	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

Tabel 10. Voorlopige kwaliteitsomschrijving voor de niet-genormaliseerde en genormaliseerde EKR met kiezelwieren aan de hand van het gemiddelde puntenaantal van de indicatoren uit Tabel 9.

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.<sup>7</sup>

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 een 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. Een lange pijl heeft een grotere invloed op de variatie in de vegetatie dan een korte. Naarmate pijlen dichter 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 mon-

<sup>7</sup> 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.

## Ordinaties (uitvoering)

ster dat dichter bij een pijl ligt correleert sterker met die milieuvariabele dan een monster op grotere afstand van die pijl.

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 milieuv variabelen. 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 milieuv variabelen beschikbaar zijn.

Voor het uitvoeren van de analyses is het computerprogramma Canoco van Ter Braak & Šmilauer (2002) gebruikt. Een meer toegankelijke handleiding hiervoor geven Van Katwijk & Ter Braak (2003).

Als milieuv variabelen zijn waarnemingen uit monsters gebruikt die ten hoogste een maand vroeger of later dan de kiezelwierenmonsters zijn genomen. Van pH-veld, \*EC25-veld (EGV)<sup>8</sup>, DOC (opgeloste organische koolstof), \*oP (ortho-fosfaat), \*NH<sub>4</sub>, \*K, Na, \*Ca, \*Mg, Cl, \*NO<sub>3</sub>, \*NO<sub>2</sub>, \*SO<sub>4</sub>, A en alkaliniteit, zijn van bijna al deze monsters waarnemingen beschikbaar. De Pearsoncorrelatiecoëfficiënten tussen de assen van de ordinaties en de (getransformeerde) milieuv variabelen zijn bereken en de significanties daarvan zijn getoetst met een t-verdeling.

Er zijn twee aparte analyses uitgevoerd voor de drie intensief onderzochte vennen en voor alle vennen samen.

*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 268 monsters (223 netplankton, 29 uitknijpsel, 15 aangroei, 1 mengmonster) uit de periode 1916 – 2010, waarin in de tellingen totaal 96 taxa werden aangetroffen. Hiervan werden alleen de 38 taxa gebruikt die samen 99,5% van de totale hoeveelheid geteld schaaltes omvatten.

---

<sup>8</sup> \* 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).

Om de te gebruiken methode te selecteren is eerst de lengte van de gradiënt in de gegevens berekend met de optie DCA. Daarbij zijn de standaardinstellingen van het programma gebruikt, maar de procentuele abundantie (plus één) van de soorten werd logaritmisch getransformeerd. Aan soorten die in weinig monster voorkomen werd minder gewicht toegekend, terwijl aan één soort (*Melosira dickiei*) geen enkel gewicht werd toegekend, omdat deze pas in de monsters van 2010 voor het eerst als zodanig werd onderscheiden. Omdat de lengte van de gradiënt voor de ordinatie van de drie vennen slechts 2,78 bedraagt is in eerste instantie verder gegaan met de hoofdcomponentenanalyse (PCA). Omdat in deze ordinatie echter een zeer sterk boogeffect optrad is toch verder gegaan met de DCA.

#### *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 142 monsters uit de periode 1916 – 2010 bij de ordinatie betrokken. In totaal zijn hierin 157 taxa aangetroffen, maar alleen de 56 taxa die in totaal 99% van de procentuele hoeveelheid uitmaken zijn meegenomen.

Ook hier is de lengte van de gradiënt kort (1,50), maar om dezelfde redenen als boven is toch voor de DCA gekozen. Om te controleren of de gebruikte techniek wel de meest aangewezen methode is, is eerst de lengte van de gradiënt in de gegevens berekend met de optie DCA uit het programma Canoco, met dezelfde instellingen als voor de ordinatie van alle vennen.

Toetsen verschillen bemonsteringsmethoden

Van enkele karakteristieken per ven zijn medianen berekend voor verschillende bemonsteringsmethoden. Verschillen tussen methoden zijn getoetst met de verdelingsvrije toets van Wilcoxon voor gepaarde waarnemingen (Siegel 1956), met het programma Past (Hammer e.a. 2001).

## 5.2. Resultaten

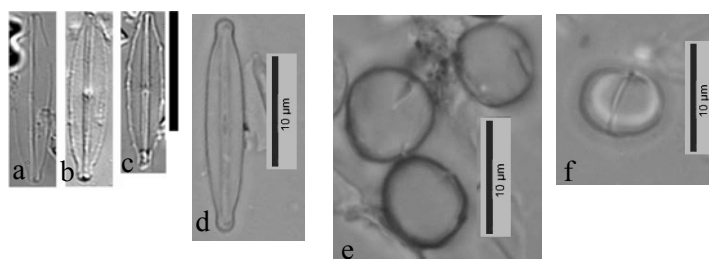
### 5.2.1. Alle vennen

De volledige resultaten van de tellingen in 2010 en voor de Gerritsfles ook de jaren 2007-2009 zijn weergegeven in Bijlage 7 (zie voor eerdere

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

#### Opmerkelijke soorten

De meeste soorten zijn ook al in eerdere jaren aangetroffen. Een bijzonderheid is *Kobayasiella tintinnus* (Figuur 15a-d), die pas onlangs is beschreven uit een zuur Roemeens kratermeer (Buczkó e.a. 2009) en in de vennen vooral in de Kempesfles, maar ook in Gerritsfles en Kliplo is aangetroffen. Zeer waarschijnlijk is de soort al eerder gevonden, maar toen als een andere soort van het geslacht *Kobayasiella* gedetermineerd. Een andere 'nieuwkomer' is *Melosira dickiei* (Figuur 15 d-f), waarvan de schalen van de bovenkant gezien zeer onopvallend zijn en op een luchtbelletje in het preparaat lijken. Dat is de reden dat ze in vroegere monsters waarschijnlijk vaak over het hoofd zijn gezien. Pas als de kolonies nog intact zijn valt de soort op. Het is een soort van vochtige, goed doorluchte plaatsen, zoals oevers met een wisselende waterstand (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991).



Figuur 15. *Kobayasiella tintinnus*. a-c: type-materiaal (Buczkó e.a. 2009), d: Nederland *Melosira dickiei*: e: bovenaanzichten uit de onderzochte vennen, f: zijaanzicht uit de onderzochte vennen.

#### Indicatiewaarden Gerritsfles

In Bijlage 8 zijn de gemiddelde ecologische indicatiewaarden en de samenstelling van de ecologische groepen van de Gerritsfles in 2007-2010 vermeld.

#### Monsters

Bijlage 9 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 388 monsters genoemd. Het betreft hoofdzakelijk netplanktonmonsters, aangevuld met een aantal monsters van uitknijpsel of aangroei van substraten. Ook zijn enkele monsters van andere laboratoria (Koeman en Bijkerk, Aquon en TNO Bouw en Ondergrond) opgenomen.

Tabel 11 geeft een samenvatting van de regionale en temporele verdeling van de 311 netplanktonmonsters die geschikt zijn voor onderlinge

Tabel 11. Overzicht van de beschikbare monsters op verschillende locaties in de diverse perioden.

Regio Locatie	Periode	20	60	70	80	90	00	10	alle
	van tot	1916 1933	1948 1965	1972 1979	1980 1989	1990 1999	2000 2006	2007 2010	1919 2010
<b>Drenthe</b>									
Kliplo		2	4	3	19	20	14	8	70
Poort 2		1	-	1	1	3	2	1	9
Diepveen		2	-	1	2	3	2	1	11
Echtenerzand		1	1	1	2	3	2	1	11
<b>subtotaal</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>101</b>
<b>Veluwe</b>									
Gerritsfles		3	8	5	20	20	14	8	78
Kempesfles		1	-	2	4	6	3	1	17
Deelense Was		1	-	-	2	2	2	1	8
<b>subtotaal</b>		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>103</b>
<b>Noord-Brabant</b>									
Achterste Goorven		10	-	3	20	20	14	8	75
Groot Huisven		2	-	2	1	3	2	1	11
M. Wolfsputven		2	-	1	2	2	2	1	10
Schaapsven		2	1	2	1	2	2	1	11
<b>subtotaal</b>		<b>16</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>107</b>
<b>Nederland</b>		<b>27</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>74</b>	<b>84</b>	<b>59</b>	<b>32</b>	<b>311</b>

vergelijking. Het hele tijdvak van 1916 tot 2006 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.

#### Alle taxa

Alle 185 in de tellingen aangetroffen taxa zijn vermeld in Bijlage 10. 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 8) 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 10. Daarnaast is vermeld in welk percentage van de 311 netplanktonmonsters en alle 361 monsters de taxa zijn aangetroffen.

#### Meest algemene taxa

In Tabel 12 zijn die soorten uit Bijlagen 11 en 12 opgenomen, die met elkaar 95% 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* en *Eunotia denticulata* 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 deze eeuw hebben. *Eunotia exigua*, de verzuringsindicator, is optimaal ontwikkeld in de zeventiger jaren. Soorten uit geëutrofeerd, zuur water, zoals *E. naegelii* en *E. meisteri*, komen

Tabel 12. De gemiddelde procentuele abundantie van de meest voorkomende soorten uit alle vennen per regio en per periode in de 311 netplanktonmonsters. Daarnaast is de frequentie in alle monsters vermeld. De soorten zijn ingedeeld in ecologische groepen (Tabel 8). Per soort is de optimale pH volgens Ter Braak & Van Dam (1989) en het optimale jaar van voorkomen in de betreffende monsters vermeld. De karakteristieken zijn gemiddelden per regio per periode. - = niet aangetroffen, + = < 0,5%. Blauw = zeer goed, groen = goed, geel = matig, oranje = ontoereikend. Perioden met weinig monsters zijn grijs gedrukt.

	Regio Drenthe								Regio Veluwe								Regio Noord-Brabant								Regio Nederland								alle	Frequentie (%)	
	20	60	70	80	90	00	10		20	60	70	80	90	00	10		20	60	70	80	90	00	10		20	60	70	80	90	00	10				
<b>Ecologische groep</b>	Aantal monsters								Aantal monsters								Aantal monsters								Aantal monsters										
<b>pH-opt.</b>	Aantal vennen								Aantal vennen								Aantal vennen								Aantal vennen										
<b>Verzuringindicatoren</b>																																			
4.1 <i>Eunotia exigua</i> s.l.	1	31	28	22	16	4	6		2	43	82	66	42	9	3		1	1	74	43	27	13	3		1	25	61	44	29	9	4		24,7	82	
<b>Triviale soorten uit zuur water</b>																																			
5.0 <i>Pinnularia microstauron</i> -groep	1	+	+	+	+	+	-		1	3	+	+	+	+	-		+	-	+	+	1	+	-		1	1	+	+	+	+	-			0,3	
4.3 <i>Eunotia bilunaris</i> s.l.	17	11	8	2	4	6	5		7	2	1	+	1	3	4		8	2	1	10	5	5	2		11	5	3	4	3	5	3			4,9	
5.0 <i>Eunotia incisa</i> s.l.	22	11	1	4	14	21	12		32	5	3	1	4	21	32		10	4	1	1	5	16	23		21	6	1	2	8	19	22		11,5	87	
4.2 <i>Frustulia saxonica</i> s.l.	31	6	26	19	19	17	13		6	12	4	15	15	22	9		21	5	4	5	6	4	8		19	8	12	13	13	14	10		12,7	97	
4.6 <i>Tabellaria quadrisepata</i>	4	1	16	2	4	6	14		3	10	2	3	10	11	6		10	1	8	15	6	4	21		6	4	9	7	6	7	13		7,4	89	
4.9 <i>Eunotia rhomboidea</i>	2	4	3	9	10	9	10		1	17	5	10	17	11	16		2	6	6	16	20	22	25		2	9	5	12	16	14	17		10,5	88	
overigen	1	+	+	1	+	1	1		2	1	+	1	1	1	1		2	-	1	2	2	2	2		2	+	+	1	1	1	1		0,9		
<b>subtotaal</b>	77	33	54	37	52	60	55		53	49	16	30	47	68	67		54	17	21	49	44	53	80		61	33	30	39	48	61	67		48,4		
<b>Soorten uit geëutrofeerd, zuur water</b>																																			
4.2 <i>Eunotia naegeli</i>	+	+	3	28	11	20	8		-	-	1	-	2	2	1		+	-	+	3	2	12	2		+	+	1	10	5	11	4		4,5	49	
<i>Eunotia meisteri</i>	-	-	-	-	-	+	-		-	+	-	+	+	-	-		-	-	-	8	6	7	-		-	+	-	+	3	2	2		1,1	8	
overigen	1	-	+	+	2	1	2		+	+	-	1	+	1	2		+	-	1	+	3	1	1		1	+	+	+	2	1	2		0,7		
<b>subtotaal</b>	1	+	3	28	14	21	10		+	+	1	1	3	2	3		1	-	1	3	13	19	10		1	+	2	11	10	14	8		6,4		
<b>Doelsoorten</b>																																			
<i>Oxynis binalis</i> var. <i>elliptica</i>	+	-	-	-	-	-	+		-	-	-	-	-	-	+		16	+	+	-	-	-	-		5	+	+	-	-	-	+		0,8	4	
<i>Eunotia denticulata</i>	-	-	+	-	-	1	6		-	+	-	-	-	-	-		6	-	-	+	1	+	-		2	+	+	+	+	+	2		0,5	4	
5.9 <i>Navicula leptostriata</i> s.l.	3	6	3	1	2	1	+		+	+	-	+	+	+	-		5	-	+	+	+	+	+		3	2	1	+	1	+	+		0,9	34	
<i>Eunotia intermedia</i>	+	1	+	+	-	-	-		1	3	+	+	-	-	-		+	+	+	+	-	-	-		+	2	+	+	-	-	-		0,2	12	
5.9 <i>Brachysira procera</i>	+	13	1	1	1	+	1		2	1	+	+	+	+	+		1	27	+	+	+	+	+		1	14	+	+	1	+	+		2,1	49	
5.0 <i>Tabellaria flocculosa</i>	6	7	2	2	2	4	1		2	1	+	1	4	4	6		3	40	+	+	3	5	1		4	16	1	1	3	4	3		4,4	65	
4.0 <i>Kobayasiella</i>	6	2	4	7	11	8	17		8	+	+	+	2	12	16		7	+	+	+	+	1	2		7	1	1	2	4	7	12		4,9	69	
overigen	1	3	1	1	2	+	+		6	1	+	1	1	1	1		20	2	1	2	8	4	1		9	2	1	1	4	2	1		2,8		
<b>subtotaal</b>	16	32	11	12	17	14	25		19	7	1	2	7	17	24		41	69	2	3	12	10	4		25	36	5	6	12	14	18		16,5		
<b>Ubiquisten</b>																																			
6.8 <i>Achnanidium minutissimum</i> s.l.	0,9	+	0,6	+	+	+	+		13,8	+	+	+	0,5	2,7	+		+	-	0,8	+	+	1,0	+		5,0	+	+	+	+	1,3	+		0,9	1	
<b>Soorten van voedselrijke wateren</b>																																			
<i>Nitzschia gracilis</i>	-	3	+	1	+	+	2		3	-	+	+	+	+	+		1	7	-	-	+	+	2	1		1	3	+	+	+	1	1		0,9	21
overigen	3	+	1	+	+	+	+		3	+	+	+	+	+	+		1	1	1	1	+	+	+		2	+	1	+	+	+	+		0,5		
<b>subtotaal</b>	3	4	2	1	+	+	2		6	+	1	+	+	1	1		2	8	1	1	1	2	1		4	4	1	1	+	1	1		1,6		
<b>Soorten van organisch verontreinigde wateren</b>																																			
5.1 <i>Gomphonema parvulum</i> s.l.	1	+	+	+	-	-	-		6	-	-	+	+	-	-		-	-	+	+	+	+	-		2	+	+	+	+	+	-		0,3	8	
4.5 <i>Nitzschia paleaeformis</i>	+	+	-	+	-	+	+		-	-	-	+	-	+	-		+	5	-	-	3	1	+		+	2	-	+	1	+	+		0,3	12	
overigen	1	+	1	+	-	-	-		6	+	-	+	+	-	-		+	1	1	1	+	+	-		2	+	1	+	+	+	-		0,4		
<b>subtotaal</b>	1	+	1	+	-	+	1		6	+	-	+	+	+	2		+	5	1	1	3	1	1		2	2	1	+	1	+	2		1,1		
<b>Soorten met onbekende ecologie</b>																																			
<i>Melosira dickiei</i>	-	-	-	-	-	-	1		-	-	-	-	-	-	2		-	-	+	+	+	-	1		-	-	-	-	-	-	1		0,2	4	
overigen	+	-	+	-	-	-	-		+	-	-	+	-	-	-		1	-	+	+	+	-	-		+	-	+	+	+	-	-				
<b>subtotaal</b>	+	-	+	-	-	-	1		+	-	-	+	-	-	2		1	-	+	+	+	-	1		+	-	+	+	+	-	1		0,2		
<b>Karakteristieken</b>																																			
Aantal soorten (S)	20	19	21	20	20	17	13		24	35	16	23	25	24	13		32	17	18	28	33	27	14		26	24	18	24	26	22	14		22		
Dominantie (d)	47	50	47	63	53	44	33		45	62	82	67	52	48	47		44	40	74	58	44	36	50		45	51	68	62	50	43	43		52		
pHwa	4,6	4,9	4,4	4,3	4,4	4,5	4,5		5,3	4,4	4,1	4,2	4,4	4,6	4,7		4,7	5,4	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8		4,9	4,9	4,2	4,3	4,5	4,6	4,7		4,7		
EKR	0,68	0,55	0,52	0,72	0,71	0,77	0,75		0,67	0,57	0,39	0,42	0,50	0,61	0,84		0,78	0,71	0,39	0,45	0,57	0,65	0,66		0,71	0,71	0,43	0,53	0,59	0,68	0,75		0,61		

pas vanaf 1990 in grotere aantallen voor. Zij ontbreken goeddeels in de oudste monsters.

### Gemiddelden van karakteristieken

Het aantal soorten per monster bereikt in de periode van de hevigste verzuring van de vennen, in de zeventiger en tachtiger jaren een minimum van minder dan 20 soorten, vooral op de Veluwe en in Noord-Brabant. In de negentiger jaren is het aantal soorten weer ongeveer op het vooroorlogse niveau (rond de 25 soorten), maar neemt daarna weer af, totdat er in 2010 een minimum van 14 soorten is bereikt. 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.

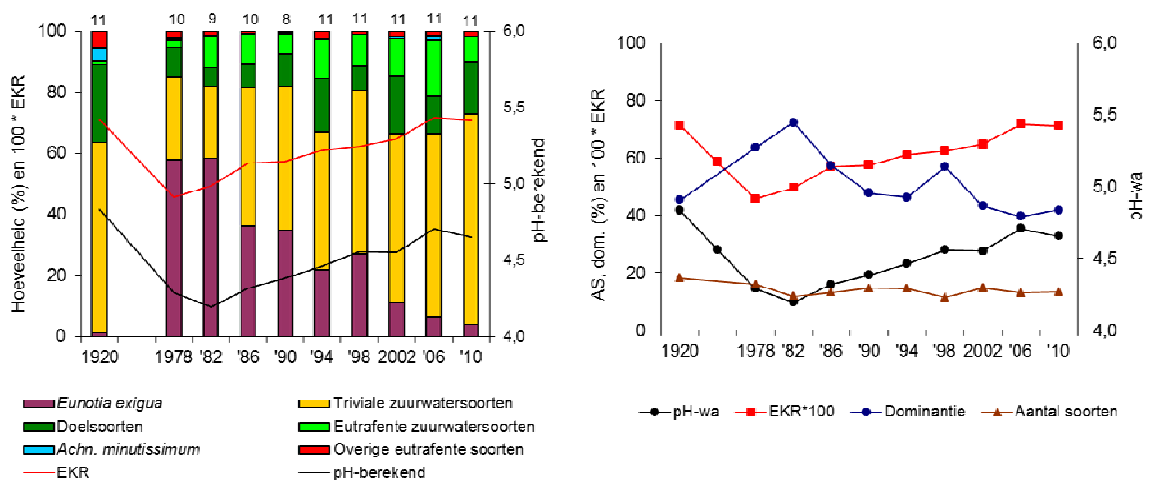
De berekende pH (pH-wa) is ook weer het laagst in de jaren zeventig en tachtig (4,3 – 4,5). In de jaren twintig werden waarden tussen 4,8 en 5,0 gemeten. In de huidige situatie is de pH-wa met waarden tussen 4,5 en

## Ecologische groepen en medianen van karakteristieken

4,8 meestal nog steeds lager dan bijna een eeuw geleden. De uit de soortensamenstelling berekende EKR heeft de laagste waarden (0,39 – 0,55) 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 0,68 en 0,84, maar in de Brabantse vennen zijn de oude niveaus nog niet bereikt.

Vanaf 1978 tot en met 2010 zijn de vennen elke vier jaar bemonsterd. De gemiddelde waarden per ecologische groep<sup>9</sup> en de medianen van de soortenaantallen, dominantie, de berekende pH en de EKR zijn uitgezet in de Figuren 16 en 17. De verschillen tussen de jaren 1978 tot en met 2010 zijn, wegens de scheve verdeling van diverse parameters, getoetst met de Kruskal-Wallis test (<http://www.viesanimales.org>)<sup>10</sup>. De verschillen van *Eunotia exigua* en de triviale soorten uit zuur water zijn significant (p respectievelijk 0,002 en 0,001). Ook de verschillen van de berekende pH (p < 0,01) en de EKR (p < 0,02) tussen de verschillende jaren zijn significant, evenals die van de dominantie (p < 0,02).

In 1978 en 1982 waren de vennen sterk verzuurd, wat blijkt uit de enorme toename van de verzuringsindicator *Eunotia exigua* sinds het begin van de vorige eeuw. Sindsdien is de hoeveelheid van deze soort geleidelijk afgenomen, voornamelijk ten gunste van de triviale soorten uit zure wateren. De doelsoorten zijn nooit meer zo abundant geworden als in de referentiemonsters, terwijl de eutrafente zuurwatersoorten in de oudste monsters niet of nauwelijks werden gevonden. 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 ver-



Figuur 16. 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 17. Rechts: veranderingen van de medianen van enkele diatomeeën karakteristieken.

<sup>9</sup> De gegevens zijn scheef verdeeld en daarom zouden in Figuur 16 beter medianen uitgezet hebben kunnen worden. Deze stapelen echter niet tot 100%, wat een beeld oplevert waaraan de lezer niet is gewend.

<sup>10</sup> De (krachtiger) Friedmantoets kon niet worden gebruikt omdat het aantal waarnemingen per jaar niet precies even groot is.



loopt 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 13 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.

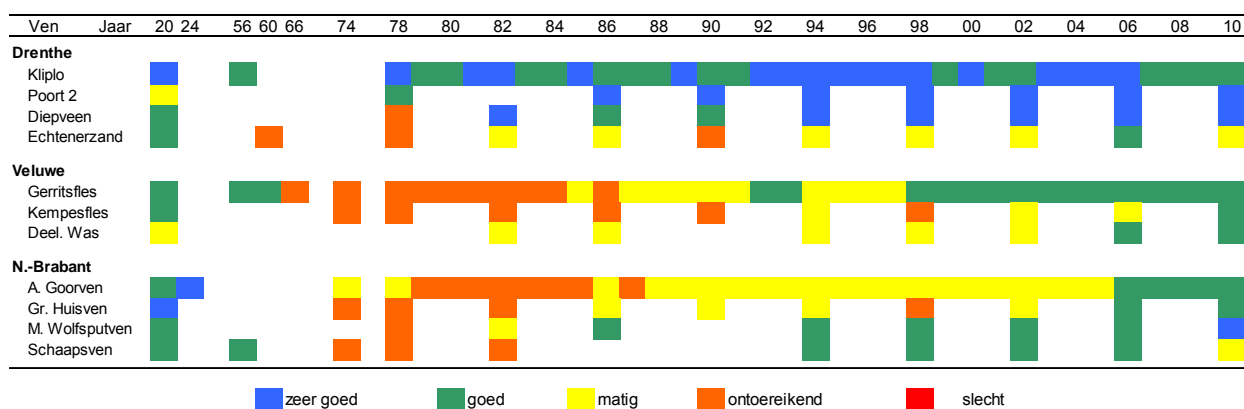
## Kwaliteit

In Figuur 18 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 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.

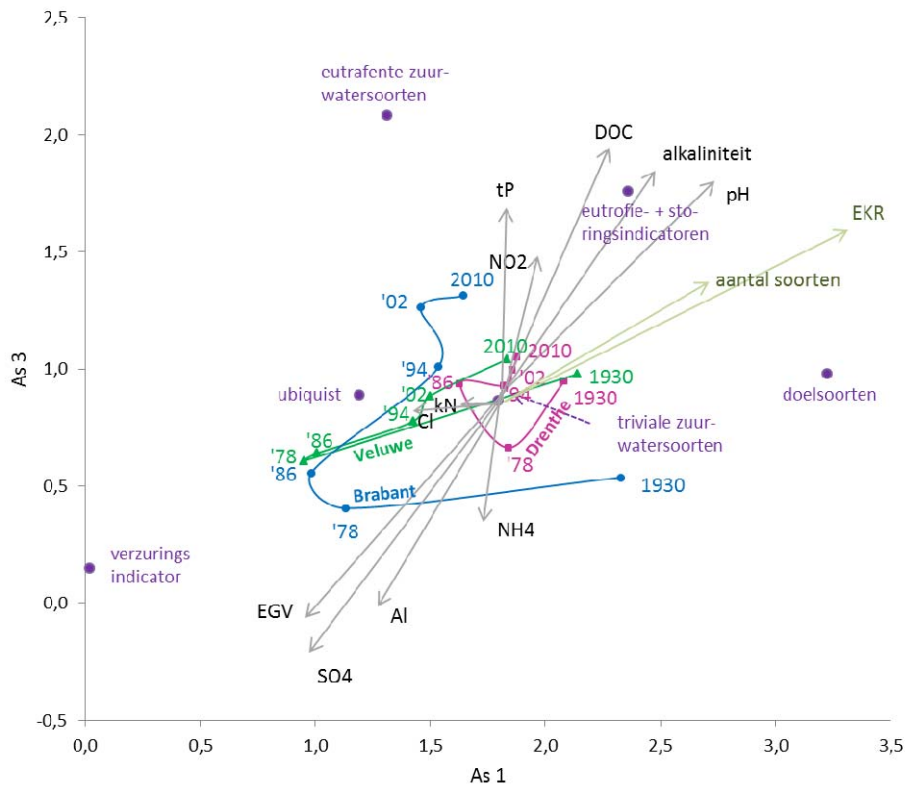
## Relaties soortensamenstelling en milieu

De scores van de soorten op de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) zijn vermeld in Bijlage 14. De eerste as verklaart 13,9% van de variatie in soortensamenstelling, wat in vergelijking met andere, soortgelijke exercities redelijk is. De tweede as voegt daar nog eens 8,9% aan toe, terwijl de derde en vierde as respectievelijk 6,4 en 3,3% van de variatie verklaren. Bijlage 14 geeft ook een samenvatting van de variatie en de correlaties van de milieuvariabelen met de assen. De belangrijkste daarvan zijn ook in het diagram van Figuur 19 vermeld. In dit diagram zijn de eerste en derde as uitgezet, omdat deze het meest informatief zijn over de relaties tussen de milieuvariabelen en de soortensamenstelling. De milieuvariabelen hebben met de tweede as minder en geringere correlaties dan met de derde as.

Ter wille van de overzichtelijkheid zijn de soorten hier samengevoegd tot de ecologische groepen van Tabel 8 (de scores hiervan zijn naar het gewicht gewogen gemiddelden van de scores van de soorten uit Bijlage 14). De monsters zijn ingedeeld in drie regio's, waarvan voor de monsters vanaf 1970 periodes van acht jaar zijn onderscheiden, die in de figuur zijn aangeduid met het laatste bemonsteringsjaar van elke



Figuur 18. Overzicht van de veranderingen van de waterkwaliteit in de onderzochte vennen aan de hand van de kiezelwieren. Vanaf 1977 zijn exact de bemonsterde jaren aangegeven. De jaartallen vóór 1977 zijn soms gemiddelden van perioden.



Figuur 19. Samenvatting van de correspondentieanalyse (DCA), van monsters uit alle vennen. De lengte van de grijze pijlen is een maat voor de sterkte van de relatie met de milieuvariabelen en geven de correlaties ( $\times 2$ ) aan met de assen. 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 142 monsters van de ordinatie. Steeds is het laatste jaar van zo'n periode vermeld. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1948.

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 oude monsters van de Brabantse vennen zijn veel doelsoorten aanwezig. Rond 1980 zijn deze goeddeels vervangen door de verzuringsindicator, die daarna weer afneemt, maar nu ten gunste van de eutrafente zuurwatersoorten en andere eutrofie- en storingsindicatoren. Deze vennen zijn nog steeds relatief ver verwijderd van de oude toestand. In de oude monsters van de Veluwse 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 toe

name van de verzuringsindicatoren, maar veel minder dan in de Brabantse vennen. Daarna treedt weer een herstel op, maar de soortensamenstelling ligt in 2010 toch wat meer in de richting van de eutrafente zoetwatersoorten dan voorheen.

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 milieuvariabelen en de soortensamenstelling zijn vermeld in Bijlage 14. Een aantal variabelen met significante ( $p \leq 0,05$ ) correlaties, plus het niet-significante Kjeldahl-stikstof (kN), is met pijlen weergegeven in Figuur 19. De verzuringsgradiënt loopt hierin van linksonder (hoge sulfaat- en aluminiumconcentraties en een hoog elektrisch geleidingsvermogen door hoge protonenconcentraties) 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 min of meer een parallel tussen de concentraties van totaal-fosfaat en het voorkomen van de eutrafente zuurwatersoorten.

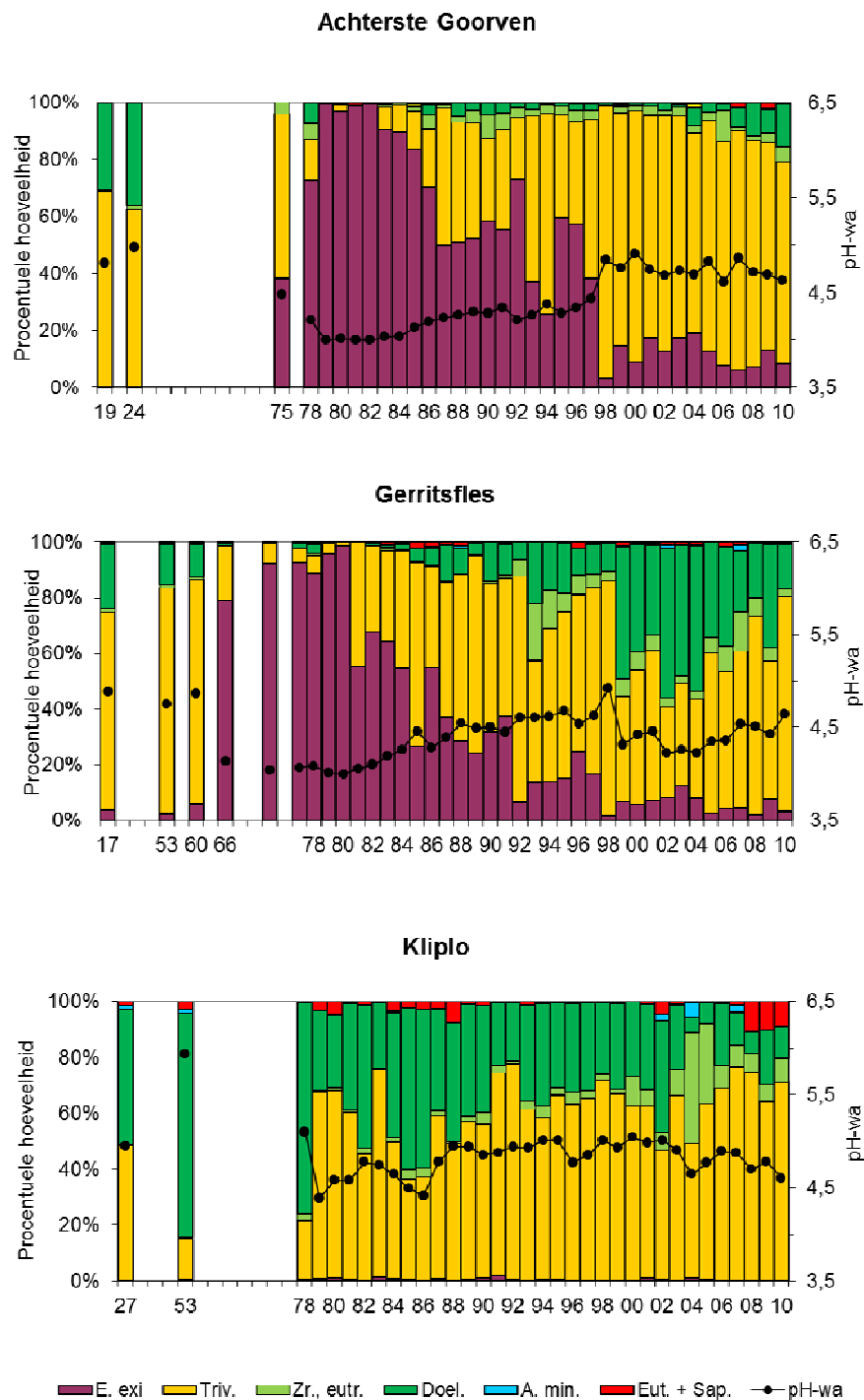
### 5.2.2. Intensief bemonsterde vennen

#### Gegevens

In Bijlage 11 zijn tijdreeksen van de belangrijkste soorten, ecologische groepen, aantallen soorten, dominantiepercentage, berekende pH en EKR vermeld, waarin vanaf 1977 steeds gemiddelden over perioden van twee jaar zijn vermeld en van eerdere perioden gemiddelden over tijdvakken van variabele lengte. Tevens is voor elk van de taxa het jaar van optimale ontplooiing vermeld, berekend als gewogen gemiddelde van de abundantie per jaar. In Figuur 20 zijn de jaarlijkse veranderingen van de hoeveelheid per ecologische groep en de uit de diatomeeën berekende pH vermeld.

#### Ecologische groepen en EKR

Het patroon van de veranderingen in het Achterste Goorven correspondeert goed met dat in alle vennen. 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) en in de Gerritsfles ook de doelsoorten, in overeenstemming met de afname van sulfaat en de toename van pH in deze vennen (Figuur 13). In het Achterste Goorven is er 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. In de Gerritsfles verloopt het herstel sneller dan in het Achterste Goorven. Er treden vooral vanaf 1998 hier weer veel doelsoorten op, zelfs meer dan in de oudste monsters, maar soorten als *Brachysira procera* en *Eunotia intermedia* kwamen in de oude monsters wel voor en zijn recent niet meer gevonden. Nu komen hier vooral *Kobayasiella*-soorten voor.



Figuur 20. Langetermijnveranderingen van ecologische groepen (afkortingen uit Tabel 8) 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.

De kwaliteit van Achterste Goorven en Gerritsfles was vanouds her (zeer) goed, maar ontoereikend in de periode van sterke verzuring. Vanaf 2006 hebben beide vennen weer een goede kwaliteit (Figuur 18).

Kliplo volgt een duidelijk ander patroon (Figuur 20). Hier werden vanaf 1978 niet of nauwelijks verzuringsindicatoren aangetroffen. De hoeveelheid neemt significant af, maar ook de doelsoorten nemen hier af. De vooruitgang van de procentuele hoeveelheid komt hier vooral ten goede aan de triviale en eutrafente soorten uit zuur water (Tabel 13). Vanaf 2008 zijn de soorten uit eutrofe en organisch verontreinigd water, zoals *Nitzschia gracilis* en *N. paleaeformis* hier tamelijk abundant aanwezig, maar de veranderingen zijn nog (net) niet significant ( $p = 0,07$ ) (Bijlage 11). De kwaliteit van Kliplo is nog steeds goed (Figuur 18), maar bij voortgaande eutrofiëring zal deze verminderen.

Tabel 13. Pearsoncorrelaties tussen het jaar van monsternamen (vanaf 1978) en de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid van de ecologische groepen kiezelwieren in Kliplo.

Ecologische groep	Correlatie	Significantie
Verzuringsindicator	-0,38	< 0,05
Tiriviale soorten uit zuur water	0,44	< 0,01
Soorten uit zuur, eutroof water	0,51	< 0,02
Doelsoorten	-0,70	< 0,001
Ubiquist	0,31	n.s.
Eutrafente en storingssoorten	0,24	n.s.

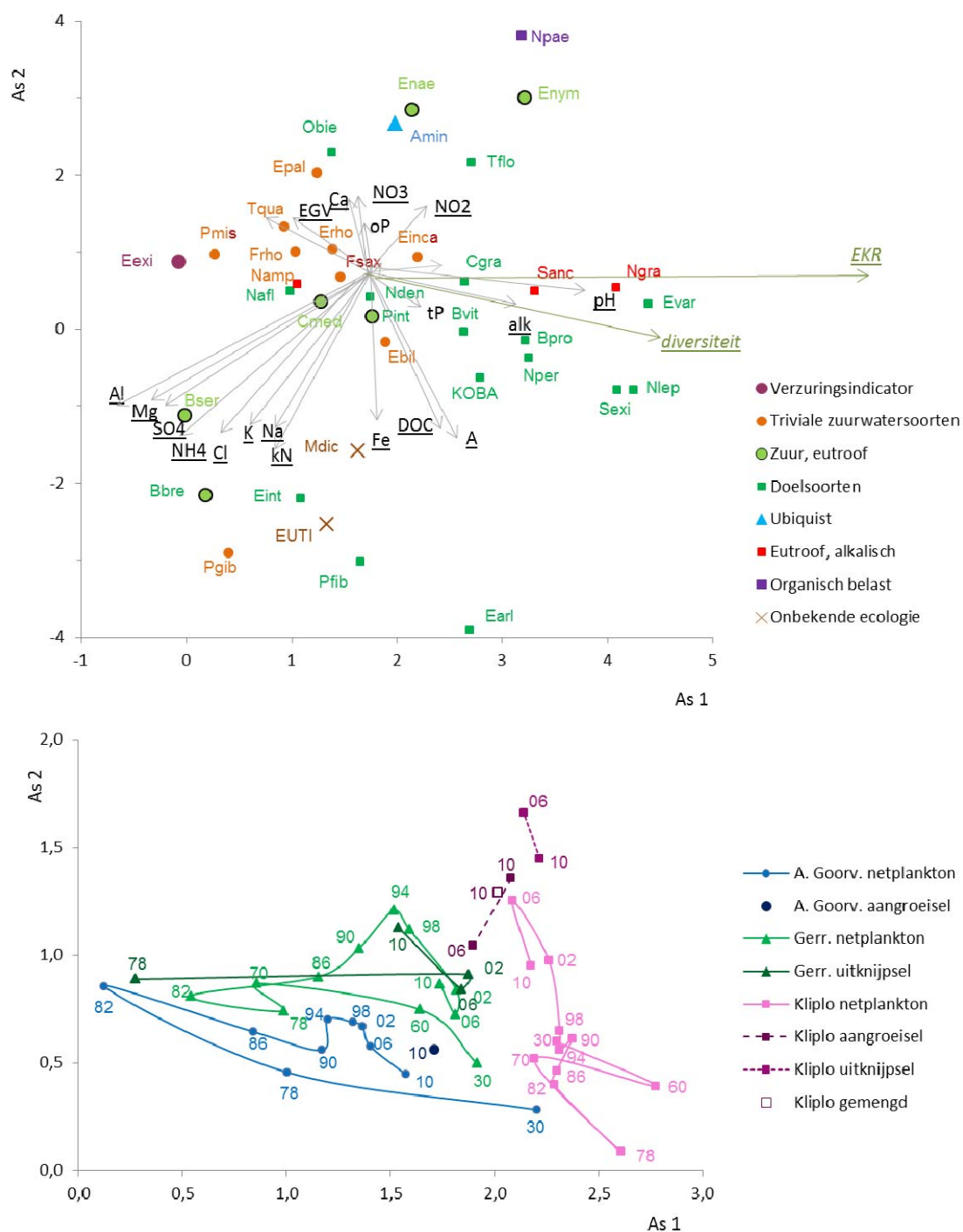
#### Relaties soortensamenstelling en milieu

De scores van de 37 soorten op de eerste vier assen van de correspondentie-analyse (DCA) van de 268 monsters zijn vermeld in Bijlage 14. 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 7,6% aan toe, terwijl de derde en vierde as respectievelijk 4,8 en 3,9% van de variatie verklaren. Bijlage 14 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 Figuur 21 vermeld. De diagrammen vormen samen een zogenaamde triplot en kunnen in gedachten over elkaar heen worden geprojecteerd. In de diagrammen zijn de scores van de soorten en monsters eerste en tweede as uitgezet, omdat deze het meest informatief zijn over de relaties tussen de milieuv variabelen en de soortensamenstelling.

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, 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 soortensamenstelling van de drie vennen en hoe deze in de loop der jaren is veranderd. De meest voorkomende soort is de verzu-



Figuur 21. Samenvatting van de correspondentieanalyse (DCA) van monsters uit intensief bemonsterde vennen. De afkortingen van de soortnamen worden verklaard in Bijlage I4. De scores van de monsters zijn gemiddelden per periode van 4 jaar vanaf 1978 van alle 268 monsters van de ordinarie. Steeds is het laatste jaar van zo'n periode vermeld. Het jaartal 1930 heeft betrekking op de periode 1916 – 1948. De lengte van de grijze pijlen is een maat voor de sterkte van de relatie met de milieuvariabelen en geven de correlaties ( $\times 5$ ) aan met de assen. Significante ( $p \leq 0,05$ ) correlaties zijn onderstreept.

ringsindicator (*Eunotia exigua*). Die ligt niet middenin het diagram, doordat die specifiek veel voorkwam in monsters uit de episode van de sterkste verzuring, rond 1980. De soorten die met betrekking tot hun relatieve abundantie daarop direct volgen (*E. rhomboidea*, *E. incisa* s.l. en *Frustulia saxonica* s.l.) liggen wel ongeveer in het midden van het diagram. De soorten van de verschillende ecologische groepen zijn over het algemeen in clusters gerangschikt. Een uitzondering is een taxonomische en kennelijk ook ecologisch complexe soort als *Pinnularia gibba* s.l. Ook de leden van de recent onderscheiden groep van soorten uit zuur, eutroof water liggen over een groot deel van het diagram verspreid. Mogelijk moet deze groep nog verder worden gevalideerd.

In de oude monsters van de het Achterste Goorven zijn veel doelsoorten aanwezig. Rond 1980 zijn deze vrijwel geheel vervangen door de verzuringsindicator, daarna neemt de hoeveelheid hiervan af, maar de 'teruglijn' ligt boven die van de 'heenlijn', zodat de soortensamenstelling nog niet terug is op het niveau van het begin van de twintigste eeuw. De veranderingen in de Gerritsfles verlopen grilliger dan in het Achterste Goorven. Van 1980 tot 1994 is er een monotoon stijgende lijn (minder verzuringsindicator, meer triviale soorten uit zuur water), maar na dit jaar is er tot 2002 een omslag, door plotselinge toename van doelsoorten, vooral *Kobayasiella*. Na 2002 is de situatie hier ongeveer stabiel.

De toestand in Kliplo rond 1930 komt met een groot aantal doelsoorten nog redelijk in de buurt van Achterste Goorven en Gerritsfles, maar daarna zijn de veranderingen heel anders. De verschuivingen zijn hier niet langs de eerste, maar langs de tweede ordinatie-as, als de 'excursie' naar 1960 even buiten beschouwing blijft. Van 1930 tot 1978 nemen de triviale soort *Eunotia incisa* s.l. en de doelsoort *Tabellaria flocculosa* af, terwijl de doelsoort *Kobayasiella* dan toeneemt. Van 1978 tot 2006 stijgt de score op de tweede as weer, nu door een afname van *Kobayasiella* en een toename van *T. flocculosa*. Daarna zakt de score op de tweede as weer, door verschuiving van deze doelsoort naar *T. quadriseptata*, een triviale zuurwatersoort.

Karakteristieken als de EKR en het aantal soorten hebben in het Achterste Goorven 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.

De correlaties tussen de milieuvariabelen en de soortensamenstelling zijn vermeld in Bijlage 15. Een aantal relevante variabelen is met pijlen weergegeven in Figuur 21. De verzuringsgradiënt loopt hierin van linksonder (hoge sulfaat- en aluminiumconcentraties en een hoog elektrisch geleidingsvermogen door hoge protonenconcentraties) naar midden rechts (hoge alkaliniteit en pH).

Evident is de hoge abundantie van *Eunotia exigua* bij lage waarden van de pH. De soorten van het geslacht *Kobayasiella* gedijen goed bij hoge concentraties organische stof (DOC). Hoge pH-waarden gaan samen met een hoge alkaliniteit, waardoor ook relatief hoge concentraties totaal-fosfaat voorkomen, wat gunstig is voor soorten als *Nitzschia gracilis* en de soortengroep van *Stauroneis anceps*. De macro-ionen hebben hun hoogste concentraties in de linkeronderhoek van het diagram. Een uitzondering hierop is calcium, dat het hoogst is in de linkerbovenhoek. Bekend is dat bij verzuring vaak uitspoeling van kationen optreedt, ook

van calcium. De bijzondere positie van calcium in het diagram is daarom niet goed te verklaren. De hoge calciumwaarden, die in de onderzochte vennen vooral optreden bij hoge sulfaatconcentraties, gaan samen met hoge waarden van het elektrisch geleidingsvermogen. Hogere concentraties van nitraat, nitriet en orthofosfaat (allemaal lastig te bepalen vanwege de hoge detectiegrenzen) gaan samen met grotere hoeveelheden van soorten uit organisch belast water (*Nitzschia paleaeformis* s.l.), de ubiquist *Achnantheidium minutissimum* en enkele soorten uit zuur, eutroof water.

### 5.2.3. Vergelijking bemonsteringsmethoden

Bijlage 6 bevat een lijst van monsters die volgens verschillende methoden zijn genomen en die paarsgewijze goed met elkaar kunnen worden vergeleken. Het gaat om 30 paren van netplankton en uitknijpsels (zes uit Kempesfles en 24 uit Gerritsfles), die op hetzelfde moment op dezelfde plek in het ven zijn genomen en door dezelfde analist zijn geanalyseerd.

De monsters van de acht paren van netplankton en aangroeiisel uit het Achterste Goorven, zes paren van netplankton en aangroeiisel uit Kliplo en vier paren van netplankton en uitknijpsel uit Kliplo zijn niet steeds op dezelfde dag genomen, niet altijd op precies dezelfde plek in het ven en ze zijn ook niet steeds door dezelfde analist geanalyseerd. Behalve verschillen in methoden kunnen hierdoor ook verschillen in bemonsteringstijdstip en analist een rol spelen. De indruk bestaat dat dit laatste hier niet een grote rol speelt.

Naast de 92 monsters uit Bijlage 16 zijn in Bijlage 12 ook nog enkele andere niet-netplanktonmonsters vermeld, maar een systematische vergelijking hiervan is door het incidentele karakter van deze monsters niet goed mogelijk.

#### Soortensamenstelling

De soortensamenstelling van de series uit Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo zijn weergegeven in het bovenste diagram van Figuur 21.

Het gemiddelde van de acht monsters van het aangroeiisel uit het Achterste Goorven (periode 2007-2010) heeft op de eerste en derde as van de ordinatie een iets hogere score dan het gemiddelde van de netplanktonmonsters uit dezelfde periode. Bij Kliplo is het beeld wat gecompliceerder: hier zijn monsters van aangroeiisel en uitknijpsel, die weleer in de buurt liggen van de netplanktonmonsters, maar de score verschilt nogal op de derde as, vooral die van de uitknijpsels. Als we het ene knijpmonster van de Gerritsfles even buiten beschouwing laten zien we dat voor de vierjaarlijkse perioden eindigend in 2002, 2006 en 2010 de scores van de knijpmonsters op de derde as iets hoger zijn dan die voor de netplanktonmonsters.

Hogere scores op de derde as komen overeen met meer voedselrijke omstandigheden. Het is goed verklaarbaar dat netplanktonmonsters een lagere score hebben dan aangroeiisel- of knijpmonsters, daar de netplanktonmonsters ook wat ouder bodemmateriaal bevatten en dus iets achter lopen op de meest recente veranderingen, die eutrofiëring aangeven.



Een anekdotische, maar interessante waarneming, is de vrij hoge abundantie (13%) van *Oxyneis binalis* var. *elliptica* in het aangroeiemonster van Kliplo uit 2007. Dit taxon, dat bekend staat als een typische bewoner van kale zandbodem, wordt in de overige monsters van Kliplo, van de meer venige westzijde, slechts sporadisch gevonden. Het aangroeiemonster is kennelijk genomen van het makkelijk toegankelijke zandstrandje aan de oostkant. Dit geeft aan dat het voor de vergelijkbaarheid van belang is niet alleen dezelfde methode, maar ook steeds dezelfde bemonsteringslocatie te gebruiken.

## Karakteristieken

In Tabel 13 zijn de medianen van de waarden uit Bijlage 16 vermeld, samen met de significanties van de verschillen. Omdat de steekproefomvang voor andere vennen dan Gerritsfles gering is zijn ook bijna significante verschillen aangegeven. Verschillen voor minder dan zes paren, zoals voor de uitknijpsels in Kliplo zijn niet toetsbaar.

### Netplankton – uitknijpsel

In de Gerritsfles is het aantal soorten in de uitknijpsels significant lager dan in de netplanktonmonsters. Hier zal ten dele de geringere omvang van de tellingen in de aangroeiels een rol spelen, maar een verschil van 35% bij een verschil van steekproefomvang van 50% is wel zeer groot. Doorgaans bedraagt zo'n verschil maar 10-20% (vergelijk Figuur 9.6 in Van Dam & Mertens 2010). De conclusie dat het aantal soorten in de knijpmonsters van de Gerritsfles daadwerkelijk minder is dan in de netplanktonmonsters lijkt daarom gerechtvaardigd. In dit ven is ook de berekende pH in de knijpmonsters hoger dan in de netplanktonmonsters. De EKR is in de Gerritsfles significant en in het Achterste Goorven net niet significant hoger dan in de netplanktonmonsters. In Kliplo lijkt er geen verschil te zijn tussen de EKR van beide soorten monsters.

Tabel 13. Mediane waarden van karakteristieken voor paren van monsters met verschillende bemonsteringsmethoden. De significanties ten opzichte van de getallen erboven zijn aangegeven: \*\*\*:  $p < 0,001$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*:  $p < 0,05$ , +: net niet significant.

Karak- teristiek	Ven → ↓ Methode	Kempes- fles	Gerrits- fles	Klip- lo	Klip- lo	A. Goor- ven
Aantal paren		6	24	4	6	8
Geteld aantal (n)	netplankton uitknijpsel aangroeielsel	400 400	400 200 ***	400 303	400 313 *	400 200 **
Aantal soorten (S)	netplankton uitknijpsel aangroeielsel	10,5 10,5	15,5 10 ***	17 14,5	17 7,5 **	15 10 +
Dominantie (%) (D)	netplankton uitknijpsel aangroeielsel	57 61	33 36	27 40	27 83 **	31 34
Berekende pH (pH-wa)	netplankton uitknijpsel aangroeielsel	4,4 4,4	4,4 4,7 ***	5,0 5,1	4,9 5,1 *	4,7 4,4 +
EKR	netplankton uitknijpsel aangroeielsel	0,40 0,57 +	0,70 0,77 *	0,77 0,77	0,77 0,73 *	0,63 0,77

### Netplankton – aangroeielsel

In Kliplo is het aantal soorten significant het laagst in de aangroeiemonsters. Hier zal ten dele de geringere omvang van de tellingen in de aangroeiemonsters een rol spelen, maar een verschil van 56% bij een verschil van steekproefomvang van 22% is wel zeer groot. Doorgaans bedraagt zo'n verschil maar ongeveer 5% (vergelijk Figuur 9.6 in Van Dam & Mertens 2010). In minder sterke mate geldt dit voor het Achterste Goorven. De conclusie dat het aantal soorten in de aangroeiemonsters daadwerkelijk minder is dan in de netplanktonmonsters lijkt daarom gerechtvaardigd. Opmerkelijk daarbij is het grotere dominantiepercentage in het aangroeiemonster van Kliplo. De berekende pH vertoont in het aangroeiemonster van de twee vennen tegengestelde verschillen. Dat geldt eveneens voor de EKR, maar voor het Achterste Goorven is dat niet significant.

## Conclusies

Op termijn van enkele decennia gezien zijn er weinig verschillen in de soortensamenstelling van netplankton enerzijds en uitknijpsel en aangroeiemonster anderzijds. Op kortere termijn zijn er echter wel verschillen, vooral doordat de monsters van uitknijpsels en aangroeiemonsters wat vooruitlopen op de trend zoals die door het netplankton wordt aangegeven (de laatste tien jaar is dat eutrofiëring). Het aantal soorten in de aangroeiemonsters 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 'bodemonsoorten'. 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.

## 6. 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 (Waterschap 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 Veluwe), Frans de Bles (Waterschap Vallei en Eem) en Jako van der Wal (Aquon) stelden de fysische en chemische gegevens beschikbaar.

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

Jan Dolman, Luc Roosen en Leo de Bruijn (Natuurmonumenten), Leo Gaal (Staatsbosbeheer) en Rita Hagen (Waterschap Veluwe) stelden waarnemingen van de waterstanden beschikbaar.

Gert-Jan Baaijens, Henriette Bos, Ronald Bijkerk, Jan Dolman, Huguette Eldering, Rob Gerritsen, Joke Goosens, Dhr. Heering, Jurrie Huizenga, Reinder Torenbeek, Geert van Triest, Leideke van Schoonhoven en Jako van der Wal assisteerden bij de veldwerkzaamheden.

Arthur Varkevisser (Ministerie van Defensie, Dienst Vastgoed), Leo de Bruijn (Natuurmonumenten) en Ronald Buskens (Royal Haskoning) verstrekten gegevens over het recente beheer van de onderzoekgebieden.

Naast de opdrachtgevers leverden Eric van der Swaluw (RIVM), Koos Meesters (Kortenhoeft), Martijn Fliervoet (Brabants Landschap), Bart van Tooren (Natuurmonumenten), Jan Holtland en Piet Schippers (Staatsbosbeheer) commentaar op het concept.



# 7. Literatuur

## 7.1. Algemene literatuur

- 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.
- 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.
- 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.
- Bobbink, R. & J.G.M. Roelofs, (1995): Ecological effects of atmospheric deposition on non-forest ecosystems in Western-Europe. In: G.J. Heij & J.W. Erisman (Eds) Acid rain research: Do we have enough answers? Elsevier Science, Amsterdam. p. 279-292.

- 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.
- Bijkerk, R., G.J. Berg & A.M.J. Joosten (2004): *Drentse vennen door de jaren heen: onderzoek naar de ecologische veranderingen in Drentse vennen tot 2003*. Rapport 2004-32. Koeman & Bijkerk, Haren. 161p + CD-ROM.
- Bijkerk, R. (red.) (2010): *Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren*. Rapport 2010/28. STOWA, Amersfoort. losbladig.
- Blank, F.T. (2003): *Meetonzekerheid Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML)*. Rapport 50050870-KPS/TCM 01-3063. KEMA Nederland B.V., Arnhem. 73p.
- 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.
- 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 (2002): *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Biometris, Wageningen and České Budějovice. 500p.
- Brakke, D.F., A. Henriksen & S. Norton (1987): The relative importance of acidity sources for humic lakes in Norway. *Nature* 329: 432-434.
- 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.
- Buijsman, E. (1989): *Kwaliteitsaspecten van het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. I. Hoofdcomponenten*. Rapport 228703009. RIVM, Bilthoven. 24p.
- Buijsman, E. (1994): *Een kwaliteitscontrole onderzoek in het landelijk meetnet regenwatersamenstelling*. Rapport 723101011. RIVM, Bilthoven. 27p.
- Buijsman, E. (2010): *Een kleine geschiedenis van het chemische neerslagonderzoek in Nederland*. Tinsentiep, Houten. 49p.
- Buijsman, E., J.J.M. Aben, J.-P. Hettelingh, H. van Hinsberg, R.B.A. Koelemeijer, & R.J.M. Maas (2010): *Zure regen: een analyse van dertig jaar verzuringsproblematiek in Nederland*. Rapport 500093007. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven. 81p.
- 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*. *H<sub>2</sub>O* 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 & 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 klimaatverandering op chemie en kiezelwieren. *De Levende Natuur* 105: 13-18.
- Dam, H. van & A. Mertens (2008): 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 (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 & 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 & 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, G. Suurmond & C.J.F. ter Braak (1981): Impact of acidification on diatoms and chemistry of Dutch moorland pools. *Hydrobiologia* 83: 425-459.
- 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.
- 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.
- Duuren, L. van, G.J. Eggink, J. Kalkhoven, J. Notenboom, A.J. van Strien, & R. Wortelboer (red.) (2003): *Natuurcompendium 2003: natuur in cijfers*. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven, Wageningen / Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg. 494p.
- 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.
- Francis, J.A., W. Chan, D.J. Leathers, J.R. Miller, D.E. Veron (2009): Winter northern hemisphere weather patterns remember summer Arctic sea-ice extent. *Geophysical Research Letters* 36: L07503.
- Grontmij | AquaSense & Alterra (2005): Huidige toestand en vervolgaanpak Brabantse vennen. In opdracht van: Provincie Noord-Brabant. Rapport 05.2184.2 Grontmij | AquaSense, Amsterdam / Rapport 1200, Alterra, Wageningen. 91p. + bijl.
- GWL (2010): Bemonstering en analyses chemie - syllabus 2010, versie 1.0. Gemeenschappelijk Waterschapslaboratorium, Boxtel. 10p.
- 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.
- Heinis, F. & C.H.M. Evers (2007): Toelichting op ecologische doelen voor nutriënten in oppervlaktewateren. STOWA-rapport 2007-029 / RIZA-rapport 2007-18. STOWA, Utrecht / Rijkswaterstaat RIZA, Lelystad. 42p.

- Henriksen, A. & H.M. Seip (1980): Strong and weak acids in surface water of southern Norway and southwestern Scotland. *Water Research* 14: 809-813.
- Hurrell, J.W., C. Deser (2009): North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Marine Systems* 78: 28-41.
- Hurrell, J.W., H. van Loon (1997): Decadal variations in climate associated with the North Atlantic oscillation. *Climatic Change* 36: 301-326.
- Kattenberg, A. (red.) (2008): De toestand van het klimaat in Nederland 2008. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. 32p.
- 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.
- Knotters, M. (red.) (2008): Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving. WOt-studies 6. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. 130p.
- Labrijn, A. (1945): Het klimaat van Nederland gedurende de laatste twee en een halve eeuw. *Mededelingen en Verhandelingen* 49. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. 114p.
- Loon, A. van & P. Droogers (2006): Berekening openwaterverdamping. *FutureWater*, Wageningen. 24p.
- Makkink, G. F. (1957). Testing the Penman formula by means of lysimeters, *Journal of the Institution of Water Engineers* 11: 277-288
- Molen, D.T. van der (red.) (2004): Referenties en concept-maatlatten voor meren voor de Kaderrichtlijn Water. Rapport 2004/42. STOWA, Utrecht. 450p.
- Molen, D.T. van der & R. Pot (red.) (2007): Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water: aanvullingen kleine typen. STOWA-rapport aanvulling op 2007-32, STOWA, Utrecht / Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. 166p.
- Mulderij, G., B.W. Ibelings, R. Bijkerk (2007): Sieralgen en biodiversiteit: bijdrage, functioneren en beheer: state of the art rapportage. Rapport DK 2007/dk081-O: Driectie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. 61p.
- Netten, J.C., J. van Zuidam, S. Kosten & E.T.H.M. Peeters (2011): Differential response to climatic variation of free-floating and submerged macrophytes in ditches. *Freshwater Biology* (in druk).
- Ommering, G. van & R.J.J. Hendriks (red.) (2004): Handleiding subsidie effectgerichte maatregelen 2005. Overlevingsplan bos en natuur. Regeling effectgerichte maatregelen in bossen en natuurterreinen. Rapport EC-LNV 2004/326-O. Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, Ede. 75p.
- Ottersen, G., B. Planque, A. Belgrano, E. Post, P.C. Reid, & N.C. Stenseth (2001): Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia* 128: 1-14.
- Reynolds (2006): *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, New York. 535p.
- Rip, W.J. (2007): Cyclic state shifts in a restored shallow lake. Proefschrift Wageningse Universiteit. Waternet, Amsterdam. 216p.
- Schaminée, J.H.J., J.G.H.P. Dirks & J.A.M. Jansen (2010): Grenzeloze natuur: de internationale betekenis van Nederland voor soorten, ecosystemen en landschappen. :KNNV Uitgeverij, Zeist. 144p.
- Schwarz, C.J. (2007): Sampling, regression, experimental design and analysis for environmental scientists, biologists, and resource managers. Department of Statistics and Actuarial Science, Simon Fraser University, Burnaby. 1332p.



- Siegel, S. (1956): Nonparametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill, New York. 312p.
- Skjelkvåle, B.L., J. Stoddard, D.S. Jeffries, K. Torseth, T. Hogåsen Bowman, J., Mannio, J., Monteith, D. T., Mosello, R. & Rogora, M. Rzychon, D., Vesely, J., Wieting, J., Wilander, A. & A. Worsztynowicz (2005): Regional scale evidence for improvements in surface water chemistry 1990-2001. *Environmental Pollution* 137: 165-176.
- Smith, E.P. (2002): BACI design. In: A.H. El-Shaarawi & W.W. Piegorsch. (Eds) *Encyclopedia of Environmetrics*, vol. 1. Wiley, Chichester. 141-148.
- Stewart-Oaten, A., W.W. Murdoch, K.R. Parker (1986): Environmental impact assessment: "pseudoreplication in time? 67: 929-940.
- 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.
- Straile, D., D.M. Livingstone, G.A. Weyhenmeyer, D.G. George (2003): The response of freshwater ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. In: J. W. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen & M. Visbeck (Eds) *The North Atlantic Oscillation: Climatic significance and environmental impact. Geophysical Monograph* 134. American Geophysical Union, p. 263-279.
- Stuyfzand, P.J. (1989): Hydrochemische onderzoeksmethoden ter analyse van grondwaterstroming, deel 1. *H<sub>2</sub>O* 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.
- Swaluw, E. van der, J.H. Verboom, J.P.J. Berkhout, A.P. Stolk, R. Hoogerbrugge (2010a): A comparison of the old and new wet-only samplers of the Dutch national precipitation chemistry network. Report 680704012. RIVM, Bilthoven. 49p.
- Swaluw, E. van der, W.A.H. Asman & R. Hoogerbrugge (2010b): The Dutch national precipitation chemistry monitoring network over the period 1992-2004 [Resultaten van het landelijk meetnet regenwatersamenstelling over de periode 1992-2004]. Report 680704009. RIVM, Bilthoven. 83p.
- Swaluw, E. van der, W.A.H. Asman, H. van Jaarsveld & R. Hoogerbrugge (2011): Wet deposition of ammonium, nitrate and sulfate in the Netherlands over the period 1992-2008. *Atmospheric Environment*. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.04.017
- 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.
- 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.
- Wetering, H.J. van de (2010): Algemene toelichting op onderzoek en rapportage, versie 20 (15-10-2010). SPV F034. Laboratorium Waterschap Groot Salland, Zwolle. 44p.
- 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 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.

## 7.2. Determinatieliteratuur kiezelwieren

- Buczko, 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.
- 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* and *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica* Band 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.
- 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.
- 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.
- Vijver, B. van de, L. Beyens & H. Lange-Bertalot (2004): The Genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-) Antarctic Regions. *Bibliotheca Diatomologica* 51, Cramer, Berlin. 317p

# Bijlagen



## Bijlage I. Fysische en chemische methoden 2007-2010

Overzicht van de door het laboratorium van Waterschap Groot-Salland (GRS) en Aquon (GWL) gebruikte methoden en rapportage-(detectie-)grenzen (GWL 2010, Van de Wetering 2010). 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 2007-2010. Waarden hiervan beneden de rapportagegrenzen (detectiegrenzen) zijn herkenbaar aan het teken <. De laatste kolom geeft omrekeningsfactoren van mmol m<sup>-3</sup> naar mg l<sup>-1</sup>.

Variabele	Methode		Eenheden en rapportagegrenzen						Percentiel 5%	Omrekenen mmol/m <sup>3</sup> naar mg/l
			Oorspronkelijk			Omgerekend				
	GRS	GWL	Eenheid	GRS	GWL	Eenheid	GRS	GWL		
geleiding (EGV)	huism.	c7888	mS/m		0,3	mS/m		0,3	3	
temperatuur	huism.	c7888	°C	0,1	0,1	°C	0,1	0,1	3,5	
zuurgraad	c10523	c10523	pH	n.v.t.	n.v.t.	pH	n.v.t.	n.v.t.	4,6	
doorzicht	-	c6606	-	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.		
helderheid	huism.	huism.	-	-	-	-	-	-		
kleur	huism.	huism.	-	-	-	-	-	-		
zuurstof		c5814	mg/l	-	-	mg/l	-	-	39	
biochemisch zuurstofverbruik	g1899-1	c1899-2	mg/l	2	1	mg/l	2	1	1	
orthofosfaat-fosfor	c15681-2	c15681-2	"	0,01	0,01	mmol/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	<0,3	x 0,031
totaal fosfaat-fosfor	c15681-2	c15681-2	"	0,04	0,04	"	1,3	1,3	<1,3	x 0,031
nitraat-stikstof	c13395	c13395	"	0,05	0,05	"	4	4	<4	x 0,014
nitriet-stikstof	c13395	c13395	"	0,02	0,01	"	1	1	<1	x 0,014
nitraat + nitriet-stikstof	c13395	c13395	"	0,05	0,05	"	4	4	<4	x 0,014
Kjeldahl-stikstof	c6646	huism.	"	0,5	0,1	"	36	7	35	x 0,014
ammonium-stikstof	c6646	c11732	"	0,1	0,04	"	7	3	<3	x 0,014
totale alkaliniteit	c9964		mmol/l	0,01		mmol/m <sup>3</sup>	10		10	
bicarbonaat		huism.			5	"		82	<82	x 0,061
chloride	c15682	c15682	mg/l	1	2,6	"	28	73	113	x 0,035
sulfaat	c22743	c22743	"	5	5	"	52	52	<52	x 0,096
aluminium	c17294-2	c6966	µg/l	50	50	"	2	2	<1	x 0,027
calcium	c17294-2	c6966	"	500	100	"	13	3	9	x 0,040
ijzer	c17294-2	c6966	"	100	50	"	2	1	1,7	x 0,056
kalium	c17294-2	c6966	"	100	200	"	3	5	4	x 0,039
magnesium	c17294-2	c6966	"	100	100	"	4	4	14	x 0,024
natrium	c17294-2	c6966	"	500	200	"	22	9	131	x 0,023
silicium	-	-	mg/l	1	1		36	36	3	x 0,028
chlorofyl-a	c6520	c6520/C1	"	10	5	µg/l	10	5	<5	
opgelost org. koolstof (DOC)	extern	c1484	mg/l	1	1	mmol/m <sup>3</sup>	83	83	220	x 0,012



## Bijlage 2. Fysische en chemische gegevens 2007-2010

*Geursiveerde* 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 voor de locaties: zie Tabel 1.

Laboratoria:

AWN Adviseur Water en Natuur  
GRS Waterschap Groot Salland  
GWL Aquon, Boxtel

Afwijkende afkortingen voor variabelen::

pHv pH, gemeten in het veld of vlak na de monstername  
ECv elektrisch geleidingsvermogen bij 25° C (veld)  
Chl-a chlorofyl-a  
ZD zichtdiepte (Secchi-schijf)  
O@% 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 kationoverschot (%) (= 100 × (skat – san)/(skat + san))  
IR ionic ratio (2 × Ca / (2 × Ca + Cl))

Punt	Datum	Lab	Peil m NAP	ijs cm	Temp °C	Chl-a ug/l	ZD cm	O2 mg/l	O2% %	BZV5 mg/l	pHv mS/m	EC25v mS/m	DOC	TIC	Si	oP	tP	kN	H	NH4	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Cl	NO3	NO2	SO4	A	alk	skat	san	ksur	IR	Kleur	Heiderheid	
Gemiddelden van alle vennen					13,0	66	62,12	9,4	87	4,311	6,0	4,5	1014	131	115	0,2	1,8	108	6	17	23	193	23	27	6	14	192	6	0,6	54	51	40	400	373	4	0,19			
AGE	22-02-2007	GWL	8,43	0	7,7	2			89		4,9	5,9	1582	117	132	0,2	0,6	164	12	79	31	178	27	33	21	18	181	30	0,4	83	71	41	518	489	3	0,23	lichtbruin		
AGE	29-04-2007	AWN	8,17	0	22,0						5,4	6,9							4																				
AGE	01-05-2007	GWL	8,17	0	17,0	2			37		4,9	7,0	2082	92	110	0,2	0,6	178	12	70	38	322	55	45	21	66	248	2	0,4	83	93	41	885	551	23	0,31			
AGE	03-09-2007	GWL	8,22	0	18,7	43			70		4,5	4,6	1499	125	110	0,2	1,9	128	31	24	24	196	35	33	20	38	192	2	0,4	83	59	41	573	460	11	0,27			
AGE	03-11-2007	AWN	8,20	0	11,0						5,6	5,2							2																				
AGE	12-11-2007	GWL	8,22	0	6,7	2			20		5,6	5,8	1249		135	0,2	1,9	150	2	63	28	248	32	38	13	20	220	4	0,4	83	65	41	559	497	6	0,23			
AGE	18-02-2008	GWL	8,30	0	3,1	9			73	1,4	6,4	5,6	1665			0,2	0,6	193	0	107	28	213	21	28	18	20	135	11	0,4	96	95	41	516	474	4	0,24			
AGE	17-05-2008	AWN	8,28	0	16,0						5,0	5,1							10																				
AGE	05-06-2008	GWL	8,25	0	19,4				98	5,6	4,9	5,8	1665	108		0,4	2,1	171	12	52	36	283	47	40	12	25	183	5	0,4	97	75	41	659	497	14	0,34			
AGE	11-08-2008	GWL	8,18	0	19,7	12			112	2,3	5,3	5,4	1499			0,2	1,8	121	5	39	25	204	35	34	12	20	279	2	0,4	62	74	41	490	521	-3	0,20			
AGE	06-11-2008	GWL	8,20	0	9,8	5			82	1,3	5,9	5,4	1582	42		0,2	0,6	150	1	69	28	213	37	35	16	18	237	2	0,4	76	86	77	527	554	-2	0,24			
AGE	08-11-2008	AWN	8,18	0	7,0						5,5	5,6							3																				
AGE	02-03-2009	GWL	8,29	0	9,0	16			98	2,4	5,4	5,1	1332		71	0,2	0,6	150	4	79	28	178	17	34	13	15	178	9	0,4	73	67	41	457	440	2	0,16			
AGE	04-05-2009	AWN	8,27	0	16,5						5,6	5,4							2																				
AGE	15-05-2009	GWL	8,23	0	19,0	10			99		5,3	5,5	1582		71	0,2	0,6	157	5	71	33	217	32	33	11	16	141	4	0,4	76	78	41	526	416	12	0,32			
AGE	04-08-2009	GWL	8,09	0	20,6	19			90	2,5	5,8	5,4	1332		61	0,2	1,3	93	2	1	31	239	50	38	10	27	243	2	0,4	69	72	41	541	494	4	0,29			
AGE	01-11-2009	AWN	7,96	0	11,0						5,4	16,3							4																				
AGE	05-11-2009	GWL	7,99	0	8,6	13			88	2,4	6,2	5,9	1166		463	0,2	1,7	157	1	43	33	244	50	41	10	21	251	2	0,4	85	65		575	489	8	0,28			
AGE	02-03-2010	GWL	8,35	0	6,7				80	1,7	5,9	5,0	1249		146	0,2	0,6	171	1	100	31	148	35	32	14	29	172	7	0,4	100	68	87	516	533	-2	0,29			
AGE	13-05-2010	AWN	8,38	0	8,5						5,1	4,6							8																				
AGE	26-05-2010	GWL	8,34	0	16,1				71	1,5	5,3	5,7	1915		139	0,2	4,8	200	5	93	38	178	30	30	16	21	200	2	0,4	104	95	41	526	546	-2	0,23			
AGE	26-08-2010	GWL	8,15	0	19,7	7			83	2,6	5,8	5,2	1665		121	0,2	0,6	143	2	45	33	217	40	32	11	15	195	2	0,4	67	90	501	419	9	0,29				
AGE	15-11-2010	AWN	8,39	0	9,5						5,2	24,3							6																				
AGE	25-11-2010	GWL	8,39	0	4,3	9			81	2,1	5,3	4,6	1582		139	0,2	1,7	136	5	49	33	165	32	30	15	18	200	5	0,4	78	78		456	439	2	0,24			
GER	09-02-2007	GRS	40,12		2,0						4,1	5,0	208			0,2	1,9	39	79	20	1	170	20	26	6	1	169	19	0,7	62	7		382	320	9	0,19			
GER	06-05-2007	AWN	39,93		19,0						5,3	4,6							5																				
GER	10-05-2007	GRS	39,98		15,4			10,2	103		4,8	4,3	250			0,2	0,6	18	15	4	1	178	18	25	5	2	141	2	0,7	26	11	30	300	236	12	0,21			
GER	10-08-2007	GRS	40,02		18,2			8,3	89		4,6	4,3	258			0,2	0,6	41	23	4	1	165	16	22	4	5	169	21	0,7	62	11	20	292	346	-8	0,16			
GER	12-11-2007	GRS	40,09		7,9			11,7	99		5,2	4,8	175			0,2	0,6	18	6	11	4	175	23	27	5	1	169	4	0,7	26	9	10	307	243	12	0,22			
GER	16-11-2007	AWN	40,08		2,0						6,0	12,1							1																				
GER	11-02-2008	GRS	40,16		7,1			13,3	113		6,1	3,8	216			0,2	0,6	37	1	10	13	159	29	22	3	1	141	8	0,7	26	12	20	289	233	11	0,29			
GER	08-05-2008	GRS	40,07		21,3			9,2	104		5,1	3,8	316			0,2	0,6	39	8	9	23	191	22	24	3	5	169	2	0,7	26	15	40	342	278	10	0,20			









## Bijlage 4. Waterstanden 2007-2010

De getallen geven de afwijking ten opzichte van de gemiddelde waterstand over de periode 1979 – 2006 aan. Deze bedragen voor Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo respectievelijk 8,30, 12,99 en 39,88 m +NAP. Bronnen: AWN = Adviseur Water en Natuur, NM = Vereniging Natuurmonumenten, R&W = Waterschap Reest & Wieden, 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
14-01-2007	0,10	NM	29-06-2009	-0,13	NM	09-02-2007	0,23	WV	09-01-2007	0,00	R&W	28-01-2009	0,13	SBB
30-01-2007	0,10	NM	29-07-2009	-0,19	NM	06-05-2007	0,05	AWN	28-01-2007	0,17	SBB	27-02-2009	0,15	R&W
15-02-2007	0,13	NM	14-08-2009	-0,23	NM	10-05-2007	0,09	WV	07-02-2007	0,05	R&W	28-02-2009	0,15	SBB
28-02-2007	0,13	NM	28-08-2009	-0,28	NM	03-07-2007	0,12	WV	28-02-2007	0,19	SBB	12-03-2009	0,17	R&W
14-03-2007	-0,02	NM	16-09-2009	-0,33	NM	10-08-2007	0,13	WV	22-03-2007	0,17	R&W	28-03-2009	0,16	SBB
28-03-2007	-0,05	NM	28-09-2009	-0,37	NM	12-11-2007	0,21	WV	28-03-2007	0,13	SBB	08-04-2009	0,14	R&W
17-04-2007	-0,09	NM	14-10-2009	-0,32	NM	16-11-2007	0,20	AWN	18-04-2007	0,04	R&W	28-04-2009	0,08	SBB
01-05-2007	-0,13	NM	13-11-2009	-0,30	NM	11-02-2008	0,28	WV	28-04-2007	0,02	SBB	11-05-2009	0,02	R&W
14-05-2007	-0,09	NM	30-11-2009	-0,18	NM	08-05-2008	0,19	WV	06-05-2007	-0,03	AWN	16-05-2009	0,07	AWN
14-06-2007	-0,11	NM	15-12-2009	-0,13	NM	17-05-2008	0,16	AWN	23-05-2007	0,02	R&W	28-05-2009	0,05	SBB
28-06-2007	-0,08	NM	29-12-2009	-0,07	NM	11-08-2008	0,10	WV	28-05-2007	0,01	SBB	06-06-2009	0,02	R&W
13-07-2007	-0,08	NM	14-01-2010	-0,05	NM	10-11-2008	0,14	WV	26-06-2007	-0,01	R&W	28-06-2009	-0,04	SBB
28-07-2007	-0,10	NM	28-01-2010	0,01	NM	10-11-2008	0,14	AWN	28-06-2007	-0,02	SBB	09-07-2009	-0,08	R&W
15-08-2007	-0,08	NM	15-02-2010	0,00	NM	10-02-2009	0,27	WV	25-07-2007	0,02	R&W	28-07-2009	-0,02	SBB
29-08-2007	-0,08	NM	28-02-2010	0,05	NM	11-05-2009	0,15	WV	28-07-2007	0,02	SBB	12-08-2009	-0,08	R&W
14-09-2007	-0,10	NM	14-03-2010	0,07	NM	16-05-2009	0,13	AWN	27-08-2007	-0,04	R&W	28-08-2009	-0,13	SBB
28-09-2007	-0,11	NM	29-03-2010	0,13	NM	10-08-2009	0,06	WV	28-08-2007	-0,08	SBB	15-09-2009	-0,14	R&W
15-10-2007	-0,10	NM	14-04-2010	0,13	NM	10-11-2009	0,09	WV	25-09-2007	-0,09	R&W	28-09-2009	-0,16	SBB
29-10-2007	-0,10	NM	29-04-2010	0,08	NM	11-11-2009	0,09	AWN	28-09-2007	-0,06	SBB	08-10-2009	-0,03	R&W
28-11-2007	-0,07	NM	14-05-2010	0,09	NM	05-03-2010	0,28	WV	25-10-2007	-0,06	R&W	28-10-2009	-0,10	SBB
16-12-2007	-0,03	NM	28-05-2010	0,04	NM	10-05-2010	0,17	WV	28-10-2007	-0,02	SBB	11-11-2009	-0,08	AWN
28-12-2007	-0,05	NM	14-06-2010	0,02	NM	10-05-2010	0,17	AWN	16-11-2007	0,03	AWN	18-11-2009	-0,02	R&W
14-01-2008	-0,03	NM	28-06-2010	-0,10	NM	10-08-2010	0,00	WV	22-11-2007	0,02	R&W	28-11-2009	0,01	SBB
29-01-2008	-0,01	NM	14-07-2010	-0,15	NM	09-11-2010	0,27	WV	28-11-2007	0,02	SBB	28-12-2009	0,03	SBB
14-02-2008	0,00	NM	28-07-2010	-0,18	NM	16-11-2010	0,29	AWN	28-12-2007	0,10	SBB	13-01-2010	0,14	R&W
28-02-2008	-0,01	NM	13-08-2010	-0,21	NM				14-01-2008	0,08	R&W	28-01-2010	0,15	SBB
28-03-2008	0,02	NM	27-08-2010	-0,15	NM				28-01-2008	0,19	SBB	12-02-2010	0,14	R&W
14-04-2008	0,00	NM	14-09-2010	-0,08	NM				05-02-2008	0,19	R&W	28-02-2010	0,20	SBB
28-04-2008	-0,03	NM	19-10-2010	-0,03	NM				28-02-2008	0,15	SBB	09-03-2010	0,16	R&W
14-05-2008	-0,05	NM	28-10-2010	0,00	NM				03-03-2008	0,15	R&W	28-03-2010	0,17	SBB
28-05-2008	-0,05	NM	15-11-2010	0,09	NM				28-03-2008	0,19	SBB	08-04-2010	0,17	R&W
14-06-2008	-0,05	NM	30-11-2010	0,09	NM				11-04-2008	0,16	R&W	28-04-2010	0,11	SBB
30-06-2008	-0,12	NM	14-12-2010	0,12	NM				28-04-2008	0,10	SBB	07-05-2010	0,11	R&W
28-07-2008	-0,14	NM							04-05-2008	0,09	AWN	10-05-2010	0,10	AWN
14-08-2008	-0,12	NM							21-05-2008	0,02	R&W	28-05-2010	0,09	SBB
29-09-2008	-0,17	NM							28-05-2008	-0,01	SBB	03-06-2010	0,05	R&W
13-10-2008	-0,12	NM							19-06-2008	0,01	R&W	28-06-2010	-0,03	SBB
28-10-2008	-0,12	NM							28-06-2008	-0,08	SBB	08-07-2010	-0,10	R&W
14-11-2008	-0,08	NM							28-07-2008	-0,02	SBB	28-07-2010	-0,12	SBB
28-11-2008	-0,05	NM							29-07-2008	-0,03	R&W	05-08-2010	-0,11	R&W
14-12-2008	-0,05	NM							26-08-2008	0,01	R&W	28-08-2010	-0,04	SBB
28-12-2008	-0,05	NM							28-09-2008	-0,02	SBB	07-09-2010	0,01	R&W
28-01-2009	-0,02	NM							29-09-2008	-0,04	R&W	28-09-2010	0,08	SBB
13-02-2009	0,00	NM							21-10-2008	0,06	R&W	01-10-2010	0,06	R&W
13-03-2009	-0,01	NM							28-10-2008	0,06	SBB	28-10-2010	0,08	SBB
27-03-2009	0,02	NM							10-11-2008	0,06	AWN	03-11-2010	0,07	R&W
14-04-2009	0,00	NM							26-11-2008	0,13	R&W	16-11-2010	0,22	AWN
28-04-2009	-0,01	NM							28-11-2008	0,12	SBB	28-11-2010	0,12	SBB
14-05-2009	-0,07	NM							08-12-2008	0,13	R&W	08-12-2010	0,11	R&W
28-05-2009	-0,08	NM							28-12-2008	0,12	SBB	28-12-2010	0,12	SBB
12-06-2009	-0,08	NM							06-01-2009	0,14	R&W			



## Bijlage 5. Geselecteerde chemische gegevens van alle vennen (1978 – 2010)

Waarnemingen in 1977, 1983, 1987 en 1991 in sommige vennen zijn respectievelijk gevoegd bij die van 1978, 1982, 1986 en 1990. In de meeste vennen is per jaar één waarneming verricht. Voor de vennen waar per jaar meer waarnemingen beschikbaar waren (AGE, GER, KLI) is in beginsel de novemberwaarneming gebruikt.

Afkortingen van de locaties: zie Tabel 1.

Ven	Jaar	mmol/3										Ven	Jaar	mmol/3									
		Cl	SO4	NH4	DOC	tP	tN	Alk	pHv	IR	Cl			SO4	NH4	DOC	tP	tN	Alk	pHv	IR		
AGE	1978	451	708	156	325			-160	3,7	0,55		GHU	1998	310	468	93	58	1,29			-16	4,3	0,55
AGE	1982	381	208	255	849			49	4,9	0,21		GHU	2002	265	20	1	1182	1,26	104	131	5,4	0,21	
AGE	1986	395	135	178	1082			66	5,9	0,22		GHU	2006	282	62	6	541	3,87	152	41	5,4	0,20	
AGE	1990	417	312	433	916			115	6,1	0,25		GHU	2010	189	85	28	516	1,58	102		5,0	0,21	
AGE	1994	350	91	161	1732	0,6		82	5,3	0,20		KEM	1974	240	281	72	308			-140	3,8	0,29	
AGE	1998	310	125	121	1582	3,2		82	5,2	0,25		KEM	1978	197	344	16	341			-140	3,8	0,50	
AGE	2002	370	56	94	1266	1,5	147	147	4,9	0,20		KEM	1982	409	135	7	516			-60	4,0	0,20	
AGE	2006	279	73	54	1249	0,6	123	41	5,6	0,19		KEM	1986	282	83	3	866			-10	4,3	0,16	
AGE	2010	200	78	49	1582	1,7	141		5,3	0,24		KEM	1990	440	83	1	566			-13	4,4	0,18	
DEE	1974	282	302	15	266			-50	3,5	0,59		KEM	1994	353	34	1	624	0,6		115	5,8	0,21	
DEE	1982	282	333	34	275			-50	4,1	0,47		KEM	1998	113	126	1	179	0,84		16	4,4	0,44	
DEE	1986	169	167	44	333			-20	4,2	0,45		KEM	2002	203	5	1	728	1,65	132	115	5,5	0,09	
DEE	1990	260	208	20	42			-58	4,0	0,37		KEM	2006	232	15	1	1490	3,39	175	0	6,2	0,19	
DEE	1994	197	137	4	117	0,6		-68	4,0	0,22		KEM	2010	254	26	4	1082	6,8	245		5,1	0,27	
DEE	1998	215	153	15		0,8		49	4,4	0,64		KLI	1978	451	62	9	1007			66	5,6	0,25	
DEE	2002	152	81	1	144	0,8	8	16	4,4	0,21		KLI	1982	324	73	89	933			98	6,1	0,13	
DEE	2006	277	106	3	586	0,6	62	98	5,6	0,47		KLI	1986	310	73	128	1116			82	5,9	0,18	
DEE	2010	197	62	3	258	0,8	43		4,5	0,22		KLI	1990	415	115	121	1249			33	5,1	0,18	
DIE	1978	437	146	261	1207			49	5,1	0,10		KLI	1994	260	51	114	991	0,6		66	5,6	0,18	
DIE	1982	367	135	66	866			0	4,4	0,17		KLI	1998	213	36	27	1440	1,94		60	4,8	0,15	
DIE	1986	282	104	128	916			98	6,6	0,14		KLI	2002	254	26	4	674	1,61	64	41	5,6	0,14	
DIE	1990	336	73	39	525			8	4,6	0,15		KLI	2006	197	26	4		0,65	55	20	5,6	0,16	
DIE	1994	223	49	12	891	1,5		33	4,9	0,07		KLI	2010	169	26	4		0,8	117	60	7,5	0,16	
DIE	1998	254	83	7	858	1,3		16	5,1	0,05		MWO	1978	282	187	19	1141			33	4,7	0,35	
DIE	2002	155	26	4	812	0,6	79	41	4,9	0,17		MWO	1982	240	104	14	1832			33	4,7	0,34	
DIE	2006	282	26	46		0,6	88	60	5,8	0,09		MWO	1986	226	62	1	1665			33	4,9	0,33	
DIE	2010	169	26	11		1,6	59	50	7,5	0,15		MWO	1990	313	104	164	1998			115	5,7	0,19	
ECH	1978	395	271	34	183			-100	3,8	0,24		MWO	1994	271	59	5	2132	2,6		16	4,7	0,22	
ECH	1982	381	115	156	1141			66	5,5	0,12		MWO	1998	1439	104	17	2248	9,04		115	5,9	0,08	
ECH	1986	296	448	310	58			-90	4,0	0,38		MWO	2002	341	5	1	1832	3,52	175	147	5,2	0,20	
ECH	1990	415	42	7	425			-13	4,4	0,12		MWO	2006	231	26	7	1915	3,55	131	41	5,2	0,18	
ECH	1994	248	33	21	1457	1,4		66	4,9	0,07		MWO	2010	138	56	1	1332	6,5	88		5,4	0,30	
ECH	1998	254	73	21	933	1,0		8	4,5	0,12		POO	1978	409	62	50	933			0	4,4	0,11	
ECH	2002	212	49	12	766	0,6	86	41	5,2	0,15		POO	1982	324	94	4	1349			0	4,5	0,13	
ECH	2006	282	52	69		1,9	145	80	5,5	0,10		POO	1986	268	42	4	1249			0	4,5	0,16	
ECH	2010	113	42	52		1,0	88	70	7,0	0,17		POO	1990	299	42	8	916			0	4,5	0,13	
GER	1978	353	312	50	266			-40	4,1	0,33		POO	1994	189	36	1	1191	0,6		0	4,5	0,08	
GER	1982	339	177	233	899			66	5,3	0,18		POO	1998	254	62	7	1157	0,97		8	4,5	0,18	
GER	1986	226	104	100	341			-5	4,4	0,17		POO	2002	141	26	6	999	2,26	72	41	4,2	0,15	
GER	1990	319	115	89	283			-32	4,4	0,22		POO	2006	226	26	4		4,2	124	20	3,9	0,11	
GER	1994	158	52	61	266	0,6		16	4,6	0,22		POO	2010	113	34	4		10,7	509	10	5,8	0,35	
GER	2002	197	26	12	350	0,6	59	41	5,5	0,13		SCH	1978	240	104	16	300			33	4,6	0,29	
GER	2006	197	62	19	774	0,6	41	46	4,6	0,19		SCH	1982	169	94	3	258			0	4,5	0,37	
GER	2010	169	41	4	233	1,1	22	10	5,1	0,15		SCH	1986	212	42	3	1082			49	5,6	0,33	
GER*	1998	220	65	99	674	0,6		115	5,1	0,18		SCH	1990	276	42	4	1082			98	5,0	0,21	
GHU	1978	381	500	34	300			-130	3,8	0,48		SCH	1994	195	16	1	1599	7,4		66	5,0	0,26	
GHU	1982	353	260	6	250			-50	4,1	0,36		SCH	1998	231	36	4	1499	2,58		229	6,7	0,45	
GHU	1986	296	146	78	558			49	5,4	0,29		SCH	2002	192	5	7	1757	0,68	161	180	5,7	0,35	
GHU	1990	480	239	86	416			33	4,6	0,29		SCH	2006	248	26	6	1749	3,55	159	41	5,7	0,18	
GHU	1994	375	77	15	1332	5,2		82	5,6	0,19		SCH	2010	155	26	1	2082	4,2	159		5,7	0,15	

\*geschat uit waarnemingen van april 1998 en februari 1999



## Bijlage 6. Indeling ecologische indicatiegetallen kiezelwieren

<b>R</b> <b>pH</b>	1	Acidobiont	optimaal bij pH < 5,5		
	2	acidofiel	voornamelijk bij pH < 7		
	3	circumneutraal	voornamelijk bij pH ~ 7		
	4	alkaliefiel	voornamelijk bij pH > 7		
	5	alkalibiont	uitsluitend bij pH > 7		
	6	indifferent	geen duidelijk pH-optimum		
<b>H</b> <b>Zoutgehalte</b>			Cl <sup>-</sup> (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	
<b>N</b> <b>Stikstofopname</b>	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			
<b>O</b> <b>Zuurstofbehoefte</b>	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)			
<b>S</b> <b>Saprobie</b>			waterkwaliteitsklasse	O <sub>2</sub> -verzadiging (%)	BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> (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
<b>T</b> <b>Trofie</b>	1	oligotrafent			
	2	oligo-mesotrafent			
	3	mesotrafent			
	4	meso-eutrafent			
	5	eutrafent			
	6	hypereutrafent			
	7	indifferent			
<b>M</b> <b>Vocht</b>	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 7. Analyses kiezelwieren 2010

Aantallen getelde exemplaren per preparaat, 0 = buiten telling aangetroffen

Ecologische groep	Nieuw e soortnaam	Ven	GER	GER	GER	KLI	KLI	AGE	AGE	DEE	KEA	GHU	MWO	SCH	DIE	POO	ECH	Oude soortnaam
		datum	10-05	16-11	10-05	16-11	10-05	16-11	13-05	15-11	10-08	10-08	03-10	03-10	04-10	04-10	04-10	
EcoLIMSnr (40...)		4491	5928	4492	5927	4493	5926	4494	5925	4495	4496	4497	4498	4499	4500	4501	4502	
Aard**		UI	UI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
<b>Verzuringindicatoren</b>																		
<i>Eunotia exigua</i> [1]																		
		1		27				46	18	9	15	2		4			99	<i>*Eunotia exigua</i> s.l.
<b>Triviale soorten uit zuur water</b>																		
<i>Eunotia bilunaris</i>																		
						3	1	2	6			1	7	1			4	<i>*Eunotia bilunaris</i> s.l.
<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>mucophila</i>																		
		4	4	24	23	42	34	18	8						51			<i>*Eunotia bilunaris</i> s.l.
<i>Eunotia botuliformis</i>																		
						1												<i>Eunotia botuliformis</i>
<i>Eunotia implicata</i>																		
						1												<i>Eunotia implicata</i>
<i>Eunotia incisa</i>																		
		122	90	56	69	42	58	49	149	301	53	3		33	10		114	<i>*Eunotia incisa</i> s.l.
<i>Eunotia veneris</i>																		
						4		3				2	66	139	7			<i>*Eunotia incisa</i> s.l.
<i>Eunotia paludosa</i>																		
						1	5	1	1			1	1	3				<i>Eunotia paludosa</i>
<i>Eunotia pectinalis</i> [1]																		
<i>Eunotia soleirolii</i>																		
										1								<i>*Eunotia pectinalis</i>
<i>Eunotia rhomboidea</i>																		
		28	64	80	62	57	52	69	87	19	122	24	168	112	31	2	94	<i>Eunotia rhomboidea</i>
<i>Frustulia erifuga</i>																		
												0						<i>*Frustulia rhomboides</i>
<i>Frustulia crassinervia</i>																		
		9	13	29	27	41	67	26	9		2	0		27	5			<i>*Frustulia saxonica</i> s.l.
<i>Frustulia saxonica</i>																		
		3	12	18	34	10	30	34	27	14	13	16	6	29	51	37	28	<i>*Frustulia saxonica</i> s.l.
<i>Pinnularia macilentia</i>																		
				1				6	30		1	0		2	1		10	<i>*Pinnularia gibba</i>
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>nonfasciata</i>																		
												0						<i>*Pinnularia microstauron</i> -groep
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>rostrata</i>																		
								2	1			9						<i>*Pinnularia microstauron</i> -groep
<i>Pinnularia rhombarea</i>																		
					1													<i>*Pinnularia microstauron</i> -groep
<i>Pinnularia saphrophila</i>																		
														8				<i>*Pinnularia subcapitata</i>
<i>Pinnularia subinterrupta</i>																		
												4						<i>Pinnularia subinterrupta</i>
<i>Tabellaria quadrisepata</i>																		
		5	10	20	166	63	43	6	15	10	7	316	1	2	21	35	18	<i>Tabellaria quadrisepata</i>
<b>Soorten uit gegutroffieerd, zuur water</b>																		
<i>Brachysira brébissonii</i>																		
								3	3			0						<i>*Anomoeoneis brachysira</i>
<i>Brachysira wygaschii</i>																		
									0									<i>*Anomoeoneis brachysira</i>
<i>Brachysira seriens</i>																		
									0									<i>*Anomoeoneis seriens</i>
<i>Eunotia meisteri</i>																		
													115	3				<i>Eunotia meisteri</i>
<i>Eunotia naegelii</i>																		
				4		4	2					2	21	1	7	49	16	<i>Eunotia naegelii</i>
<i>Eunotia nymmanniana</i>																		
		10	6	2	2	28	19							4	11	1		<i>Eunotia nymmanniana</i>
<i>Chamaepinnularia mediocris</i>																		
				6				2										<i>*Navicula mediocris</i>
<i>Pinnularia anglica</i>																		
				9		4	8	13	19	2	4							<i>*Pinnularia interrupta</i> s.l.
<i>Pinnularia biceps</i>																		
													0					<i>*Pinnularia interrupta</i> s.l.
<b>Doelsoorten</b>																		
<i>Psammothidium altaicum</i>																		
						2												<i>*Achnanthes altaica</i>
<i>Brachysira garrensis</i>																		
								2										<i>*Anomoeoneis vitrea</i> f. <i>lanceolata</i>
<i>Brachysira procera</i>																		
				3		3	2											<i>*Anomoeoneis vitrea</i> f. <i>lanceolata</i>
<i>Aulacoseira paffiana</i>																		
								1										<i>Aulacoseira paffiana</i>
<i>Encyonema lunatum</i>																		
							2					0						<i>*Cymbella gracilis</i>
<i>Eunotia arcus</i>																		
												0						<i>*Eunotia arcus</i> s.l.
<i>Eunotia denticulata</i>																		
																46		<i>Eunotia denticulata</i>
<i>Eunotia faba</i>																		
												2						<i>Eunotia faba</i>
<i>Eunotia glacialis</i>																		
										16								<i>Eunotia glacialis</i>
<i>Eunotia valida</i>																		
																		<i>*Eunotia glacialis</i>
<i>Eunotia tenella</i> [1]																		
													12					<i>*Eunotia tenella</i>
<i>Eunotia tetraodon</i>																		
												0						<i>Eunotia tetraodon</i>
<i>Eunotia varioundulata</i>																		
							1											<i>*Eunotia varioundulata</i>
<i>Stauriforma exiguiformis</i>																		
																		<i>*Fragilaria exigua</i>
<i>Navicula festiva</i>																		
				1														<i>Navicula festiva</i>
<i>Navicula heimansioides</i>																		
						2												<i>*Navicula leptostriata</i> s.l.
<i>Navicula leptostriata</i>																		
						1	1											<i>*Navicula leptostriata</i> s.l.
<i>Kobayasiella parasubtilissima</i>																		
				63	2	28	30	98	14	2						197	28	<i>*Navicula subtilissima</i> -groep
<i>Kobayasiella subtilissima</i>																		
		1		11	3		1	2				22						<i>*Navicula subtilissima</i> -groep
<i>Kobayasiella tintinnus</i>																		
				1			2					122						<i>*Navicula subtilissima</i> -groep
<i>Neidium hercynicum</i> [1]																		
				3	2					1			4					<i>*Neidium ampliatum</i>
<i>Neidium densestriatum</i>																		
				1										1				<i>Neidium densestriatum</i>
<i>Oxyneis binalis</i> var. <i>elliptica</i>																		
						0											1	<i>*Tabellaria binalis</i> var. <i>elliptica</i>
<i>Tabellaria flocculosa</i>																		
		15	1	32	9	6	6			12	22	1		13	2	1	2	<i>Tabellaria flocculosa</i>
<b>Soorten uit eutroof water</b>																		
<i>Neidium ampliatum</i>																		
						1			2									<i>Neidium ampliatum</i>
<i>Nitzschia gracilis</i>																		
						36	29				4			16				<i>Nitzschia gracilis</i>
<i>Stauroneis amphicephala</i>																		
						2												<i>*Stauroneis anceps</i>
<b>Soorten uit verstoorde, zuurstofarme wateren</b>																		
<i>Nitzschia oligodystrophila</i>																		
						2												<i>*Nitzschia paleaeformis</i>
<i>Nitzschia paleaeformis</i>																		
								2				0	2	2				<i>Nitzschia paleaeformis</i>
<b>Soorten met onbekende ecologie</b>																		
<i>Melosira dickei</i>																		
		2		9		21	3	16	6	7	13	13	1		6		10	<i>*Melosira dickei</i>
<i>Pinnularia percuneata</i> var. <i>minor</i>																		
										1								<i>*Pinnularia hemiptera</i>
totaal telling																		
		200	200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	200	400	
aantal taxa in telling																		
		2	1	8	4	11	11	4	3	4	4	9	2	4	2	4	3	

\* oude soortnaam verschillend van nieuw e soortnaam

\*\* NP = netplankton, UI = uitklijpsel



## Bijlage 8. Ecologische indicatiewaarden en ecologische groepen Gerritsfles 2007-2010

Gewogen gemiddelden van ecologische indicatiewaarden en aandeel van het aantal soorten en de relatieve hoeveelheden individuen van ecologische groepen in de monsters van Gerritsfles (2000).

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

Datum		06-05-07	16-11-07	17-05-08	10-11-08	16-05-09	11-11-09	10-05-10	16-11-10	06-05-07	16-11-07	17-05-08	10-11-08	16-05-09	11-11-09	10-05-10	16-11-10
Aard		NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI
Nr		347648	348951	355431	355434	401061	401060	404492	405927	347649	348952	355432	355436	401058	401059	404491	405928
Geteld aantal		400	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200	200	200	200	200	200
Gewogen gemiddelde	R	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,7	1,7	1,9	1,7	1,9	1,7	1,9	1,8
indicatiewaarden	H	1,1	1,1	1,1	1,5	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0
	N	1,1	1,1	1,1	1,5	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0
	O	1,1	1,0	1,1	1,5	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0
	S	1,4	1,2	1,3	1,6	1,4	1,3	1,3	1,1	1,3	1,1	1,1	1,0	1,4	1,1	1,1	1,0
	T	1,4	1,2	1,5	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1,5	1,1	1,2	1,0	1,6	1,0	1,2	1,0
	M	2,9	3,0	2,8	2,9	2,9	2,8	2,8	2,4	3,0	2,9	2,7	2,7	2,7	2,5	2,4	2,5
Aantal soorten	X	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	-	-	-	1	1	-
per ecologische	T	6	5	6	5	5	6	6	6	7	5	6	5	5	5	5	5
groep	D	5	4	3	2	4	4	5	2	2	3	1	2	2	2	2	1
	N	2	2	3	3	3	3	4	1	3	3	1	2	2	1	1	1
	A	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	E	1	1	2	1	1	2	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	O	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Percentage individuen	X	7	2	2	2	8	8	7	-	1	3	-	-	-	3	1	-
per ecologische	T	50	63	63	81	47	53	57	96	63	79	89	94	66	93	86	97
groep	D	33	12	27	13	40	34	28	4	25	4	9	3	30	4	8	1
	N	11	18	9	4	5	4	5	1	12	10	2	4	5	1	5	3
	A	-	4	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	O	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-



## Bijlage 9. Overzicht van alle bestudeerde monsters 1916 - 2010

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)









## **Bijlage I I. Tijdreeksen van de meest algemene kiezelwieren en karakteristieken van intensief bemonsterde vennen 1916-2010**

In de volgende tabellen is steeds de gemiddelde procentuele hoeveelheid van de meest voorkomende taxa vermeld, vanaf 1977 of 1979 per tweejaarlijkse periode, voor die tijd in per geval verschillende perioden. De soorten zijn gerangschikt per ecologische groep (Tabel 8) en daarbinnen volgens het optimale jaar van voorkomen in het betreffende ven. Dat is berekend als naar abundantie gewogen gemiddelde van het jaar van aantreffen. Voor de berekeningen van het optimale jaar van voorkomen zijn de grijs gedrukte monsters buiten beschouwing gebleven. De pH-optima van de soorten zijn ontleend aan Ter Braak & Van Dam (1989). In elke tabel nemen de vermelde taxa ten minste 99% van de totale abundantie in het betreffende ven voor hun rekening. Indien niet anders vermeld betreffen de gegevens netplanktonmonsters, waarin steeds 400 exemplaren zijn geteld.

**Achterste Goorven**

Ecologische groep opt.jr Soort	Van Tot Aantal monsters	Netplankton																		Aangroei	
		'19	'77	'79	'81	'83	'85	'87	'89	'91	'93	'95	'97	'99	'01	'03	'05	'07	'09	'07	'09
		'28	'78	'80	'82	'84	'86	'88	'90	'92	'94	'96	'99	'00	'02	'04	'06	'08	'10	'08	'10
Geteld aantal	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	203	200	
<b>Verzuringsindicatoren (X)</b>																					
1987 <i>Eunotia exigua</i> s.l.	4	73	98	99	90	77	50	55	64	32	58	21	12	15	18	10	7	10	3	7	
<b>Triviale soorten uit zuur water (T)</b>																					
1994 <i>Eunotia paludosa</i>	0	-	-	-	0	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
1994 <i>Tabellaria quadrisepata</i>	18	3	1	0	1	5	19	11	6	29	9	10	6	8	5	6	2	3	14	3	
1997 <i>Frustulia saxonica</i> s.l.	24	3	0	-	1	3	11	8	4	25	6	7	6	4	5	12	11	12	21	29	
1998 <i>Eunotia bilunaris</i> s.l.	8	1	0	0	5	2	6	3	4	4	2	15	5	14	8	5	5	5	6	15	
2001 <i>Eunotia rhomboidea</i>	2	4	0	-	1	6	2	7	10	2	14	17	43	41	41	40	24	23	13	4	
2002 <i>Eunotia incisa</i> s.l.	13	3	0	-	0	1	4	5	5	3	5	27	24	13	12	16	39	24	19	21	
2002 <i>Pinnularia gibba</i>	0	0	-	-	-	1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	4	-	0	
<b>Soorten uit geëutrofeerd, zuur water (N)</b>																					
1992 <i>Brachysira brebissonii</i>	0	3	-	-	-	0	0	3	2	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	
1993 <i>Brachysira seriens</i>	0	1	0	-	0	1	1	2	0	-	0	0	-	1	2	0	0	0	0	0	
1995 <i>Chamaepinnularia mediocris</i>	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1996 <i>Pinnularia interrupta</i> s.l.	-	2	-	-	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3	1	0	
2000 <i>Eunotia naegelii</i>	0	-	-	-	-	0	-	0	0	2	1	0	0	1	0	3	0	0	2	0	
<b>Doelsoorten (D)</b>																					
1978 <i>Eunotia intermedia</i>	0	4	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
1987 <i>Navicula leptostriata</i> s.l.	16	1	-	-	-	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-	0	0	0	-	-	
1991 <i>Brachysira procera</i>	2	1	-	0	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
1991 <i>Peronia fibula</i>	1	0	-	-	-	-	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	-	
1991 <i>Tabellaria flocculosa</i>	1	0	-	-	-	0	-	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	1	0	0	
1992 <i>Stauroforma exiguiiformis</i>	1	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	
1993 <i>Brachysira vitrea</i>	0	-	-	-	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	
1995 <i>Eunotia arculus</i>	1	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	
2004 <i>Kobayasiella</i>	8	1	-	-	-	0	2	1	0	0	1	0	0	1	3	2	9	11	14	18	
<b>Ubiquisten (A)</b>																					
1997 <i>Achnanidium minutissimum</i> s.l.	0	-	0	0	-	1	0	-	-	0	-	-	0	-	1	-	0	0	-	0	
<b>Soorten uit eutroof water (E)</b>																					
2003 <i>Neidium ampliatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	-	-	
2008 <i>Nitzschia gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	
<b>Soorten uit organisch verontreinigd water (S)</b>																					
2005 <i>Nitzschia paleaeformis</i>	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	1	-	0	0	-	-	
<b>Soorten met onbekende ecologie (O)</b>																					
<i>Eunotia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0	
<i>Melosira dickiei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	
<b>Ecologische spectra</b>																					
1988 som X	4	73	98	99	90	77	50	55	64	32	58	21	12	15	18	10	7	10	3	7	
2000 som T	65	14	2	0	9	17	45	35	29	64	36	76	85	81	74	80	82	71	73	73	
1997 som N	1	6	0	0	1	3	2	6	5	3	3	2	2	2	3	7	1	4	3	1	
2001 som D	30	7	0	0	0	2	3	3	3	1	2	2	1	2	4	3	9	11	15	18	
1997 som A	0	-	0	0	-	1	0	-	0	-	0	-	0	-	1	-	0	0	-	0	
1999 som E	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
2000 som S	0	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	1	-	0	0	0	1	
2008 som O	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6	0	
<b>Karakteristieken</b>																					
Aantal soorten (S)	9	15	4	3	6	12	10	14	12	10	11	9	11	10	11	11	10	14	9	8	
Dominantie (d)	38	73	98	99	90	77	50	55	64	49	58	42	43	45	41	44	42	29	33	36	
pH <sub>w</sub> a	4,9	4,2	4,0	4,0	4,0	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,6	4,8	4,7	4,7	4,7	4,8	4,7	4,5	4,4	
EKR	,80	,57	,39	,35	,37	,47	,45	,53	,50	,50	,47	,53	,52	,55	,52	,63	,67	,60	,77	,66	

\*gegevens van Gemeenschappelijk Waterlaboratorium

Gerritsfles

Ecologische groep opt.jr. Soort	Van Tot Aantal monsters	Netplankton																		Uitknijpsel									
		'16	'50	'60	'73	'77	'79	'81	'83	'85	'87	'89	'91	'93	'95	'97	'99	'01	'03	'05	'07	'09	'10	'99	'01	'03	'05	'07	'09
		'18	'58	'65	'74	'78	'80	'82	'84	'86	'88	'90	'92	'94	'96	'98	'00	'02	'04	'06	'08	'10	'10	'00	'02	'04	'06	'08	'10
Geteld aantal		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200	200	200	200	200	
<b>Verzuring indicators (X)</b>																													
1983 <i>Eunotia exigua</i> s.l.		4	2	67	80	93	98	62	60	41	33	28	22	14	20	9	6	8	10	3	3	6	-	2	1	1	2	1	1
<b>Triviale soorten uit zuur water (T)</b>																													
1987 <i>Pinnularia microstauron</i> -groep		-	0	5	-	0	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	
1990 <i>Frustulia rhomboides</i>		-	1	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	
1994 <i>Tabellaria quadriseptata</i>		2	18	4	5	1	-	4	17	10	7	20	38	10	5	3	11	10	3	7	11	14	-	2	2	1	5	1	2
1994 <i>Frustulia saxonica</i> s.l.		6	23	6	1	1	1	32	13	20	24	20	11	13	17	13	12	10	10	21	23	14	-	20	24	17	31	22	11
1995 <i>Eunotia rhomboidea</i>		4	30	9	11	1	0	0	7	19	21	20	14	23	34	51	11	11	8	10	13	15	-	12	11	24	18	38	20
1996 <i>Eunotia paludosa</i>		-	-	0	0	-	-	-	0	0	-	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	-	-	0	17	1	1	1	1
2001 <i>Eunotia incisa</i> s.l.		47	8	2	1	1	-	0	1	1	1	2	1	2	2	8	4	4	5	7	3	12	36	13	5	19	17	18	47
2003 <i>Eunotia bilunaris</i> s.l.		12	1	2	1	0	0	-	0	1	0	-	1	1	1	0	6	8	9	7	14	7	13	10	14	12	3	1	5
<b>Soorten uit geëutrofeerd, zuur water (N)</b>																													
1996 <i>Pinnularia interrupta</i> s.l.		1	0	0	-	0	-	0	1	-	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	-	0	0	0	0	-	-
1998 <i>Eunotia rymanniana</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	-	-	0	-	0	0	0	1	2	3
1998 <i>Eunotia naegelii</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	16	5	3	6	3	1	5	4	1	2	6	6	0	9	4	0	0
2007 <i>Chamaepinnularia mediocris</i>		-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	1	2	6	1	-	-	-	1	-	3	1	-
<b>Doelsoorten (D)</b>																													
1977 <i>Eunotia intermedia</i>		2	6	2	1	0	-	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995 <i>Neidium affine</i> var. <i>longiceps</i>		1	1	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995 <i>Oxyneis binalis</i> var. <i>elliptica</i>		-	1	-	-	0	-	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
1997 <i>Brachysira procera</i>		5	1	0	-	1	-	-	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	2	1	0	1	-	0	0	-	-	-	-
1997 <i>Brachysira vitrea</i>		-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997 <i>Neidium densistriatum</i>		1	0	-	-	-	-	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	0	-	-
1998 <i>Tabellaria flocculosa</i>		4	3	1	0	0	0	-	1	2	10	7	5	18	11	8	9	6	3	7	13	8	18	10	3	2	5	9	9
1998 <i>Cymbella graciliis</i> *		0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-
2003 <i>Kobayasiella</i>		9	1	0	-	0	-	0	0	1	0	1	1	0	2	2	32	35	44	27	7	18	14	22	14	20	7	1	1
<b>Ubiquisten (A)</b>																													
1997 <i>Achnanthydium minutissimum</i> s.l.		0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	-	-	0	1	0	-	1	-	-	-	2	-	2	-	1	-
<b>Soorten uit eutroof water (E)</b>																													
1999 <i>Neidium ampliatum</i>		0	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	-	0	-
<b>Soorten met onbekende ecologie (O)</b>																													
Pennales		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<b>Ecologische spectra</b>																													
1994 som X		4	2	67	80	93	98	62	60	41	33	28	22	14	20	9	6	8	10	3	3	6	-	2	1	1	2	1	1
2004 som T		71	81	30	18	4	2	38	38	51	54	62	65	50	58	76	43	43	36	53	64	63	59	58	74	73	74	81	85
2000 som N		1	1	0	-	0	-	0	1	0	0	1	4	17	7	4	6	4	3	7	10	4	2	7	7	1	12	7	3
2008 som D		23	15	3	2	2	0	0	1	6	11	9	9	20	14	11	43	43	50	35	21	26	32	32	17	22	11	10	10
1994 som A		0	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-	0	1	0	-	1	-	-	-	2	-	2	-	1	-
2007 som E		0	0	0	-	-	0	0	1	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	1	-	0	-
1986 som S		0	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	1	-	-	-
1994 som O		1	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	0
<b>Karakteristieken</b>																													
Aantal soorten in telling		16	15	7	6	7	3	3	9	12	11	9	13	11	13	11	11	15	15	12	12	12	10	9	10	9	9	10	8
Dominantiepercentage		47	45	72	80	93	98	62	60	45	37	37	52	30	34	51	32	35	44	35	29	28	36	32	37	37	37	39	47
Berekende pH (pHw a)		4,9	4,8	4,3	4,2	4,1	4,0	4,1	4,2	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,8	4,4	4,3	4,2	4,4	4,5	4,5	4,8	4,5	4,2	4,6	4,5	4,8	5,0
EKR		,74	,77	,45	,40	,41	,37	,38	,43	,45	,57	,57	,63	,68	,60	,70	,74	,70	,70	,75	,75	,70	,77	,79	,75	,76	,78	,76	,74

\*gegevens TNO Bouw en Ondergrond

Kliplo

Ecologische groep opt.jr. Soort	Van Aantal monsters	Netplankton																		NU '03	Aangroeiisel					Uitknijpsel				
		'24	'48	'72	'78	'79	'81	'83	'85	'87	'89	'91	'93	'95	'97	'99	'00	'02	'04		'06	'08	'10	'02	'03	'05	'07	'10	'02	'03
		'29	'64	'72	'78	'80	'82	'84	'86	'88	'90	'92	'94	'96	'99	'00	'02	'04	'06		'08	'10	'03	'02	'03	'05	'07	'10	'02	'03
Ceteld aantal	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	401	319	348	220	267	200	327	270	
<b>Verzuringindicatoren (X)</b>																														
1990 <i>Eunotia exigua</i> s.l.	-	1	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	-	1	1	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>Triviale soorten uit zuur water (T)</b>																														
1991 <i>Frustulia saxonica</i> s.l.	10	8	68	7	44	24	12	15	12	13	12	9	8	8	6	7	15	5	10	16	5	7	3	5	36	12	1	2		
1993 <i>Eunotia rhomboidea</i>	4	3	1	5	8	12	31	13	16	23	38	28	31	28	16	9	8	6	9	11	22	1	0	1	2	4	2	3		
1993 <i>Eunotia bitunaris</i> s.l.	15	10	1	3	8	11	6	3	5	2	3	5	12	8	5	4	4	2	5	8	4	1	2	-	1	12	2	5		
1997 <i>Eunotia incisa</i> s.l.	16	9	2	5	5	4	11	5	20	16	21	17	13	25	37	33	27	32	15	12	43	88	83	70	4	-	27	19		
1998 <i>Eunotia paludosa</i>	-	0	-	-	0	-	-	0	1	1	0	-	-	0	0	0	0	0	0	1	-	-	0	-	-	7	-	11		
2005 <i>Tabellaria quadrisepata</i>	4	1	15	1	2	2	1	1	0	1	1	1	0	0	1	2	3	21	37	19	1	0	1	11	27	39	1	2		
<b>Soorten uit geëutrofeerd, zuur water (N)</b>																														
1991 <i>Pinnularia interrupta</i> s.l.	-	0	-	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	-	-	-	-	1	0	1	
2002 <i>Eunotia nymanniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	1	1	1	1	1	1	4	1	4	5	2	-	1	-	1	-	0	8		
2003 <i>Eunotia naegeli</i>	-	-	-	-	-	-	0	2	-	-	0	1	0	5	5	20	17	3	1	8	-	5	1	-	2	-	-	7		
<b>Doelsoorten (D)</b>																														
1979 <i>Eunotia intermedia</i>	1	1	1	3	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1983 <i>Stauriforma exiguiformis</i>	0	3	-	8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
1985 <i>Psammothidium altaicum</i>	-	-	-	1	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	2	-	-	-		
1987 <i>Eunotia varioundulata</i>	1	0	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
1988 <i>Kobayasiella</i>	11	4	-	29	13	21	23	44	17	13	9	15	9	12	7	6	5	2	3	7	0	-	-	-	-	3	6	0		
1989 <i>Navicula leptostriata</i> s.l.	11	14	5	25	2	9	3	6	6	5	3	9	5	5	4	4	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
1991 <i>Brachysira procera</i>	1	26	1	6	3	4	2	3	4	4	4	6	3	3	1	2	2	1	1	3	-	-	0	-	-	-	-	0		
1993 <i>Brachysira vitrea</i>	0	0	-	1	-	-	0	0	0	-	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
1994 <i>Tabellaria flocculosa</i>	24	9	6	2	9	8	5	3	12	16	5	5	13	7	15	22	5	9	4	2	9	3	4	11	8	6	63	20		
1995 <i>'Cymbella gracilis'</i>	1	2	-	0	-	-	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
2006 <i>Oxynois binalis var. elliptica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	0	0	1	0	-	-	-	0	13	-	-	-		
<b>Ubiquisten (A)</b>																														
2003 <i>Achnanidium minutissimum</i> s.l.	1	1	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	0	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10		
<b>Soorten uit eutroof water (E)</b>																														
1995 <i>Stauroneis 'anceps'</i>	-	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-		
1996 <i>Nitzschia gracilis</i>	-	6	-	0	4	1	2	2	5	1	0	1	0	0	-	0	-	0	5	9	-	-	-	-	1	12	-	-		
<b>Soorten uit organisch verontreinigd water (S)</b>																														
2003 <i>Nitzschia paleaeformis</i> s.l.	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	3	1	0	1	0	0	-	-	-	-	-	1	2	3		
<b>Ecologische spectra</b>																														
1995 som X	-	1	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	-	1	1	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
2000 som T	49	31	87	21	67	53	62	37	54	56	75	60	65	69	65	54	57	66	76	66	76	97	89	87	71	72	34	42		
1990 som N	-	0	-	3	1	2	1	3	1	3	2	4	3	2	6	6	24	18	7	7	13	-	6	1	1	3	0	16		
2003 som D	48	59	11	76	28	45	34	57	39	39	22	36	31	29	29	36	14	15	10	15	10	3	4	12	27	12	63	21		
1996 som A	1	1	-	-	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-	0	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	10		
2001 som E	1	7	1	0	4	1	2	3	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5	9	1	-	0	-	1	13	0	6		
2010 som S	1	1	-	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	3	1	0	1	0	0	-	-	-	-	-	1	3	4		
1993 som O	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>Karakteristieken</b>																														
Aantal soorten in telling	14	18	12	19	14	15	13	14	16	14	14	16	14	13	14	14	13	12	14	18	12	5	8	6	12	11	8	20		
Dominantiepercentage	27	31	68	29	44	28	38	44	28	29	38	28	40	43	44	43	40	49	37	24	43	88	83	70	36	39	65	29		
Berekende pH (pHw a)	5,0	5,5	4,4	5,1	4,5	4,7	4,7	4,5	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9	4,9	5,0	5,0	4,8	4,8	4,8	4,7	5,0	5,1	5,1	5,1	4,5	4,4	5,1	5,0		
EKR	,82	,73	,77	,87	,67	,84	,78	,81	,73	,79	,81	,82	,83	,82	,82	,78	,82	,82	,73	,70	,82	,67	,79	,82	,77	,70	,82	,73		

\*gegevens van Koeman en Bijkerk BV t.b.v. Waterschap Reest & Wieden



**Veluwe**

Ecologische groep	Deelense Was										Kempesfles																													
	Jaar	'17	'83	'87	'94	'98	'02	'06	'10	'18	'73	'77	'83	'86	'87	'88	'90	'92	'94	'96	'97	'98	'00	'02	'06	'10	'92	'94	'96	'97	'98	'00	'02	'06	'10					
Opt.jr. Soort	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	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI	UI					
<b>Verzuringindicatoren (X)</b>																																								
1989 <i>Eunotia exigua</i> s.l.	2	79	63	49	61	13	15	2	1	53	100	98	62	80	61	68	67	20	50	32	86	0	2	15	4	8	2	19	1	60	6									
<b>Triviale soorten uit zuur water (T)</b>																																								
1995 <i>Eunotia bilunaris</i> s.l.	7	0	0	4	0	0	-	-	3	3	-	-	-	-	-	1	-	2	1	1	-	-	1	1	-	-	3	0	-	0	1									
1997 <i>Pinnularia microstauron</i> -groep	2	1	1	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	0									
1997 <i>Tabellaria quadrisepata</i>	1	-	-	2	1	6	-	3	7	5	-	0	-	-	1	4	55	6	7	4	59	10	3	2	26	66	5	1	11	26										
1997 <i>Frustulia saxonica</i> s.l.	2	2	-	23	5	18	2	4	10	13	-	1	36	21	35	28	26	11	22	12	8	39	71	13	4	62	16	18	13	13	60									
1997 <i>Pinnularia gibba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0	1	0	2	-	1	-	-	0	1	-	1	1	1	-										
1997 <i>Eunotia paludosa</i>	-	-	-	-	3	-	1	0	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1										
2000 <i>Eunotia rhomboidea</i>	1	10	25	14	26	13	5	5	-	11	-	-	-	-	1	1	2	1	8	7	1	0	4	42	31	0	-	1	1	3	5									
2006 <i>Eunotia incisa</i> s.l.	2	1	0	1	-	46	52	75	47	10	-	1	-	-	2	0	2	2	10	33	1	1	6	16	13	1	-	51	82	8	1									
<b>Soorten uit geëutrofeerd, zuur water (N)</b>																																								
1989 <i>Chamaepinnularia medicris</i>	-	3	4	2	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-									
2000 <i>Pinnularia interrupta</i> s.l.	-	1	-	-	1	-	0	1	3	0	-	-	-	-	-	0	-	1	1	2	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	-									
2000 <i>Eunotia naegelii</i>	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	0	2	0	-	-	5	1	-	-	1									
<b>Doelsoorten (D)</b>																																								
<i>Nitzschia perminuta</i>	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
1987 <i>Eunotia rhynchocephala</i> var. <i>satelles</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
1994 <i>Oxynois binialis</i> var. <i>elliptica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-									
2004 <i>Eunotia glacialis</i>	-	-	-	1	1	1	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1									
2006 <i>Tabellaria flocculosa</i>	-	0	-	0	-	0	8	3	2	1	-	0	-	-	1	0	1	1	1	2	0	0	3	1	6	1	3	5	2	2	-									
2010 <i>Kobayasiella</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	2	36	-	-	-	-	-	-									
<b>Ubiquisten (A)</b>																																								
2003 <i>Achnanthydium minutissimum</i> s.l.	40	1	1	2	1	0	15	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-									
<b>Soorten uit eutroof water (E)</b>																																								
<i>Fragilaria capucina</i> s.l.	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
2004 <i>Neidium ampliatum</i>	-	-	-	-	1	-	0	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	0	-	0	0	1	1									
2006 <i>Nitzschia gracilis</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-									
<b>Soorten uit organisch verontreinigd water (S)</b>																																								
1987 <i>Gomphonema parvulum</i>	18	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
<b>Soorten met onbekende ecologie (O)</b>																																								
2010 <i>Melosira dickiei</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-									
<b>Ecologische spectra</b>																																								
1989 som X	2	79	63	49	61	13	15	2	1	53	100	98	62	80	61	68	67	20	50	32	86	0	2	15	4	8	2	19	1	60	6									
2000 som T	20	16	27	44	35	84	59	88	68	42	-	2	38	21	38	31	33	73	46	63	14	99	92	76	50	90	84	76	96	37	93									
1995 som N	0	4	4	2	1	1	1	1	3	3	-	-	-	-	0	-	2	2	2	-	0	2	2	1	1	5	1	1	1	1	1									
2006 som D	10	0	4	2	1	2	11	8	20	1	-	0	-	-	1	0	1	5	1	2	0	1	3	4	42	1	9	5	2	2	-									
2003 som A	40	1	1	2	1	0	15	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-										
2004 som E	10	0	0	-	1	-	-	0	8	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	3	1	0	-	0	0	1	1									
1988 som S	18	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-									
2010 som O	0	-	-	-	-	-	-	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-									
<b>Karakteristieken</b>																																								
Aantal soorten in telling	23	14	13	17	11	16	12	14	20	14	1	4	6	2	5	8	7	12	14	14	6	9	10	17	11	11	7	11	9	13	10									
Dominantiepercentage	40	79	63	49	61	46	52	75	47	53	100	98	62	80	61	68	67	55	50	33	86	59	71	42	36	62	66	51	82	60	60									
Berekende pH (pH <sub>w</sub> )	6,4	4,2	4,3	4,3	4,3	4,8	5,4	5,1	4,8	4,3	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,5	4,3	4,6	4,1	4,5	4,3	4,7	4,5	4,3	4,5	4,7	5,0	4,2	4,3									
EKR	,57	,43	,43	,43	,43	,50	,63	,70	,70	,37	,37	,37	,37	,37	,37	,37	,37	,37	,57	,37	,43	,37	,63	,57	,43	,77	,57	,77	,57	,63	,43	,50								

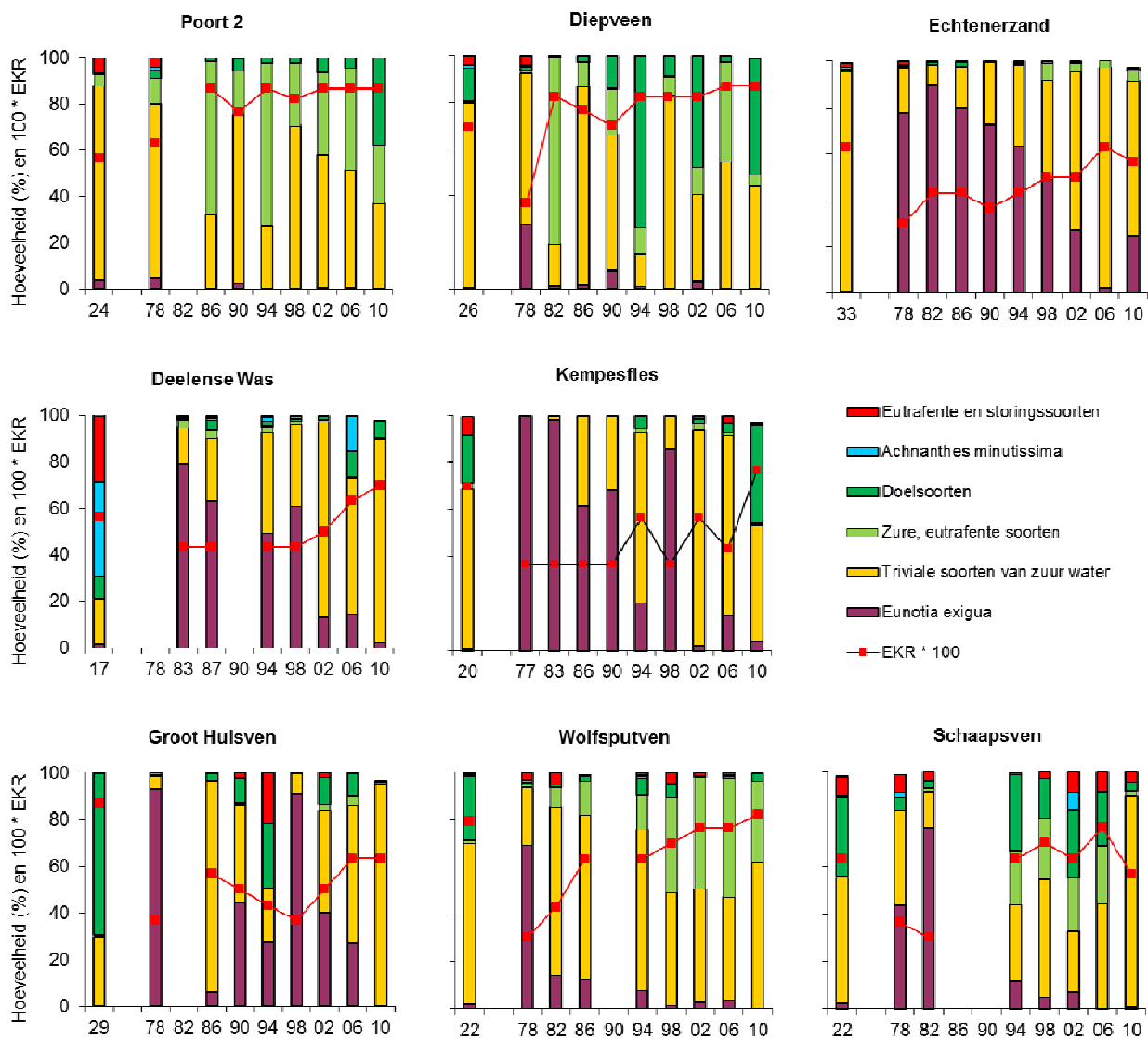






## Bijlage 13. Veranderingen ecologische groepen extensief bemonsterde vennen 1917-2010

De vorige versie van onderstaande grafieken (tot en met 2006) is uitgebreid besproken door Van Dam & Mertens (2008). In aanvulling daarop moet worden opgemerkt dat niet alle kolommen voor 2010 sommeren tot 100%. Dat is te danken aan de aanwezigheid van *Melosira dickiei* in de betreffende vennen, die eerder over het hoofd is gezien en waarvan de ecologie nog niet precies bekend is. Opvallend zijn de toename van *Eunotia exigua* in 2010 in het Ven in het Echtenerzand en de toename van doelsoorten in de Kempesfles. Voor het eerst sinds 1918 komt *Kobayasiella* hier weer veel voor. In het Groot Huisven is er in 2010 een grote ontwikkeling van de triviale zuurwatersoort *Tabellaria quadri-septata*. In het Schaapsven komen bijna geen doelsoorten meer voor, mogelijk als gevolg van eutrofiëring (Hoofdstuk 2).





## Bijlage 14. Belangrijkste resultaten ordinarie alle vennen 1916-2010

### Samenvatting

Assen	1	2	3	4	Totale variatie
Eigenwaarden	0,274	0,175	0,127	0,065	1,969
Lengte van de gradiënt	2,980	2,724	1,909	1,501	
Cumulatief percentage van de variantie van de soorten	13,9	22,8	29,2	32,5	
Som van alle eigenwaarden					1,969

### Taxa

E: ecologische groep volgens Tabel 8. As 1...4. Scores van de soorten op de eerste vier assen van de DCA. Gewicht: gewicht van de soort in de ordinarie, N2 = effectieve aantal monsters (Ter Braak & Šmilauer 2002).

E	Soort	Afk.	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2	E	Soort	Afk.	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2
X	Eunotia exigua s.l.	Eexi	0,000	0,550	0,149	0,254	280,33	83,21	D	'Cymbella gracilis'	Cgra	3,404	0,295	1,381	2,128	5,97	12,98
T	Frustulia saxonica s.l.	Fsax	1,905	2,154	0,369	0,926	321,60	117,77	N	Brachysira brebissonii	Bbre	1,671	-0,215	-2,299	1,277	4,77	10,83
T	Eunotia rhomboidea	Erho	1,266	0,824	2,015	1,847	245,57	92,82	D	Acanthes chlidanos	Achl	0,487	-1,153	3,696	-2,936	0,12	1,00
T	Eunotia incisa s.l.	Einc	2,345	0,976	1,260	0,018	244,48	91,84	T	Frustulia rhomboides	Frho	1,899	0,689	-1,868	4,164	4,93	12,39
T	Tabellaria quadrisepata	Tqua	1,407	1,932	-0,316	1,548	217,05	93,26	D	Neidium densestriatum	Nden	0,741	-0,098	1,151	1,615	3,02	9,06
N	Eunotia naegeli	Enae	0,973	3,699	2,154	0,810	112,60	42,91	E	Neidium ampliutum	Namp	1,101	0,081	-0,535	2,353	5,75	13,83
D	Kobayasiella	KOBA	3,186	2,287	0,686	0,857	134,14	54,93	E	Planothidium lanceolatum	Plan	1,346	0,136	-1,541	-5,003	2,54	8,75
T	Eunotia bilunaris s.l.	Ebil	2,460	1,506	0,996	-0,299	166,85	78,02	E	Cocconeis placentula s.l.	Cpla	0,888	0,958	-1,122	-4,260	1,67	6,31
D	Tabellaria flocculosa	Tflo	2,918	0,050	1,853	0,512	103,19	55,47	D	Eunotia glacialis	Egla	0,336	1,462	0,120	-0,735	5,74	13,59
D	Navicula leptostriata s.l.	Nlep	4,171	1,776	0,039	1,925	61,70	25,08	D	Stenopteroberia delicatissima	Sdel	1,895	3,363	-0,319	2,127	0,65	3,39
D	Brachysira procera	Bpro	3,684	0,235	1,486	2,043	58,81	30,96	D	Gomphonema exilissimum	Gexi	1,010	-0,251	2,636	-3,522	0,88	4,25
D	Oxyneis binalis	Obin	2,513	-0,409	-5,073	5,237	1,20	2,81	D	Eunotia arculus	Earc	3,711	1,583	0,456	2,261	1,98	7,67
N	Eunotia meisteri	Emei	0,546	1,899	3,921	2,266	9,88	9,47	D	Brachysira vitrea	Bvit	3,850	0,947	1,792	1,942	3,09	11,04
A	Achnanthydium minutissimum s.l.	Amin	1,194	-1,049	0,888	0,393	29,53	22,48	D	Fragilariforma virescens	Fvir	2,315	-0,583	-1,426	3,776	1,76	7,63
E	Nitzschia gracilis	Ngra	3,106	-0,314	2,356	-0,778	30,20	21,71	D	Stauroneis gracilis	Sgra	4,267	0,002	1,784	0,318	1,46	6,72
D	Eunotia denticulata	Eden	1,258	3,659	-0,630	3,136	5,86	8,06	D	Eunotia varioundulata	Evar	4,214	1,178	2,054	1,089	2,15	9,03
D	Eunotia intermedia	Eint	2,616	-0,438	0,166	-0,914	15,83	16,57	T	Pinnularia subinterrupta	Psub	0,381	1,354	2,552	2,621	1,12	5,35
D	Oxyneis binalis var. elliptica	Obie	1,252	1,305	2,080	0,751	4,38	10,13	D	Neidium affine var. longiceps	Naff	2,091	-0,611	0,975	1,723	1,08	5,83
T	Eunotia paludosa	Epal	0,747	1,538	2,475	2,032	19,22	24,36	D	Peronia fibula	Pfib	4,100	1,517	-1,081	2,298	1,08	5,69
D	Stauroneis exiguiformis	Sexi	4,123	0,011	1,765	2,264	6,10	9,60	T	Pinnularia viridis s.l.	Pvir	1,055	2,608	2,658	2,331	2,22	9,73
N	Pinnularia interrupta s.l.	Pint	2,191	0,336	1,729	0,432	33,19	42,50	E	Neidium affine	Naff	2,648	-0,407	0,516	-0,850	3,43	13,95
S	Nitzschia paleaeformis	Npal	1,995	-0,022	3,047	2,043	7,99	11,35	D	Fragilariforma constricta	Fcon	2,997	-0,266	1,786	2,302	0,08	1,00
T	Pinnularia microstauron-groep	Pmis	0,713	-0,720	2,239	1,907	12,57	16,62									
N	Eunotia nymanniana	Enym	2,507	3,105	2,406	0,441	16,44	17,57	A	Gewogen gemiddelde groep A		1,194	-1,049	0,888	0,393	29,53	22,48
S	Gomphonema parvulum	Gpar	1,040	-1,268	2,126	0,908	6,29	11,40	D	Gewogen gemiddelde groep D		3,225	1,116	0,977	1,126	85,98	40,63
T	Eunotia botuliformis	Ebot	0,541	-0,382	-1,981	3,611	6,68	10,76	E	Gewogen gemiddelde groep E		2,618	-0,194	1,470	-0,750	22,16	18,71
N	Chamaepinnularia mediocris	Cmed	1,199	-0,279	0,585	2,873	10,10	16,50	N	Gewogen gemiddelde groep N		1,316	2,699	2,084	0,862	77,20	36,84
N	Brachysira serians	Bser	1,185	2,190	-1,471	-3,974	1,61	4,52	S	Gewogen gemiddelde groep S		1,574	-0,571	2,641	1,543	7,24	11,37
D	Psammothidium ventrale	Pven	0,190	0,860	3,510	1,870	0,15	1,00	T	Gewogen gemiddelde groep T		1,799	1,477	0,864	0,886	237,06	93,17
T	Pinnularia gibba	Pgib	0,971	1,577	0,517	-1,816	21,11	23,51	X	Gewogen gemiddelde groep X		0,000	0,550	0,149	0,254	280,33	83,21
D	Nitzschia perminuta	Nper	3,034	-1,697	-0,225	2,504	2,16	5,83									
N	Psammothidium helveticum	Phel	0,136	0,034	3,712	1,723	0,81	3,20	E+S	Gewogen gemiddelde groep E+S		2,360	-0,287	1,759	-0,184	18,48	16,90
D	Psammothidium marginulatum	Pmar	-0,128	0,433	4,978	2,174	0,32	1,76									

## 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 ordinarie, N2 = effectieve aantal soorten (Ter Braak & Šmilauer 2002).

Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2	Monster	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2	
AG19v	2,319	1,651	0,688	0,872	17,21	6,32	EC06n	1,570	1,522	0,957	0,871	15,05	5,49	KL58v	2,980	0,944	1,058	1,077	17,53	7,64	
AG19z	2,399	1,812	0,492	0,844	16,51	6,25	EC10n	1,362	1,362	0,946	0,595	18,31	7,54	KL62z	2,427	0,882	1,232	0,564	20,68	9,04	
AG20wa	2,218	1,572	0,575	0,781	15,64	6,14	GE16v	2,157	1,056	0,997	0,219	14,66	6,49	KL64v	2,669	0,914	1,153	0,780	23,62	11,74	
AG20za	2,529	1,855	0,385	0,936	16,28	5,75	GE18v	2,251	1,026	0,945	0,792	23,10	11,37	KL72z	2,134	1,384	0,586	1,010	14,62	6,12	
AG21z	2,837	1,836	0,353	1,128	12,69	4,66	GE18z	2,307	1,014	0,993	0,704	22,94	11,01	KL78n	2,847	1,163	0,973	1,077	22,17	11,40	
AG22n	2,454	1,581	0,570	0,992	20,66	8,98	GE50n	1,981	0,879	1,030	0,719	20,02	9,63	KL82n	2,583	1,246	0,956	0,900	21,34	9,96	
AG24v	2,413	1,581	0,680	0,748	16,33	6,12	GE51n	1,986	0,981	0,862	1,195	17,71	8,99	KL86n	2,572	1,355	1,041	0,960	20,53	9,13	
AG25v	2,719	1,560	0,634	0,982	19,07	7,80	GE58n	1,704	1,305	0,859	1,137	15,17	6,22	KL90n	2,430	1,243	1,128	0,902	23,58	11,15	
AG26v	2,519	1,735	0,583	0,715	16,54	5,91	GE60z	1,751	0,748	1,120	0,776	20,47	9,84	KL94n	2,527	1,202	1,156	0,971	21,23	9,21	
AG28z	2,970	0,940	0,812	1,421	18,14	9,94	GE64n	0,781	0,854	0,668	0,774	9,10	3,27	KL98n	2,586	1,266	1,158	0,961	22,11	9,78	
AG75n	1,102	1,211	0,426	0,948	13,56	4,77	GE65n	0,545	0,897	0,364	0,800	7,60	2,37	KL02n	2,492	1,410	1,232	1,063	23,65	11,08	
AG78n	1,610	0,885	0,555	0,700	16,36	8,54	GE73v	1,029	0,844	0,703	0,886	12,30	4,50	KL06n	2,419	1,400	1,132	0,936	24,90	11,93	
AG82n	0,117	0,592	0,141	0,416	5,06	1,20	GE78n	1,310	0,785	0,664	0,591	11,60	5,32	KL10n	2,257	1,385	1,221	0,714	22,87	10,52	
AG86n	1,287	1,208	0,444	0,687	13,94	5,90	GE82n	1,226	1,165	0,373	0,706	12,90	4,87	PO24z	1,699	1,535	0,848	0,481	17,32	7,58	
AG90n	1,519	1,140	0,670	0,602	19,18	9,04	GE86n	1,629	1,044	0,747	0,949	16,47	7,39	PO24zu	1,505	2,715	1,254	0,800	9,86	3,22	
AG94n	1,337	1,436	0,635	0,805	16,39	6,43	GE90n	1,696	1,059	0,879	0,946	18,27	7,15	PO78n	1,590	1,639	0,780	0,702	19,59	8,65	
AG98n	1,810	1,275	1,094	0,554	13,93	5,07	GE94n	1,588	1,416	1,197	0,914	20,15	8,70	PO82nu	1,708	2,528	1,019	1,015	11,39	4,18	
AG02v	1,709	1,325	0,781	0,619	17,73	6,91	GE98n	1,872	1,189	1,256	0,908	16,44	6,78	PO86n	1,544	2,626	0,883	0,942	11,32	3,84	
AG06n	1,641	1,876	0,942	0,810	16,69	6,41	GE02n	2,003	1,350	0,916	0,907	18,09	8,56	PO86nu	1,153	1,899	0,921	0,770	15,20	5,82	
AG10n	1,723	1,241	0,924	0,514	20,23	8,85	GE06n	2,011	1,311	0,973	0,979	21,24	9,88	PO90n	1,875	1,543	0,724	0,390	11,32	5,43	
DE17v	1,673	0,000	0,974	0,576	14,77	8,42	GE10n	1,962	1,447	0,863	0,900	16,74	6,35	PO94n	1,491	2,725	1,050	0,987	10,41	3,34	
DE83w	0,999	0,539	0,872	0,966	12,26	5,21	HU29za	1,873	0,945	0,082	1,247	8,80	5,37	PO98n	1,651	2,554	0,921	1,077	12,50	4,28	
DE87z	0,786	0,389	0,997	1,096	10,34	3,58	HU29zc	2,161	1,241	0,301	1,201	11,67	8,37	PO02n	1,646	2,442	0,815	0,908	13,57	5,06	
DE94z	1,241	0,976	0,719	0,830	15,86	6,53	HU52wb	1,227	1,061	0,725	1,392	14,39	5,93	PO06n	1,525	2,679	0,881	1,014	10,98	3,69	
DE98z	0,965	0,934	0,972	0,993	14,07	5,64	HU76zb	1,471	0,943	0,381	1,316	18,98	9,38	PO10n	1,790	2,479	0,797	1,199	14,50	5,66	
DE02z	1,461	1,184	0,838	0,786	15,99	6,10	HU78n	0,491	0,574	0,000	0,776	7,56	2,46	SC19v	2,143	1,078	0,946	0,744	20,49	11,04	
DE06n	1,557	0,473	1,150	0,537	15,53	6,12	HU82nu	0,216	0,762	0,078	0,452	5,44	1,35	SC25z	2,165	1,254	0,734	0,470	20,62	8,81	
DE10n	1,761	1,097	0,998	0,619	13,59	6,08	HU86n	1,291	1,065	0,783	1,228	13,40	5,23	SC57n	2,484	0,594	1,392	0,849	18,32	8,27	
DI24z	2,051	1,266	0,851	0,000	13,36	5,42	HU90n	1,703	0,952	0,718	1,132	19,79	9,76	SC75n	1,056	1,122	0,394	0,264	8,99	2,91	
DI29v	2,447	1,568	0,875	0,354	13,77	4,83	HU94n	1,738	0,663	1,274	0,820	16,77	7,24	SC78n	1,060	0,858	0,305	0,670	12,44	4,81	
DI78n	1,536	1,463	0,402	0,474	15,91	6,11	HU98n	0,913	0,890	0,656	0,813	9,14	3,28	SC82n	1,123	1,224	0,536	0,606	12,38	5,25	
DI82n	1,322	2,267	1,269	0,786	11,95	4,69	HU02n	1,613	1,097	1,003	0,797	18,10	7,52	SC94n	1,351	1,218	1,474	0,910	15,83	10,26	
DI86n	1,698	1,775	1,191	0,884	15,49	5,96	HU06n	1,592	1,136	1,183	0,979	19,70	8,62	SC98n	1,113	1,120	1,909	1,292	12,53	6,75	
DI90n	1,726	1,796	1,184	0,765	19,43	8,32	HU10n	1,478	1,567	0,612	1,306	10,93	4,43	SC02n	1,453	0,894	1,601	0,600	22,36	15,03	
DI94n	2,002	2,251	0,886	0,651	12,52	4,72	KE18z	2,316	1,148	0,989	0,413	19,50	8,96	SC06n	2,032	1,265	1,755	0,382	15,77	6,00	
DI98n	1,975	1,870	1,132	0,838	15,99	6,27	KE73z	1,472	1,272	0,918	0,659	17,82	7,56	SC10n	1,904	1,094	1,463	0,675	16,47	6,96	
DI02n	1,784	1,855	0,873	0,558	19,07	8,02	KE77n	0,000	0,550	0,149	0,254	4,62	1,00	WO21z	1,619	1,874	0,291	1,159	13,48	6,67	
DI06n	1,927	2,021	1,474	0,566	16,03	6,36	KE83v	0,531	0,687	0,368	0,284	5,96	1,62	WO22z	1,927	1,327	0,474	1,501	15,63	7,87	
DI10n	2,172	1,875	1,004	0,737	17,63	7,27	KE86v	0,886	1,343	0,488	0,763	9,03	2,61	WO78n	1,151	1,073	0,780	0,827	14,20	6,26	
EC33z	1,824	1,225	0,944	0,694	15,41	6,74	KE90z	1,158	1,248	0,460	0,617	10,64	3,63	WO82n	1,426	1,510	0,786	0,805	19,12	8,20	
EC60z	1,033	1,122	0,597	0,565	10,40	4,06	KE94z	1,446	1,423	0,628	0,693	16,30	7,10	WO86n	1,416	1,647	1,113	0,909	19,47	8,17	
EC78n	1,098	0,936	0,578	0,559	11,10	4,17	KE98z	0,950	1,174	0,369	0,757	9,86	3,40	WO94n	1,589	1,305	1,280	0,870	23,72	12,64	
EC82n	0,973	1,005	0,444	0,436	9,12	3,25	KE02z	1,739	1,463	0,952	0,818	15,25	6,55	WO98n	1,666	1,355	1,451	1,265	19,98	13,16	
EC86n	1,114	1,093	0,698	0,498	12,41	5,04	KE06n	1,661	1,021	1,144	0,828	20,29	9,36	WO02n	1,405	1,812	1,604	0,914	16,53	6,70	
EC90n	1,155	1,249	0,519	0,661	13,36	5,14	KE10n	2,061	1,179	1,128	0,763	17,35	7,09	WO06n	1,259	1,748	1,785	1,228	14,53	7,43	
EC94n	1,382	1,191	0,780	0,537	14,56	5,56	KL24z	2,274	1,082	0,954	0,587	21,28	9,17	WO10n	1,540	1,578	1,843	1,077	12,49	5,26	
EC98n	1,360	1,515	0,847	0,510	18,62	7,73	KL29v	2,785	1,278	0,907	0,842	19,41	8,09								
EC02n	1,358	1,329	0,968	0,452	18,04	7,35	KL48v	2,867	0,777	1,119	1,133	22,30	11,85								

## Correlaties

Correlatiecoëfficiënten van de eerste drie assen van de correspondentieanalyse (DCA) met milieuv variabelen 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	Groep	Param.	n	As 1	As 2	As 3
zuurgraad,	pH-v	97	,47 ***	,09	,44 ***	macro-	san	96	-,28 **	-,35 ***	-,31 **
alkaliniteit,	alk	90	,33 **	,12	,47 ***	ionen	Cl	96	-,01	-,10	-,07
koolstof	<i>TIC</i>	56	-,01	,01	-,04		<i>SO4</i>	96	-,42 ***	-,42 ***	-,56 ***
	<i>CO2</i>	52	-,06	,26	,08						
	ANC	95	-,02	-,01	,18	nutri-	<i>oP</i>	95	,02	-,01	,06
						enten	tP	55	,01	,07	,39 **
zuurstof-	DOC	92	,23 *	,33 **	,51 ***		<i>NH4</i>	96	-,04	-,23 *	-,28 **
huishouding, A	A	92	,28 **	,23 *	,53 ***		<i>NO3</i>	96	,04	-,12	-,01
org. stof	NO2	96	,08	,09	,28 **		kN	34	-,09	,31	-,04
							<i>Si</i>	67	,07	-,03	,22
macro-	<i>EC25-v</i>	96	-,43 ***	-,47 ***	-,49 ***	diato-	S	142	,45 ***	-,28 ***	,28 ***
ionen	skat	96	-,31 **	-,36 ***	-,35 ***	meeën-	Dom%	142	-,63 ***	-,12	-,50 ***
	<i>K</i>	95	,02	-,06	-,01	karakte-	pH-wa	142	,62 ***	-,27 **	,37 ***
	<i>Na</i>	96	-,04	-,10	-,03	ristieken	EKR	142	,73 ***	,56 ***	,40 ***
	<i>Ca</i>	96	-,44 ***	-,53 ***	-,28 **						
	<i>Mg</i>	96	-,29 **	-,40 ***	-,40 ***						
	<i>Fe</i>	93	,09	,34 ***	,11						
	<i>Al</i>	85	-,27 *	-,40 ***	-,47 ***						
	IR	96	-,50 ***	-,52 ***	-,20						



## Bijlage 15. Belangrijkste resultaten ordinatie intensief bemonsterde vennen 1916-2010

### Samenvatting

Assen	1	2	3	4	Totale variantie
Eigenwaarden	0,252	0,091	0,057	0,046	1,192
Lengte van de gradiënt	2,781	1,715	1,531	1,474	
Cumulatief percentage van de variantie van de soorten	21,1	28,7	33,5	37,4	
Som van alle eigenwaarden					1,191

### Taxa

E: ecologische groep volgens Tabel 8. 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 2002).

E Soort	Afk.	As 1	As 2	As 3	As 4	Gewicht	N2
X Eunotia exigua s.l.	Eexi	-0,071	0,876	0,189	1,382	516,49	152,79
T Eunotia rhomboidea	Erho	1,389	1,029	0,751	1,403	606,24	212,21
T Eunotia incisa s.l.	Einc	2,199	0,932	1,527	0,860	549,19	199,74
T Frustulia saxonica s.l.	Fsax	1,466	0,666	0,583	0,189	624,03	234,06
D Kobayasiella	KOBA	2,801	-0,636	1,279	0,689	382,45	151,25
T Tabellaria quadrisepata	Tqua	0,927	1,322	-0,187	-1,204	405,68	175,65
D Tabellaria flocculosa	Tflo	2,718	2,154	-0,725	1,364	325,39	147,69
T Eunotia bilunaris s.l.	Ebil	1,895	-0,171	1,584	0,454	377,38	188,27
N Eunotia naegeli	Enae	2,143	2,848	1,082	-0,028	166,44	90,13
D Navicula leptostriata s.l.	Nlep	4,257	-0,798	0,145	-0,166	131,83	62,63
D Brachysira procera	Bpro	3,231	-0,150	-0,489	1,437	143,69	98,12
T Eunotia paludosa	Epal	1,243	2,028	3,439	1,824	56,09	44,97
N Pinnularia interrupta s.l.	Pinn	1,758	0,167	0,875	1,380	101,34	123,12
E Nitzschia gracilis	Ngra	4,086	0,533	1,870	-1,751	38,75	33,53
N Eunotia nymanniana	Enym	3,210	3,003	2,008	1,737	66,90	55,13
A Achnanthydium minutissimum s.l.	Amin	1,983	2,666	-1,374	4,038	23,86	29,49
N Chamaepinnularia mediocris	Cmed	1,278	0,355	1,585	2,705	29,47	35,49
D Eunotia intermedia	Eint	1,095	-2,200	-4,425	3,803	12,66	21,99
D Stauroforma exiguiformis	Sexi	4,099	-0,794	-0,811	2,953	15,06	25,48
N Brachysira brebissonii	Bbre	0,178	-2,157	2,011	1,077	25,68	36,68
T Pinnularia gibba	Pgib	0,407	-2,907	2,165	0,940	20,99	33,02
D Brachysira vitrea	Bvit	2,642	-0,037	0,203	2,457	24,91	39,32
E Neidium ampliatum	Namp	1,056	0,587	-1,153	2,550	25,45	42,27
N Brachysira serians	Bser	-0,018	-1,124	1,982	-1,052	12,99	26,06
S Nitzschia paleaeformis	Npae	3,198	3,803	2,075	-0,002	9,26	20,66
T Pinnularia microstauron-groep	Pmis	0,274	0,969	-2,252	3,999	3,79	12,32
D Oxyneis binalis var. elliptica	Obie	1,389	2,299	-2,808	-1,878	6,94	18,59
O Eunotia	EUTI	1,332	-2,538	2,377	-5,726	0,65	4,07
D Cymbella gracilis'	Cgra	2,652	0,620	-1,645	1,155	9,00	26,33
D Eunotia varioundulata	Evar	4,400	0,322	0,099	1,121	7,87	26,96
O Melosira dickiei	Mdic	1,626	-1,585	2,276	1,259	0,00	6,67
T Frustulia rhomboides	Frho	1,037	0,999	-3,131	0,647	1,63	13,79
D Nitzschia perminuta	Nper	3,258	-0,374	-2,317	5,140	0,64	4,92
E Stauroneis 'anceps'	Sanc	3,309	0,487	-0,029	2,376	11,04	39,02
D Eunotia arculus	Earl	2,702	-3,914	-0,419	-0,354	1,29	8,65
D Peronia fibula	Pfib	1,661	-3,026	0,484	1,132	1,78	11,22
D Neidium affine var. longiceps	Naff	0,993	0,496	-6,378	2,329	1,81	11,55
D Neidium densestriatum	Nden	1,758	0,407	-3,965	0,844	2,23	14,31





## Correlaties

Correlatiecoëfficiënten van de eerste drie assen van de correspondentieanalyse (DCA) met milieuv variabelen 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	Groep	Param.	n	As 1	As 2	As 3
zuurgraad,	pH-v	237	,41 ***	-,06	,32 ***	macro-	san	234	-,54 ***	-,38 ***	-,22 ***
alkaliniteit,	alk	231	,27 ***	-,09	,29 ***	ionen	Cl	235	-,30 ***	-,42 ***	-,20 **
koolstof	TIC	128	-,24 **	-,41 ***	-,23 **		SO <sub>4</sub>	235	-,41 ***	-,34 ***	-,27 ***
	CO <sub>2</sub>	117	-,42 ***	-,19 *	-,18	nutri-	oP	233	-,03	,12	,09
	ANC	234	,31 ***	,26 ***	,27 ***	enten	tP	153	,08	-,08	,17 *
zuurstof-	DOC	225	,15 *	-,41 ***	,33 ***		NH <sub>4</sub>	235	-,37 ***	-,44 ***	-,23 ***
huishouding,	A	225	,18 **	-,44 ***	,36 ***		NO <sub>3</sub>	235	-,04	,19 **	,10
org. stof	NO <sub>2</sub>	233	,10	,17 **	,07		kN	105	-,20 *	-,46 ***	,26 **
							Si	148	-,10	-,41 ***	,38 ***
macro-	EC25-v	233	-,16 *	,14 *	,04	diato-	S	268	,53 ***	-,25 ***	,02
ionen	skat	234	-,49 ***	-,35 ***	-,22 ***	meeën-	Dom%	268	-,59 ***	,18 **	-,20 ***
	K	235	-,22 ***	-,37 ***	-,15 *	karakte-	pH-wa	268	,71 ***	,01	,18 **
	Na	234	-,19 **	-,42 ***	-,10	ristieken	EKR	268	,87 ***	,00	,34 ***
	Ca	234	-,04	,20 **	,09						
	Mg	235	-,42 ***	-,34 ***	-,14 *						
	Fe	193	,00	-,40 ***	,27 ***						
	Al	202	-,51 ***	-,38 ***	,01						
	IR	234	-,02	,07	-,02						



## Bijlage 16. Gegevens van karakteristieken voor vergelijking bemonsteringsmethoden

KEM = Kempesfles, AGE = Achterste Goorven, GER = Gerritsfles, KLI = Kliplo, NP = netplanton, UI = uitknijpsel, AA = aangroei, Lab. = laboratorium / analist (A = A. Mertens of H. van Dam, G = Aquon, K = Koeman & Bijkerk).

Ven	Datum			Lab			Geteld aantal			Aant. soorten			Dominantie (%)			Berekende pH			EKR		
	NP	UI	AA	NP	UI	AA	NP	UI	AA	NP	UI	AA	NP	UI	AA	NP	UI	AA	NP	UI	AA
KEM	11-08-1992	11-08-1992		A	A		400	400		7	11		66,8	62,0		4,10	4,29		0,37	0,57	
KEM	09-08-1994	09-08-1994		A	A		400	400		12	7		55,3	65,5		4,47	4,53		0,57	0,77	
KEM	21-08-1996	21-08-1996		A	A		400	400		14	11		50,3	51,0		4,29	4,75		0,37	0,57	
KEM	08-10-1997	08-10-1997		A	A		400	400		14	9		33,3	81,5		4,59	5,04		0,43	0,63	
KEM	31-08-1998	31-08-1998		A	A		400	400		6	13		85,5	59,8		4,06	4,24		0,37	0,43	
KEM	06-11-2000	06-11-2000		A	A		400	400		9	10		59,0	59,8		4,46	4,32		0,63	0,50	
AGE	29-04-2007		11-06-2007	A	G		400	205		9	11		71,3	33,2		5,04	4,35		0,63	0,77	
AGE	16-11-2007		12-11-2007	A	G		400	200		15	10		32,5	38,5		4,67	4,67		0,63	0,77	
AGE	17-05-2008		05-06-2008	A	G		400	200		15	10		33,5	27,0		4,79	4,47		0,70	0,77	
AGE	08-11-2008		06-11-2008	A	G		400	206		13	13		29,8	35,0		4,64	4,64		0,70	0,77	
AGE	04-05-2009		15-05-2009	A	A		400	200		22	7		26,8	39,5		4,68	4,37		0,50	0,82	
AGE	01-11-2009		05-11-2009	A	G		400	200		17	9		26,8	43,0		4,69	4,16		0,63	0,82	
AGE	13-05-2010		26-05-2010	A	G		400	200		16	9		25,0	32,0		4,40	4,57		0,63	0,37	
AGE	15-11-2010		15-11-2010	A	G		400	200		15	15		38,0	29,0		4,85	4,40		0,63	0,63	
GER	10-05-1999	10-05-1999		A	A		400	200		17	14		38,8	29,5		4,30	4,79		0,63	0,77	
GER	07-11-1999	07-11-1999		A	A		400	200		9	10		38,8	37,0		4,33	4,31		0,82	0,77	
GER	16-05-2000	16-05-2000		A	A		400	200		10	8		23,0	36,0		4,47	4,25		0,87	0,87	
GER	06-11-2000	06-11-2000		A	A		400	200		17	11		28,5	24,5		4,38	4,74		0,63	0,77	
GER	06-06-2001	06-06-2001		A	A		400	200		16	11		22,3	28,5		4,49	4,43		0,70	0,77	
GER	06-11-2001	06-11-2001		A	A		400	200		19	8		23,8	48,5		4,42	4,01		0,70	0,77	
GER	13-05-2002	13-05-2002		A	A		400	200		16	10		33,3	40,5		4,38	4,25		0,77	0,77	
GER	04-11-2002	04-11-2002		A	A		400	200		17	16		62,3	31,0		4,07	4,25		0,63	0,70	
GER	01-05-2003	01-05-2003		A	A		400	200		17	11		47,0	34,5		4,21	4,56		0,63	0,77	
GER	10-11-2003	10-11-2003		A	A		400	200		17	6		32,5	54,5		4,31	4,15		0,70	0,82	
GER	11-05-2004	11-05-2004		A	A		400	200		15	10		46,5	31,0		4,24	4,75		0,70	0,82	
GER	07-11-2004	07-11-2004		A	A		400	200		19	13		48,8	29,5		4,23	4,99		0,77	0,63	
GER	30-04-2005	30-04-2005		A	A		400	200		13	11		39,3	36,0		4,27	4,70		0,82	0,77	
GER	07-11-2005	07-11-2005		A	A		400	200		12	11		35,8	46,5		4,44	4,40		0,77	0,82	
GER	16-05-2006	16-05-2006		A	A		400	200		17	10		23,3	27,0		4,46	4,73		0,70	0,77	
GER	13-11-2006	13-11-2006		A	A		400	200		15	10		43,5	38,0		4,27	4,33		0,70	0,77	
GER	06-05-2007	06-05-2007		A	A		400	200		15	13		17,8	28,5		4,52	4,71		0,77	0,77	
GER	16-11-2007	16-11-2007		A	A		400	200		14	14		32,8	41,0		4,56	4,75		0,70	0,70	
GER	17-05-2008	17-05-2008		A	A		400	200		15	8		22,8	52,5		4,65	5,00		0,77	0,82	
GER	10-11-2008	10-11-2008		A	A		400	200		12	9		44,0	33,5		4,38	4,78		0,77	0,77	
GER	16-05-2009	16-05-2009		A	A		400	200		14	9		27,0	33,5		4,40	4,95		0,77	0,82	
GER	11-11-2009	11-11-2009		A	A		400	200		16	9		24,3	48,0		4,46	4,82		0,63	0,63	
GER	10-05-2010	10-05-2010		A	A		400	200		18	10		20,0	61,0		4,58	5,06		0,70	0,82	
GER	16-11-2010	16-11-2010		A	A		400	200		10	7		41,5	45,0		4,72	4,97		0,70	0,70	
KLI	13-05-2002	07-05-2002	07-05-2002	A	K	K	400	327	339	17	9	6	34,8	83,2	91,2	5,06	5,14	5,17	0,77	0,77	0,70
KLI	04-11-2002	29-10-2002	29-10-2002	A	K	K	400	326	298	18	9	4	19,5	46,3	85,6	4,97	5,13	5,05	0,77	0,87	0,63
KLI	15-05-2003	14-05-2003	14-05-2003	A	K	K	400	261	327	14	22	8	49,0	34,1	81,7	4,87	5,60	5,11	0,77	0,77	0,77
KLI	10-11-2003	29-10-2003	29-10-2003	A	K	K	400	279	369	17	20	9	19,5	24,4	83,5	4,94	4,50	5,07	0,87	0,70	0,82
KLI	30-04-2005		27-05-2005	A	K	K	400		220	13	7	7	47,8		70,0	4,53		5,07	0,87		0,82
KLI	10-05-2010		12-05-2010	A	K	K	400		200	20		12	15,8		38,5	4,63		4,44	0,70		0,70

## Bijlage 17. Over dit project

Bijzonder project	Dit rapport is het zesde verslag van een bijzonder project, zowel met betrekking tot de inhoud als de manier waarop het in de loop der jaren is voortgegaan.
Voorspel	<p>De eerste auteur werd in 1976 aangesteld bij de afdeling Landschaps-ecologie van het toenmalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN). Als onderdeel van de Projectstudie Midden-Brabant onderzocht hij, samen met Hannie Kooijman (Universiteit van Amsterdam) oude en recente monsters van de Oisterwijkse vennen, waarbij de verzuring van oppervlaktewateren in Nederland voor het eerst werd aangetoond. Samen schreven we een artikel in de 'Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie'.</p> <p>In 1977 en 1978 werden alle elf vennen uit dit rapport bemonsterd op diatomeeën en chemie en vergeleken met oude monsters van dezelfde locaties. De diatomeeënmonsters werden door de eerste auteur en de student Gillis Suurmond gedetermineerd. Hij was geïnteresseerd geraakt nadat hij een kort artikeltje over mijn eerste onderzoeken had gelezen in 'Natuur en Milieu'. Samen met Cajo ter Braak, die toen pas was begonnen als huisstatisticus van het RIN, schreven we een artikel voor Hydrobiologia. Vanaf die tijd is voor het oplossen van taxonomische problemen steeds contact geweest met buitenlandse collega's, zoals Kurt Krammer en Horst Lange-Bertalot.</p>
Begin	Om het effect van de kostbare maatregelen ter beperking van de atmosferische depositie van verzurende stoffen op de vennen te kunnen volgen werden het Achterste Goorven en de Gerritsfles in 1979 maandelijks bemonsterd, door de auteur of Hessel Hoekstra. Na een jaar meten bleek dat een chemische bemonstering van eens per kwartaal (rond 10 februari, 10 mei, 10 augustus en 10 november) van de waterchemie en twee maal per jaar van de kiezelwieren voldoende was om de langetermijnveranderingen te kunnen volgen. In 1981 werd een begin gemaakt met de jaarlijkse bemonsteringen van Kliplo. De bemonstering van deze drie vennen is tot op heden voortgezet. De acht andere vennen zijn tot nu toe elke vier jaar één maal bemonsterd.
Waterstand	De waterstand van de drie intensief bemonsterde vennen werd aanvankelijk bij de kwartaalbemonsteringen afgelezen van metalen buizen of stokken die de grond in waren gedreven. Deze verdwenen nogal eens door vandalisme. Vanaf 1994 werden in samenwerking met de terreinen waterbeheerders bij het Achterste Goorven en Kliplo meer professionele peilschalen geplaatst, die tot op heden door de beheersmedewerkers ter plekke maandelijks zijn afgelezen. Bij de Gerritsfles plaatste het Waterschap Veluwe in 2001 een peilschaal, die elk kwartaal is afgelezen. In de periode 1988-1993 werd de waterstand van de Gerritsfles elk uur met dataloggers geregistreerd door Fons van der Linden (RIN). De watermonsters werden toen maandelijks genomen, in verband met een onderzoek naar stikstofbalansen.

- Europese erkenning
- In de periode 1982-1984 maakte het onderzoek deel uit van een door de EU gefinancierd project naar de biogeochemische processen in bossen en vennen, dat door onderzoekers van het RIN (Han van Dobben, Harm Houweling) en de Landbouwniversiteit (Jan Mulder, Nico van Bree-men) werd uitgevoerd. Als projectmedewerker werd Karel Beljaars aan-gesteld, die in die periode de monsters nam en de tot dan verzamelde diatomeeënmonsters uit de vennen determineerde, in samenwerking met Adrienne Mertens. De monitoringsresultaten werden gepubliceerd in Freshwater Biology. In combinatie met de eerder genoemde artikelen en enkele artikelen over de paleolimnologie van de drie vennen (met o.a. Bas van Geel, Alexander Klink en Mike Dickman) was dit het proef-schrift, dat ik in 1987 verdedigde aan de Landbouwniversiteit.
- Na afloop van het EU-project werd de bemonstering van de vennen voortgezet, door mijzelf, Jos Sinkeldam en Adrienne Mertens, die vanaf toen vrijwel alle monsters tot op heden heeft gedetermineerd.
- OECD-programma
- Namens het Ministerie van VROM werden vanaf 1990 de metingen ingebracht in het International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification in Rivers and Lakes van de OECD Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, waarvan de jaarlijkse bijeenkomsten werden bijgewoond. In 1993 was deze bijeen-komst bij de Oisterwijkse vennen. In 1999 verscheen hierover een pu-blicatie in Nature. De metingen van Kliplo werden via het RIVM inge-bracht in het International Co-operative Programme on Integrated Mo-nitoring.
- Voortkabbelen
- Nog steeds vanuit het RIN, in 1992 opgegaan in het Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek (IBN-DLO), werden de metingen elk jaar op be-trekkelijk rustige wijze voortgezet. De chemische analyses werden steeds opgedragen aan het laboratorium van het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland (WMN) te Utrecht, in 2001 opgenomen in Hydron, en later overgegaan in Vitens. Bij de jaarlijkse ringonderzoeken ten be-hoeve van de OECD-programma's scoorde dit laboratorium steeds goed.
- Opleving
- Beide auteurs van dit rapport verlieten in de loop van 1994 het IBN en traden in dienst van AquaSense. Zij verkregen onmiddellijk een grote opdracht van VROM om samen met onderzoekers van het IBN (Harm Houweling) en het RIVM (Rik Wortelboer en Jan-Willem Erisman) de tot dan toe verzamelde metingen te evalueren en in verband te brengen met de samenstelling van de neerslag.
- Streep erdoor
- Intussen waren verzuring en geïntegreerde monitoring geen speerpunten meer en de metingen en deelname aan de internationale programma's werden door het eerste paarse kabinet in 1995 wegbezuinigd. Er brak een periode aan, die eigenlijk nog steeds voortduurt, dat het meetnet elk jaar weer met kunst- en vliegwerk in stand gehouden moet worden.
- Kwakkelen
- Voor het voortzetten van de metingen werd contact gezocht met de wa-terschappen, die de metingen in sommige jaren wel en andere jaren niet in hun programma's opnamen. Met ondersteuning van instellingen als het Beijerinck-Poppingfonds en het TAO-fonds werden subsidies ge-kregen voor de chemische analyses, terwijl de bemonstering en de dia-tomeeënanalyses in de vrije tijd van de auteurs werden uitgevoerd. Voor de vierjaarlijkse rapportages kon met veel moeite wel steeds budget worden gevonden bij de waterbeheerders en als deze het af lieten weten bij de provincies.

Half om half	<p>Sinds het einde van de negentiger jaren zijn de drie vennen intussen opgenomen in de meetnetten van de waterschappen, maar in de praktijk blijkt het toch vaak moeilijk om de monsters op de juiste plek en het juiste moment te nemen en daarin precies de goede variabelen met adequate detectiegrenzen te analyseren. Het elke keer weer aan elkaar lijmen van deze gegevens kost veel moeite en lukt ook niet altijd goed.</p> <p>Intussen hebben enkele waterbeheerders ook de diatomeeën bemonstering in eigen hand genomen of uitbesteed aan adviesbureaus. Zoals blijkt uit dit rapport worden de monsters dan vaak op andere wijze genomen dan voorheen, wat niet altijd tot vergelijkbare resultaten leidt. Bovendien worden die monsters slechts met bestaande biologische beoordelingssystemen beoordeeld, waardoor trends en nieuwe ontwikkelingen zelden worden gedetecteerd.</p>
Baten en kosten	<p>Van het onderzoek verschenen (al of niet in samenwerking met anderen) in de loop der jaren 22 rapporten, 13 publicaties in Nederlandse vakbladen en nieuwsbrieven, 11 publicaties in internationale wetenschappelijke tijdschriften, 4 hoofdstukken in boeken en belangrijke rapporten, 5 overige rapporten en publicaties en 3 proefschriften. Al deze stukken zijn veelvuldig geciteerd en gebruikt in beleid en beheer. Verder werden presentaties gehouden op enkele tientallen symposia.</p> <p>De resultaten zijn niet alleen belangrijk voor de evaluatie van het verzurings- en klimaatbeleid (waaraan miljarden euro's zijn en worden uitgegeven), maar zijn ook onmisbare referenties voor de beoordeling van de resultaten van beheersmaatregelen in andere Nederlandse vennen, waar in de laatste kwart eeuw intussen ook tientallen miljoenen euro's zijn uitgegeven. In dit kader zijn de in de afgelopen dertig jaar aan dit meetnet bestede kosten van naar schatting € 30 000 per jaar te verwaarlozen.</p>
Signaalfunctie	<p>Reeksen als deze geven niet alleen informatie over het probleem waar ze voor zijn opgezet, maar ze hebben ook een belangrijke signaalfunctie voor nieuwe problemen. In dit geval bleek niet alleen de afname van de verzuring te kunnen worden gedocumenteerd, maar ook de effecten van klimaatverandering. Dat probleem werd in de tachtiger jaren nog niet onderkend. Als de metingen worden voortgezet kunnen de reeksen in de toekomst wellicht informatie verschaffen over nu nog niet onderkende problemen in de voedselarme vennen, die behoren tot de meest waardevolle en internationaal belangrijke ecosystemen in ons land.</p>
Toekomst	<p>De toekomst van dit meetnet is zeer ongewis en zal dat ook wel blijven, gezien de steeds toenemende decentralisatie van het water- en natuurbeleid en de bezuinigingen daarop. De benodigde gelden worden meer en meer ter beschikking gesteld door managers, zonder veel inhoudelijke kennis, die op korte termijn resultaat van hun werk moeten zien en niet de kans krijgen tien jaar of langer te wachten voordat een trend zichtbaar wordt.</p>