

Monitoring van verzuring in vennen 1995-1998

Monitoring van verzuring in vennen 1995-1998

in opdracht van	(1) Zuiveringsschap Drenthe (2) Waterschap Veluwe (3) Waterschap Vallei en Eem (4) Waterschap De Dommel (5) Ministerie van Defensie
------------------------	---

uitvoering	Dr. H. van Dam, ing. A. Mertens, drs. K.W. Broersen, ing. L.M. Janmaat
namens opdrachtgevers	G. Duursema MSc, ing. M. Koopmans, ir. R.C. Gerritsen, drs. P. Voorn, F.W. Govers

rapportnummer 17.1164	codes opdrachtgevers (1) ml/b/972430 (2) 1998001817MK/lk (3) 1.791.13/2401 (4) 97.5820/Voo/Kon (5) 955.98.7106.89	status Eindrapport
---------------------------------	---	------------------------------



autorisatie opgemaakt goedgekeurd	naam Dr. H. van Dam Dr. E.H. ten Winkel	paraaf	datum 18-12-17 18-12-17
--	--	---------------	--------------------------------------

AquaSense

Kruislaan 411a
Postbus 95125
1090 HC Amsterdam
telefoon 020-5922244
telefax 020-5922249

Citeren als: AquaSense (2017). Monitoring van verzuring in vennen 1995-1998 - In opdracht van: Zuiveringsschap Drenthe, Waterschap Veluwe, Waterschap Vallei en Eem, Waterschap De Dommel, Ministerie van Defensie. Rapportnummer: 99.11641164

© AquaSense - Het copyright van deze notitie is nadrukkelijk voorbehouden aan AquaSense. Niets uit dit rapport mag op enigerlei wijze worden vermenigvuldigd zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van AquaSense, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander doel dan waarvoor het is vervaardigd. Het is de opdrachtgever toegestaan vrijelijk kopieën van deze notitie te maken. Dit rapport is gedrukt op chloorvrij gebleekt papier. De omslag is gemaakt van PVC-vrije kunststof.

Inhoud

Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Locaties	5
2.1. Intensief bemonsterde vennen	5
2.2. Extensief bemonsterde vennen	8
2.3. Weer en depositie.....	12
3. Methode	15
3.1. Organisatie	15
3.2. Chemie	16
3.3. Diatomeeën	18
4. Resultaten en discussie	21
4.1. Chemie	21
4.1.1. Kwaliteit van de waarnemingen.....	21
4.1.2. Intensief bemonsterde vennen	22
4.1.3. Extensief bemonsterde vennen.....	26
4.2. Diatomeeën	27
4.2.1. Intensief bemonsterde vennen	27
4.2.2. Extensief bemonsterde vennen.....	29
4.3. Opzet van het meetnet	30
5. Conclusies en aanbevelingen	33
5.1. Conclusies	33
5.1.1. Intensief bemonsterde vennen	34
5.1.2. Extensief bemonsterde vennen.....	35
5.2. Aanbevelingen	35

5.2.1. Beheer	35
5.2.2. Monitoring.....	36
5.2.3. Onderzoek.....	36
6. Dankwoord	37
7. Literatuur	39
Bijlagen	
Bijlage 1. Gedetailleerde ligging van de locaties	
Bijlage 2. Fysische en chemische metingen	
Bijlage 3. Tijdreeksen van enkele milieuvariabelen in extensief bemonsterde vennen	
Bijlage 4. Tellingen van diatomeeën 1995-1998	
Bijlage 5. Tijdreeksen van ecologische groepen en pH _{wa} in extensief bemonsterde vennen	

Samenvatting

Vanaf 1995 tot en met 1998 zijn, in aansluiting op eerder onderzoek, in de verzuurde vennen Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo elk kwartaal fysisch-chemische en biologische metingen verricht om na te gaan in hoeverre zich deze herstellen van de afnemende verzurende atmosferische depositie ('zure neerslag').

Tevens worden de gegevens gepresenteerd uit acht extensief bemonsterde vennen op de Veluwe, in Drenthe en Noord-Brabant, die sinds 1978 elke vier jaar zijn bemonsterd. In sommige van deze vennen zijn beheersmaatregelen uitgevoerd (zoals opzetten van de waterstand of kappen van bomen langs de oever). Samen met de drie intensief bemonsterde vennen geven ze een vrij goed beeld van de veranderingen in de verzuringstoestand van geïsoleerde Nederlandse vennen.

De chemie van de vennen wordt, behalve door de samenstelling van de atmosferische depositie, in belangrijke mate beïnvloed door het waterpeil, dat wordt gestuurd door de hoeveelheid neerslag. In het Achterste Goorven en Gerritsfles is er een langjarige, afnemende trend in het chloridegehalte en een voortdurende stijging van het bufferend vermogen (alkaliniteit). De afname van de sulfaatconcentraties heeft zich na 1994 niet verder voortgezet. De kiezelwieren (diatomeeën) indiceren hier een nog steeds toenemende pH. In 1998 nemen de verzuringsindicatoren sterk af. In Gerritsfles en Kliplo neemt ammonium de laatste vier jaar af. In Kliplo vinden verder weinig veranderingen plaats. Het herstel van verzuring, dat al in 1994 werd gesignaleerd, heeft zich in Achterste Goorven en Gerritsfles verder voortgezet. De veranderingen in de extensief bemonsterde vennen bevestigen die in de intensief bemonsterde vennen. Per ven zijn echter afwijkingen mogelijk, die afhangen van het lokale beheer. In ondiepe vennen worden na droogval kortdurende pieken van de sulfaatconcentratie gevonden.

De bemonsteringsfrequentie van de waterchemie (elk kwartaal) en de diatomeeën (elk half jaar) in de intensief bemonsterde vennen is goed toegesneden op de vraagstelling.

De langjarige afname van het chloridegehalte in Gerritsfles en Achterste Goorven hangt waarschijnlijk samen met veranderingen in het klimaat (neerslagoverschot). Aanbevolen wordt om met de gegevens door te rekenen wat de te verwachten kwaliteit van Nederlandse vennen is bij verschillende klimaatscenario's.

Tot en met 1994 is het hele meetnet steeds geëxploiteerd in opdracht van één instantie. Daarna zijn er verschillende opdrachtgevers geweest en is de continuïteit niet langer verzekerd. Opdat er over vier jaar weer een verslag kan verschijnen is het noodzakelijk de financiering veilig te stellen.

1. Inleiding

Vanaf 1979 tot en met 1994 zijn in de verzuurde vennen Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo elk kwartaal fysisch-chemische en biologische metingen verricht. De resultaten van dit onderzoek zijn in vele rapporten en publicaties vastgelegd (o.a. Van Dam 1987a, Van Dam & Mertens 1988, Van Dam & Arts 1993, AquaSense 1995, Van Dam e.a. 1996, Van Dam 1997).

Uit de evaluatie van deze metingen is o.a. gebleken dat als gevolg van de sterke reductie van emissie en depositie van zwavelhoudende componenten in de jaren tachtig een gedeeltelijk herstel van de waterchemie en de microscopische plantenwereld heeft plaatsgevonden (Van Dam e.a. 1995, Van Dam 1997).

De meetreeksen, die hun gelijke verder in Nederland en aangrenzende landen niet hebben, zijn ook gebruikt voor modelberekeningen van de depositie van stikstofverbindingen op vennen en de vegetatiesamenstelling aan de oever van vennen (Wortelboer 1998). Het blijkt dat de droge depositie van stikstofverbindingen veel lager is dan tot nu toe algemeen werd aangenomen en dat de stikstofdepositie op de Gerritsfles weer zodanig laag is dat terugkeer van zeldzame planten uit het Oeverkruidverbond hier in beginsel kan worden verwacht.

Om de vinger aan de pols te houden en om ook in de toekomst over meetgegevens te beschikken om modellen te valideren zijn de drie genoemde vennen ook van 1995 tot en met 1998 elk kwartaal bemonsterd.

In dit rapport worden de recente gegevens gepresenteerd en kort geïnterpreteerd in samenhang met de eerder verzamelde gegevens. Tevens worden de gegevens gepresenteerd uit acht extensief bemonsterde vennen op de Veluwe, in Drenthe en Noord-Brabant, die sinds 1978 elke vier jaar zijn bemonsterd (De hierbij behorende Kempesfles op de Veluwe werd jaarlijks bemonsterd sinds 1986). Samen met de drie intensief bemonsterde vennen geven ze een vrij goed beeld van de veranderingen in de verzuringstoestand van geïsoleerde Nederlandse vennen. Van alle vennen zijn ook historische referenties aanwezig.

2. Locaties

De onderzochte vennen met hun ligging, diepte en oppervlakte, zijn vermeld in Tabel 1. De globale ligging is weergegeven in Figuur 1 en de gedetailleerde ligging in Bijlage 1.

2.1. Intensief bemonsterde vennen

De ligging, landschapsgeschiedenis, hydrologie en vegetatie van de drie intensief bemonsterde vennen zijn in eerdere rapportages uitvoerig aan de orde geweest en samengevat door Van Dam & Buskens (1993). Na 1968 zijn deze vennen niet meer door direct menselijk ingrijpen beïnvloed. Daarvoor zijn ze soms gebruikt om te zwemmen of om schapen in te wassen

Achterste Goorven

Het Achterste Goorven (oppervlakte 2,4 ha, gemiddelde diepte 0,6 m) ligt in het natuurreservaat 'Oisterwijkse Bossen en Vennen'. Het is een lang en smal ven tussen stuifheuvelds die al meer dan een eeuw geleden met grove dennen zijn beplant. Het is verzuurd en voedselarm. Bij de

Tabel 1. Ligging, oppervlakte en diepte van de onderzochte vennen.

Bemonstering	Nummer	Afkorting	Locatie	Opp. (ha)	Max. diepte (m)	X-coord.	Y-coord.
intensief	VE63E	AGE	Achterste Goorven E. Oisterwijk	2.4	1.9	142.98	397.23
	VE94	KLI	Kliplo. Dwingeloo	0.5	1.1	225.84	539.10
	VE95	GER	Gerritsfles. Apeldoorn	6.8	1.2	184.48	463.60
extensief	VE44A	DIE	Diepveen. midden oostoever. Dwingeloo	0.8	1.2	225.95	537.30
	VE45A	PO2	Poort 2. Dwingeloo	0.02	1.3	225.45	538.53
	VE46A	ECH	Ven in Echtenerzand. midden oostoever. Ruinen	0.2	>1	222.65	526.56
	VE60A	DEE	Deelensche Wasch. midden zuidoever. Ede	0.5	1.3	187.25	456.15
	VE61A	KEM	Kempesfles. midden oostoever. Ede	0.9	1.0	182.67	461.84
	VE47A	GHU	Groot Huisven. noordoostoever. Boxtel	3.4	1.7	146.35	398.75
	VE48A	MWO	Middelste Wolfspoutven. midden westoever. Oisterwijk	0.7	0.6	143.38	398.53
	VE49A	SCH	Schaapsven. midden oostoever. Berkel-Enschot	1.6	1.0	139.22	396.68

Figuur 1. 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 Wolfspuutven, Schaapsven.

start van het monitoringsonderzoek in 1979 was punt E aan de zuidzijde van een pijpenstrootjesveld gesitueerd (Figuur 2) In de afgelopen twintig jaar is dit steeds meer begroeid geraakt met opslag van grove den. De bomen zijn thans gemiddeld 2-3 m hoog, met uitschieters tot ca 4 m.

In extreem droge jaren, zoals 1976, valt ruim 70% van de bodem droog. Het ven wordt grotendeels gevoed door regenwater, maar er is ook enige grondwaterinvloed. In de winter was er tot 1996 via een duiker afvoer naar het belendende Voorste Goorven. In zeer natte perioden, zoals de winter van 1994-1995 is de waterstand zeer hoog en vormen Voorste en Achterste Goorven een geheel.

In het najaar van 1995 en de daarop volgende winter werd het Voorste Goorven drooggepompt om de sliblaag te kunnen verwijderen (Pelsma 1996). Doordat de waterstand in het Voorste Goorven toen 2-3 m lager was dan in het Achterste Goorven bleek duidelijk dat de bodem van het Achterste Goorven op een zeer weinig voor water doordringbare laag rust. Onder de dam tussen beide vennen werden nog oude veenlagen waargenomen. Het leek alsof de waterspiegel in het Achterste Goorven slechts weinig werd beïnvloed door de werkzaamheden. In de zomer van 1996 waren de grove dennen op de dam gedeeltelijk afgestorven, waarschijnlijk door de droogte vanwege het leegpompen van het Voorste Goorven en de droge zomer. In november van dat jaar waren de meeste bomen op de dam gekapt en was de duiker verdwenen. Op dat moment sijpelde het water bij een peil van 8.41 m +NAP min of meer door de pijpenstrootjespollen van het Achterste naar het Voorste Goorven.

Figuur 2. Bemonstering van Achterste Goorven punt E in mei 1987.

Waterlelie is de meest opvallende waterplant: deze neemt in het ven toe van oost naar west. In de periode 1994-1995 kwamen veenmos en knolrus weliswaar nog algemeen voor, maar in verhouding met eerdere perioden betrekkelijk weinig, en dan vooral op drooggevalle oeverstroken en vlak daarlangs in het water. Onder water langs de oever komt kikkerdrilwier (*Batrachospermum*) meestal veel voor. Na perioden van hoog water, zoals het voorjaar van 1995, bedekken plakmaten van uitgedroogd flab de voorheen geïnundeerde oevers.

In mei 1998 werden macroscopische kolonies van ciliaten waargenomen, die door chloroplasten groen gekleurd waren. In het midden van het ven komen sinds 1993 veel groene kikkers voor. In mei 1998 was dat ook in het oostelijk deel het geval.

Tot en met 1994 zijn hier steeds drie punten (AGA, AGB en AGE) onderzocht, waarover uitvoerig is gerapporteerd (Van Dam e.a. 1996, Van Dam 1996, 1997). In 1995 werd de bemonstering van deze punten gecontinueerd (AquaSense TEC 1997a), maar daarna alleen op punt AGE voortgezet. In dit rapport worden verder alleen de resultaten van punt AGE besproken.

Gerritsfles

De Gerritsfles (oppervlakte 6,0 ha, gemiddelde diepte 0,6 m) ligt in het gelijknamige natuurreservaat op de grens van stuifzand en podzolgronden in een relatief open landschap met veel pijpenstrootjesgras, gedeeltelijk begroeid met grove dennen, berken en vuilbomen. De vuilbomen aan de noordzijde waren bij de start van het onderzoek slechts in 1979 1 m hoog. Thans zijn ze zeker 5 m hoog. De Gerritsfles is verzuurd en voedselarm. In de winter van 1999 is de noordwestelijke arm opgeschoond.

Het ven heeft een schijngrondwaterspiegel en is permanent met water gevuld. In droge jaren kan ongeveer de helft van de bodem droogvallen. Onder water is de bodem voor het grootste deel bedekt met veenmossen. Ook de knolrus komt veel voor. Andere belangrijke soorten zijn

gewone waterbies, veenpluis, snavelzegge en pijpenstrootje. Voor een recente beschrijving van de vegetatie wordt verwezen naar Meertens (1994). In 1997 had zich als gevolg van de regelmatige verstoring van de bodem bij het permanente bemonsteringspunt een zeer vitale en dichte populatie van de drijvende egelskop ontwikkeld. Voorheen waren op deze plek slechts enkele zwak ontwikkelde drijfbladen aanwezig. Soms komt hier ook *Batrachospermum* (kikkerdrilwier) voor. In november 1996 werden zwevende kolonies van de draadvormige sieraal *Hyalotheca dissiliens* var. *minor* aangetroffen. Deze soort wordt vaak gevonden in mesotrofe wateren (Coesel 1982-1997).

Kliplo

Kliplo (oppervlakte 0,6 ha, gemiddelde diepte 0,8 m) wordt voornamelijk door stuifzand omgeven, dat gedeeltelijk met jeneverbessenheide en gedeeltelijk met moerasbos en open grove-dennenbos zijn begroeid. Het ligt in de boswachterij 'Dwingeloo'. Het ven is niet verzuurd en matig voedselarm. In extreem droge jaren valt slechts ongeveer 20% van de bodem droog. Het ven wordt uitsluitend door regenwater gevoed. Bij extreem veel regenval, zoals in het najaar van 1998, wordt een maximale waterstand bereikt, doordat het water dan via het bos aan de noordoostzijde afstroomt naar de lager gelegen omgeving. In de periode 1995-1998 zijn geen bijzondere beheersmaatregelen getroffen (pers. meded. H. Pietersma).

In het open water komen nauwelijks planten voor. Op enkele plaatsen is er nog wat drijvend fonteinkruid, dat tot 1986 veel voorkwam. Langs de rand en oever komt vrij veel wateraardbei voor, maar dit lijkt achteruit te gaan. Verder snavelzegge, knolrus, veenmos, veenpluis, pijpenstrootje, pitrus, waternavel, gewone waterbies, en riet. Aan de westoever is een veentje met veel veenmos, dopheide, veenbes. Op een trilveentje aan de noordwestzijde komt vaak zonnedauw voor, maar in sommige jaren ontbreekt dit.

Van de macroscopische algen komt kikkerdrilwier (*Batrachospermum*) regelmatig voor. Anders dan in de Gerritsfles en het Achterste Goorven is het water hier soms groen gekleurd door planktonontwikkeling. In mei 1997 kwam hier veel *Didymocystis bicellularis* voor (det. M. Soesbergen). Dit is een groenwier van de Scenedesmaceae dat vrij algemeen is in Midden-Europa, vooral in aangroei. Van het watertype en trofieniveau is weinig bekend. Kliplo is duidelijk voedselrijker dan de twee andere intensief bemonsterde vennen.

2.2. Extensief bemonsterde vennen

Diepveen

Dit ven wordt uitvoerig besproken door Van Dam & Arts (1993) en AquaSense TEC (1995, 1997b). Het ligt in de boswachterij 'Dwingeloo'. Het Diepveen is waarschijnlijk een pingoruïne, die tot ca 1915 temidden van heide en stuifzand lag. De omgeving werd tot op

een afstand van 10-50 m van het ven bebost met grove dennen. De omgeving wordt begraasd wordt door schapen, IJslandse pony's en koeien. Opslag wordt hier veelal opgevreten.

De drainerende werking van een ontwateringssloot uit de dertiger jaren werd in 1985-1986 stopgezet, door de bodem van de duiker in 30-40 cm hoger te leggen en de weg langs het ven te verhogen, waardoor het waterpeil in het ven 30 à 40 cm gestegen, zoals werd geconstateerd bij de bemonsteringen van 1994 en 1998. Het veen om de plas is daardoor zeer moeilijk toegankelijk geworden. Alleen bij zeer hoog waterpeil wordt nog water afgevoerd. In 1998 is langs de zandweg aan de oostzijde een lemen dijk aangelegd en is de weg opgehoogd om de waterstand verder op te zetten (in 1999 is de bodem van de greppel langs deze weg nog afgesmeerd met leem, om wegzijging te verhinderen). In 1997 is een strook bos tot 30 m breedte langs de zuid-, west- en noordoever gekapt en is er aan de noordwestzijde geplagd (pers. med. H. Pietersma).

De voornaamste plantesoorten zijn snavelzegge en veenpluis. Onder water komen veenmossen en klein blaasjeskruid voor. Bij diverse bemonsteringen werd ook kikkerdrilwier gezien. Tot 1958 werd drijvende egelskop aangetroffen, terwijl in de tachtiger jaren veel knolrus werd aangetroffen, naast veelstengelige waterbies. De aanwezigheid van waterdrieblad geeft aan dat er enige minerotrofie is. In het veen rond de plas komen o.a. veenbes en lavendelheide voor.

Poort 2

Dit ven wordt uitvoerig besproken door Van Dam & Arts (1993) en AquaSense TEC (1995). Poort 2 is een pingoruïne zonder oppervlakkige afwatering in de boswachterij 'Dwingeloo' (Figuur 3). Het terrein is in de loop van deze eeuw putsgevijs verveend en daarna is er weer actieve veengroei opgetreden. Bij de aanleg van het omringende bos is een weg over de randzone aangelegd. Het huidige beheer bestaat uit het eens in de vijf jaar verwijderen van dennenopslag. In 1996 zijn bomen gekapt rondom het ven, om het ven wat meer ruimte te geven en om de verdamping te beperken. In de toekomst zullen nog meer bomen worden gekapt. In 1997 is de rand van het veen gedeeltelijk geplagd (pers. meded. H. Pietersma).

In het veen rondom de putjes komt naast veenbes en lavendelheide veel beenbreek voor. In de onderzochte veenput komt naast waterdrieblad veel veenmos voor en ook klein blaasjeskruid. Verder staan hier drijvend fonteinkruid, knolrus, veenpluis en snavelzegge. In vergelijking met eerdere jaren was in 1998 de hoeveelheid planten in de noordelijke uitloper sterk toegenomen. Er vindt snelle verlanding plaats.

Ven in Echtenerzand

Dit ven wordt uitvoerig besproken door Van Dam & Arts (1993) en AquaSense TEC (1995). Het ven ligt in een open omgeving en heeft brede, zeer moerassige oeverstroken.

Het ven is ontstaan door uitgraven van hoogveen. Ten minste vanaf de dertiger jaren werd het ven door sloten ontwaterd. In 1990 zijn de sloten gedicht zodat er nu geen afwatering meer is. Sindsdien is het waterpeil maximaal 40 cm gestegen (Holtland 1996). In 1998 was het waterpeil nog hoger dan in 1998 en was het open water vrijwel

Figuur 3. Poort 2 in oktober 1999. ■ : bemonsteringspunt (Foto: KLM Luchtfotografie).

onbereikbaar. De laatste jaren zijn geen bijzondere beheersmaatregelen uitgevoerd (pers. med. G. Hietbrink).

In het open water bevindt zich vaak veenmos en soms ook knolrus. Bij de bemonstering van 1998 kwamen deze planten slechts weinig voor, maar bijvoorbeeld in 1990 nog wel veel. Het aspect van de vegetatie in het ven is in de loop van deze eeuw waarschijnlijk weinig veranderd, zij het dat klein blaasjeskruid en gewone waterbies na 1958 niet meer zijn aangetroffen. Het open water is omgeven door een trilveen, met o.a. veel witte snavelbies en veenbes, lokaal ook lavendelheide. Na het opzetten van de waterstand heeft zich dit steeds fraaiër ontwikkeld en is o.a. het aandeel pijpenstrootje sterk teruggelopen. Volgens Nuis & Rossenaar (1999) heeft het ven zich duurzaam hersteld.

Deelensche Wasch

Dit ven ligt in een voormalig stuifzandgebied van 'De Hoge Veluwe', dat grotendeels is begroeid met pijpenstrootje. Om het ven komen ook bomen (o.a. elzen) en struiken voor. Het ven wordt gevoed door een lokale schijngrondwaterlens. Tot in de vorige eeuw werd het ven gebruikt voor het wassen van schapen. Thans wordt het ven nog gebruikt voor pootjebaden en recreatie. In 1998 was voor het eerst een steiger aan de westzijde aanwezig.

De onderwatervegetatie bestaat uit dikke matten veenmos, die slechts op weinig plaatsen het zand onbedekt laat. Langs de rand komen veel knolrus en gewone waterbies voor. Verder werden de typische planten van verzuurde vennen als waternavel, moerasstruisgras, snavelzegge en veenpluis vaak gevonden tijdens de herhaalde bezoeken vanaf 1983. Het water is altijd glashelder.

Kempesfles

De Kempesfles is voor de Veluwe een betrekkelijk groot ven en wordt uitvoerig beschreven door Van Dam (1987b). Het ligt in het centrum van het schietterrein 'De Harskamp'. De plas rust op een kleine schijngrondwaterspiegel. Tot in het begin van deze eeuw lag het in een open stuifzand, maar sindsdien is het ven steeds meer ingesloten door

grove dennen. Tevens is het bezoek door wilde zwijnen sterk toegenomen, vooral vanaf 1990. In de loop van 1997 is daarom een raster geplaatst zodat de wilde zwijnen het ven niet meer kunnen bereiken, behalve op enkele zoelplaatsen aan de noordwestzijde van het ven. Sinds 1986 is het ven jaarlijks bemonsterd. In 1998 was de waterstand in vergelijking met het voorgaande jaar hoog.

In maart 1995 zijn de bomen tot op ca 25 m van de oever verwijderd. In 1997 zijn de bomen aan de westzijde zodanig uitgedund dat er weer wind op het ven is gekomen. Eind augustus 1995 en begin september 1996 zijn de oevers opgeschoond.

Het ven is sterk verzuurd. In het laatste decennium zijn veenmos en knolrus de meest voorkomende waterplanten. Vanaf 1996 komt ook klein blaasjeskruid veel voor. Snavelzegge, veenpluis en veelstengelige waterbies zijn achteruit gegaan.

Groot Huisven

Het Groot Huisven ligt in het natuurreservaat 'Kampina' en is uitvoerig beschreven door Van Dam (1983). Tot in de tweede helft van de vorige eeuw lag het ven in heide en moerasland. Aan de noordzijde zijn later dennen aangeplant, maar in de zeventiger en tachtiger jaren zijn veel dennen verwijderd, zodat het ven nu in een halfopen landschap ligt. Het ven ontvangt kwelwater en staat door middel van sloten in verbinding met andere vennen. Ruim tien jaar wordt de omgeving van het ven door koeien begraaasd, die de oevers gedeeltelijk vertrappen. Van 1968 tot 1980 was er een kapmeeuwenkolonie rond het ven. De laatste meeuwen vertrokken in 1993. Ten minste vanaf 1968 wordt het ven 's winters door honderden eenden en ganzen als rustplaats gebruikt.

Tot ongeveer 1950 was het ven, ook op Europese schaal, een van de belangrijkste soorten uit het Oeverkruidverbond, met o.a. waterlobelia en grote biesvaren. Sindsdien is het ven sterk verzuurd. In 1990 kwamen behalve witte waterlelie en weinig knolrus geen waterplanten voor. In 1994 en 1998 was er veel veenmos op de bodem en vooral langs de oever veel knolrus. Hier en daar was de kale zandbodem te zien. Op enkele plekken langs de oever stond pitrus. De ondiepe slenk aan de noordwestzijde heeft een afwijkende vegetatie. In 1994 kwam hier, naast veel veelstengelige waterbies heideviltwier (*Zygogonium ericetorum*) voor.

Middelste Wolfspuutven

Het Middelste Wolfspuutven ligt in het natuurreservaat 'Oisterwijkse Bossen en Vennen' en is uitvoerig beschreven door Van Dam (1983). Tot ongeveer 1850 lag het ven in open heide. Daarna is de omgeving bebost met grove dennen. Het is een van de weinige sterk humeuze vennen in Midden-Brabant. Het onderzochte vennetje is er een van een serie van drie, welke door lage dammen zijn gescheiden en bij hoog water met elkaar in verbinding staan. Het ven wordt door regenwater gevoed. In 1997 en 1998 werd een tijdlang bronwater aangevoerd, dat werd opgepompt in verband met bouwwerkzaamheden aan het zwembad naast het nabijgelegen Staalbergven (pers. meded. L. de Bruijn).

In 1919 waren hier uitgebreide trilveenvegetaties. In het open water groeide behalve de 'waterleliën' ook nog 'waterklaver' (waterdrieblad). Sinds de vierjaarlijkse bemonsteringen vanaf 1978 werden de 'waterleliën' nog steeds gevonden, maar andere waterplanten komen niet voor.

Schaapsven

In 1990 zijn bij het monsterpunt bomen gekapt en ook zijn er bij hevige stormen in de winter van 1990 veel bomen omgewaaid, zodat de omgeving lichter is geworden. Als gevolg daarvan nam de hoeveelheid knolrus, waternavel en pitrus op de oever toe. De mineralisatie van het drooggevalen organische materiaal op de oever wordt geïndiceerd door wolfsfoot. Tussen het ven en het bos en op de dammen komt een zoom van gael voor.

Het Schaapsven ligt in het natuurreservaat 'Ter Braakloop', enkele kilometers ten westen van het vorige ven, en is uitvoerig beschreven door Van Dam (1983). Evenals in het Groot Huisven kwamen hier tot in de vijftiger jaren diverse, thans zeldzame soorten, uit het oeverkruidverbond voor. Tot in de twintiger jaren lag het ven in heide. Sindsdien zijn er veel grove dennen aangeplant. Aan de oostzijde is een strandje, waar zwemmers van gebruik maken.

Het ven maakt een rommelig karakter. Tijdens de bemonstering van 1998 lag er olie op het water en was op de hellingen van het pad naar de Hoevense Dijk gaas gelegd; kennelijk om met auto's naar het ven te kunnen rijden. Volgens mededelingen van V.H. Bakker (Brabants Landschap) is de eigendomssituatie sterk versnipperd (Brabants Landschap, gemeente, particulieren) en wordt er regelmatig illegaal vuil gestort, o.a. vaten met chemicaliën, die onmiddellijk weer worden verwijderd door de terreinbeheerders.

Aan de westkant van het ven is een schiereilandje met een trilveen met o.a. veenmos, witte snavelbies en ronde zonnedaauw, maar ook mattenbies. Op het water komen witte waterlelie en gele plomp veel voor. Langs de oost- en zuidoever staat veel waterdrieblad, dat zich lijkt uit te breiden. In 1990 stond er veel knolrus en waternavel op de drooggevalen oevers. In 1994 en 1998 was dit niet of minder het geval. Dit ven is duidelijk voedselrijker dan de andere Brabantse vennen uit dit rapport.

2.3. Weer en depositie

Het weer, in het bijzonder de variatie in neerslag en verdamping, heeft grote invloed op de chemische samenstelling van het venwater en daarmee op de levensgemeenschappen, zoals o.a. is gebleken uit de gedetailleerde studies bij de drie intensief bemonsterde vennen (Van Dam e.a. 1996).

Het weer kenmerkte zich in de betreffende periode door het optreden van grote extremen (Tabel 2). De zomers van 1995 en 1997 behoorde tot de 25 warmste zomers van de eeuw, evenals de voorafgaande zomer van 1994. De lente van 1996 was de droogste van de eeuw en de winter van 1996 behoorde tot de zeven koudste winters van de eeuw. De winter van 1998 behoorde daarentegen tot de vier zachtste winters. De herfst van 1998 was de natste van de eeuw en leidde in september in het zuidwesten en in november in het noordoosten van het land tot

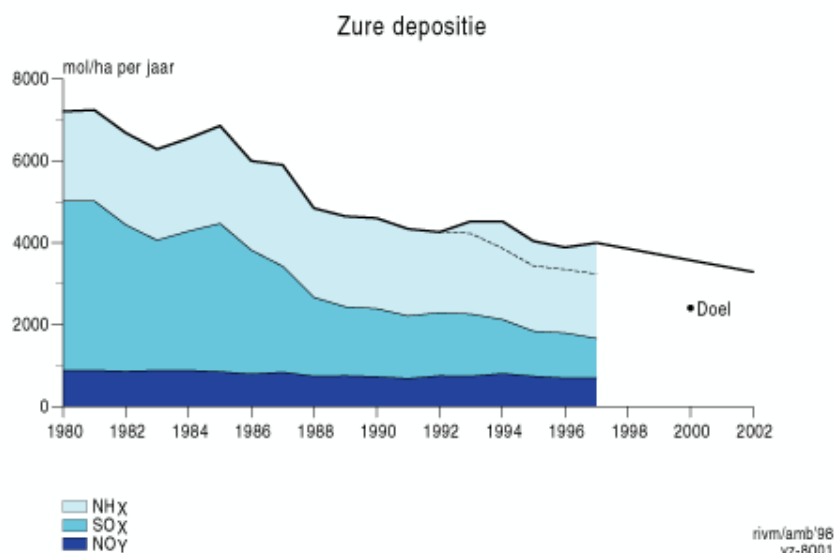
	winter			lente			zomer			herfst		
	T	P	karakteristiek	T	P	karakteristiek	T	P	karakteristiek	T	P	karakteristiek
normaal	2.6	193		8.4	176		16.2	214		10.2	220	
1994	3.9	298	zacht en zeer nat	9.3	219	zacht, somber en nat	17.6	207	zonnig, doog en zeer warm	11.1	321	warm en nat
1995	5.3	331	zeer nat, zeer zacht en zonnig	9.2	206	zacht en zonnig, vrij nat	18.2	134	zeer zonnig en droog	11.2	153	warm, zonnig en droog
1996	-0.1	102	zeer koud, zonnig en droog	7.8	61	koud, zonnig en extreem droog	16.4	214	normaal	9.7	260	koud en zonnig, nat
1997	1.9	125	koud, zonnig en droog	9.5	171	zacht, zonnig en droog	18.0	226	zeer warm en zonnig	10.2	180	zeer zonnig en droog
1998	5.4	182	zeer zacht, zonnig en droog	10.6	259	extreem zacht, zeer nat en somber	16.2	332	nat en somber	9.2	468	extreem nat, koud en somber

Tabel 2. Het weer in de periode 1994-1998. De getallen hebben betrekking op De Bilt. De karakterisering geeft een landelijk beeld (Bron: KNMI). T = temperatuur in °C, P = neerslag in mm.

overstromingen (Rijkswaterstaat 1999). Het jaar 1998 was het natste van de eeuw. De gemiddelde hoeveelheid neerslag is in de twintigste eeuw afgenomen met 0,87 mm per jaar (Van Boxel & Cammeraat 1999). De toename in de periode 1978-1998 lijkt nog groter dan over de gehele eeuw (Wessels e.a. 1999)

Hoewel de hoeveelheid neerslag en de depositie van potentieel verzurende stoffen bij de vennen onderling sterk verschillen zal de trend hiervan overeen komen met de landelijke gegevens. Voor SO_x zijn de deposities het hoogst op het Achterste Goorven, dankzij de sterk beboste omgeving en het laagst op de relatief open gelegen Gerritsfles (Van Dam e.a. 1996). De absolute grootte van de depositie is nog aan discussie onderhevig (Wortelboer 1998).

In de periode 1980 tot 1997 is de gemiddelde depositie van potentieel zuur op Nederland met 45% gedaald van 7200 naar 4000 z-eq/ha per jaar (Figuur 4). Deze daling is voor het grootste deel veroorzaakt door



Figuur 4. De gemiddelde depositie van potentieel zuur op Nederland, 1980-2002 (RIVM 1998).

een afname van de depositie van SO_x met 77%. De depositie van NO_y nam met 20% af en die van NH_x bleef vrijwel constant. Vanaf 1994 is de depositie van SO_x met circa 27% gedaald. De depositie van NO_y en NH_x daalde in die periode niet wezenlijk (RIVM 1998).

3. Methode

3.1. Organisatie

De intensief bemonsterde vennen zijn in de verslagperiode (1995-1998) elk kwartaal bemonsterd op de chemische samenstelling van het oppervlaktewater en tweemaal per jaar op de samenstelling van de kiezelwierengemeenschap. De extensief bemonsterde vennen zijn alleen in 1998 bemonsterd, behalve de Kempesfles, die jaarlijks werd bemonsterd (Tabel 3). De chemische monsters zijn vaak in de laboratoria van de opdrachtgevers geanalyseerd. De opdrachtgevers werden van te voren op de hoogte gesteld van de aard en de analysemethoden van de in vorige perioden uitgevoerde analyses in de vennen.

Tabel 3. Opdrachtgevers van het monitoringsonderzoek van verzuring in vennen. AS = AquaSense, BP = Beijerinck-Poppingfonds, Min. Def. = Ministerie van Defensie, Dienst Gebouwen, Werken en Terreinen, Directie Gelderland, TAO = Stichting Toegepast Aquatisch Onderzoek, WS = Waterschap, ZS = Zuiveringsschap.

		Jaar			
Bemonstering	ven	1995	1996	1997	1998
intensief	Achterste Goorven	AS, BP	AS, TAO	WS De Dommel	WS De Dommel
	Gerritsfles	AS, BP	AS, TAO	WS Veluwe	WS Veluwe
	Kliplo	AS, BP	AS, TAO	AS	ZS Drenthe
extensief	Poort 2				ZS Drenthe
	Diepveen				ZS Drenthe
	Echtenerzand				ZS Drenthe
	Deelensche Wasch				WS Vallei en Eem
	Kempesfles	Min. Def.	Min. Def.	Min. Def.	Min. Def.
	Groot Huisven				WS De Dommel
	Middelste Wolfspuutven				WS De Dommel
	Schaapsven				WS De Dommel

3.2. Chemie

Laboratoria

De chemische analyses van de intensief bemonsterde vennen in 1995 en 1996 en van alle monsters uit de Kempesfles werden verricht door het laboratorium van het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland (WMN).. In 1996 zijn al enkele parallelle monsters geanalyseerd door andere laboratoria en in 1997 en 1998 werden de meeste analyses door andere laboratoria uitgevoerd (Tabel 4).

Tabel 4.

Overzicht van verrichte chemische analyses. De laboratoria zijn met afkortingen weergegeven. Tussen haakjes is het aantal bemonsteringen vermeld. Parallelle analyses zijn met kleine letters weergegeven. RIVM = Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, WMN = Waterleidingbedrijf Midden-Nederland, GTD = Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant), WSV = Waterschap Veluwe, ZSD = Zuiveringsschap Drenthe.

Bemonstering	ven	Jaar			
		1995	1996	1997	1998
intensief	Achterste Goorven	WMN (4)	WMN (4)	WSD (3)	WSD (4)
	Gerritsfles	WMN (4)	WMN (4), wsv (3)	WSV (4)	WSV (2)
	Kliplo	WMN (4)	WMN (4), rivm (4)	RIVM (4)	RIVM (4), zsd (2)
extensief	Poort 2				ZSD (1)
	Diepveen				ZSD (1)
	Echtenerzand				ZSD (1)
	Deelensche Wasch				WSV (1)
	Kempesfles	WMN (1)	WMN (1)	WMN (1)	WMN (1)
	Groot Huisven				GTD (1)
	Middelste Wolfspuutven				GTD (1)
	Schaapsven				GTD (1)

Bemonstering en analyse

De veld- en laboratoriumprocedures voor de bemonstering en analyse van Gerritsfles, Achterste Goorven en Kliplo door AquaSense van 1995 en 1996 zijn identiek (geanalyseerd in het laboratorium van de WMN) aan die van de voorafgaande periode en zijn uitgebreid beschreven door Van Dam & Arts (1992), AquaSense TEC (1995) en Van Dam e.a. (1996). In 1996 zijn in Kliplo parallelle waarnemingen verricht door het RIVM. De methoden hiervan zijn beschreven door Mathijssen-Spiekman & Wolters-Bak (1998). De RIVM-gegevens van Kliplo uit 1997 en 1998 zijn op dezelfde manier verzameld. In 1998 werden ook enkele monsters uit Kliplo geanalyseerd door het laboratorium van het Zuiveringsschap Drenthe, volgens standaardprocedures. De analyse van DOC werd uitbesteed aan TAUW. In 1996 zijn in de Gerritsfles parallelle waarnemingen verricht door het Waterschap Veluwe. Deze waarnemingen zijn in 1997 en 1998 voortgezet. De monsters werden hier volgens standaardprocedures geanalyseerd. De analyse van DOC werd door het waterschap uitbesteed aan TAUW. De gegevens uit het Achterste Goorven uit 1997 en 1998 komen van het laboratorium van de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant. De monsters uit de overige vennen uit september 1998 werden in verschillende laboratoria geanalyseerd: de Kempesfles bij de WMN, de Deelensche Wasch bij het Waterschap Veluwe, de Drentse vennen bij het Zuiveringsschap Drenthe en de Brabantse vennen bij de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant.

Harmonisatie

De gegevens werden door de diverse laboratoria in verschillende eenheden en formats gerapporteerd. Ze werden geconverteerd naar het

standaardformat zoals in de tabel van Bijlage 2, dat overeenkomt met het format dat al eerder is gebruikt (Van Dam e.a. 1996). De concentraties van stoffen werden hiertoe omgerekend naar mmol/m³. Door het RIVM werden geen DOC-waarnemingen gedaan. Voor deze monsters werd DOC berekend uit de regressieformule: $\text{DOC (mg/l)} = 4 + 14/200 \times \text{kleur (mg Pt/l)}$, die ca 80% van de variatie verklaart van 127 waarnemingen die tussen 1987 en 1991 in Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo werden verricht. Waarnemingen beneden de detectiegrens werden op de helft hiervan gesteld.

Als er geen rechtstreekse metingen van HCO₃ zijn is deze berekend uit het M-getal (ZSV). Bij GTD zijn er soms HCO₃-waarden en M-getal. In die situaties is prioriteit gegeven aan de meest nauwkeurige bepaling. Overigens zijn de HCO₃-waarden weer omgerekend naar alkaliniteit. Na uitvoerige controles met ionenbalansen en visuele inspectie zijn enkele waarden die door laboratoria zijn aangeleverd gecorrigeerd of weggelaten. Ook werden enkele extern opgegeven waterstandsgegevens gecorrigeerd. Dit betreft met name gegevens van Kliplo, waarvan de officiële peilschaal in de zomer van 1996 in het ongerede was geraakt.

De afkorting die in de bijlagen en de rest van het rapport worden gebruikt spreken voor zichzelf, behalve de volgende:

pHv	pH, gemeten in het veld of vlak na de monsternamen
pHl	pH, gemeten in het laboratorium
EC25v	elektrisch geleidingsvermogen bij 25° C (veld)
EC25l	elektrisch geleidingsvermogen bij 25° C (laboratorium)
DOC	opgeloste organische koolstof
TIC	totaal anorganische koolstof
oP	ortho-fosfaat
tP	totaal-fosfaat
A	organische anionen, berekend uit DOC en pH
alk	alkaliniteit (negatieve alkaliniteit is aciditeit)
skat	kationensom
san	anionensom
ksur	kationenoverschot (%).

Tevens werd de Ionic Ratio (IR) berekend volgens Van Wirdum (1991): $\text{IR} = 2 \cdot \text{Ca} / (2 \cdot \text{Ca} + \text{Cl})$, waarin de concentratie in mmol m⁻³ zijn uitgedrukt. Een hoge IR geeft een grote beïnvloeding van grondwater aan, een lage IR geeft een meer regenwaterachtig karakter aan.

Verwerking

Van enkele sleutelvariabelen uit de intensief bemonsterde vennen, werden, ook van vroegere jaren, medianen berekend en in grafiek gezet.

Van de extensief bemonsterde vennen werden de beschikbare gegevens over pH, sulfaat, ammonium, DOC, chloride, alkaliniteit en IR geïnterpreteerd in de jaren 1978, 1982, 1986, 1990, 1994 en 1998. Soms zijn gegevens van een jaar vroeger of later dan het aangegeven jaar gebruikt. Tevens zijn de novemberwaarnemingen van de genoemde jaren uit de intensief bemonsterde vennen gebruikt. Voor pH werd de in het laboratorium gemeten waarde gebruikt indien aanwezig, anders de veldwaarneming. Sulfaat, ammonium en DOC werden eerst logaritmisch getransformeerd, vanwege de scheve verdeling van de waarnemingen. De extreem hoge chloridewaarneming van het Middelste Wolfspuutven uit 1998 bleef buiten beschouwing.

De verwachte waarde van elke parameter in elke periode werd met een lineair regressiemodel berekend, waarbij de factoren 'locatie' en 'jaar' als voorspellers werden gebruikt (Genstat 5 Committee 1988). De verwachte waarden werden zonodig ontlogaritmeerd. Paarsgewijze verschillen tussen de jaren werden getoetst met t-toetsen (Thissen & Goedhart 1990). Het model levert verwachte waarden voor die locaties waarvan waarnemingen beschikbaar zijn voor het meest recente jaar en ten minste een van de vroegere vier jaren. Doordat alle berekeningen opnieuw werden uitgevoerd kunnen kleine verschillen optreden met vorige rapportages (AquaSense TEC 1995).

3.3. Diatomeeën

Bemonstering

De intensief bestudeerde vennen werden, zoals ook in voorgaande jaren, in beginsel rond 10 mei en 10 november van elk jaar bemonsterd. De extensief bemonsterde vennen werden eind september 1998 bemonsterd, zodat de monsters vergelijkbaar zijn met die vanaf 1978. De monsters werden genomen door een planktonnet (maaswijdte 30-40 µm) door het open water, waterplanten en de allerbovenste modderlaag van de vennen te trekken. In de Kempesfles werd meestal in augustus gemonsterd, en ook door het uitknippen van veenmossen, knolrus of klein blaasjeskruid. De monsternamen geschiedde bijna altijd door medewerkers van AquaSense. De Gerritsfles werd enkele malen door medewerkers van het Waterschap Veluwe bemonsterd.

Analyse

In het laboratorium werden enige druppels geconcentreerd zoutzuur toegevoegd aan het monster om eventueel aanwezig ijzer te verwijderen. Het zoutzuur werd verwijderd door herhaald spoelen met water. Het organisch materiaal werd verwijderd door verwarming tot 80° C in waterstofperoxyde 30%. Na herhaald spoelen in water werden preparaten vervaardigd door inbedden in Naphrax.

De vervaardigde preparaten werden bekeken onder een Zeiss Standard RA microscoop bij een vergroting van 1250× (N.A. 1,30). Er werden 400 schaaltes in aselekt gekozen beeldvelden geteld en gedetermineerd met Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991) en Lange-Bertalot (1993). Voor enkele *Eunotia*-, *Navicula*- en *Pinnularia*-soorten werd gebruik gemaakt van respectievelijk Alles *et al.* (1991), Kobayasi & Nagumo (1988) en Krammer (1992). Daarbij werd in beginsel de taxonomische indeling van Van Dam *et al.* (1994) werd gevolgd. De resultaten van de tellingen werden ingevoerd in de EcoLims-database.

Harmonisatie

De taxonomie en nomenclatuur van diatomeeën is in de laatste decennia aan verandering onderhevig geweest. Daarom werden de volgende taxa samengevoegd: *Eunotia bilunaris* var. *mucophila* Lange-Bertalot *et al.* is gerekend tot *E. bilunaris* (Ehrenberg) Mills, *E. steineckii* Petersen is gerekend tot *E. exigua* (De Brébisson) Rabenhorst, *Frustulia rhomboides* var. *crassinervia* (De Brébisson) Ross is gerekend tot *F. rhomboides* var. *saxonica* (Rabenhorst) De Toni, *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot is gerekend tot *N. leptostriata* E.G. Jørgensen. *N. micropunctata* (Germain) Kobayasi &

Ecologische groepen

Nagumo is gecombineerd met *N. parasubtilissima* Kobayasi & Nagumo in de *N. micropunctata*-groep.

Voor eenvoudig weergeven van de veranderingen zijn de soorten ingedeeld in ecologische groepen. Het systeem is oorspronkelijk voor vennen is ontwikkeld (Van Dam & Mertens 1989, Denys & Van Straaten 1992, Van Dam & Arts 1993), waarin de volgende categorieën worden onderscheiden:

- ***Eunotia exigua*.** Deze groep (X) omvat slechts één soort, die zeer resistent is voor verzuring en de daarbij horende hoge concentraties van zware metalen en aluminium en daarom de afgelopen vijftig jaar sterk is toegenomen in de Nederlandse vennen.
- **Triviale soorten uit zure wateren.** Deze groep (T) omvat soorten die algemeen worden aangetroffen in zure wateren die niet al te zeer verzuurd of anderszins vervuild zijn, bijv. *Eunotia bilunaris* en *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*.
- **Doelsoorten.** Deze groep (D) omvat zowel soorten uit laag-alkaliene wateren als typische hoogveensoorten, die in de afgelopen vijftig jaar door verzuring en eutrofiëring ernstig zijn achteruit gegaan. Ten dele worden deze vaak in gemeenschappen van het Oeverkruidverbond gevonden. Het zijn de soorten waarin de specifieke waarde van vennen voor de natuurbescherming tot uiting komt en die door actief beheer van vennen terug zouden moeten komen, zoals *Anomoeoneis vitrea* (incl. f. *lanceolata*), *Fragilaria exigua* en *Navicula parasubtilissima*.
- ***Achnanthes minutissima*.** Deze groep (A) bestaat slechts uit één soort, het algemeenste zoetwaterkiezelwier ter wereld, die voorkomt in oligo- tot eutrofe, zwak zure tot alkalische en matig resistent is voor zware metalen. Kan geringe organische vervuiling verdragen, maar heeft betrekkelijk hoge zuurstofverzadigingswaarden nodig.
- **Algemene soorten uit eutroof milieu.** Deze groep (E) omvat soorten, die hoofdzakelijk voorkomen in neutrale tot alkalische, voedselrijke wateren. Sommige, zoals *Stauroneis anceps*, kunnen soms ook in matig voedselrijk water voorkomen.
- **Storingssoorten.** De soorten uit deze groep (S) komen gewoonlijk voor in sterk organisch vervuilde (α -meso- tot polysaprobe), neutrale tot alkalische wateren of in brakke wateren, bijv. *Navicula minima* en *Gomphonema parvulum*.

Voor elk monster is uitgerekend welk aantal taxa tot elk van bovenstaande groepen behoort en wat de procentuele hoeveelheden van elk van de groepen zijn.

Berekende pH

Uit de soortensamenstelling van de kiezelwieren is de geschatte pH van het water berekend uit de formule:

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

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

Veranderingen

voor de zuurgraad (R) in Van Dam e.a. (1994) gaat het hier om pH-waarden.

Om de veranderingen in de diatomeeën samenstelling van de intensief bemonsterde vennen na te gaan werden de ecologische groepen en de berekende pH uit de verschillende jaren, inclusief de jaren voor 1995, in grafiek gezet. Hierbij werden steeds de twee monsters uit elk jaar gemiddeld.

Van de extensief bemonsterde vennen werden de beschikbare gegevens over de diversiteit, berekende pH en ecologische groepen geënclassificeerd in de jaren 1920, 1978, 1982, 1986, 1990, 1994 en 1998. Soms zijn gegevens van een jaar vroeger of later dan het aangegeven jaar gebruikt. Het jaar 1920 staat hier voor de periode 1916-1933. Tevens zijn de novemberwaarnemingen van de genoemde jaren uit de intensief bemonsterde vennen gebruikt.

De verwachte waarde van elke parameter in elke periode werd met een lineair regressiemodel berekend, waarbij de factoren 'locatie' en 'jaar' als voorspellers werden gebruikt (Genstat 5 Committee 1988). De verwachte waarden werden zonnodig ontlogaritmiseerd. Paarsgewijze verschillen tussen de jaren werden getoetst met t-toetsen (Thissen & Goedhart 1990). Het model levert verwachte waarden voor die locaties waarvan waarnemingen beschikbaar zijn voor het meest recente jaar en ten minste een van de vroegere vijf jaren. Doordat alle berekeningen opnieuw werden uitgevoerd kunnen kleine verschillen optreden met vorige rapportages (AquaSense TEC 1995).

4. Resultaten en discussie

4.1. Chemie

4.1.1. *Kwaliteit van de waarnemingen*

Compleetheid

De bewerkte analyseresultaten zijn opgenomen in Bijlage 2 (zie voor de jaren vóór 1995 o.a. Van Dam & Mertens 1988, AquaSense TEC 1995, 1997 en Van Dam e.a. 1996). In het ideale geval zouden alle cellen van deze matrix gevuld zijn. Doordat de meeste analyses na 1996 niet meer vanuit één coördinator door het laboratorium van de WMN zijn verricht, zijn er gaten gevallen. Dit betreft met name de waterstand en de metingen van pH en geleidingsvermogen, die door sommige laboratoria in het veld en andere in het laboratorium worden verricht. Door sommige laboratoria worden metalen die een wezenlijke bijdrage tot de ionenbalans meten, zoals ijzer en aluminium, niet gemeten. Dat blijkt wel uit de soms grote afwijkingen van het kationenoverschot van de ideale waarde van 0. Ook kooldioxyde en het daaruit te berekenen totaal organische koolstof is vaak niet gemeten. De beschikbaarheid van koolstof is van groot belang voor de waterplanten (Bloemendaal & Roelofs 1988). In het Achterste Goorven zijn in 1997 slechts drie monsters genomen en in de Gerritsfles slechts twee, in plaats van vier, zoals in andere jaren.

Sommige metingen liggen vaak beneden de detectiegrens of vlak daarboven. Dit betreft vooral de fosfaatfracties, nitriet, nitraat en in mindere mate ook silicium. Nitriet wordt min of meer standaard bepaald, maar is eigenlijk geen zinvolle parameter voor het verzuringsonderzoek. Calcium, magnesium en ijzer liggen slechts incidenteel beneden de detectiegrenzen.

Afwijkingen van verwachte waarden

Chloride is in het monster van de Deelensche Wasch niet aantoonbaar, maar waarschijnlijk betreft dit een analysefout, omdat chloride meestal ongeveer gelijk is aan natrium, dat hier wel op een normaal niveau ligt en veel hoger is dan chloride in dit monster. Het kationenoverschot in dit monster is klein (1%), maar dat kan heel goed het gevolg zijn van het ontbreken van resultaten voor aluminium in dit monster en (te?) lage waarnemingen van calcium en magnesium. Bij berekeningen zijn chloride, calcium en IR uit de Deelensche Wasch daarom buiten beschouwing gebleven.

Een ander merkwaardig monster is dat van het Middelste Wolfspuutven. Zowel het elektrisch geleidingsvermogen (veld en laboratorium) en natrium en chloride zijn hier extreem hoog (ook veel hoger dan in vroeger jaren), terwijl de overige variabelen op dit punt normaal zijn. Dit is gevolg van het lozen van opgepompt bronwater op het ven.

In de gevallen waar alle belangrijke kat- en anionen zijn bepaald wijkt het kationenoverschot meestal maar enkele procenten af van nul. Alleen in monsters met veel humus zijn de afwijkingen groter, tot ca 10%. Dat is een normaal verschijnsel in dergelijke wateren (Van Dam & Arts 1993).

Vergelijkbaarheid laboratoria

In de Gerritsfles zijn op drie data in 1996 gedaan door WMN en WSV. De monsters komen uit dezelfde emmer. Wegens het geringe aantal waarnemingen kan er niet veel meer worden gezegd dan dat de resultaten in het algemeen dicht bij elkaar liggen. Zo is dat eigenlijk ook voor Kliplo, waar op twee data in 1996 parallelle analyses zijn gedaan door WMN en RIVM.

4.1.2. Intensief bemonsterde vennen

De mediane waarden van enkele belangrijke milieuvariabelen in de intensief bemonsterde vennen over de periode 1978-1998 zijn uitgezet in Figuur 5.

Behalve door de (potentieel verzurende) atmosferische depositie wordt de samenstelling van het venwater in belangrijke mate beïnvloed door het waterpeil (Figuur 5A), die wordt gestuurd door de hoeveelheid neerslag (Tabel 2).

Nadat in de extreem droge zomer van 1976 de bodem van het Achterste Goorven grotendeels, die van de Gerritsfles voor een belangrijk deel en die van Kliplo slechts in geringe mate was drooggevallen trad oxydatie van gereduceerd zwavel op, zodat hoge concentraties sulfaat werden gevonden (Van Dam 1987a). Ook na de relatief droge zomers van 1989 en 1990 traden hoge sulfaatconcentraties op in het Achterste Goorven, dat door de in verhouding geringe gemiddelde diepte het meest droogtegevoelig is. In de Gerritsfles is dit slechts in geringe mate het geval en in Kliplo in het geheel niet.

In de winter van 1994 waren de waterstanden, in het bijzonder die van het Achterste Goorven, zeer hoog. Na een droge periode vanaf de zomer van 1995 tot en met het voorjaar van 1996 waren de waterstanden laag. Die van het Achterste Goorven is nog eens extra

verlaagd door de drooglegging van het aangrenzende Voorste Goorven, maar ook de Gerritsfles had de laagste mediane waterstand in twintig jaar. Daarna herstelde de waterstand zich weer. In gedempte vorm vertalen zich de waterstandsfluctuaties in concentratieveranderingen van chloride (Figuur 5B). Opvallend is de significante langjarige trend in het Achterste Goorven ($r = -0,77$, $p < 0,001$) en de Gerritsfles ($r = -0,52$, $p < 0,02$). In Kliplo is de trend ($r = -0,23$) niet significant. Er is een (zeer) significante correlatie tussen de mediane chlorideconcentratie met de jaarlijkse gemiddelde neerslaghoeveelheden over heel Nederland (Tabel 5). In Achterste Goorven en Gerritsfles betreft dit vooral de voortschrijdende zomergemiddelden en in Kliplo het voortschrijdende wintergemiddelde van de neerslag.

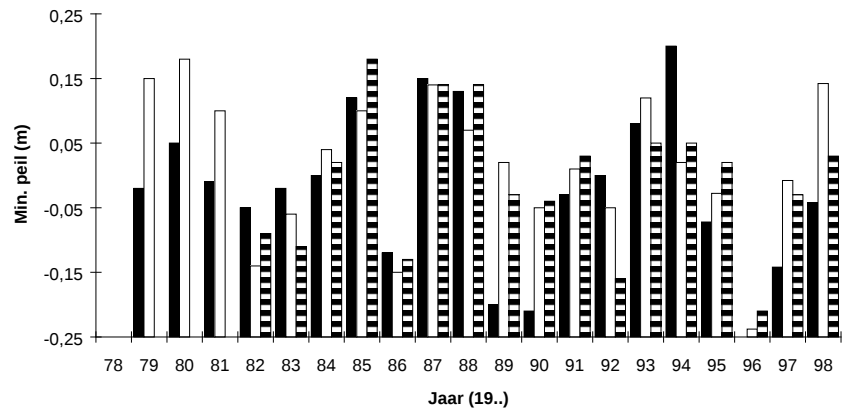
Tabel 5. Correlatie van de mediane jaarlijkse chlorideconcentratie met de jaarlijkse neerslaghoeveelheden (gemiddelde van 13 Nederlandse stations) over de periode 1978-1998 (Wessels e.a. 1999). De voortschrijdende gemiddelden beslaan een periode van 15 jaar. *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

Neerslag	Achterste Goorven	Gerritsfles	Kliplo
jaargemiddelde	-0.32	-0.44 *	-0.41
zomergemiddelde	-0.48 *	-0.42	-0.33
wintergemiddelde	-0.15	-0.25	-0.29
jaar voortschr. gem.	-0.57 **	-0.50 *	-0.52 *
zomer voortschr. gem.	-0.71 ***	-0.54 *	-0.41
winter voortschr. gem.	0.17	-0.03	-0.52 *

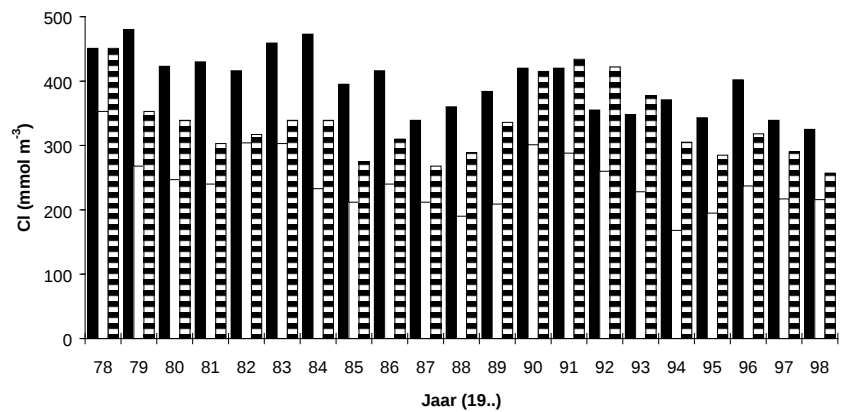
In 1978 was de sulfaatconcentratie in Achterste Goorven en Gerritsfles nog hoog als gevolg van de hoge depositie van zwavelverbindingen in de voorgaande decennia en de oxydatie na de droogte van 1976. Het herstel van deze droogte duurde ruim vijf jaar. Na de lage waterstanden van 1989 en 1989 was er in het Achterste Goorven weer een stijging tot 560 mmol m^{-3} , maar binnen twee jaar was weer een basisconcentratie van ca 130 mmol m^{-3} bereikt. Na de droge zomer van 1996 was er in 1997 een piek, die na een jaar alweer verdwenen was. Het steeds snellere herstel van de sulfaatconcentratie wordt in de hand gewerkt door steeds hogere pH-waarden. Als gevolg van de intensiever wordende sulfaatreductie stijgt de alkaliniteit (A. Goorven $r = 0,78$, $p < 0,001$; Gerritsfles $r = 0,72$, $p < 0,001$). Overigens is dit een proces met positieve terugkoppelingen. In Kliplo is geen significante stijging van de alkaliniteit ($r = 0,08$).

Het verloop van ammonium tot en met 1994 is al besproken door Van Dam e.a. (1996). Interessant is dat in het Achterste Goorven na lage waterstand het ammoniumgehalte weer toeneemt, waarschijnlijk als gevolg van mineralisatie, zoals ook in 1989-1991. In Gerritsfles en Kliplo neemt ammonium de laatste vier jaar weer af, zonder dat de oorzaak duidelijk aanwijsbaar is. In Kliplo is daardoor een einde gekomen aan een jarenlange stijgende trend van de ammoniumconcentraties.

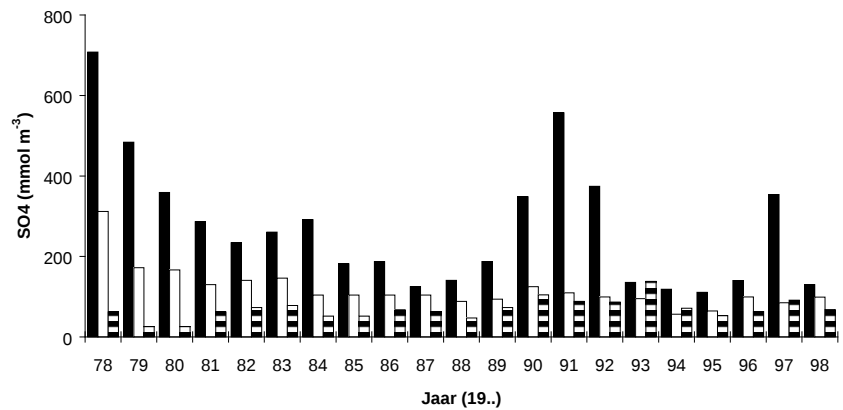
In het Achterste Goorven is de samenhang tussen humusgehalte (DOC) en pH zeer evident ($r = 0,72$, $p < 0,001$). Ook in de Gerritsfles is de correlatie (0,46) nog significant (0,46). Dit wordt veroorzaakt door



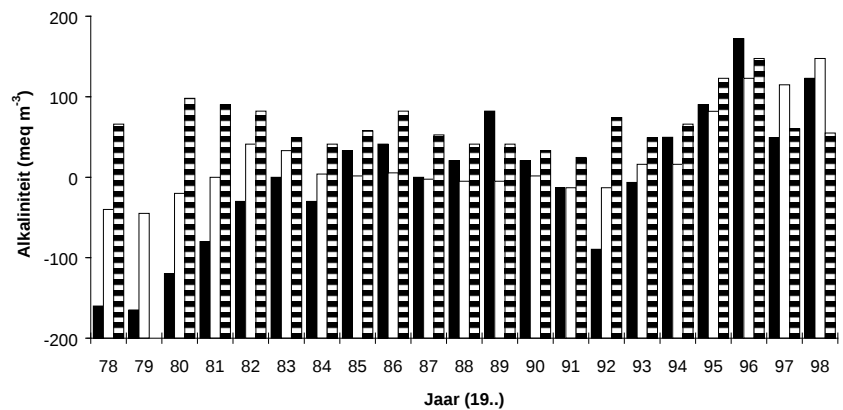
A



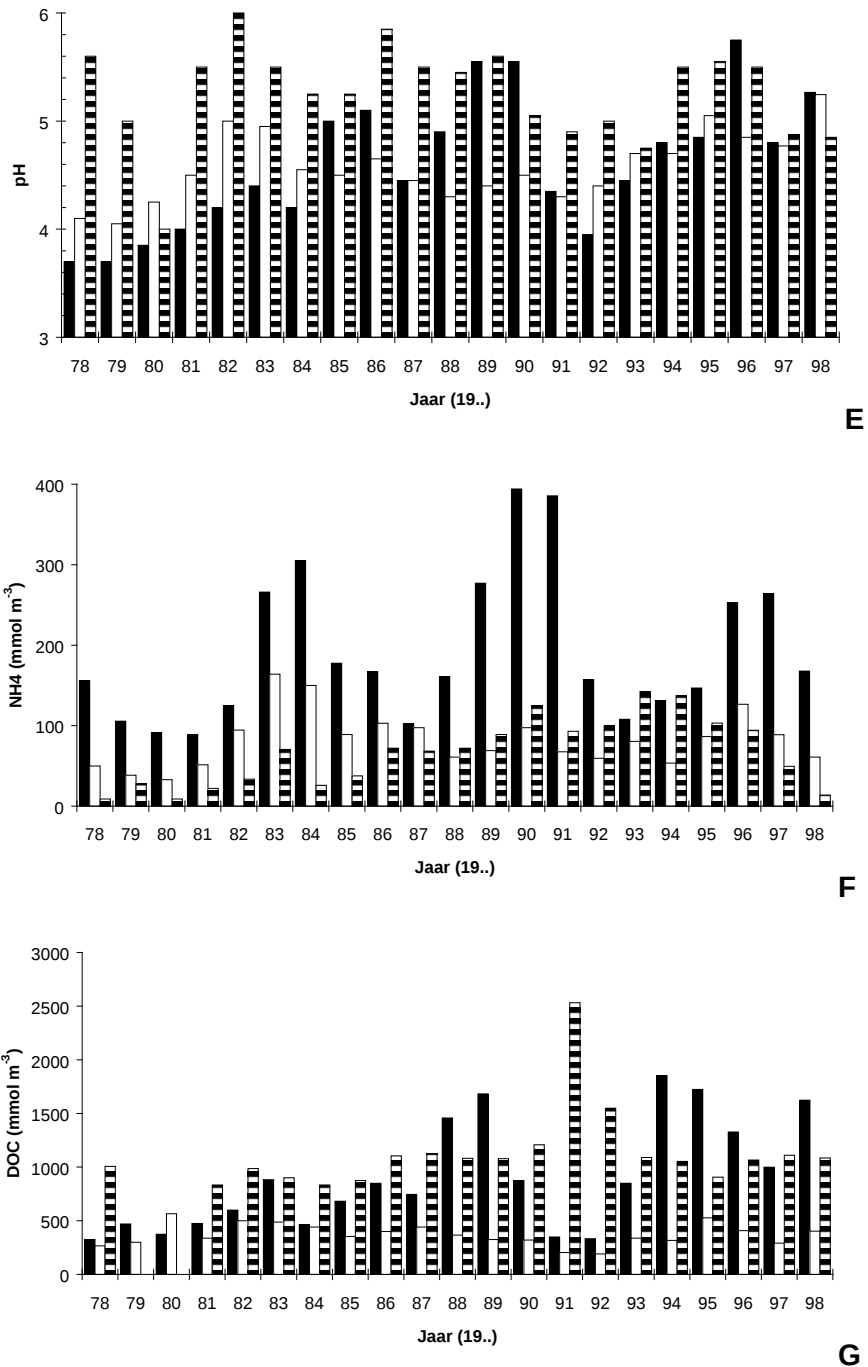
B



C



D



Figuur 5A-G. Achterste Goorven E (AGE), Gerritsfles (GER) en Kliplo (KLI). Mediane waarden van enkele milieuv variabelen 1978-1998. Het minimale peil is uitgedrukt ten opzichte van het gemiddelde peil in de periode 1989-1994.

precipitatie van humus met aluminium bij lage pH-waarden (Oliver e.a. 1983). In Kliplo, waar de pH relatief hoog is, is er eerder een (niet-significante) negatieve correlatie ($r = -0,42$) tussen pH en DOC.

4.1.3. Extensief bemonsterde vennen

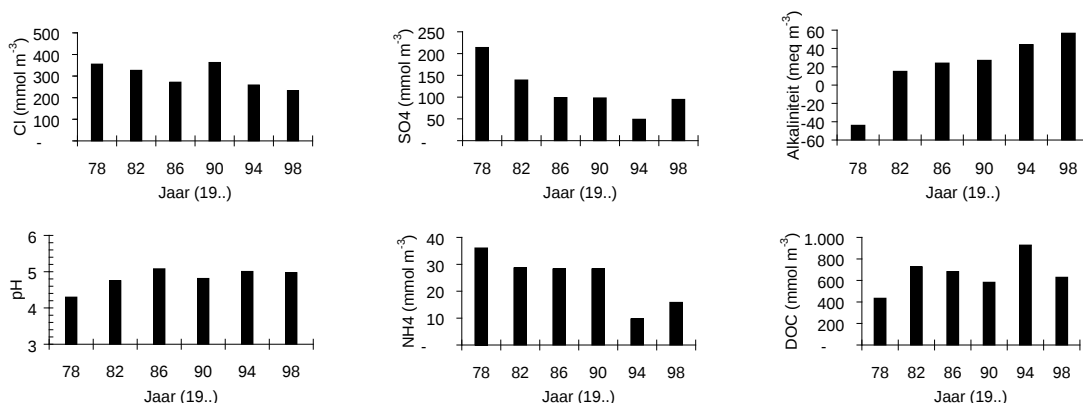
Het verloop van de medianen van enkele variabelen is per locatie weer-gegeven in Bijlage 3 en samengevat in Figuur 7. Behalve de vennen die eens in de vier jaar bemonsterd werden, zijn hierin ook de resultaten van metingen uit de betreffende jaren van de drie intensief bemonsterde vennen verwerkt.

De daling van de gemiddelde chlorideconcentratie, van 356 tot 233 mmol m^{-3} blijkt duidelijk uit de figuur, maar is niet significant. Dat komt voornamelijk door de piek van 1990, want de verschillen tussen 1990 enerzijds en 1994 en 1998 zijn zeer significant ($p < 0,001$). Ook in de intensief bemonsterde vennen zijn de chlorideconcentraties in 1990 hoog (Figuur 5B). Significante veranderingen over de hele periode treden alleen op bij ammonium ($r = -0,87$, $p < 0,05$) en meer nog bij de alkaliniteit ($r = 0,91$, $p < 0,01$). De zeer significante daling van het sulfaatgehalte tussen 1978 en 1994 ($p < 0,01$) heeft zich na 1994 niet voortgezet, hetgeen overeenkomt met de resultaten van de intensief bemonsterde vennen.

De meeste afzonderlijke vennen gedragen zich volgens het algemeen patroon (Bijlage 3). Op de pieken van sulfaat en ammonium in het Ven in het Echtenerzand door uitdroging in 1986 werd in het vorige verslag al gewezen (AquaSense TEC 1995). Na dit jaar zijn dergelijke pieken niet meer voorgekomen, mede als gevolg van het opzetten van de waterstand.

In het Diepveen, waar de waterstand ook is opgezet, zijn de sulfaat- en ammoniumconcentraties sindsdien ook relatief laag gebleven. De extreem hoge chlorideconcentratie in het Middelste Wolfspuutven in 1998 is veroorzaakt door toevoer van opgepompt bronwater. Deze waarneming is niet verdisconteerd in het gemiddelde van Figuur 6.

In de Kempesfles zijn vanaf 1986 jaarlijks waarnemingen verricht. Die vanaf 1995 zijn vermeld in Bijlage 2. Opvallende veranderingen van



Figuur 6. Veranderingen van mediane waarden over 20 jaar in 11 vennen. Waarnemingen in 1977, 1983, 1987 en 1991 in sommige vennen zijn respectievelijk gevoegd bij die van 1978, 1982, 1986 en 1990. Voor pH, chloride en alkaliniteit zijn rekenkundige gemiddelden gebruikt, voor de overige variabelen meetkundige gemiddelden.

1998 ten opzichte van 1997 zijn de sterke dalingen van de concentraties van silicium, kalium, ammonium en sulfaat. De daling van de sulfaatconcentratie hangt samen met de stijging van de waterstand ten opzichte van 1998. De dalingen van kalium en ammonium kunnen heel goed samenhangen met het weren van de wilde zwijnen.

4.2. Diatomeeën

4.2.1. Intensief bemonsterde vennen

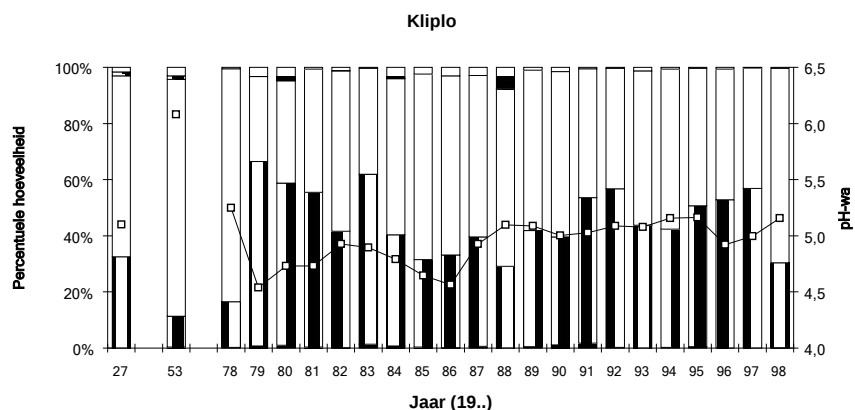
De resultaten van de tellingen in 1995-1998 zijn weergegeven in Bijlage 4 (zie voor eerdere jaren Van Dam e.a. 1996). De gemiddelde waarden voor de ecologische groepen en de pH_{wa} zijn samengevat in Figuur 7.

Het algemene patroon sluit goed aan op dat van vorige rapportages (AquaSense TEC 1995, Van Dam e.a. 1996).

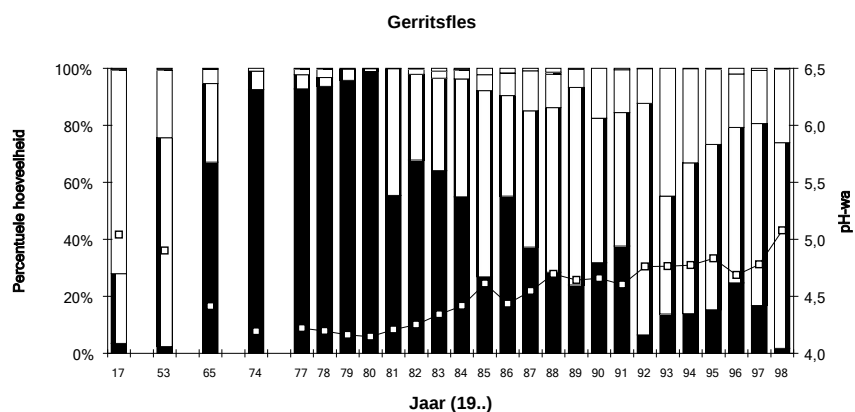
In Kliplo zijn er geen wezenlijke veranderingen in de samenstelling van de ecologische groepen en de pH_{wa} . Wel was de samenstelling van het monster uit mei 1998 afwijkend van de overige monsters, voornamelijk door het ontbreken van *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* en de dominantie van *Eunotia incisa* (Bijlage 4). De oorzaak hiervan is niet duidelijk. De afwezigheid van wezenlijke veranderingen in de diatomeeën gemeenschap stemt overeen met de relatief stabiele chemische samenstelling van dit ven.

In de Gerritsfles is er een nog voortdurende stijging van de pH_{wa} . Daarentegen lijkt het percentage doelsoorten af te nemen. Dit wordt veroorzaakt doordat de doelsoort *E. naegelii* iets is afgenomen en de triviale soort *E. rhomboidea* (met een hoger pH-optimum) in 1998 talrijker was in de jaren daarvoor. De relatief alkalische condities en hoge pH-waarden (Figuur 5) hebben ertoe geleid dat de diatomeeën niet een wezenlijk zuurder milieu zijn gaan indiceren. Bij vorige rapportages is er al op gewezen dat de afname van de verzuringsindicator *E. exigua* vanaf 1980 veroorzaakt wordt door veranderingen in de waterchemie, die samenhangen met een afname van de sulfaatconcentratie als een gecombineerd effect van afname van verzurende atmosferische depositie en herstel van de droogte van 1976.

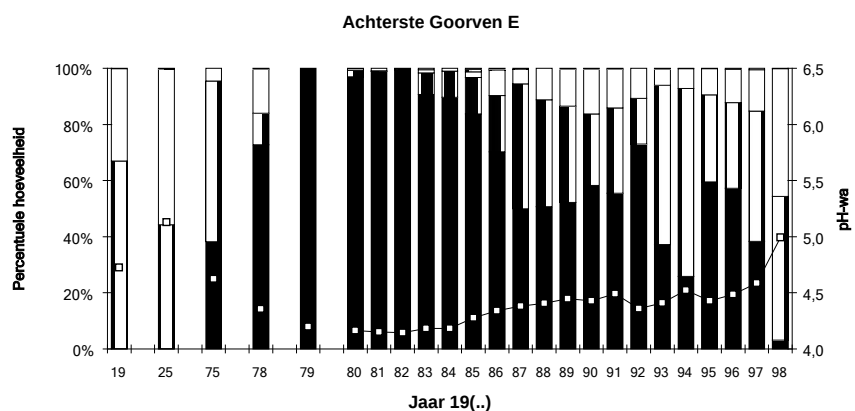
Het algemene patroon in het Achterste Goorven stemt overeen met dat van de Gerritsfles, maar het herstel verloopt in het Goorven trager, als gevolg van de langere hydraulische retentietijd (Van Dam e.a. 1996). Bovendien wordt het Achterste Goorven als gevolg van de geringere gemiddelde diepte in sterkere mate dan de Gerritsfles beïnvloed door droge perioden. In 1994-1995 was er een periode met relatief hoge waterstanden en lage sulfaatconcentraties in het Achterste Goorven. Dit



A



B



C

Figuur 7. Langetermijnveranderingen van ecologische groepen van diatomeeën 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.

ging samen met relatief geringe hoeveelheden van *E. exigua*. De hoge concentraties sulfaat in 1997 als gevolg van de extreem lage waterstand in 1996 heeft niet of nauwelijks een nadelig effect gehad op de diatomeeën. In 1998 neemt *E. exigua* sterk af ten gunste van *E. incisa*,

die hier nog geclassificeerd is als doelsoort, maar wellicht beter als triviale soort kan worden beschouwd.

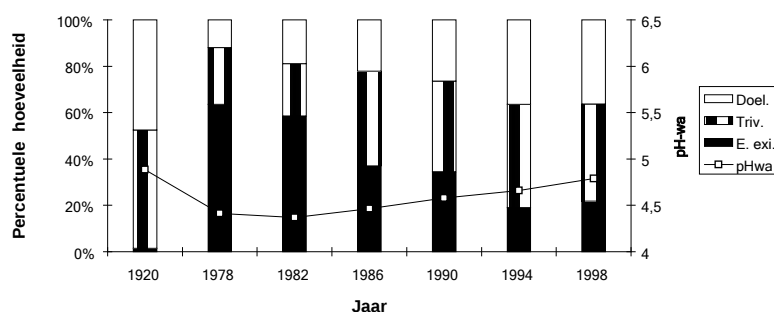
4.2.2. Extensief bemonsterde vennen

De resultaten van de tellingen vanaf 1995 zijn volledig weergegeven in Bijlage 4 (zie voor eerdere jaren o.a. Van Dam & Mertens 1988, AquaSense TEC 1995, 1997b). De veranderingen in pH_{wa} en de samenstelling van de ecologische groepen per locatie is weergegeven in Bijlage 5. De gemiddelden hiervan per periode zijn samengevat in Figuur 8. Ter vergelijking zijn ook de waarden van oude monsters (1916-1933) in de grafiek weergegeven.

Er is een significante toename ($r = 0,90$, $p < 0,02$) van de pH_{wa} tussen 1978 en 1998. Er is echter geen significant verschil tussen 1994 en 1998. Er is een significante afname ($r = -0,91$, $p < 0,02$) van de hoeveelheid van de verzuringsindicator *Eunotia exigua* tussen 1978 en 1998, maar de onderlinge verschillen tussen 1986, 1990, 1994 en 1998 zijn niet significant. De achteruitgang van deze soort komt vooral ten goede aan de doelsoorten, die tussen 1978 en 1998 vooruitgaan ($r = 0,93$, $p < 0,01$).

Tussen 1998 enerzijds en 1990 en 1994 anderzijds zijn geen significante verschillen in de hoeveelheid doelsoorten, maar tussen 1986 en 1998 wel.

In 1994 werd al geconstateerd dat de ontwikkelingen in het Groot Huisven afwijken van het algemene beeld, door de aanwezigheid van de saprofiele soort *Nitzschia paleaeformis*, als gevolg van de aanwezigheid van koeienfaeces. In 1998 werd in het veld de indruk verkregen dat er minder invloed van koeien op het ven was, hetgeen overeenkomt met de afwezigheid van genoemde soort in 1998. Er werd toen weer een sterke toename van de verzuringsindicator *Eunotia exigua* geconstateerd (Bijlage 5). Dit komt overeen met een toename van sulfaat en een



Figuur 8. Langetermijnveranderingen van gemiddelde waarden van de met diatomeeën bekende pH (pH_{wa}) en belangrijkste ecologische groepen in 11 Nederlandse vennen.

afname van pH, alkaliniteit en DOC in dit ven tussen 1994 en 1998 (Bijlage 3).

In het Middelste Wolfspuitven komt in het monster van 1994 weinig en in dat van 1998 veel *E. meisteri* voor. Dit is een soort die vooral veel voorkomt in niet te sterk zure, humusrijke wateren voorkomt, zoals beken in bekalste bossen (Alles e.a. 1991). In Nederland komt deze soort naar onze eigen waarnemingen vooral voor in van oorsprong zure wateren met externe beïnvloeding door kwelwater en eutrofiëring. Door toevoer van opgepompt grondwater is er kennelijk een geschikt milieu ontstaan voor deze soort.

In de Kempesfles zijn vanaf 1986 jaarlijks waarnemingen verricht op diverse punten. Die vanaf 1995 zijn vermeld in Bijlage 4. Opvallend is dat zowel in het netplankton en uitknijpsel (locatie A) als in het uitknijpsel van locatie C de verzuringsindicator *Eunotia exigua* sterk is toegenomen tussen 1997 en 1998: in het netplankton van locatie A zelfs van 32 tot 86%. Doelsoorten komen hier nauwelijks meer voor, maar nog wel in de twee andere monsters. De diatomeeën lopen met vertraging achter op de chemische toestand: in 1997 werd chemisch gezien al een herverzuring geconstateerd (AquaSense 1998), die pas in 1998 in de diatomeeën naar voren kwam.

4.3. Opzet van het meetnet

Doelstelling

Het meetnet is in 1979 opgezet met de bedoeling om de landelijke ontwikkelingen van de verzuringstoestand van vennen te volgen, in relatie tot de te verwachten veranderingen in atmosferische, verzurende depositie, in het bijzonder met betrekking tot zwavelverbindingen. In dit kader is een keuze gemaakt van locaties, de te bemonsteren parameters en de bemonsteringsfrequentie. Een andere doelstelling van het meetnet is om de kortetermijnfluctuaties te leren kennen, die nodig zijn om de gegevens van vennen die in het kader van overzichtsstudies slechts incidenteel worden bemonsterd op adequate wijze te kunnen interpreteren (bijv. Van Dam & Arts 1993, AquaSense TEC 1996, 1997b, AquaSense 1999). Deze doelstelling is ook in het kader van het regionale waterbeheer van belang.

Locatiekeuze

Oorspronkelijk zijn de drie locaties van het intensieve meetnet gekozen omdat de vennen op grond van eerder onderzoek in verschillende stadia van verzuring verkeerden, waarvan werd verwacht dat dit te maken had met hun verschillende geografische ligging (Van Dam e.a. 1981). Later bleek dat de verschillen in verzuringstoestand eerder werden veroorzaakt door verschillen in gemiddelde waterdiepte (droogvalfrequentie) (Van Dam 1987c) en depositieverschillen door verschillen in het landschap om de vennen (Van Dam e.a. 1996). Kliplo is een relatief diep ven waar verzuring vooral heeft geleid tot eutrofiëringsverschijnselen. In Achterste Goorven en Kliplo is dit in mindere mate het geval. De Gerritsfles is van de drie intensief onderzochte vennen het ven dat het meest eenduidig reageert op de langetermijnveranderingen in atmosferische depositie. Door de geringere diepte van het Achterste Goorven is hier de interactie tussen

verzuring door atmosferische depositie en uitdroging het best aantoonbaar. De chemische samenstelling van Achterste Goorven en Kliplo komt goed overeen met die van ruim honderd Nederlandse zure laag-alkaliene wateren die door Kersten (1985) werden bestudeerd. Met elkaar geven deze vennen dus een antwoord op de vraag hoe de langetermijngevolgen van verzuring zijn in geïsoleerde Nederlandse vennen.

De locaties van het extensieve meetnet zijn gekozen uit een grotere set van vennen, waarvan relatief veel historische gegevens bekend zijn (Van Dam e.a. 1981). Oorspronkelijk was het de bedoeling dat deze vennen zo weinig mogelijk direct door de mens beïnvloed zouden zijn, maar in de loop der jaren zijn steeds meer beheersmaatregelen uitgevoerd. Overigens gebeurt dat tegenwoordig ook veel andere Nederlandse vennen (Brandwijk 1998). De locaties van het extensieve meetnet dienen om te toetsen of de ontwikkelingen in het intensieve meetnet representatief zijn voor de landelijke situatie. In de loop der tijd is op enkele van deze locaties de mogelijkheid ontstaan om de effecten van beheersmaatregelen te toetsen.

De opzet om op een beperkt aantal locaties intensieve en op een groter aantal locaties extensieve monitoring (regional surveys) te verrichten sluit overigens aan op de internationale situatie (Programme Centre 1996).

Gezien deze doelstellingen verdient het aanbeveling de monitoring op dezelfde locaties voort te zetten.

Parameters

Tot nu toe zijn de waterchemie en de diatomeeën regelmatig bemonsterd en is de waterstand regelmatig gemeten. De bemonsterde chemische variabelen stemmen overeen met die van het internationale meetnet voor verzuring van oppervlaktewateren (Programme Centre 1996) en het programma voor geïntegreerde monitoring (Pylvänäinen 1993) en zijn ook gebruikt voor de modellering van de processen in Gerritsfles en Kliplo met het model Aquacid (Van Dam e.a. 1996, Wortelboer 1998). De diatomeeën zijn gekozen omdat zij (inter)nationaal worden gebruikt als excellente biologische indicatoren voor verzuringsprocessen (Stoermer & Smol 1999).

Incidenteel zijn ook veranderingen in de vegetatie vastgelegd, met name in de Gerritsfles (Meertens 1994), maar ook in Achterste Goorven en Kliplo (Van Dam & Buskens 1993). De belangrijkste plantensoorten en vegetatiezonering zijn bij elk bezoek aan de extensief bemonsterde vennen vastgelegd en verdient nadere uitwerking.

De reguliere bemonstering van chemie en diatomeeën dient te worden voortgezet. Met het oog op de stikstofproblematiek is het zinvol om ook altijd totaal-stikstof te bepalen. Soms gebeurt dit overigens al. Meer aandacht dient te worden besteed aan het verwerken van (ten dele reeds) verzamelde vegetatiegegevens.

Bemonsteringsfrequentie

De bemonsteringsfrequentie van de waterchemie en diatomeeën is perfect toegesneden op de vraagstelling en komt overeen met die van internationale monitoringsprojecten (Programme Centre 1996).

Organisatie

Tot en met 1994 is het hele meetnet steeds geëxploiteerd in opdracht van één instantie. Van 1994 tot en met 1993 was dit het Ministerie van LNV en in 1994 het Ministerie van VROM. Na een zware

bezuinigingsronde (Paars I) kon het meetnet de volgende jaren slechts in stand blijven dankzij de inbreng van een zestal fondsen, terrein- en waterbeheerders. Het van jaar tot jaar bijeen brengen van de benodigde gelden heeft naar verhouding veel tijd gekost, evenals het harmoniseren van de chemische analyses uit de laboratoria van de opdrachtgevers. Sommige van deze instanties zijn niet in staat in 1999 en volgende jaren bijdragen te leveren voor voortzetting van het meetnet.

Het is daarom noodzakelijk dat er een manier wordt gevonden om de continuïteit van het meetnet vanaf 1999 voor een periode van ten minste vier jaar te verzekeren, zodat over de periode 1999-2002 weer een verslag kan verschijnen. Een periode van vier jaar tussen de opeenvolgende verslagen is zeer geschikt. In kortere perioden kunnen geen wezenlijke veranderingen worden gesignaleerd en langere perioden zijn vanuit beleidsmatig oogpunt problematisch.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1. Conclusies

1. Sommige vennen zijn in de verslagperiode beïnvloed door beheersmaatregelen (In het Achterste Goorven waren de waterstanden in 1996 zeer laag, waarbij behalve de geringe neerslag in de voorafgaande periode het droogpompen van het aangrenzende Voorste Goorven waarschijnlijk mede een rol speelde. In het Diepveen werd de waterstand verder opgezet. Rondom Diepveen en Kempesfles werden bomen gekapt en werden de oevers opgeschoond of geplagd. Het laatste gebeurde ook langs Poort 2. Op het Middelste Wolfspuutven werd opgepompt grondwater geloosd. Langs het Schaapsven vinden diverse recreatieve activiteiten plaats). Deze veranderingen maken het moeilijker om de gevonden veranderingen in chemische samenstelling en diatomeeën eenduidig toe te schrijven aan atmosferische depositie.
2. Tot en met 1996 werden de chemische analyses van alle vennen door hetzelfde laboratorium verricht. Daarna geschiedde dit door verschillende laboratoria. Niet alle laboratoria bepalen alle parameters en tevens verschilt de nauwkeurigheid waarmee de bepalingen worden verricht, waardoor de onderlinge vergelijkbaarheid moeilijker wordt. Het format waarin de resultaten worden gerapporteerd verschilt sterk, waardoor vergelijking van de resultaten zeer bewerkelijk is. Ook is niet door alle laboratoria op de geplande data bemonsterd.
3. De bemonsteringsfrequentie van de waterchemie en diatomeeën is perfect toegesneden op de vraagstelling en komt overeen met die van internationale monitoringsprojecten.
4. Een periode van vier jaar tussen de opeenvolgende verslagen is zeer geschikt. In kortere perioden kunnen geen wezenlijke

veranderingen worden gesignaleerd en langere perioden zijn uit beleidsmatig oogpunt problematisch.

5.1.1. Intensief bemonsterde vennen

5. Behalve door de (potentieel verzurende) atmosferische depositie wordt de samenstelling van het venwater in belangrijke mate beïnvloed door het waterpeil, dat wordt gestuurd door de hoeveelheid neerslag.
6. In de Gerritsfles en het Achterste Goorven is er een significante langjarige, afnemende trend van het chloridegehalte, in samenhang met de toename van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid.
7. In deze twee vennen is er een nog steeds voortdurende stijging van de alkaliniteit.
8. De afname van de sulfaatconcentraties in de periode 1978-1994 in Gerritsfles en Achterste Goorven heeft zich daarna niet verder voortgezet. Na de droogte van 1996 was er in het Achterste Goorven in 1997 een piek in het sulfaatgehalte, die door de relatief hoge pH (snelle sulfaatreductie) in 1998 al was verdwenen.
9. In Gerritsfles en Kliplo neemt ammonium de laatste vier jaar af. In Kliplo is daarmee een einde gekomen aan jarenlang stijgende ammoniumconcentraties. In het Achterste Goorven neemt ammonium toe na perioden met lage waterstand.
10. De diatomeeënsamenstelling van Kliplo is niet wezenlijk veranderd in vergelijking met eerdere perioden. In Gerritsfles en Achterste Goorven indiceren de diatomeeën een voortgaande stijging van de pH. Vooral in 1998 neemt de verzuringsindicator *Eunotia exigua* sterk af, ten gunste van doelsoorten. Deze ontwikkelingen sluiten aan op die van voorgaande jaren. De diatomeeën indiceren een duidelijke afname van de verzuring. De doelsoorten als groep zijn weer op het niveau van het begin van deze eeuw, maar de aard van de doelsoorten is nog verschillend.
11. Het algemene patroon van chemie en diatomeeën in het Achterste Goorven stemt overeen met dat van de Gerritsfles, maar het herstel verloopt in het Goorven trager, als gevolg van de langere hydraulische retentietijd. Door de geringere gemiddelde diepte wordt het Achterste Goorven in sterkere mate dan de Gerritsfles beïnvloed door droge perioden.
12. De veranderingen in chemie en diatomeeën sluiten aan op de veranderingen in (potentieel) verzurende atmosferische depositie.

5.1.2. Extensief bemonsterde vennen

13. Er is een daling van de gemiddelde chlorideconcentratie tussen 1978 en 1998, die echter wordt onderbroken door een piek in 1990.
14. Tussen 1978 en 1998 is er een significante daling van de ammoniumconcentratie (vooral na 1990) en een monotone stijging van de alkaliniteit. De zeer significante daling van sulfaat tussen 1978 en 1994 heeft zich daarna niet voortgezet.
15. Opzetten van de waterstand onderdrukt het optreden van sulfaatpieken in droge jaren.
16. De diatomeeën indiceren een toename van de pH tussen 1978 en 1994, maar niet tussen 1994 en 1998. Over de hele linie is er een afname van de verzuringsindicator *Eunotia exigua* tussen 1978 en 1998 en een toename van de doelsoorten. De doelsoorten zijn echter nog niet op het niveau van de twintiger jaren van deze eeuw.
17. De veranderingen in de extensief bemonsterde vennen bevestigen de resultaten uit de intensief bemonsterde vennen. Per ven zijn echter afwijkingen mogelijk, die afhangen van het lokale beheer.
18. De veranderingen in chemie en diatomeeën sluiten aan op de veranderingen in (potentieel) verzurende atmosferische depositie.
19. In de Kempesfles lijken ammonium en kalium af te nemen door uitsluiting van wilde zwijnen. De chemie en de diatomeeënsamenstelling fluctueren hier sterk, in samenhang met de waterstand (nuttige neerslag).

5.2. Aanbevelingen

5.2.1. Beheer

1. Het opzetten van de waterstand is een maatregel die in dit soort wateren gunstig werkt bij het tegengaan van verzuring (o.a. doordat oxydatie van gereduceerde zwavelverbindingen bij droogvallen wordt voorkomen) en moet meer worden toegepast. Overigens kan tijdelijk droogvallen voor het voorkomen van planten uit het oeverkruidverbond juist gunstig zijn.
2. Het toelaten van grote hoeveelheden zoogdieren (koeien, wilde zwijnen) is ongunstig voor geïsoleerde vennen in verband met eutrofiëring en moet worden afgeraden.

5.2.2. Monitoring

3. De monitoring dient op dezelfde locaties te worden voortgezet.
4. De reguliere bemonstering van chemie en diatomeeën dient te worden voortgezet. Met het oog op de stikstofproblematiek is het zinvol om ook altijd totaal-stikstof te bepalen.
5. De monsters dienen steeds op de vooraf vastgestelde tijdstippen te worden verzameld (intensief: elk jaar rondom de 10^e van de maanden februari, mei, augustus en november, extensief: elke vier jaar rond 1 oktober). Voor efficiënte verwerking van de resultaten verdient het aanbeveling om de analyses steeds aan dezelfde set parameters bij één laboratorium te verrichten. Zo dat niet mogelijk is moeten bindende afspraken over de te bepalen parameters en het uitwisselingsformat van de gegevens worden gemaakt.
6. Meer aandacht dient te worden besteed aan het opnemen van de vegetatie en het verwerken van reeds verzamelde vegetatiegegevens.
7. Er dient een manier wordt gevonden om de continuïteit van het meetnet vanaf 1999 voor een periode van ten minste vier jaar te verzekeren, zodat over de periode 1999-2002 weer een verslag kan verschijnen.

5.2.3. Onderzoek

8. Door middel van modelberekeningen dient te worden nagegaan of de afname van het chloridegehalte in Gerritsfles en Achterste Goorven samenhangt met veranderingen in het klimaat (neerslagoverschot).
9. De verzamelde gegevens kunnen worden gebruikt om door te rekenen wat de te verwachten kwaliteit van Nederlandse vennen is bij verschillende klimaatscenario's.
10. Aansluitend op de multivariate analyse van de diatomeeënsamenstelling van de intensief bemonsterde vennen (Van Dam e.a. 1996), verdient het aanbeveling ook de diatomeeën uit de extensief bemonsterde vennen op een dergelijke manier te analyseren. Hierdoor kan een beter inzicht worden verkregen in de veranderingen van de diatomeeëngemeenschappen in relatie tot de milieuvariabelen.

6. Dankwoord

De heren L. de Bruijn en A.A. Henckel (Staatsbosbeheer) stelden waterstandsgegevens beschikbaar. De heren L. de Bruijn (Vereniging Natuurmonumenten), H. Pietersma (Staatsbosbeheer) en G. Hietbrink (Staatsbosbeheer) gaven informatie over het beheer. Mevrouw E.A.M. Mathijssen-Spiekman (RIVM) stelde chemische waarnemingen van Kliplo beschikbaar.

Het Staatsbosbeheer, de Vereniging Natuurmonumenten, het Ministerie van Defensie, de Stichting 'Het Nationale Park De Hoge Veluwe' en de Stichting 'Het Noordbrabants Landschap' gaven toestemming voor het bezoeken van hun terreinen.

7. Literatuur

- Alles, E., M. Nörpel-Schempp & H. Lange-Bertalot (1991). Zur Systematik und Ökologie charakteristischer *Eunotia*-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. *Nova Hedwigia* 53: 171-213.
- AquaSense (1999). Diatomeeën uit Limburgse vennen en veenwateren. In opdracht van: IWACO b.v. Rapport 99.1306.
- AquaSense TEC (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.
- AquaSense TEC (1996). Veluwse vennen en leemkuilen onder de loep: ontwikkeling van een beleidsvisie voor toekomstig onderzoek en beheer. In opdracht van: Zuiveringsschap Veluwe. Rapport 96.0675.
- AquaSense TEC (1997a). Monitoring verzuurde vennen 1995: analyse van chemie en kiezelwieren in Achterste Goorven, Gerritsfles en Kliplo. In opdracht van: Beijerinck-Poppingfonds. Analyserapport 97.0711. AquaSense TEC
- AquaSense TEC (1997b). Kiezelwieren uit Drentse vennen als indicatoren voor beheer, verzuring en vermessing. In opdracht van: Zuiveringschap Drenthe. Eindrapport 97.0994.
- 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.
- Boxel, J. van & E. Cammeraat (1999). Wordt Nederland steeds natter? Een analyse van de neerslag in deze eeuw. *Meteorologica* 8: 11-15.
- 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.
- Brandwijk, A. (1998). Bibliografie EGM/OBN: overzicht van publikaties Regeling EGM Natuur en Bos, Overlevingsplan Bos en Natuur, 1989-1998. Werkdocument IKC-Natuurbeheer W-170. Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen. 48p.
- 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. & R.F.M. Buskens (1993). Ecology and management of moorland pools: balancing acidification and eutrophication. *Hydrobiologia* 265: 225-263.
- Dam, H. van. (1983). Vennen in Midden-Brabant. RIN-rapport 83/23. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 125p. + bijl.
- Dam, H. van. (1987a). 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. (1987b). Ven onder vuur: de Kempesfles. *Natura* 84: 27-30.
- Dam, H. van. (1987c). Verzuring van vennen: een tijdsverschijnsel. Proefschrift Landbouwwuniversiteit Wageningen. 175p.
- 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. (1996). Partial recovery of moorland pools from acidification: indications by chemistry and diatoms. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30: 203-218.

- Dam, H. van. (1997). Vennen herstellen zich gedeeltelijk van verzuring. *H2O* 30: 366-370, 361.
- Dam, H. van., 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. & A. Mertens (1988). Tijdsreeksen van gegevens over chemie en diatomeeën uit enige verzuurde vennen. Intern rapport 88/47; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 25p.
- Dam, H. van., & A. Mertens (1989). Diatomeeën van oude en recente aquatische macrofyten uit het Beuven in relatie tot het beheer. *Diatomedelingen* 8: 15-23.
- 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 Energy, Department of Air Pollution and Acidification. AquaSense TEC report 95.0709 / IBN Research Report 96/6 / RIVM-report 732404007. AquaSense TEC, Wageningen / DLO-Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), Wageningen / National Institute for Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven.
- Denys, L. & D. van Straaten (1992). A survey of the acid water diatom assemblages of two heathland relics in the Belgian northern Campine (Groot & Klein Schietveld, Brasschaat) with an assessment of their conservational value. *Diatom Research* 7: 1-13.
- Genstat 5 Committee (1988). Reference manual. Clarendon, Oxford. 749p.
- Holtland, J. (1996). OBN bij Staatsbosbeheer. *Bosbouwvoorlichting* 35: 154-157.
- Kersten, H.L.M. (1985). Fysisch-chemische gegevens vanaf 1900 van zwak gebufferde wateren. Scriptie 58. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit, Nijmegen. 278p.
- Kobayasi, H. & T. Nagumo (1988). Examination of the type materials of *Navicula subtilissima* Cleve (Bacillariophyceae). *Botanical Magazine (Tokyo)* 101: 239-254.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1986-1991). Bacillariophyceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1-4. Fischer, Stuttgart.
- Krammer, K. (1992). *Pinnularia*. Eine Monographie der Europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica* 26. J. Cramer, in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart. 353p.
- Lange-Bertalot, H. (1993). 85 neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. *Bibliotheca Diatomologica* 27: Cramer, Berlin. 454p.
- Mathijssen-Spiekman, E.A.M. & M.A.H. Wolters-Balk (1998). The integrated monitoring area Lheebroekerzand The Netherlands: data of 1996. Report 259101 008. National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven. 76p.
- Meertens, M.H. (1994). De vegetatie van de Gerritsfles bij Kootwijk. IBN-rapport. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen. 32p. + bijl.
- Nuis, C. & A.J. Rossenaar (1999). Overlevende vennen bij Staatsbosbeheer: evaluatie van herstelbeheer in vennen in de periode 1989-1995. Staatsbosbeheer, afd. Terreinbeheer, Driebergen. 48p.
- Oliver, B.G., E.M. Thurman & R.L. Malcolm (1983). The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 47: 2031-2035.
- Pelsma, T. (1996). Herstel van zwak-gebufferde vennen. *Van Nature* 6(11): 2.
- Programme Centre, Norwegian Institute for Water Research (NIVA) (1996). Programme manual. Convention on long-range transboundary air pollution. International co-operative programme on assessment and monitoring of acidification of rivers and lakes, Oslo. 37p.
- Rijkswaterstaat (1999). Aanpak wateroverlast. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag. 43p.
- RIVM (1998). Achtergronden bij Milieubalans 98. <http://www.milieubalans.rivm.nl/themas/ind 4 3 vz 8002.html>.
- Stoermer, E.F., J.P. Smol (1999). The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences. Cambridge University Press, Cambridge. 469p.
- Thissen, J. & P. Goedhart (Eds) (1990). Genstat 5, Genstat procedure manual, GLW procedure manual, release 2(1). DLO-Groep Landbouwwiskunde, Wageningen. 264p.
- Wessels, H.R.A., T. Brandsma, T.A. Buishand & A.M.G. Klein Tank (1999). Waargenomen schommelingen in het Nederlandse klimaat van de 20e eeuw. In: G.P. Können (red.) *De toestand van het klimaat in Nederland 1999*. KNMI, De Bilt. 8-26 (data op <http://www.knmi.nl>)
- 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.

Error! Use the Home tab to apply Titel to the text that you want to appear here.

Bijlagen

Bijlage 1. Gedetailleerde ligging van de locaties

Bron: Topografische Kaart van Nederland (1: 25 000)

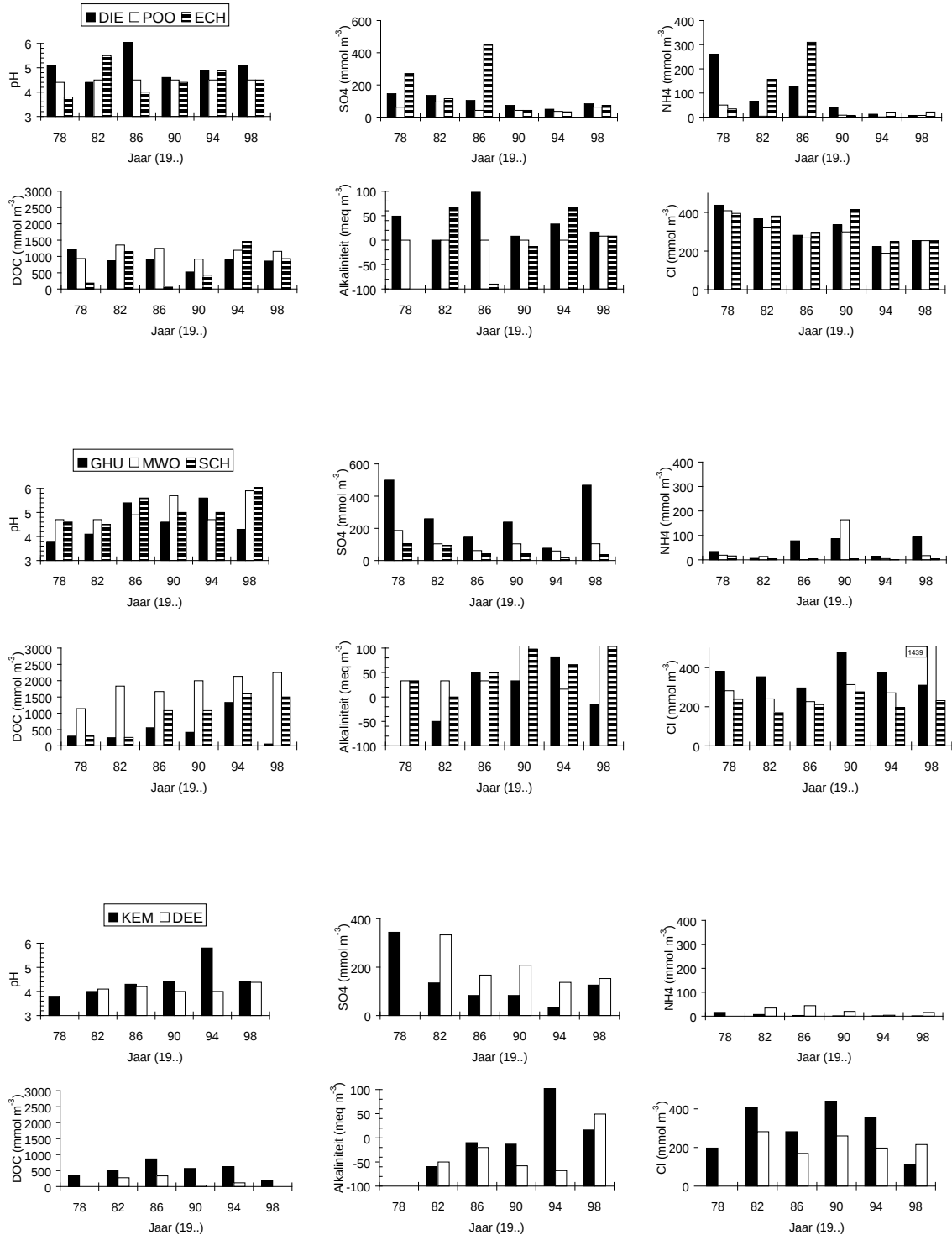
Bijlage 2.

Fysische en chemische metingen

Waarnemingen beneden de detectiegrens zijn op de helft hiervan gesteld en *cursief* aangegeven. Onderstreepte waterpeilen zijn gemeten door medewerkers van de Vereniging Natuurmonumenten op de aangegeven dag of enkele dagen eerder of later. Onderstreepte waarden voor DOC zijn berekend uit de kleur (mg Pt/l).

De waarnemingen in de Kempesfles betreffen punt A (midden oostoever). De pH_v en EC_{25v} op 980831 op het punt 30 m ten noorden hiervan bedroegen respectievelijk 4,4 en 8,1 mS/m.

Bijlage 3. Tijdreeksen van enkele milieuvariabelen in extensief bemonsterde vennen



Bijlage 4. Tellingen van diatomeeën 1995-1998

De namen van de bemonsteringspunten zijn vermeld in Tabel 1.

In de Kempesfles zijn drie punten bemonsterd:

- KEA: midden oostoever
- KEB: NW-oever bij zoelplaats
- KEC: 30 m ten. N. van midden oostoever

Bijlage 5. Tijdreeksen van ecologische groepen en pH_{wa} in extensief bemonsterde vennen

