

*Glenn*

**EEN INVENTARISATIE VAN HET FYTOPLANKTON  
VAN VIER OISTERWIJKSE VENNEN IN 1988**

**IN HET KADER VAN EEN ONDERZOEK NAAR DE RESTAURATIE-  
MOGELIJKHEDEN VAN ONDIEPE, ZACHTE OPPERVLAKTE WATEREN.**

Doctoraalverslag no. 297a

M. Adamse

Begeleiding: Drs. M.J.S. Bellemakers

juni 1990

**Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie  
Katholieke Universiteit Nijmegen, Toernooiveld, Nijmegen**

Ø Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen en/of vermenigvuldigd zonder schriftelijke toestemming van de Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie



## INHOUD

**Summary**

**Samenvatting**

<b>1</b>	<b>De Oisterwijkse Vennen .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materialen &amp; Methoden</b>	
2.1	<b>Enclosures .....</b>	<b>5</b>
2.2	<b>Verzamelen van plankton .....</b>	<b>5</b>
2.2.1	<b>Bemonstering van enclosures .....</b>	<b>5</b>
2.2.2	<b>Bemonstering van het Voorste Choorven, Van Esschenven, Witven en Kolkven (4 Vennen) ...</b>	<b>6</b>
2.3	<b>Kwalitatieve en semi-kwantitatieve bepaling van het fytoplankton .....</b>	<b>6</b>
2.4	<b>Gegevensverwerking .....</b>	<b>7</b>
2.4.1	<b>Direkte grafische weergave .....</b>	<b>8</b>
2.4.2	<b>Klassificatie .....</b>	<b>8</b>
2.4.3	<b>Ordinatie .....</b>	<b>9</b>
2.4.4	<b>Keuze van verwerkingstechnieken .....</b>	<b>12</b>

<b>3</b>	<b>Resultaten van de "4 Vennen"</b>	
3.1	Pelagisch plankton .....	13
3.1.1	Monsterpunten .....	13
3.1.2	Fysisch-chemische factoren .....	16
3.1.3	Taxa .....	17
3.2	Benthisch plankton .....	20
3.2.1	Monsterpunten .....	20
3.2.2	Fysisch-chemische factoren .....	23
3.2.3	Taxa .....	25
<b>4</b>	<b>Resultaten van de enclosure-experimenten</b>	
4.1	Kolkven-enclosures .....	26
4.1.1	Enclosures .....	26
4.1.2	Fysisch-chemische factoren .....	29
4.1.3	Taxa .....	30
4.2	Choorven-enclosures .....	32
4.2.1	Enclosures .....	32
4.2.2	Fysisch-chemische factoren .....	32
4.2.3	Taxa .....	36

<b>5</b>	<b>Discussie</b>	
<b>5.1</b>	<b>"4 Vennen" .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3</b>	<b>Enclosures .....</b>	<b>45</b>
	<b>Dankwoord .....</b>	<b>49</b>
	<b>Literatuur</b>	
	<b>Determinatiewerken .....</b>	<b>50</b>
	<b>Overige literatuur .....</b>	<b>52</b>
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>56</b>



## Summary

The phytoplankton population of one hypertrophic and three acidified shallow surface waters was investigated as a part of a research on the possibilities of restoring shallow surface waters. Enclosure experiments also had been carried out in the hypertrophic and an acidified moorland pool, in order to study the effects of simulating liming of acidified moorland pools or decarbonation of eutrophicated shallow lakes on the phytoplankton community.

The communities found in the two types of lakes, were very different. The hypertrophic Kolkven contained many species of Cyanophyceae and Chlorophyceae. High abundances of *Scenedesmus* and *Pediastrum* species (Chlorophyceae) and *Oscillatoria*, *Lyngbya* and *Gomphosphaeria* species (Cyanophyceae) were observed. The degree of eutrophication was responsible for a remarkable dominance of *O. agardhii*. The presence of light is in this stage the limiting factor, instead of the nutrient supply.

In history the recently acidified Voorste Choorven, Witven and Van Esschenven contained a diverse population of Desmidiaceae. Earlier research showed a decrease of this diversity. This research shows that this decrease continues. Today the population of Desmidiaceae is dominated by *Closterium* species. High abundances were reached by *C. acutum* (pH-indifferent) and *C. striolatum* (pH-related).

In the samples of 6/7/88 and 8/9/88 there hardly was any development of other species because of the dominance of *Gonyostomum semen*. In the samples of 11/8/88 *G. semen* was absent and immediately the abundance of the other species (especially *C. striolatum* and *C. acutum*) increased. The acidification of the Voorste Choorven, Witven and Van Esschenven was responsible for the poor development of Cyanophyceae and Chlorophyceae.

Phytoplankton communities in the enclosures and in the moorland pools developed in a very similar way. Cyanophyceae and Chlorophyceae were dominant in the enclosures of the hypertrophical lake. In the enclosures of the acidified lake *G. semen*, *Dinobryon divergens*, *C. acutum*, *Trachelomonas volvocina* and *Synura spec.* successively reached high abundances.

Enclosure communities can not be distinguished by the differences in chemical manipulations, the development of the communities was related to the sampling dates. It is very likely that the experiment was too short to develop community differences between the enclosures. It can be expected that the effects of chemical manipulations on the phytoplankton population would be appreciable after studying for a longer period.



## Samenvatting

Als onderdeel van een onderzoek naar de restauratiemogelijkheden van ondiepe zachte oppervlakte wateren werd de fytoplanktonpopulatie van één hypertroof en een drietal verzuurde vennen, geïventariseerd.

Daarnaast werden in één verzuurd en het hypertrofe ven verschillende enclosure-experimenten uitgevoerd. Hierbij werd het effect van de manipulaties, bemergeling in het verzuurde en decarboxylering in het hypertrofe ven, op de fytoplanktongemeenschap onderzocht.

In het hypertrofe Kolkven werd een sterk van de verzuurde vennen afwijkende fytoplanktongemeenschap aangetroffen. Geconstateerd werd dat dit ven een grote diversiteit aan Cyanophyceen en Chlorophyceen bevat. Dit in tegenstelling tot de verzuurde vennen. Er werden hoge relatieve abundanties van *Scenedesmus* en *Pediastrum*-soorten (Chlorophyceen) en van *Oscillatoria*, *Lyngbya* en *Gomphosphaeria*-soorten (Cyanophyceen) waargenomen. Vooral de sterke dominantie van *O. agardhii* was opmerkelijk. Dit hangt samen met de mate van eutrofiëring, waarbij niet het nutriëntenaanbod maar de lichthoeveelheid limiterend is.

Het recent verzuurde Voorste Choorven, Witven en van Esschenven bevatten in het verleden een grote diversiteit aan Desmidiaceen. In eerdere onderzoeken werd een sterke achteruitgang geconstateerd. In dit onderzoek blijkt dat deze trend zich voortzet. De populatie van Desmidiaceen wordt nu voornamelijk door *Closterium* soorten bepaald, waarbij *C. acutum* (pH indifferent) en *C. striolatum* (pH gebonden) hoge abundanties bereiken.

*Gonyostomum semen* (Chloromonadophyceen) bleek in de monsters van 7/6 en 9/8/1988 zo dominant dat andere soorten nauwelijks tot ontwikkeling kwamen. In het monster van 15/11/88 was *G. semen* niet meer aanwezig en direkt nam de abundantie van andere soorten, met name *C. striolatum* en *C. acutum*, toe.

Het Voorste Choorven, Witven en van Esschenven bevatten een geringe diversiteit aan Cyanophyceën en Chlorophyceën. De verzuring van deze vennen is daar de oorzaak van.

De ontwikkeling van de fytoplanktongemeenschappen in de enclosures komt sterk overeen met de ontwikkeling zoals die in het inventarisatie onderzoek geconstateerd werd. Het blijkt sterk gebonden te zijn aan de datum. Onderscheid tussen de enclosures op grond van de chemische manipulaties ervan blijkt niet mogelijk.

De enclosures in het Voorste Choorven waren soortenarm. Enkele soorten ontwikkelden (*G.semen*, *Dinobryon divergens*, *C.acutum*, *Trachelomonas volvocina* en *Synura spec.*), ongeacht welke enclosure, ná elkaar hoge abundanties.

Het is zeer waarschijnlijk dat de duur van het experiment niet lang genoeg is geweest. Verwacht mag worden dat bij een langduriger experiment de effecten van de manipulaties op de fytoplanktonpopulaties wel merkbaar zullen zijn.

## 1 DE OISTERWIJKSE VENNEN

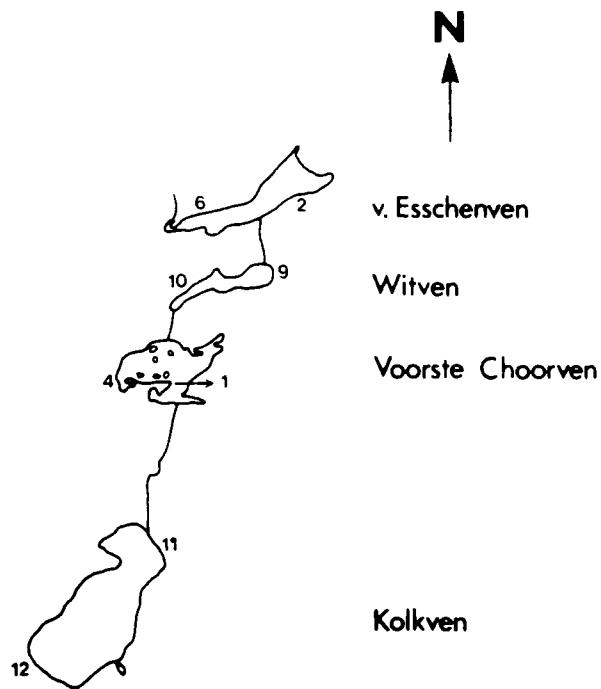
Het natuurgebied "de Oisterwijkse Bossen en Vennen" is gelegen in de provincie Noord-Brabant, ten zuid-oosten van Oisterwijk (Amersfoortse coördinaten 141-144, 396-399) en wordt beheerd door de Stichting tot Behoud van Natuurmonumenten. De vennen liggen op een voedselarme dekzandrug. Door verstuing zijn laagtes ontstaan die door grondwaterstands verhogingen gevuld werden met water.

Dit onderzoek heeft betrekking op een viertal vennen, te weten: het Kolkven, het Voorste Choorven, het Witven en het Van Esschenven.

Langs de vennen stroomt het riviertje de Rosep. Al vóór 1840 bestond er een verbinding tussen het Kolkven en de Rosep. De verbinding tussen Kolkven en Voorste Choorven dateert van ongeveer 1840. De verbindingsloten tussen de drie Centrale Vennen (Voorste Choorven, Van Esschenven en Witven) zijn van latere datum. Het Kolkven had al aan het begin van de vorige eeuw een mesotroof karakter. De Centrale Vennen waren mesotroof tot oligotroof (van Dam, 1977). Door ontginning van het Moergestels Broek en intensivering van de landbouw ontstond een sterk bemest grasland. Als gevolg van toevloeiën van water van deze graslanden naar de Rosep voerde deze meer water af, dat bovendien voedselrijker was dan voorheen. Door toename van de afvoer via de Rosep vond minder wegzijging van water in de bodem en een verlaging van de grondwaterstand plaats, wat resulteerde in een verminderde kwel in het Kolkven. Via kwelwater kwam relatief veel CO<sub>2</sub> in het Kolkven terecht. Een hoge aciditeit, een maat voor het CO<sub>2</sub>-gehalte, gecombineerd met een hoge alkaliniteit geeft een lage pH (Bloemendaal en Roelofs, 1988). Een afname van de kwel betekent ook een afname van de aciditeit, met als gevolg een stijging van de pH. De combinatie van een hogere pH en een

hoge alkaliniteit leidt tot een snellere afbraak van organisch materiaal (bijvoorbeeld afgestorven planteresten).

Dit betekent dat de hoeveelheid voedingsstoffen in de waterlaag sterk toeneemt. Aanvoer van voedselrijker water en de interne eutrofiëring resulteerde in een hypertrofiëring van het Kolkven (van Dam, 1977).



Figuur 1.1 Situering van de onderzochte vennen.

Doordat er verbindingen tussen de vennen bestonden ontstond er een gradiënt van mesotroof naar oligotroof water, afhankelijk van de afstand tot het Kolkven. In de periferie van de Centrale Vennen bleef het oligotrofe karakter gehandhaafd. De gradiënt zorgde voor veel verschillende vegetatietypen, waardoor het gebied een grote natuurwaarde kreeg. Met het veranderen van het karakter van het Kolkven, veranderde dat

van de Centrale Vennen ook. De gradiënt verschoof in de richting van het Van Esschenven met als gevolg dat de oligotrofe microklimaten en de variatie in vegetatietypen sterk afnamen. Mede daarom besloot men in 1950 het Voorste Choorven en het Witven, middels verwijdering van de organische bodemlaag, te reinigen en tevens werd de verbinding tussen Kolkven en de Centrale Vennen afgedamd. Na de reiniging vulden deze vennen zich met regen- en kwelwater (Van Dijk, 1960). Hierna trad een snelle oligotrofiëring van de Centrale Vennen op. Als gevolg van zure depositie verzuurden de Centrale Vennen hierna snel (Arts en Buskens, 1989).

Uit een aantal onderzoeken blijkt dat de bijzondere Desmidiaceeën (sieralgen) flora voortdurend is veranderd. In de Centrale Vennen werden tussen 1916 en 1925 195 soorten gevonden, in 1975 waren het er nog maar 68 (van Dam, 1977).

Men hoopte na de reiniging van 1950 naast de grote variatie in vegetatietypen de originele planktonflora weer terug te krijgen (van Dijk, 1960). Na reiniging bleek de planktonflora zich weer enigszins in de richting van een meso- tot oligotroof karakter te ontwikkelen. Enkele jaren na de reiniging werden toch een aantal soorten waargenomen die gekenmerkt worden als soorten van eutrafente wateren. Ook bleek de originele planktonflora die men, middels het afscheiden van het Middelste en Achterste Choorven van het Voorste Choorven, had willen bewaren niet terug te keren. In het Van Esschenven, dat niet gereinigd werd, kwamen zowel voor als na de reiniging een groter aantal soorten uit oligotrofe wateren voor, hoewel ook hier een toename van soorten uit eutrofe wateren werd geconstateerd. Het Witven had voor en na de reiniging erg weinig soorten en er was geen noemenswaardige verschuiving in de populatie merkbaar (Heimans, 1960).

Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd in het kader van een studie naar de restauratie-mogelijkheden van verzuurde vennen, die in samenwerking met het Rijks Instituut voor Natuurbeheer

(RIN), afdeling hydrobiologie en de Stichting tot Behoud van Natuurmonumenten plaatsvindt. Ir. N. Straathof (Natuurmonumenten) bestudeert de gevolgen van de waterhuishoudkundige ingrepen. Daar de Oisterwijkse Vennen vroeger een zeer bijzondere planktonflora kenden, is het interessant om fytoplankton ook in deze studie te betrekken. Dit onderzoek richt zich op het fytoplankton. De klasse van de Bacillariophyceae wordt door Dr. H. van Dam (RIN) onderzocht. Deze klasse wordt dan ook slechts in grote lijnen (tot het niveau van de orde) in dit onderzoek betrokken.

Het is mogelijk de planktonflora die in de vennen voorkomt te inventariseren. Ook kunnen de veranderingen van de planktonflora, als gevolg van de studie naar restauratiemogelijkheden, gevolgd worden (biomonitoring).

De middels de inventarisatie en biomonitoring verkregen gegevens kunnen gezien worden als het vastleggen van de huidige situatie. Dit maakt vergelijking met materiaal, dat verkregen wordt na een eventueel in de toekomst uit te voeren restauratie, mogelijk.

## **2 MATERIALEN & METHODEN**

### **2.1 Enclosures**

Met behulp van enclosures is het mogelijk een deel van een water te isoleren. De enclosures zijn gemaakt van transparant polycarbonaat met aan de uiteinden, ter versteviging, metalen strips.

Doordat het experiment in het te onderzoeken water plaatsvindt, worden de natuurlijke waterlaag en bodem gebruikt. Hierdoor wordt de natuurlijke situatie zo goed mogelijk benaderd. De enclosures voorkomen uitwisseling van water in de enclosure met water daar buiten. Dit betekent dat het effect van verschillende chemische manipulaties goed bestudeerd kan worden. Zie voor een uitvoerige beschrijving van de enclosure-experimenten het rapport van Klinkers en Verhagen (in prep.).

### **2.2 Verzamelen van plankton**

#### **2.2.1 Bemonstering van enclosures**

Het plankton werd verzameld door een pot (inhoud 2000ml) van onder naar boven door de enclosure te bewegen, zodat uit de gehele waterkolom gemonsterd werd.

Later werd hiervan 870 ml genomen waaraan 1.5 ml lugol ( 5% Jood-oplossing en 8% Kalium-Jodide-oplossing) toegevoegd werd. Lugol werd toegevoegd om voor een snelle bezinking van het zwevend materiaal te zorgen. Na enkele dagen werd de bovenstaande vloeistof afgezogen, zodat een geconcentreerd monster van enkele milliliters onstond. Dit concentraat werd met een paar druppels formaline geconserveerd. (de Bie en Maenen, 1984)

### **2.2.2 Bemonstering van het Voorste Choorven, Van Esschenven, Witven en Kolkven (4 vennen)**

Bij het bepalen van de monsterpunten voor dit onderzoek, is uit gegaan van de monsterpunten zoals zoals die in Van Dijk *et al.* (1960) voor de Centrale Vennen aangegeven worden. Elk ven werd op twee plaatsen bemonsterd. In het Voorste Choorven waren dat de plaatsen die in van Dijk *et al.* (1960) de nummers 1 en 4 hadden. In het Van Esschenven waren dat de plaatsen 2 en 6 en in Witven 9 en 10. Deze nummering is in dit onderzoek gehandhaafd. De monsterpunten in het Kolkven werden zelf bepaald daar het door Van Dijk niet genoemd wordt. Gekozen werd voor één monsterpunt aan de noord- en één aan de zuidzijde van het ven, die respectievelijk de nummers 11 en 12 kregen. De ligging van de punten is in figuur 1.1 aangegeven. De monsters werden verkregen door gebruik te maken van een planktonnet met een maaswijdte van 60  $\mu\text{m}$ . Per monsterpunt zijn twee monsters genomen. Eén om een pelagisch planktonmonster en één om een benthisch planktonmonster te nemen. In de verwerking zijn deze monsters gescheiden behandeld en daarom ook in aparte tabellen verwerkt. Waar mogelijk zijn de monsters levend gedetermineerd. Ter conservering werden enkele druppels formaline toegevoegd.

### **2.3 Kwalitatieve en semi-kwantitatieve bepaling van het phytoplankton**

Voor de determinatie werd maximaal één dag per monster uitgetrokken. Gelijktijdig met het determineren werden de aangetroffen organismen geteld. Uiteindelijk werd een soortenlijst verkregen waarop aangegeven stond welke soorten gevonden zijn en hoe vaak een bepaalde soort waargenomen werd. Deze lijst werd omgewerkt naar scores volgens de codes van relatieve



abundantie.

Hierbij werd aan iedere gescoorde soort een waarde toegekend van, afhankelijk van de mate van voorkomen, 1 tot en met 5. De betekenis van deze codes is als volgt:

- 1 Zeldzaam, slechts één of enkele exemplaren
- 2 Sporadisch voorkomend
- 3 Frequent voorkomend
- 4 Soort is abundant aanwezig
- 5 Soort is dominant of co-dominant

(de Bie en Maenen, 1984)

In dit onderzoek wordt alleen het fytoplankton onderzocht. Binnen het fytoplankton valt ook de klasse van de Bacillariophyceae (diatomeeën), daar aan deze klasse al onderzoek gedaan werd is er in dit onderzoek weinig aandacht aan geschonken (zie inleiding). Determinatie vond tot orde niveau (*Centrales* of *Pennales*) plaats. Slechts wanneer er hoge abundanties bereikt werden zijn de soorten gedetermineerd en apart in de tabellen opgenomen.

## 2.4 Gegevensverwerking

De analyse van de verzamelde gegevens was op verschillende manieren mogelijk. Ze kunnen direkt grafisch weergegeven worden, maar ook kan van een aantal multivariate analyse methoden gebruik gemaakt worden. Bij de laatste wordt in grote lijnen onderscheid gemaakt in analyse van de soortensamenstelling los van de omgevingsfactoren en technieken waarbij de soort langs bekende omgevingsgradiënten wordt uitgezet (van Katwijk, 1988). Bij de analyse van de gegevens die in het kader van dit onderzoek verzameld zijn, werd van alle drie de methoden gebruik gemaakt.

### 2.4.1 Direkte grafische weergave

De door middel van de semi-kwantitatieve bepaling verkregen taxa met bijbehorende abundantie zijn, voor iedere monsterdatum per monsterpunt, samengevoegd in de klasse waartoe ze behoren.

Per klasse werden de abundanties opgeteld en de verhouding tussen de verschillende klassen berekend. Deze verhoudingen zijn voor alle monsterdata, per monsterpunt, bepaald en in één figuur weergegeven.

### 2.4.2 Klassificatie

Er is gebruik gemaakt van een drietal classificatie methoden, waarbij een hiërarchie bepaald wordt (bijvoorbeeld van veel naar weinig overeenkomst). De resultaten van deze methoden worden in een dendrogram weergegeven. In het dendrogram zijn groepen (clusters) die veel overeenkomst vertonen dicht bij elkaar geplaatst. Ieder cluster bestaat uit soorten of monsterpunten die onderling meer overeenkomsten hebben dan met buiten dat cluster geplaatste monsterpunten of soorten. De gebruikte methoden zijn:

1. Minimum variantie clustering ("Ward's Method")
2. "Complete linkage"
3. "Average linkage"
  - "Average linkage within the new group"

Zie voor een uitgebreide beschrijving van deze methoden de Bie en Maenen (1984).

De eerste van de methoden houdt rekening met de relatieve abundanties, de andere twee gaan uit van presentie/absentie.

Een andere klassificatie methode is de TWINSPAN. De TWINSPAN (Two Way INDicator SPECies ANALysis, Hill 1979) is een clusteringsmethode waarmee soorten gerangschikt en opnamen in groepen verdeeld worden. De methode is gebaseerd op het feit dat een groep opnamen kan worden gekenmerkt door differentiërende soorten (van Katwijk, 1988). Dat wil zeggen dat er gezocht wordt naar soorten die voor een bepaalde groep opnamen kenmerkend zijn. Op grond van deze soorten worden de opnamen in groepen verdeeld met voor iedere groep een of een aantal kenmerkende soorten.

In het geval van TWINSPAN is het mogelijk de abundantie van de soorten in de berekening te betrekken. Als abundantiegrenzen ("cut-levels") zijn in dit onderzoek de codes van relatieve abundantie aangehouden (1,2,3,4,5). Soorten die zeer weinig voorkomen, zijn meestal niet kenmerkend, maar wel in staat de berekeningen sterk te beïnvloeden. Om deze reden zijn soorten die over de totale opnamen slechts één-, twee-, drie- of viermaal een abundantie van 1 scoren niet in de berekening betrokken. Naderhand zijn ze weer toegevoegd. De tot stand gekomen clustering kan met het computerprogramma FLEXCLUS (FLEXible CLUStering) of bijna handmatig bijgewerkt worden.

### 2.4.3 Ordinatie

Ordinatie is te gebruiken om de soortensamenstelling van wateren met fysisch-chemische factoren in verband te brengen. De factoren die betrokken worden in dit onderzoek zijn: temperatuur, diepte, pH, alkaliniteit,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ , Ortho-P,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^{2-}$ ,  $NH_4^+$  en  $O_2$  (zie voor een uitgebreid overzicht van de waterkwaliteit het rapport van Klinkers en Verhagen, in prep.). Ook is het mogelijk de wateren en soorten overzichtelijk en grafisch weer te geven.

De ordinatie is uitgevoerd door gebruik te maken van een Principale Componenten Analyse (PCA) volgens de R-techniek van Orlici (1966), nadat de soorten zijn gecentreerd. Voor een uitvoerige beschrijving wordt verwezen naar De Bie (1984).

In de biplot, welke het resultaat is van de PCA, zijn de wateren én de soorten ingetekend. De afstand van een water tot de werkelijke oorsprong van de biplot wordt gedefiniëerd als de  $\alpha$ -diversiteit, de afstanden tussen de wateren onderling als de  $\beta$ -diversiteit (de dissimilariteitsmaat in een PCA). Dit betekent dat wateren die in de biplot dichtbij elkaar voorkomen meer gelijkenis vertonen dan verder van elkaar gelegen wateren.

De werkelijke oorsprong en het nulpunt van het assenstelsel vallen niet samen. Het nulpunt is het punt waar een water zou liggen met de gemiddelde soortscore. Door de werkelijke oorsprong in de biplot te plaatsen kan de  $\alpha$ -diversiteit geïllustreerd worden.

Bij een PCA op relatieve abundantie van de soorten spelen soorten met een grote relatieve abundantie een belangrijke rol. Ver van de werkelijke oorsprong liggen wateren met weinig soorten met een hoge abundantie, wateren met veel soorten met een lage abundantie liggen dichtbij de werkelijke oorsprong.

Bij een PCA op presentie/absentie van soorten spelen de totale soortensamenstelling en de zeldzamere soorten een belangrijke rol. Dichtbij de werkelijke oorsprong liggen de soortenarme wateren, verder verwijderd liggen de soortenrijke wateren (de Bie en Maenen, 1984).

Ook bij de PCA kunnen weinig voorkomende soorten een verstorend effect hebben. Bij de PCA zijn daarom dezelfde categorieën als bij de TWINSPAN verwijderd. Bij een PCA kunnen ze echter later niet meer toegevoegd worden. De verwijderde soorten zijn in de bijlagen opgenomen.

De mogelijkheid bestaat om chemische gegevens aan het assenstelsel van de PCA-biplot te correleren. De gebruikte correlatie methode is de rangcorrelatie van Spearman. Er is

sprake van een correlatie bij een significantie niveau dat kleiner of gelijk is aan 5%.

Tot slot enkele termen die aangeven in welke mate in de PCA biplot een benadering van de werkelijkheid van de dataset gegeven wordt.

1. "Percentage extracted variation per dimension": de hierbij gegeven waarde maal 100% geeft het percentage variatie dat in de eerst en tweede dimensie, de horizontale respectievelijk de verticale as, wordt verklaard.
2. "Overall lack of fit": geeft aan in hoeverre de geordioneerde opnameposities (twee-dimensionaal) afwijken van de juiste opnameposities (meer-dimensionaal).
3. "Quotient lack of fit and total sum of squares": geeft de gestandariseerde "Lack of fit". Hoe dichter de waarde bij 0 ligt, hoe beter de  $\beta$ -diversiteit benaderd wordt.
4. "Goodness of fit": geeft aan hoe de  $\alpha$ -diversiteit in de twee dimensies benaderd wordt. Deze waarde, maal 100%, is ook te interpreteren als een maat voor de efficiëntie waarmee de eerste twee componenten de aanwezige soortsvariatie verklaren.

Bij het interpreteren van de percentages zoals die bij 1. en 4. gegeven worden, moet in gedachten gehouden worden dat het doel niet 100% is, omdat een deel van de variatie het gevolg is van "ecologische ruis" in de data. Een ordinatie die slechts een laag percentage verklaard kan al zeer informatief zijn (Ter Braak, 1987).

#### **2.4.4 Keuze van verwerkingstechnieken**

Alle hierboven beschreven verwerkingstechnieken zijn toegepast. In verband met de overzichtelijkheid van de te presenteren gegevens wordt echter een beperkt deel besproken. Er is gekozen voor een combinatie van PCA op relatieve abundanties en TWINSPAN omdat bij beide methoden het gebruik van de relatieve abundanties mogelijk is. Ook is het mogelijk om via de PCA op een overzichtelijke wijze chemische gegevens te correleren. De TWINSPAN geeft een duidelijk overzicht van de soortclusters. De overige technieken worden slechts ter ondersteuning aangehaald (bijlagen).

### 3 RESULTATEN VAN DE "4 VENNEN"

#### 3.1 Pelagisch plankton

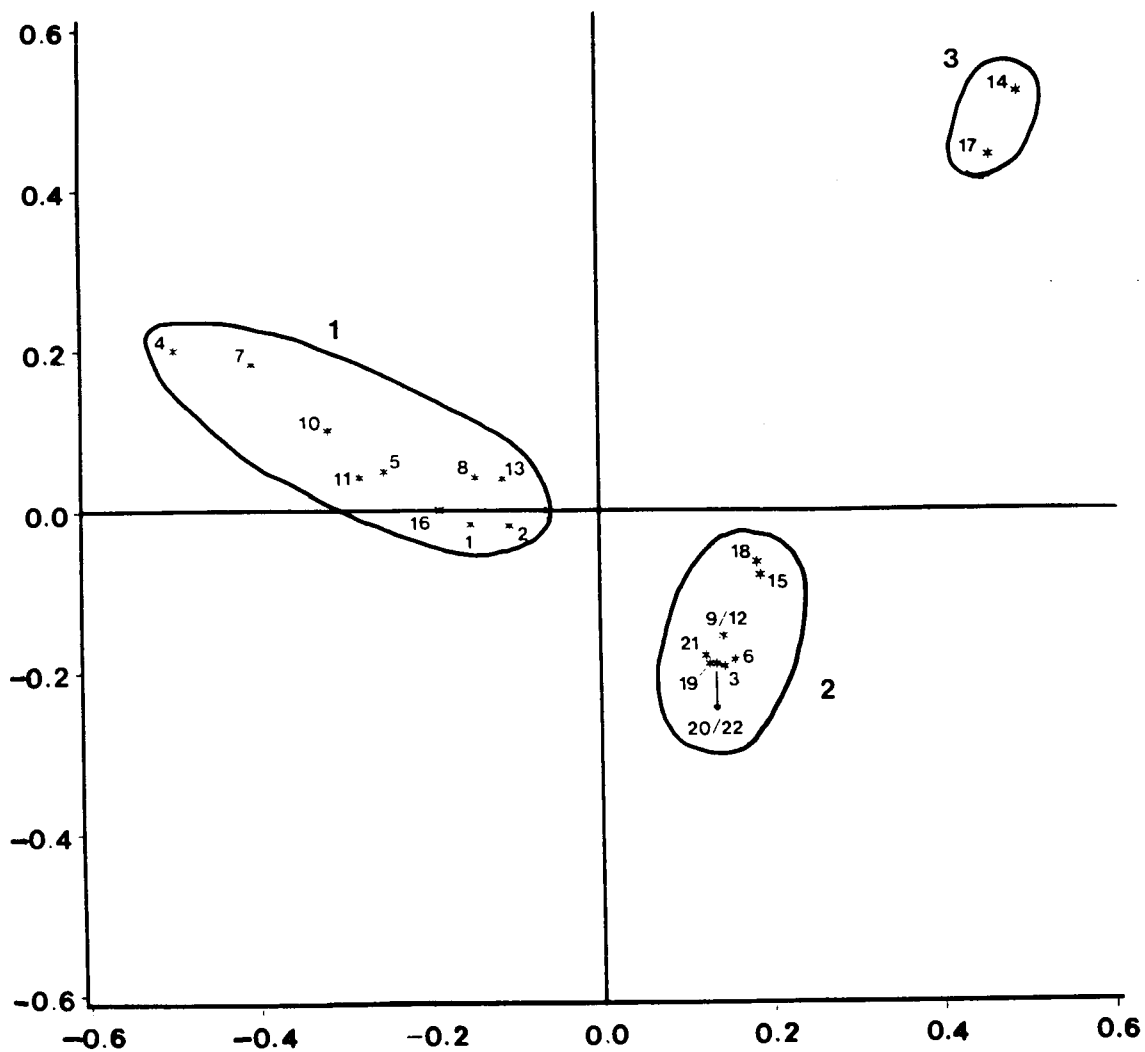
##### 3.1.1 Monsterpunten

De verwerking van de gegevens met behulp van de PCA toont een drietal groepen van monsternames (figuur 3.1), waarbij opvalt dat alle monsternames uit het Kolkven in één groep (cluster 2) dicht bij elkaar geplaatst worden. Twee monsternames uit het Witven worden ver van de andere punten geplaatst (cluster 3). Wanneer de monsterdata, die aan de monsternames gekoppeld zijn, in ogenschouw genomen worden, blijkt een grove indeling van de groepen mogelijk. In cluster 1, blijken alleen punten van monsterdata 7/6/88 en 9/8/88 geplaatst te worden.

Cluster 2 bevat, met uitzondering van het Kolkven, slechts punten van monsterdatum 8/11/88.

Binnen cluster 1 bestaat ook een rangschikking. Hierbij wordt voor ieder monsterpunt de monstername van 7/6 links van die van 9/8 geplaatst. In de totale figuur komt een rangschikking naar datum, van links naar rechts, voor. Het Witven valt buiten deze rangschikking.

Op grond van de TWINSPAN wordt een verdeling van de monsternames verkregen waarbij drie grote groepen te onderscheiden zijn (tabel 3.1). De monsternames uit het Kolkven worden, samen met één punt van het Voorste Choorven, direct van de overige punten gescheiden. De overige punten worden, in grote lijnen, verdeeld op grond van de monsterdatum. Opvallend hierbij is dat één groep volledig overeen komt met cluster 1 in figuur 3.1. De TWINSPAN scheidt binnen de laatste twee groepen de Witven-monsternames van 7/6 en 9/8 van de overige punten.



1	Voorste Choorven	7/ 6/88	13	Witven 9	7/ 6/88
2	-	9/ 8/88	14	-	9/ 8/88
3	-	8/11/88	15	-	8/11/88
4	Voorste Choorven 4	7/ 6/88	16	Witven 10	7/ 6/88
5	-	9/ 8/88	17	-	9/ 8/88
6	-	8/11/88	18	-	8/11/88
7	Van Esschenven 2	7/ 6/88	19	Kolkven 11	9/ 8/88
8	-	9/ 8/88	20	-	8/11/88
9	-	8/11/88	21	Kolkven 12	9/ 8/88
10	Van Esschenven 6	7/ 6/88	22	-	8/11/88
11	-	9/ 8/88			
12	-	8/11/88			

Figuur 3.1 Pelagisch plankton "4 Vennen", PCA van de monsternames .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zie voor de bijbehorende termen bijlage 1<sup>a</sup>.





### 3.1.2 Fysisch-chemische factoren

Correlatie van de fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale van de PCA geeft een aantal significante correlaties te zien (tabel 3.2).

Voor  $\text{Al}^{3+}$  en  $\text{Cl}^-$  geldt dat ze significant negatief gecorreleerd zijn langs de eerste principale. Negatieve correlatie langs deze as wil zeggen dat de concentratie van links naar rechts afneemt.

Temperatuur is langs de tweede principale positief gecorreleerd. Positieve correlatie langs deze principale geeft een toename van de concentratie van beneden naar boven aan.

De pH, alkaliniteit,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{Na}^+$  zijn langs de tweede principale significant negatief gecorreleerd. Negatieve correlatie langs deze as betekent een afnemende concentratie of pH van beneden naar boven.  $\text{Cl}^-$  is langs beide principalen gecorreleerd, waarbij de correlaties elkaar tegenspreken. Bij correlaties langs beide assen wordt de correlatie met de grootste P-waarde als belangrijkste beschouwd. Dit houdt in dat de correlatie langs de tweede principale het belangrijkste is. Het blijkt dat de  $\text{Cl}^-$ -concentratie het laagst is voor cluster 1.

Daarnaast blijkt dat de monsternames van cluster 1 een lagere pH, alkaliniteit en  $\text{Na}^+$ -concentratie hebben. Tevens hebben ze een hogere temperatuur en  $\text{Al}^{3+}$ -concentratie dan de monsterpunten in cluster 2. De hogere temperatuur hangt samen met de in de zomer vallende monsterdata van cluster 1.

Zie voor een volledig overzicht van de fysisch-chemische factoren bijlage 3<sup>a</sup>.

Tabel 3.2 Spearman Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het pelagisch plankton.

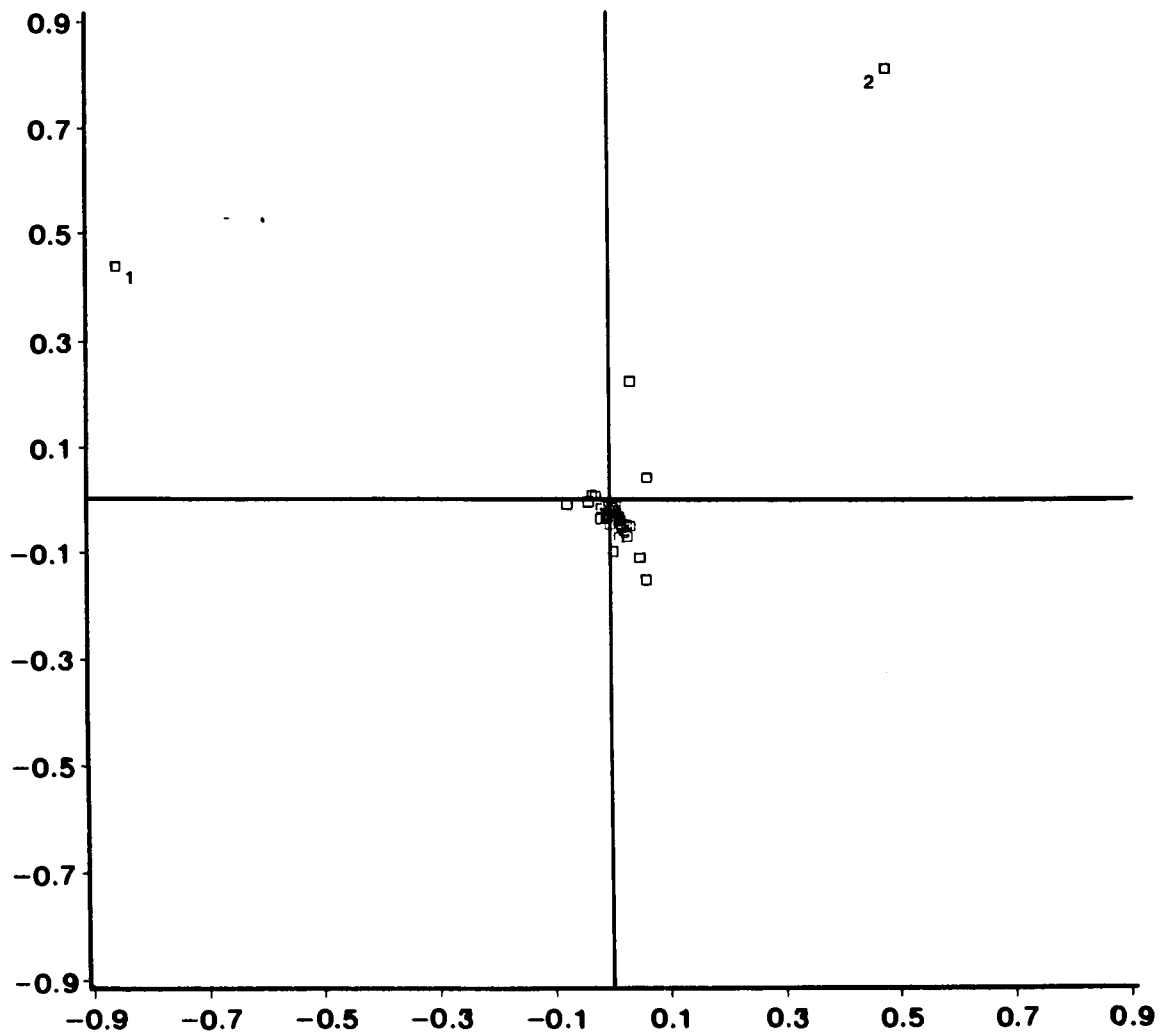
Significantie niveau: 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

fysisch-chemische factoren	principale 1	principale 2
	P-waarde/ sign. niveau	P-waarde/ sign. niveau
temperatuur	-	0.55 +++
pH	-	-0.64 +++
alkaliniteit	-	-0.47 +
Al <sup>3+</sup>	-0.76 +++	-
Cl <sup>-</sup>	0.43 +	-0.67 +++
Na <sup>+</sup>	-	-0.62 +++

### 3.1.3 Taxa

De PCA geeft voor wat betreft de taxa een interessant beeld, hoewel erg veel taxa over elkaar heen geplaatst worden.

Het toont (figuur 3.2) een aantal taxa die buiten de groep rond de oorsprong vallen. Dit zijn *Gonyostomum semen* (1), die de ligging van de monsternames in cluster 1 (zie figuur 3.1) sterk bepaalt. De ligging van de twee Witven monsternames 14 en 17 in figuur 3.1 wordt met name bepaald door *Dinobryon divergens* (2).



Figuur 3.2 PCA van de soorten van het pelagisch plankton.

In de TWINSPAN, die voor de overige soorten duidelijker is, (tabel 3.1) zijn de volgende groepen te onderscheiden:

#### Groep 1

Taxa die slechts een abundantie hebben van 1. Deze taxa zijn niet betrokken bij de TWINSPAN berekening. Binnen deze grote groep is ook een onderverdeling te maken in taxa die vooral in het Kolkven voorkomen; taxa die niet in het Kolkven tijdens de

eerste twee monsterdata voorkomen en taxa die niet in het Kolkven tijdens de laatste monsterdatum voorkomen. De gehele groep bestaat uit de taxa *Chroococcus spec.* tot en met *Kirchneriella subcapitata*.

#### Groep 2

Taxa die hogere abundanties hebben en vrijwel uitsluitend voorkomen in het Kolkven (*Scenedesmus ecornis* tot en met *Pediastrum boryanum*).

#### Groep 3

Taxa die meer verspreid over de verschillende monsterpunten voorkomen, waarbij ze buiten het Kolkven vooral in monsterpunten van de laatste monsterdatum aangetroffen worden (*Chroococcus dispersus* tot en met *Phacus suecicus*).

#### Groep 4

Taxa die voornamelijk buiten het Kolkven en in monsterpunten van de laatste monsterdatum aangetroffen worden (*Microspora spec.* tot en met *Dinobryon divergens*).

Buiten deze groepen vallen een aantal taxa die voor het bepalen van de onderverdeling van de monsterpunten van belang geweest zijn. Dit zijn *Gonyostomum semen*, die met hoge abundanties tijdens de eerste twee monsterdata buiten het Kolkven voorkwam en de orde van de *Pennales* die tijdens de laatste monsterdatum hoge abundanties heeft, maar bijna overal en tijdens alle monsterdata aangetroffen werd.

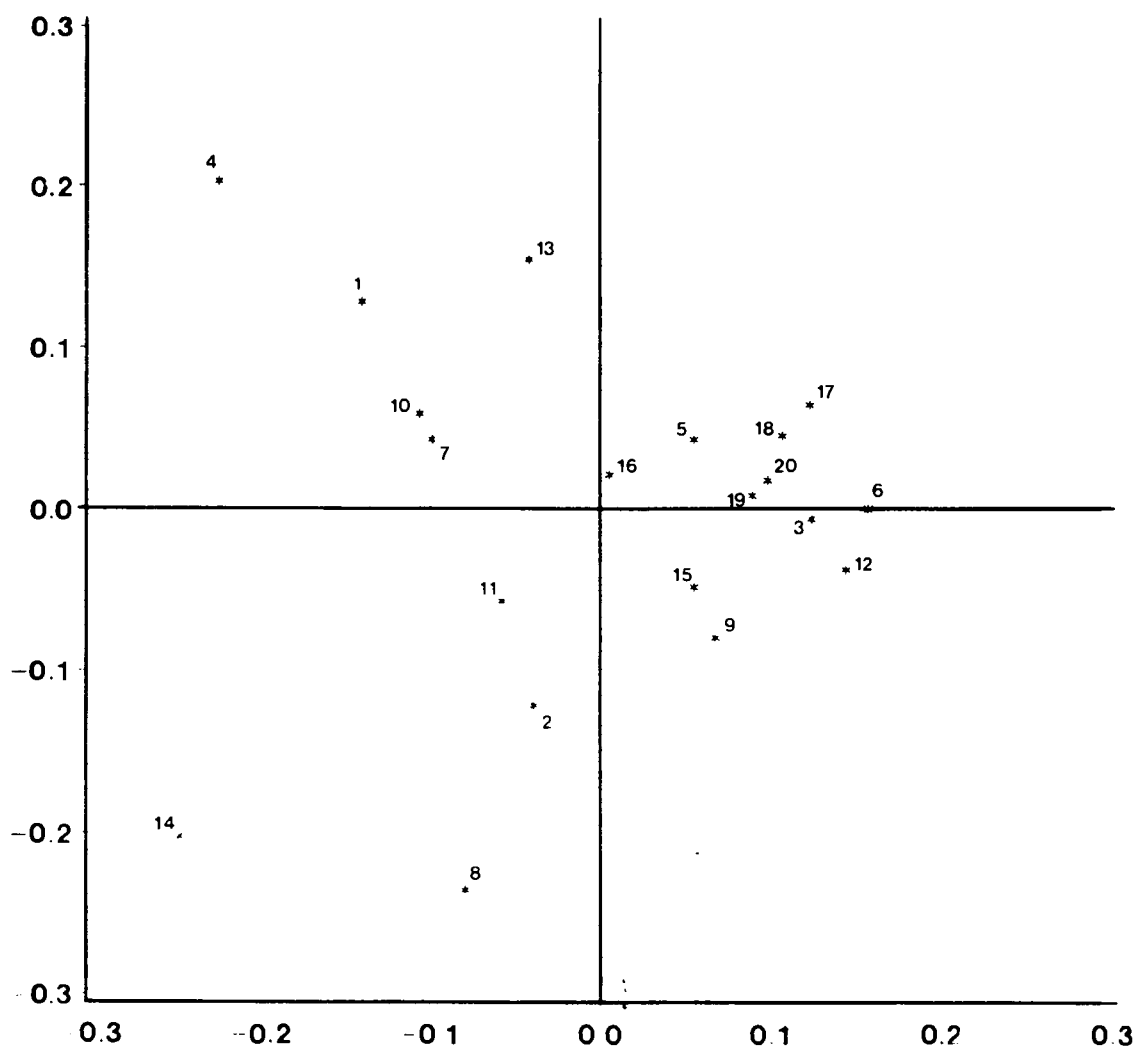
## 3.2 Benthisch plankton

### 3.2.1 Monsterpunten

De PCA toont geen duidelijk te onderscheiden groepen, maar wel een verdeling naar datum (figuur 3.3). Linksboven in de figuur zijn de monsternames van 7/6 geplaatst, rechtsonder de monsternames van 8/11. Daar tussen en linksonder bevinden zich de punten van monstername 9/8. Eén punt van het Witven (nummer 18) valt buiten deze verdeling.

Groepering van de punten middels de TWINSPAN geeft het volgende beeld (tabel 3.3):

Het Kolkven wordt direkt gescheiden van de overige vennen. De scheiding binnen deze overige vennen lijkt op basis van de monsterdatum plaats gevonden te hebben, waarbij de scheiding tussen monsterdatum 7/6 en de andere monsterdata gelegd wordt. Later wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende vennen. Hierbij worden Witven 9, datum 8/11 en Witven 10, datum 9/8 en 8/11, samen gescheiden van de groep waarin ze geplaatst waren. Hetzelfde geldt voor het Voorste Choorven 4 datum 7/6 en 9/8.



1	Voorste Choorven 1	7/ 6/88	13	Witven 9	7/ 6/88
2	-	9/ 8/88	14	-	9/ 8/88
3	-	8/11/88	15	-	8/11/88
4	Voorste Choorven 4	7/ 6/88	16	Witven 10	7/ 6/88
5	-	9/ 8/88	17	-	9/ 8/88
6	-	8/11/88	18	-	8/11/88
7	Van Esschenven 2	7/ 6/88	19	Kolkven 11	9/ 8/88
8	-	9/ 8/88	20	Kolkven 12	9/ 8/88
9	-	8/11/88			
10	Van Esschenven 6	7/ 6/88			
11	-	9/ 8/88			
12	-	8/11/88			

Figuur 3.3 Benthisch plankton "4 Vennen", PCA van de monsternames.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zie voor bijbehorende termen bijlage 1<sup>b</sup>.





### 3.2.2 Fysisch-chemische factoren

Correlatie van de fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale van de PCA is geeft een aantal significant gecorreleerde factoren (tabel 3.4).

Aan de eerste principale zijn de pH, de  $\text{Cl}^-$  en  $\text{Na}^+$ -concentratie positief gecorreleerd. Negatieve correlaties aan deze principale komen voor bij de  $\text{Al}^{3+}$ - de  $\text{O}_2$ -concentratie en de temperatuur. De Ortho-P en  $\text{Al}^{3+}$ -concentratie zijn langs de tweede principale positief gecorreleerd. Negatieve correlaties langs deze as komen niet voor.

De  $\text{Al}^{3+}$ -concentratie is langs beide principalen significant gecorreleerd, waarbij de correlatie langs de eerste principale het belangrijkste is. Dit houdt in dat in de eerste monstername uit het Voorste Choorven en Witven 9 de concentratie van Ortho-P het hoogst is. Het betekent ook dat de concentratie van Ortho-P in de tweede monstername uit het Van Esschenven 2 en Witven 9 het laagst is. De pH, de  $\text{Cl}^-$  en  $\text{Na}^+$ -concentratie zijn lager in de eerste monsterdatum dan in de laatste. Dit geldt ook voor de boven genoemde monsternames van de tweede monsterdatum en voor het Voorste Choorven 1 en Van Esschenven 6, eveneens van monsterdatum 9/8. Voor de  $\text{O}_2^-$ , de  $\text{Al}^{3+}$ -concentratie en de temperatuur geldt het tegenovergestelde. Zie voor een volledig overzicht van de fysisch-chemische factoren bijlage 3<sup>b</sup>.

Tabel 3.4 Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het benthisch plankton.

Significantie niveau: 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

Fysisch-chemische factoren	Principale 1	Principale 2
	P-waarde/ Sign. niveau	P-waarde/ Sign. niveau
Temperatuur	-0.48 +	-
pH	0.45 +	-
Al <sup>3+</sup>	-0.51 ++	0.46 +
Ortho-P	-	0.45 +
Cl <sup>-</sup>	0.70 +++	-
Na <sup>+</sup>	0.72 +++	-
O <sub>2</sub>	-0.46 +	-

### 3.2.3 Taxa

De PCA van de taxa geeft geen duidelijke groepen van taxa. Groepering middels de TWINSPAN (tabel 3.3) is duidelijker. De volgende groepen zijn te onderscheiden:

#### Groep 1

Taxa die niet in de berekeningen van de TWINSPAN betrokken zijn. Deze groep is in twee groepen onder te verdelen. Te weten: Taxa die niet in het Kolkven aangetroffen worden (*Dinobryon divergens* tot en met *Cylindrocystis spec.*) en taxa die vrijwel uitsluitend in het Kolkven voorkomen (*Scenedesmus acuminatus* tot en met *Westella botryoides*).

#### Groep 2

Taxa die verspreid over alle monsterpunten voorkomen (*Closterium spec.* tot en met *Chroococcus limneticus*).

#### Groep 3

Taxa die voornamelijk aangetroffen worden in de laatste monsterdatum van het Voorste Choorven en Van Esschenven (*Closterium acutum* tot en met *Oscillatoria tenuis*).

#### Groep 4

Taxa die vooral voorkomen in monsterdatum 7/6 en 9/8 van het Voorste Choorven, Van Esschenven en Witven (*Micrasterias denticulata* tot en met *Selenastrum spec.*).

#### Groep 5

Taxa die vrijwel uitsluitend in het Kolkven voorkomen (*Oscillatoria agardhii* tot en met *Tetraedron schmidlei*).

## 4 Resultaten van de Enclosure-experimenten

### 4.1 Kolkven-enclosures

#### 4.1.1 Enclosures

In figuur 4.1 zijn drie groepen van enclosure-monsters te onderscheiden. De clustering lijkt op grond van de datum van bemonstering te hebben plaatsgevonden.

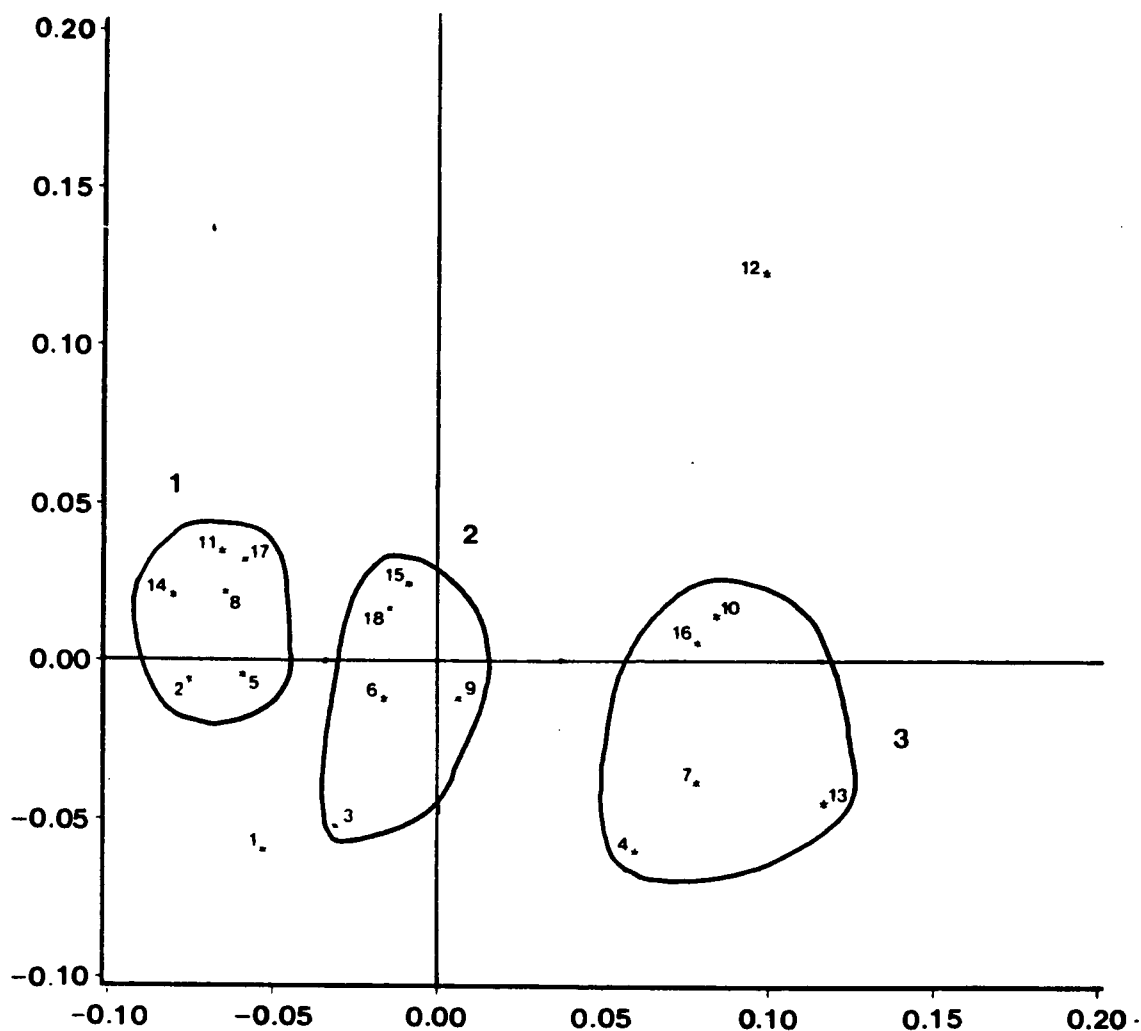
Cluster 1 omvat uitsluitend monsters van 21/9/88. Cluster 3 ligt rechts in de figuur en omvat slechts monsters van 13/7/88. Tussen deze clusters is een groep monsters geplaatst van datum 15/11/88 (cluster 2).

Twee monsters vallen enigszins buiten deze verdeling. Dit zijn 1 en 12. Het open-water-monster 1 is sterk links geplaatst en valt daarom buiten cluster 3, waar het op grond van de verdeling naar datum verwacht zou worden.

Monster 12 (gedecarboxyleerde enclosure) is ver boven de andere monsters en meer naar rechts geplaatst, dan waar het gezien de verdeling naar datum te verwachten was.

Naast deze verdeling is ook op te merken dat alle open-water- en blankomonsters, op één uitzondering na, zich onder de horizontale as bevinden. Alle monsters uit de enclosure met vissen, zijn boven deze as geplaatst. Uitzonderd één (nr 13) geldt dit ook voor de monsters uit de gedecarboxyleerde enclosures.

Op basis van de TWINSPAN (tabel 4.1) wordt, in grote lijnen ook een verdeling naar monsterdatum gemaakt. Eén groep bevat alle monsterpunten van monsterdatum 13/7 (groep 1) en vier monsters van monsterdatum 21/9. Deze vier worden later afgescheiden (groep 2). De derde groep omvat alle monsters van datum 15/11 en twee monsters van 21/9.



1	Open water minerale bodem	13/ 7/88	10	Gedecarboxyleerd minerale bodem 1	13/ 7/88
2	-	21/ 9/88	11	-	21/ 9/88
3	-	15/11/88	12	-	15/11/88
4	Blanko minerale bodem 1	13/ 7/88	13	Gedecarboxyleerd minerale bodem 2	13/ 7/88
5	-	21/ 9/88	14	-	21/ 9/88
6	-	15/11/88	15	-	15/11/88
7	Blanko minerale bodem 2	13/ 7/88	16	Vissen minerale bodem	13/ 7/88
8	-	21/ 9/88	17	-	21/ 9/88
9	-	15/11/88	18	-	15/11/88

Figuur 4.1 PCA van de monsternames uit de Kolkven-enclosures.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zie voor de bijbehorende termen bijlage 2<sup>a</sup>.

Tabel 4.1 TWINSPAN van het plankton van de Kolkven-enclosures.<sup>1</sup>

	1 11 11 1111		1 11 11 1111
	143706254783692518		143706254783692518
Scenedesmus tenuispina	1-----	Ankistrodesmus gracilis	1-1---1--1-1-----
Tetraedron arthrodsmiforme	1-----	Phacus pleuronectus	-11--11---1-----1
Treubaria triapendiculata	1-----	Ankyra spec.	-11---1-1-1-----
Tetrastrum glabrum	-1-----	Kirchneriella obesa	111-1-1--1-----
Trachelomonas hispida	--1-----	Tetraedron trigonum	1-2111-----
Scenedesmus denticulatus	--1-----	Kirchneriella gracillima	11-211--1--1-----
Tetraedron incus	1--1-----	Oocystis spec.	111111---11-----
Cosmarium blyttii	-1-111-----	Phacus spec.	-1111111-----1-1
Coelastrum reticulatum	1-----1-----	Euglena spec.	111111111---1---1-
Kirchneriella contorta	-1-----1-----	Scenedesmus acuminatus	11-11-111111-----
Microcystis flos-aquae	-1---1--1-----	Cosmarium spec	211---11-111-----
Peridinium spec.	-11-----1-----1	Tetrastrum staurogeniaeforme	13211111---1111---
Selenastrum gracile	-----1-----	Cosmarium humile	3212211111-----
Phacus tortus	-----11-----	Lagerheimia citrifomis	21121111111-1-----
Trachelomonas oblonga	-----1-----	Chroococcus minutus	2223211111-1-----
Selenastrum bibrasianum	-----1-----	Coelastrum microporum	3222221111-111---
Tetraedron schmidlei	-----1-----	Chroococcus limneticus	2212111111--1--1--
Merismopedia glauca	-----1-----	Tetraedron caudata	11111111-111-11--1
		Gomphosphearia naegeliana	11213211-1-11111--
		Scenedesmus spinosus	11211211111211---1
		Pennales	121-111111--11--14
		Scenedesmus disciformus	223333111211-----1
		Gomphosphearia lacustris	1223221111-2----11
		Crucigeniella apiculata	2223331111-11--111
		Pediastrum duplex	333314111111-----11
		Aphanocapsa spec.	-2131213-2-2-1-1--
		Pediastrum tetras	332223323213-1-1-1
		Scenedesmus spec.	33331433321211-1-1
		Oscillatoria spec.	4413--551-233-1---
		Centrales	322333131212-111-1
		Staurastrum spec.	32232223213111111
		Trachelomonas volvocina	243244233122321113
		Pediastrum boryanum	444435444533222323
		Tetraedron minimum	333334334323221133
		Scenedesmus quadricauda	444435434434122223
		Cryptomonas spec.	332114333255555555
		Closterium acutum	122221343444543433
		Lynghya limnetica	-24434-355-4221231
		Oscillatoria agardhii	-111214555323213-1
		Closterium gracile	1221-23353211111-1
		Ankistrodesmus acicularis	132222111131311312
		Crucigenia quadrata	1111132132121111-4
		Botryococcus braunii	11-121-1221213-131
		Ulotrichales	1111--121142-31311
		Synedra acus	---1--1-11323311-4
		Oscillatoria redekei	-1-----3--1541111-1
		Oscillatoria limnetica	-----433---41414
		Oscillatoria tenuis	--1-1---1--4331-14
		Oscillatoria putrida	-----14-4---
		Chroococcus dispersus	1----31-12-1-----
		Pediastrum biradiatum	11---11112-1---1-1
		Aphanizomenon flos-aquae	---11111111-111---
		Crucigenia tetrapedia	11---11111111--1-3
		Mallomonas spec.	-----1-11-111111-1
		Anabaena spec.	-----1-1131211-211
		Phacus longicauda	1-----11111--111
			000000000111111111
			000000111100111111
			000011 000001
			00001

<sup>1</sup> Voor de betekenis van de monstername-nummers, zie figuur 4.1

#### 4.1.2 Fysisch-chemische factoren

De correlatie van de fysisch-chemische factoren langs de assen van de PCA-plot geeft een gering aantal significante correlaties (tabel 4.2). Langs de eerste principale zijn de  $\text{SO}_4^{2-}$ , en  $\text{Na}^+$ -concentratie significant negatief gecorreleerd en de S-concentratie positief. Langs de tweede principale komen alleen significante correlaties voor, bij de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{Na}^+$ -concentratie. Zowel  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{Na}^+$  zijn langs beide assen significant gecorreleerd. Voor  $\text{SO}_4^{2-}$  is de correlatie langs de tweede principale en voor  $\text{Na}^+$  die langs de eerste het belangrijkste.

De correlaties van tabel 4.2 houden in dat de monsters van monsters van datum 21/9 de laagste en die van 13/7 de hoogste S-concentratie hebben. Voor de  $\text{Na}^+$ -concentratie geldt het tegenovergestelde.

De correlaties langs de tweede principale houden in dat de monsters uit de gedecarboxyleerde enclosures op één uitzondering na (nr 13) bij een hogere  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{Cl}^-$  concentratie voorkomen.

Dit geldt eveneens voor de "vissen-enclosures". Monster 13, uit een gedecarboxyleerde enclosure, komt bij lagere concentraties van  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{Na}^+$  voor, terwijl het tegenovergestelde geldt voor monster 8, uit een blanco enclosure.

Zie voor een volledig overzicht van de fysisch-chemische factoren bijlage 4<sup>a</sup>.

Tabel 4.2 Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het plankton van het Kolkven.

Significantie niveau: 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

Fysisch-chemische factoren	Principale 1	Principale 2
	P-waarde/ Sign. niveau	P-waarde/ Sign. niveau
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.56 ++	0.63 +++
S	0.47 +	-
Cl <sup>-</sup>	-	0.51 +
Na <sup>+</sup>	-0.61 +++	0.54 ++

#### 4.1.3 Taxa

De TWINSPAN levert het duidelijkste beeld van de verdeling van de soorten over de diverse monsternames op (zie tabel 4.1). De volgende groepen zijn te onderscheiden:

##### Groep 1

Soorten met een abundantie van 1, die niet betrokken zijn in de TWINSPAN berekeningen (*Scenedesmus tenuispina* tot en met *Merismopedia glauca*).



### Groep 2

Soorten die voornamelijk voorkomen in monsternamen groep (mng) 1 en 2 met lage abundanties (*Cosmarium blyttii* tot en met *Chroococcus minutus*).

### Groep 3

Hogere abundanties in mng 1, lagere in mng 2, frequenter voorkomen van soorten in mng 3 (*Coelastrum microporum* tot en met *Pediastrum duplex*).

### Groep 4

Hogere abundanties in mng 1 en 2, frequenter voorkomen in mng 3 (*Aphanocapsa spec.* tot en met *Staurastrum spec.*).

### Groep 5

Voorkomen in nagenoeg alle monsternames, met regelmatig hoge abundanties (*Trachelomonas volvocina* tot en met *Oscillatoria agardhii*).

### Groep 6

Voorkomen in vrijwel alle monsternames, afnemende abundanties (*Closterium gracile* tot en met *Ulotrichales*).

### Groep 7

Verder afnemende abundanties, vooral minder frequent voorkomen in mng 1 (*Synedra acus* tot en met *Phacus longicauda*).

## 4.2 Choorven-enclosures

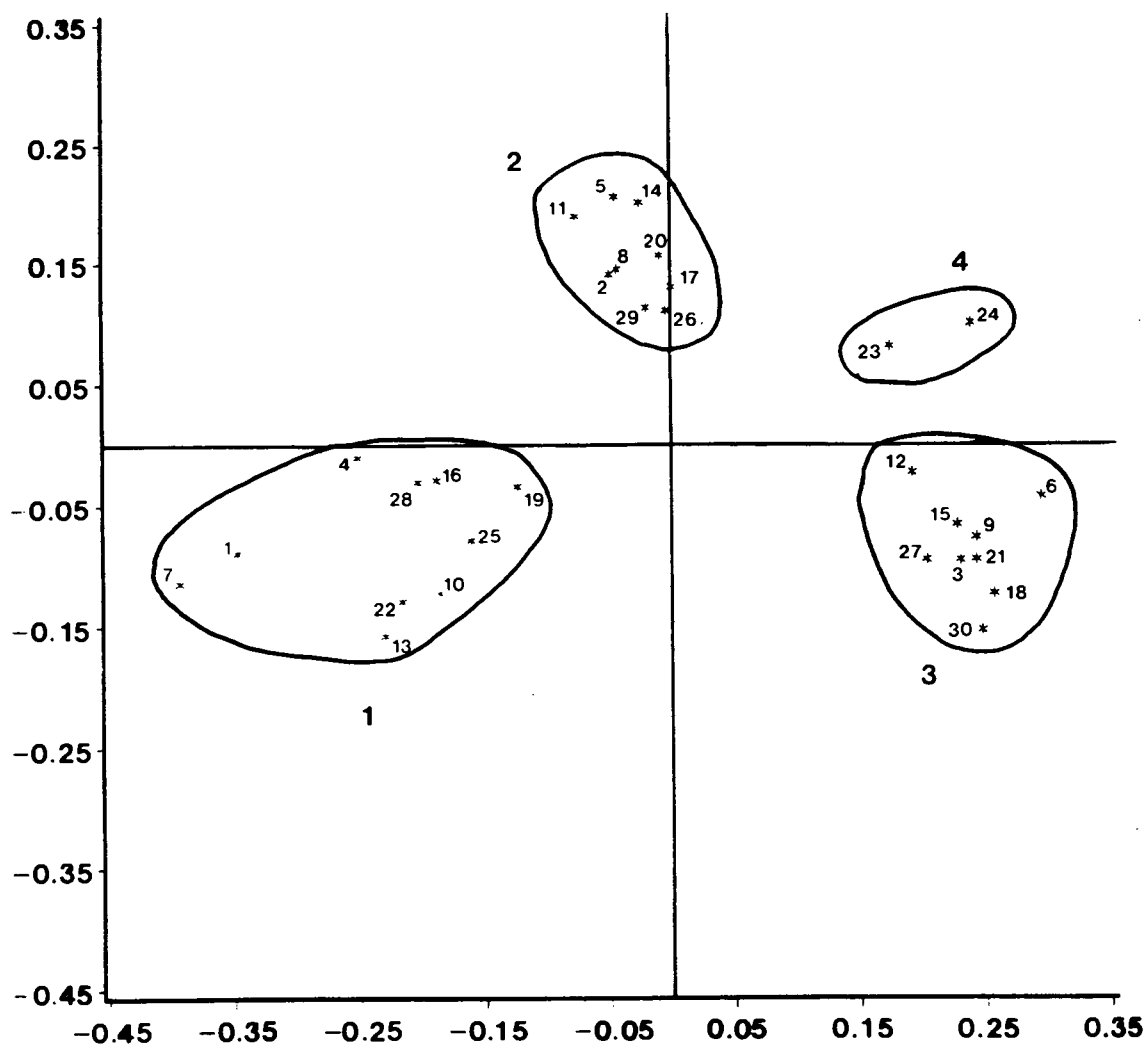
### 4.2.1 Enclosures

Figuur 4.2 toont drie duidelijke clusters van enclosures waarbij duidelijk is dat het een clustering op basis van monsterdatum betreft. In de figuur zijn van links naar rechts de monsternames van 13/7, 21/9 en 15/11 geplaatst, respectievelijk de clusters 1, 2 en 3. Uitzonderingen hierop zijn de monsternames 23 en 24 (cluster 4) uit één blanco enclosure die op organische bodem stond. Binnen de clusters is geen verdeling zichtbaar met betrekking tot de enclosures op minerale bodem en die op organische bodem.

De groepering op basis van de TWINSPAN laat hetzelfde beeld zien (tabel 4.3) Ook hier betreft het een verdeling naar monsterdatum. Eén groep omvat alle monsternames van datum 15/11 plus één van datum 21/9, dit is nummer 23. De tweede groep is onder te verdelen in een groep met uitsluitend monsternames van 21/9 en een groep met monsternames van 13/7.

### 4.2.2 Fysisch-chemische factoren

Significant positieve correlaties langs de eerste principale komen voor bij de temperatuur, de  $\text{NH}_4^+$ -,  $\text{Fe}^{2+}$ -,  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentratie (tabel 4.4). De  $\text{Mg}^{2+}$ - en  $\text{Mn}^{2+}$ -concentratie kennen significant negatieve correlaties langs dezelfde as. Langs de tweede principale is slechts de  $\text{SO}_4^{2-}$ -concentratie significant negatief gecorreleerd. Significantly positieve correlaties, langs deze as, komen voor bij de diepte, de  $\text{K}^+$ - en de  $\text{Na}^+$ -concentratie. De  $\text{Na}^+$ -concentratie kent langs beide assen een significant positieve correlatie, wat inhoudt dat ze elkaar niet tegenspreken. Die langs de eerste principale, is de belangrijkste.



1 Open water minerale bodem	13/ 7/88	16 Open water organische bodem	13/ 7/88
2 - -	21/ 9/88	17 - -	21/ 9/88
3 - -	15/11/88	18 - -	15/11/88
4 Blanko minerale bodem 1	13/ 7/88	19 Blanko organische bodem 1	13/ 7/88
5 - -	21/ 9/88	20 - -	21/ 9/88
6 - -	15/11/88	21 - -	15/11/88
7 Blanko minerale bodem 2	13/ 7/88	22 Blanko organische bodem 2	13/ 7/88
8 - -	21/ 9/88	23 - -	21/ 9/88
9 - -	15/11/88	24 - -	15/11/88
10 Mergel minerale bodem 1	13/ 7/88	25 Mergel organische bodem 1	13/ 7/88
11 - -	21/ 9/88	26 - -	21/ 9/88
12 - -	15/11/88	27 - -	15/11/88
13 Mergel minerale bodem 2	13/ 7/88	28 Mergel organische bodem 2	13/ 7/88
14 - -	21/ 9/88	29 - -	21/ 9/88
15 - -	15/11/88	30 - -	15/11/88

Figuur 4.2 PCA van de monsternames van de Choorven-enclosures.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zie voor de bijbehorende termen bijlage 2<sup>b</sup>.

Tabel 4.3 TWINSPAN van de Choorven-enclosures.<sup>1</sup>

	1 1223 122 12122 11222 11 1
	629517038342846709519258703146
Ulotrichales	-3-----
Dinobryon sertularia	-4-1-----
Pennales	112112111---1-1----1-----1-111
Trachelomonas oblonga	542343433-1-----
Phacus suecicus	---23222111-1111-11-----
Synura spec.	--44555342-11-2212--2331133--1
Peridinium spec.	34433321244223222212-11-11---
Cryptomonas spec.	32433211123143332343333--1--3
Closterium acutum	1124443445543445552-2111111222
Gonyostomum semen	-1---1---1-555555555555555555
Trachelomonas volvocina	-----1-2233432441-1-----21
Dinobryon divergens	-----4443324444
Dinobryon sociale	-----1-13---1-----
Trachelomonas hispida	11-1111----1----1132-----
Phacus longicauda	---11-11-----1111-11----1--11
Chlamydomonas spec.	-----1-----1-11----1-
Euglena spec.	1---1-----
Phacus pleuronectus	---1-----
Merismopedia glauca	---1---1-----1-----
Lyngbya limnetica	-----1-----
Pediastrum boryanum	-----1-----
Closterium striolatum	-----1-----
Staurastrum spec.	-----1-----
Closterium intermedium	-----1-----
Phacus spec.	-----1-1-----
Trachelomonas euchlora	-----1-----
Trachelomonas caudata	-----1-----
Oscillatoria spec.	-----1-----
Scenedesmus spec.	-----1-----1--
Mallomonas spec.	-----1-----
	000000000011111111111111111111
	001111111110000000001111111111
	0000000110000000110000000111
	0111111 0000111 0000111
	000011

Uit de correlaties kan opgemaakt worden dat de monsternames van 13/7 de hoogste temperatuur, Mg<sup>2+</sup>- en Mn<sup>2+</sup>-concentratie hebben. Deze monsternames hebben tevens de laagste concentratie voor NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> en Na<sup>+</sup>. Op de tweede principale komen de clusters van 13/7 en 15/11 op vrijwel dezelfde hoogte voor, waardoor onderscheid maken tussen deze clusters, langs deze

<sup>1</sup> Voor de betekenis van de nummers, zie figuur 4.2.

Tabel 4.4 Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het plankton van het Voorste Choorven.

Significantie niveau: 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

Fysisch-chemische faktor	Principale 1 P-waarde/ Sign. niveau	Principale 2 P-waarde/ Sign. niveau
Diepte	-	0.44 ++
Temperatuur	-0.87 +++	-
Mg <sup>2+</sup>	-0.43 ++	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-0.39 +
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.88 +++	-
Mn <sup>2+</sup>	-0.60 +++	-
Fe <sup>2+</sup>	0.60 +++	-
Cl <sup>-</sup>	0.87 +++	-
Na <sup>+</sup>	0.69 +++	0.59 +++
K <sup>+</sup>	-	0.78 +++

as, moeilijk is. De monsternames in het cluster van 21/9 hebben de laagste  $\text{SO}_4^{2-}$ - en de hoogste  $\text{K}^+$ -concentratie en ze zijn genomen bij de hoogste waterstand. Een overzicht van alle fysisch-chemische factoren is opgenomen in bijlage 4<sup>b</sup>.

#### 4.2.3 Taxa

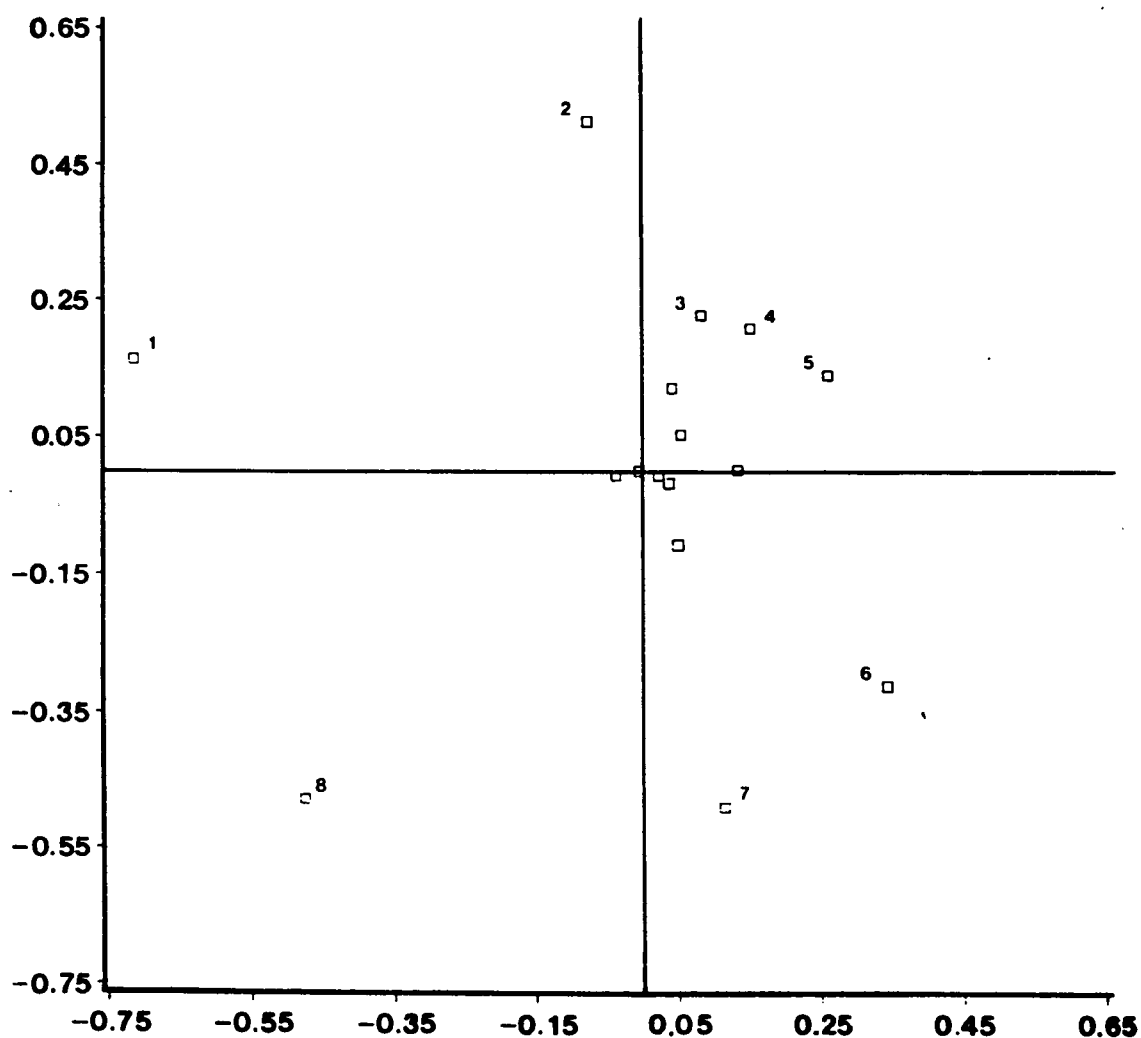
In de enclosures van het Voorste Choorven komen weinig taxa voor (30), hiervan worden er 16 in de berekeningen van de PCA en TWINSPAN betrokken. Van deze taxa vallen er een aantal buiten het centrum van de PCA-plot (figuur 4.3). Deze taxa bepalen in hoge mate de plaats van de monsternames (figuur 4.2).

De plaatsing van het cluster van 13/7 in figuur 4.2, wordt in belangrijke mate bepaald door *Gonyostomum semen* (1) en *Dinobryon divergens* (8). Met name *Trachelomonas volvocina* (2), *Cryptomonas spec.* (3), *Closterium acutum* (4) en ook *Gonyostomum semen* bepalen de ligging van het cluster van 21/9. *Trachelomonas oblonga* (6), *Peridinium spec.* (5) en *Closterium acutum* bepalen in hoge mate de plaats van het cluster van 15/11. De richting van dit cluster wordt daarnaast ook nog beïnvloed door *Synura spec.* (7). De plaatsing van de monsternames 23 en 24 wordt voornamelijk bepaald door *Peridinium spec.* die in deze monsternames zijn hoogste abundantie bereikt.

Tabel 4.3 bevestigt de invloed van de hierboven genoemde soorten. Deze tabel toont een relatief grote groep soorten die niet in de berekening van de TWINSPAN zijn betrokken.

De soorten zijn in grote lijnen te verdelen in de groep die hierboven is beschreven en in een groep waar regelmatig hoge abundanties voorkomen. Binnen de laatste is de verdeling naar datum goed waar te nemen. Zo komen *Ulotrichales* tot en met

*Phacus suecius* voornamelijk in monsters van 13/11 voor en bereikt *Synura spec.* in die monsters de hoogste abundanties. Opvallend is ook *Gonyostomum semen* die dominant is in de eerste twee data van bemonstering en daarna nagenoeg afwezig is. Een soortgelijke situatie doet zich voor bij *Trachelomonas volvocina*, die vrijwel uitsluitend tijdens de tweede datum voorkomt en *Dinobryon divergens* die uitsluitend in de monsters van 13/7 aangetroffen wordt.



Figuur 4.3 PCA van de phytoplankton-soorten uit de Choorven-enclosures.

## 5 DISCUSSIE

### 5.1 "4 Vennen"

Het pelagisch- en benthisch plankton laten een verdeling naar datum van de monsternamen zien. Dit samen met de verdeling van de taxa over de monsterdata doet vermoeden dat er in de verschillende vennen een seizoensfluctuatie waargenomen is. Bij een dergelijke constatering is voorzichtigheid geboden daarvoor het waarnemen van seizoensfluctuaties veel monsternamen nodig zijn, terwijl in dit onderzoek slechts drie maal gemonsterd is.

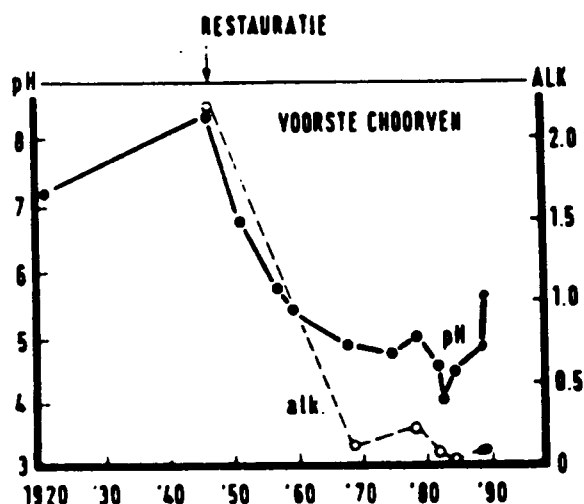
De pH en de alkaliniteit zijn belangrijke oecologische parameters omdat de verzuring van aquatische oecosystemen aan de hand van deze factoren goed gevolgd kan worden. De pH geeft aan hoe zuur een water op dat moment is, de alkaliniteit is een maat voor het reageren van zuren met de in het water en bodem voorkomende bestanddelen. In wateren met een hoge alkaliniteit zal de pH, als gevolg van het aanwezige buffersysteem, niet of nauwelijks veranderen. De  $H^+$  aanvoer kan echter zo groot worden dat de neutralisatie hiervan onvolledig wordt. De pH kan dan laag genoeg worden voor het in oplossing gaan van aluminium. Aluminium kan, in een pH-afhankelijk proces, met fosfaat een neerslag vormen. Maximale neerslag vindt plaats bij pH 5.5, bij een pH van 4.5 is dit effect te verwaarlozen (de Bie en Maenen, 1984). In dit onderzoek zijn bij lage pH waarden inderdaad hogere aluminium concentraties aangetroffen. Eveneens in overeenstemming met dit onderzoek is dat in verzuurde milieus het ammoniumgehalte sterk kan toenemen. De pH lijkt een bepalende factor te zijn. Bij een afnemende pH neemt de nitrificatie af waardoor het ammoniumgehalte toeneemt (Schuurkes, 1987).

Gedurende het jaar nam de pH in de Centrale Vennen toe (figuur 5.1), terwijl in het Kolkven tijdens de derde monsternamen de laagste waarde voor dat ven werd waargenomen. De stijging in



de Centrale Vennen wijst op een interne alkalinisering die mogelijk mede veroorzaakt wordt door sulfaatreductie (Belle-makers en Maessen, 1990).

Figuur 5.1 Het verloop van de pH en de alkaliniteit in de periode 1920 - 1989.

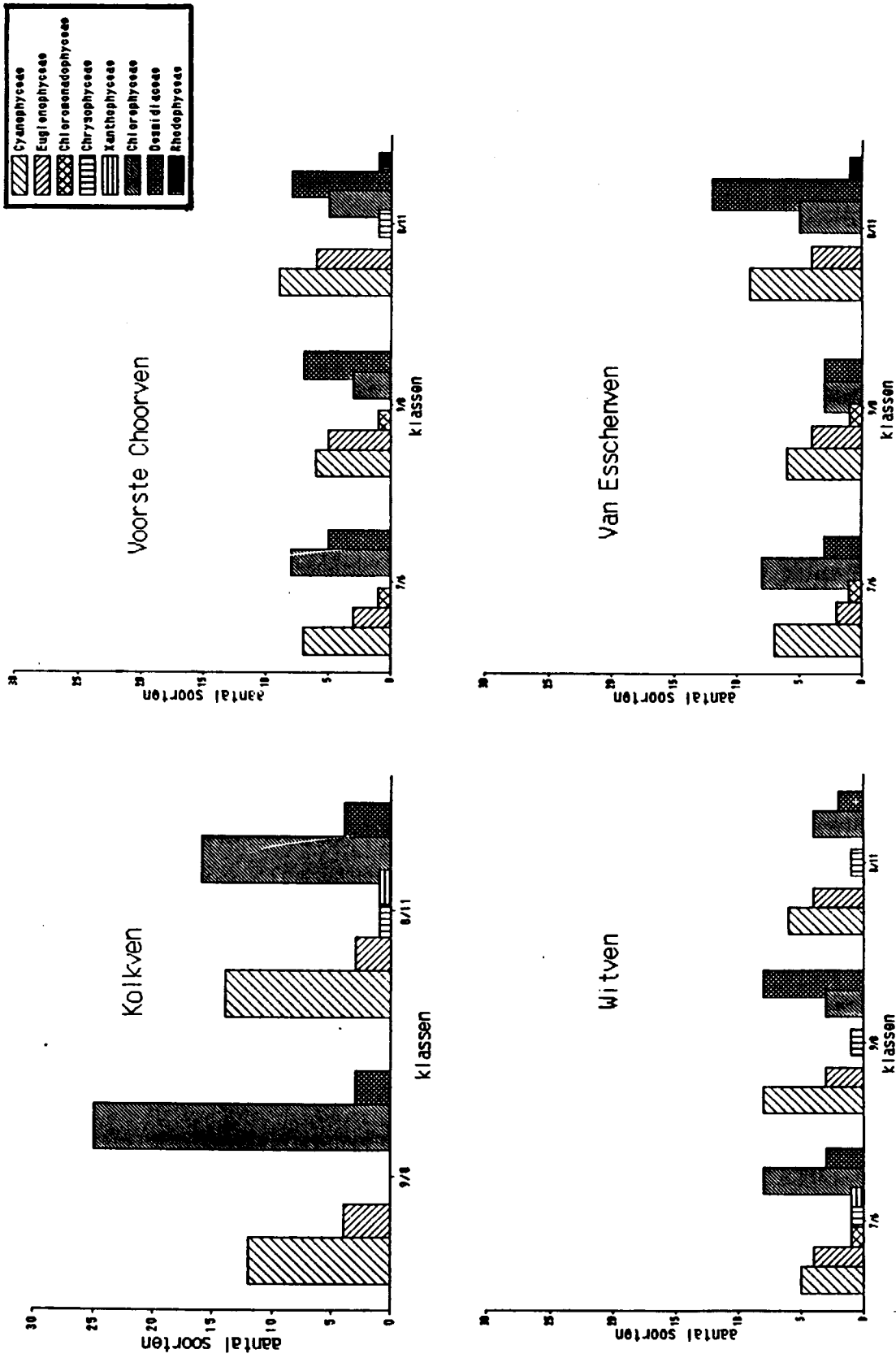


De soortensamenstelling van het fytoplankton wordt in hoge mate door de pH beïnvloedt. Naarmate een water zuurder is neemt de soortenrijkdom ervan af (de Bie en Maenen, 1984; van de Hurk *et al.*, 1985; Geelen en Leuven, 1986). Zij constateerden vooral een afname van het aantal Cyanophyceën en Chlorophyceën bij een stijgende zuurgraad. Ook een afname van de Desmidiaceën werd waargenomen (Van Coesel, 1978; de Bie en Maenen, 1984; van de Hurk *et al.*, 1985; Geelen en Leuven, 1986). Ten opzichte van de Centrale Vennen wordt in het Kolkven inderdaad een groter aantal taxa van Cyanophyceën en Chlorophyceën aangetroffen. Het Kolkven wordt zelfs door taxa uit deze klassen gedomineerd (figuur 5.2). Een grotere rijkdom aan Desmidiaceën werd echter niet geconstateerd. De oorzaak hiervan is dat Desmidiaceën vooral voorkomen in water met een mesotroof karakter. Het Kolkven laat zich echter het beste omschrijven als hypertroof. Het Voorste Choorven en het

van Esschenven geven bij de latere monsternames, bij een stijgende pH, een (lichte) stijging van het aantal Desmidiaceeën te zien.

Een lagere pH met als gevolg daarvan een geringer aantal taxa hoeft niet te betekenen dat ook de waargenomen biomassa lager is (Geelen en Leuven, 1986). Het sestongehalte (een maat voor de biomassa) van het Voorste Choorven en het van Esschenven geeft dat goed aan (bijlage 5). Het hoge sestongehalte in deze vennen komt vrijwel geheel voor rekening van van *Gonyostomum semen*, die zeer dominant aanwezig was. De plotselinge bloei kan ontstaan doordat deze soort weinig concurrentie ondervindt van andere soorten. Ook het bezit van trichocysten, die waarschijnlijk als verdediging tegen predatie dienst doen, speelt hierbij een rol (van de Hurk *et al.*, 1985). Een soort gelijk verschijnsel treedt op in het Witven. Het betreft een toename van *Dinobryon divergens*. Van de Hurk *et al.* (1985) nam eveneens een bloei van *D. divergens* in zuur water waar.

Een lage pH kan ook indirect gevolgen voor de biomassa en het aantal taxa hebben (de Bie en Maenen, 1984; Geelen en Leuven, 1986). Door het neerslaan van fosfaten, met aluminium, kan de beschikbaarheid van een, voor fytoplanktongroei, belangrijk nutriënt sterk verminderd worden. Het blijkt dat het fosfaatgehalte van de Centrale Vennen inderdaad laag is. Ook in het Kolkven is de fosfaatconcentratie relatief laag. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de constante planktonbloei in het Kolkven, waardoor veel fosfaat uit de waterlaag door het fytoplankton opgenomen wordt. Voor de opname hiervan zijn vooral de Cyanophyceeën en Chlorophyceeën verantwoordelijk. Fosfaat kan door Cyanophyceeën al in zeer kleine hoeveelheden opgenomen worden (Berger, 1988). Volgens Berger is *Oscillatoria agardhii* een soort die vooral in eutrofe wateren voorkomt waar niet de voedingsstoffen concentratie maar de lichthoeveelheid limiterend is. Dit is als een eindstadium van eutrofiëring van een water te beschouwen. Ook worden in dit type water *O. limnetica* en *Aphanizomenon flos-aquae* regelmatig



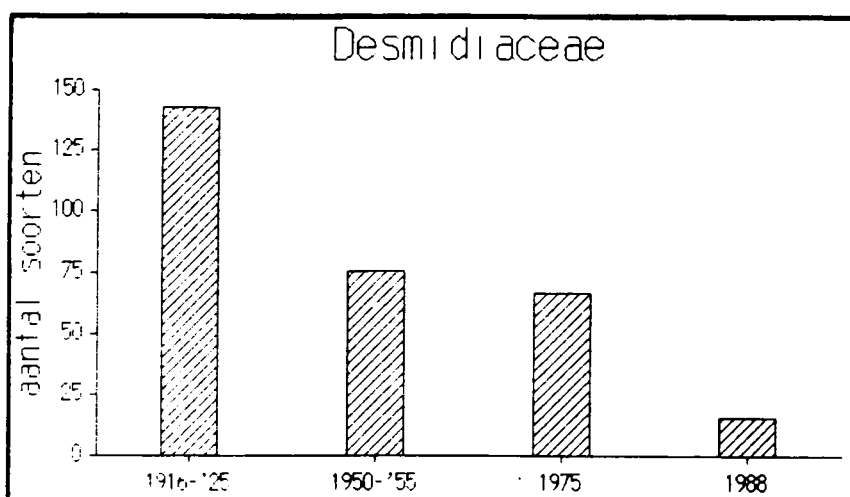
Figuur 5.2 Het aantal taxa per klasse per monsterdatum, per ven.

aangetroffen. Chang en Rossman (1988) namen ook een abundant voorkomen van *Gomphosphaeria lacustris*, in water met een hoge fosfaatbelasting, waar.

Uitgezonderd *O. limnetica* zijn dit alle soorten die over gasvacuolen beschikken die voor drijfvermogen kunnen zorgen. Hierdoor kan de gunstigste licht conditie opgezocht worden (Berger, 1988). Alle hierboven genoemde soorten worden in het Kolkven aangetroffen, waarbij *O. limnetica* en *G. lacustris* een abundant voorkomen bereiken en *O. agardhii* zelfs dominant voorkomt. Naast deze soorten bereiken ook *Lyngbya limnetica* en *Gomphosphaeria naegeliana* het dominante stadium. Meestal komen, voorafgaand aan de *Oscillatoria*-bloei, Chlorophyceën en dan met name *Scenedesmus* soorten tot een hoge biomassa (Berger, 1988). In het Kolkven komt vooral *Scenedesmus quadricauda*, in het begin abundant, later minder frequent voor.

Gezien de overeenkomst tussen het Kolkven en de waarnemingen van Berger kan geconcludeerd worden dat het Kolkven zich in een laatste stadium van eutrofiëring bevindt. Niet het nutriënten-aanbod maar de lichthoeveelheid is limiterend.

De Centrale Vennen, en dan met name het Voorste Choorven, stonden in het verleden bekend om de grote soortenrijkdom van Desmidiaceeën. Heimans (1960) constateerde een enorme afname van de diversiteit tussen 1925 en 1950. Een nog verdere afname werd door van Coesel (1978) waargenomen. In het hier uitgevoerde onderzoek, dat niet alleen op Desmidiaceeën gericht was, werd een nog verdere daling van de diversiteit geconstateerd (figuur 5.3). Mogelijkerwijs worden bij zeer nauwkeurig onderzoek meer soorten aangetroffen, duidelijk is echter wel dat er sprake is van een voortgezette achteruitgang van de Desmidiaceeën diversiteit. Opvallend is het relatief grote aandeel van *Closterium* soorten. Van deze soorten komen *C. striolatum* en *C. acutum* het meest voor.



Figuur 5.3 De achteruitgang van de Desmidiaceeën in de loop van deze eeuw.

*C. striolatum* is een pH-afhankelijke soort die in Nederland dominant in verzuurde vennen voor kan komen (van de Hurk, et al. 1985). Een dominantie hiervan werd éénmaal, in het van Esschenven, geconstateerd. Het voorkomen van *C. acutum* in zowel het Voorste Choorven als Kolkven doet vermoeden dat het een pH-indifferentie soort betreft. Verdwijning van Desmidiaceeën is volgens Coesel (1978) het gevolg van het verdwijnen van ondergedoken waterplanten als gevolg van toenemende verzuring. Veel soorten zijn namelijk bentisch of behoren tot het tychoplankton. Daarnaast wordt ook de aanplant van bos rond kleine vennen en de daarmee gepaard gaande overschaduwning, dat gebrek aan voldoende licht betekent, als oorzaak van de achteruitgang van de Desmidiaceeën-flora gezien.

Koster (1960) trof in 1952/53, na de reiniging van het Voorste Choorven en Witven, in het Voorste Choorven zes wiersoorten (uitgezonderd Desmidiaceeën en Bacillariophyceeën) uit oligotroof en drie uit eutrofe wateren aan. Van de zes oligotrofe soorten die Koster aantrof en bespreekt, werden in 1988 alleen nog *Pediastrum tetras* en *Oedogonium spec.* gevonden. Van de door haar aangehaalde soorten uit eutroof water werd alleen

*Oscillatoria tenuis* nog aangetroffen. *O. chalybea* en *Anabaena spec.* werden ook gevonden. Dit zijn soorten van meso- tot eutrofe wateren. *Batrachospermum vagum* is kenmerkend voor oligotrofe wateren, maar werd door Koster niet aangetroffen. Deze soort is daarentegen in dit onderzoek enkele malen waargenomen. Er vindt dus een lichte verschuiving van soorten plaats, maar er is geen sprake van een duidelijke verschuiving naar een oligo- of eutroof karakter. Het Witven was in 1952/53 bijzonder soortenarm (Koster, 1960). In 1988 werden veel meer taxa aangetroffen. *Merismopedia glauca*, die niet door Koster in het Witven werd geconstateerd, kwam zelfs abundant voor. Het is een soort van oligotrofe wateren (Koster, 1960). Ook *Anabaena spec.* wordt abundant in het Witven aangetroffen. In het van Esschenven noteerde Koster 14 soorten die oligotroof genoemd kunnen worden. Van deze soorten werden *Merismopedia glauca*, *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus limneticus* en *Pediastrum tetras* ook in dit onderzoek aangetroffen. *Scenedesmus quadricauda*, een meso- tot eutrofe soort, werd door Koster in het van Esschenven slechts sporadisch waargenomen. In 1988 werd een frequent voorkomen geconstateerd. *Pediastrum boryanum* een soort van eutrofe wateren kwam nu nog voor. *Pediastrum duplex* werd niet meer aangetroffen. Of *Pediastrum tetras* en *Chroococcus limneticus* inderdaad taxa van oligotrofe wateren zijn zou betwijfeld kunnen worden, daar ze de hoogste abundanties in het, hypertrofe, Kolkven bereiken.

## 5.2 Enclosures

In de resultaten werd al geconstateerd dat de verdeling van de monsternames en soorten uit het Kolkven naar monsterdatum plaatsgevonden heeft. Een verdeling op grond van de manipulaties van de enclosures (decarboxylering en vissen-toevoegen) is in deze verdeling niet aan te tonen. Hoewel enkele chemische factoren significant gecorreleerd zijn is de invloed van die factoren op de plankton samenstelling niet aantoonbaar.

De pH en de alkaliniteit vertonen in de monstername een duidelijk lagere waarde dan in de andere monsternames. Dit zou mogelijk de dominantie van *Cryptomonas spec.* kunnen verklaren. *C. erosa* en *C. ovata* zijn pH indifferente soorten die ook bij lagere pH's voorkomen.

De opeenvolging van de bloei van *Scenedesmus quadricauda* en *Oscillatoria agardhii* zoals Berger (1988) die beschrijft is ook in het enclosure experiment goed waarneembaar. De bloei van deze soorten is niet aan bepaalde enclosures gebonden.

Het fytoplankton zoals het in dit onderzoek aangetroffen werd, komt zeer sterk overeen met de Microfloratypen III en V zoals de Bie en Maenen (1984) die beschrijven, hetgeen ook voor de beschrijving van de watertypen geldt.

Vissen, en dan met name de brasem leveren eveneens een bijdrage aan de eutrofiëring. Ze zuigen bodem op en zeven het voedsel eruit waarbij de fijnere bodemdeeltjes via het kiewfilterapparaat naar buiten gaan en als stofwolkjes van achter de kiewdeksels te voorschijn komen. Deze wijze van voedselzoeken betekent dat de bodem voortdurend omgewoeld wordt en draagt zo bij aan het sneller vrijkomen van nutriënten (Lammens, 1987). Daar de hogere waterplanten verdwenen zijn komen de voedingsstoffen vooral ter beschikking van Cyanophyceën (Berger, 1988).

Ook het Kolkven wordt als viswater gebruikt. De voedingswijze van de vissen en waarschijnlijk ook het bijvoeren door vissers is eveneens een oorzaak die een bijdrage levert aan de hypertrofiëring van het Kolkven.

Zoals bij de enclosures in het Kolkven, kan ook in de enclosures van het Voorste Choorven niet aangetoond worden dat de chemische manipulaties van invloed zijn op de fytoplankton samenstelling.

Aan de hand van de chemische gegevens kan op grond van de behandeling geen onderscheid gemaakt worden. Opvallend is wel de  $\text{NH}_4^+$  gehalte in de derde monstername.

Deze sterke toename van  $\text{NH}_4^+$  zou de oorzaak kunnen zijn van het plotseling ten einde zijn van de enorme *Gonyostomum semen* bloei. De daling van de watertemperatuur kan hieraan ook ten grondslag liggen.

Iets dergelijks kan geconstateerd worden bij *Dinobryon divergens*, die in de eerste monstername hoge abundanties bereikt. Op dat moment is er ook sprake van een hoge  $\text{SO}_4^{2-}$  concentratie. Bij de tweede monstername is *Dinobryon divergens* geheel verdwenen, gelijktijdig is ook het  $\text{SO}_4^{2-}$  gehalte sterk gedaald.

Opmerkelijk is de opeenvolging van soorten met hoge abundanties. De oorzaak hiervan kan gezocht worden in de beschikbaarheid van voedingsstoffen, de hoeveelheid licht en de temperatuur. Fluctuaties hiervan zullen het voorkomen van dan de ene dan de andere soort bevorderen (van de Hurk *et al.* 1985).

Opvallend is het voorkomen van *Synura spec.*, welke in het open water slechts éénmaal frequent en in het pelagisch plankton sporadisch aangetroffen wordt, hoewel dominantie hiervan in minder sterk verzuurde wateren wel geconstateerd wordt (Geelen en Leuven, 1986). In de enclosures echter, komt *Synura spec.* in de derde monsterdatum zelfs dominant voor.



Ten aanzien van de gepresenteerde planktongegevens moet men bedenken dat bij het verzamelen en verwerken van plankton monsters onmogelijk zodanig te werk gegaan kan worden dat een exact beeld van de aanwezige fytoplanktonpopulatie verkregen kan worden. De organismen zullen bijvoorbeeld niet gelijkmatig over het water verdeeld zijn, maar op sommige plaatsen in grotere groepen en in andere samenstellingen voorkomen dan op andere (van de Hurk *et al.*, 1985).

Met een groter aantal monsters en nauwgezet onderzoek kan de nauwkeurigheid vergroot worden. Dit zou echter zeer veel tijd vergen en niet meer in verhouding tot de vergrote nauwkeurigheid staan.

Met betrekking tot de nauwkeurigheid van dit onderzoek kan opgemerkt worden dat de regelmatig aangetroffen *Trachelomonas volvocina* gemakkelijk te verwisselen is met *T. volvocinopsis* en de laatste meer voorkomt dan in het verleden aangenomen werd (mond.mededeling Geelen, 1990). Het gebruik van Jood-Kalium-Jodide-oplossing als bezinkmiddel kan voor onaangename verrassingen zorgen. Enkele organismen nemen deze stof namelijk op en zullen daardoor een donkerbruine kleur krijgen waardoor het determineren zeer bemoeilijkt kan worden. Ook het conserveren van monsters met formaline, voorafgaand aan determinatie, kan het determineren bemoeilijken. Sommige organismen verliezen aanwezige flagellen, andere ontkleuren. Onderzoeken van levende monsters verdient daarom de voorkeur. Bij het gebruik van enclosures is de ongelijkmatige verdeling van fytoplanktonorganismen ook van belang. Het is mogelijk dat bij het plaatsen van enclosures populaties gecreëerd worden die sterk van elkaar afwijken. Aangenomen mag worden dat dit effect zich niet in het enclosure-experiment heeft voorgedaan, daar er in de eerste monsternamen geen grote verschillen in de fytoplankton samenstelling van de enclosures geconstateerd zijn.

Omdat er weinig uitwisseling van plankton is tussen het ven en de enclosure-inhoud, dienen deze als oecologische eilanden

gezien te worden. De ontwikkeling van de fytoplanktonpopulatie hangt ondermeer af van het soortenassortiment dat de enclosure kan binnen komen, de invasiesnelheid, de grootte van een enclosure en de soortendiversiteit daarbinnen. Het transport van de soorten moet via windtransport, vogelpoten of middels waterinsekten plaatsvinden. Welke soorten belangrijk zullen worden zal gedeeltelijk van deze factoren en niet alleen van de uitgevoerde behandeling afhangen (van Dam, 1987).

Uit het feit dat de fytoplankton samenstelling van de enclosures, per ven, niet sterk van elkaar afwijken, mag niet tot de conclusie leiden dat de uitgevoerde behandelingen geen effect op de fytoplankton samenstelling hebben. Eerst na een langduriger enclosure-experiment kan geconstateerd worden of er wel of geen effect is en wat dit effect dan is.

## Dankwoord

Tot slot wil ik graag een woord van dank richten aan al diegenen die het mij mogelijk gemaakt hebben dit onderzoek op zo'n prettige wijze te verrichten en af ronden.

Allereerst bedank ik professor Den Hartog voor het mogelijk maken van dit onderzoek en Martijn Bellemakers voor de begeleiding ervan. Daarnaast Dr. J.F.M. Geelen voor haar kritische kanttekeningen en het enige malen controleren van de determinaties. Ook bedank ik Wilbert Bosman, Fred van den Brink, Marieke van Katwijk en Michel Maenen voor hun intensieve hulp bij de computerverwerking van de verkregen gegevens en natuurlijk Karin Landsbergen voor het vele typewerk dat zij gedaan heeft.

## Literatuur

### Determinatiewerken

Bourelly, P. (1970); Les algues d'eau douce, Initiation à la Systématique . Tome III : Algues bleues et Algues rouges, Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines Boubée & Cie, Paris. 512 pp.

Edmondson, W.T. (1959); Freshwater biology; John Wiley & Sons, Inc, New York. 1248 pp.

Huber-Pestalozzi, G. (1938); Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie 1. Allgemeiner Teil: Blaualgen, Bakterien, Pilze. Die Binnengewässer, 16.1; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. 342 pp.

Huber-Pestalozzi, G. (1941); Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie 2,1. Hälfte: Chrysophyceen, Farblose Flagellaten, Heterokonten. Die Binnengewässer 16.2; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 365 pp.

Huber-Pestalozzi, G. (1950); Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie 3: Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridinen. Die Binnengewässer, 16.3 ; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 310 pp.

Huber-Pestalozzi, G. (1955); Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie 4: Euglenophyceen. Die Binnengewässer 16.4; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 606 pp.

- Huber-Pestalozzi, G. (1983); Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie 7,1. Hälfte : Chlorophyceen Ordnung Chlorococcales. Die Binnengewässer, 16.7; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1044 pp.
- Lind, E.M., A.J.Brook (1980); A key to the commener Desmids of the English Lake District; Fresh water Biological Association, Scientific publication No 42, Titus Wilson & Sons; LTD. Kendal. 123 pp.
- Nijgaard, G. (1945); Dansk Planteplankton, en flora over de vigtigste fersvandsformer; Gyldendalske Boghandel Nordisk Forlag, København. 52 pp.
- Printz, H. (1964); Die Chaetophorales der Binnengewässer Eine systematische Übersicht; Hydrobiologia 24 : 1 - 376.
- Streble, H., D.Krauter (1988); Das leben im Wassertropfen, Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers; Franck'sche Verlagshandlung, W.Keller & Co, Stuttgart. 399 pp.
- West, W., G.S.West (1904); A monograph of the British Desmidiaceae Vol I; Ray Society, Johnson Reprint Corporation (1971), London. 224 pp.
- West, W., G.S.West (1905); A monograph of the British Desmidiaceae Vol II; Ray Society, Johnson Reprint Corporation (1971), London. 204 pp.
- West, W., G.S.West (1908); A monograph of the British Desmidiaceae Vol III; Ray Society, Johnson Reprint Corporation (1971), London. 273 pp.

West, W., G.S. West (1912); A monograph of the British Desmidiaceae Vol IV; Ray Society, Johnson Reprint Corporation (1971), London. 191 pp.

West, W., G.S. West (1923); A monograph of the British Desmidiaceae Vol V; Ray Society, Johnson Reprint Corporation (1971), London. 300 pp.

### Overige Literatuur

Arts, G.H.P., R.F.M. Buskens (1989); Aanvoer van vervreemd water: een noodzaak?; In: Aanvoer van gebiedsvreemd water: omvang en effecten op oecosystemen; Proc Symp. K.U. Nijmegen : 100-110.

Bellemakers, M.J.S., M. Maessen (1990); De Oisterwijkse Vennen In: Prae-advies Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren, M.J.R. Cals & J.G.M. Roelofs, 2-15; Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U., Nijmegen.

Berger, C. (1988); *Oscillatoria* - meren, een eindfase van eutrofiëring: ontstaan, kenmerken en sanering; De Levende Natuur 1988 (4) 112-120.

Bie, J.E.G.M. de (1984); De interpretatie van planktongegevens met behulp van multivariate analyse technieken en in het bijzonder principale componenten analyse; Scriptie nr. 54 Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen. 54 pp.

- Bie, J.E.G.M. de, M.M.J.Maenen (1984); Een onderzoek naar de effecten van zure neerslag op microflora en -fauna in zwak gebufferde wateren op kalkarme zandgronden; Verslag no.178 Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen. 179 pp.
- Bloemendaal, F.H.J.L., J.G.M.Roelofs (1988); Waterplanten en waterkwaliteit; Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 189 pp.
- Braak, C.J.F. ter (1987); CANOCO - a FORTRAN program for cano-  
nical community ordination by [partial] [detrended]  
[canonical] correspondence analysis, principal compo-  
nents analysis and redundancy analysis (version 2.1);  
TNO Institute of Applied Computer Science, Statis-  
tics Department Wageningen. 95 pp.
- Chang, W.Y.B., R.Rossman (1988); Changes in the abundance of blue-green algae related to nutrient loadings in the nearshore of Lake Michigan; Hydrobiologia 157: 271 - 278.
- Coesel, P.F.M., R.Kwakkestein, A.Verschoor (1978); Oligotrophication and eutrophication tendencies in some dutch moorland pools, as reflected in their desmid flora; Hydrobiologia 61 : 21 - 31.
- Dam, H. van (1980); Veranderingen in de vennen bij Oisterwijk tussen 1840 en 1976; Natura 77 (3) : 98 - 110.
- Dam, H. van, A. Mertens (1987); Tussenrapport van het experimenteel diatomeeënonderzoek in relatie tot beheer van vennen in het Ven bij Schaijk; Rijksinstituut voor Natuurbeheer; Leersum. 14 pp.

- Dijk, J. van, V.Westhoff (1960); Situatie en Milieu van Choorven, Witven en van Esschenven in het licht van de wijzigingen, die zich in het decennium 1946 - 1956 daarin hebben voltrokken ; In : Hydrobiologie van de Oisterwijkse Vennen, J. van Dijk (ed.): 9-12 ; Publicatie no 5, Hydrobiologische Vereniging, Amsterdam.
- Geelen, J.F.M., R.S.E.W.Leuven (1986); Impact of acidification on phytoplankton and zooplankton communities; Experimentia 42 : 486 - 494.
- Heimans, J. (1960); Desmidiaceeën in de vennen van het natuurreservaat Oisterwijk; In: Hydrobiologie van de Oisterwijkse Vennen, J. van Dijk (ed.): 25-45; Publicatie no 5, Hydrobiologische Vereniging, Amsterdam.
- Hurk, J.M. v.d., C.G.F.Mooren, R.H.W.Pouwels, E.G.P.Schils, J.A. Velden (1985); Vergelijkend hydrobiologisch onderzoek van drie verzuurde vennen en een zwak gebufferd ven in Noord-Brabant; Verslag no. 187, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen. 206 pp.
- Katwijk, M.M. van, J.G.M.Roelofs (1988); Vegetatie van waterplanten in relatie tot het milieu; Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen. 133 pp.
- Klinkers, L.D.H.M., E.P.M.Verhagen (in prep.); Een veld en laboratorium onderzoek naar de mogelijkheden van restauratie van de Oisterwijkse Vennen; Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen.



Koster, J.Th. (1960); Gegevens over de wieren van Voorste en Achterste Choorven, Witven en van Esschenven; In: Hydrobiologie van de Oisterwijkse Vennen, J. van Dijk (ed.): 43-47; Publicatie no 5, Hydrobiologische Vereniging, Amsterdam.

Lammens, E.H.R.R. (1987); De rol van de Brasem in het Nederlandse binnenwater; De Levende Natuur, 1987 (6) 238-242.

Schuurkes, J.A.A.R. (1987); Acidification of surface waters by atmospheric deposition; Thesis K.U. Nijmegen. 160 pp.

**Bijlage 1<sup>a</sup>**

**Pelagisch plankton**

"Percentage extracted variation per dimension":

0.4296                      0.2495

"Overall lack of fit":                      1.0742

"Quotient lack of fit and total sum of squares":

0.2199

"Goodness of fit":                      0.6791

---

**Bijlage 1<sup>b</sup>**

**Benthisch plankton**

"Percentage extracted variation per dimension":

0.2183                      0.1704

"Overall lack of fit":                      0.07901

"Quotient lack of fit and total sum of squares":

0.3134

"Goodness of fit":                      0.3887

**Bijlage 2<sup>a</sup>**

**Kolkven-enclosures**

"Percentage extracted variation per dimension":

0.3473            0.1452

"Overall lack of fit":            0.1155

"Quotient lack of fit and total sum of squares":

0.1752

"Goodness of fit":            0.4924

---

**Bijlage 2<sup>b</sup>**

**Voorste Choorven-enclosures**

"Percentage extracted variation per dimension":

0.5132            0.1731

"Overall lack of fit":            0.7376

"Quotient lack of fit and total sum of squares":

0.1315

"Goodness of fit":            0.6863

Bijlage 3<sup>a</sup>

**Spearman Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het pelagisch plankton.**

Significantie niveau: 1.0 tot 0.5 is ---  
 0.5 tot 0.1 is --  
 0.1 tot 0.05 is -  
 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

fysisch-chemische factoren	principale 1 principale 2	
	P-waarde/ sign. niveau	P-waarde/ sign. niveau
pH	0.23 --	-0.64 +++
alkaliniteit	0.25 --	-0.47 +
temperatuur	-0.40 -	0.55 +++
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.10 ---	0.23 --
Ortho-P	-0.31 --	-0.22 --
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-0.43 --	-0.20 ---
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0.40 --	0.07 ---
Al <sup>3+</sup>	-0.76 +++	0.11 ---
Mg <sup>2+</sup>	-0.11 ---	0.01 ---
Fe <sup>2+</sup>	-0.40 -	-0.23 --
Cl-	0.43 +	-0.67 +++
Ca <sup>2+</sup>	-0.23 --	0.30 --
K <sup>+</sup>	-0.0002 ---	-0.24 --
Na+	0.40 -	-0.62 +++
O <sub>2</sub>	-0.40 -	0.20 --

**Bijlage 3<sup>b</sup>**

**Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het benthisch plankton.**

Significantie niveau: 1.0 tot 0.5 is ---  
 0.5 tot 0.1 is --  
 0.1 tot 0.05 is -  
 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

Fysisch-chemische factoren	Principale 1	Principale 2
	P-waarde/ Sign. niveau	P-waarde/ Sign. niveau
pH	0.45 +	-0.17 --
Alkaliniteit	0.29 -	0.03 ---
Temperatuur	-0.48 +	-0.10 ---
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.20 --	-0.10 ---
Ortho-P	-0.14 --	0.45 +
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-0.10 ---	0.40 --
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0.18 --	0.22 --
Al <sup>3+</sup>	-0.51 ++	0.46 +
Mg <sup>2+</sup>	-0.20 --	0.21 --
Fe <sup>2+</sup>	-0.20 --	0.02 ---
Cl <sup>-</sup>	0.70 +++	-0.10 ---
Ca <sup>2+</sup>	-0.23 --	0.13 ---
Na <sup>+</sup>	0.72 +++	-0.13 ---
K <sup>+</sup>	0.70 ---	0.23 --
O <sub>2</sub>	-0.46 +	0.10 ---

**Bijlage 4<sup>a</sup>**

**Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede principale behorend bij het plankton van het Kolkven.**

Significantie niveau: 1.0 tot 0.5 is ---  
 0.5 tot 0.1 is --  
 0.1 tot 0.05 is -  
 0.05 tot 0.025 is +  
 0.025 tot 0.01 is ++  
 < 0.01 is +++

Fysisch-chemische factoren	Principale 1	Principale 2
	P-waarde/ Sifgn. niveau	P-waarde/ Sign. niveau
pH	-0.41 -	-0.094 ---
Alkaliniteit	-0.11 ---	-0.27 --
Temperatuur	0.04 ---	-0.30 --
Diepte	-0.34 --	0.43 -
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.56 ++	0.63 +++
S	0.47 +	-0.28 --
Mg <sup>2+</sup>	0.04 ---	-0.31 --
Ca <sup>2+</sup>	0.10 ---	-0.03 ---
Totaal-P	-0.23 --	0.32 --
Ortho-P	0.13 ---	0.20 --
Al <sup>3+</sup>	-0.18 --	0.05 ---
Mn <sup>2+</sup>	0.15 ---	0.07 ---
Fe <sup>2+</sup>	0.04 ---	0.12 ---
Cl <sup>-</sup>	-0.19 --	0.51 +
Na <sup>+</sup>	-0.61 +++	0.54 ++
K <sup>+</sup>	0.13 ---	0.21 --

**Bijlage 4<sup>b</sup>**

**Correlaties van fysisch-chemische factoren aan de eerste en tweede  
principale behorend bij het plankton van het Voorste Choorven.**

Significantie niveau: 1.0 tot 0.5 is ---  
0.5 tot 0.1 is --  
0.1 tot 0.05 is -  
0.05 tot 0.025 is +  
0.025 tot 0.01 is ++  
< 0.01 is +++

Fysisch-chemische faktor	Principale 1	Principale 2
	P-waarde/ Sign. niveau	P-waarde/ Sign. niveau
pH	0.32 -	0.27 --
Alkaliniteit	-0.26 --	0.35 -
Diepte	-0.11 ---	0.44 ++
Temperatuur	-0.87 +++	0.30 --
Totaal-P	-0.01 ---	0.22 --
Ortho-P	0.18 --	0.14 --
S	-0.32 -	-0.12 ---
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.25 --	-0.39 +
Mg <sup>2+</sup>	-0.43 ++	0.16 --
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.88 +++	0.01 ---
Al <sup>3+</sup>	0.30 --	-0.10 ---
Mn <sup>2+</sup>	-0.60 +++	-0.14 --
Fe <sup>2+</sup>	0.60 +++	-0.10 ---
Ca <sup>2+</sup>	-0.02 ---	-0.03 ---
Cl <sup>-</sup>	0.87 +++	0.34 -
Na <sup>+</sup>	0.69 +++	0.59 +++
K <sup>+</sup>	0.10 ---	0.78 +++

**Bijlage 5**

Sestongehalte van de "4 Vennen" - monsters (mg/l)

	7-6-88	7-8-88	8-11-88
Van Esschenven punt 2	10.4	.	5.2
Van Esschenven punt 6	1.8	1.9	2.4
Witven 9	.	4.8	6.1
Witven 10	1.7	6.5	2.7
Voorste Choorven 1	15.8	8.3	5.4
Voorste Choorven 4	6.3	5.4	5.9
Kolkven 11	16.9	5.6	7.2
Kolkven 12	11.8	15.3	9.8