

De Geschiedenis van de Verzuuring in Nederland

**Een palaeolimnologische studie naar de invloed van verzuuring op
levensgemeenschappen in enige zwakgebufferde wateren**

Alexander Klink

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 27 (1 oktober 1986)**

Inhoudsopgave	Blz.
Samenvatting	5
1. Inleiding	6
2. Methoden	8
2.1. Bemonstering en verwerking van de monsters	8
2.2. Verwerking van de analyseresultaten	8
2.2.1. pH Chironomidae berekening 1	8
2.2.2. pH Chironomidae berekening 2	10
2.2.3. pH Desmidiaceae berekening	10
3. Resultaten per ven	11
3.1. Achterste Goorven	11
3.1.1. Algemene beschrijving	11
3.1.2. Desmidiaceae en biologische datering	11
3.1.3. Desmidiaceae soortsamenstelling	12
3.1.4. Chironomidae soortsamenstelling	13
3.1.5. Berekening van het pH verloop in het Achterste Goorven	14
3.2. Groot Huisven	16
3.2.1. Algemene beschrijving	16
3.2.2. Desmidiaceae soortsamenstelling	16
3.2.3. Chironomidae soortsamenstelling	17
3.2.4. Berekening van het pH verloop in het Groot Huisven	18
3.3. Galgeven bij Tilburg	19
3.3.1. Algemene beschrijving	19
3.3.2. Chironomidae soortsamenstelling	19
3.3.3. Berekening van het pH verloop in het Galgeven	20
3.4. Gerritsfles	21
3.4.1. Algemene beschrijving	21
3.4.2. Chironomidae soortsamenstelling	21
3.4.3. Berekening van het pH verloop in de Gerritsfles	22

3.5. Bergven	23
3.5.1. Algemene beschrijving	23
3.5.2. Chironomidae soortsamenstelling	23
3.5.3. Berekening van het pH verloop in het Bergven	24
3.6. Beuven	25
3.6.1. Algemene beschrijving	25
3.6.2. Chironomidae soortsamenstelling	25
3.6.3. Berekening van het pH verloop in het Beuven	26
4. Gemeenschappelijke veranderingen in de soortsamenstelling van de Chironomidae en de berekende pH in de onderzochte vennen	27
4.1. Verandering van de soortsamenstelling van de Chironomidae in de onderzochte vennen	27
4.2. Verandering van de berekende pH in de onderzochte vennen	29
5. Rekonstruktie van de verzuring in Nederland	30
5.1. De periode 12.000 jaar geleden tot 1800	30
5.2. De periode 1800-1947	31
5.3. De periode 1947-heden	33
6. Konklusies	35
7. Aanbevelingen voor verder onderzoek	36
8. Literatuur	38

Tabellen

1. Indeling van de aangetroffen Chironomidae naar pH klassen op grond van literatuurgegevens	9
2. Invloed van isolatie en eutrofiëring op de datum van verzuring	29

Figuren

1. Verdeling van de diverse groepen Desmidiaceae naar de periode dat ze levend in het Achterste Goorven zijn waargenomen	12
2. Verandering in de relatieve abundantie van de voornaamste Desmidiaceae geslachten in het Achterste Goorven	13
3. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Achterste Goorven	14
4. Het verloop van de berekende pH in het Achterste Goorven	14
5. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Groot Huisven	17
6. Het verloop van de berekende pH in het Groot Huisven	18
7. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Galgeven	19
8. Het verloop van de berekende pH in het Galgeven	20
9. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in de Gerritsfles	21
10. Het verloop van de berekende pH in de Gerritsfles	22
11. Het verloop van de berekende pH in het Bergven	24
12. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Beuven	25
13. Het verloop van de berekende pH in het Beuven	26
14. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in de onderzochte vennen	27
15. De relatie tussen de berekende pH en het jaar van afzetting	31
16. Geschatte ontwikkeling van de zure depositie op Nederland en het berekende pH verloop in vier verzuurde vennen	33

Bijlagen

1. Desmidiaceae pH tolerantiegrenzen
2. Trofische indicatie van de aangetroffen Chironomidae
3. Achterste Goorven: Soortsamenstelling Desmidiaceae
4. Achterste Goorven: Soortsamenstelling Chironomidae
5. Groot Huisven: Soortsamenstelling Desmidiaceae
6. Groot Huisven: Soortsamenstelling Chironomidae
7. Galgeven bij Tilburg: Soortsamenstelling Chironomidae
8. Gerritsfles: Soortsamenstelling Chironomidae
9. Bergven: Soortsamenstelling Chironomidae
10. Beuven: Soortsamenstelling Chironomidae

Samenvatting

In zes Nederlandse vennen zijn sedimentkernen verzameld en geanalyseerd op overblijfselen van aquatisch levende organismen. Tevens zijn de sedimentafzettingen gedateerd met behulp van het isotoop ^{210}Pb . Met behulp van deze analyses is een rekonstruktie gemaakt van de biologische geschiedenis in de vennen, waarbij de aandacht vooral is gericht op effecten van zure atmosferische depositie op deze zwak gebufferde wateren. Tevens worden de veranderingen in trofiegraad in het kort belicht en is een woord gewijd aan de invloed die het beheer van de vennen in het verleden heeft gehad op de biologische ontwikkeling. Voor de geanalyseerde organismen is een berekeningsmethode gekonstrueerd waarmee de toen heersende pH kan worden berekend. Met behulp van deze pH rekonstrukties is voor ieder ven afzonderlijk, maar ook voor de vennen gezamenlijk, een pH verloop afgeleid vanaf 1800 tot heden.

De konklusies hebben betrekking op de ontwikkelingsgeschiedenis van deze vennen na de laatste ijstijd. In deze rekonstruktie is de periode vóór 1800 afgeleid uit literatuurgegevens. Met de gegevens uit dit onderzoek is hierop aangesloten, waardoor de totale ontwikkelingsgeschiedenis verondersteld wordt te zijn opgebouwd uit drie afzonderlijke perioden, waarin de mens haar toenemende invloed op deze wateren doet gelden.

Naast de gekonstateerde verzuring van zwakgebufferde vennen zijn er inmiddels aanwijzingen dat ook niet zwakgebufferde wateren van biologische- en chemische samenstelling veranderen door de depositie vanuit de lucht. Dit is reden om in de aanbevelingen voor verder onderzoek het zwaartepunt te leggen bij het in kaart brengen van de schade door atmosferische depositie voor het gehele Nederlandse oppervlaktewater.

1. Inleiding

Verzuring van aquatische ecosystemen is een probleem dat al tot zichtbare gevolgen heeft geleid in het begin van deze eeuw. Vissterfte door verzuring is reeds in 1911 in Noorwegen gekonstateerd (Huitfeldt-Kaas, 1922). Als maatregel om de mortaliteit van zalmeieren en -larven te verlagen is al in het midden van de 20-er jaren geëxperimenteerd met kalkfilters (Sunde, 1926).

In Nederland is waterverzuring een probleem dat pas recentelijk is onderkend (publikaties in Symposium Zure Regen, Adema en van Ham, eds., 1984; Studiedag Waterverzuring in Nederland en België, Leuven e.a., eds., 1986). In het verleden worden slechts enige op zichzelf staande konklusies getrokken waarin melding wordt gemaakt van verzuring. Heimans konstateert dat de Gerritsfles, een ven bij Kootwijk, in de periode 1918-1950 is verzuurd (Dresscher e.a., 1952). Een oorzaak voor deze verzuring wordt niet gegeven.

Voor de normstelling ten aanzien van zure emissie is het van groot belang om inzicht te krijgen in de datum dat verzuring in Nederland een rol is gaan spelen. Immers bij een beleid dat gericht is op het herstel van verzuurde ecosystemen zal de maximaal toelaatbare emissie gelijk of lager moeten zijn aan de emissie in de periode voordat van verzuring sprake was.

Met deze doelstelling is in opdracht van het Directoraat Generaal voor de Milieuhygiëne afdeling Lucht een onderzoek uitgevoerd naar de hydrobiologische ontwikkeling van enige zwakgebufferde vennen in Nederland (Project L 1814054).

De filosofie die bij dit onderzoek is toegepast laat zich als volgt samenvatten:

1. Indien het sediment op venbodems resten bevat van organismen die daar vroeger hebben geleefd, dan kan de geschiedenis van die groep organismen worden gerekonstrueerd.
2. Indien deze organismen reageren op verzuring van het water, dan zal dit uitmonden in een verandering van de soortsaamenstelling.
3. Indien het sediment met een onafhankelijke techniek kan worden gedateerd, dan kan de biologische ontwikkeling geplaatst worden in een absolute tijdschaal.
4. Indien een relatie kan worden gelegd tussen de aangetroffen organismen en het pH-traject waarin ze voorkomen, dan kan een biologische ontwikkeling vertaald worden naar de ontwikkeling van de verzuring.

Wat betreft de punten 1 en 2 heeft onderzoek reeds aangetoond dat een aantal groepen organismen hiervoor bruikbaar is. Met name de volgende groepen zijn in dit verband populair:

Diatomeeën of kiezelwieren (bv. Renberg en Hellberg, 1982; Batterbee e.a., 1985)

Cladocera of watervlooien (bv. Steinberg e.a., 1984)

Chironomidae of dansmuggen (bv. Walker e.a., 1984, 1985; Klink, 1986).

De mogelijkheid om punt 3 in te vullen wordt aangeleverd door fysische datering met behulp van isotopen met een korte halfwaardetijd. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het isotoop ^{210}Pb met een halfwaardetijd van 22.3 jaar. De dateringen zijn uitgevoerd door het Laboratorium voor Isotopenfysica van de Rijksuniversiteit te Groningen.

De relatie tussen groepen organismen en de toen heersende pH is ontleend aan literatuurgegevens, met behulp waarvan een pH klasse indeling is gemaakt of de optimale pH is berekend.

In dit onderzoek zijn de resten van Chironomidae (dansmuggen) en Desmidiaceae (sierwieren) geanalyseerd.

Chironomidae komen in ieder watertype voor en vertonen karakteristieke soortsmenstellingen in relatie tot trofisch niveau (o.a. Saether, 1979) en reageren ook op verzuring van het water (Walker e.a., 1985).

Desmidiaceae zijn het meest talrijk in laag alkaliene wateren die licht zijn verrijkt met voedingsstoffen. Deze organismen zijn eveneens zeer gevoelig voor waterverzuring (Coesel e.a., 1978).

De onderwaterbodems van zes vennen zijn betrokken bij het onderzoek naar de biologische geschiedenis. Hiervan zijn vijf vennen verzuurd (Coesel e.a., 1978; van Dam, 1983; Buskens, 1983; Leuven e.a., in press). Het zesde ven is geëutrofiëerd (Buskens, 1983) en dient als referentie.

2. Methoden

2.1. Bemonstering en verwerking van de monsters

De bodems van de vennen zijn bemonsterd met buizen, zgn. "cores". Deze cores zijn in het sediment gedreven met een moker, van boven afgesloten en uit het sediment verwijderd. Ze zijn vertikaal vervoerd naar het laboratorium. De inhoud is van onder naar boven uit de core gedreven. Tijdens het uitdrijven is het bodemmateriaal in plakjes van 1-5 cm gesneden.

Een gedeelte van deze plakjes is gedateerd op het Laboratorium voor Isotopenfysica van de Rijksuniversiteit in Groningen. De datering is uitgevoerd met behulp van het isotoop ^{210}Pb . Dit isotoop is bruikbaar voor het dateren van sedimenten met een ouderdom tot ca. 200 jaar.

Het overige materiaal is voor de biologische analyses gezeefd over respectievelijk 150 en 53 μm .

De fraktie $\geq 150 \mu\text{m}$ is geanalyseerd op dansmuggen (Chironomidae) waarbij ernaar is gestreefd om tenminste 250 halve kopkapsels uit het materiaal te verzamelen.

Als voornaamste determinatiewerken zijn Moller Pillot (1984a, b) en Wiederholm (1983) gebruikt.

Van de fraktie 150-53 μm en 53-0 μm zijn mikroskooppreparaten gemaakt voor de analyse van Desmidiaceae, voorzover ze in werkbare hoeveelheden in het sediment aanwezig waren.

De determinaties zijn uitgevoerd met behulp van de 5-delige monografie van West en West (1904-1923); Krieger en Gerloff (1962;1965;1969) en Ruzicka (1977;1981).

2.2. Verwerking van de analyseresultaten

De basisgegevens, die betrekking hebben op de aangetroffen organismen per laag in het sediment, zijn in tabelvorm in de bijlagen 3-10 gepresenteerd. Op deze basisgegevens zijn twee pH berekeningen uitgevoerd voor de verschillende sedimentdiepten met behulp van de aangetroffen Chironomidae. In het geval dat ook de Desmidiaceae zijn onderzocht is tevens met behulp van deze organismen een pH berekend voor de afzonderlijke lagen van het sediment. Voorts wordt bij ieder ven een globaal beeld gegeven van de ontwikkeling in termen van trofie, ontleend aan Brundin (1949); Saether (1979) en Moller Pillot en Krebs (1981). Voor de aangetroffen soorten wordt hiervan een overzicht gegeven in bijlage 2.

2.2.1. pH Chironomidae berekening 1

Op grond van literatuurgegevens (Brundin, 1949; Saether, 1979; Moller Pillot en Krebs, 1981; Raddum en Saether, 1981; Reiss, 1982; Walker, 1982; Walker e.a., 1985, Buskens, 1983; van der Hurk e.a., 1984; Leuven e.a. in press) en ongepubliceerde verspreidingsgegevens zijn de Chironomidae ingedeeld in drie pH klassen en een restgroep.

De restgroep bevat de Chironomidae die indifferent zijn voor pH veranderingen, of waarvan de pH preferentie nog niet kan worden vastgesteld. De indeling van de Chironomidae in pH klassen is weergegeven in tabel 1. Voor de verschillende perioden is de pH gekonstrueerd door het gewogen gemiddelde te berekenen van de pH waarden voor de soorten die zijn ingedeeld in de pH klassen: acidobiont, acidofiel en circumneutraal.

ACIDOBIONT pH 4 (3? - 5)	ACIDOFIEL pH 5 (4 - 7)
<i>Acamptocladius submontanus</i> <i>Labrundinia longipalpus</i> <i>Psectrocladius platypus</i>	<i>Cladopelma</i> gr. <i>lateralis</i> <i>Endochironomus tendens</i> <i>Heterotanytarsus apicalis</i> <i>Paratendipes nudisquama</i> <i>Psectrocladius psilopterus</i> <i>Zalutschia spec.</i>
CIRCUMNEUTRAAL pH 6.5 (4.5 - 9.5)	INDIFFERENT of ONBEKEND
<i>Acricotopus lucens</i> <i>Cladopelma</i> gr. <i>laccophila</i> <i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i> <i>Demeijerea rufipes</i> <i>Einfeldia dissidens</i> <i>Einfeldia</i> gr. <i>pagana</i> <i>Endochironomus albipennis</i> <i>Heterotrissocladius marcidus</i> <i>Lauterborniella agrayloïdes</i> <i>Microtendipes</i> gr. <i>chloris</i> <i>Nanocladius spec.</i> <i>Omisus?</i> <i>caledonicus</i> <i>Pagastiella orophila</i> <i>Parachironomus vitiosus</i> <i>Parakiefferiella bathophila</i> <i>Polypedilum</i> gr. <i>sordens</i> <i>Polypedilum nubeculosum</i> <i>Stempellinella/Zavrelia</i> <i>Stenochironomus spec.</i> <i>Stictochironomus spec.</i> <i>Tribelos intextus</i>	<i>Bryophanocladius</i> gr. <i>musciola</i> <i>Chironomus</i> spp. <i>Cladotanytarsus spec.</i> <i>Corynoneura</i> gr. <i>scutellata</i> <i>Cricotopus</i> spp. <i>Cryptochironomus</i> spp. <i>Demicryptochironomus vulneratus</i> <i>Dicrotendipes</i> gr. <i>tritonus</i> <i>Dicrotendipes lobiger</i> <i>Dicrotendipes</i> spp. <i>Endochironomus</i> gr. <i>dispar</i> <i>Endochironomus lepidus</i> <i>Glyptotendipes</i> gr. <i>caulicola</i> <i>Glyptotendipes</i> gr. <i>pallens</i> <i>Limnophyes</i> spp. <i>Parachironomus</i> gr. <i>arcuatus</i> <i>Pentaneurini</i> indet. <i>Polypedilum</i> cf. <i>uncinatum</i> <i>Procladius</i> spp. <i>Psectrocladius</i> gr. <i>sordidellus</i> <i>Pseudorthocladius spec.</i> <i>Pseudochironomus</i> spp. <i>Tanytarsus</i> spp.

Tabel 1. Indeling van de aangetroffen Chironomidae naar pH klasse op grond van literatuurgegevens

2.2.2. pH Chironomidae berekening 2

Ter vergelijking van de pH trends in de afzonderlijke vennen is een tweede pH berekening uitgevoerd.

Leuven e.a. (in prep.) hebben voor een groot aantal Nederlandse wateren de huidig levende Chironomidae geïnventariseerd. Van deze wateren is eveneens de pH bepaald. Van de Chironomidae is het gewogen gemiddelde van het pH traject berekend waarin de verschillende soorten zijn aangetroffen. De soorten verkrijgen zodoende elk afzonderlijk een optimale pH waarde, waaruit eveneens het gewogen pH gemiddelde kan worden berekend voor de verschillende afzettingen. Van de in Nederland zeldzame of verdwenen soorten, die in het huidige onderzoek zijn aangetroffen, maar ontbreken in het onderzoek van Leuven e.a. (in prep.), is de optimale pH waarde bepaald uit literatuurgegevens via het gewogen pH gemiddelde.

2.2.3. pH Desmidiaceae berekening

Met behulp van literatuurgegevens is het pH traject vastgesteld, waarbinnen de afzonderlijke soorten kunnen voorkomen. Het pH optimum is bepaald door de gemiddelde H^+ ionen concentratie te berekenen voor de afzonderlijke soorten. De pH berekening van de afzettingen is wederom het gewogen gemiddelde van het aantal individuen over het berekende pH optimum. Bijlage 1 is afgeleid uit de volgende literatuur: Flensburg (1967); Krieger en Gerloff (1962;1965;1969); Messikommer (1976) en Coesel e.a., (1978).

3. Resultaten per ven

3.1. Achterste Goorven

3.1.1. Algemene beschrijving

Het Achterste Goorven is één van de Oisterwijkse vennen waar in het verleden grote belangstelling voor bestond. De biologische rijkdom van dit ven is beschreven door Heimans (1960), die in de periode 1916-1925 een zeldzame Desmidiaceae-flora aantrof van oligotroof milieu. Het ven is van het Voorste Goorven gescheiden door een dammetje van enige meters breed. Deze dam is ca. 100 jaar oud, afgaande op de ouderdom van de bomen die erop staan (van Dam, pers. meded.). Heimans stelt deze dam verantwoordelijk voor de sterk afwijkende Desmidiaceae-flora in het Achterste Goorven ten opzichte van het toenmalige mesotrofe Voorste Goorven. Het Voorste Goorven stond direkt in verbinding met het beekje de Rozep en ontving hierdoor meso/eutroof water.

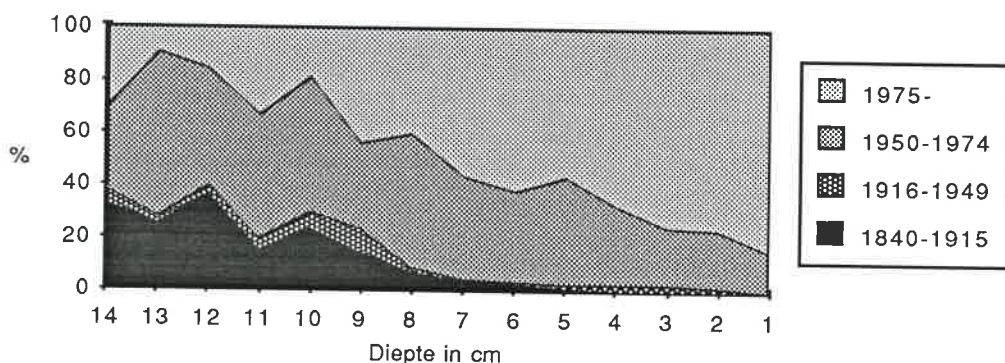
De gemeten pH van het Achterste Goorven bedroeg in 1919 volgens Coesel e.a. (1978) 6.7. Redeke en de Vos (1932) bepaalden een waarde van 5.5. In 1975 werd een pH gemeten van 3,9 (Coesel e.a., 1978).

3.1.2. Desmidiaceae en biologische datering (zie bijlage 3)

In tegenstelling tot de meeste andere vennen die zijn onderzocht, bevat het sediment van het Achterste Goorven zeer goed gekonserveerde semicellen van Desmidiaceae. Interessant in dit verband is het onderzoek dat in het verleden aan deze groep is uitgevoerd in het Achterste Goorven. Dit stelt ons in staat om een biologische datering uit te voeren. De fysische datering vertoont een abnormaal verloop (Dickman e.a., in press), zodat voor het Achterste Goorven hiervan geen gebruik wordt gemaakt.

Coesel e.a. (1978) hebben de Desmidiaceae-flora in het Achterste Goorven en de Centrale Vennenreeks ingedeeld in drie perioden waarin het ven onderzocht is op Desmidiaceae. In 1916-1925 en 1950-1955 is het ven door Heimans onderzocht. In 1975 heeft Kwakkestein het ven bemonsterd. In figuur 1 zijn de Desmidiaceae uit de core eveneens op deze wijze ingedeeld. Beneden een diepte van 14 cm neemt de zandfractie in de afzettingen sterk toe. Dit wordt toegeschreven aan de periode voordat de naaldbomen in het gebied zijn aangeplant (ca. 1850) (van Dissel, 1939) en regelmatig zandverstuivingen optraden. Een diepte van 14 cm correspondeert derhalve met een periode rond 1840. De Desmidiaceae in de periode 1840-1915 zijn soorten die door Heimans (1960) uitsluitend in het mesotrofe Voorste Goorven zijn aangetroffen. Deze Desmidiaceae hebben dus vóór 1916 (de eerste inventarisatie van Heimans) in het Achterste Goorven geleefd. Een diepte van 8 cm wordt geschat te zijn afgezet rond 1920. Van de bovenste laag (1 cm) is aangenomen dat deze dateert uit 1980. Vervolgens zijn door interpolatie de tussenliggende diepten gedateerd. In figuur 2 zijn deze diepten vertaald naar het jaar van afzetting.

Achterste Goorven
Abundantie van groepen Desmidiaceae die in de aangegeven periode nog
aanwezig waren

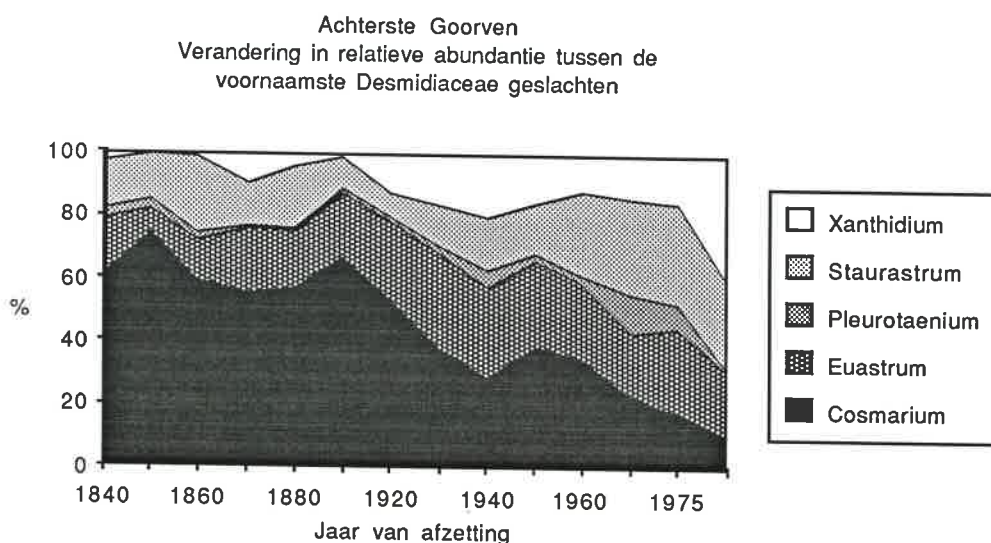


Figuur 1. Verdeling van de diverse groepen Desmidiaceae naar de periode dat ze levend in het Achterste Goorven zijn waargenomen

3.1.3. Desmidiaceae soortsaamenstelling

Met de indeling naar trofie van de Desmidiaceae, ontleend aan Coesel e.a. (1978) kan het trofieverloop in het Achterste Goorven worden gerekonstrueerd. In de periode 1840-1880 kan het ven worden gekarakteriseerd als oligo/mesotroof op grond van het aandeel mesotrafente soorten (waaronder *Cosmarium botrytis*, *C. granatum*, *Staurastrum sebaldi* v. *ornatum*, *S. ophiura* v. *cambrica*, *Euastrum verrucosum*) in een overwegend oligotroof milieu. Na deze periode, die waarschijnlijk samenvalt met het leggen van de dam en waarna het Achterste Goorven is geïsoleerd, verdwijnen de mesotrafente elementen en resteren de oligotrafente soorten. Opmerkelijk is de geringe vertegenwoordiging van de Desmidiaceae uit de periode 1916-1949 in het gehele profiel (figuur 1). Deze groep is karakteristiek voor de monsters die Heimans in 1916-1925 in het Achterste Goorven heeft aangetroffen. Wellicht zijn deze (zeldzame) soorten karakteristiek voor een overgangsstadium in het gehele verzuringsproces. In het onderstaande zal hierop nog worden ingegaan. De meest recente afzettingen worden gedomineerd door *Xanthidium armatum* en *Staurastrum punctulatum*. Vooral de laatste soort staat bekend als extreem zuurminnend (Heimans, 1960; Dresscher e.a., 1952; Coesel e.a., 1978).

Voorts heeft een zeer dramatische verschuiving plaatsgevonden tussen de geslachten onderling (figuur 2). Het geslacht *Cosmarium* maakte in 1840-1900 ca. 60 % uit van de Desmidiaceae-flora. In 1980 is het percentage teruggelopen tot ca. 10%.

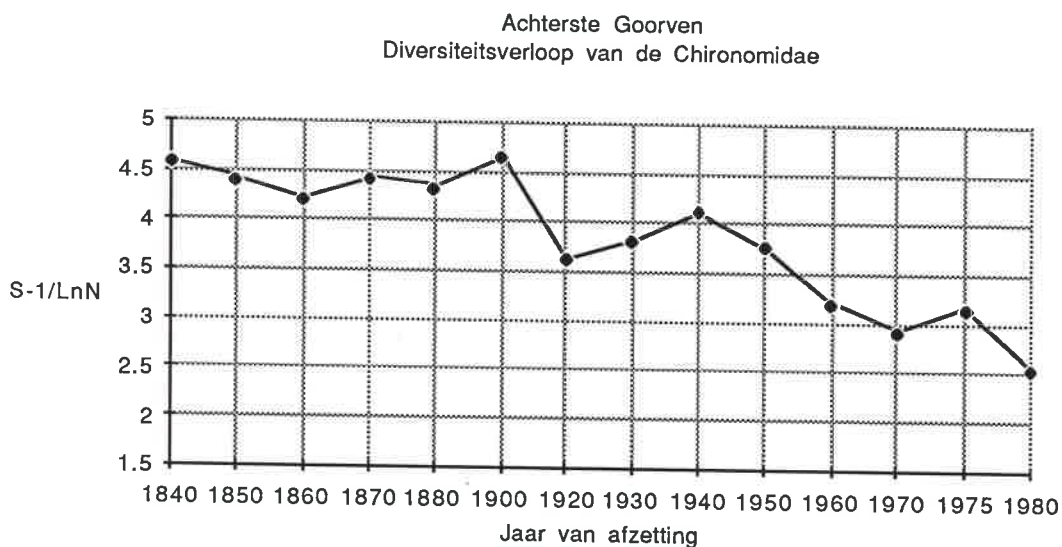


Figuur 2. Verandering in de relatieve abundantie van de voornaamste Desmidiaceae geslachten in het Achterste Goorven

3.1.4. Chironomidae soortsaamenstelling (zie bijlage 4)

De ontwikkeling van de Chironomidae-fauna in de geschiedenis van het Achterste Goorven toont aan dat in het midden van de vorige eeuw het ven een oligo/mesotroofkarakter bezat (*Heterotanytarsus apicalis* en *Pagastiella orophila* als oligotrafente soorten) met enige uitgesproken meso/eutrafente componenten (*Acricotopus lucens*, *Einfeldia dissidens*, *Parachironomus vitiosus*, *Polypedilum nubeculosum*). Rond de eeuwwisseling zijn de eutrafente soorten uit het ven verdwenen. In deze periode vindt tevens een toename plaats van individuen die oligotrofe wateren bewonen en bestand zijn tegen hoge humusgehalten (*Cladopelma gr. lateralis*). In de loop van deze eeuw zijn ook de mesotrafente elementen (*Parakiefferiella bathophila*, *Lauterborniella agrayloides*, *Microtendipes gr. chloris* en *Cladotanytarsus gr. mancus*) sterk in aantal afgenomen en ten dele verdwenen in de zeventiger jaren. De huidige Chironomidae-fauna bestaat uit organismen die behoren tot soortgroepen die als groep een brede ecologische verspreiding hebben (*Pentaneurini* indet, *Chironomus* spp. *Dicrotendipes* spp., *Glyptotendipes gr. pallens*, *Psectrocladius gr. sordidellus* en *Tanytarsus* spp.) in combinatie met zuurminnende soorten (*Psectrocladius psilopterus*, *P. platypus*).

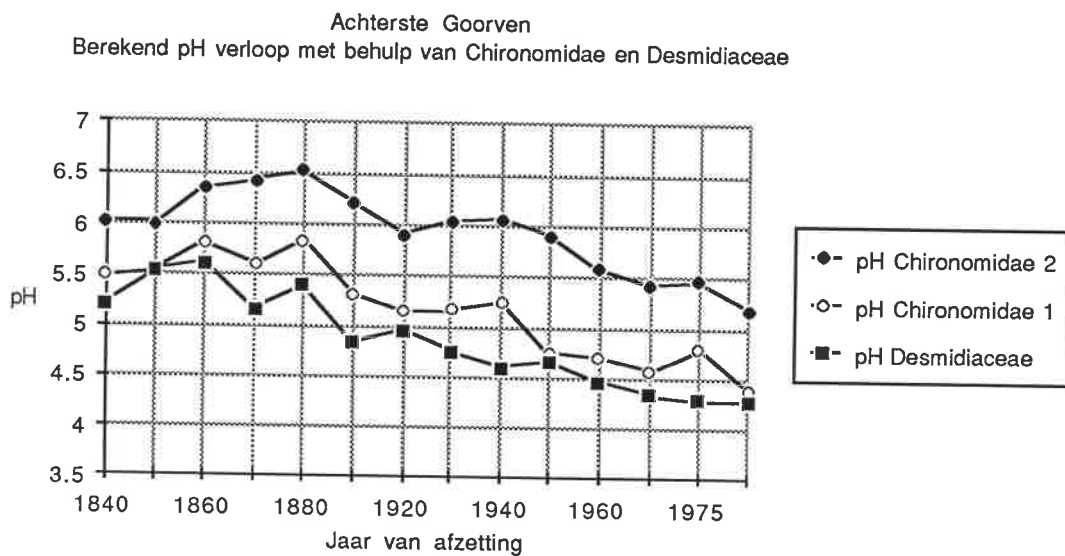
De Margalef diversiteit ($S-1/LnN$) is zeer hoog tot het begin van deze eeuw, waarna een biologische verarming optreedt die zich tot op heden voortzet (zie figuur 3).



Figuur 3. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Achterste Goorven

3.1.5. Berekening van het pH verloop in het Achterste Goorven

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven is de pH van de afzonderlijke perioden op drie onafhankelijke manieren berekend. De relatie met de werkelijke pH kan met dit onderzoek niet worden nagegaan. Enerzijds omdat pH bepalingen in het verleden niet betrouwbaar zijn door de gevolgde methodiek (Haines e.a., 1983) anderzijds omdat zelfs de huidige elektrometrische pH bepalingen in laag alkaliene wateren met grote voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd (Neal en Thomas, 1985). Belangrijk voor het vaststellen van de historie van waterverzuring is echter niet zozeer een absolute pH waarde, maar de trend in de periode die is onderzocht.



Figuur 4. Het verloop van de berekende pH in het Achterste Goorven

In de periode 1840 tot 1880 treedt een lichte stijging op in de berekende pH van het Achterste Goorven. Het duidelijkst wordt dit weergegeven door de pH Chironomidae 2 berekening. De stijging van de pH over deze periode wordt toegeschreven aan de toevoer van nutriënten uit de Rozep via het Voorste Goorven. In 1880 is het Achterste Goorven geïsoleerd. Vanaf deze periode neemt de pH sterk af volgens alle berekeningen. Heimans (1960) treft in de periode 1916-1950 een zeldzame Desmidiaceae gemeenschap aan die hij karakteristiek noemt voor een stabiel oligotroof milieu. Uit de resten van de boorkern blijkt dat deze gemeenschap zeer snel verdwijnt. Hieruit kan worden afgeleid dat het natuurlijke verzuringsproces verloopt volgens een aantal karakteristieke gemeenschappen, terwijl in het geval van verzuring door externe invloeden geen stabiele ontwikkeling via de diverse gemeenschappen plaatsvindt, doch gesproken kan worden van overgangsstadia die elkaar zeer snel opvolgen.

3.2. Groot Huisven

3.2.1. Algemene beschrijving

Het Groot Huisven, gelegen op de Kampina, heeft in het verleden een afvoer gekend in noordelijke richting. Naast droogvallen in droge zomers viel het ven ook in de winter regelmatig droog door een verhoogde afvoer. In het ven werd vroeger veel gezwommen. De Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten sprak haar bezorgdheid uit over de wisselende waterstanden en besloot het ven te isoleren, waarop in 1950 een schot is geplaatst in de afvoersloot van het ven. De waterstand steeg hierdoor met een kleine meter (Glas, 1957). Als gevolg hiervan ontstond een grote inundatiezone met veenmos. Het ven is verzuurd door de toename van de invloed van regenwater, enerzijds veroorzaakt door de isolatie van het ven en anderzijds door de daling van de grondwaterstand in het gebied waardoor de hoeveelheid opkwellend grondwater is afgenomen (Beije, 1976).

3.2.2. Soortsamenstelling Desmidiaceae (zie bijlage 5)

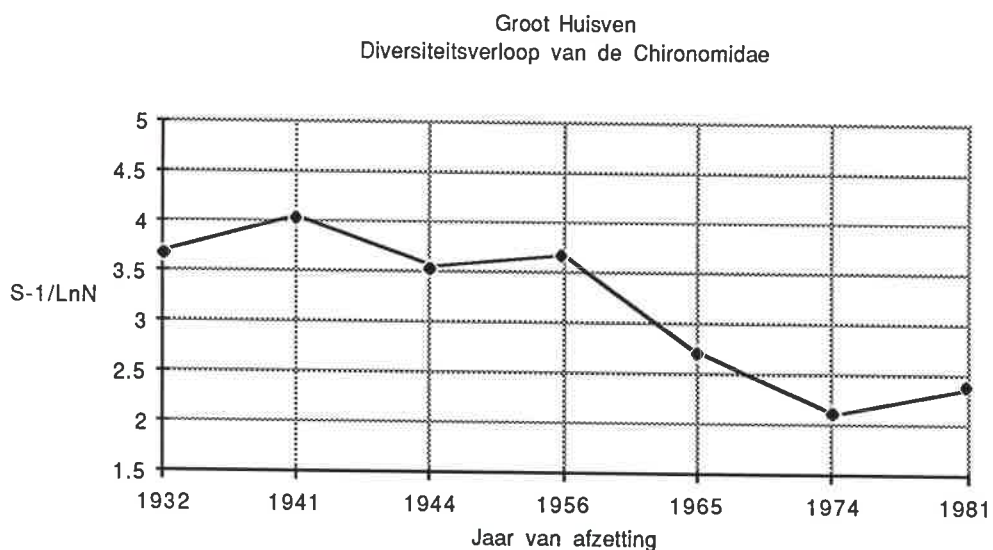
Slechts in de bovenste 9 cm (1959-1980) zijn voldoende resten van Desmidiaceae aangetroffen. Wellicht bestaat er een relatie tussen uitdrogen van het ven en de afbraak van de celwanden van Desmidiaceae. In de literatuur is hiervoor echter geen bevestiging gevonden.

De vier geanalyseerde afzettingen bevatten een Desmidiaceae gemeenschap van oligotroof water. De soorten zijn sterk overeenkomstig met de soorten die in de gehele afzetting van het Achterste Goorven zijn aangetroffen (*Cosmarium pyramidatum*, *Euastrum crassum* en *Xanthidium armatum*). Deze soortkombinatie behoort tot de oligotrafente B groep van Beijerinck (1926). Van 1956 tot 1974 ontwikkelt zich een zeer zeldzame gemeenschap die door Coesel e.a. (1978) de *Staurastrum elongatum* groep wordt genoemd. Als begeleidende soorten zijn onder andere *Docidium undulatum* en *Cosmarium quadrifarium* aangetroffen. Deze combinatie van soorten heeft Heimans slechts in de periode 1916-1925 in het Achterste Goorven aangetroffen. Bij de bespreking van de Desmidiaceae van de core uit het Achterste Goorven wordt hierbij gememoreerd dat het wellicht een overgangsfloora betreft in het gehele verzuringstrajekt. In dit verband zijn eveneens het verschijnen van *Micrasterias jenneri* en *Cosmarium nymannianum* in de periode 1965-1974 van belang. Deze soorten, in combinatie met *Staurastrum elongatum*, zijn door Heimans in het (toen al) zure Wolfspuutven aangetroffen in 1916-1925, een geïsoleerd ven aan de noordoost zijde van de Centrale Vennenreeks bij Oisterwijk (Coesel e.a., 1978). Van 1974 tot 1981 neemt deze zeldzame gemeenschap wederom sterk af en wordt *Staurastrum punctulatum* de dominante soort.

Deze ontwikkeling verloopt analoog aan die van het Wolfspuutven en het Achterste Goorven, waar deze karakteristieke gemeenschap in de huidige situatie (pH 3.3 resp. 3.9) is verdwenen en *Staurastrum punctulatum* domineert (Coesel e.a., 1978).

3.2.3. Chironomidae soortsaamenstelling (zie bijlage 6)

De soortsaamenstelling van de Chironomidae wijst in de periode van 1932 tot 1956 op een meso/oligotroof milieu. De mesotrafente soorten zijn *Parakiefferiella bathophila*, *Lauterborniella agrayloides*, *Microtendipes* gr. *chloris* en *Cladotanytarsus* gr. *mancus*. Deze soorten zijn in 1956 vrijwel verdwenen. Karakteristieke oligotrafente elementen als *Heterotrissocladius marcidus*, *Pagastiella orophila* en *Omisus?* *caledonicus* komen slechts incidenteel voor in de afzetting, waarbij de laatste soort slechts is aangetroffen in de periode 1944-1956. De fauna die hiervoor in de plaats komt bestaat uit groepen die zeer eurytoop zijn, zoals *Pentaneurini* indet., *Chironomus* spp. en *Tanytarsus* spp. Tevens neemt de bij uitstek zuurminnende *Psectrocladius platypus* in de periode vanaf 1965 sterk toe.

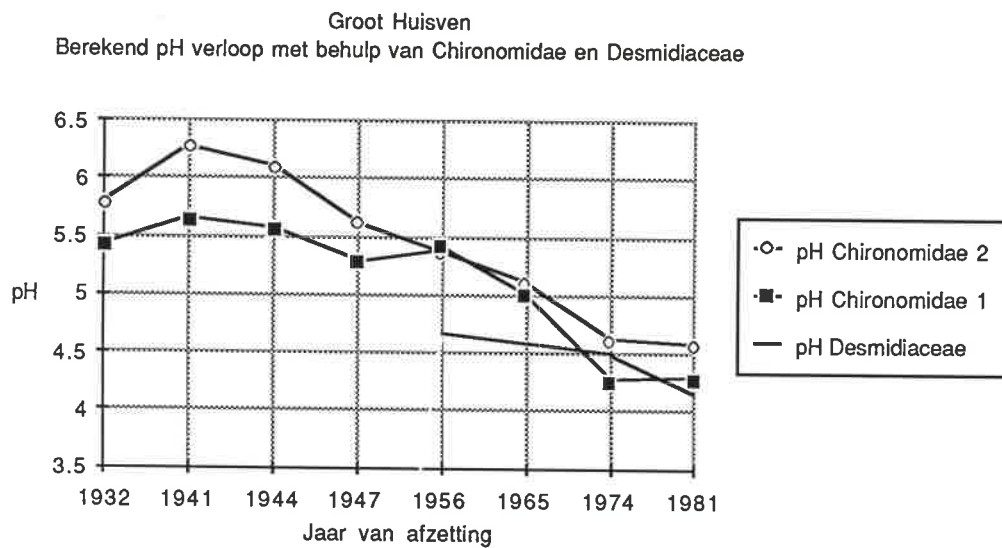


Figuur 5: Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Groot Huisven (wegens de kleine monsteromvang is de periode 1947 achterwege gelaten)

Het verloop van de Margalef diversiteit heeft een sterk dalend karakter vanaf 1956. Droogvallen heeft in het algemeen een nivellerend effect op de Chironomidae-fauna (Moller Pillot en Krebs, 1981; Cuppen, 1980). In het Groot Huisven is de diversiteit van de Chironomidae echter pas sterk gedaald na 1950.

3.2.4. Berekening van het pH verloop in het Groot Huisven

Het berekende pH verloop stijgt in de periode 1932-1956. Dit kan wijzen op een aanvankelijke toevoer van voedingsstoffen. Een mogelijke eutrofiëring komt echter niet duidelijk tot uitdrukking in de soortensamenstelling. Volgens het berekende pH verloop manifesteert de verzuring zich in de periode 1941-1956. Het verzuringsproces in het Groot Huisven is waarschijnlijk versneld door de isolatie in 1950.



Figuur 6. Het verloop van de berekende pH in het Groot Huisven

3.3. Galgeven bij Tilburg

3.3.1. Algemene beschrijving

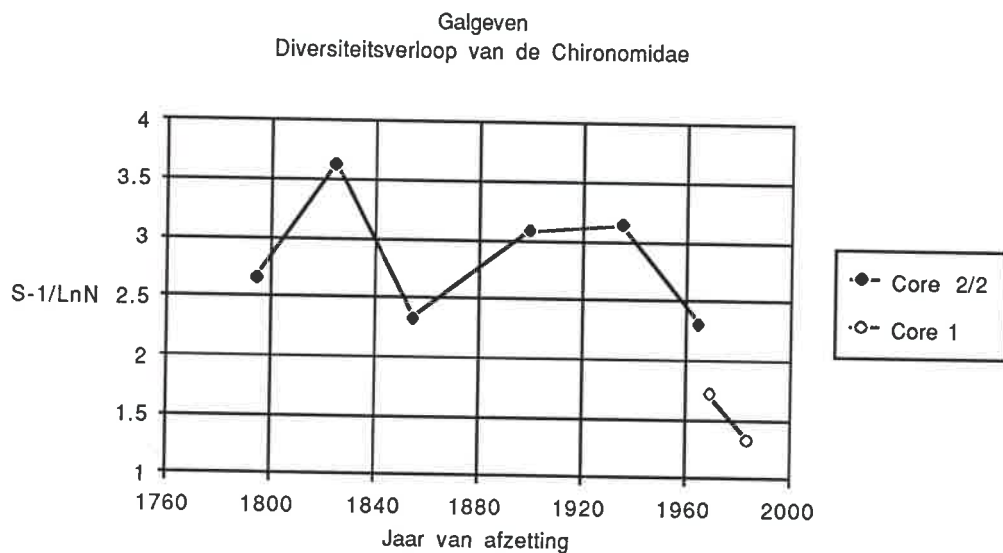
Het Galgeven heeft, voor zover nagegaan kon worden, geen ontginningswater ontvangen. Wel zou het ven vanaf de twintiger jaren van deze eeuw (en wellicht later ?) afgewaterd hebben op de Heiloo, een sloot die overtollig water afvoert van de Kerkeindsche Heide. De pH van het Galgeven zou in 1925 al zeer laag zijn (pH 4.5) terwijl in 1975 de pH schommelde tussen pH 3.1 en pH 3.6 (van Dam, 1983).

Het ven is ongewoon diep (meer dan 3 m volgens Glas, 1959) en hierdoor waarschijnlijk niet verland en uitgeveend zoals in veel ondiepe vennen het geval is geweest.

3.3.2. Chironomidae soortensamenstelling (zie bijlage 7)

In het Galgeven zijn in de eerste boorkern (core 1) slechts in de bovenste 2 cm Chironomidae aangetroffen in verwerkbare hoeveelheden. De reden hiervoor is onbekend. In een tweede boorkern (core 2/2) konden wat meer Chironomidae worden teruggevonden, zodat de bespreking hoofdzakelijk betrekking heeft op core 2/2.

De gehele Chironomidae-fauna laat zich beschrijven als soortenarm en gebonden aan een oligo/mesotroof milieu met als meest karakteristieke oligotrafente componenten *Pagastiella orophila* en *Stempellinella/Zavrelia*, terwijl *Parakiefferiella bathophila* en *Microtendipes gr. chloris* de mesotrafente component vertegenwoordigen. In de periode na 1965 (core 1) zijn al deze soorten verdwenen en resteert een eurytope soortengroep naast de zuurminnende *Psectrocladius platypus*.

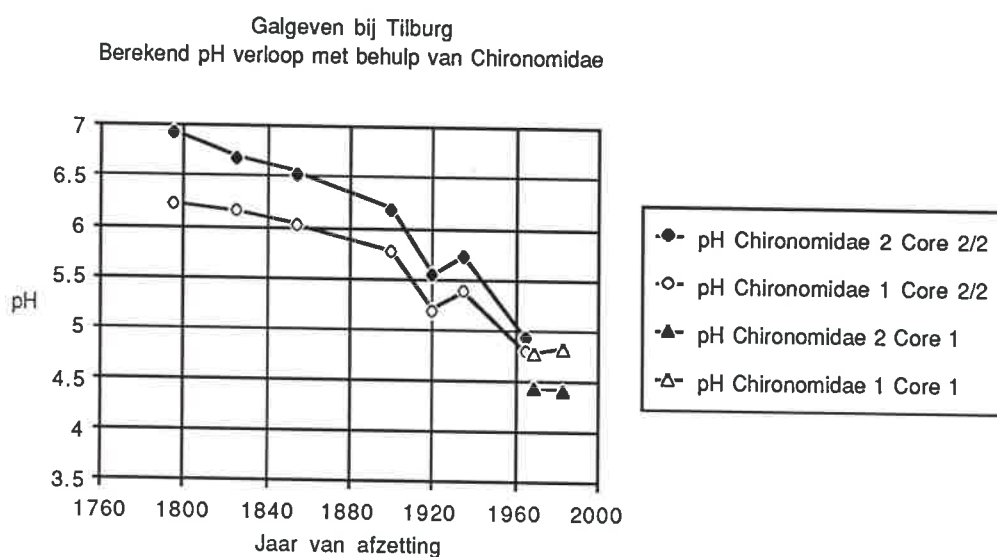


Figuur 7. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Galgeven

De Margalef diversiteit heeft een ongewoon fluktuuerend verloop tot in deze eeuw. Een verklaring is uit historische gegevens niet af te leiden. De afname van de diversiteit in deze eeuw komt overeen met de bevindingen in het Achterste Goorven en Groot Huisven.

3.3.3. Berekening van het pH verloop in het Galgeven

Het pH verloop volgens figuur 8 is berekend aan de hand van de Chironomidae analyses. In de afzettingen zijn geen Desmidiaceae in werkbare hoeveelheden teruggevonden. De pH vertoont volgens beide Chironomidae berekeningen een dalend verloop over de gehele periode. Vanaf het begin van deze eeuw is sprake van een versnelde daling in het berekende pH verloop.



Figuur 8. Het verloop van de berekende pH in het Galgeven

3.4. Gerritsfles

3.4.1. Algemene beschrijving

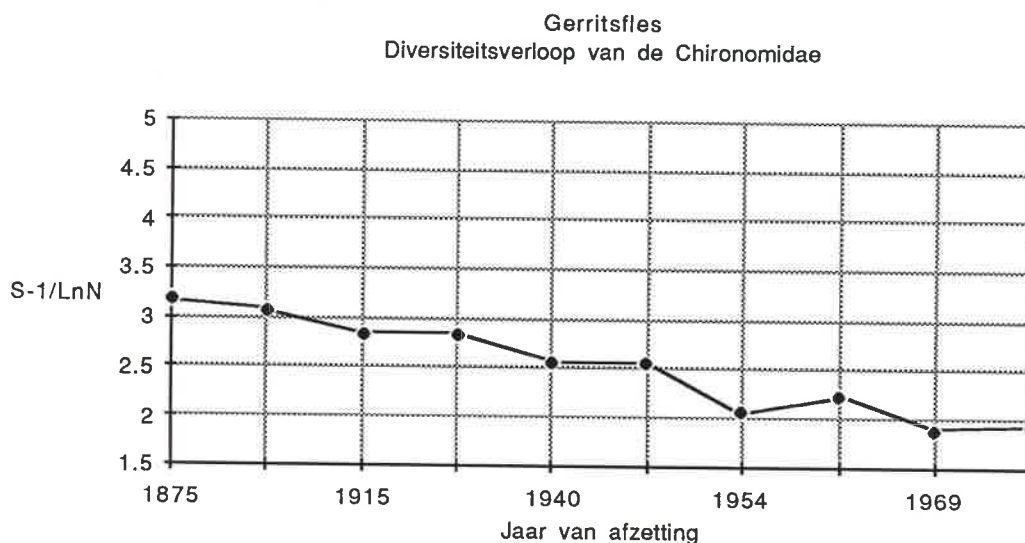
De Gerritsfles is gelegen op de Veluwe in de buurt van Kootwijk. Het ven ligt geïsoleerd in het landschap en is niet beïnvloed geweest door ontginningswater.

Dank zij vroeger onderzoek (in: van Dam, in press) is relatief veel bekend over de geschiedenis van de Gerritsfles.

Dresscher e.a. (1952) geven een historisch overzicht van de waterchemie en ontwikkeling van de vegetatie vanaf 1916 tot 1950. Op grond van de chemische bepalingen in deze periode wordt gekonkludeerd dat het ven aanvankelijk is geëutrofiëerd onder invloed van het aangrenzende bouwland en vervolgens verzuurd. De Diatomeeën uit de dertiger jaren wijzen op een lichte eutrofiëring. In 1950 treft men Diatomeeën aan van zuur oligotroof milieu. De Desmidiaceae zijn slechts verzameld in 1918 en 1950. De meeste soorten die in 1918 werden aangetroffen zijn in 1950 niet meer aanwezig. Omgekeerd is in 1918 de verzuringsindicator *Staurostrum punctulatum* niet verzameld, terwijl de soort in 1950 domineerde.

3.4.2. Chironomidae soortensamenstelling (zie bijlage 8)

De Chironomidae-fauna van de Gerritsfles duidt op een oligo/mesotroof ven, met als mesotrafente componenten *Parakiefferiella bathophila* en *Microtendipes* gr. *chloris*, terwijl *Omisus? caledonicus*, *Pagastiella orophila* en *Stempellinella/Zavrelia* de meest karakteristieke oligotrafente organismen zijn. Op *Microtendipes* gr. *chloris* en *Stempellinella/Zavrelia* na zijn deze soorten in de periode na 1960 niet meer in het sediment aangetroffen. In de meest recente periode domineren de eurytope soortgroepen *Pentaneurini* indet., *Psectrocladius* gr. *sordidellus*, *Chironomus* spp. en *Tanytarsini* indet.



Figuur 9. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in de Gerritsfles

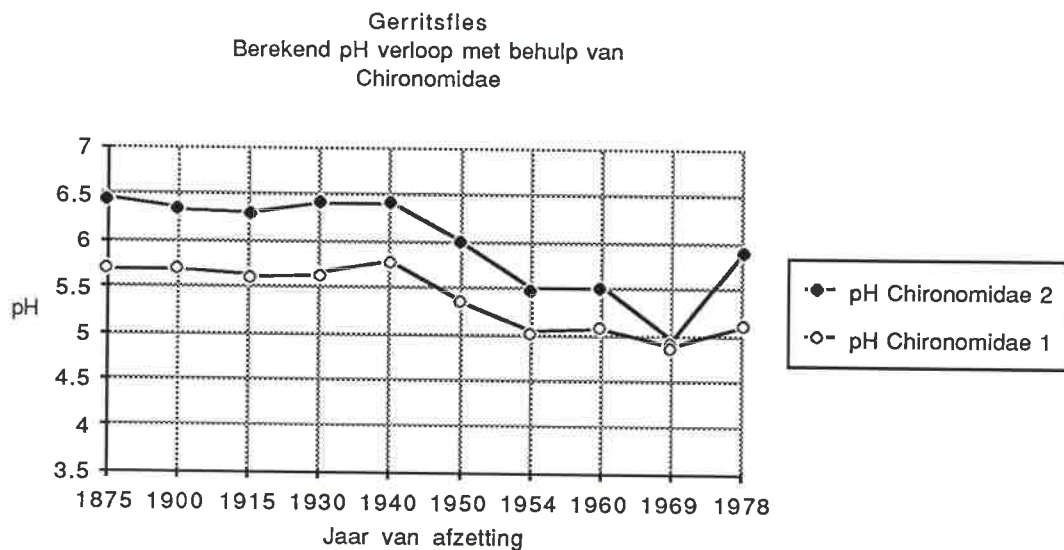
Het verdwijnen van karakteristieke soorten blijkt ook duidelijk uit de sterke afname van de diversiteit (figuur 9). Hierbij kan gekonkludeerd worden dat deze afname al aan het einde van de vorige eeuw is ingezet.

3.4.3. Berekening van het pH verloop in de Gerritsfles

In de Gerritsfles zijn geen Desmidiaceae in werkbare hoeveelheden aangetroffen. In figuur 10 zijn de twee berekeningen met behulp van Chironomidae uitgezet tegen het jaar waarin het sediment is afgezet.

In beide gevallen treedt een daling op van de pH in de periode na 1940.

Dit is in overeenkomst met de optredende dominantie van *Staurostrum punctulatum* in 1950 (Dresscher e.a., 1952).



Figuur 10. Het verloop van de berekende pH in de Gerritsfles

Opmerkelijk is de stijging van de berekende pH in de periode 1978. Directe pH metingen van de Gerritsfles en de berekende pH met behulp van planktonmonsters vertonen eveneens een stijging na 1980 (van Dam e.a., 1986). Dit verschijnsel wordt door van Dam e.a. (1986) toegeschreven aan de extreem droge zomer van 1976 toen de Gerritsfles voor het grootste gedeelte uitdroogde. Hierdoor mineraliseren de zwavelverbindingen, hetgeen een toename van de verzuring tot gevolg heeft. Tevens wordt de anaërobe omzetting van nitraat naar stikstof (denitrifikatie) geremd, waardoor minder zuur verdwijnt uit het water. Beide processen hebben in eerste instantie een zure shock tot gevolg. Als het ven weer gevuld is treden de omgekeerde processen op, waardoor tijdelijk een neutraliserend effect merkbaar is.

3.5. Bergven

3.5.1. Algemene beschrijving

De Bergvennen bij Denekamp liggen in het gebied van de Dinkelvallei waarvan de geschiedenis goed bekend is door onderzoek van het Hugo de Vries Laboratorium afdeling Palynologie te Amsterdam. In een reeks artikelen (van der Hammen en Wijmstra eds., 1971) is de ontwikkeling van het landschap tijdens en na de laatste ijstijd beschreven. De Bergvennen zijn in het postglaciaal (ca. 12.000 jaar geleden) onderdeel geweest van een aantal meren die in de loop van het Holocene zijn dichtgegroeid met mesotroof en oligotroof veen. Tot de vijftiger jaren van deze eeuw is in het gebied nog veen gewonnen (van der Hammen pers. meded.) De huidige Bergvennen bezitten een zandbodem met daarop in de bodemdepressies een laag detritus. Tot eind jaren 50 heeft het ven enig voedselrijk ontginningswater ontvangen en tot 1970 werd regelmatig gezwommen in het ven (pers. meded. dhr. ten Hoopen, de beheerder van het gebied). De huidige pH bedraagt 3.7 (Leuven e.a., in press).

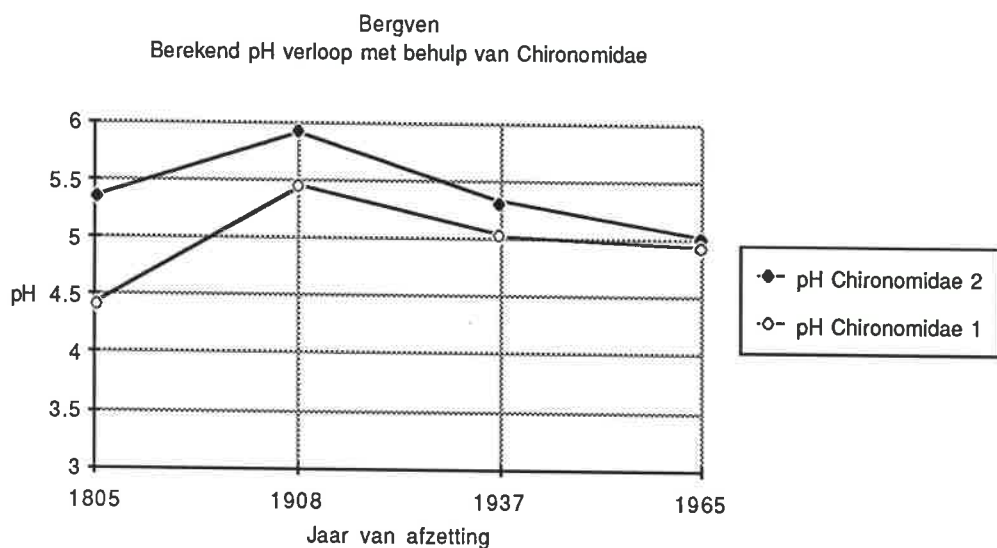
3.5.2. Soortsamenstelling van de Chironomidae (zie bijlage 9)

In de afzettingen van het Bergven zijn zeer weinig Chironomidae aangetroffen. In de diepere afzettingen (≥ 38.8 cm) komt *Corynocera ambigua* abundant tot dominant voor. Deze soort is kenmerkend voor de pionierfauna uit de kalkrijke wateren van het Dryas (ca. 12.000 jaar geleden) in Europa. Buiten Fennoscandia komt de soort recent nog slechts zeer verspreid voor ten noorden van de Alpen (Reiss en Gerstmeier, 1984). In Nederland is de soort niet levend aangetroffen. Voor de historie van de verzuring is deze soort niet interessant. Het geeft wel aan hoe grondig het onderzochte Bergven is uitgeveend. Kenmerkende soorten voor een oligotroof milieu zijn niet aangetroffen in de afzettingen van deze eeuw. Vanaf 1900 neemt, evenals in de andere verzuurde vennen, de mesotrafente *Microtendipes gr. chloris* af.

3.5.3. Berekening van het pH verloop in het Bergven

Het geringe aantal kopresten van Chironomidae en een mogelijke verstoring van de gelaagdheid door uitvenen maakt een interpretatie van het berekende pH verloop onzeker. Het globale verloop van de pH in dit ven wordt echter illustratief geacht voor de pH veranderingen onder invloed van uitvening.

In de oudere lagen is de pH laag omdat het ven verland is geweest met hoogveen. Na het uitvenen stijgt de pH omdat het water weer in contact komt met de minerale ondergrond. In een volgende verlandingsfase en/of onder invloed van zure depositie daalt de pH wederom. Hetzelfde verschijnsel wordt door Beyens (1982) gevonden in een venafzetting in België. Nadat het ven is uitgeveend in de achtste eeuw treedt een afname op van zuurminnende Diatomeeën.



Figuur 11. Het verloop van de berekende pH in het Bergven

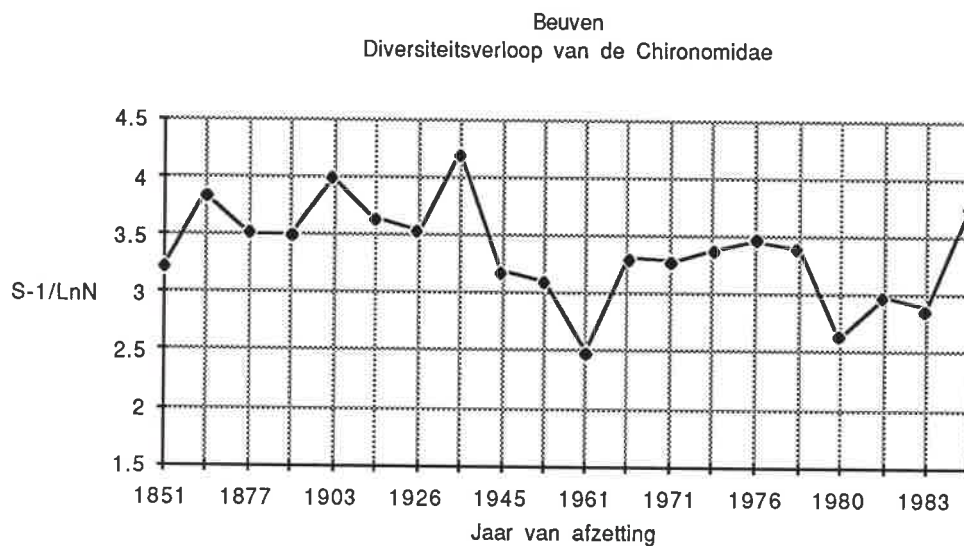
3.6. Beuven

3.6.1. Algemene beschrijving

Het Beuven op de Strabrechtse Heide is sedert de vorige eeuw gevoed door ontginningswater van de Peelrijt en de Witte Loop. In 1941 is een kanaal gegraven door het Beuven. Dit kanaal verbond de Peelrijt met de Witte Loop om de afvoer van het overtollige water te bespoedigen. In tegenstelling tot de andere onderzochte vennen, is dit ven niet verzuurd. Door de continue invloed van ontginningswater is het ven geëutrofiëerd (pers. meded. Arts).

3.6.2. Chironomidae soortsaamenstelling (zie bijlage 10)

De Chironomidae-fauna wijst op een overwegend meso/eutroof milieu. De mesotrafente componenten *Microtendipes* gr. *chloris* en *Cladotanytarsus* gr. *mancus* zijn abundant over de gehele periode aanwezig, terwijl *Lauterborniella agraylodes* en *Parakiefferiella bathophila* slechts zijn aangetroffen voor 1950-1960. Van de meso/eutrafente componenten zijn *Cricotopus* sg. *Isocladius* en *Polypedilum nubeculosum* in de gehele afzetting aangetroffen. *Acricotopus lucens*, *Nanocladius* en *Einfeldia dissidens* komen verspreid voor in de boorkern. *Cladopelma* gr. *laccophila* en *Microchironomus tener* zijn tijdens dit onderzoek slechts in het Beuven waargenomen. Hun voorkeur voor eutrofe wateren accentueert de trofische status van dit ven. De oligotrafente *Cladopelma* gr. *lateralis* verdwijnt na 1936.

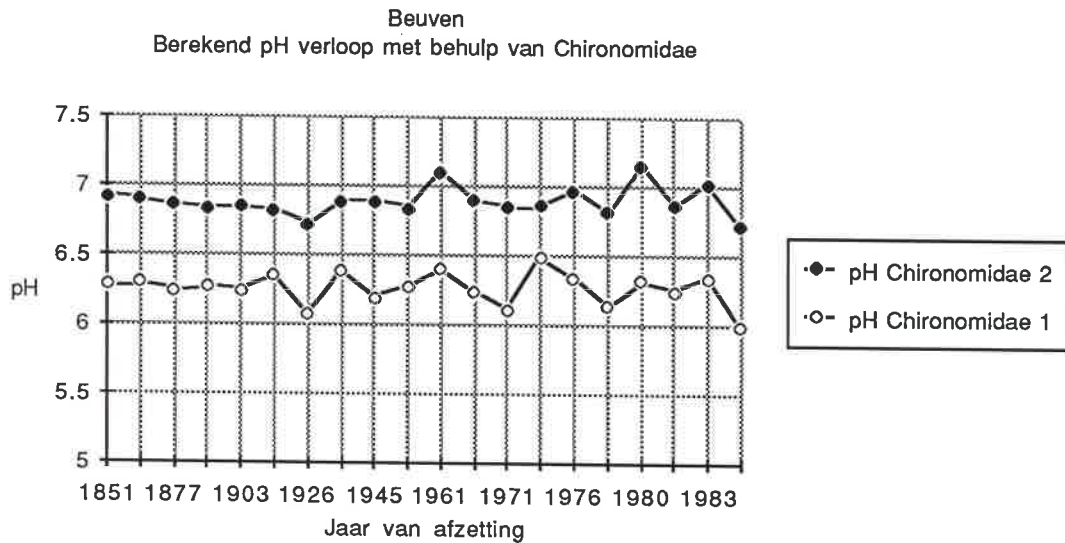


Figuur 12. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in het Beuven

De diversiteit van de Chironomidae in het Beuven is vrij hoog. Het sterk fluktuuerend verloop is met de beschikbare gegevens niet te verklaren. Wellicht is het graven van het kanaal door het ven in 1941 de oorzaak van de sterke daling in diversiteit rond deze periode. In tegenstelling tot de verzuurde vennen treedt in het Beuven geen eenduidige daling op in het diversiteitsverloop.

3.6.3. Berekening van het pH verloop in het Beuven

Het berekende pH verloop is vanaf medio vorige eeuw opvallend konstant in vergelijking met de berekende pH waarden voor de overige vennen. De huidige pH is 6.9 (Leuven e.a., in press).



Figuur 13. Het verloop van de berekende pH in het Beuven

4. Gemeenschappelijke veranderingen in de soortensamenstelling van de Chironomidae en de berekende pH in de onderzochte vennen

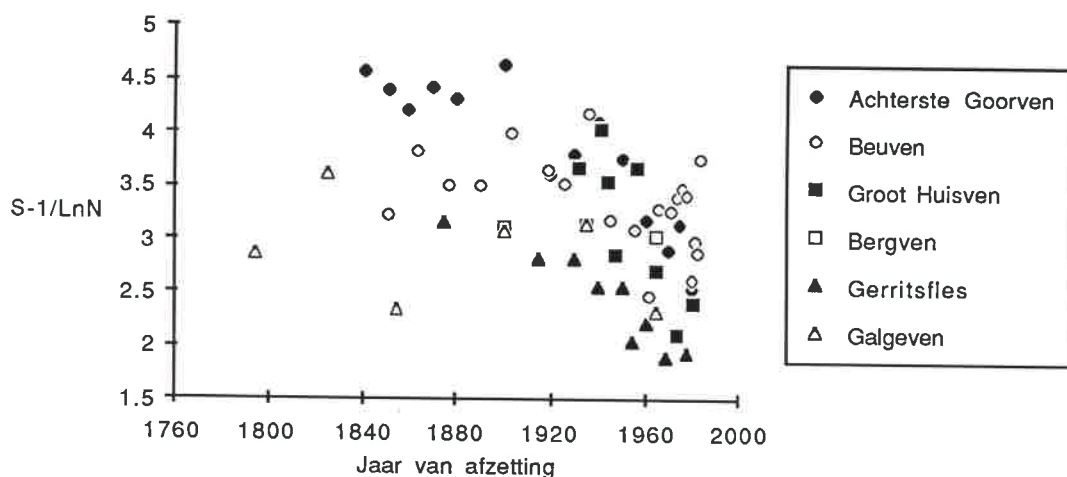
4.1. Verandering van de soortensamenstelling van de Chironomidae in de onderzochte vennen (zie bijlagen 4, 6-10)

De verzuurde vennen hebben alle gemeen dat de oligo- en mesotrafente soorten verdwijnen of reeds verdwenen zijn. Dit zijn ten dele soorten die in Nederland niet of nauwelijks levend verzameld zijn (*Pagastiella orophila*, 1 vindplaats; *Cricotopus patens* en *Omisus? caledonicus*, "nieuw" voor Nederland) en ten dele soorten die een ruime verspreiding hebben in Nederland, maar slechts in wateren worden aangetroffen die niet zijn verzuurd (*Parakiefferiella bathophila*, *Lauterborniella agrayloides*, *Microtendipes* gr. *chloris* en *Cladotanytarsus* gr. *mancus*).

De Chironomidae in de meest recente afzettingen behoren bijna uitsluitend tot de restgroep of tot de groep van humeuze wateren. Het enige niet verzuurde ven (Beuven) heeft in het eutrofiëringsproces de oligotrafente soorten *Cladopelma* gr. *lateralis* en *Pagastiella orophila* verloren. Van de mesotrafente soorten zijn *Parakiefferiella bathophila* en *Lauterborniella agrayloides* verdwenen.

In het kort komt het erop neer dat elk ven in de uitgangssituatie een aantal karakteristieke soorten herbergde. In het geval van verzuring verdwijnen deze soorten, maar in het geval van eutrofiëring verdwijnen ze evenzeer.

Diversiteitsverloop van de Chironomidae in 6 onderzochte vennen



Figuur 14. Diversiteitsverloop van de Chironomidae in de onderzochte vennen

Vergelijken we de diversiteit van de Chironomidae tussen de vennen onderling dan valt op dat slechts het Beuven nog een diversiteit heeft die enigszins overeenkomt met de uitgangssituatie. Voorts wordt de laagste diversiteit gevonden in vennen die altijd geïsoleerd zijn geweest (Galgeven en Gerritsfles met respectievelijk 29 en 26 soorten). In het Achterste Goorven zijn de meeste soorten (46) aangetroffen. Dit heeft te maken met af- of aanwezigheid van gradiënten. Bij het inlaten van vreemd water kunnen zeer soortenrijke levensgemeenschappen ontstaan, onder de voorwaarde dat dit water niet verontreinigd is en niet te veel voedingsstoffen bevat (Schroevens, 1966). Een goed voorbeeld in dit verband is de situatie die Heimans aantrof in de Goorvennen in de periode 1916-1925. Het Voorste Goorven werd beïnvloed door meso/eutroof water van de Rozep, terwijl het Achterste Goorven nog maar enige decennia geïsoleerd was. In de jaren 20 van deze eeuw signaleerden de biologen dat de vennen door de invloed van de mens steeds voedselrijker werden (bv. Redeke en de Vos, 1932). Beheersmaatregelen hebben de vennen geïsoleerd en de gradiënten zijn verdwenen.

4.2. Veranderingen van de berekende pH in de onderzochte vennen

Op grond van het berekende pH verloop per ven zijn de perioden aangegeven waarin de verzuring van de vennen is begonnen. Het criterium is een zich voortzettende daling in de berekende pH. Het Bergven is buiten beschouwing gelaten vanwege het geringe aantal Chironomidae kopkapsels in de afzetting.

Enige relaties tussen vormen van beïnvloeding en tijdstip van verzuring			
	Geïsoleerd	Geëutrofiëerd	Jaar van verzuring
Galgeven	ja	nee	ca. 1800
Achterste Goorven	na 1880	tot 1880	ca. 1880
Gerritsfles	ja	tot 1950	ca. 1940
Groot Huisven	na 1950	nee	1940-1956
Beuven	nee	tot heden	niet verzuurd

Tabel 2. Invloed van isolatie en eutrofiëring op de datum van verzuring

Uit tabel 2 kan worden afgeleid dat het tijdstip waarop een ven is geïsoleerd van het water uit de omgeving, grote invloed heeft op de datum van verzuring. Het Achterste Goorven en het Groot Huisven zijn vermoedelijk direct na de isolatie verzuurd.

Bij het Galgeven daalt de berekende pH al in de oudste afzettingen (1800).

De Gerritsfles is volgens van Dam e.a. (1986) al in de vorige eeuw gaan verzuren. De pH berekening op grond van de Chironomidae geeft 1940 als de periode dat de pH begint te dalen (figuur 10). In verhouding tot de overige verzuurde vennen is dit een laat tijdstip voor een geïsoleerd ven. Een reden zou de gekonstateerde eutrofiëring kunnen zijn (Dresscher e.a., 1952). In de afzettingen zijn hiervan geen consistente aanwijzingen gevonden.

Het Beuven is geëutrofiëerd en derhalve niet verzuurd.

5. Rekonstruktie van de verzuring in Nederland

Bij de rekonstruktie van de verzuring zijn de pH waarden gehanteerd die zijn berekend volgens pH Chironomidae 1. Deze berekening sluit namelijk het beste aan bij de huidige pH metingen in de onderzochte vennen.

In het onderstaande wordt een rekonstruktie gemaakt van de ontwikkeling van een ven, sinds de laatste ijstijd. De gegevens van dit onderzoek hebben betrekking op de periode na 1800. Hierin zijn twee perioden te onderscheiden op grond van de pH berekeningen (1800-1947 en 1947-heden). Door middel van literatuurgegevens wordt de hieraan voorafgaande periode gerekonstrueerd.

5.1. De periode 12.000 jaar geleden tot 1800

Onder invloed van ijstijden ontstaan bodems die rijk zijn aan calciumcarbonaat. Deze bodems zijn in het begin van een interglaciaal begroeid met kruiden. Vervolgens doen naaldbossen hun intrede, gevolgd door loofhout. Als het loofhout weer verdwijnt is het calciumcarbonaat voor een groot deel verdwenen. In de hieropvolgende fase neemt het naaldbout weer in betekenis toe. De bodems bestaan dan uit zure podsolgronden. In de laatste fase van een interglaciaal verdwijnt ook het naaldbout en nemen planten van zure bodems (veenmos en heide) in betekenis toe. Opmerkelijk is het feit dat in de verschillende interglacialen dezelfde cyclus plaatsvindt (Andersen, 1966; Janssen, 1974).

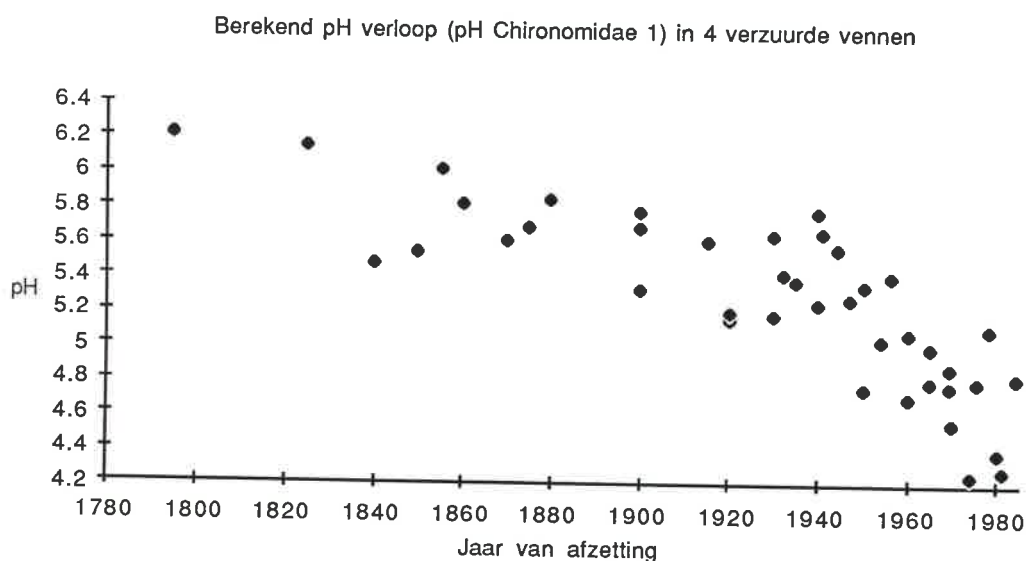
In een meerafzetting uit het voorlaatste interglaciaal (Eemien, 100.000 tot 70.000 jaar geleden) werd door Andersen (1962) een successie gevonden van eutrafente waterplanten uit goed gebufferd water (*Myriophyllum verticillatum*, *M. spicatum* en *Stratiotes aloides*) in de oudste afzettingen. Deze waterplanten indiceren een alkaliniteit van 2.3-3.5 meq/l en een pH van 7.6-8.5. In het eindstadium werd een gemeenschap aangetroffen die karakteristiek is voor zwak gebufferde wateren (*Littorella uniflora*, *Isoetes echinospora*, *I. lacustris* en *Myriophyllum alterniflorum*) met een alkaliniteitindikatie van 0.4-0.7 meq/l en een pH van 5.8-6.8 (de Lyon en Roelofs, 1986).

Uit enige meerafzettingen in het huidige interglaciaal valt de berekende pH aanvankelijk in het neutrale gebied. In korte tijd (enige eeuwen) daalt de berekende pH naar ca. 6.5 door de ontwikkeling van bos in de omgeving (Salomaa en Alhonen, 1983; Delorme e.a., 1984; Engelmarm e.a., 1976; Haworth, 1985).

In Nederland is de postglaciale ontwikkeling van een ven uit de afzetting van Usselo (het gebied waarin het Bergven ligt) beschreven door van Geel e.a. (1984). De aanvankelijke pioniervegetatie bestaat uit kranswieren en het ven is uiterst voedselarm. Stikstofbindende draadwieren koloniseren het ven en na enige eeuwen is het water eutroof. Vervolgens groeit het ven dicht met *Carex* en in het laatste stadium wordt onder voedselarme omstandigheden *Sphagnumveen* gevormd. Deze ontwikkeling heeft zich voltrokken in een periode van 1.500-2.000 jaar. Door de geringe diepte die de Nederlandse wateren hebben, zal de veenvorming en dus de natuurlijke verzuring sneller verlopen dan in de diepe meren in Engeland en Fennoscandia, die in de afgelopen 12.000 jaar niet zijn dichtgegroeid.

5.2. De periode 1800-1947

Uit het pH verloop in figuur 15 blijkt al vanaf de oudste geanalyseerde afzettingen een daling in de berekende pH op te treden. De daling vanaf 1947 is echter veel dramatischer.



Figuur 15. De relatie tussen de berekende pH en het jaar van afzetting (binomiale regressievergelijking: $\text{pH Chironomidae 1} = -0.00005 \cdot \text{Jaar}^2 + 0.18870 \cdot \text{Jaar} - 166.03430$; $R = 0.84$; $P > F = 0.001$)

Op grond van het pH verloop in figuur 15 moet worden verondersteld dat de verzuring in deze vennen reeds is ingezet vóór of rond 1800. Zoals uit het de vorige paragraaf blijkt kan dit een natuurlijke oorzaak hebben.

In het begin van de vorige eeuw echter kan veenvorming niet hebben bijgedragen tot de verzuring in de Brabantse vennen. Ook de invloed van bos moet gering zijn geweest. De afzettingen uit deze tijd bestaan uit stuifzand, dat zelfs een pH verhogende werking moet hebben gehad.

In de periode hieropvolgend is zeer veel bos aangeplant als werkverschaffing. In Brabant alleen al 30.000 ha in de tweede helft van de vorige eeuw (van Dissel, 1939). Deze massale bebossing kan wel een verzurend effect tot gevolg hebben gehad.

Aanwijzingen voor een vroegtijdige anthropogene verzuring kunnen worden geput uit de volgende voorbeelden:

In een Engels meer wordt ondanks toename van de landbouw (pH verhoging) reeds een verzuring berekend vanaf 1840. In deze periode nemen tevens de gehalten aan lood, zink en koper sterk toe in het sediment (Batterbee e.a., 1985). Ook de sedert 1911 in Noorwegen optredende vissterfte door verzuring (Huitfeldt-Kaas, 1922) wijst erop dat de anthropogene verzuring lange tijd voor de tweede industriële revolutie (na 1945) is gestart.

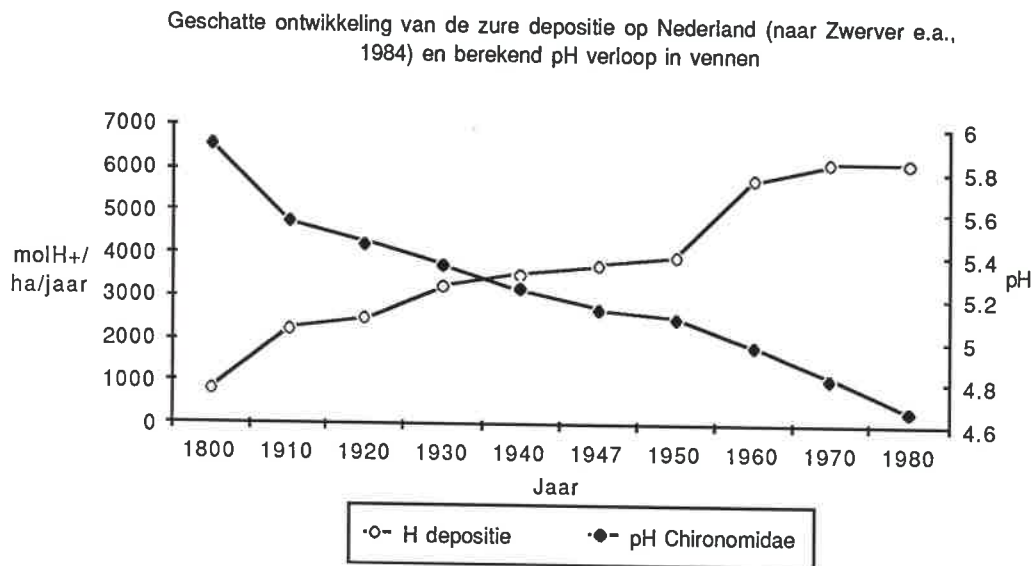
Een bron die in het begin van de vorige eeuw zeker heeft bijgedragen tot verzurende atmosferische depositie in Nederland is het industriegebied rond Luik, waar reeds in 1827 de eerste cokeshoogoven op het kontinent werd geplaatst (in Engeland al eerder). In de jaren hieropvolgend heeft de kolen- en metaalindustrie zich sterk uitgebreid in dit konglomeraat. De getuigenis hiervan is terug te vinden in Maasafzettingen uit het midden van de vorige eeuw. Het natuurlijke sediment wordt afgewisseld met lagen steenkolengruis en metaalschilfers, waardoor het sediment in de categorie chemisch afval moet worden ingedeeld (Kleijn en Rang, 1984).

Ook de huisverwarming van 2.6 miljoen Nederlanders in 1830 (76 inw/km^2) zal wezenlijk bijgedragen hebben.

Deze ontwikkelingen, ingezet in het begin van de vorige eeuw moeten verantwoordelijk worden gesteld voor de berekende depositie van $1800 \text{ mol H}^+/\text{ha}$ jaar in 1900 (Zwerver e.a., 1984).

In contrast hiermee is de huidige depositie van ca. $100 \text{ mol H}^+/\text{ha}$ jaar in afgelegen gebieden in Canada (1 inw/km^2), maar onder de rook van het oosten van de Verenigde Staten (Thompson en Hutton, 1985).

Loucks en Glass (1984) hebben voor een aantal meren in Scandinavië en de Verenigde Staten uitgerekend dat de drempel-depositie voor verzuring $145 \text{ mol H}^+/\text{ha}$ jaar bedraagt voor de meest gevoelige meren. Deze meren hebben een alkaliniteit $\leq 40 \mu \text{ equ/l}$. Dit komt overeen met de huidige alkaliniteit in de zwakgebufferde wateren in Nederland. Minder gevoelige wateren kunnen $330 \text{ mol H}^+/\text{ha}$ jaar nog verdragen zonder te verzuren.



Figuur 16. Geschatte ontwikkeling van de zure depositie in Nederland (naar Zwerver e.a., 1984). Hierbij is de achtergrondsdepositie (800 mol H⁺) verondersteld te zijn opgetreden in het jaar 1800 (zie ook boven), en het berekende pH verloop in vier verzuurde vennen volgens de binomiale regressievergelijking: $\text{pH Chironomidae} = -0.00005 \cdot \text{Jaar}^2 + 0.18870 \cdot \text{Jaar} - 166.03430$; $R = 0.84$; $P > F = 0.001$

5.3. De periode 1947-heden

De berekende pH daalt in deze periode van 5.3 naar 4.6. De pH waarde 5.3 is van groot chemisch belang omdat het zuur bufferend vermogen (ANC) bij deze pH nul is (pH 5.1-5.2, Driscoll en Newton, 1985; pH 5.1-5.5 Driscoll en Besogni, 1984; pH 5.5 Leuven en Schuurkes, 1984). Met andere woorden: bij deze pH is de bicarbonaatbuffer weggetitreerd. Daarnaast gaan bij deze pH ook zware metalen versneld in oplossing (Oliver en Kelso, 1983; van Breemen e.a., 1984). Aluminiumvergiftiging van vis tengevolge van verzuring is hiervan het meest notoire voorbeeld (bv. Morris en Krüger, 1984).

In het empirische model van Henriksen (1980), dat ook goed van toepassing is op de Nederlandse situatie (Leuven en Schuurkes, 1984), worden een groot aantal meren in Scandinavië en Noord Amerika op grond van de ionsamenstelling verdeeld in drie klassen. De meren met een pH > 5.3 zijn de bicarbonaat meren. Bij $4.7 < \text{pH} < 5.3$ verkeren de wateren in een overgangsstadium, terwijl meren met pH < 4.7 als verzuurd worden gekarakteriseerd. Volgens de berekende pH zijn de onderzochte vennen in de periode rond 1947 hun bicarbonaatbuffer verloren en zijn ze in de daaropvolgende jaren via het overgangsstadium veranderd in verzuurde meren.

Uit het berekende pH verloop blijkt dat ook in verzuurde meren in het buitenland de knik in de pH-tijd curve plaatsvindt bij een dergelijke pH:

Steinberg e.a. (1984); pH 5.4-5.5, Duitsland in 1915;

Charles (1984); pH 5.7, Verenigde Staten in 1955;

Kahl e.a. (1984); pH 5.0-5.5, Verenigde Staten in 1860-1880;

Renberg en Hellberg (1982); pH 5.5-6.0, Zweden in 1960;

Batterbee e.a. (1985); pH 5.2, Engeland in 1840;

Davis e.a. (1983); pH 5.0-5.2, Noorwegen in 1927.

Ook biologisch gezien slaat bij deze pH de stop door:

Uit laboratorium experimenten blijkt dat Diatomeeën gemeenschappen sterk wijzigen bij een pH 5-6. Zowel de diversiteit als de dichtheid nemen sterk af (Stokes, 1984).

In Canadese meren met een pH < 5.5 verandert de gehele levensgemeenschap ten opzichte van meren met een hogere pH (Marmorek, 1984).

Bij een pH van 5.5 treedt een significante daling op in het succes van uitvliegen van insekten (Bell, 1971).

De laagste pH waarde waarbij nog slakken in (1000) Noorse meren worden aangetroffen is pH 5.2 (Økland, 1980).

In beken met een pH < 5.3 verdwijnen enige orden makro-evertebraten uit het ecosysteem (Ephemeroptera, Oligochaeta en Pelecypoda) (Arnold e.a., 1981).

6. Konklusies

De geschiedenis van de verzuring, zoals vastgelegd in het sediment van onderwaterbodems, leidt tot de volgende konklusies:

1. In het begin van de vorige eeuw moet de anthropogene verzuring al dusdanige vormen hebben aangenomen dat dit veranderingen tot gevolg had voor aquatische levensgemeenschappen in het zwakgebufferde water in Nederland.

2. Het meest aanvaarde denkbeeld dat de verzuring pas manifest is geworden na de tweede wereldoorlog kan worden onderschreven. Dit onderzoek leidt tot de konklusie dat rond 1947 de bicarbonaatbuffer was weggetitreerd in een aantal kalkarme wateren.

3. In verhouding tot anthropogeen verzuurde meren in Engeland, de Verenigde Staten, Duitsland en Noorwegen, behouden de onderzochte wateren opvallend lang hun bicarbonaatbuffer. In de genoemde landen werd voor deze wateren een oudste omslag gevonden in respectievelijk 1840, 1870, 1915 en 1927.

De relatief gunstige bodemsamenstelling in Nederland (IMP lucht 1984-1988) zou hiervan de oorzaak kunnen zijn. Momenteel is echter zelfs het grondwater in de kalkarme zandgronden van Nederland verzuurd (Kemmers en Jansen, 1980). Volgens Hoeks (1983) een proces dat reeds meer dan 50 jaar geleden in gang gezet. In het huidige onderzoek worden veranderingen in de levensgemeenschap ten gevolge van verzuring gesignaleerd rond 1800.

Om te komen tot een biologisch verantwoorde depositienorm wordt het derhalve niet raadzaam geacht rekening te houden met het potentiële bufferend vermogen van de kalkarme zandgronden, maar met de aktuele belasting, gezien als som van de vroegere en huidige depositie.

7. Aanbevelingen voor verder onderzoek

1. In dit onderzoek is getracht het jaartal te achterhalen waarin de atmosferische depositie een verzurende werking ging uitoefenen op enige zwakgebufferde wateren in Nederland. Om te komen tot een biologisch verantwoorde depositienorm voor deze wateren zal onderzoek moeten worden uitgevoerd naar de ontwikkeling van de zure depositie over de afgelopen eeuwen in Nederland. Dit kan geschieden op grond van de historische bevolkingsontwikkeling, maar ook via een onderzoek naar de chemische samenstelling in sedimentkernen uit deze wateren. Uit deze kernen is het mogelijk om het verloop van de kationen te bepalen. Hieruit kan de alkaliniteit en het sulfaatgehalte kunnen worden afgeleid volgens het empirische model van Henrikson (1980). Met behulp van Chironomidae-overblijfselen kan vervolgens het geen-effekt-niveau worden aangegeven.

2. Indien de atmosfeer weer van dusdanige samenstelling is dat zwak gebufferde wateren niet meer zouden verzuren, dan is het moment aangebroken om deze verzuurde wateren weer in een relatief oorspronkelijke staat te brengen. In de tussentijd dient onderzocht te worden op welke wijze deze saneringen moeten worden uitgevoerd.

3. Vaststellen van de fase waarin de overige wateren in Nederland zich bevinden in relatie tot atmosferische depositie.

-Wateren die grotendeels gevoed worden door regenwater zijn vermoedelijk al verzuurd. Hierbij wordt gedacht aan sprengbekken en semipermanente stilstaande en stromende wateren. Voor deze wateren moet het verzuringsstadium worden vastgesteld, alsmede de geen-effekt-norm voor de depositie.

-Effekten van verzuring in grindgaten langs de Maas zijn reedsesignaleerd. Men overweegt bekalking (Schuurkes pers. meded.). Hoe de staat is van de overige zand- en grindgaten in Nederland is nog niet bekend. Ook hier is onderzoek gewenst.

-In de duinplassen op kalkrijke bodems spoelt het calciumcarbonaat onder invloed van de depositie versneld uit (Kemmers, 1983). De wateren "verharden", waardoor de oorspronkelijke vegetatie verdwijnt (den Hartog, 1986). Voor deze, meestal in natuurgebieden gelegen, wateren moet een verantwoorde depositie worden vastgesteld en een saneringsscenario worden ontworpen.

-Welke effecten zure depositie heeft op de grote rivieren, ons belangrijkste oppervlaktewater, is volstrekt onbekend. Enige aspecten worden hier onder de aandacht gebracht.

Op grond van de geologische opbouw van het stroomgebied van de Rijn heeft Schuiling (1974) berekend dat het natuurlijke calcium-gehalte in de Rijn 44 mg/l moet bedragen. De aktuele concentratie is 76 mg/l (RIWA, 1984a). Molt (1961) konstateert een stijging van het Ca-gehalte van 50 naar 75 mg Ca/l in de periode 1915-1959. Deze stijging ($1.75 \cdot 10^6$ ton Ca/jaar) is niet toe te schrijven aan industriële processen.

Zuurdeeg (1980) berekende voor de Maas een natuurlijk Ca-gehalte van 59 mg/l. De huidige waarde bedraagt 78 mg/l (RIWA, 1984b).

Wat de oorzaken zijn voor deze verschillen wordt niet vermeld. Een relatie met zure depositie is echter geenszins uit te sluiten. Bij een zure depositie van 1000 mol H^+ /ha jaar krijgt het stroomgebied van de Rijn een hoeveelheid van $60 \cdot 10^6$ ton zuur/jaar toegediend. Enerzijds neemt de uitspoeling van kationen toe, anderzijds zal steeds meer kalk nodig zijn voor onderhoudsbekalking van kultuurgrond. In Nederland zou door de zure depositie 40-125 kg CaO/ha jaar extra moeten worden toegevoegd. (Breeuwsma en de Vries, 1984).

Naast dit alkaliserend effect van zure depositie in kalkrijke wateren, draagt ook de ammoniak- en nitraatdepositie bij tot de eutrofiëring van deze wateren. Jaarlijks vindt alleen door natte depositie een toevoeging plaats van 1340 mol N / ha in Nederland (KNMI/RIVM, 1983). Omgerekend voor de afvoer in de Rijn en de Maas betekent dit een stijging van de vracht die jaarlijks wordt geïmporteerd (ammoniak, nitriet en nitraat) met $64 \cdot 10^6$ kg N = 17%.

Wellicht nog meer dan bij de andere watertypen, moet kennis worden verzameld over de effecten van zure depositie op de Rijn, Maas en de oppervlaktewateren die hiermee in verbinding staan, zoals het IJsselmeer.

8. Literatuur

- Adema, E.H., van Ham, J., (eds.), 1984
Zure regen, oorzaken, effecten en beleid. Proceedings van het symposium gehouden op 17 en 18 november 1983. Den Bosch
Pudoc Wageningen p: 1-250
- Andersen, S.T., 1962
Interglaziale pflanzensukzessionen aus Dänemark und ihr Verhältnis zu Umweltfaktoren
Pflanzensoziozoologie und Palynology p: 1-9
- Andersen, S.T., 1966
Interglacial vegetational succession and lake development in Denmark
The Palaeobotanist 15: 117-127
- Arnold, D.E., Bender, P.M., Hale, A.B., Light, R.W., 1981
Studies on infertile, acidic Pennsylvania streams and their benthic communities
In: Effects of acidic precipitation benthos
Proc. Symp. Colg. Univ. Hamilton NY., R. Singer (ed.) p. 15-35
- Batterbee, R.W., Flower, R.J., Stevenson, A.C., ea, 1985
Lake acidification in Galloway: a palaeoecological test of completing hypothesis
Nature 314: 350-352
- Beije, H.M., 1976
Vennen op Kampina en hun beheer
LH Wageningen, Doct. Versl. Vakgr. Natuurbeh. 316: 1-119
- Beijerinck, W., 1926
Over verspreiding en periodiciteit van de zoetwaterwieren in Drentsche heideplassen
Verh. KNAW A'dam, afd. Natuurkunde (2e sect.) 25(2): 1-211 + bijl.
- Bell, H.L., 1971
Effect of low pH on the survival and emergence of aquatic insects
Water Res. 5: 313-319
- Beyens, L., 1982
Bijdrage tot de holocene palaeo-ecologie van het stroomgebied van de Mark in België, gebaseerd op de studie van Diatomeeën, pollen en Thecamoebes
Proefschr. Univ. Antw., Dept. Biol. p: 1-399 + bijl.
- Breeuwsma, A., de Vries, W., 1984
Gevolgen van de zure regen voor de bodem 2. Aandeel in de bodemverzuring in Nederland
Stichting voor Bodemkartering Rapport 1787: 1-64
- Brundin, L., 1949
Chironomiden und andere Bodentiere der Südschwedischer Urgebirgseen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotropher Seen
Rep. Inst. Freshw. Res. Drott. 30: 1-914
- Buskens, R.F.M., 1983
De makrofauna, in het bijzonder de chironomiden, en de vegetatie van een vijftigtal geëutrofiëerde, zure of laag-alkaliene stilstaande wateren op de Nederlandse zandgronden
Rapp. Lab. Aquat. Ecol., KU Nijmegen 159: 1-75 + bijl.
- Charles, D.F., 1984
Recent pH history of Big Moose Lake (Adirondack Mountains, New York, USA) inferred from sediment diatom assemblages
Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 559-566
- Coesel, P.F.M., Kwakkestein, R., Verschoor, A., 1978
Oligotrophication and eutrophication tendencies in some Dutch moorland pools, as reflected in their desmid flora
Hydrobiologia 61: 21-31
- Cuppen, H.P.J.J., 1980
De macrofauna in een aantal droogvallende- en permanente stilstaande wateren in het ruilverkavelingsgebied Brummen-Voorst
Reg. Milieuraad O-Veluwe p: 1-112
- Davis, R.B., Norton, S.A., Hess, S.T., Brakke, D.F., 1983
Palaeolimnological reconstruction of the effects of atmospheric deposition of acids and heavy metals on the chemistry and biology of lakes in New England and Norway
Hydrobiologia 103: 113-123

- Delorme, L.D., Esterby, S.R., Duthie, H., 1984
Prehistoric pH trends in Kejimikujik Lake, Nova Scotia
Int. Revue ges. Hydrobiol. 69(1): 41-55
- Dickman, M.D., van Dam, H., van Geel, B., ea, in press
Acidification of a Dutch moorland pool, a palaeolimnological study
Arch. Hydrobiol.
- Dresscher, T.G.N., de Graaf, F., de Groot, A.A., ea, 1952
De Gerritsflesch bij Kootwijk
Publ. Hydrobiol. Ver. A'dam 4: 1-22 + bijl.
- Driscoll, C.T., Besogni, J.J., 1984
Weak acid/base systems in dilute acidified lakes and streams of the Adirondack Region of New York State
Acid Precipitation Series Butterworth Boston 9: 53-72
- Driscoll, C.T., Newton, R.M., 1985
Chemical characteristics of Adirondack lakes. Individual lakes respond differently to acid deposition
Environ. Sci. Technol. 19(11): 1018-1024
- Engelmark, R., Olsson, I.U., Renberg, I., ea, 1976
Palaeolimnological investigations in Lake Prästslön
Early Norrland 9: 113-159
- Flensburg, T., 1967
Desmids and other benthic algae of Lake Kävsjön and Store Mosse, S.W. Sweden
Acta Phytogeogr. Suec. 51: 1-133
- Glas, P., 1957
Rapport vennen Campina en Oisterwijk
Rapp. SOL p: 1-53
- Glas, P., 1959
Excursie rapport Galgeven en Keelven
Rapp. SOL p: 1-4
- Haines, T.A., Akielaszek, J.J., Norton, S.A. ea, 1983
Errors in pH measurement with colormetric indicators in low alkalinity waters
Hydrobiologia 107: 57-61
- Haworth, E.Y., 1985
The highly nervous system of the English Lakes: aquatic ecosystem sensitivity to external changes, as demonstrated by diatoms
Rep. Freshwat. biol. Ass. 53: 60-79
- Heimans, J., 1960
Desmidiaceën in de vennen van het natuureservaat Oisterwijk. Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen
Publ. Hydrobiol. Ver. A'dam 5: 25-42
- Henriksen, A., 1980
Acidification of freshwaters: a large scale titration
In: Ecological impact of acid precipitation
Proc. Int. Conf. Sandefjord Norway, D. & A. Tolan p. 68-74
- Hoeks, J., 1983
Verzuring van bodem en grondwater als gevolg van atmosferische depositie
I.C.W. Nota 1480: 1-27
- Huitfeldt-Kaas, H., 1922
(On the cause of mass death of salmon and trout in Frafjordelven, Helleelven and Dirdalseven in Ryfylke, autumn 1920) (Noors)
Norsk Jaeger og Fiskefor. Tidsskr. 1: 37-44
- IMP lucht 1984-1988, 1984
Tweede Kamer zitting 1983-1984, 18100
- Janssen, C.R., 1974
Verkenningen in de palynologie
Oosthoek, Scheltema en Holkema, Utrecht
KNMI/RIVM., 1983
- Chemical composition of precipitation over the Netherlands
Ann. Rep. KNMI/RIVM Proj. p: 1-119 + bijl.

- Kahl, J.S., Norton, S.A., Williams, J.S., 1984
Chronology, magnitude and palaeolimnological record of changing metal fluxes related to atmospheric deposition of acids and metals in New England
Acid Precipitation Series Butterworth Boston 7: 23-36
- Kemmers, R.H., 1983
De kalkpotentiaal als relevante parameter voor het natuurbeheer
ICW Nota 1481: 1-27
- Kemmers, R.H., Jansen, P.C., 1980
De invloed van chemische factoren in grondwater en bodem op enkele vegetatietypen in het CRM reservaat "Groot Zandbrink"
ICW Nota 1181: 1-37
- Kleijn, C.E., Rang, M.C., 1984
Bodemverontreiniging en zware metalen. Een onderzoek naar de ruimtelijke en temporele variatie in het zware metalengehalte van de bodems in het winterbed van de Maas ten noorden van Maastricht
Rapport geografisch Instituut Vakgroep fysische Geografie R.U. Utrecht p: 1-123 + bijl.
- Klink, A.G., 1986
Palaeolimnologie en verzuring: een milieu-effekt rapportage achteraf. Een voordracht gehouden op 16 december 1985 studiedag waterverzuring KU Nijmegen
Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 20: 7 pp. + bijl.
- Krieger, W., Gerloff, J., 1962
Die Gattung Cosmarium
Weinheim Verlag J. Cramer 1: 1-112 + bijl.
- Krieger, W., Gerloff, J., 1965
Die Gattung Cosmarium
Weinheim Verlag J. Cramer 2: 113-240 + bijl.
- Krieger, W., Gerloff, J., 1969
Die Gattung Cosmarium
Weinheim Verlag J. Cramer 3/4: 241-410 + bijl.
- Leuven, R.S.E.W. e.a. (eds.), 1986
Waterverzuring in Nederland en België. Oorzaken, effecten en beleid
Proc. Studiedag "Waterverzuring" 18 december 1985 KU Nijmegen: 1-172
- Leuven e.a. in prep.
Chironomids as indicators for recent acidification
Leuven, R.S.E.W., Schuurkes, J.A.A.R., 1984
Effecten van zure, stikstof- en zwavelhoudende neerslag op zwak gebufferde en voedsel arme wateren
Lab. Aquat. Oecol. KU Nijmegen p: 1-131
- Leuven, R.S.E.W. ea, in press
Impact of acidification on chironomid communities in poorly buffered waters in the Netherlands
Proc. 6th Int. Symp. Chir. Bergen
- Loucks, O.L., Glass, G.E., 1984
U.S./Canada aquatic impacts assessment: Integration of experimental studies, monitoring and modeling of acidic deposition effects
Acid Precipitation Series Butterworth Boston 9: 176-205
- Marmorek, D.R., 1984
Changes in temporal behaviour and size structure of plancton systems in acid lakes
Acid Precipitation Series Butterworth Boston 6: 23-42
- Messikommer, E., 1976
Katalog der schweizerischen Desmidiaceen nebst Angaben über deren Ökologie und geographische Verbreitung
Beitr. Krypt. Flora Schweiz 14(1): 1-103
- Moller Pillot, H.K.M., 1984a
De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera) Inleiding, Tanypodinae, Chironomini
Ned. Faun. Meded. 1A: 1-277
- Moller Pillot, H.K.M., 1984b
De larven van de Nederlandse Chironomidae (Diptera): Orthoclaadiinae sensu lato
Ned. Faun. Meded. 1B: 1-175
- Moller Pillot, H.K.M., Krebs, B., 1981
Concept van een overzicht van de oekologie van Chironomide-larven in Nederland
Stencil p. 1-41

- Molt, E.L., 1961
Verontreiniging van het Rijnwater
In: Drinkwatervoorziening 13e vakantiecursus
Moormans periodieke pers Den Haag p: 46-71
- Morris, T.K., Krüger, G.L., 1984
Ecological effects of aluminium complexes on freshwater fish and their environments
Acid Precipitation Series Butterworth Boston 1: 231-240
- Neal, C., Thomas, A.G., 1985
Field and laboratory measurements of pH in low-conductivity natural waters
J. Hydrol. 79: 319-322
- Oliver, B.G., Kelso, J.R.M., 1983
A role for sediments in retarding the acidification of headwater lakes
Water Air Soil Pollut. 20(4): 379-389
- Økland, J., 1980
Environment and snails (Gastropoda): Studies of 1,000 lakes in Norway
Proc. Int. Conf. Sandefjord Norway, D. & A. Tollan p. 322-323
RIWA 1984a
- Jaarverslag 1984. Deel A: de Rijn
RIWA Jaarversl. p: 1-96
RIWA 1984b
- Jaarverslag 1984. Deel B: de Maas
RIWA Jaarversl. p: 1-76
- Raddum, G.G., Saether, O.A., 1981
Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification
Verh. internat. Verein. Limnol. 21: 399-405
- Redeke, H.C., de Vos, A.P.C., 1932
Beiträge zur Kenntnis der Fauna niederländischer Oligotropher Gewässer
Int. Revue ges. Hydrobiol. 28: 1-45
- Reiss, F., 1982
Die Chironomidenfauna des Murnauer Moores in Oberbayern (Insecta: Diptera)
Entomofauna Suppl. 1: 263-288
- Reiss, F., Gerstmeister, R., 1984
Corynocera ambigua Zetterstedt als Glazialrelikt im Starnberger See, Oberbayern (Diptera: Chironomidae)
Nachr.-bl. Bayer. Ent. 33(2): 58-61
- Renberg, I., Hellberg, T., 1982
The pH history of lakes in southwestern Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments
Ambio 11(1): 30-33
- Ruzicka, J., 1977
Die Desmidiaceen Mitteleuropas Band 1, 1. Lieferung
E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung (Naegle u. Obermiller), Stuttgart p. III-VI + 1-291 + bijl.
- Ruzicka, J., 1981
Die Desmidiaceen Mitteleuropas Band 1, 2. Lieferung
E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung (Naegle u. Obermiller), Stuttgart p. III-IX + 293-736 + bijl.
- Saether, O.A., 1979
Chironomid communities as water quality indicators
Holarct. Ecol. 2: 65-74
- Salomaa, R., Alhonen, P., 1983
Biostratigraphy of Lake Spitaalijarvi: an ultraoligotrophic small lake in Lauhanvuori, western Finland
Hydrobiologia 103: 295-301
- Schroovers, P.J., 1966
4. 2. Other small waters: Kontakt zwischen oligotroph und eutroph in einem Hochmoorgebiet
Verh. Internat. Verein. Limnol. 16: 612-618
- Schuiling, R.D., 1974
De natuurlijke erosie als basisniveau voor het transport van elementen
Chemisch Weekblad p: M1-M3
- Steinberg, C., Meier, R., Emeis-Schwarz, H., ea, 1984
Versauerung des großen Arbersees, dokumentiert durch paläolimnologische Untersuchungen
Vom Wasser 63: 35-56

- Stokes, P.M., 1984
pH-related changes in attached algal communities of softwater lakes
AcidPrecipitation Series Butterworth Boston 6: 43-62
- Sunde, S.E., 1926
(Acid water kills fry of salmon and trout) (Noors)
Norsk Jaeger og Fiskefors. Tidsskr. 2: 1-4
- Thompson, M.E., Hutton, M.B., 1985
Sulfate in lakes of eastern Canada: calculated yields compared with measured wet and dry deposition
Water Air Soil Pollut. 24: 77-83
- Walker, I.R., 1982
The Chironomidae (Diptera) of shallow humic lakes and bog pools, and their value as palaeoenvironmental indicators
Thesis University of Waterloo p: 1-73
- Walker, I.R., Fernando, C.H., Paterson, C.G., 1984
The Chironomid fauna of four shallow, humic lakes and their representation by subfossil assemblages in the surficial sediments
Hydrobiologia 112: 61-67
- Walker, I.R., Fernando, C.H., Paterson, C.G., 1985
Associations of Chironomidae (Diptera) of shallow, acid, humic lakes and bog pools in Atlantic Canada, and a comparison with an earlier paleoecological investigation
Hydrobiologia 120: 11-22
- West, W., West, G.S., 1904
A monograph of the British Desmidiaceae I
Ray Society London p: 1-224 + 32 bijl.
- West, W., West, G.S., 1905
A monograph of the British Desmidiaceae II
Ray Society London p: 1-204 + 64 bijl.
- West, W. and West, G.S., 1908
A monograph of the British Desmidiaceae III
Ray Society London p: 1-274 + 95 bijl.
- West, W., West, G.S., 1912
A monograph of the British Desmidiaceae IV
Ray Society London p: 1-191 + 128 bijl.
- West, W., West, G.S., Carter, N., 1923
A monograph of the British Desmidiaceae V
Ray Society London p: 1-269 + 167 bijl.
- Wiederholm, T. (ed.), 1983
Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1. Larvae
Ent. Scand. Suppl. 19: 1-457
- Zuurdeeg, B.W., 1980
De natuurlijke chemische samenstelling van het Maaswater
H₂O 1: 1-7
- Zwerver, S., Bovenkerk, M., Mak, P.J., 1984
Verzuring: nationale en internationale ontwikkelingen
Proc. Symp. Zure Regen Den Bosch Pudoc Wageningen p: 194-203
- de Lyon, M.J.H., Roelofs, J.G.M., 1986
Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid
Rapport Lab. Aquat. Oecol. K.U. Nijmegen Deel 1: 1-106, Deel 2: 1-126
- den Hartog, C., 1986
The effects of acid and ammonium deposition on aquatic vegetations in the Netherlands
Proc. 1st Int. Symp. watermilfoil/Haloragaceae p. 51-58
- van Breemen, N., Driscoll, C.T., Mulder, J., 1984
Atmosferische depositie en verzuring van bodem en water
Proc. Symp. Zure Regen Den Bosch Pudoc Wageningen p: 121-127
- van Dam, H., in press
Monitoring of chemistry, macrophytes and diatoms in acidifying moorland pools
RIN Rapport in press
- van Dam, H., 1983
Vennen in Midden-Brabant
Rapp. RIN 83/23 p: 1-125 + bijl.

- van Dam, H., Dickman, M.D., Beljaars, C.N., 1986
Veranderingen op lange termijn in enige Nederlandse vennen
In: Waterverzuring in Nederland en België. Oorzaken, effecten en beleid
Proc. Studiedag Waterverzuring, Nijmegen p. 17-24
- van Dissel, E.D., 1939
Een en ander over de ontwikkeling van den boschbouw in de 19e eeuw
In: Gedenkboek ter gelegenheid van het 40-jarig bestaan van het staatsboschbeheer
Alg. Landsdrukk. 's-Gravenhage p: 14-25
- van Geel, B., de Lange, L., Wiegers, J., 1984
Reconstruction and interpretation of the local vegetational succession of a lateglacial deposit from
Usselo (the Netherlands), based on the analysis of micro- and macrofossils
Acta Bot. Neerl. 33(4): 535-546
- van der Hammen, T., Wijmstra, T.A. (eds.), 1971
The upper quaternary of the Dinkel valley (Twente, eastern Overijssel, the Netherlands)
Meded. Rijks. Geol. Dienst N.S. 22: 55-57
- van der Hurk, J.M., Mooren, C.G.F., Pouwels, R.H.W., 1984
Vergelijkend hydrobiologisch onderzoek van drie verzuurde vennen en een zwak gebufferd ven in
Noord-Brabant
Lab. Aquat. Oecol. KU Nijmegen. Min. VROM, Dir. Lucht Project, LB 131 no 187: 206 pp.
- van der Wijk, A., Mook, W.G., in prep.
210 Pb dating in shallow moorland pools

Bijlagen
bij
De Geschiedenis van de Verzuring in Nederland
Een palaeolimnologische studie naar de invloed van verzuring op
levensgemeenschappen in enige zwakgebufferde wateren

Alexander Klink

Hydrobiologisch Adviesbureau Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 27 (1 oktober 1986)

Bijlage 1: Desmidiaceae pH tolerantiegrenzen

Desmidiaceae pH tolerantiegrenzen	pHmin	pHmax	pH [H] gem	Desmidiaceae pH tolerantiegrenzen	pHmin	pHmax	pH [H] gem
Bambusina borrei	4.1	6.2	4.4	Euastrum binale v. gutwinskii	3.9	7.5	4.2
Closterium striolatum	3.9	7.0	4.2	Euastrum crassum	3.9	6.0	4.2
Cosmarium angulosum v. concinnum	5.5	7.2	5.8	Euastrum denticulatum	3.9	7.5	4.2
Cosmarium blyttii	5.5	7.3	5.8	Euastrum elegans	4.0	7.5	4.3
Cosmarium botrytis	5.5	7.5	5.8	Euastrum humerosum	3.9	6.0	4.2
Cosmarium connatum	5.5	7.5	5.8	Euastrum inerme	3.0	6.0	3.3
Cosmarium contractum v. elipsoideum	5.4	7.3	5.7	Euastrum insulare	4.3	7.5	4.6
Cosmarium cucurbita	3.2	5.6	3.5	Euastrum oblongum	3.9	7.5	4.2
Cosmarium difficile	5.1	7.2	5.4	Euastrum pectinatum	3.9	8.0	4.2
Cosmarium granatum	6.1	8.5	6.4	Euastrum pinnatum	4.6	6.0	4.9
Cosmarium impressulum	3.9	9.4	4.2	Euastrum sinuosum	4.2	6.5	4.5
Cosmarium margaritiferum	3.9	7.3	4.2	Euastrum validum	5.5	6.7	5.8
Cosmarium meneghini	4.5	8.6	4.8	Euastrum verrucosum	4.9	7.8	5.2
Cosmarium moniliforme	5.7	7.5	6.0	Micrasterias jenneri	4.1	6.3	4.4
Cosmarium monomazum v. polymazum	5.5	7.2	5.8	Micrasterias truncata	3.5	7.3	3.8
Cosmarium nymannianum	4.8	6.6	5.1	Pleurotaenium ehrenbergii	4.5	8.0	4.8
Cosmarium ornatum	5.4	7.2	5.7	Pleurotaenium minutum	3.9	6.5	4.2
Cosmarium orthostichum	5.5	7.2	5.8	Staurastrum aculeatum	6.4	6.8	6.6
Cosmarium portianum	5.5	7.3	5.8	Staurastrum alternans	5.3	7.3	5.6
Cosmarium pseudonitidulum v.	6.0	7.6	6.3	Staurastrum anatinum	3.9	7.2	4.2
Cosmarium pseudopyramidatum	3.9	7.3	4.2	Staurastrum arcticon	6.2	7.2	6.5
Cosmarium punctulatum	4.3	7.3	4.6	Staurastrum avicula	6.2	7.2	6.5
Cosmarium pyramidatum	3.9	7.3	4.2	Staurastrum cyrtocerum	6.9	7.2	7.0
Cosmarium quadrifarium	6.0	6.7	6.2	Staurastrum dickiei	6.6	7.2	6.8
Cosmarium quinarium	5.5	6.7	5.8	Staurastrum dilatatum	4.3	7.2	4.6
Cosmarium ralfsii	4.9	7.0	5.2	Staurastrum elongatum	6.7	6.7	6.7
Cosmarium reniforme	5.5	7.3	5.8	Staurastrum furcatum	6.0	6.7	6.2
Cosmarium retusifforme	7.2	7.2	7.2	Staurastrum hystrix	5.5	7.2	5.8
Cosmarium subcostatum	4.7	7.2	5.0	Staurastrum inconspicuum	5.5	6.7	5.8
Cosmarium subtumidum	4.3	8.5	4.6	Staurastrum ophiura v. cambrica	6.0	7.2	6.3
Cosmarium taxichondrum	6.7	6.7	6.7	Staurastrum paradoxum	4.1	6.8	4.4
Cosmarium tetraopthalmum	5.2	7.5	5.5	Staurastrum polymorphum	4.7	7.8	5.0
Cosmarium tinctum	5.6	8.0	5.9	Staurastrum punctulatum	3.3	6.7	3.6
Cosmarium tumidum	6.6	7.0	6.8	Staurastrum sebaldi v. ornatum	7.2	7.2	7.2
Cosmarium undulatum	6.7	9.4	7.0	Staurastrum simonyi	4.0	6.7	4.3
Cosmarium variolatum	4.2	8.2	4.5	Staurastrum vestitum	6.0	7.2	6.3
Cosmarium venustum	4.0	7.2	4.3	Staurodesmus bulnheimii v. subincus	5.5	6.7	5.8
Desmidium swartzii	4.5	7.8	4.8	Tetmemorus brebissonii	3.8	6.9	4.1
Docidium baculum	4.5	7.4	4.8	Xanthidium antilopaeum	5.4	7.2	5.7
Docidium undulatum	4.0	6.0	4.3	Xanthidium armatum	3.9	6.1	4.2
Euastrum ampullaceum	3.9	6.0	4.2	Xanthidium fasciculatum	6.5	7.2	6.7
Euastrum ansatum	3.9	7.8	4.2	Xanthidium variabile	5.5	6.7	5.8
Euastrum bidentatum	4.5	7.8	4.8				

Bijlage 2: Trofische indicatie van de aangetroffen Chironomidae

TROFIE-INDIKATIE	CHIRONOMIDAE-TAXA	A.Goorven	Beuven	Bergven 1,4	G.Huisven	Galgeven	Gerritsfles
humeus	Psectrocladius (A.) platypus	+	+	+	+	+	+
humeus	Acampocladius submontanus	+		+	+		
humeus	Zalutschia spec.	+		+	+		
humeus	Labrundinia longipalpus	+			+		
humeus	Paratendipes nudisquama						
oligotroof	Cladopelma gr. lateralis	+	+	+	+	+	+
oligotroof	Pagastiella orophila	+	+	+	+	+	+
oligotroof	Cricotopus (C.) near patens	+			+	+	+
oligotroof	Omisus? caledonicus	+			+		+
oligotroof	Stempellinella/Zavrelia				+		+
oligotroof	Heterotanytarsus apicalis	+				+	+
oligotroof	Heterotrissocladius marcidus						
oligo-mesotroof	Psectrocladius (P.) psilopterus	+	+	+	+	+	+
oligo-mesotroof	Endochironomus tendens	+		+	+	+	+
mesotroof	Parakiefferiella bathophila	+	+	+		+	+
mesotroof	Cladotanytarsus gr. mancus	+	+	+	+	+	+
mesotroof	Microtendipes gr. chloris	+	+	+	+	+	+
mesotroof	Lauterborniella agrayloides	+	+	+	+	+	+
mesotroof	Stictochironomus spec.				+		
meso-eutroof	Acricotopus lucens	+	+	+	+	+	
meso-eutroof	Polypedilum nubeculosum	+	+	+	+		
meso-eutroof	Tribelos intextus	+	+				
meso-eutroof	Endochironomus albipennis	+	+		+		+
meso-eutroof	Cricotopus (l.) spp.	+	+		+		
meso-eutroof	Cricotopus (l.) brevipalpus	+	+			+	
meso-eutroof	Demicryptochironomus vulneratus	+	+				
meso-eutroof	Einfeldia dissidens	+	+				
meso-eutroof	Einfeldia gr. pagana	+		+			
eutroof	Parachironomus vitiosus	+					
eutroof	Cladopelma gr. laccophila		+				
eutroof	Microchironomus tener		+				
semiterrestrisch	Limnophyes spp.	+	+	+	+	+	+
semiterrestrisch	Pseudorthocladius spec.			+	+	+	
semiterrestrisch	Metriocnemus spec.		+				
semiterrestrisch	Bryophaenocladius gr. muscicola						
indifferent/onbekend	Chironomus spp.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Corynoneura gr. scutellata	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Glyptotendipes gr. pallens	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Pentaneurini indet.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Procladius spp.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Psectrocladius (P.) gr. sordidellus	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Pseudochironomus spp.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Stenochironomus spec.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Tanytarsus spp.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Dicrotendipes spp.	+	+	+	+	+	+
indifferent/onbekend	Parachironomus gr. arcuatus	+	+	+			
indifferent/onbekend	Cricotopus (C.) spp.	+	+		+	+	+
indifferent/onbekend	Dicrotendipes gr. tritonus	+		+	+	+	+
indifferent/onbekend	Polypedilum gr. sordens	+		+	+	+	+
indifferent/onbekend	Polypedilum gr. uncinatum	+		+	+	+	+
indifferent/onbekend	Demeijerea rufipes	+		+	+	+	+
indifferent/onbekend	Cryptochironomus spp.		+	+	+		
indifferent/onbekend	Endochironomus gr. dispar		+	+		+	
indifferent/onbekend	Cladotanytarsus spec.			+	+		
indifferent/onbekend	Dicrotendipes lobiger	+			+		
indifferent/onbekend	Endochironomus lepidus	+					
indifferent/onbekend	Glyptotendipes spp.	+					
indifferent/onbekend	Orthocladinae gen?	+					
indifferent/onbekend	Euorthocladius spec.		+				
indifferent/onbekend	Nanocladius spec.		+				
indifferent/onbekend	Corynocera ambigua			+			
indifferent/onbekend	Glyptotendipes gr. caulicola			+			
indifferent/onbekend	Phaenopsectra spec.			+			
indifferent/onbekend	Chaetocladius spec. Herkenbosch			+			
	TOTAAL AANTAL TAXA	46	36	33	37	29	26

Bijlage 3: Achterste Goorven Soortamenstelling Desmidiaceae

Diepte in cm		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Jaar van afzetting		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	pH [H]	1840	1850	1860	1870	1880	1900	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1975	1980
	gem.														
Closterium spec.															
Closterium striolatum	4.2							0.3	0.8					0.2	0.3
Cosmarium angulosum v. concinnum	5.8	1.0	1.2	1.0	1.3		1.0	0.3	0.3	0.7	1.0	0.8	1.2	0.7	0.3
Cosmarium blyttii	5.8	1.5	1.2	1.0	0.3	0.4	1.2		0.3	1.2	1.3	2.3	0.7	0.5	1.5
Cosmarium botrytis	5.8	13.3	3.1	1.4	3.5	2.1	6.5	1.7	0.3	0.2					
Cosmarium connatum	5.8				0.6										
Cosmarium contractum v. ellipsoideum	5.7	2.3	6.2	8.1	4.2	1.8									
Cosmarium cucurbita	3.5						3.0								
Cosmarium difficile	5.4		1.5	1.0	0.3	1.1	0.7		0.3	0.7	1.6	1.3	1.7	1.9	0.8
Cosmarium granatum	6.4	1.5	2.3	0.3	0.3	0.7	1.2	0.3		1.0	0.3		0.2	1.0	
Cosmarium impressulum	4.2	1.3	2.7	1.4	0.6	0.7	0.2	0.7	0.3						
Cosmarium margaritifera	4.2	10.3	0.4	0.3	0.3	1.1	23.9	1.3	2.8	1.0	1.0	8.6	2.4	0.2	0.8
Cosmarium meneghini	4.8			0.3											
Cosmarium moniliforme	6.0	0.3		0.3		0.7		0.3							
Cosmarium monomazum v. polymazum	5.8	1.0	4.6	1.7	4.2	6.4	1.2	1.7	2.6	1.7	1.3	1.0	0.5	0.5	
Cosmarium ornatum	5.7			0.3	1.0	1.8	2.2	1.7	1.0	1.5	3.8	1.0	1.5	1.0	0.8
Cosmarium orthostichum	5.8						0.2	0.7	1.0	1.2	1.6	1.0	0.7	0.5	
Cosmarium portianum	5.8	0.5	0.4	0.3	1.0		0.2	0.3	0.5	0.2	1.0	0.3	1.2	0.5	
Cosmarium pseudopyramidatum	4.2	0.8			1.6		0.7	0.3	1.5	1.2	1.0	0.8	1.0	2.9	0.3
Cosmarium punctulatum	4.6			1.4	0.3	0.4		0.7		0.2					
Cosmarium pyramidatum	4.2	1.5		0.3		0.4	5.5	1.3	1.3	0.7	0.3	5.3	1.5	0.5	0.3
Cosmarium quinarium	5.8						0.2			0.2	0.6	0.3	0.2	0.2	
Cosmarium retusifera	7.2			0.3		0.4				0.5					
Cosmarium subcostatum	5.0	2.5	1.9	2.0	1.6	1.4		0.3							
Cosmarium subumidum	4.6	1.8	3.5	3.4	4.2	3.2	2.0	3.0	2.6	1.5	6.1	1.8	1.7	0.7	0.5
Cosmarium taxichondrum	6.7						0.2								
Cosmarium tumidum	6.8	7.5	19.3	14.6	15.8	15.2	3.5	17.5	12.6	5.6	9.3	3.6	3.4	1.9	1.5
Cosmarium undulatum	7.0	0.5					1.0	0.3							
Cosmarium variolatum	4.5	14.5	26.3	19.7	13.9	19.4	13.2	15.5	10.3	9.3	8.3	6.3	4.4	4.8	1.8
Desmidiium swartzii	4.8					0.4	0.5	0.3							
Dicidium baculum	4.8	0.8					1.7	0.3				0.3	0.5		
Euastrum ampullaceum	4.2	0.3			1.0		0.5	0.3	1.0	1.0	0.6	1.8	2.9	1.9	0.8
Euastrum ansatum	4.2	0.3			0.3		1.5	0.3	0.8	0.7	0.3	3.3		0.2	
Euastrum binale v. gutwinskii	4.2	0.3	1.9		1.9	1.4	0.2	3.3	1.8	1.7	1.6		0.7	0.5	1.0
Euastrum crassum	4.2	2.5	0.8	1.4	3.9	2.1	0.2	6.6	11.5	9.3	8.0	2.8	3.9	7.4	3.5
Euastrum denticulatum	4.2	0.8		0.3	0.6	3.5	2.5	3.0	3.6	1.7	3.2	5.1	2.2	1.7	5.0
Euastrum elegans	4.3	1.8	0.8	0.7	0.3	0.4	2.0	0.3	0.3			1.0	0.5	0.2	
Euastrum humerosum	4.2	0.5		0.3	0.6		2.0	0.3	0.3	0.2	0.3	1.0	1.0	0.2	0.3
Euastrum inerme	3.3	0.8		0.3	1.3	0.7	1.5	1.7	2.1	3.7	6.1	2.5	4.4	6.0	5.3
Euastrum insulare	4.6	0.5		0.7		4.2	5.5					0.3	0.2	0.5	0.3
Euastrum oblongum	4.2	0.8													
Euastrum pectinatum	4.2	5.0	3.9	7.5	6.1	3.5	2.2	5.9	4.9	5.1	3.8	2.8	2.2	2.6	1.8
Euastrum pinnatum	4.9	0.8	0.4	0.3	2.9	1.4	1.0	2.3	3.3	3.9	1.3	2.0	1.5	4.1	2.0
Euastrum validum	5.8	0.5			0.6		0.5	0.7	0.3	1.0	1.6	1.0	0.7	1.0	1.0
Euastrum verrucosum	5.2	2.8	0.4	1.4	0.3	0.4	0.7								
Micrasterias truncata	3.8				0.6			0.7	0.3	0.5		0.5		0.2	0.8
Pleurotaenium ehrenbergii	4.8	1.8	2.3	1.4		0.4			0.3	0.5	0.3		0.7	0.2	
Pleurotaenium minutum	4.2	0.8	0.8	1.0	0.6	0.7	1.0	1.3	2.1	4.6	2.2	2.3	11.2	7.6	1.3
Staurastrum aculeatum	6.6														
Staurastrum alternans	5.6						0.2			0.2		0.5			1.5
Staurastrum anatinum	4.2	2.0	0.4	0.3	2.9	0.7	1.2	3.3	6.9	8.8	5.8	15.5	12.0	12.2	6.3
Staurastrum arcticon	6.5	0.3					0.2							0.5	0.5
Staurastrum avicula	6.5														
Staurastrum cyrtocentrum	7.0				0.3					0.7			0.2	0.5	
Staurastrum dickiei	6.8														
Staurastrum furcatum	6.2											0.3			
Staurastrum hystrix	5.8	0.3													
Staurastrum inconspicuum	5.8				0.4		0.3	0.3	0.2	1.0	0.5	0.7	0.5		
Staurastrum ophiura v. cambrica	6.3	0.3	1.2	1.0	0.6	9.2	1.5	1.3	2.8	1.0	1.0		0.5	0.2	0.3
Staurastrum paradoxum	4.4				0.6										
Staurastrum polymorphum	5.0				0.3		0.2	0.7	0.3	0.5	0.3		0.7	1.0	0.5
Staurastrum punctulatum	3.6	1.5	0.4	0.7	2.6	1.4	0.7	1.3	1.8	4.2	6.7	7.4	15.6	15.5	18.3
Staurastrum sebaldi v. ornatum	7.2	11.3	12.4	22.0	6.5	8.1	4.7	0.3	0.5						
Staurastrum simonyi	4.3														
Staurastrum vestitum	6.3													0.2	
Staurodesmus bulnheimii v. subincus	5.8				0.3	0.4	0.2	0.7	0.8	1.5	0.6	1.0	0.5	0.5	0.3
Tetramorus brebissonii	4.1				0.3		0.2				0.3	0.3	0.2	0.7	
Xanthidium antilopaeum	5.7					0.4			0.3						
Xanthidium armatum	4.2	2.3		1.0	9.0	3.2	1.0	11.9	14.9	17.8	14.4	9.1	12.7	13.8	36.5
Xanthidium fasciculatum	6.7					0.4									
Xanthidium variabile	5.8						0.2		0.5	1.5	0.6	2.0	0.7	1.2	2.3
Totaal in %		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal aantal soorten		41	26	37	42	38	47	45	41	42	39	40	41	45	35
Totaal aantal individuen		400	259	295	310	283	402	303	390	409	313	394	409	419	400
pH Desmidiaceae		5.22	5.54	5.62	5.17	5.40	4.84	4.96	4.76	4.60	4.66	4.46	4.34	4.29	4.27

Bijlage 4: Achterste Goorven Soortsaamenstelling Chironomidae

Diepte in cm			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Jaar van afzetting			14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	pH	pH	1840	1850	1860	1870	1880	1900	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1975	1980
	Chir. 1	Chir. 2														
TANYPODINAE																
Labrundinia longipalpus	4.0	?				0.6		1.0		1.3	0.6			0.6		
Pentaneurini indet.	?	?	11.5	13.2	8.1	12.5	11.9	19.4	11.5	13.2	12.9	14.7	11.5	11.6	13.0	17.8
Procladius spp.	?	?	2.7	2.8	4.0	3.4	3.8	3.9	1.8	2.5	3.5	0.9	1.6	1.7	2.7	1.1
ORTHOCLADINAE																
Acampocladius submontanus	4.0	4.10			0.7			1.0								
Acricotopus lucens	6.5	6.28			0.7	0.6	0.3			1.6						
Corynoneura gr. scutellata	?	5.83		0.7		0.6	0.6									
Cricotopus (C.) patens	?	?		0.3	0.7	0.8					0.6		0.5		1.3	1.1
Cricotopus (C.) spp.	?	?	0.5					0.5	0.6		0.6		0.5			
Cricotopus (l.) brevipalpus	?	?	0.5					1.0	0.9		0.6	1.5	1.8			
Cricotopus (l.) spp.	?	?	0.3													
Heterotanytarsus apicalis	5.0	?	0.3	0.7	0.7	0.6		0.2								
Limnophyes spp.	?	?			0.3			0.2								
Parakiefferiella bathophila	6.5	7.13	3.6	3.8	3.7	2.8	1.6	0.5	1.2	3.8	2.3	2.9			0.7	1.1
Psectrocladius (A.) platypus	4.0	4.21	0.8	1.4			0.6	0.5	1.2	1.6	0.6	3.2	2.1	3.2	1.7	3.0
Psectrocladius (P.) psilopterus	5.0	4.97	13.2	13.2	8.1	4.8	3.1	5.1	8.5	6.6	4.7	4.7	3.9	7.0	3.3	4.0
Psectrocladius (P.) gr. sordidellus	?	?	7.7	6.6	9.1	9.1	9.7	15.5	15.8	15.4	17.3	13.8	19.9	11.3	6.0	9.2
Zalutschia spec.	5.0	?	0.3	0.7		0.3		0.5		0.6	1.2	1.2		1.2		
Orthocladinae gen?	?							0.2								
CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI																
Chironomus spp.	?	?	2.7	1.4	1.3	3.4	3.8	1.7	1.2	5.0	3.2	7.1	7.9	16.2	13.3	18.9
Cladopelma gr. lateralis	5.0	6.30	1.1	0.7	0.7	2.3	4.4	6.3	6.7	6.3	4.1	4.1	3.1	4.6		
Demeijerea rufipes	6.5	?	0.3													
Demicryptochironomus vulneratus	?	5.74					0.3				0.6				0.7	
Dicrotendipes gr. tritonus	?	?	5.5			5.7		1.9	5.5	4.4	3.5	0.6	2.1	3.5	3.3	0.5
Dicrotendipes lobiger	?	5.90				0.6			0.6	0.6	0.6					
Dicrotendipes spec.	?	?	5.5	8.4	6.7	6.8	4.4	3.4	4.2	3.8	11.1	6.5	10.5	4.6	11.0	10.8
Einfeldia dissidens	6.5	7.90	2.2	0.7	1.3	2.3	1.9	1.0				1.2				
Einfeldia gr. pagana	6.5	7.60					0.6	1.9								
Endochironomus albipennis	6.5	6.57			0.7				0.3							
Endochironomus lepidus	?	?														
Endochironomus tendens	5.0	5.05										1.8			0.7	
Glyptotendipes gr. pallens	?	?	1.1												0.7	
Glyptotendipes spp.	?	?						1.5			0.6	2.4	2.1	2.9	6.3	3.2
Lauterborniella agrayloides	6.5	6.54	2.7	2.1	2.0	0.6	3.1	1.0	1.2	0.6	0.6					1.1
Microtendipes gr. chloris	6.5	7.25	2.2	2.8	2.0	2.5	0.9	3.6	1.8	0.6	0.6	0.6	0.5			0.5
Omisus? caledonicus	6.5	6.33	1.1			0.6	1.6	2.2	3.9	1.3	1.8	1.2	0.5	1.2	0.7	
Pagastiella orophila	6.5	6.61		0.7	1.3		0.6									
Parachironomus gr. arcuatus	?	?		0.7												
Parachironomus vitiosus	6.5	6.67		0.7												
Polypedilum nubeculosum	6.5	7.31	0.5	2.1	2.0	2.8	5.0			0.6		0.6			0.7	
Polypedilum gr. sordens	6.5	6.19				0.8	0.3									
Polypedilum gr. uncinatum	?	5.47	4.4	4.2	0.7	3.4	1.9	1.9	2.4	1.3	1.2	1.8	2.6	1.2	0.7	1.1
Pseudochironomus spp.	?	?	8.5	6.6	10.8	10.8	3.1	3.6	4.5	3.1	4.4	5.0	11.3	11.9	10.3	11.1
Stenochironomus spec.	6.5	4.30	0.5	0.7	0.7											
Tribelos intextus	6.5	5.91	0.5	0.7	0.7	0.6	1.3		1.2							
CHIRONOMINAE, TANYTARSINI																
Cladotanytarsus gr. mancus	6.5	6.89	6.0	6.3	10.8	5.1	5.6	1.9	2.4	2.5	2.3	1.2	1.0	1.2		
Tanytarsus spp.	?	?	13.7	17.8	22.2	15.9	28.8	18.4	22.4	22.3	19.6	22.6	15.7	15.7	23.0	15.6
Totaal in %			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal aantal soorten			28	26	25	27	26	29	22	23	25	23	20	18	19	16
Totaal aantal halve kopkapsels			365	287	297	353	319	413	330	319	342	340	381	345	300	371
pH Chironomidae 1			5.48	5.54	5.82	5.61	5.86	5.33	5.16	5.18	5.25	4.76	4.71	4.57	4.80	4.39
pH Chironomidae 2			6.02	6.00	6.36	6.44	6.52	6.22	5.92	6.04	6.07	5.91	5.58	5.43	5.47	5.19

Bijlage 5: Groot Huisven Soortsamenstelling Desmidiaceae

Diepte in cm		9	7	5	3
		7	5	3	0
Jaar van afzetting		1956	1965	1974	1981
	pH [H] gem.				
<i>Bambusina borrii</i>	4.4	0.3			
<i>Closterium striolatum</i>	4.2			1.5	1.1
<i>Cosmarium margaritiferrum</i>	4.2	3.3	2.5	1.0	
<i>Cosmarium monomazum</i> v. <i>polymazum</i>	5.8	2.5			
<i>Cosmarium nymannianum</i>	5.1	0.3		10.0	1.5
<i>Cosmarium ornatum</i>	5.7	1.0	0.5		0.3
<i>Cosmarium orthostichum</i>	5.8	2.3	2.8	0.8	
<i>Cosmarium pseudonitidulum</i> v.	6.3	0.5			
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i>	4.2	1.3		0.5	0.3
<i>Cosmarium pyramidatum</i>	4.2	8.8	6.0	1.0	
<i>Cosmarium quadrifarium</i>	6.2	1.0	5.8	1.0	0.3
<i>Cosmarium quinarium</i>	5.8	1.5			
<i>Cosmarium ralfsii</i>	5.2	0.3			
<i>Cosmarium reniforme</i>	5.8	0.8			
<i>Cosmarium subumidum</i>	4.6		1.5	11.8	0.5
<i>Cosmarium tetraophtalmum</i>	5.5	1.8			
<i>Cosmarium tinctum</i>	5.9		0.3		
<i>Cosmarium tumidum</i>	6.8	7.8	6.3	3.0	3.0
<i>Cosmarium undulatum</i>	7.0	1.3			
<i>Cosmarium variolatum</i>	4.5	9.3	0.5		0.3
<i>Cosmarium venustum</i>	4.3	4.8	17.8	6.3	2.5
<i>Docidium baculum</i>	4.8	3.0			
<i>Docidium undulatum</i>	7.0			0.3	
<i>Euastrum ampullaceum</i>	4.2	3.3	3.8	1.8	6.1
<i>Euastrum bidentatum</i>	4.8		0.3	1.0	0.5
<i>Euastrum crassum</i>	4.2	5.3	7.3	24.8	13.4
<i>Euastrum denticulatum</i>	4.2	1.0	0.5		
<i>Euastrum binale</i> v. <i>gutwinskii</i>	4.2				0.3
<i>Euastrum humerosum</i>	4.2	1.0	0.8		
<i>Euastrum inerme</i>	3.3	5.0	3.0	2.0	
<i>Euastrum pectinatum</i>	4.2	6.5	3.3	1.3	0.8
<i>Euastrum pinnatum</i>	4.9	3.5	1.0	1.5	10.0
<i>Euastrum sinuosum</i>	4.5	0.3			
<i>Micrasterias jenneri</i>	4.4		0.3	5.3	3.4
<i>Micrasterias truncata</i>	3.8			1.5	2.2
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>	4.8	4.0	1.8		
<i>Pleurotaenium minutum</i>	4.2	12.3	21.8	5.3	7.8
<i>Staurastrum anatinum</i>	4.2	1.0	1.0	1.0	
<i>Staurastrum elongatum</i>	6.7		0.8	3.0	0.5
<i>Staurastrum dilatatum</i>	4.6	1.5	3.3	0.8	
<i>Staurastrum punctulatum</i>	3.6		0.8	7.3	39.0
<i>Staurastrum simonyi</i>	4.3			0.3	0.5
<i>Staurodesmus bulnheimii</i> v. <i>subincus</i>	5.8		0.5		
<i>Tetmemorus brebissonii</i>	4.1		0.3		
<i>Xanthidium armatum</i>	4.2	3.8	6.0	5.8	5.0
<i>Xanthidium variabile</i>	5.8			0.3	
Totaal in %		100	100	100	100
Totaal aantal soorten		32	28	27	22
Totaal aantal individuen		400	400	400	400
pH Desmidiaceae		4.67	4.58	4.49	4.15

Bijlage 6: Groot Huisven Soortsamenstelling Chironomidae

Diepte in cm			19	15	13	11	9	7	5	3
Jaar van afzetting			17	13	11	9	7	5	3	0
			1932	1941	1944	1947	1956	1965	1974	1981
	pH	pH								
	Chir. 1	Chir. 2								
TANYPODINAE										
Pentaneurini indet.	?	?	14.7	19	13.3	10.4	33.9	37.4	36.2	28.5
Procladius spp.	?	?	2.3	4.6	2.7		3.5	5.3	5.6	5.2
ORTHOCLADINAE										
Acamptocladius submontanus	4.0	4.10								
Acricotopus lucens	6.5	6.28								0.8
Chaetocladius spec. Herkenbosch	?	?					0.4			
Corynoneura gr. scutellata	?	5.83	3.6					0.2		
Cricotopus (C.) spp.	?	?	0.5	0.4			1.6	3.1	1.3	1.2
Cricotopus (C.) patens	?	?		0.4			0.6	0.4		0.2
Heterotrissocladius marcidus	6.5	?								0.4
Limnophyes spp.	?	?	1.5					0.2		
Parakiefferiella bathophila	6.5	7.13					1.7	1.6		
Psectrocladius (A.) platypus	4.0	4.21	2.3	0.2	1.1	0.7	2.9	2.1	21.8	14.6
Psectrocladius (P.) gr. sordidellus	?	?	19.5	13.5	14.4	10.4	15.1	23.3	14.7	2.7
Psectrocladius (P.) psilopterus	5.0	4.97	11.8	8.5	7.9	17.2	7.0	2.1	1.1	
Pseudorthocladius spec.	?	4.77	1	1			0.6	1.8		
Zalutschia spec.	5.0	?	1	1	0.3	0.7				
CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI										
Chironomus spp.	?	?	2.6	0.2	0.8		1.2	3.5	3.4	22.1
Cladopelma gr. lateralis	5.0	6.30		0.6	0.5		0.8		0.4	
Demeijerea rufipes	6.5	?			1.1	1.5	0.4			
Dicrotendipes gr. tritonus	?	?	6.4	9.7	7	3.7	0.8	3.1	1.7	0.8
Endochironomus albipennis	6.5	6.57		0.4	0.5					0.4
Glyptotendipes gr. pallens	?	?	1			1.5			0.4	9.6
Lauterborniella agraylodes	6.5	6.54		0.4	0.5	1.5	0.8			0.4
Microtendipes gr. chloris	6.5	7.25	10.3	13	12.5	3.0	1.2			
Omisus? caledonicus	6.5	6.33			1.1	1.5	1.6			
Pagastiella orophila	6.5	6.61	0.5	0.8						
Parachironomus gr. arcuatus	?	?					1.0			
Paratendipes nudisquama	5.0	3.60	1.5	0.4						
Polypedilum gr. sordens	6.5	6.19	0.3	0.4	0.5					
Polypedilum gr. uncinatum	?	5.47	1	2.5	4.3	6.0	11.4	3.9	6.5	2.9
Pseudochironomus spp.	?	?	8.2	10.1	16	17.9	1.4	4.1	3.4	3.1
Stenochironomus spec.	6.5	4.30	0.5	0.8	2.2		3.1	1.2		
Stictochironomus spec.	6.5	7.12	0.5	0.8						
Tribelos intextus	6.5	5.91		0.6	1.6					
CHIRONOMINAE, TANYTARSINI										
Cladotanytarsus gr. mancus	6.5	6.89	2.1	6.6	2.7	4.5	1.2		0.4	
Cladotanytarsus spec.	?	?		0.4			1.2	5.1		
Tanytarsus spp.	?	?	6.9	3.7	8.5	19.5	6.6	1.6	3.1	7.1
Totaal in %			100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal aantal taxa			23	26	22	15	24	18	14	16
Totaal aantal halve kopkapsels			389	483	368	134	516	514	464	520
pH Chironomidae 1			5.42	5.65	5.57	5.29	5.41	5.00	4.26	4.29
pH Chironomidae 2			5.79	6.28	6.10	5.62	5.36	5.10	4.62	4.57

Bijlage 7: Galgeven bij Tilburg Soortsamenstelling Chironomidae

[illegible]

Bijlage 8: Gerritsfles Soortnamenstelling Chironomidae

Diepte in cm			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Jaar van afzetting			9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	pH	pH	1875	1900	1915	1930	1940	1950	1954	1960	1969	1978
	Chir. 1	Chir. 2										
TANYPODINAE												
Pentaneurini indet	?	?	11.2	1.2	10.4	12.8	15.4	15.9	16.3	17.0	14.7	13.6
Procladius spp.	?	?	3.4	1.2	2.5	2.1	2.1	3.5	2.3	1.3	2.2	0.4
ORTHOCLADINAE												
Corynoneura gr. scutellata	?	5.83	0.4	0.0	0.4	0.7	0.4	0.4	1.1			
Cricotopus patens	?	?	0.4	0.4	0.2							
Limnophyes spp.	?	?	0.4									
Parakiefferiella bathophila	6.5	7.13	1.8	1.6	1.1	0.7	0.8	0.6				
Psectrocladius (A.) platypus	4.0	4.21	1.1	0.4	1.2	0.9	1.0	2.7	2.1	2.1	4.0	1.3
Psectrocladius (P) gr. sordidellus	?	?	12.4	10.7	14.6	15.5	23.4	21.3	24.4	19.5	12.7	16.9
Psectrocladius (P) psilopterus	5.0	4.97	4.0	8.0	3.4	1.8	1.6	1.6	0.5	1.2	2.2	0.4
CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI												
Chironomus spp.	?	?	8.3	9.5	10.1	10.4	11.7	14.5	12.2	13.3	20.9	19.0
Cladopelma gr. lateralis	5.0	6.3	2.7	2.1	2.5	0.7	0.8	0.4	1.1			
Dicrotendipes gr. tritonus	?	?	5.8	7.8	6.7	9.7	3.3	6.2	6.0	7.1	3.1	3.8
Endochironomus tendens	5.0	5.05	0.2	1.0	0.7	0.4		0.4				
Glyptotendipes gr. pallens	?	?		0.4		0.4						
Microtendipes gr. chloris	6.5	7.25	11.0	16.5	9.3	8.1	9.7	4.8	0.9	1.7	0.9	1.5
Omisus? caledonicus	6.5	6.33								0.2		
Pagastiella orophila	6.5	6.61		0.4		0.4	0.4					
Parachironomus gr. arcuatus	?	?	0.4	0.4	0.4							
Polypedilum gr. sordens	6.5	6.19										
Polypedilum gr. uncinatum	?	5.47	1.3	2.7	1.8	2.1	3.9	1.2	2.8	1.5	0.9	0.4
Pseudochironomus spp.	?	?	3.4	4.5	2.5	3.3	4.5	5.0	5.3	8.5	9.1	8.4
Stenochironomus spec.	6.5	4.3										
Tribelos intextus	6.5	5.91	1.4	2.3	2.1	2.1	1.2	1.2	0.9	0.6	0.2	
CHIRONOMINAE, TANYTARSINI												
Cladotanytarsus gr. mancus	6.5	6.89	0.7		0.7	2.5	1.4	0.8				
Stempellinella/Zavrelia	6.5	7.6	0.7									
Tanytarsus spp.	?	?	29.3	28.8	29.6	25.7	18.5	19.6	23.4	25.6	28.5	33.5
Totaal in %			100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
Totaal aantal taxa			21	20	19	19	17	17	14	15	13	13
Totaal aantal halve kopkapsels			556	486	567	569	513	516	565	519	551	478
pH Chironomidae 1			5.68	5.69	5.62	5.65	5.78	5.35	5.03	5.08	4.88	5.10
pH Chironomidae 2			6.45	6.34	6.29	6.41	6.44	5.99	5.50	5.52	4.93	5.90

Bijlage 9: Bergven Soortsamenstelling Chironomidae

Diepte in cm			53.8	48.8	43.8	38.8	33.8	28.8	23.8	18.8	13.8	8.8	3.8	1.3
Jaar van afzetting			58.8	53.8	48.8	43.8	38.8	33.8	28.8	23.8	18.8	13.8	8.8	3.8
	pH	pH	12.000 bP					1795	1825	1855	1908	1920	1937	1965
	Chir. 1	Chir. 2												
TANYPODINAE														
Pentaneurini indet.	?	?					12.5				2.4		2.6	1.4
Procladius spp.	?	?	0.4							12.9	2.9			
ORTHOCLADINAE														
Acricotopus lucens	6.5	6.28												
Corynoneura gr. scutellata	?	5.83											0.3	0.7
Limnophyes spp.	?	?									1.2		16.4	1.4
Psectrocladius (A.) platypus	4.0	4.21			2.8		12.5	16.7					2.0	
Psectrocladius (P) gr. sordidellus	?	?					18.8	5.6			5.3		9.9	13.8
Psectrocladius (P) psilopterus	5.0	4.97									17.6	26.7	12.2	10.9
Pseudorthocladus spec.	?	4.77									6.5	6.7	3.0	2.2
Zalutschia spec.	5.0	?											1.0	
CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI														
Chironomus spp.	?	?	0.4	19.0										
Cladopelma gr. lateralis	5.0	6.30									2.4	13.3	1.3	4.3
Cryptochironomus spp.	?	6.14			1.4		12.5	11.1	3.2		1.2			
Dicrotendipes gr. tritonus	?	?									1.2			
Dicrotendipes spp.	?	?	0.4		2.8				3.2		2.9	13.3	0.7	
Endochironomus tendens	5.0	5.05		4.8	1.4									
Endochironomus gr. dispar	?	6.11	0.2								6.5	6.7	17.1	34.8
Einfeldia gr. pagana	6.5	7.60												
Glyptotendipes gr. caulicola	?	?	4.4								2.4		0.7	
Glyptotendipes gr. pallens	?	?	0.9	19.0	9.7	21.1	25.0							
Microtendipes gr. chloris	6.5	7.25	4.4	4.8										
Polypedilum nubeculosum	6.5	7.31	3.5						3.2		12.9	6.7	2.0	0.7
Polypedilum gr. sordens	6.5	6.19												
Polypedilum gr. uncinatum	?	5.47			2.8								1.6	0.7
Pseudochironomus prasinatus	?	?									2.4		5.9	8.0
Stenochironomus spec.	6.5	4.30	0.4								2.4		2.3	5.1
CHIRONOMINAE, TANYTARSINI														
Cladotanytarsus gr. mancus	6.5	6.89	0.9											
Cladotanytarsus spec.	?	?											0.7	1.4
Corynocera ambigua	?	?	82.4	23.8	31.9	10.5							2.0	1.4
Tanytarsus spp.	?	?	1.7	28.6	47.2	68.4		66.7	77.4	100	27.1	26.7	18.4	11.6
Totaal in %			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal aantal taxa			12	6	8	3	6	4	5	1	17	7	19	16
Totaal aantal halve kopkapsels			459	21	72	19	16	18	31	2	170	15	304	138
pH Chironomidae 1							>>	4.42	<<		5.45		5.02	4.94
pH Chironomidae 2							>>	5.36	<<		5.92		5.33	5.01

Diepte in cm			20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Jaar van afzetting			1851	1864	1877	1890	1903	1916	1926	1936	1945	1955	1961	1966	1971	1974	1976	1978	1980	1982	1983	1984
	pH	pH																				
	Chir. 1	Chir. 2																				
TANYPODINAE																						
Pentaneurini indet.	?	?	7.3	5.6	7.8	4.8	4.1	3.6	6.5	2.7	9.3	3.8		3.2	0.8	1.5	5.9	7.8	3.5	4.7	4.7	7.3
Procladius spp.	?	?	5.3	6.8	8.6	10.4	8.1	8.9	10.9	9.9	15.2	12.5	28.6	10.9	10.6	22.6	11.3	15.8	25.7	21.4	24.9	19.0
ORTHOCCLADINAE																						
Corynoneura gr. scutellata	?	5.83		0.4	0.4	1.9	1.1	1.4	0.8	0.4							0.8	1.9		0.9	1.1	1.2
Cricotopus (C) spp.	?	?	0.2	1.0	1.0	0.6	1.3	2.9	0.2	0.4	0.7	0.8	3.6	0.3	0.8	1.1	0.4	1.7	1.0	0.5	0.5	0.3
Acricotopus lucens	6	6.28	0.2	0.4					0.4	0.2				0.6		0.7	0.4				0.5	
Cricotopus brevipalpus	?	?	2.2	0.8			0.2		0.2													
Cricotopus (I) spp.	?	?		3.3	4.2	2.4	3.4	4.8	2.8	1.6	2.6	1.7	3.6	2.6	3.0	2.6	2.1	1.3	3.0	0.5	1.9	3.8
Euorthocladius spec.	?	?																				
Limnophyes spp.	?	?		0.2										0.3								
Metriocnemus spec.	?	?															0.4					0.3
Nanocladius spec.	6.5	6.94			0.4						0.2							0.4				0.6
Parakiefferiella bathophila	6.5	7.13		0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2					0.3								
Psectrocladius (A) platypus	4	4.21	1.6	0.6	0.4	1.7	0.6	0.7	3.0	0.8	0.7	2.1		1.6	3.0	1.5	0.4	1.3				0.6
Psectrocladius (P) gr. sordidellus	?	?	4.1	3.9	3.4	3.5	5.6	6.0	5.3	7.2	9.3	6.3	5.4	6.7	3.8	8.4	5.5	7.2	4.5	4.2	5.5	6.4
Psectrocladius (P) psilopterus	5	4.97	0.8	1.0	1.3	0.6	1.5	1.9	0.8	0.6								0.2		0.9		1.5
CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI																						
Chironomus spp.	?	?	7.6	5.6	2.7	3.9	3.4	2.9	5.7	3.9	4.6	10.0	8.9	4.5	12.9	4.0	4.6	1.9	5.4	10.7	10.4	7.0
Cladopelma gr. laccophila	6.5	8.45																0.4				
Cladopelma gr. lateralis	5	6.3		0.4	0.4	0.2	0.2		0.4	0.8												
Cryptochironomus spp.	?	6.14	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	1.3	1.3		1.3	0.8	0.7	0.4	1.1		1.4		0.3
Demicryptochironomus vulneratus	?	5.74	0.8				0.2			0.4						0.7					0.5	0.6
Dicortendipes spp.	?	?	5.1	4.4	4.6	3.2	2.6	3.4	4.2	4.5	0.7	1.3		0.6	1.5	0.4	2.1	0.6	0.5		0.8	0.9
Einfeldia gr. dissidens	6.5	7.9					0.4											0.6	1.0	2.8	0.8	
Endochironomus albipennis	6.5	6.57	0.2	0.4	0.6	0.4	1.1	0.7		0.4			1.8				0.8		0.5			0.3
Endochironomus gr. dispar	?	6.11	0.2	1.5	2.3		1.3	0.7	0.6	0.4	0.7			0.6		0.7						0.6
Glyptotendipes gr. pallens	?	?	1.0	1.9	1.9	3.7	2.8	3.1	2.0	1.0	5.3	5.0	8.9	5.4	5.3	6.6	3.4	5.9	2.0		3.0	2.9
Lauterborniella agrayloides	6.5	6.54				1.1	0.4	1.0		0.4	1.3	0.8										
Microchironomus tener	6.5	8.55															0.7					
Microtendipes gr. chloris	6.5	7.25	18.8	13.3	9.5	11.3	10.3	12.3	7.5	11.3	9.9	12.9	16.1	14.7	18.9	10.2	12.2	6.3	7.9	4.2	7.1	6.7
Pagastiella orophila	6.5	6.61								0.4		0.8										
Parachironomus gr. arcuatus	?	?	0.4	0.2	0.4	0.4	0.8	0.7	0.4	1.4		1.3		1.9	3.0		1.3	1.7		1.9	1.6	2.3
Polypedilum nubeculosum	6.5	7.31	5.7	4.4	3.8	5.8	4.5	3.8	5.1	5.2	0.7	1.3		2.2	1.5	1.5	3.4	2.7	4.5	2.8	3.3	2.3
Pseudochironomus spp.	?	?	2.9	3.9	5.1	4.6	3.8	2.6	4.2	2.1	4.6	1.7	1.8	2.6	3.0	1.1	2.5	2.7	2.5	2.8	1.9	4.1
Stenochironomus spec.	~	4.3																				
Tribelos intextus	~	5.91				0.4		0.5		0.4										0.9		
CHIRONOMINAE, TANYTARSINI																						
Ciadotanytarsus gr. mancus	~	6.89	18.8	25.1	24.5	22.3	20.3	16.1	20.6	21.6	11.9	15.4	7.1	10.6	6.1	8.8	13.0	9.5	7.9	10.7	7.7	5.8
Tanytarsus spp.	\$		15.9	14.1	16.2	16.0	21.2	20.9	17.8	21.2	21.2	21.3	14.3	28.8	24.2	25.9	29.0	28.8	30.2	28.8	23.6	25.1
Totaal in %			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal aantal taxa			21	25	23	23	26	23	23	27	17	18	11	20	17	20	20	22	15	17	18	23
Totaal aantal halve kopkapsels			490	517	526	538	532	416	505	485	151	240	56	312	132	274	238	475	202	215	365	342
pH Chironomidae 1			6.28	6.29	6.24	6.27	6.25	6.35	6.08	6.38	6.2	6.27	6.4	6.24	6.11	6.48	6.34	6.14	6.31	6.25	6.34	5.98
pH Chironomidae 2			6.92	6.9	6.86	6.84	6.85	6.82	6.72	6.89	6.89	6.84	7.1	6.9	6.85	6.86	6.98	6.81	7.15	6.86	7.02	6.71

Bijlage 10: Beuven Soortsaamenstelling Chironomidae