HET VOORKOMEN VAN WATERPLANTEN IN DE VIJVERS VAN APELDOORN

Tekst en illustraties:

Martin Heinen, april 1982

Projectbegeleiding:
drs. H.P.J.J. Cuppen, bioloog
Samenwerkingsorgaan Oost-Veluwe

Lay out en vermenigvuldiging:
Regionale Milieuraad Oost-Veluwe
Postbus 748
7300 AS Apeldoorn

INHOUDSOPGAVE

	bladzijde
1. SAMENVATTING	1
2. INLEIDING	4
3. METHODE VAN HET VERZAMELEN EN VERWERKEN VAN DE GEGEVENS	7
4. DE WATERCHEMIE	9
4.1. Kwelverschijnselen	9
4.2. De zuurgraad	10
4.3. De alkaliniteit	12
4.4. De opname van koolstof uit het water	13
4.5. Voedingselementen in het water	13
5. DE RELATIE TUSSEN DE WATERCHEMIE EN DE PLANTENGROEI	16
5.1. Kwelverschijnselen in relatie tot de flora	16
5.2. De zuurgraad in relatie tot de plantengroei	16
5.3. De alkaliniteit in samenhang met de plantengroei	16
5.4. De invloed van de voedingselementen op de plantengroei	18
6. DE WATERPLANTEN	20
6.1. De groeivormen van waterplanten	20
6.2. Alfabetische lijst van de waargenomen waterplanten in de Apeldoornse vijvers	22
6.3. Bespreking van enkele vrij zelzame en zeldzame soorten, die zijn gevonden in de Apeldoornse vijvers	23
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	30
7.1. De resultaten van het onderzoek	30
7.2. Metingen verricht door de Katholieke Universiteit in Nijmegen	35
7.3. Een beschrijving van het beheer van de vijvers	36
7.4. Opmerkingen en aanbevelingen ten aanzien van het beheer van de vijverflora	36
8. OVERZICHT VAN DE GEBRUIKTE LITERATUUR	42
BIJLAGE 1	44

1. SAMENVATTING

In de nazomer van 1981 zijn de vijvers in Apeldoorn (zie kaart 1) geïnventariseerd op waterplanten. De resultaten van het onderzoek zijn verzameld in dit rapport en geven een beeld van de verscheidenheid aan planten in de Apeldoornse vijvers. Dit rapport is een deelstudie in het kader van een uitgebreid onderzoek naar de ecologische betekenis van de vijvers, onder toezicht van de Regionale Milieuraad Oost-Veluwe.
De waterplanten geven een globale indicatie van de chemische samenstelling van het water. In hoofdstuk 4 worden de verschillende chemische factoren en hun invloed op de plantengroei besproken. In enkele vijvers treden kwelverschijnselen op. Kwel is onder andere herkenbaar aan de bruine verkleuring van het water als gevolg van het neerslaan van ijzerhydroxide. Het uit de bodem ontvluchten van koolzuurgas is ook een bijzondere eigenschap van kwel.
De processen die onder invloed van de plantengroei plaatsvinden bepalen voor een groot deel de zuurgraad van het water. De zuurgraad hangt nauw samen met de alkaliniteit (buffercapaciteit) van het water. Aan de hand van de alkaliniteit kan de hardheid worden bepaald. Deze is in te delen in gradaties van zeer zacht tot hard.
Als laatste chemische factor worden enkele voedingselementen besproken. Over de invloed van verschillende voedingselementen op de plantengroei is nog maar weinig bekend. Daarentegen blijkt naar aanleiding van een gemaakte literatuurstudie, dat de invloed van kwel, zuurgraad en alkaliniteit op de plantengroei zeer groot kan zijn.
Hoofdstuk 5 is gewijd aan de relatie tussen de waterchemie en de plantengroei. De waterplanten zijn qua groei- en verschijningsvorm aangepast aan de chemische samenstelling van het water. In paragraaf 6.1 worden de groeivormen, die in de Apeldoornse vijvers zijn aangetroffen, behandeld. Tijdens het onderzoek zijn in de vijvers in totaal 26 soorten waterplanten gevonden, waarvan er negen vrij zeldzaam tot zeldzaam zijn.

Kaart 1

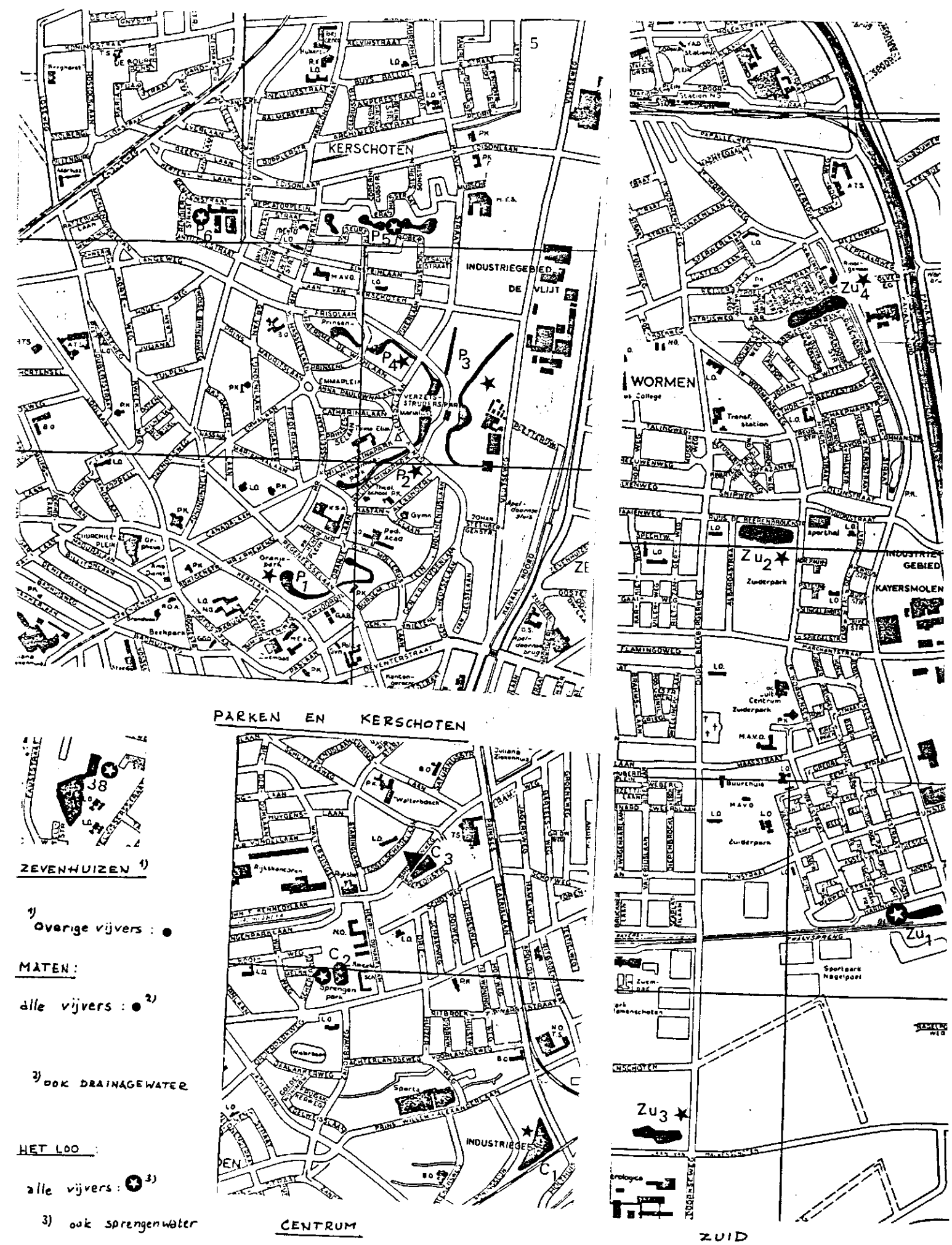
De ligging van de onderzochte vijvers in de verschillende wijken.



De resultaten van het onderzoek zijn uitgezet in tabel 1. Langs de vertikale as staan de plantesoorten in ecologische groepen gerangschikt. Langs de horizontale as zijn de vijvers geplaatst. Het voorkomen in een vijver van een waterplant is aangegeven met een kruisje. Door de planten en vijvers te verschuiven ontstaan er blokken, die worden gekarakteriseerd door bepaalde plantesoorten die een bepaald type water indiceren. Zo zijn er drie categorieën ontstaan, namelijk zacht water, zacht tot matig hard en matig hard tot hard water.
Twee vijvers in Zevenhuizen (vijver Ze 16 en Ze 17) zijn, dankzij de medewerking van enkele onderzoekers van de Katholieke Universiteit in Nijmegen, onderzocht op de chemische samenstelling van het water. Uit het onderzoek blijkt dat de indicatie van de aanwezige waterplanten overeenkomt met de chemische meetresultaten. Aan de hand van de resultaten van dit deelonderzoek en de overige deelonderzoeken, wordt getracht enige nieuwe beheersrichtlijnen op te stellen voor de vijvers. Deze richtlijnen kunnen leiden tot het behouden en vergroten van de aanwezige natuurwaarden. Voorstellen tot een alternatief beheer worden gegeven in paragraaf 7.4.

2. INLEIDING

Dit rapport is het tweede deelonderzoek in het kader van een uitgebreidere studie naar de ecologische betekenis van de vijvers in Apeldoorn. Het onderzoek wordt onder auspiciën van de Regionale Milieuraad Oost-Veluwe verricht.
Het eerste deelonderzoek gaat over de betekenis van de vijvers voor overwinterende watervogels en is samengesteld met medewerking van de Vogelwerkgroep Oost-Veluwe. Het laatste onderzoek gaat over de met het blote oog zichtbare ongewervelde waterdieren (de macrofauna).
Het is de bedoeling aan de hand van de resultaten van deze studies te komen tot een aantal nieuwe richtlijnen voor het beheer van vijvers. Deze zullen vooral zijn gericht op het behouden en/of vergroten van de aanwezige natuurwaarden. De belevingswaarde voor de mens zal hierdoor toenemen.
De opzet van dit rapport is de lezer een duidelijk beeld te geven van de flora die in de vijvers groeit, in relatie tot waterchemie en biotische factoren. Op kaart 1 (zie bladzijde 2) is de ligging van de vijvers in de verschillende wijken weergegeven.
De hoofdfuncties van de vijvers zijn het bergen van water en het verlagen van de grondwaterstand in het omringende gebied. Het milieu in en om de vijver speelt bij de aanleg een ondergeschikte rol.
Wat de waterberging betreft zijn de vijvers globaal te verdelen in drie typen. Het eerste type omvat de retentiebassins. In deze bassins blijft het verontreinigde regenwater permanent aanwezig. De bassins zijn voorzien van een waterdichte (meestal betonnen) bodem, zodat het water niet in contact kan komen met het grondwater.
Het tweede type bestaat uit vijvers waarin het vervuilde water tijdelijk wordt geborgen om daarna vermengd met het grondwater, via polderwatergangen te worden geloosd op de IJssel. De meeste vijvers in Apeldoorn behoren tot dit type.



Kaart 2: De functie van de vijvers

Tot het derde en laatste type worden de vijvers gerekend die alleen grond- en regenwater bevatten. Op kaart 2 wordt een overzicht gegeven van de ligging van de besproken vijvertypen.

3. METHODE VAN HET VERZAMELEN EN VERWERKEN VAN DE GEGEVENS

Tijdens de in de inleiding genoemde periode zijn de vijvers van Apeldoorn bekeken op de aanwezigheid van waterplanten. Onder waterplanten worden verstaan: *planten die hun gehele voortplantingscyclus (kunnen) doorlopen als alle vegetatieve delen (stengel, wortel en blad) zijn ondergedompeld of op het water drijven, of planten die normaliter ondergedoken optreden doch eerst tot generatieve voortplanting worden gedwongen als hun vegetatieve delen afsterven ten gevolge van uitdroging* (Den Hartog en Segal, 1964). Naast de waterplanten zijn ook de oever- en moerasplanten geïnventariseerd. Dit is minder intensief gebeurd, omdat deze planten geen directe indicatie geven van de samenstelling van het water. Een lijst met de waargenomen oever- en moerasplanten wordt gegeven in bijlage 1.

Vanaf de oever en waar mogelijk op de plasberm (een ophoging van puin in het water, langs de oever) werden alle waarneembare waterplanten genoteerd. In enkele vijvers werd gebruik gemaakt van een hark om planten uit diepere delen naar boven te halen.
Duidelijk herkenbare planten die in het midden van de vijver groeiden werden ook genoteerd. Bij de determinaties werd gebruik gemaakt van Heukels en van Ooststroom (1977).

Dit onderzoek geeft een betrouwbaar beeld van de flora in de meeste vijvers. Opgemerkt moet worden dat in de vijvers met matig hard tot hard water een enkele soort kan zijn gemist, vanwege het feit dat in dit meestal troebele water planten op de bodem van de vijver moeilijk zijn te zien. Het is ook mogelijk dat er bepaalde soorten zijn gemist in de buurt van overstortplaatsen. De overstorten waren in een aantal gevallen zeer moeilijk te bereiken.

Enerzijds waren bepaalde vijvers voor en tijdens het onderzoek totaal leeggemaaid, anderzijds waren sommige in het geheel niet begroeid met waterplanten. Tot deze laatste categorie behoren onder andere de retentiebassins. Op kaart 3 (bladzijde 34) zijn de vijvers behorend tot deze categorieën als "leeg" aangegeven. Met behulp van de verzamelde gegevens kan een globale indicatie van de chemische samenstelling van het water worden verkregen. Uit een uitgebreide literatuurstudie bleek namelijk, dat veel waterplantesoorten gevoelig zijn voor het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde biotische, chemische en fysische factoren.
Een exacte aanduiding van de hoeveelheid chemische stoffen in het water is alleen door het regelmatig verrichten van metingen te verkrijgen. Dit leidt tot een te gedetailleerd onderzoek, waarvoor de tijd en de middelen niet beschikbaar zijn.

4. DE WATERCHEMIE

4.1. Kwelverschijnselen

In verschillende vijvers is sprake van het optreden van bodemkwel (zie kaart 3, bladzijde 34). Dit is het opstuwen van grondwater via de ondergrond. De sterkte van de kwel hangt onder meer af van de structuur van de zandgrond, de aanwezigheid van leemlagen en de afstand van de kwelbron tot de plaats waar de kwelverschijnselen optreden.
Het kwelwater is in de meeste gevallen duidelijk herkenbaar. Het veroorzaakt een zekere stroming en een min of meer constante temperatuur. Het verandert ook de chemische samenstelling van het oppervlaktewater. Kwelwater is rijk aan ijzer, hetgeen tot uiting komt in een roodbruin neerslag van ijzer(III)hydroxide of een dun olie-achtig, drijvend vliesje van ijzerbacteriën. Deze bacteriën geven de voorkeur aan zwak zuur water met een temperatuur die lager is dan $10^{o}C$ (zie Van Zellem, 1981). Tevens is de vijverbodem vaak rijk aan koolzuur (CO_2), dat bij lichte betreding opborrelt als een reukloos gas. Door het stuwen bevriest het ijs slecht en eenmaal bevroren is het ijs ruw en bobbelig.
In het uittredende kwelwater komt ijzer (Fe) voor in de vorm van ferribicarbonaat $Fe(HCO_3)_2$. Dit ontstaat wanneer de neerslag via de zure humuslaag in staat is de ijzerhuidjes rond zandkorrels op te lossen. Wanneer de, door middel van diffusie uit de lucht opgenomen, zuurstof uit het oppervlaktewater hiermee in contact komt, treedt de volgende reactie op:

$$4Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 8CO_2\uparrow$$

Het gevormde CO_2-gas (koolzuurgas) ontwijkt uit de bodem. Het $Fe(OH)_3$ slaat neer in de vorm van een bruine aanslag op planten en bodem.

Om vrij ijzer te kunnen bevatten moet water volgens Den Hartog (z.j.)
- vrijwel O_2-vrij zijn;
- veel CO_2 bevatten;
- een pH (zuurgraad) hebben die niet hoger is dan 7,5;
- organische verbindingen bevatten voor het omzetten van vaste Fe^{3+}-verbindingen in oplosbare Fe^{2+}-verbindingen.

IJzer kan ook voorkomen als colloid (zwevend in het water) of in organische verbindingen. Een andere eigenschap van het ijzer is het zich verbinden met fosfaten. Bij een overmaat aan Fe^{3+}-ionen wordt alle fosfaat gebonden en ontstaat er een fosfaat-arm milieu.

$$Fe^{3+} + PO_4^{3-} \longrightarrow FePO_4 \downarrow$$

Dit gebeurt echter alleen onder zure omstandigheden (Segal, 1965).

4.2. De zuurgraad

De zuurgraad van het water wordt voor een belangrijk deel bepaald door de plantengroei en de processen die onder invloed van de plantengroei plaatsvinden.
Een lage zuurgraad toont een zuur milieu aan en een hoge zuurgraad een basisch milieu. In deze paragraaf worden de ionuitwisseling, assimilatie en koolzuurhuishouding besproken als belangrijkste factoren die de pH kunnen veranderen. Deze gegevens zijn ontleend aan Roelofs (1981).

IONUITWISSELING

De meeste waterplanten hebben een zogenaamde kationen-uitwisseling waarbij positieve voedingsionen, zoals Na (natrium) en K (kalium), worden uitgewisseld door de planten tegen andere kationen, zonder dat de pH wordt beïnvloed.

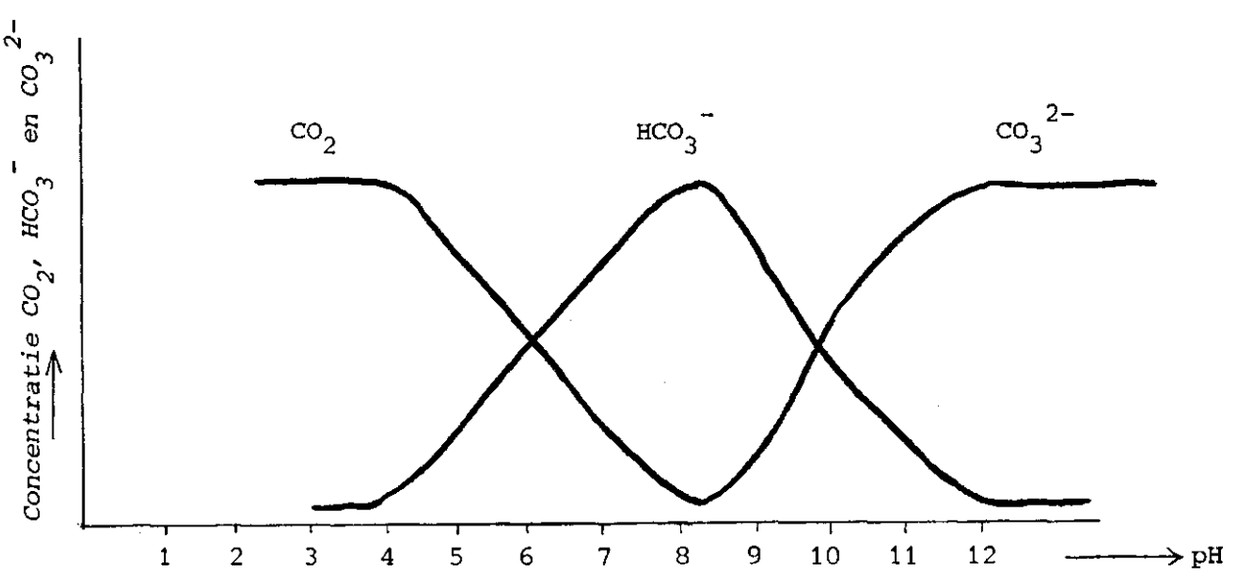
Er zijn ook planten (bijvoorbeeld veenmossen) die kationen opnemen en H^+-ionen (zuurionen) afstaan. Het gevolg van deze uitwisseling is dat door de toename van H^+-ionen in het water, de pH daalt.

ASSIMILATIE EN KOOLZUURHUISHOUDING

De koolzuurhuishouding en de ligging van het koolzuurevenwicht bepalen in sterke mate de pH van het vijverwater. Dit koolzuurevenwicht is als volgt opgebouwd:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + 2H^+$$

Wanneer de temperatuur hoog genoeg en de hoeveelheid licht voldoende is, is de opname van CO_2 overdag door de planten (is assimilatie) groter dan de hoeveelheid CO_2 die vanuit de lucht en bodem aan het evenwicht wordt toegevoegd. Het CO_2-gehalte daalt en het evenwicht schuift naar links. Dit heeft een pH-verhoging van het water tot gevolg. 's Nachts vindt het omgekeerde plaats en daalt de pH.
Een extra pH-effect kan optreden doordat bicarbonaat (HCO_3^-)-opnemende planten OH^--ionen afstaan bij de uitwisseling.
De mate van pH-verschuiving is mede afhankelijk van de buffercapaciteit van het water. In niet gebufferde, zure wateren, waarin het carbonaat-bicarbonaat-evenwicht niet optreedt, is deze verschuiving onder invloed van assimilatie zeer gering. In zwak gebufferde wateren is deze pH-verschuiving juist zeer groot, omdat een geringe CO_2-opname al een belangrijke verschuiving in de koolzuurevenwichten teweeg brengt (zie figuur 1).



figuur 1 Grafische weergave van het koolzuurevenwicht in water (Roelofs, 1981)

4.3. De alkaliniteit

Alkaliniteit wordt ook wel zuurbindend vermogen genoemd. Alkaliniteit is de hoeveelheid sterk zuur, die vereist is om de pH van het water tot een bepaalde waarde te verlagen. Meestal is de hiervoor benodigde hoeveelheid zuur bij toevoeging van een sterk zuur aan zuiver water, aanmerkelijk hoger dan theoretisch zou worden verwacht. De oorzaak van dit verschil is dan meestal de aanwezigheid van zwakke zuren, of de zouten hiervan. Veelal gaat het hierbij voornamelijk om de aanwezigheid van het HCO_3^- en het CO_3^{2-} -ion, waarbij door zuurtoevoeging de evenwichten

$$2H^+ + CO_3^{2-} \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows CO_2\uparrow + H_2O$$

naar rechts verschuiven. Het effekt van de zuurtoevoeging op de pH wordt hierdoor sterk gecompenseerd.

De bepaling is een maat voor de in het water aanwezige zuurrestionen van zwakke zuren, zoals HCO_3^-, CO_3^{2-} (bij pH kleiner dan 8,2 in HCO_3^- omgezet) HS^-, $H_2PO_4^-$, humuszuurresten enzovoort, alsmede eventuele overmaat aan OH^--ionen. De alkaliniteit geeft vooral inzicht in de Ca^{2+}- en CO_2-huishouding. Daar van de genoemde zuurresten HCO_3^- normaliter veruit de grootste hoeveelheid uitmaakt, geeft de bepaling ongeveer de beschikbare hoeveelheid van dit ion, dat belangrijk is als assimliatiegrondstof voor veel ondergedoken (submerse) waterplanten (Den Hartog, z.j.). In het algemeen kan worden gesteld dat kwel, rottende stoffen en wasmiddelen het zuurbindend vermogen verhogen (De Lange en de Ruiter, 1977).

Met de volgende indeling voor de alkaliniteit in mili-equivalent per liter (meq/l) en miligram HCO_3^- per liter (mg/l) kan de hardheid van het water worden bepaald (Wiegleb, 1978):

0-0,5 meq/l = 0-30,5 mg HCO_3^-/l: zeer zacht
0,5-2 meq/l = 30,5-122 mg HCO_3^-/l: zacht
2-3,3 meq/l = 122-201 mg HCO_3^-/l: matig hard
$>$ 3,3 meq/l = $>$ 201 mg HCO_3^-/l: hard

4.4. De opname van koolstof uit het water

Zoals in paragraaf 4.2 al is vermeld kan koolstof in het water voorkomen in de vorm van CO_2, CO_3^{2-} en HCO_3^-. Hard water met een hoog gehalte opgeloste CO_3^{2-} en iets minder HCO_3^- heeft een hoge pH (zie figuur 1, bladzijde 11). In dergelijk water wordt de koolstof direct door de planten opgenomen (kalkaanslag). De planten zijn uitgerust met lange, bebladerde stengels, zodat ze in staat zijn veel koolstof uit het water op te nemen.
Heeft het water een laag gehalte opgeloste CO_3^{2-} en HCO_3^- en een lagere pH (zie figuur 1, bladzijde 11), dan wordt er veel CO_2 uit de bodem opgenomen via een uitgebreid wortelstelsel.
In zeer zacht (bi)carbonaatvrij water bevindt zich alleen CO_2. Het water is dan zeer zuur (zie figuur 1). Dit type water treffen we veel aan in vennen en poeltjes en maar zelden in vijvers. Planten die onder dergelijke omstandigheden groeien zijn de zogenaamde isoëtiden 1). Deze planten nemen CO_2 op uit het water en kunnen dit opslaan in de luchtholtes van hun smalle priemvormige bladeren. De zuurstof wordt niet aan het water afgegeven maar aan de bodem. Het wortelstelsel is uitgebreid en kan zo een groot deel van de bodem van zuurstof voorzien (mondelinge mededeling J. Roelofs; Roelofs en van der Velde, 1981, Segal, 1965).

4.5. Voedingselementen in het water

STIKSTOF

Planten hebben stikstof nodig voor de algehele groei en de produktie van bladgroen. Stikstof is een belangrijk bestanddeel van eiwitten, enzymen, nucleïnezuren, chlorophyl (bladgroen) en verschillende hormonen. De planten kunnen stikstof opnemen in de vorm van nitraten (NO_3^--ionen) en/of ammonium (NH_4^+-ionen).

1) zie paragraaf 6.1.

FOSFOR

Fosfor wordt opgenomen in de vorm van $H_2PO_4^-$-ionen. Dit laatste is vooral van belang bij de energie-overdracht en de groei van de plant.
De hoeveelheid vrij fosfor in het water is meestal gering. Het door organismen in het groeiseizoen opgenomen fosfaat kan namelijk niet worden gemeten. Tevens is een grote hoeveelheid fosfaat gebonden in de bodem ($FePO_4$ en $Ca_3(PO_4)_2$) van daaruit wordt het water regelmatig van nieuw fosfor voorzien (Segal, 1965).

KALIUM

Kalium wordt voornamelijk in de vorm van K^+-ionen opgenomen uit de bodem. Kalium speelt een belangrijke rol bij de koolhydraathuishouding van de plant.

CALCIUM EN MAGNESIUM

In stabiel zoet water komen Ca en Mg voor in de vorm van bicarbonaten ($Ca(HCO_3)_2$ en $Mg(HCO_3)_2$). De concentratie van deze zouten is veel groter dan die van andere zouten. Meestal is de hoeveelheid $Ca(HCO_3)_2$ groter dan $Mg(HCO_3)_2$ (Segal, 1965).
Calcium is een belangrijk bestanddeel van de celwand van de plant en magnesium is een bestanddeel van het chlorophyl. De vorming van carbonaten kan een beperking opleggen aan biologische processen door het onttrekken van koolzuur aan het ecosysteem. $CaCO_3$ kan neerslaan op waterplanten in de vorm van een wit laagje.

ZWAVEL

Zwavel is van belang bij de opbouw van eiwitten. Het is in het water gewoonlijk als SO_4^{2-} aanwezig, maar onder slechte zuurstofcondities als H_2S.

In contact gekomen met zuurstof kan het H_2S door bacteriën weer worden geoxydeerd tot vrije SO_4^{2-}:

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4 \rightleftarrows 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

Dit proces wordt chemosynthese genoemd.
Sulfaten komen voor in zuurstofrijk water en worden nauwelijks door planten gebruikt (Den Hartig, z.j.).

IJZER

In het hoofdstuk over kwel is al veel over ijzer (Fe) verteld. De plant heeft Fe nodig om chlorophyl te vormen. Tevens is Fe nodig voor de fotosynthese.

SPORENELEMENTEN

Sporenelementen zijn die stoffen, die in zeer kleine hoeveelheden noodzakelijk zijn voor onder andere het chlorophyl van de planten. Gewoonlijk komen de elementen voldoende in het water voor. In de literatuur zijn vrijwel geen gegevens aanwezig over de rol van sporenelementen in het water. Enkele sporenelementen zijn mangaan (Mn), koper (Cu) en zink (Zn).

5. DE RELATIE TUSSEN DE WATERCHEMIE EN DE PLANTENGROEI

5.1. Kwelverschijnselen in relatie tot de flora

Bepaalde waterplanten tonen de aanwezigheid van kwel aan (Westhoff et. al. 1971, 1973, Segal, 1965). Voorbeelden hiervan zijn haarfonteinkruid (Potamogeton trichoides), stompbladig fonteinkruid (Potamogeton obtusifolius), duizendknoopfonteinkruid (Potamogeton polygonifolius), kransvederkruid (Myriophyllum verticillatum) en waterviolier (Hottonia palustris). Mogelijk kunnen ook haaksterrekroos (Callitriche hamulata) en vlottende bies (Scirpus fluitans) als kwelindicator worden beschouwd (mondelinge mededeling: J. Roelofs).

5.2. De zuurgraad in relatie tot de plantengroei

Veel planten zijn gevoelig voor de zuurgraad van het water. Het verschil in plantesoorten in de Apeldoornse vijvers is daarom mede het gevolg van het pH-verschil van het water. Isoëten en parvonymphaeïden (zie paragraaf 6.1) groeien bij voorkeur in water met een lage zuurgraad. Daarentegen groeien elodeïden en ceratophylliden meestal in water met een hoge pH (zie paragraaf 6.1).
Waterplanten met grote drijvende bladeren (magnonymphaeiden) zijn wat de zuurgraad betreft min of meer indifferent.

5.3. De alkaliniteit in samenhang met de plantengroei

Uit diverse onderzoeken (Pietsch, 1972, Wiegleb, 1978, Segal, 1965, Roelofs en van der Velde, 1981) is gebleken dat veel plantesoorten bij voorkeur in zacht of hard water groeien. Andere soorten hebben geen bepaalde voorkeur voor de hardheid van het water. Deze soorten worden hardheidsindifferent genoemd. De bespreking wordt beperkt tot de in de Apeldoornse vijvers gevonden soorten.

De knolrus (Juncus bulbosus) komt alleen voor in water met een alkaliniteit van minder dan 0,5 meq/1. In water met een alkaliniteit van 0 tot 2 meq/l groeien haaksterrekroos (Callitriche hamulata) en teer vederkruid (Myriophyllum alterniflorum) optimaal. Indifferente soorten met een optimum in het HCO_3^--arme gebied zijn drijvend fonteinkruid (Potamogeton natans), kleine egelskop (Sparganium emersum) en enkele kranswiersoorten (Chara spec.).
Indifferent doch minimaal een alkaliniteit preferend van 0,5 meq/1 zijn glanzig fonteinkruid (Potamogeton lucens), aarvederkruid (Myriophyllum spicatum), gedoornd hoornblad (Ceratophyllum demersum) en grote kroosvaren (Azolla filiculoides).
Volledig indifferente soorten zijn klein kroos (Lemna minor), smalle waterpest (Elodea nuttallii), waterlelies (Nymphaea spec.) en gele plomp (Nuphar luteum). De laatste twee soorten worden veel in vijvers geplant en zijn daarom geen onderdeel van de natuurlijke vegetatie. Veel moerasplanten zijn hardheidsindifferent. Planten die uitsluitend in zacht water (alkaliniteit tussen 0,5 en 2 meq/l) voorkomen zijn vlottende bies (Scirpus fluitans), waterviolier (Hottonia palustris) - deze soort is aangewezen op vrije CO_2 dat onder andere bij kwel ontstaat -, stompbladig fonteinkruid (Potamogeton obtusifolius) en bepaalde kranswiersoorten (Nitella flexilis en Chara globularis). De laatste twee soorten kunnen als pionier voorkomen (mondelinge mededeling J. Roelofs).
Planten die optimaal in water met een HCO_3^--gehalte van 0,5 tot 2 meq/l voorkomen maar ook harder water verdragen zijn puntkroos (Lemna trisulca), haarfonteinkruid (Potamogeton trichoides) en kransvederkruid (Myriophyllum verticillatum) die evenals de waterviolier is aangewezen op vrije CO_2.
Gekroesd fonteinkruid (Potamogeton crispus) en watergentiaan (Nymphoides peltatus) komen vooral voor in water met een gehalte aan HCO_3^- van 2 meq/l en hoger.

5.4. De invloed van de voedingselementen op de plantengroei

In de literatuur zijn volgens Wiegleb (1978) en Segal (1965) niet veel gegevens over de invloed die de voedingselementen hebben op de plantengroei. Aan de hand van de flora van een vijver kan men slechts zeer globaal concluderen of er veel of weinig voedingselementen voorkomen. Van de volgende anorganische stoffen en verbindingen is het een en ander bekend omtrent de invloeden op de samenstelling van de vijverflora.

NITRAATSTIKSTOF

De meeste waterplanten zijn wat betreft nitraat indifferent. Bijna alle soorten kunnen nog bij lage NO_3^--concentraties voorkomen. Eén van de soorten met de grootste drempelwaarde is haaksterrekroos (Callitriche hamulata), dat in water met een maximale waarde kleiner dan 1 mg NO_3^-/l ontbreekt. Gedoornd hoornblad (Ceratophyllum demersum), gekroesd fonteinkruid (Potamogeton crispus), aarvederkruid (Myriophyllum spicatum) en glanzig fonteinkruid (Potamogeton lucens) komen hoofdzakelijk voor in water met een NO_3^--gehalte van 1 tot 10 mg/l, terwijl de knolrus (Juncus bulbosus) optimaal voorkomt in water met een concentratie van minder dan 1 mg NO_3^-/l.

AMMONIUMSTIKSTOF

De meeste waterplantesoorten kunnen ook bij lage ammoniumconcentraties (NH_4^+) voorkomen. Bij hogere concentraties ontbreken echter veel soorten. Bij een concentratie van 3 mg NH_4^+/l en meer zijn bijvoorbeeld glanzig fonteinkruid (Potamogeton lucens), kranswieren (Chara spec.) en kleine egelskop (Sparganium emersum) niet aanwezig.
Wanneer deze soorten ontbreken, treft men vaak gedoornd hoornblad (Ceratophyllum demersum) in grote aantallen aan. Dit is niet vanwege een voorliefde voor ammonium, maar vanwege het feit dat concurrerende soorten niet voorkomen (Wiegleb, 1978).

FOSFAAT

Bij een hoog fosfaatgehalte in water dat tevens stikstofrijk is, ontstaat een sterke ontwikkeling van planktonische algen en draadwieren ofwel een woekering van drijvende waterplanten, zoals kroossoorten. Hierdoor wordt de hoeveelheid licht die tot de ondergedoken waterplanten kan doordringen te gering, waardoor deze afsterven. Bij een geringe concentratie van plantenvoedingsstoffen in het water, maar met een bodem rijk aan deze stoffen, treedt vaak woekering op van vooral ondergedoken waterplanten zoals smalle waterpest (Elodea nuttallii), aarvederkruid (Myriophyllum spicatum) of klein fonteinkruid (Potamogeton berchtoldii) (Roelofs en van der Velde, 1981).

KALIUM

Bij K^+-concentraties van minder dan 2 mg/l komt knolrus (Juncus bulbosus) optimaal voor. De waterviolier (Hottonia palustris) komt helemaal niet voor onder deze omstandigheden. De rest van de soorten is min of meer indifferent wat betreft het kaliumgehalte (Wiegleb, 1978).

6. DE WATERPLANTEN

6.1. De groeivormen van waterplanten

Om een duidelijk beeld van het morfologische verschil (verschil in uiterlijke kenmerken) bij waterplanten te krijgen is er een hoofdstuk gewijd aan dit onderwerp. In dit hoofdstuk zijn alle groeivormen van planten opgenomen die voorkomen in de Apeldoornse vijvers. Bij de indeling is gebruik gemaakt van Segal (1965). In figuur 2 (bladzijde 21) zijn de besproken vormen in beeld gebracht.
De echte waterplanten zijn globaal te verdelen in twee hoofdgroepen, namelijk de *pleustofyten* (vrij in het water drijvende of zwevende planten) en de *rhizofyten* (in de bodem wortelende waterplanten).

Pleustofyten kunnen worden onderverdeeld in:

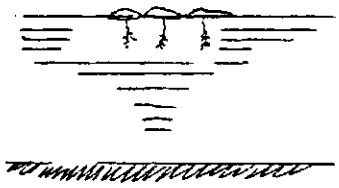
lemniden: op het water drijvende, kleine waterplanten die niet zijn verankerd in de bodem;
ricciëlliden: in het water zwevende, kleine waterplanten;
ceratophylliden: grote, in het water zwevende waterplanten, die 's zomers naar de oppervlakte drijven en 's winters weer naar de bodem zakken.

Rhizofyten kunnen worden onderverdeeld in:

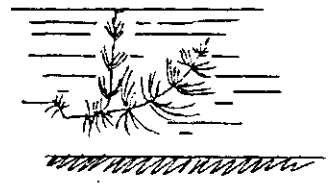
elodeïden: in de bodem wortelende waterplanten met lange bebladerde stengels zonder speciale drijfbladeren.

De elodeïden kunnen worden onderverdeeld in:
- *potamiden:* planten met enkelvoudige bladeren. Een verdeling van de potamiden leidt tot de subgroepen magnopotamiden (met grote bladeren) en parvopotamiden (met kleine bladeren);
- *myriophylliden:* planten met fijn verdeelde bladeren;
- *chariden:* kranswieren;

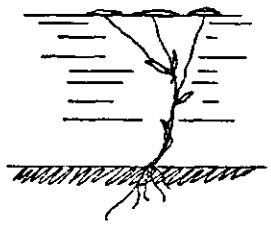
figuur 2. Groeivormen van waterplanten



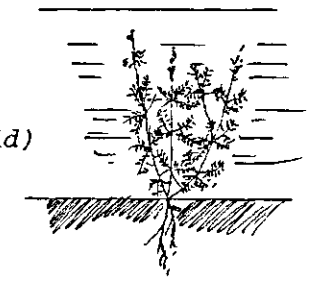
lemnide (klein kroos)



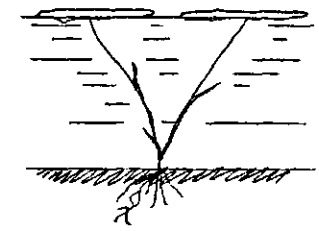
ceratophyllide
(gedoornd hoornblad)



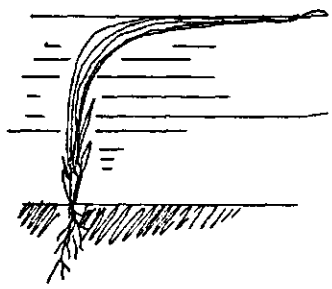
parvonymphaeïde
(drijvend fonteinkruid)



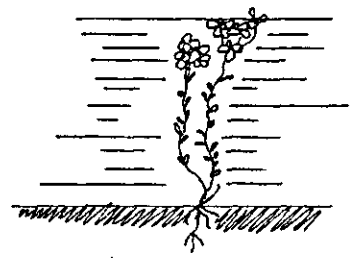
myriophyllide
(vederkruid)



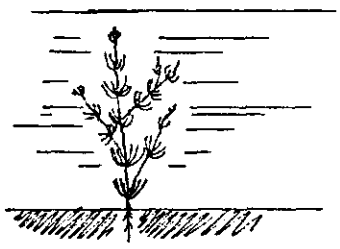
magnonymphaeïde
(waterlelie)



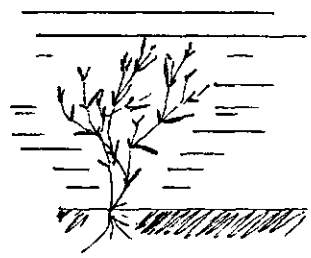
vallisneriide
(kleine egelskop)



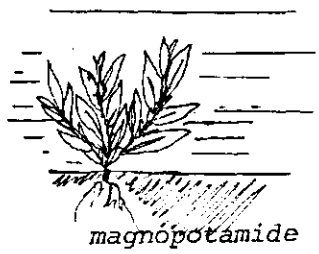
batrachiide
(sterrekroos)



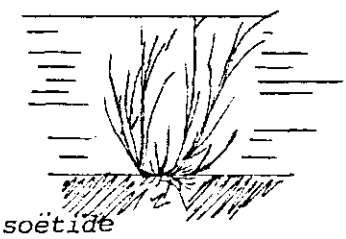
charide
(kranswier)



parvopatomide
(haarfonteinkruid)



magnópotamide
(glanzig fonteinkruid)



isoëtide
(vlottende bies)

- *batrachiiden:* in de bodem wortelende planten met een verschil in drijvende en ondergedoken bladeren. De drijvende bladeren zijn ovaal of rond, terwijl de ondergedoken bladeren lijn- of draadvormig zijn;
- *nymphaeïden:* in de bodem wortelende planten zonder ondergedoken bebladerde stengels maar met opvallende drijfbladeren. Er kan een onderscheid worden gemaakt in magnonymphaeïden (met grote bladeren) en parvonymphaeïden (met kleine bladeren);
- *vallisneriiden:* in de bodem wortelende planten met uitlopers en een korte stam, een rozet of een bundel lange, slappe lijnvormige bladeren die op het water kunnen drijven. Deze planten zijn aangepast aan een lichte waterstroming;
- *isoëtiden:* in de bodem wortelende waterplanten met een korte stam en een rozet van stijve, lijn- of priemvormige bladeren. Deze groep kan zowel op het land als in het water gedijen.

Hoewel dit de meest algemene groeivormen zijn kunnen sommige soorten tot meer dan één groeivorm worden gerekend. Smalle waterpest (Elodea nuttallii) kan bijvoorbeeld worden ondergebracht bij de elodeïden, maar losgeslagen delen van de plant kunnen als ceratophylliden gedragen en zich eventueel met adventiefwortels weer vasthechten.

6.2. Alfabetische lijst van de waargenomen waterplanten in de Apeldoornse vijvers

Tijdens het onderzoek zijn in totaal 26 soorten waterplanten gevonden.

Azolla filiculoides	-	grote kroosvaren
Callitriche hamulata	-	haaksterrekroos
Callitriche spec.	-	sterrekroos
Ceratophyllum demersum	-	gedoornd hoornblad
Chara globularis	-	kranswier
Elodea nuttallii	-	smalle waterpest
Hottonia palustris	-	waterviolier
Juncus bulbosus	-	knolrus
Lemna minor	-	klein kroos

Lemna trisulca	-	puntkroos
Myriophyllum alterniflorum	-	teer vederkruid
Myriophyllum spicatum	-	aarvederkruid
Myriophyllum verticillatum	-	kransvederkruid
Nitella flexilis	-	kranswier
Nuphar luteum	-	gele plomp
Nymphaea spec.	-	waterlelie
Nymphoides peltatus	-	watergentiaan
Potamogeton crispus	-	gekroesd fonteinkruid
Potamogeton lucens	-	glanzig fonteinkruid
Potamogeton natans	-	drijvend fonteinkruid
Potamogeton obtusifolius	-	stompbladig fonteinrkuid
Potamogeton pusillus	-	tenger fonteinkruid
Potamogeton trichoides	-	haarfonteinkruid
Salvinia natans	-	vlotvaren
Scirpus fluitans	-	vlottende bies
Sparganium emersum	-	kleine egelskop

6.3. Bespreking van enkele vrij zeldzame en zeldzame soorten, die zijn gevonden in de Apeldoornse vijvers

De mate van zeldzaamheid van planten werd bepaald aan de hand van de aanduiding in Heukels en van Ooststroom (1977) en Maier (1972). De letter "z" geeft "vrij zeldzaam" aan en "zz" betekent "zeldzaam".

AZOLLA FILICULOIDES (GROTE KROOSVAREN) Z

Dit eenjarig drijvende, uit Amerika afkomstige varentje is op één vijver in de Maten (vijver M 5) massaal waargenomen. De roodbruine tot groene plantjes steken vaak kroezig boven het wateroppervlak uit en kunnen grote oppervlakten bedekken. Oorspronkelijk kwam deze soort alleen voor in het Hafdistrict (Holland, Oost-Friesland, Noord-Groningen en de IJsselmeerpolders).

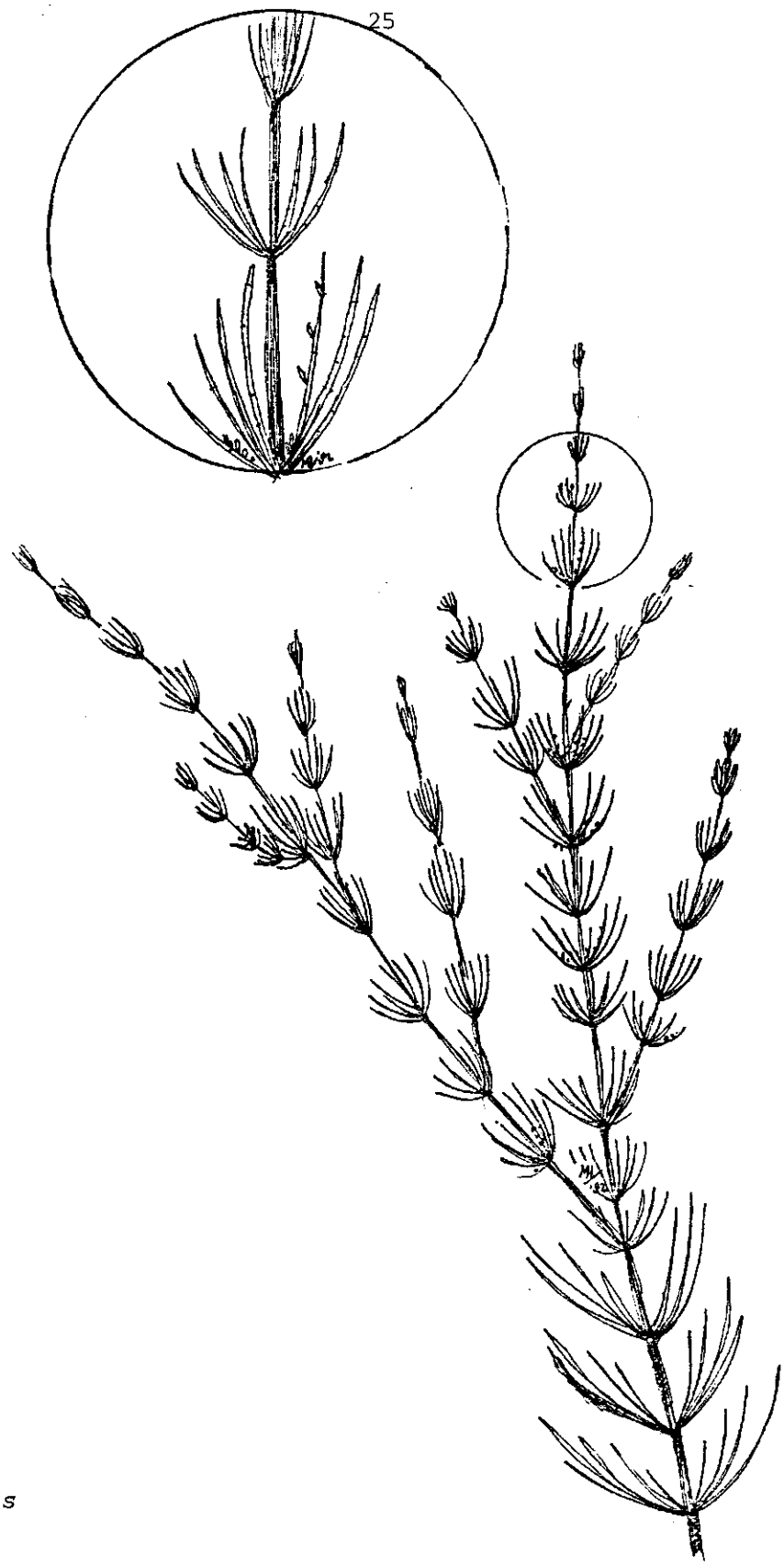
De laatste decennia heeft de soort zich sterk uitgebreid. Of de grote kroosvaren langs natuurlijke weg in de vijver M 5 is terechtgekomen, is echter zeer twijfelachtig. Azolla filiculoides komt voor in voedselrijk, min of meer vervuild ondiep water (Westhoff, 1975).

CHARA GLOBULARIS (KRANSWIER) Z

Chara globularis is een groen kranswier met schorscellen. Meestal bezit hij acht of negen kranstakken met acht tot tien segmenten. Dit kranswier komt vooral voor in fosfaatarm, zacht water, dat zowel stromend als stilstaand mag zijn. De watervervuiling, met de daarmee gepaard gaande fosfaatbelasting en troebeling (planktongroei) zijn de hoofdzaken van de sterke achteruitgang van veel kranswiersoorten. Chara globularis is alleen gevonden in één van de vijvers van het Koninklijk Park Het Loo (vijver L 2). Deze vijver heeft een bodem van plasticfolie met een mineraal substraat (een laag voedselarm zand). De vijver wordt alleen gevoed door zacht water afkomstig van de sprengen en regenwater. Chara globularis komt hier massaal voor tot een diepte van ongeveer 75 centimeter.

MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM (TEER VEDERKRUID) ZZ

Het teer vederkruid is een ondergedoken waterplant met zeer fijne bladeren, die zijn verdeeld in kransen van vier blaadjes. De bladen hebben vier tot zeven paar fijn verdeelde slippen.
Deze plant komt voor in onvervuild stromend en stilstaand water. Myriophyllum alterniflorum groeit evenals Chara, op een minerale bodem. Hij is in één vijver gevonden (vijver Zu 3) waar plaatselijk ook kooldioxyde uit de bodem opborrelde. Dit duidt op aanvoer van zacht kwelwater. Tevens kwam teer vederkruid voor in de met plastic gevoerde gracht van het Oude Loo (L 1) en in de vijver waar ook Chare globularis werd gevonden (vijver L 2). Zowel L 1 als L 2 worden gevoed door zacht sprengwater en hebben een mineraal substraat.



Chara globularis

MYRIOPHYLLUM VERTICILLATUM (KRANSVEDERKRUID) ZZ

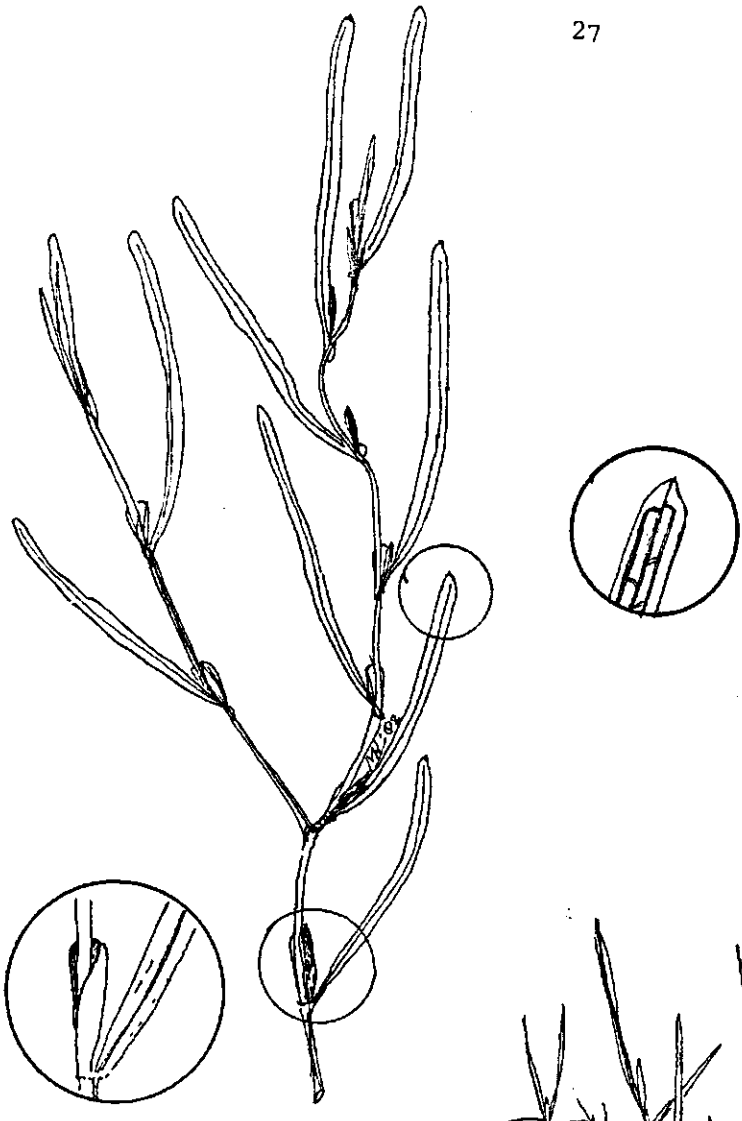
Kransvederkruid is een forse plant met vier tot zes bladeren in kransen. Meestal vormt de plant dikke groene slierten. Hij komt voor in stilstaand zoet water, waar kwelverschijnselen optreden. Dit vederkruid werd slechts in één vijver gevonden (vijver Ze 29).

NITELLA FLEXILIS (KRANSWIER) Z

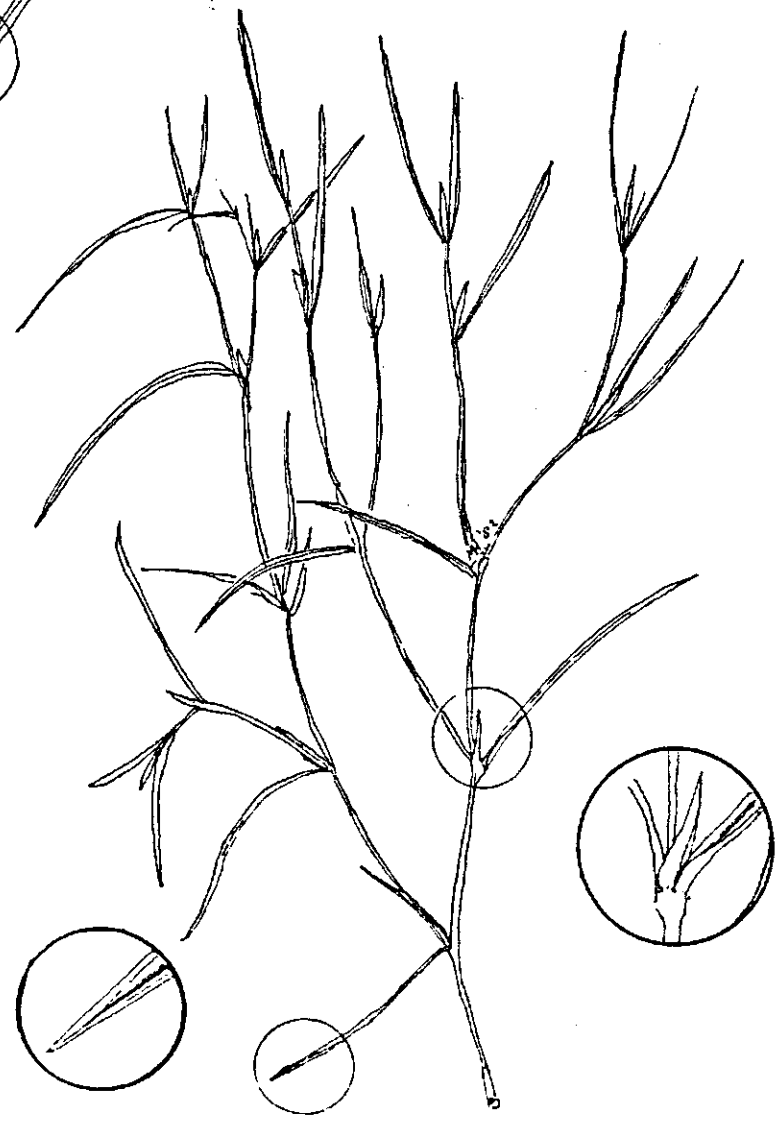
Dit tamelijk forse kranswier heeft zes tot acht kranstakken zonder schorscellen. Deze takken zijn eenmaal gevorkt. Nitella is een soort die voorkomt in zuiver water met een organische bodem. In veenplassen in West-Nederland en Noordwest Overijssel is dit kranswier nog algemeen aanwezig. In het overige deel van Nederland is hij vrij zeldzaam.
Nitella flexilis werd tijdens het onderzoek slechts in één vijver aangetroffen (vijver Ze 16).

POTAMOGETON OBTUSIFOLIUS (STOMPBLADIG FONTEINKRUID) Z

Stompbladig fonteinkruid is een plant die voorkomt in ondiepe, rustig gelegen, zuivere wateren (Westhoff et. al., 1973). Hij groeit vooral op plaatsen waar kwel optreedt. Dit fonteinkruid is een ondergedoken soort met smalle lijnvormige blaadjes, die meestal stomp zijn, met een zeer kort topspitsje.
Potamogeton obtusifolius is in een viertal vijvers met zacht (kwel)water gevonden (vijvers M 7, M 8, Ze 16, Ze 17). Dit blijkt uit metingen van de Katholieke Universiteit in Nijmegen en uit de kwelverschijnselen die optreden.



Potamogeton obtusifolius



Potamogeton trichoides

POTAMOGETON TRICHOIDES (HAARFONTEINKRUID) ZZ

Evenals het stompbladig fonteinkruid is het haarfonteinkruid een indicator voor kwel. Hij komt voor in het schoon tot matig vervuild, zoet, ondiep water.
Dit ondergedoken fonteinkruid heeft smalle draadvormige blaadjes, die uitlopen in lange, fijne punten. De middennerf is zeer breed en neemt aan de voet vaak de hele bladbreedte in beslag. De zijdelingse nerven zijn teer en niet goed zichtbaar. Hoewel deze soort min of meer hardheidsindifferent is (mondelinge mededeling J. Roelofs), is hij alleen waargenomen in twee vijvers, die zijn gevuld met kwelwater en dus hoogstwaarschijnlijk zacht water bevatten (vijvers Ze 16 en M 8).

SALVINIA NATANS (VLOTVAREN) ZZ

De vlotvaren is evenals de kroosvaren een drijvend watervarentje zonder echter wortels. Ze is een eenjarige soort van stilstaande en zwakstromende wateren. In Nederland komt deze soort slechts adventief (vanuit het buitenland) in havens voor. De aangetroffen vlotvarens zullen hoogstwaarschijnlijk afkomstig zijn uit een aquarium. Ze zijn slechts in één vijver (vijver M 2) in gering aantal aangetroffen.

SCIRPUS FLUITANS (VLOTTENDE BIES) Z

De vlottende bies is een lichtgroen, grasachtig plantje met smalle lijnvormige bladeren. De vertakte stengels zweven vaak in het water.
Deze plant is gebonden aan zacht, voedselarm, min of meer zuur water.
Oorspronkelijk komt deze soort voor in heideplassen en vennen.
In de vijvers met het zachtste water is Scirpus fluitans regelmatig aanwezig op plaatsen met sterke bodemkwel. In zeven vijvers is Scirpus fluitans regelmatig in grote aantallen waargenomen. Dit zijn de vijvers C 1, M 1, M 2, M 5, M 6, M 7 en M 8.



Scirpus fluitans



Salvinia natans

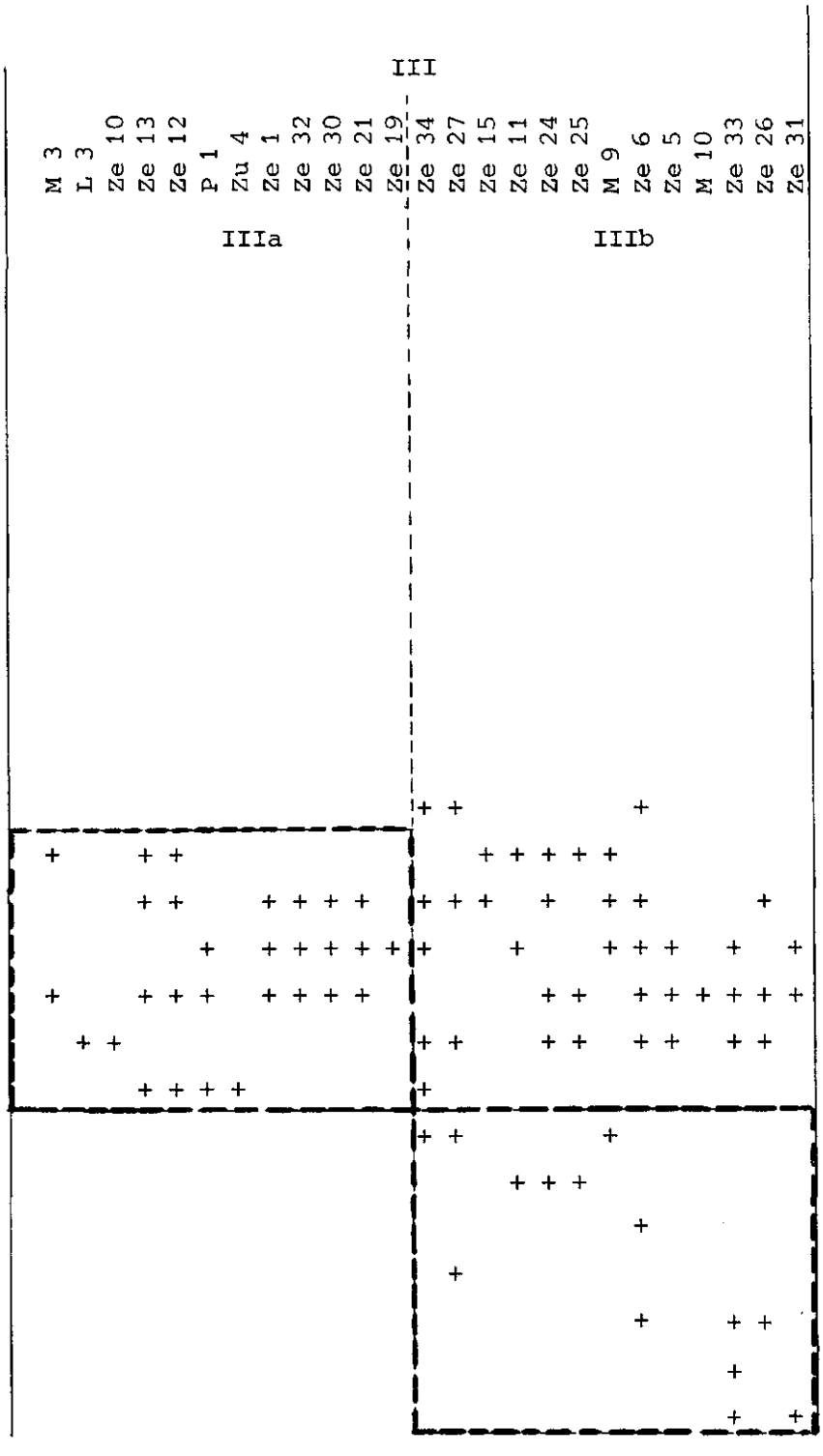
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1. De resultaten van het onderzoek

De gevonden plantesoorten zijn verdeeld in ecologische groepen en uitgezet in een tabel. In tabel 1 geeft het cijfer achter de soortnaam het type water aan, waarin de plant bij voorkeur groeit. Aldus kan een indeling worden gemaakt in planten van zacht water (1), van zacht tot matig hard water (2), hardheidsindifferente soorten (3) en planten van matig hard tot hard water (4). Planten waarvan het voorkomen langs natuurlijke weg twijfelachtig is, zijn aangegeven met een a (adventief).
Als een soort in een vijver voorkomt, is dit in tabel 1 aangegeven met een kruisje. Vervolgens worden zowel de planten als de op de horizontale as opgestelde vijvers verschoven totdat er duidelijke blokken ontstaan, die diagonaal zijn opgebouwd.
Blok I wordt gekarakteriseerd door de groep met zacht water minnende planten. Alle vijvers waarin deze planten voorkomen, blijken zacht kwelwater te bevatten behalve L 1 en L 2 (de vijvers in het Koninklijk Park Het Loo), die worden gevoed met zacht sprengewater.
Blok II bestaat uit soorten die zacht tot matig hard water indiceren en hardheidsindifferente soorten. De begrenzing van dit blok met blok III wordt bepaald door Sparganium emersum (kleine egelskop).
Binnen blok III zijn deelblokken te maken van enkel harheidsindifferente plantesoorten, te weten deelblok IIIa en een deelblok IIIb, bestaande uit indicatoren van matig hard tot hard water. Dit laatste deelblok is maar matig vertegenwoordigd vanwege het feit dat enkele vijvers zo troebel zijn dat er een enkele soort kan zijn gemist bij de inventarisatie.
Op grond van deze gegevens kan worden geconcludeerd, dat de vijvers behorende tot blok III zijn gevuld met matig hard tot hard water. Op kaart 3 is per onderzochte vijver aangegeven in welk blok hij valt (bladzijde 34).

TABEL 1

TYPE WATER		I												II										
VIJVERS		M 2	M 6	M 8	C 1	M 1	M 5	M 7	Ze 16	Ze 20	Zu 3	L 2	L 1	Ze 17	Ze 8/9	Ze 28	Ze 29	Ze 4	M 11	Ze 14	Ze 18	Ze 23	Ze 22	Ze 7	M 4
Salvinia natans	a	+																						
Azolla filiculoides	a						+																	
Scirpus fluitans	1	+	+	+	+	+	+	+																
Potamogeton trichoides	3			+					+															
Nitella cf. flexilis	1								+															
Callitriche hamulata	1		+						+	+														
Potamogeton obtusifolius	2			+				+	+					+										
Juncus bulbosus	1				+	+		+	+		+			+	+									
Chara globularis	1											+												
Myriophyllum alterniflorum	1										+	+	+											
Hottonia palustris	2															+								
Myriophyllum verticillatum	2																+							
Sparganium emersum	2	+	+	+			+	+	+	+	+			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Potamogeton natans	3	+	+	+		+	+	+			+	+		+	+	+		+			+	+		+
Callitriche spec.	3				+	+				+						+	+	+				+	+	
Lemna minor	3		+	+		+				+	+					+	+			+	+			+
Elodea nuttallii	3		+			+		+							+	+	+				+	+	+	
Nymphaea spec.	3\a									+	+	+	+			+	+		+		+	+	+	+
Potamogeton pusillus	3		+																					
Potamogeton crispus	4										+													
Potamogeton lucens	4														+					+		+		
Ceratophyllum demersum	4																							
Myriophyllum spicatum	4																							
Nuphar lutea	4\a																							
Lemna trisulca	3																							
Nymphoides peltatus	4\a																							



LEGENDA

1 zacht water

2 zacht-matig water

3 hardheidsindifferent

4 matig hard-hard

a voorkomen via natuurlijke weg twijfelachtig

I zacht watergroep

II zacht tot matig hard watergroep

IIIa hardheidsindifferente groep

IIIb matig hard tot hard watergroep

ENIGE AANVULLENDE OPMERKINGEN OVER TABEL 1

Zoals eerder is vermeld zijn de planten van matig hard tot hard water waarschijnlijk ondertald. Dit is te wijten aan het troebele water waarin deze planten voorkomen en de overstortplaatsen, die soms moeilijk zijn te bereiken. In vijvers met zacht water komen namelijk rondom overstorten planten voor van matig hard tot hard water. Deze planten zijn ook opgenomen in de tabel, maar vallen buiten de gevormde blokken. Dit is bijvoorbeeld het geval bij vijver Ze 3. In deze vijver komt massaal Myriophyllum alterniflorum (teer vederkruid) voor. Op verschillende plaatsen treden kwelverschijnselen op waardoor er Juncus bulbosus (knolrus) kan groeien. Deze vijver behoort dan ook duidelijk tot de zacht water groep (blok I). Naast enkele hardheidsindifferente soorten komt op de plaats nabij de overstort een soort voor, die kenmerkend is voor matig hard tot hard water, namelijk Potamogeton crispus (gekroesd fonteinkruid).
Vergelijkbare situaties zijn eveneens te vinden in vijvers van blok II. Hier treedt, plaatselijk zelfs massaal, Potamogeton lucens (glanzig fonteinkruid) op.
Een ander verschijnsel is het voorkomen van zacht water minnende soorten in vijvers met relatief hard water. Dit wordt veroorzaakt door plaatselijke kwel. In vijver Ze 8 is één hoekje waar Juncus bulbosus (knolrus) groeit. In de vijvers Ze 34, Ze 27 en Ze 6, die tot het blok matig hard tot hard water behoren, komt Sparganium emersum (kleine egelskop) voor op plaatsen waar de invloed van het overstortwater nauwelijks merkbaar is.
Tot slot wil ik een algemene opmerking plaatsen. Tabel 1 geeft een globale verdeling van de Apeldoornse vijvers aan de hand van de met behulp van de flora vastgestelde verschillen in hardheid van het water. Gezien het feit dat een aantal vijvers (vrijwel) was leeggemaaid, kon geen goed beeld worden verkregen van de flora. Het is dus mogelijk dat dergelijke vijvers in een verkeerd blok zijn ingedeeld.


Kaart 3
34
Overzicht van de blokken waarin de onderzochte vijvers vallen.
zacht (blok I)
zacht tot matig hard (blok II)
matig hard tot hard (blok III)
leeg (gemaaid of geen waterplantengroei)
omcirkelde vijvernummers: kwelverschijnselen
HET LOO
PARKEN
BERG EN BOS
CENTRUM
WESTENENK
ZUID
WOUDHUIS
DE MATEN
PLATTEGROND
APELDOORN
SCHAAL
1:30000
VERKLARING

7.2. Metingen verricht door de Katholieke Universiteit in Nijmegen

De Katholieke Universiteit in Nijmegen heeft op 13 september 1981 uitgebreide water- en bodemwatermetingen verricht in de vijvers Ze 16 en Ze 17. Deze vijvers zijn uitgekozen, omdat ze een gevarieerde en vrij zeldzame flora, kenmerkend voor zacht water, herbergen. De resultaten die van belang zijn voor dit rapport, zijn vermeld in onderstaande tabel (tabel 2).

TABEL 2. Metingen verricht van respectievelijk het water en het bodemwater in de vijvers Ze 16 en Ze 17

Water	Fe (mg/l)	pH	alkaliniteit (meq/l)
Ze 16	0,8	6,9	1,6 (zacht)
Ze 17	1,6	5,9	0,7 (zacht)
Bodemwater	Fe (mg/l)	pH	alkaliniteit (meq/l)
Ze 16	2,2	6,6	0,19 (zeer zacht)
Ze 17	2,0	6,7	0,18 (zeer zacht)

Waterbouwkundig staan de vijvers Ze 16 en Ze 17 met elkaar in verbinding. Het water van Ze 16 stroomt naar Ze 17. Op vijver Ze 16 is een overstort geplaatst, die kan functioneren. Tevens staat Ze 16 in verbinding met vijver Ze 15, waarin ook een riooloverstort aanwezig is.
De vijvers Ze 16 en Ze 17 zijn, ondanks de invloed van het overstortwater, ondergebracht in het zacht water blok. Dit is te danken aan het feit dat zowel het water als het bodemwater vrij ijzer (Fe) bevat.
Dit zeer zachte, ijzerrijke bodemwater (zie tabel 2) is een gevolg van het optreden van kwel. Het vrije ijzer slaat het fosfaat uit het overstortwater neer in de vorm van het nagenoeg onoplosbare ijzerfosfaat. Dit heeft een positieve invloed op de waterkwaliteit.

De samenstelling van de flora van vijver Ze 16 en vijver Ze 17 is ongeveer gelijk. Het is met het oog op de chemische gesteldheid van het water niet verwonderlijk, dat deze flora kenmerkend is voor zacht water. Voorbeelden hiervan in Ze 17 zijn Potamogeton obtusifolius (stompbladig fonteinkruid), Juncus bulbosus (knolrus) en Sparganium emersum (kleine egelskop). In vijver Ze 16 groeien ook Nitella flexilis (kranswier) en Callitriche hamulata (haaksterrekroos). Het is zeer waarschijnlijk dat deze laatste soort ook in vijver Ze 17 voorkomt.

7.3. Een beschrijving van het beheer van de vijvers

HUIDIG BEHEER

In de loop der jaren zijn er verschillende methoden gebruikt om een optimale doorstroming van het water in stand te houden. De plantengroei vormt hiervoor min of meer een belemmering.
Voor 1974 gebruikte men chemische middelen om de groei van waterplanten plaatselijk te bedwingen. Deze middelen veroorzaakten echter grote schade aan het vijvermilieu en worden daarom niet meer gebruikt.
Sindsdien experimenteert men met diverse methoden om de vijvers open te houden. Deze experimenten bestaan uit het locaal uitzetten van graskarpers, het planten van waterlelies en gele plompen en het maaien en afvoeren van de vegetatie.
Een uitgebreide beschrijving van het bovenstaande wordt gegeven in het eerste deelrapport van het vijveronderzoek (Heinen, 1981).

7.4. Opmerkingen en aanbevelingen ten aanzien van het beheer van de vijverflora

Het volledig leegmaaien van vijvers leidt tot vernietiging van het micromilieu en indirect tot het afsterven van allerlei organismen die de planten nodig hebben als belangrijke schuilgelegenheid en voedselbron.

Ten gevolge van de uniforme beheersmaatregelen ontstaat er een monotoom beeld van de vijverbegroeiïng. Een vijver waar naast intensief gemaaide delen ook enkele extensief beheerde delen aanwezig zijn, zal zeker een gevariëerde biologische situatie opleveren vanwege het ontstaan van gradiëntsituaties.
Mijns inziens dient daarom het beheer van de vijvers niet alleen te zijn gericht op een optimale waterberging maar ook op het scheppen van milieugradiënten en het bevorderen van een grote belevingswaarde van de natuur in de stedelijke omgeving.

ALTERNATIEVEN

Aanvullende natuur-technische methoden van vijverbeheer zijn het overwegen waard. Men zou kunnen overgaan tot het gedeeltelijk maaien en afvoeren van de vijverbegroeiïng, waardoor differentiaties in het vegetatiebeeld worden verkregen. Als bijkomend voordeel kan worden genoemd dat hierdoor meer vijvers per jaar kunnen worden behandeld.

VERLANDING

Plaatselijk zou via een gericht beheer op natuurlijke wijze een verlandingsstrook kunnen ontstaan. Verlanding is het proces waarbij uit open water nieuw land onstaat door geleidelijke opvulling met planteresten. Het is uiteraard niet de bedoeling dat een vijver uiteindelijk volledig verlandt tot een moerasbos. Door een extensief maai- en afvoerbeheer toe te passen, kan de verlanding in bepaalde stadia worden gehandhaafd. Dit beheer kan eens in de drie à vier jaar worden uitgevoerd. Ecologisch gezien, ontwikkelt de verlandingsstrook zich optimaal in dat deel van de vijver, dat grenst aan de reeds aanwezige heesterbegroeiïng. Er ontstaat een geleidelijke overgang van water via moeras naar land. Eventueel zou zelfs een deel van de heesters op een iets verlaagde oever kunnen staan, die regelmatig of constant wordt bevloeid met vijverwater.

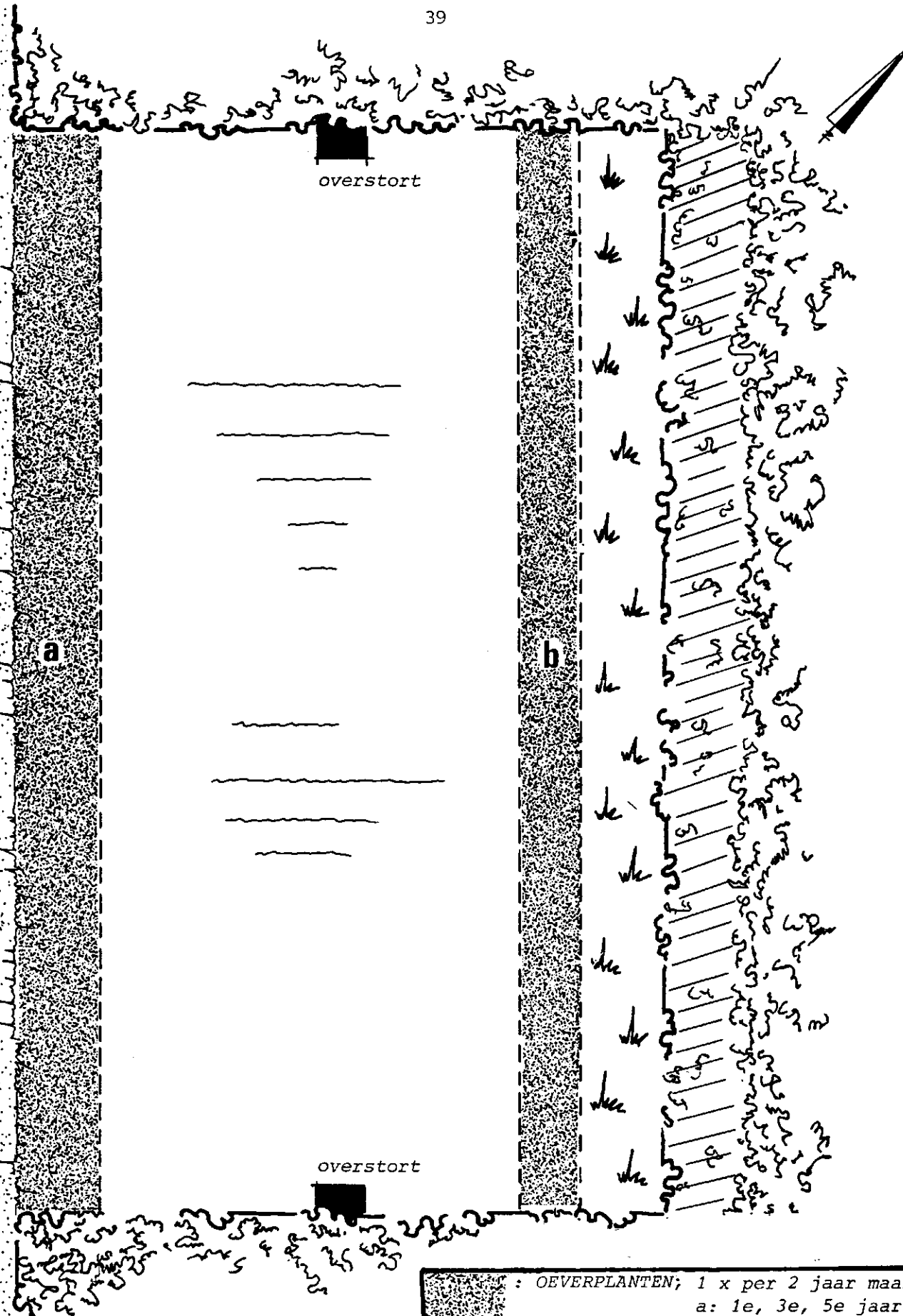
Hier groeit dan spontaan opslag van wilg, els, meidoorn, sleedoorn en es. Dit struweel met een aangrenzende zoomvegetatie is niet alleen in floristisch opzicht interessant maar het is ook waardevol voor (water)vogels, insekten en amfibieën. Het geheel zou men extensief kunnen beheren door om de paar jaar een aantal bomen en struiken terug te zetten (hakhout). Op den duur ontstaat een dichte, natuurlijke gordel van houtige gewassen en een gevariëerde ondergroei met tal van kruiden.

HET BEHEER VAN WATERPLANTEN

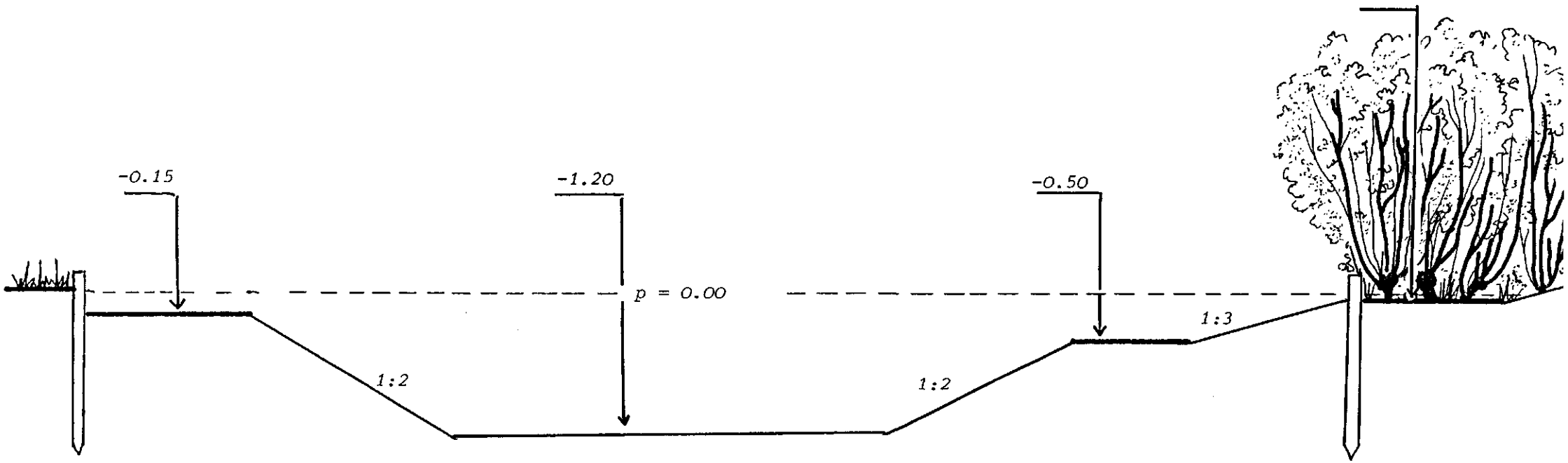
Ten aanzien van de waterplanten dient men het huidige maai- en afvoerbeheer te continueren, met die beperking dat één strook langs de oevers om de twee jaar zou kunnen worden gemaaid (zie bijgevoegd schema op bladzijde 39, figuur 3).Op deze wijze blijft in ieder gaval een gedeelte van de organismen, die voor hun voortbestaan afhankelijk zijn van de aanwezigheid van deze planten in leven.
Het maaien en afvoeren van het maaisel is belangrijk, aangezien men daardoor een minder voedselrijke situatie schept. Blijft deze beheersmaatregel achterwege, dan ontstaat er een opeenhoping van organische stoffen en slib, waardoor sterk woekerende plantesoorten zoals smalle waterpest (Elodea nuttallii), gekroesd fonteinkruid (Potamogeton crispus) en gedoornd hoornblad (Ceratophyllum demersum) en draadwieren (zogenaamde 'flap") de overhand krijgen.

GEBRUIK VAN WATERLELIES EN GELE PLOMPEN

In veel vijvers zijn waterlelies en gele plompen geplant ter onderdrukking van de groei van ondergedoken waterplanten. In de toekomst is men van plan de waterlelies te vermeerderen en te verdelen over andere vijvers. Hoewel enkele waterlelies een gevariëerd en vegetatiebeeld scheppen in de semi-natuurlijke vijvers, is het vooral in het belang van deze floristische variatie dat de lelies niet het gehele wateroppervlak bedekken. Het aanplanten van de gele plomp in vijvers met zacht water is niet zinvol. De gele plomp is namelijk een soort van matig hard tot hard water.



figuur 3: Schematische opzet van het vijverbeheer



1.50	8.00	1.00	1.50	1.50
oeverplanten	centrale ruimte	oever-planten	verlan-ding	opslag van heesters

schaal 1:50

maten in meters

figuur 4: Doorsnede van een natuur-technisch beheerde vijver als in figuur 3.

BEKNOPTE BEHEERSAANBEVELINGEN

Ter afsluiting van dit rapport worden onderstaande beheersaanbevelingen ten aanzien van de flora, ter overweging gegeven.

De vijverbegroeiing dient in gedeelten te worden gemaaid. Hiermee verkrijgt men een grotere floristische diversiteit en blijft een deel van de levensgemeenschap in stand.
Plaatsen die van belang zijn voor de doorstroming van het water moeten hun open karakter behouden. Na elke maaibeurt dient het afgemaaide materiaal te worden afgevoerd om opeenhoping van de hoeveeldheid organisch materiaal en slib te voorkomen. Waar mogelijk zou men een hoek of rand van de vijver, grenzend aan een heesterpartij, geleidelijk kunnen laten verlanden, waardoor er een drassig stukje ontstaat voor interressante moerasvegetaties.
Bij de aanleg van nieuwe vijvers kan men rekening houden met de plaats van een verlandingszone door een iets langere (minimaal 2,50 meter) plasberm te ontwerpen die dieper in het water ligt (minimaal 0,50 meter) dan bij de bestaande vijvers. Op deze plasberm ontwikkelt zich de verlanding. Dit kan ook worden bevorderd door op de plasberm een talud 1:3 aan te leggen.
Een verlandingsstrook kan zich echter ook ontwikkelen in reeds aangelegde vijvers.
Het uitzetten van graskarpers is een biologische bestrijdingsmethode, waarbij de nodige voorzichtigheid in acht moet worden genomen. Dit kan bepaalde consequenties hebben voor het biologisch evenwicht in de vijvers. Nadere studie over deze vorm van beheer is zeker gewenst (Van Zon, Zonderwijk, 1973).
Gezien de floristische waarde van vijvers met zacht (kwel)water is het uitzetten van vissen in dergelijke vijvers ecologisch gezien minder gewenst.

Een voorstel voor het natuur-technisch beheer is weergegeven in de figuren 3 en 4. In deze figuren zijn de verschillende zones voorgesteld als stroken. Deze zones kunnen, afhankelijk van de locale situatie, ook beperkt blijven tot één of meer hoekjes.

8. OVERZICHT VAN DE GEBRUIKTE LITERATUUR

Hartog, C. den, z.j. Dictaat hydrobiologie. K.U. Nijmegen, L.H. Wageningen. 36 pp.

Hartog, C. den, en S. Segal, 1964. A new classification of the waterplant-communities. Acta. Bot. Neerl., 13(3):367-393.

Haslam, S., C. Sinker and P. Wolseley, 1975. British Water Plants. Fld. Stud., 4:243-351.

Heinen, M., 1981. De betekenis van de vijvers in Apeldoorn voor overwinterende watervogels. Rapport Regionale Milieuraad Oost-Veluwe, Apeldoorn. 5 pp + 2 bijlagen.

Heukels, H. en S.J. van Ooststroom, 1977. Flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen. 925 pp.

Hutchinson, E.G., 1975. A Treatise on Limnology, volume III. Limnological Botany. J. Wiley & Sons, New York. 660 pp.

Lange, L. de en M.A. de Ruiter, 1977. Biologische Waterbeoordeling. Methoden voor het beoordelen van Nederland oppervlaktewater op biologische grondslag. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek T.N.O., Delft. 251 pp.

Maier, E.X., 1972. De kranswieren (Charophyta) van Nederland. Wet. Meded. KNNV, 93:44 pp.

Pietsch, W., 1972. Ausgewählte Beispiele für Indikatoreigenschaften höherer Wasserpflanzen. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch., 12(2): 121-151.

Rijks Instituut voor Natuurbeheer, 1979. Natuurbeheer in Nederland. Levensgemeenschappen. Pudoc, Wageningen. 392 pp.

Roelofs, J.G.M., 1981. De invloed van abiotische milieufactoren in het ecosysteem water. Practicumhandleiding voor tweedejaars biologen. Laboratorium voor aquatische oecologie, Katholieke Universiteit, Nijmegen. 9 pp.

Roelofs, J.G.M. en G. van der Velde, 1981. Waterplanten en hun milieu. Groei en Bloei, 5:29-30 + 1 bijlage.

Segal, S., 1965. Een vegetatieonderzoek van hogere waterplanten in Nederland. Wet. Meded. KNNV, 57:80 pp.

Westhoff, V. en A.J. den Held, 1975. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme en cie., Zutphen. 324 pp.

Westhoff, V. et allies, 1971. Wilde planten; flora en vegetatie in onze natuurgebieden; 2: het lage land. Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten, 's-Graveland. 304 pp.

Westhoff, V; et allies, 1973. Wilde planten; flora en vegetatie in onze natuurgebieden; 3: de hogere gronden. Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten, 's-Graveland. 359 pp.

Wiegleb, G., 1978. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehenden Gewässern. Arch. Hydrobiol. 83(4):444-484.

Zellem, J. van, 1981. Een karakteristiek van de Oost-Veluwse Sprengen. Stichting tot behoud van Veluwse sprengen en beken. Publicatie no. 2: 2-3.

Zon, J.C.J. van en P. Zonderwijk, 1973. De Nederlandse waterplanten, lasten en lusten. Vakbl. Biol.,12(53):215-220.

BIJLAGE 1

Langs de oevers van de vijvers voorkomende oever- en moerasplanten

Alisma spec.	-	waterweegbree
Alopecursus geniculatus	-	geknikte vossestaart
Bidens tripartita	-	driedelig tandzaad
Butomus umbellatus	-	zwanenbloem (heempark)
Carex acutiformis	-	moeraszegge
Eleocharis palustris	-	gewone waterbies
Eupatorium cannabium	-	koninginnekruid
Glyceria fluitans	-	mannagras
Glyceria maxima	-	liesgras
Iris pseudacorus	-	gele lis
Juncus articulatus	-	zomprus
Juncus bufonius	-	greppelrus
Juncus effusus	-	pitrus
Juncus subuliflorus	-	biezeknoppen
Lycopus europeus	-	wolfspoot
Mentha aquatica	-	watermunt
Phragmites australis	-	riet
Polygonum amphibium	-	veenwortel
Ranunculus flammula	-	egelboterbloem
Ranunculus sceleratus	-	blaartrekkende boterbloem
Rumex hydrolapathum	-	waterzuring
Scirpus lacustris	-	mattenbies
Sparganium erectum	-	grote egelskop
Stachys palustris	-	moerasandoorn
Typha angustifolia	-	kleine lisdodde
Typha latifolia	-	grote lisdodde
Veronica beccabunga	-	beekpunge