

## 6. Gebruikte beheers- en herstelmaatregelen

### 6.1 Beheersdoelen

Bij het definiëren van de beheersdoelen wordt vaak gesproken over de restauratie van de 'oorspronkelijke' situatie, zoals de 'oorspronkelijke' hydrologie. 'Oorspronkelijk' duidt veelal op de omstandigheden waarvan men verwacht dat ze optimaal zijn voor de restauratie van de gewenste vegetatietypen en faunagemeenschappen. Welke natuurtypen gewenst zijn, hangt niet alleen af van het historische raamwerk, maar ook van het gekozen doeltype. Dit kan zelfs conflicten opleveren, zoals bijvoorbeeld tussen botanici/vegetatiekundigen en vogelbeschermers die niet altijd hetzelfde doeltype nastreven. Rietvelden of wilgenopstanden kunnen erg waardevol zijn voor het herstel van vogelpopulaties, maar meestal niet vanuit vegetatiekundig oogpunt (Wheeler & Shaw, 1995).

Bij het beheer zijn de doelen niet altijd even scherp gesteld. Pas sinds enkele jaren is het steeds meer gebruikelijk om toetsbare doelen te formuleren bij projecten. Het kan dan echter nog steeds onduidelijk zijn of het streefbeeld alleen op standplaatsniveau ligt (bijv. herstel of terugkeer van een zeldzame plantensoort), op systeemniveau (bijv. herstel van verlanding en veenvormende laagveenwateren) of op landschapniveau (bijv. herstel van laagveenlandschap inclusief de hydrologie op landschapsschaal).

Bij het beheer van laagveenwateren kan ook frictie ontstaan door de keuze van de successiestadia. Wanneer ervoor gekozen wordt om soortenrijke basofiele kraggenvegetaties in stand te houden, betekent dit bijna per definitie dat ontwikkeling naar moerasheide, wilgenstruweel of broekbos uitgesloten wordt. Keuze voor een zeer extensieve beheersvariant aan de andere kant leidt veelal tot verlies van biodiversiteit.

### 6.2 Inventarisatie van de maatregelen en hun effecten

Beheersmaatregelen genomen in laagveenwateren kunnen bij de volgende thema's ondergebracht worden: verdrogingsbestrijding, eutrofiëringsbestrijding, verzuringsbestrijding, bestrijding van (effecten) van versnippering en handhaven of creëren van het gewenste successiestadium (Tabel 10).

Strikt genomen vallen alleen de eerste drie thema's binnen het kader van OBN. Het herstellen van alle vereiste abiotische voorwaarden bleek binnen een aantal OBN-projecten in het verleden echter onvoldoende. De diasporenbank was niet meer aanwezig of niet meer vitaal, en dispersie van diasporen en fauna werd gehinderd door de grote afstand of door een andere barrière. Wanneer terugkeer van soorten in dit geval toch gewenst wordt, biedt alleen een combinatie van abiotiekherstel en herintroductie soelaas.

Het weer opengraven van oude verlande en geëutrofiëerde petgaten kan gefinancierd worden binnen de OBN-regeling. Het graven van nieuwe petgaten valt daarentegen binnen het kader van natuurontwikkeling, en daarmee buiten het bestek van de herstelmaatregelen binnen het OBN. Dit is bijvoorbeeld van toepassing bij de omvorming van intensief beheerde graslanden naar nieuwe laagveenwateren en legakkers.

In de volgende paragrafen zullen de beheersmaatregelen genomen in laagveenwateren besproken worden, waarbij (zo mogelijk) de resultaten en de voor- en nadelen besproken zullen worden. De tekst is niet alleen gebaseerd op literatuur en veldbezoeken, maar ook op de resultaten van een workshop van een aantal vertegenwoordigers van het beheer van laagveenwateren, gehouden op 20 oktober 2000 (zie bijlage 2).

Tabel 10. Overzicht van huidige en toekomstige beheersmaatregelen in laagveenwateren, gerangschikt naar thema.

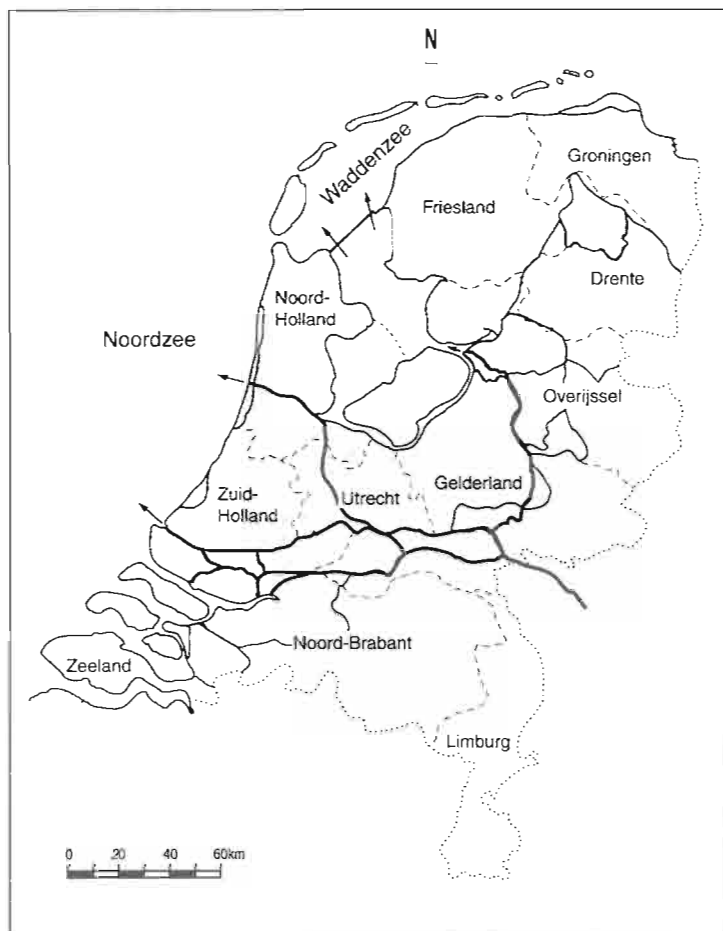
<b>Verdrogingsbestrijding</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inlaten water</li> <li>- waterconservering</li> <li>- herstel hydrologie</li> <li>- peilbeheer</li> </ul>
<b>Eutrofiëringsbestrijding</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- defosfateren inlaatwater</li> <li>- keuze nutriëntenarme waterbron</li> <li>- keuze waterbron die minder leidt tot interne eutrofiëring</li> <li>- vermindering toestroom nutriënten uit landbouw</li> <li>- verlengen wateraanvoerroute</li> <li>- helofytenfilter bij inlaat</li> <li>- bestrijding guantrofiëring</li> <li>- desulfateren inlaatwater</li> <li>- ontharden inlaatwater</li> <li>- actief biologisch beheer (ingrepen in de visstand of inbrengen van planten)</li> <li>- baggeren</li> <li>- verdiepingen in plassen voor slibbezinking</li> <li>- dynamisch peilheer</li> <li>- ijzeradditie waterbodem</li> <li>- maaien en afvoeren</li> <li>- krozen (kroosvissen)</li> <li>- uitgraven verlande en geëutrofiëerde petgaten (incl. bestrijding verbossing)</li> </ul>
<b>Verzuringsbestrijding</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aanvoer gebufferd water / bevoelien</li> <li>- plaggen</li> <li>- afgraven verzuurde petgatvegetatie</li> <li>- bekalking</li> <li>- begreppeling</li> <li>- vergroten doorlatendheid kragge</li> <li>- aanmaken (toemaakdekken)</li> </ul>
<b>Bestrijding (effecten van) versnippering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- herintroductie (zaden/sporen/planten/dieren)</li> <li>- creëren corridors</li> </ul>
<b>Handhaven of creëren gewenst successiestadium</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- jaarlijks of cyclisch maaien en afvoeren</li> <li>- kappen en afvoeren</li> <li>- plaggen</li> <li>- verondiepen t.b.v. helofytenengroei</li> <li>- staken actief vegetatiebeheer</li> <li>- nabeweiden</li> <li>- graven nieuwe petgaten</li> </ul>

### 6.2.1 Verdrogingsbestrijding

#### **Inlaten water**

Ondanks het feit dat er in Nederland water in overvloed is, blijft verdroging (inclusief de indirecte effecten) een van de grootste bedreigingen van de natte natuur in ons land waaronder laagveenwateren. Dit heeft te maken met de, met name door de agrarische sector gewenste, snelle afvoer van water in de winter en de onttrekking van grondwater. Hierdoor is het waterpeil in het voorjaar en de zomer over het algemeen te laag, zowel voor landbouw- als voor natuurgebieden. Met name in gebieden waarin de grondwateraanvoer ontoereikend is (geworden), wordt ter compensatie van de optredende verdroging water ingelaten. Vaak vormt de inklinking van het omliggende veen een extra oorzaak voor de omslag van kwel naar wegzijging. Een voorbeeld hiervan is De Deelen (Fig. 3; gegevens Wetterskip Fryslân, 2000). Hierdoor moet er water ingelaten worden uit de aanliggende vaart, dat hoge concentraties aan nutriënten, bicarbonaat en sulfaat bevat.

Grote delen van Nederland staan op deze wijze in mindere of meerdere mate onder invloed van water afkomstig uit de grote rivieren. Voor de Rijn geldt zelfs dat in droge jaren alle provincies behalve Limburg direct of indirect (bijvoorbeeld uit de IJssel of het IJsselmeer) beïnvloed worden door water uit deze rivier (Fig. 42; Bloemendaal & Roelofs, 1988). Hoewel deze Rijnwaterinvloed in een gemiddeld jaar niet voor Drenthe en een deel van Overijssel geldt, blijft ook dan een groot deel van Nederland afhankelijk van aangevoerd Rijnwater. Tegenwoordig wordt ook in grote delen van Drenthe en Overijssel indirect Rijnwater ingelaten, zodat er soms zelfs van de 'verrijning' van Nederland wordt gesproken.



Figuur 42. Delen van Nederland die in de zomer beïnvloed kunnen worden door Rijnwater (gearceerd). Zie tekst voor verdere uitleg. Naar Bloemendaal & Roelofs (1988).

Dit leidt echter, zoals uitgelegd in 5.2.1, in de meeste veengebieden tot eutrofiëring. Bekende voorbeelden hiervan zijn De Weerribben, de Loosdrechtse Plassen en het Noorderpark waar door het inlaten van IJsselmeer- danwel Vechtwater eutrofiëring ontstond (De Lyon & Roelofs, 1988; Roelofs 1991; Smolders & Roelofs, 1995, Smolders *et al.*, 1996). Voor een deel zal het gaan om aanvoer van voedingsstoffen via het water (externe eutrofiëring), maar daarnaast zal er in veel gevallen intern extra mobilisatie zijn van voedingsstoffen opgeslagen in de veenbodem (interne eutrofiëring). Dit blijkt met name op te treden wanneer het water harder (meer bicarbonaat), sulfaatrijker en (mogelijk ook) chloriderijker is dan het gebiedseigen water. Wanneer het ingelaten water relatief arm aan voedingsstoffen (met name fosfaat) is en er toch eutrofiëring optreedt na het inlaten van dit water in een veengebied, moet er wel sprake zijn van interne eutrofiëring.

Daarnaast werd ook al eerder aangegeven dat oppervlaktewater vrijwel altijd arm aan ijzer is, en daarmee een belangrijke eigenschap mist van ijzerrijk grondwater. IJzer werkt de-eutrofiërend (ontmestend) doordat fosfaat gebonden wordt en daarnaast bindt ijzer het giftige sulfide. Bij het bestrijden van verdroging door het inlaten van gebiedsvreemd water kan door al deze oorzaken dus een veel groter probleem ontstaan: eutrofiëring. Het probleem zal groter zijn naarmate het veen reactiever is, het gebiedseigen water zachter en de vegetatietypen meer mesotroof (voedselarmer). In eutrofe systemen zal extra aanvoer en mobilisatie van fosfaat minder snel tot ongewenste veranderingen leiden.

Hoewel het inlaten van gebiedsvreemd water vanuit de belangrijkste beheersmaatregel is tegen verdroging, is het vanwege de ongewenste eutrofiëring zeer gewenst om na te gaan hoe groot interne eutrofiëring is bij toepassing van deze maatregel, en in welke verhouding deze interne component staat ten opzichte van de externe eutrofiëring. Onderzoek tot nog toe geeft aan dat interne eutrofiëring door het inlaten van gebiedsvreemd water in veenwateren een zeer grote rol speelt bij de achteruitgang van laagvenen door eutrofiëring (Roelofs, 1991; Smolders & Roelofs, 1993; Koerselman & Verhoeven, 1995; Lamers *et al.*, 1996; Beltman & Van der Krift, 1997; Lamers *et al.*, 1998b; Beltman *et al.*, 2000). Het is dus zeer wenselijk om een alternatief te vinden voor het aanvoeren van gebiedsvreemd water, met name voor laagveenwateren waarin een grote hoeveelheid voedingsstoffen opgeslagen ligt in de bodem. Er zijn echter ook gebieden waar weinig of geen alternatieven zijn (bijvoorbeeld de Alde Feanen).

### **Waterconservering**

Een (gedeeltelijk) alternatief voor het inlaten van gebiedsvreemd water vormt het vasthouden van gebiedseigen water binnen het beheersgebied. Dit kan gebeuren door het waterpeil in de winter en het voorjaar minder laag te zetten en het uitslaan van water te beperken, of zelfs door het gebruik van 'spaarbekkens'. De hoogwaterzones in De Wieden fungeren bijvoorbeeld op deze wijze als waterberging. Dit kan het inlaten van water (gedeeltelijk) onnodig maken en wegzijging (sterk) terugdringen (Van Keulen, 1997). Dit wordt voor De Deelen voorgesteld. Een ander voorbeeld is het beleidsprogramma Levende Berging West-Nederland, waarbij meer ruimte gecreëerd wordt voor waterberging in polders om piekafvoeren op te vangen. Verder kan er een hydrologische buffer ingesteld worden, zoals bij de polders rond het Naardermeer.

### **Herstel hydrologie**

Met hydrologisch herstel wordt hier geduïd op het herstel van de waterstromen van voor de tijd dat er duidelijke antropogene verdrogingseffecten optraden. Dit betreft met name de restauratie van grondwaterstroming (herstel van kwelstromen). Aangezien dit echter vrijwel altijd een beheersaanpak op landschapsschaal betreft, blijkt dit in praktijk erg moeilijk uitvoerbaar. Makkelijker is het om de wegzijging te beperken door bijvoorbeeld het water in de omliggende delen, waarop afgewaterd wordt, op te stuwen. In De Rottighe Meenthe, bijvoorbeeld, werd op deze wijze de wegzijging in een aantal petgaten sterk gereduceerd. Het Herstelplan Naardermeer leidde op vergelijkbare wijze tot een afname van de wegzijging. Er bestaat een groot verschil tussen de venen in het noorden van het land, waarin het onmogelijk is om wegzijging geheel te elimineren, laat staan regionale kwel te bewerkstelligen, en het centrale deel van het land (met name Utrecht), waar op veel plaatsen nog sprake is van regionale en lokale kwel. De aanwezigheid van diepe polders maakt kwel op een groot aantal andere locaties in deze regio echter ook onmogelijk.

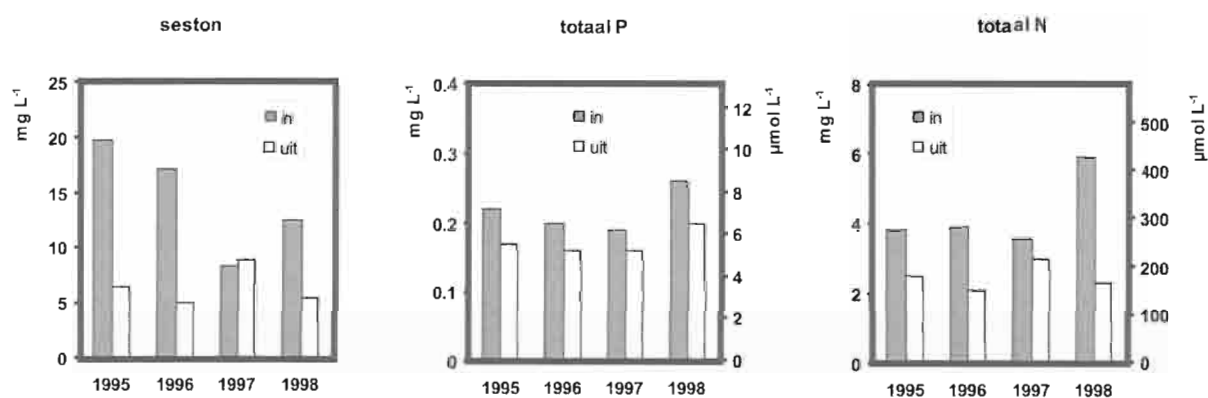
## **6.2.2 Eutrofiëringbestrijding**

### **Verlaging van de aangevoerde nutriëntenlast**

**Defosfatering** - Wanneer de fosfaatflux via het inlaatwater hoog is, kan overwogen worden om het water te defosfateren. Hiermee is veel ervaring opgedaan in bijvoorbeeld het Naardermeer (Boosten, 1999) en in de Loosdrechtse plassen. Op deze wijze was het mogelijk om, in combinatie met enkele andere maatregelen, de fosfaatlast in het inlaatwater terug te brengen. Een probleem bij defosfatering blijft echter dat de interne mobilisatie van fosfaat vanuit het sediment (interne eutrofiëring) vaak hoog blijft. Hierdoor wordt de verwachte reductie van de interne fosfaatconcentratie niet altijd bereikt. De vaak gebruikte term 'nalevering' kan verwarrend zijn, aangezien dit een eindig (bijv. slechts een paar jaar durend) proces impliceert. Wanneer de kwaliteit van het gedefosfateerde, aangevoerde water echter leidt tot een versterkte interne mobilisatie van fosfaat, blijft het proces van interne eutrofiëring gewoon doorgaan. In dit geval zou ontharden en/of desulfateren een betere optie zijn dan defosfateren. Deze beheersmaatregelen zijn echter nog niet uitgevoerd in laagveenwateren. In het kader van REGWA-project Nanneveld is ervaring opgedaan met het defosfateren van het suppletiewater vanuit de Tjonger. De behandeling vindt plaats nadat het water een rietveld is gepasseerd. Gedurende 5 jaar functioneren blijkt het rendement nagenoeg 0%. Het opgelost fosfaat kon zichtbaar niet voldoende worden aangepakt door het gedoseerde ijzer. Op basis hiervan wordt aanbevolen alvorens een defosfatering te installeren, eerst op lab-schaal de effectiviteit te beproeven (R. Veeningen, pers. comm.).

**Keuze schonere waterbron** - Wanneer gekozen kan worden tussen meerdere typen inlaatwater, verdient het watertype dat de laagste nutriëntenlast heeft én het minst leidt tot interne eutrofiëring sterk de voorkeur. In de Alde Feanen werden om deze reden gedeelten geïsoleerd van de aanvoer van eutrof oppervlaktewater, waarbij maatregelen getroffen werden om meer gebiedseigen water vast te houden en water aan te voeren via een andere, waarschijnlijk schonere route (gegevens Waterschap Fryslân, 2000).

**Helofytenfilter** - Bij het beheer van laagvenen kan ervoor gekozen worden om het aangevoerde oppervlaktewater via een helofytenfilter aan te voeren, om daarmee de concentraties aan nutriënten te reduceren. In de Rottige Meenthe bleek de concentratie fosfaat in de meeste gemeten jaren echter niet of nauwelijks lager na het helofytenfilter (Thannhauser-Douma, 1998). In het kader van het REGIWA-project Nanneveld is middels het inplanten van riet (uit kassen) een rietveld van 18 hectare aangelegd als helofytenfilter. De polderplas werd geïsoleerd van de agrarische polder en kreeg alleen nog water vanuit de beek de Tjonger, via het rietveld. Het veld bleek het beste te werken voor de verwijdering van seston (zwevend stof); in de meeste jaren werd een rendement van 60-70% gehaald (Fig. 43). Stikstof werd met een afname van 20-60% redelijk verwijderd, maar de fosforverwijdering was matig en bedroeg slechts ongeveer 20%. Het effluent bevatte nog altijd meer dan  $5 \mu\text{mol P L}^{-1}$  ( $0.16 \text{ mg P L}^{-1}$ ) en leidt daarmee tot eutroof water. Waarschijnlijk is de hydraulische belasting te hoog (Meuleman & Verhoeven, 1999). Uit de resultaten blijkt dat voor een goede zuivering van het oppervlaktewater aanzienlijke oppervlakten rietnodig zijn. Mede op grond hiervan wordt ervoor gepleit om de richtlijnen voor helofytenfilters bij te stellen (Veeningen, 2000). Problemen die verder optraden waren vraat door Rietganzen (2 hectare) en het spontaan opkomen van Grote lisdodde, waardoor het rendement afneemt.



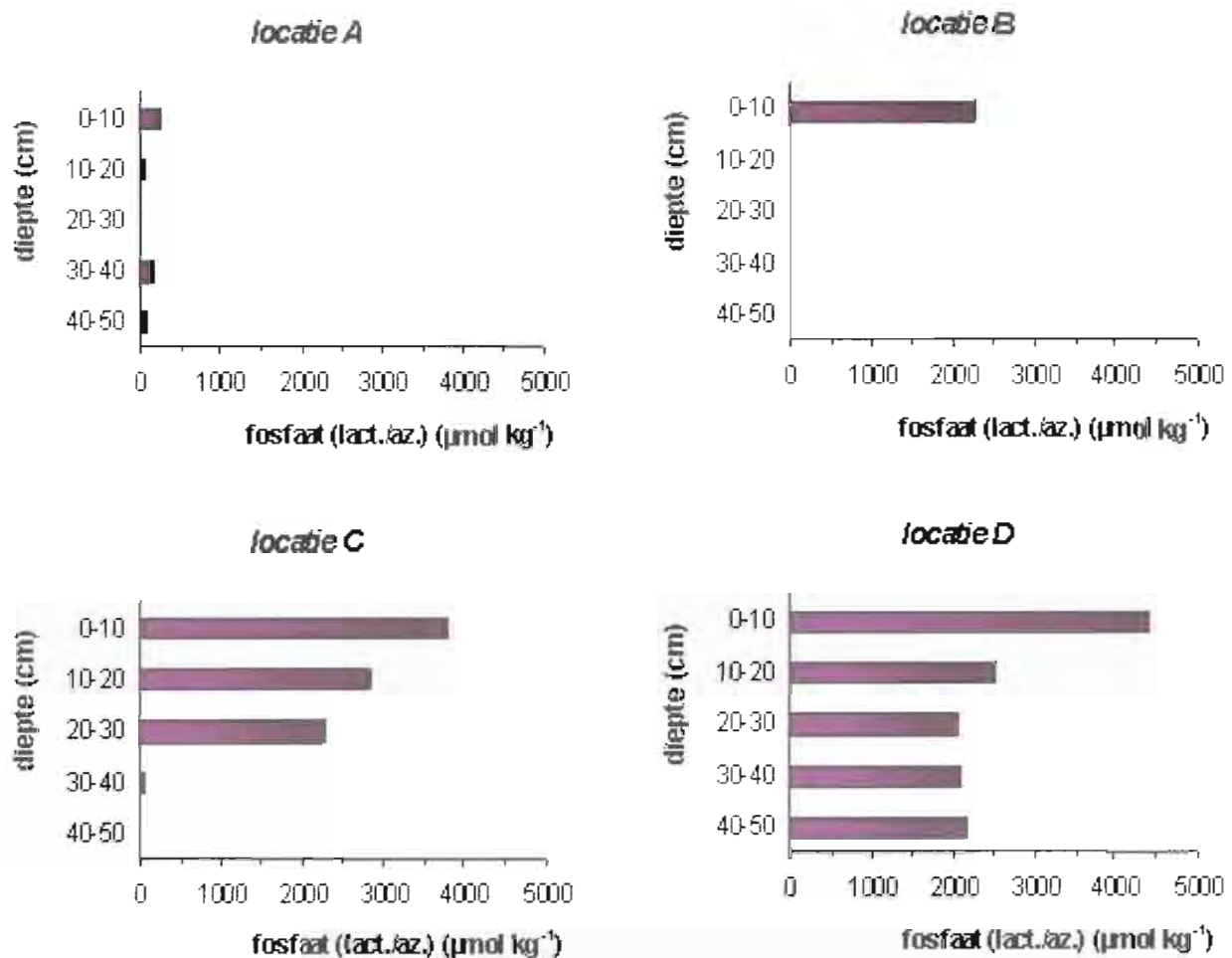
Figuur 43. Rendement van het rietveld Nanneveld als helofytenfilter, met betrekking tot het seston (zwevend stof) en de totaalconcentraties aan fosfor en stikstof. In = influent, uit = effluent. Naar Veeningen (2000).

Door interne mobilisatie van nutriënten kan de concentratie aan fosfaat zelfs hoger liggen na het filter, waardoor het zelfs averechts werkt zoals in De Deelen (Altenburg & Brongers, 1999; gegevens Wetterskip Fryslân, 2000). De waterzuiverende werking van helofytenfilters op een veenondergrond staat dan ook ter discussie (Bruins Slot & Claassen, 1999). Het is in ieder geval van groot belang om te meten of het helofytenfilter daadwerkelijk functioneert, iets wat in veel gevallen niet gebeurd is.

**Verlengde aanvoerroute** - Bij het verlengen van de aanvoerroute van oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van dezelfde methode als een helofytenfilter. Het idee is dat zowel de vegetatie als de bodem onderweg voldoende nutriënten (met name fosfaat) binden zodat de kwaliteit acceptabel wordt. Ook hier geldt dat dit vaak niet gemeten wordt en dat er zelfs een toename op kan treden van de fosfaatconcentratie door netto mobilisatie van fosfaat tijdens de verlengde route. Voor het wijkentsele in de Mariapeel is bijvoorbeeld aangetoond dat de kwaliteit alleen maar verslechterde (voor het hele systeem) door een verlengde route (Bloemendaal & Roelofs 1989). Wanneer de fosfaatrijke sliblaag verwijderd is, kan deze methode wel gunstig uitpakken.

**Vermindering nutriëntenstroom vanuit landbouwpercelen** - Vaak zijn terrestrische delen van een veengebied in het verleden (sterk) bemest. Hierdoor heeft er een ophoping plaatsgevonden van nutriënten, met name van fosfaat, in de bodem. Nitraat en (in wat mindere mate) ammonium spoelen vrij snel uit naar het grond- en oppervlaktewater. Daarnaast treedt er verlies van een deel van de stikstof op naar de atmosfeer via denitrificatie, afhankelijk van het vochtpercentage van de bodem. Fosfaat is veel minder mobiel in de bodem en spoelt daardoor slechts langzaam uit naar het grond- en oppervlaktewater. Hierdoor accumuleert het grootste deel van deze voedingsstof meestal in de bovenste decimeters van de grond (Fig. 44). Door het verwijderen van deze toplaag wordt een groot deel van het fosfaat afkomstig uit bemesting afgevoerd. Hiermee kan een belangrijke (toekomstige) fosfaatbron verwijderd worden.

Wanneer het beheersgebied grenst aan landbouwpercelen, van waaruit water aangevoerd wordt, kan door middel van afdamming van sloten uit dit gebied of door aankoop van belendende percelen de mesttoevoer stopgezet worden.



*Figuur 44. De fosfaatconcentraties (biologisch beschikbaar P: lactaat/azijnzuurextract) in terrestrische veenmonsters van het achterland van de Breukeleveense Plas, weergegeven voor de verschillende diepteklassen. Van A naar D is de bemesting steeds intensiever. Lamers et al., 1999.*

**Aanpak guanotrofiëring** - Grote vogelkolonies kunnen door hun mest een belangrijke input aan meststoffen (met name van fosfaat) van buiten vormen en voor mobilisatie van nutriënten binnen het gebied zorgen (Denneman & De Vries, 1985; Bureau Terlouw, 1996). Het afschermen van de nutriëntenbron door hydrologische isolatie (lager peil en aparte afvoer) is in het Naardermeer met succes uitgevoerd bij een grote aalscholverkolonie (Natuurmonumenten, pers. comm.).

#### **Verlaging van de interne mobilisatie van nutriënten**

**Keuze waterbron** - Zoals hierboven aangegeven verdient het sterk de voorkeur om bij een mogelijke keuze tussen waterbronnen als inlaatwater, niet alleen te kiezen voor de laagste fosfaatconcentratie maar ook voor water dat leidt tot een minimale interne eutrofiëring. In laagveenwateren met een matige buffering leidt aanvoer van hard water meestal tot verhoogde decompositie en mineralisatie. Sulfaatrijk water (> 0.3 mmol L<sup>-2</sup>; 29 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> L<sup>-2</sup>) en mogelijk ook chloriderijk water (> 4 mmol L<sup>-2</sup>; 140 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-2</sup>) induceren in zoete laagveenwateren vaak sterke interne eutrofiëring (zie 5.2.1).

**Baggeren (slib verwijderen)** - Ondiepe wateren zoals veenwateren worden gekarakteriseerd door een grote invloed van het sediment op de waterkwaliteit. Wanneer de interne mobilisatie van fosfaat vanuit het slib naar de waterlaag hoog is en het aanpakken van het aanvoerwater onvoldoende blijkt, is het veelal noodzakelijk om (een deel van) het fosfaatrijke slib af te voeren. Dit geldt met name voor plassen met een ondiepe

sliblaag op zand of klei. Bij dikkere veenlagen is het risico groot dat de blootgelegde lagen opnieuw gaan reageren met het aanvoerwater, waardoor er geen verbetering optreedt. Voor het opslaan van het slib is echter een groot depot nodig. Voor de Breukeleveensche Plas is bijvoorbeeld berekend dat er tussen 150 000 en 550 000 m<sup>3</sup> slib aanwezig is, waarvan een deel zwevend. De planning voor de gefaseerde slibverwijdering in deze veenplas (2000-2003) is om in totaal meer dan 300 000 m<sup>3</sup> slib te verwijderen, tot 1 m onder de waterlaag (DWR, 2000). In de Alde Feanen heeft het baggeren in geïsoleerde gebieden gunstig uitgewerkt op de waterkwaliteit, met name door de verminderde resuspensie van slibdeeltjes (Claassen, 1997). Hierbij bleek echter dat minimaal 30-40 cm slib verwijderd moest worden. In Izakswiid (Alde Feanen) leidde baggeren gecombineerd met visstandsbeheer de eerste jaren tot vermindering van de totaal-P concentratie en afgenomen algengroei. Daarna nam de P-concentratie echter weer toe en werd het water opnieuw troebel (Wetterskip Fryslân, 2000). Ook in de Geerplas leidde baggeren tot een tijdelijke verlaging van de fosfaatconcentratie en minder troebel water. Na vijf jaar nam de P-concentratie echter weer toe. Vaak wordt, zoals in de Breukeleveensche Plas, gebaggerd tot een vast diepte onder de waterspiegel (0.5<sup>+</sup> m). Deze vaste diepte brengt met zich mee dat het nutriëntenrijke, amorf slib in diepere gedeelten blijft liggen. Bovendien wordt soms de intacte, vaste veenlaag afgezogen waardoor het fosfaatrijke slib zakt en blijft liggen. Verder kan het gefaseerd baggeren van een plas of compartiment ertoe leiden dat het amorf slib van de nog niet behandelde delen uitzakt naar de gebaggerde stukken (R. van 't Veer, pers. comm.). Bij baggeren kan ook het probleem ontstaan dat een groot deel van de diasporen afgevoerd wordt. In niet gebaggerde petgaten van de Hollands Ankeveense Plas kwamen waterplanten na ABB snel op, terwijl zich in de gebaggerde gaten gedurende vier jaar nauwelijks vegetatie ontwikkelde. In petgaten die tot op de zandbodem gebaggerd waren kwamen zelfs jaren na uitvoering vrijwel geen planten meer op (Scheffer-Ligtermoet, 1998).

Tenslotte kan de accumulatie van potentieel giftige stoffen een belemmering vormen voor de opslag van het slib en daarmee ook voor de keuze om te baggeren.

*Uitdiepen* - Het graven van verdiepingen (> 10 meter) in laagveenwateren is erop gericht om slib in te vangen, dat in een ondiepe plas (Uitdiepen - Het graven van verdiepingen ( < 10 meter) in laagveenwateren is erop gericht om slib in te vangen, dat in een ondiepe plas (2m) in suspensie blijft door windwerking. Voor de Loosdrechtse Plassen is een dergelijke aanpak in voorbereiding, met verdiepingen van 14 meter bij aanvang (Hofstra, 2000). Daarnaast kan het graven van dergelijke verdiepingen leiden tot het ontstaan van een spronglaag in het groeiseizoen, waarbij de waterlaag erboven (epilimnion) warmer is dan de laag eronder (hypolimnion). Beide lagen mengen door het verschil in dichtheid nauwelijks. Nutriënten, vrijgemaakt uit de bodem en uit afgestorven plankton blijven dan in het hypolimnion. Bovendien is deze laag anaeroob door het hoge zuurstofverbruik, waardoor er bij de spronglaag een plotselinge overgang is naar oxisch. IJzer, goed oplosbaar in het hypolimnion, bindt fosfaat en neemt dit mee naar beneden (fosfaatval). Dit verschijnsel, dat zeer algemeen voorkomt in diepere meren (zie bijv. Wetzel 1975), komt normaal gesproken niet voor in (ondiepe) laagveenwateren aangezien er vrijwel continu menging optreedt.

*Meer dynamisch peilbeheer* - Een relatief nieuwe beheersoptie wordt gevormd door een zogenaamd dynamischer peilbeheer, als tegenhanger voor de verstarring van het peil die in de meeste laagveenwateren plaatsvindt (5.2.5). Een vast peil het hele jaar door moet dan plaatsmaken voor een wat lager zomerpeil en een wat hoger winterpeil (meer natuurlijk verloop). Het huidige peilverloop is vaak zelfs omgekeerd hieraan. Het idee hierachter is dat dit peilbeheer leidt tot toegenomen fosfaatbinding (door ijzeroxidatie, zie eerder), meer mogelijkheden voor kwel op geschikte locaties en kieming en vestiging van waterplanten en helofyten op tijdelijk droogvallende of ondiepe oevers (zie 5.2.5). Voor de vegetatie heeft dit te maken met de verbeterde lichtcondities voor zaailingen en uitlopers. Voor rietlanden wordt een wisselend waterpeil al langer aanbevolen (Coops, 1996). In verband met de angst voor verdroging van de semi-terrestrische vegetaties en eventuele extra mineralisatie en verzuring tijdens de drogere periode is het zeer gewenst om onderzoek te doen naar deze optie. De gevoeligheid zal variëren per successiestadium: zolang kraggen en drijftillen mee kunnen bewegen met het peil zonder de waterbodem te raken, blijven de standplaatshydrologische omstandigheden stabiel. In een recente notitie aan de beheerders van De Deelen werd een dergelijk peilbeheer in het veengebied aanbevolen (J. Verhoeven & M. Klinge, pers. comm.).

*Actief biologisch beheer* - Bij een landelijke evaluatie van Actief Biologisch Beheer (ABB) bleek dat er in 10 van de 22 wateren een omslag bereikt werd van troebel water, gedomineerd door algen, naar helder water met waterplanten (Meijer & De Boois, 1998). De verbetering van het doorzicht na ABB bleek significant hoger dan de verbetering door alleen de reductie van de fosfaataanvoer. Veenwateren blijken echter veruit het moeilijkst te manipuleren via ABB. Laagveenwateren waarin ABB heeft plaatsgevonden of plaatsvindt zijn: De Deelen (Friesland), Nanneveld (Friesland), de Alde Feanen (Friesland; Izakswiid, 40-Med, Tusken Sleatten), Klein Vogelenzang (Zuid-Holland), Breukeleveen (Utrecht), Duinigermeer (Overijssel) en Hollands Ankeveense Plas (Utrecht). Slechts in 1 van de 9 veenwateren (11%), het Duinigermeer, werd door ABB bodemzicht bereikt,

tegen 66% en 57% bij de wateren met respectievelijk een zand- of een kleibodem. In Hollands Ankeveense Plas en in de Alde Feanen nam het doorzicht wel sterk toe (Meijer & De Boois, 1998). Het water van het Nannewijd was gedurende een half jaar na afwissing helder, maar in de loop van de zomer nam de algengroei en de troebelheid weer toe (R. Veeningen, pers comm.).

Voor de omslag van troebel naar helder water dient minimaal 75% van de visstand weggevangen te worden (Meijer & De Boois, 1998). Beter is het om absolute streefwaarden te hanteren. Bij de landelijke evaluatie zijn streefwaarden van 10-15 kg ha<sup>-1</sup> aan planktivore (watervlooienetende) vis en 15-25 kg ha<sup>-1</sup> aan benthivore (bodemvoedsel etende en bodemwoelende) vis afgeleid (Klinge, 1998b; Meijer & De Boois, 1998). In het Duinigermeer werd ruim 119 kg ha<sup>-1</sup> (vnl. brasem en blankvoorn) weggevangen. Het eerste voorjaar (1993) werd overal bodemzicht bereikt, waarbij de helft van het meer bedekt werd met onderwatervegetatie, met name door kranswieren (Klinge *et al.*, 1995). Hoewel het water het tweede jaar (1994) nog steeds helder was, kwamen er maar weinig kranswieren tot ontwikkeling. Oorzaken hiervan waren mogelijk de slechtere weeromstandigheden, de intrek van brasem door problemen met de viswering en de toegenomen windwerking en sterke ontwikkeling van blauwalgen. Vanaf 1995 tot op heden is het water echter helder en rijk aan submerse waterplanten. Het komt echter ook vaak voor dat er in ondiepe plassen een aantal jaar na ABB opnieuw troebelheid optreedt (Van Donk & Gulati, 1995).

In plassen verbonden met petgaten en sloten is het erg moeilijk om kleine vis te dunnen die zich in de winter schuilhoudt in deze kleine wateren. Dit lijkt een belangrijke rol te hebben gespeeld in Tusken Sleaten en Izakswijd, twee wateren in de Alde Feanen (Claassen, 1997) en in Hollands Ankeveense Plassen (Scheffer-Ligtermoet, 1998). Bovendien bleken visweringen (Fig. 45) weinig actief wanneer er frequent bootpassages zijn (Meijer & De Boois, 1998). Een voorbeeld daarvan is de Breukeleveense Plas. In het Duinigermeer werkte de viswering beter (Klinge *et al.*, 1995). Hier werd geconstateerd dat de veenbodem minder los werd door de vestiging van waterplanten, de verminderde opwerveling door grote vis en mogelijk ook door de faecesproductie van watervlooien (*Daphnia*). De structuur van het veen is echter redelijk grof, waardoor het relatief gemakkelijk bezinkt. Doordat in veel wateren niet correct gevist is, is het nog onduidelijk of het water in laagveenplassen met fijn en los slib helder gemaakt kan worden via ABB.

Een ander, waarschijnlijk groter probleem is het dominant worden van cyanobacteriën in de waterlaag (zie 4.4). Bij dominantie van deze groep organismen, met name van het geslacht *Planktothrix* en *Nostoc*, is het wellicht niet mogelijk om succesvol in te grijpen via actief biologisch beheer. Watervlooien zijn, wanneer de algen eenmaal kolonies hebben gevormd, niet meer in staat om deze cyanobacteriën efficiënt te benutten, waardoor begrazing niet of nauwelijks optreedt. Alleen via manipulatie van de aanvoer van de nutriënten (extern of intern) lijkt het dan mogelijk om het water weer helder en geschikt voor ondergedoken vegetatie te maken (4.4). Aangezien *Planktothrix* snel verdwijnt als het lichtklimaat verbetert (zie 3.2.2), is het in sommige gevallen misschien mogelijk om het probleem aan te pakken door slibopwerveling terug te dringen. Dit is echter onvoldoende onderzocht.



Figuur 45. Visweringen in de Breukeleveense Plas (links) en het Duinigermeer. Foto's Witteveen+Bos.

**IJzeradditie** - Het injecteren van ijzerchloride in de waterbodem blijkt op korte termijn zeer succesvol om fosfaeutrofiëring in laagveenwateren te bestrijden. Dit werd gedemonstreerd in de veenplas Klein Vogelenzang (Reeuwijkse Plassen; Boers, 1991) en in een veensloot in De Bruuk (Gelderland; Smolders *et al.* 1995). Het nadeel van deze methode is echter dat de fosfaatbinding bij lagere doseringen slechts één seizoen

duurt, waardoor de behandeling herhaald dient te worden. In het kader van het REGIWA-project Nanneveld is na baggeren het achterblijvende slib behandeld met ijzer. Metingen aan de nalevering wijzen uit dat deze maatregel een significant effect heeft gehad op de nalevering (R. Veeningen, pers. commun.). Met name wanneer het onmogelijk of onwenselijk is om slib te verwijderen, kan ijzerinjectie ('beijzering') van kleinere wateren een (additionele) beheersmaatregel zijn bij de bestrijding van eutrofiëring. Aangezien er nog relatief weinig ervaring is hiermee, is verder onderzoek naar dosering en methodiek van additie gewenst. Het toedienen van aluminiumzouten, een methode die in het buitenland op verschillende plaatsen gebruikt wordt, werkt even goed maar kan bezwaren opleveren vanwege mogelijke toxische effecten op aquatische fauna (met name bij contact met zuur water) en de minder voor de hand liggende keuze aangezien grondwater veel rijker aan ijzer is dan aan aluminium. IJzer- en aluminiumchloride zijn even duur. De concentraties chloride die bij deze methode ingebracht worden staan in het niet bij de concentraties in het oppervlaktewater.

*Maaien en afvoeren, begrazen* - Verschillende vegetatietypen in laagveenplassen bestaan bij de gratie van maaibeheer. Met dit beheer wordt met name veel fosfor afgevoerd, waardoor relatief P-arme omstandigheden blijven bestaan (Vermeer, 1986; Koerselman & Verhoeven, 1992; Verhoeven *et al.*, 1996). Dit type maaibeheer moet dan ook als regulier beheer gezien worden. In geval van eutrofiëringsbestrijding kan ervoor gekozen worden om intensiever dan normaal te maaien, waardoor er een snellere afvoer van nutriënten zal plaatsvinden. Met name op bemeste legakkers wordt dit vaak uitgevoerd.

Bij maaibeheer is het zeer belangrijk om het juiste tijdstip in het jaar te kiezen. Te vroeg maaien (zomer) leidt tot verlies van kwetsbare entomofauna en van laatbloeiende planten. Voor gebieden waarin dit speelt is het dan ook beter te kiezen voor herfstmaaien of gefaseerd maaien. Legakkers worden daarnaast vaak nog (na)beweid.

In veel nutriëntenrijke sloten en plassen kunnen soortenrijke onderwatervegetaties alleen blijven bestaan wanneer ze jaarlijks of eens in de paar jaar geschoond worden. Op deze wijze kunnen kranswiervegetaties terugkeren. In grote plassen worden onderwatervegetaties vaak gemaaid omdat ze hinder opleveren voor watersporters (Fig. 46). In sterk geëutrofiëerde sloten met achterstallig beheer (met name in landbouwgebieden, waar een grote instroom van nutriënten plaatsvindt) zal de voornaamste aanpak van eutrofiëring bestaan uit het schonen van de sloot, inclusief afvoer van voedselrijk slib. Bij het verwijderen van kroos (krozen, kroosvissen) uit het water wordt met de planten fosfaat afgevoerd. Ook het kappen van boomopslag kan gezien worden als maatregel om eutrofiëring (door bladeren) te bestrijden. Als gevolg van verdroging en/of eutrofiëring treedt verbossing sneller op.



Figuur 46. Ten behoeve van de recreatie gemaaide fonteinkruiden worden verwijderd uit het Veluwemeer. Foto M. Rutten.

### 6.2.3 Verzuringsbestrijding

Aangezien de bestrijding van verzuring in kraggevegetaties en latere verlandingsfasen reeds ondergebracht is bij het OBN-onderzoek ten behoeve van Natte Schraallanden (zie eerder), zal dit onderwerp hier slechts kort aan bod komen.

*Aanvoer gebufferd water, begreppeling, bevoeiing* - Door hydrologische isolatie, mogelijk versneld onder invloed van verzurende atmosferische depositie, raakt de buffercapaciteit van kraggevegetaties en meer ter-

restrische veenvegetaties uitgeput (=verzuring). Herstelde toevoer van bufferend water (door bicarbonaat, calcium, magnesium) zal leiden tot een herstel van de basenminnende vegetatietypen. Wanneer de locatie hydrologisch geïsoleerd is geraakt, kan het graven van aanvoersloten en -greppels uitkomst bieden. Om het hele terrein te voorzien van gebufferd water, is echter vaak een dicht netwerk van slootjes nodig, samen met ondiepe greppeltjes om stagnerend regenwater af te voeren (Van den Broek & Beltman, 1994; Beltman *et al.*, 1995; Barendrecht *et al.* 1997). Zelfs dan nog blijven zuurminnende vegetatie-elementen lange tijd bestaan.

Een alternatief voor infiltratie van gebufferd water is bevoeiing. Hierbij laat men gebufferd oppervlaktewater direct over de kragge stromen, waardoor het gemakkelijk alle delen kan bereiken. Een mogelijk risico hierbij vormt eutrofiëring; in De Weerribben worden rietculturen bevoeid om de productie te verhogen.

*Bekalking, plaggen* - De buffercapaciteit en pH van een kragge kan ook hersteld worden door middel van dieper plaggen, al dan niet gecombineerd met bekalking (Barendrecht *et al.* 1997; Fig. 47). Dit werd gedemonstreerd in de Westbroekse Zodden (Utrecht). De basenverzadiging werd hierdoor echter niet aantoonbaar verhoogd, wat erop lijkt te duiden dat de buffering geleverd wordt door carbonaat in de kalk. Gunstige resultaten werden echter alleen behaald wanneer de toplaag vooraf verwijderd werd. Het bekalken zonder dit plaggen had geen enkel effect op de alkaliniteit of de pH, doordat er snelle herverzuring optrad door de veenmosmat. Alleen bekalken is dus zeer ongewenst in laagveenkraggen. Ondiep plaggen, waarbij het gebufferde water onvoldoende de toplaag bereikt, heeft geen effect op de zuurgraad. Een groot probleem vormt het verder omhoogkomen van de drijftil na plaggen, waardoor het vrijgekomen veen weer hoger boven de waterspiegel komt en verder verzuurt (Beltman *et al.* 1996b).

Een anti-verzuringsmethode die in het verleden om agrarisch-economische redenen uitgevoerd werd, is het opbrengen van bagger. Dit 'aanmaken' of 'toemaakdekken' leidt er echter op de lange termijn toe dat de kraggevegetatie overgaat in schraalland of juist een ruigte, afhankelijk van de kwaliteit van de bagger. Aanmaken kan alleen gedaan worden wanneer de bagger arm is aan pyriet. Het gebruik van pyrietrijke bagger, in voormalige mariene delen van ons land zoals in Noord-Holland, leidt juist tot sterke verzuring doordat bij de oxidatie zwavelzuur gevormd wordt. Het duurt dan zelfs jaren voordat er enige vegetatie kan groeien. Alleen bekalking, waarbij gips (calciumsulfaat) gevormd wordt, biedt in dit geval uitkomst.



*Figuur 47. Restauratie van laagveenkraggen door middel van plaggen, waardoor de verzuurde toplaag afgevoerd wordt en de successie weer teruggezet wordt. Foto: B. Beltman.*

#### **6.2.4 Bestrijding (effecten van) versnippering**

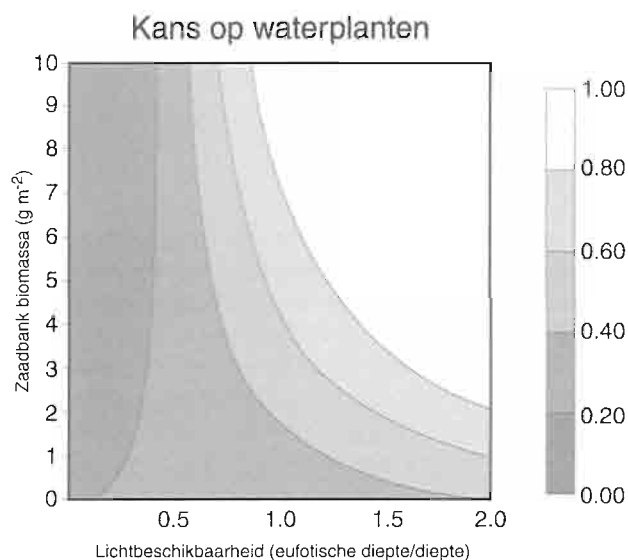
De bestrijding van habitatfragmentatie is niet gedefinieerd binnen OBN. Bij herstelmaatregelen gericht tegen de effecten van verzuring, vermessing en verdroging is het echter vaak onmogelijk gebleken om de gewenste vegetatie en fauna terug te krijgen zonder het actief inbrengen van diasporen of individuen. Voor laagveenwateren lijkt dit ook van toepassing.

*Herintroductie* - Er is weinig bekend over de herintroductie van soorten in laagveenwateren middels diasporen of individuen. Het is wel bekend bij beheerders dat, ook bij volledig herstel van de abiotische vereisten, rekolonisatie van doelsoorten veelal uitblijft. Van verschillende laagveenwateren is bekend dat het kleinschalig inbrengen ('enten') van soorten als Krabbescheer en Slangewortel niet leidde tot het gewenste resultaat. Binnen drie jaar verdwenen de ingebrachte planten weer (De Deelen, Den Dullaert Brabant). In petgaten

op andere locaties bleek Krabbescheer zich wel te vestigen en handhaven (Westbroekse Zodden, Kalverpolder-Zaanstad). In Izakswiid (Alde Feanen) werden na afdamming (hydrologische isolatie) en actief biologisch beheer verschillende waterplanten aangebracht in enclosures. Krabbescheer is na vier jaar nog steeds aanwezig, maar fonteinkruiden en blaasjeskruid zijn verdwenen. Dit komt doordat het water in de plas nog steeds sterk gedomineerd wordt door algen. Het is echter in veel gevallen onduidelijk wat de oorzaken zijn voor verschillen in succes na het enten. Dit geldt ook voor het stekken van riet op oevers, teneinde de verlanding te stimuleren. Het inbrengen van rietzoden lijkt beter te werken, mogelijk doordat de concurrentie met ongewenste Grote lisdodde gunstiger verloopt.

Introductie van zaden van waterplanten op locaties met een slechte zaadbank is alleen zinvol wanneer het lichtklimaat goed genoeg is (Delaunay, 1999). Een model (Fig. 48) laat zien dat de kans op waterplanten bij gelijke zaadbankbiomassa sterk afneemt bij afname van de lichtbeschikbaarheid (Van den Berg, *niet gepubliceerd*). Bij afnemende lichtbeschikbaarheid zal een steeds grotere zaadbank nodig zijn om kansen voor herstel te creëren. Wat dit model echter ook duidelijk laat zien, is dat een bepaalde minimale beschikbaarheid van licht absoluut noodzakelijk is. Zelfs vrachtauto's met zaad zullen niets opleveren voordat ervoor gezorgd is dat het water weer voldoende helder is. Dit houdt dus ook in dat bodemomwoeling door witvis ongedaan gemaakt moet worden.

Voor de fauna is het meest bekende fauna-herintroductieplan dat van de Otter (SON, 1998), een soort waarvoor Nederland internationale verantwoordelijkheid heeft (IUCN, 2000). Over de gewenstheid van dit plan, de kans van slagen en de praktijkrijpheid verschillen de meningen echter sterk. Aangezien het nog niet uitgevoerd is, zal de tijd het moeten leren. Er zal in ieder geval opgepast moeten worden voor het risico dat de uitgezette dieren, zoals bij het Engelse herintroductieproject, geen verkeersslachtoffer worden. Verder zijn er herintroductieplannen voor de Grote vuurvlieder (*Lycaena dispar*) en de Zilveren maan (*Clossiana selene*), twee zeer sterk bedreigde dagvlinders van laagveenmoerassen (Rossenaar & Van 't Veer, 1998; Fig. 49).



Figuur 48. De kans op ondergedoken waterplanten in relatie tot de lichtbeschikbaarheid (euph. diepte = eufotische diepte = zone waarin fotosynthese mogelijk is; diepte met minimaal 1% van de lichtintensiteit aan de oppervlakte) en (aangebrachte) biomassa aan diasporen in het sediment. Van den Berg, ongepubliceerd.



Figuur 49. Grote vuurvlinder (links) en Zilveren maan (rechts). Foto's: Kievit Natuur- en Landschapsfotografie (links) / S. Coombes (rechts; [www.butterfly-guide.co.uk](http://www.butterfly-guide.co.uk)).

*Corridors* - Voor rekolonisatie is het een vereiste dat er contact bestaat tussen laagveenfragmenten met restpopulaties en fragmenten zonder populaties (zie bijv. Vereniging Natuurmonumenten, 1998). Dit geldt zowel voor flora als fauna. Voor aquatische soorten kan een 'natte verbindingszone' (mits stroomafwaarts) voldoende zijn, hoewel de afstanden die binnen tientallen jaren overbrugd kunnen worden vaak zeer gering zijn. De corridors zullen dan ook voldoende geschikte habitats 'onderweg' moeten verschaffen. Voor amfibische en semi-terrestrische faunasoorten is het nodig om een echte ecologische verbindingszone aan te brengen, zoals bij de plannen voor een verbindingszone tussen De Rottige Meenthe en De Weerribben. Een nadeel van verbindingszones is echter dat hiermee ook ongewenste soorten, zoals Brasem, binnenkomen. Voor bedreigde fauna kan het 'ontsluiten' van geïsoleerde locaties ook juist leiden tot achteruitgang. Door migratie naar ongunstige locaties, waar geen voortplanting meer kan plaatsvinden, kan er voor de populatie een 'sink' gevormd worden. Bovendien kan door aansluiting ook de waterkwaliteit van de bronpopulatie verslechterd worden.

#### 6.2.5 Handhaven of creëren gewenst successiestadium

*Maaien, begrazen* - Zoals in 6.2.2 beschreven, bestaan veel soortenrijke, maar ook soortenarme successiestadia in laagveenwateren (o.a. rietlanden, Fig. 50), bij de gratie van maai-beheer dat eventueel gecombineerd wordt met nabeweiding. Dit betreft zowel semi-terrestrische vegetaties als (onder-) watervegetaties. Hierop werd reeds ingegaan in hoofdstuk 2 en 3. Dit type beheer valt over het algemeen onder het reguliere beheer (gewoon beheer, dus niet een reguliere OBN-maatregel).



Figuur 50. Het maaien van riet in rietlanden, een voorbeeld van regulier (gewoon) beheer. Foto: Staatsbosbeheer.

**Plaggen** - Plaggen van kraggen, de verwijdering van de toplaag wordt toegepast bij verzuring van deze toplaag doordat het contact met gebufferd water sterk afgenomen is (Fig. 26). Aangezien deze verzuring eigen is aan de stapeling van organisch materiaal in kraggen, is het moeilijk om aan te geven welk deel veroorzaakt is door extra verzuring door de invloed van verzurende atmosferische depositie (met name door de nitrificatie van ammonium uit de neerslag). Dat de huidige regen een verzurende invloed heeft is echter evident. Voor herstel van de soortenrijke, bedreigde vegetatietypen en soorten is het plaggen van veenkraggen, waarbij de toplaag weer dicht bij de onderliggende bron voor zuurbuffering komt, vaak de enige optie.

**Graven petgaten** - Het graven van nieuwe petgaten in terrestrisch veen of in met bos dichtgegroeide petgaten (Fig. 51) biedt de mogelijkheid om de verlandingsuccessie in veenwateren opnieuw te laten starten. In het verleden ontstonden deze petgaten door veenwinning, en dit type beheer kan dan ook gezien worden als een logische voortzetting van de cultuurhistorie in laagveen-Nederland.

Het graven van petgaten heeft echter wisselend succes. In nieuw gegraven petgaten, zoals in de polder Westbroek en in het Noorderpark, kon een dichte kranswervegetatie zich in korte tijd sterk ontwikkelen (Van den Broek & Beltman, 1995; Beltman *et al.*, 1996b; Van den Broek & Beltman, 2001). Een dergelijke snelle ontwikkeling is ook bekend uit buitenlands onderzoek (Norfolk Broads, Kennison *et al.*, 1998). Sommige kranswiersoorten kunnen worden gerangschikt onder de zeldzame soorten en staan op de provisionele rode lijst. In een serie nieuw gegraven petgaten in Den Dullaert (Noord-Brabant) traden grote verschillen in vegetatieontwikkeling op, die veroorzaakt lijken door de verschillen in (zeer locale) hydrologie. Een petgat, zonder aanvoer van oppervlaktewater, laat een fraaie verlanding vanuit de schuin aflopende kanten zien met Holpijp en Draadzegge (*Carex lasiocarpa*), terwijl in het water ook Stekelharig kransblad aangetroffen is. Het schuin laten aflopen van de kanten stimuleert de verlanding via helofyten sterk. Andere petgaten worden beïnvloed door landbouwwater dat rechtstreeks via ingelaten oppervlaktewater of via het grondwater aangevoerd wordt. Hierin worden zeldzamere soorten niet aangetroffen. Een probleem blijft echter de kolonisatie met doelsoorten als Slangewortel en Krabbescheer, die ook na (kleinschalig) inbrengen van individuen uitbleef. Bij het graven van petgaten is het een groot voordeel als de hydrologische omstandigheden gunstig zijn. Een voorbeeld hiervan is het toekomstige project in de polder Ten Kate (Wapserveen), waar na opstuwing van het afvoerpeil ook kwel verwacht wordt in een deel van het gebied waarin de petgaten door SBB gegraven zullen worden. Er zijn echter ook gebieden waar de hydrologische omstandigheden zodanig zijn dat het graven van petgaten leidt tot een afname van de kwel. Opmerkelijk is het feit dat verlanding veel beter lijkt te verlopen in (smallere) sloten die niet geschoond worden. In De Wieden blijkt bovendien dat de verlanding van opnieuw opengegraven verlande petgaten beter op gang komt wanneer deze in verbinding staan met verlandende sloten of petgaten.

Bij vernatting is de vorming van veendrijftillen zeer snel mogelijk. Na vernatting ontstonden in het laagveengebied Dubbroek (maasmeander in Limburg) binnen een half jaar drijftillen door het opdrijven van veen. Hierop vestigden zich binnen deze korte termijn ook al soorten als Waterscheerling (E. Lucassen, pers. comm.).



*Figuur 51. De Kraggenvreter, een drijvend apparaat ontwikkeld door Staatsbosbeheer om nieuwe petgaten te creëren. Ve inclusief vegetatie wordt verwijderd door de arm van de machine, gemengd met water en via een pijpleiding afgevoerd naar een depot. Inzet: de arm aan het werk onder water. Foto: L. Brouwer, SBB De Weerribben.*

Op grond van de voorgaande uiteenzetting is de effectiviteit voor de verschillende behandelde beheersmaatregelen samengevat in tabel 11, waarbij onderscheid werd gemaakt tussen korte-termijneffecten (binnen 5 jaar) en langere-termijneffecten (meer dan 5 jaar na uitvoering). In deze tabel is dezelfde volgorde aangehouden als in tabel 10. Samenvattend kan gesteld worden dat er al de nodige ervaring bestaat met maatregelen in het kader van herstelbeheer. Hoewel deze in veel gevallen positief of redelijk positief is, bestaat er nog de nodige onduidelijkheid over het wisselende resultaat van sommige maatregelen. Bovendien moet een aantal maatregelen verder geoptimaliseerd worden. Van een serie maatregelen is al wel op korte termijn bekend wat het effect is, maar is het lange-termijnresultaat nog onbekend. Tenslotte is er nog een aantal maatregelen dat nog niet of nauwelijks getest is.

Maatregel	Effectiviteit korte termijn (<5 j)	Effectiviteit langere termijn (> 5j)
<b>Tegen verdroging:</b>		
water inlaten	+ <sup>1</sup> / - <sup>2</sup>	+ <sup>1</sup> / - <sup>2</sup>
waterconservering	+	+
herstel hydrologie	+	+
wisselend peilbeheer	?	?
<b>Tegen eutrofiëring:</b>		
defosfateren inlaatwater	+ / 0	+ / ?
keuze nutriëntenarme waterbron	+ / 0	+ / ?
keuze water leidend tot vermindering interne eutrof.	+ / ?	+ / ?
vermindering nutr. uit landbouw	+ / 0	+ / 0 / ?
verlengen aanvoerroute water	+ / 0 / - <sup>2</sup>	+ / 0 / -
helofytenfilter	+ / 0 / - <sup>2</sup>	+ / 0 / -
bestrijden guantrofiëring	+ / ?	?
desulfateren inlaatwater	?	?
ontharden inlaatwater	?	?
actief biologisch beheer	+ / 0	+ / 0 / ?
baggeren	+ / - <sup>3</sup>	+ / ?
lokaal verdiepen	?	?
dynamisch peilbeheer	+ / ?	?
ijzeradditie waterbodembodem	+	0 / ?
maaien & afvoeren	0	+ / ?
krozen	+ / 0	0
opnieuw uitgraven petgaten	+ / ?	?
<b>Tegen verzuring:</b>		
aanvoer gebufferd water	+ / 0 / - <sup>2</sup>	+ / ?
plaggen	+ / 0	+ / ?
afgraven vegetatie	+ / 0	?
bekalking	+ <sup>4</sup> / - <sup>5</sup>	?
begreppeling	+ / 0	0 / ?
aanmaken	+ / 0 / -	?
vergroten doorlatendheid kragg	?	?
<b>Tegen versnippering:</b>		
herintroductie soorten	+ / 0	0 / ?
corridors maken	+ / ?	?
<b>Handhaven/creëren gewenst successiestadium</b>		
maaien & afvoeren	+ / 0	+ / 0 / ?
kappen en afvoeren	+ / 0	+ / 0 / ?
plaggen	+	+ / ?
verondiepen (helofyten)	+ / 0	0 / ?
staken act. vegetatiebeheer	+ / 0 / -	+ / 0 / -
nabeweiden	+ / 0 / -	+ / 0 / -
graven nieuwe petgaten	+ / ?	?

*Tabel 11 (vorige pagina). Overzicht van de effectiviteit van de behandelde beheersmaatregelen in laagveenwateren voor de korte termijn (binnen 5 jaar) en langere termijn (na 5 jaar), ingeschat op grond van literatuur en overleg met beheerders en onderzoekers (zie tekst). + = positief effect; 0 = geen effect; - = negatief effect en/of negatieve bijwerking; ? = effect (voor een aantal situaties) nog onvoldoende duidelijk; <sup>1</sup> m.b.t. vernatting; <sup>2</sup> i.v.m.( interne) eutrofiëring; <sup>3</sup> slibopwerveling; <sup>4</sup> met plagen; <sup>5</sup> zonder plagen. De winst die een combinatie van maatregelen kan opleveren, is in dit overzicht niet weergegeven.*

### 6.3 Conclusies met betrekking tot het beheer

Naar aanleiding van de literatuur en de workshop op 20 oktober 2000 (zie bijlage 2) zijn de volgende conclusies opgesteld ten aanzien van het beheer van laagveenwateren:

- Gelijke beheersmaatregelen hebben een wisselend resultaat; het is veelal onduidelijk wat hiervoor de oorzaken zijn;
- De maatregelen en het verloop zijn niet altijd even goed gedocumenteerd en er is weinig gemonitord;
- De resultaten zijn vaak niet blijvend (bijv. door gebrek aan vervolgmaatregelen), of er is weinig of niets bekend over hun duurzaamheid;
- Resultaten worden met name in de aquatische fase geboekt, nauwelijks in latere successiestadia;
- Verlanding treedt niet of nauwelijks op;
- Sommige experimenten lopen nog te kort voor conclusies;
- Er zijn meer goed gevolgde beheersexperimenten nodig (o.a. met peilbeheer en beheerscombinaties);
- Uitgevoerde eutrofiëringbestrijdende maatregelen blijken vaak niet afdoende of zelfs averechts te werken;
- Het is een moeilijke keuze tussen gebiedsvreemd water inlaten of (tijdelijke, lichte) verdroging;
- Het is onduidelijk of er ongewenste mineralisatie optreedt bij lager zomerpeil;
- Actief biologisch beheer wordt vaak onnauwkeurig uitgevoerd, waardoor het effect maar kortdurend is;
- De bloei van cyanobacteriën in hypertrofe wateren vormen een groot probleem (m.n. voor ABB);
- Doelsoorten (flora, fauna) keren niet vanzelf terug;
- De communicatie tussen waterbeheer, natuurbeheer en wetenschap moet geoptimaliseerd worden.



## 7. Kennislacunes

### 7.1 Inleiding

Uit de wetenschappelijke literatuur en literatuur van het laagveenbeheer zijn in hoofdstuk 5 een aantal knelpunten gedistilleerd. Bij de workshop voor het beheer van laagveenwateren, gehouden op 20 oktober 2000 in Utrecht, zijn deze besproken en vanuit de achtergrond van het beheer als meer concrete *kennislacunes* opgesteld. Het overzicht van deze lacunes, zoals hieronder gegeven (7.2) dient als directe basis voor het formuleren van onderzoek binnen OBN-Laagveenwateren (hoofdstuk 10).

### 7.2 Overzicht kennislacunes

Ondanks het feit dat er al de nodige ervaring is in het herstelbeheer van laagveenwateren (zie voorgaande hoofdstukken), stuit het beheer van laagveenwateren toch nog steeds op een aantal belangrijke problemen. Ondergedoken waterplanten en waterfauna blijven vaak afwezig na het uitvoeren van maatregelen in troebele, eutrofe wateren. Er zijn relatief weinig kleine laagveenwateren met vroege successiestadia. Vanwege het ontbreken van een deel van de oorspronkelijke watertypen zijn sommige karakteristieke laagveengemeenschappen zeldzaam geworden. Bovendien komt verlanding niet of nauwelijks op gang in petgaten en veenplassen; er vindt geen kragge- en drijftilvorming plaats en daarmee ontbreekt ook de hiervan afhankelijke fauna.

De oorzaken voor deze problemen zijn voor een groot deel niet duidelijk. Er is onvoldoende inzicht in de sturende mechanismen voor de gewenste ontwikkelingen. Hierdoor is het vaak niet mogelijk om gerichte maatregelen uit te voeren, met een vooraf te voorspellen grote kans op succes. Hieronder worden de kennislacunes met betrekking tot de oorzaken en maatregelen opgesomd.



Figuur 52. Prent van J. Briedé in *De West-Nederlandsche Veenplassen* (Van Zinderen Bakker, 1947).

**Algemene kennislacunes/hoofdvragen met betrekking tot herstelbeheer en daaraan gerelateerd onderzoek in laagveenwateren**

***Algemeen (landschapsecologisch/systeemniveau):***

- Het is onduidelijk onder welke voorwaarden de verschillende herstelmaatregelen succesvol zijn, en welke combinaties van maatregelen het meest effectief zijn. De oorzaken voor regionale verschillen bij gelijke maatregelen zijn vaak onbekend. Er is behoefte aan een 'beslisboom', waarbij voor iedere situatie duidelijk is welke opties in aanmerking komen.
- De duurzaamheid van de verschillende typen maatregelen is onvoldoende duidelijk.

***Hydrologie en hydrochemie (landschapsecologisch/systeemniveau):***

- Met welke hydrologische maatregelen krijgen we de verschillende gewenste watertypen weer terug, voor de verschillende landschapshydrologische situaties?
- Welk hydrologisch regime leidt tot een terugdringing van het nu noodzakelijke cyclische beheer?
- Aan welke kwaliteit (o.a. nutriënten, macro-ionen) moet inlaatwater voldoen?
- Leidt een fluctuerend waterpeil tot betere waterkwaliteit en vegetatie-ontwikkelingen dan een vast peil? Als dat zo is, welke amplitude en welke frequentie zijn dan nodig? Treden er ook negatieve effecten op (terrestrische delen, vegetatie, oeverfauna)?

***Eutrofiëring en aquatische laagveensystemen (m.n. systeemniveau):***

- Leidt herstel van de waterkwaliteit tot de ontwikkeling van de gewenste aquatische vegetatietypen en de karakteristieke fauna?
- Welke bijdrage levert interne eutrofiëring in laagveenwateren aan de totale eutrofiëring (nutriëntenbalansen en -fluxen; ook landschapsecologische component)? Zijn er alternatieven voor baggeren om het effect van deze component te reduceren?
- Hoe kunnen de grenzen voorspeld worden waarbij een duurzame overgang van troebele naar heldere staat te verwachten is (actief biologisch beheer, overig integraal waterbeheer)?
- Hoe effectief zijn nieuwere methoden om (effecten van) eutrofiëring te bestrijden (beijzeren, desulfateren, biologische bestrijding van cyanobacteriën)?

***Verlanding (m.n. systeemniveau):***

- Welke factoren zijn verantwoordelijk voor het niet of nauwelijks optreden van verlanding en veenvorming via de verschillende vegetatietypen met de bijbehorende faunagemeenschappen, en hoe kunnen deze weggewonnen worden?
- Wat zijn de morfometrische randvoorwaarden (grootte, diepte, taludvorm) voor verlanding en veenvorming?
- In hoeverre vormen de diasporenbank en dispersie een bottleneck voor vegetatie- en faunaherstel (ook landschapsecologische component)?
- Leidt isolatie van deelgebieden tot verarming van faunagemeenschappen? Of leidt het maken van corridors juist tot een afname ('sink' functie) (ook landschapsecologische component)?

## 8. OBN-maatregelen in laagveenwateren

### 8.1 Typen maatregelen binnen OBN

Binnen OBN zijn drie categorieën EGM-maatregelen gedefinieerd (Klein et al., 2000):

- *Reguliere maatregelen (voorheen autonome maatregelen)*: maatregelen waarvan onderzoek heeft aangetoond dat deze de gewenste resultaten opleveren (m.a.w. ze bestrijden de VER-thema's effectief) terwijl er nauwelijks of geen ongewenste neveneffecten optreden. De maatregelen zijn dus 'praktijkrijp'. Begeleiding door deskundigen is niet nodig; (extensieve) monitoring is echter verplicht (vastgelegd in 'Monitoring EGM Projecten 2000 van EC-Natuur') teneinde een totaaloverzicht van de effectiviteit te verkrijgen. Autonome maatregelen kunnen door alle terreinbeheerders aangevraagd worden.
- *Proefmaatregelen*: maatregelen waarvan nog niet zeker is dat ze de VER-thema's effectief bestrijden en/of waarvan de risico's nog onvoldoende duidelijk zijn. Een uitgebreide, deskundige monitoring (opgenomen in de subsidieaanvraag van de beheerder, 10% van het totale budget) is vereist, aangezien de maatregelen nog niet (geheel) praktijkrijp zijn. In verband met de evaluatie en afstemming met andere projecten wordt er sterk op aangedrongen om plannen voor proefmaatregelen voor te leggen aan het Deskundigenteam Laagveenwateren. Proefmaatregelen kunnen alleen door de grote terreinbeherende instanties aangevraagd.
- *Experimentele maatregelen*: maatregelen waarvan de effectiviteit tegen VER-thema's onderzocht wordt door het betreffende OBN-Deskundigenteam. De ideeën voor deze maatregelen zijn afkomstig van het deskundigenteam of eventueel ook van beheerders. Experimentele maatregelen kunnen alleen worden aangevraagd indien ze voorkomen op de officiële lijst met experimentele maatregelen, die opgesteld is door de overheid (EC-Natuur), het betreffende deskundigenteam en terreinbeheerders. Bovendien moeten deze drie partijen het eens zijn over de financiering van monitoring. De terreinbeheerder hoeft de monitoring niet op te nemen in de subsidieaanvraag; alleen de uitvoeringskosten van de maatregel zelf worden opgevoerd. Voor uitvoering van de maatregelen is toestemming van de eigenaren/beheerders noodzakelijk. De uitvoering verloopt in nauw overleg tussen terreinbeheerder en deskundigenteam. Experimentele maatregelen kunnen door alle terreinbeheerders aangevraagd worden.

### 8.2 Reguliere maatregelen in laagveenwateren

Er zijn geen reguliere maatregelen gedefinieerd binnen OBN Laagveenwateren. Het Deskundigenteam Laagveenwateren acht het risico bij de verschillende maatregelen te groot om zonder begeleiding uitgevoerd te worden. Hiervoor dient eerst meer ervaring opgedaan te worden middels proefmaatregelen en experimentele maatregelen.

### 8.3 Proefmaatregelen in laagveenwateren

De verschillende proefmaatregelen zijn in tabel 12 met 'P' aangeduid. In het verleden (binnen OBN Natte Schraallanden) is aangetoond dat plaggen van verzuurde kraggenvegetaties soms kan leiden tot herstel van basenminnende vegetaties. Er zijn, zoals eerder beschreven, echter ook slechte resultaten gemeld. Afhankelijk van de locatie zullen risico's groter of kleiner zijn, wat bepaalt of de ingreep een proefmaatregel of een experimentele (E) maatregel kan zijn. Voor moeras en rietlanden is maaien ook als beheersmaatregel (P/E) opgevoerd. Het kappen van bomen en struiken in latere successiestadia valt hier ook binnen. De maatregel betreft echter alleen het maaien/kappen en afvoeren van door *eutrofiëring verrijgde vegetatietypen*, teneinde sneller nutriënten af te voeren. Het normale maai-beheer in rietlanden en moerasvegetaties valt niet binnen de EGM-maatregelen.

Het baggeren van veenwateren hoeft niet altijd een gunstig resultaat op te leveren. Dit geldt zeker voor baggeren waarbij alleen rekening wordt gehouden met de diepte tot het waterniveau (zie 6.2.2). Vandaar dat ook deze maatregel zowel een 'P' als een 'E' kreeg.

In het kader van de verdrogings- en verzuringsbestrijding zijn de aanvoer van oppervlaktewater en de afvoer van regenwater bij latere successiestadia (met name kraggen) tot proefmaatregel verklaard. Voor moerassen moet hierbij echter rekening gehouden worden met mogelijke eutrofiëring. Tegelijkertijd zijn ook maatregelen gericht op het zoveel mogelijk gebruiken van gebiedseigen water, te weten het verminderen van toevoer van oppervlaktewater, wegzijging en afvoer opgenomen in het pakket van proefmaatregelen. Tenslotte is ook aanvoer van gebufferd grondwater naar latere successiestadia als proefmaatregel toegevoegd.

Deze maatregelen (P/E) zijn samengevat onder de noemer 'Verbeteren van de hydrologische situatie'.

#### 8.4 Experimentele maatregelen in laagveenwateren

Plaggen, maaien en baggeren werden hierboven reeds genoemd, aangezien ze zowel met 'E' als met 'P' aangeduid staan. Hetzelfde geldt voor de maatregelen onder de noemer 'Verbeteren van de hydrologische situatie'. Het aanbrengen van locale verdiepingen en het aanpassen van het oevertalud zijn voorbeelden van aanpassen van de morfologie. Voor elk van deze maatregelen zal per situatie zorgvuldig afgewogen moeten worden of deze als Proefmaatregel dan wel Experimentele maatregel uitgevoerd kan worden.

Voor het herstel van watervegetaties is het mogelijk noodzakelijk om, naast abiotisch herstel, actief planten in te brengen (diasporen/individuen) en fauna te herintroduceren. Ook dit zal in experimenteel verband onderzocht worden. Met het beheer van de voedselketen in het kader van Actief Biologisch Beheer (wegvangen witvis/uitzetten roofvis is wel experimentele ervaring, maar het is onvoldoende bekend in hoeverre en onder welke omstandigheden dit beheerstype (ook op langere termijn) goed uitpakt in de bestrijding van eutrofiëring en het herstel van levensgemeenschappen in laagveenwateren.

Naast deze maatregelen is een aantal extra experimentele maatregelen door het Deskundigenteam Laagveenplassen voorgesteld. Het toedienen van ijzer is alleen nog op experimentele schaal getest. Hoewel deze maatregel positief was, bleek het resultaat zeer tijdelijk. Op beheersniveau krijgt deze maatregel dan ook een 'E'. Hetzelfde geldt voor twee andere beheersmaatregelen in veenplassen en petgaten gericht op de bestrijding van eutrofiëring. Het betreft het defosfateren en het desulfateren van het aangevoerde oppervlaktewater. Tenslotte is ook het opnieuw uitgraven van verlande en geëutrofiëerde petgaten een experimentele maatregel. Het graven van petgaten op locaties waar voorheen geen petgaten waren, is echter een natuurontwikkelingsmaatregel (inrichtingsmaatregel) en valt daarmee buiten het bestek van OBN (Klein *et al.*, 2000).

#### 8.5 Samenvatting OBN-maatregelen in laagveenwateren

Tabel 12 geeft een overzicht van de OBN-maatregelen (Effectgerichte Maatregelen, EGM, binnen OBN) in laagveenwateren. Deze tabel is de versie zoals opgenomen in de Concept-Handleiding Subsidie Effectgerichte Maatregelen 2001 (Klein *et al.*, 2000), waaraan een aantal ontbrekende maatregelen, specifiek voor laagveenwateren, is toegevoegd door het Deskundigenteam Laagveenwateren. Het betreft de maatregelen 16 tot en met 19, die in lichtgrijs aangegeven zijn.

Tabel 12. Overzicht van de voorlopige, door het Deskundigenteam Laagveenwateren voorgestelde EGM-maatregelen binnen OBN. P = Proefmaatregel, E = Experimentele maatregel. Reguliere maatregelen zijn (nog) niet gedefinieerd voor laagveenwateren. De vier laatste maatregelen (16 t/m 19) zijn door het Deskundigenteam Laagveenwateren toegevoegd aan de tabel in de Concepthandleiding EGM 2001 (Klein et al., 2000).

Ecosysteemtype																		
Laagveenwateren					P/E					P/E		E	E	P/E	E		E	E
Moeras, Rietland	P/E			P/E						P/E						E	E	E
	plaggen (1)	branden (2)	chopperen (3)	maaïen & afvoeren (4)	baggeren (5)	geschikt maken voor begrazing (6)	toevoegen van basische stoffen (7)	toedienen van nutriënten in bossen (8)	verbeteren van de hydrologische situatie (9)	aanpassen van de bosvegetatie (10,11,12)	aanpassen van de morfologie (13)	toevoer van diasporen en faunamateriaal (14)	beheer van de voedselketen (15)	toevoegen ijzer aan waterbodem (16)	uitgraven door eutrof./verzur. versneld verlandende petgaten (17)	defosfateren inlaatwaver (18)	desulfateren inlaatwater (19)	
	Maatregel																	



## 9. OBN-Onderzoeksmonitoring in laagveenwateren

De onderzoeksmonitoringen van OBN-proefmaatregelen en onderzoeksmaatregelen in laagveenwateren dienen zo goed mogelijk bij elkaar aan te sluiten. Aangezien reguliere maatregelen voorsnog niet gedefinieerd zijn, valt de (extensieve) monitoring hiervan buiten dit bestek. De monitoring van de onderzoeksmaatregelen, die over het algemeen specifiek zal zijn dan bij de proefmaatregelen, zal aangegeven worden in 10. Voor de proefmaatregelen, waarvoor de risico's nog onvoldoende duidelijk zijn, is een minimaal monitoringsprogramma noodzakelijk (Tabel 13). Alleen dan kan er evaluatie, bijsturing en vergelijking met andere locaties plaatsvinden.

De tabel geeft een eerste aanzet voor een afstemming van de monitoring binnen de verschillende OBN-projecten. Afhankelijk van het (type) gebied kunnen aanvullende parameters gewenst zijn of kan er een hogere frequentie van meting nodig zijn. Een verdere uitwerking hiervan valt echter buiten het bestek van dit preadvies. Anders dan voor de Beleidsmonitoring binnen het OBN, wordt er voor de onderzoeksmonitoring geen protocol opgesteld. Het Deskundigenteam Laagveenwateren stelt in overleg met de beheerder/eigenaar een monitoringsadvies op maat op (Klein et al., 2000).

*Tabel 13. Eerste aanzet voor een minimumprogramma voor de monitoring van proefmaatregelen binnen OBN Laagveenwateren. Het programma dient bij sterke voorkeur per proefproject voorgelegd te worden aan het Deskundigenteam Laagveenwateren.*

*Thema's: VD=verdroging, VZ=verzuring, EU=eutrofiëring (vermesting). Het thema verzuring wordt door het OBN-Deskundigenteam Natte Schraallanden behandeld. \*: Minimale frequentie; in perioden met grote veranderingen (bijvoorbeeld in wateraanvoer) is intensievere monitoring nodig.*

Parameter	Thema	Freq. 1/x
Vegetatiekartering / vegetatie pq opnames / fauna-inventarisatie (welke representatieve groepen dient nog verder onderzocht te worden)	VD / VZ / EU	1-2 jaar
Inventarisatie visstand	EU	1-2 jaar
Waterpeil water / kragge / legakker	VD / VZ / EU	2 weken
Water ingelaten?	VD / VZ / EU	datum
Meting wateraanvoer en afvoer (waterbalans)	VD / VZ / EU	continu
Kwaliteit inlaatwater: HCO <sub>3</sub> , pH, Ca, Mg, PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , K, SO <sub>4</sub> , Cl, chlorofyl, totaal P, Kjeldahl N, zwevend stof	VD / VZ / EU	1 maand *
Kwaliteit oppervlaktewater: HCO <sub>3</sub> , pH, Ca, Mg, PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , K, SO <sub>4</sub> , Cl, troebelheid, chlorofyl, totaal P, Kjeldahl N, zwevend stof	VD / VZ / EU	1 maand *
Kwaliteit waterbodenvocht / kraggevocht: HCO <sub>3</sub> , pH, Ca, Mg, profiel doordringing basenrijk water, PO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , K	VD / VZ / EU	0.5 jaar
Kwaliteit grondwater (indien van toepassing): HCO <sub>3</sub> , pH, Ca, Mg, SO <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , K, Fe (anaer.)	VZ	0.5 jaar
Kationuitwisseling: CEC, basenverzadiging	VD / VZ / EU	1 maand *
Kwaliteit aanvoerwater (oppervlaktewater): HCO <sub>3</sub> , pH, Ca, Mg, PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , K, SO <sub>4</sub> , Cl, chlorofyl, totaal P, Kjeldahl N, zwevend stof	EU	1 maand *
Kwaliteit water bij helofytenfilter /verlengde aanvoer: idem, bij begin en einde		



## 10. OBN-Onderzoek aan laagveenwateren

### 10.1 Plan van aanpak

Bij het samenstellen van het preadvies is gebleken dat voor degelijk onderzoek naar het herstel en beheer van laagveenwateren een combinatie nodig is van hydrologische, biogeochemische, vegetatiekundige, en faunistische kennis. Dit pleit dus sterk voor een onderzoeksconsortium waarin deze waaier van expertise vertegenwoordigd is.

Voor experimentele maatregelen zijn globaal twee opties mogelijk: een gebiedsgerichte benadering per onderzoeksgroep of geïntegreerd onderzoek op meerdere locaties. Het Deskundigenteam Laagveenwateren heeft een sterke voorkeur voor de tweede variant, waarbij kennis en expertise van verschillende disciplines samengebracht worden. Voor de uit te voeren experimentele maatregelen zal door het Deskundigenteam Laagveenwateren een aantal referentiegebieden in Nederland gekozen worden. Deze zullen geselecteerd worden op grond van hun geschiktheid om de gewenste deelonderzoeken te kunnen uitvoeren. Bij de planning van het onderzoek zal ook zoveel mogelijk aansluiting gezocht worden bij de regionale beheersvisies. Daarnaast heeft het de voorkeur om, ter vergelijking, een aantal buitenlandse referentiegebieden te kiezen als (minder verstoorde) referentie.

De plannen voor onderzoek gaan er vanuit dat de benodigde beheersmaatregelen in de onderzoeksgebieden (referentiegebieden) ook daadwerkelijk uitgevoerd worden. Dit is echter ook zeer waarschijnlijk, aangezien beheerders van referentiegebieden bij het aanvragen van subsidie in het kader van OBN voorrang krijgen.

De bedoeling van het onderzoek is om door middel van gericht onderzoek erachter te komen wat de **sturende processen en factoren** voor het herstel van laagveenwateren zijn. Alleen door op deze wijze onderzoek te doen, kan het proces van trial and error, waarop herstelbeheer vaak gebaseerd is, losgelaten worden. Het wordt daarmee mogelijk om:

- de exacte oorza(a)k(en) van achteruitgang te kennen;
- de stuurvariabelen voor succesvol herstel te kennen;
- deze variabelen zo te manipuleren dat er ook daadwerkelijk succesvol herstel optreedt (toename gewenste soorten/biodiversiteit);
- een inschatting te maken van de kansrijkdom van natuurgebieden;
- een voorspelling te doen over de ontwikkelingen van natuurgebieden.

Een goed voorbeeld van deze werkwijze is het EGM/OBN-onderzoek aan zwakgebufferde wateren (Bellemakers *et al.*, 1993; Brouwer *et al.*, 1996). Voor deze ecosystemen is nu met zeer grote zekerheid te zeggen of het betreffende geëutrofiëerde en/of verzuurde ven te restaureren is, en op welke wijze dit dient te gebeuren (via een sleutel voor het beheer; Arts & Van Duinhoven, 2000). Door de opgebouwde kennis van de **sturende processen en factoren** leiden ingrepen hier in vrijwel alle gevallen tot een succesvol resultaat.

Investerings in kennis van **sturende processen en factoren** leveren dus goed gereedschap om gericht herstelbeheer te kunnen uitvoeren in laagveenwateren, en om te kunnen kiezen voor kansrijke situaties boven situaties die vrijwel zeker dreigen te mislukken. Hierdoor kan efficiënt en economisch gewerkt worden, zeker in het licht van de over het algemeen zeer hoge kosten die gemoeid zijn geweest met tot nu toe uitgevoerde herstelprojecten in laagveenwateren.

### 10.2 Uitwerking, planning en kostenraming

De in 7.2 gedefinieerde kennislacunes roepen verschillende onderzoeksvragen op, die gegroepeerd kunnen worden rond drie, sterk met elkaar samenhangende, centrale thema's:

Thema 1: Hydrologie en hydrochemie

Thema 2: Herstel van het aquatische laagveensysteem

Thema 3: Herstel verlanding en veenvorming

Deze drie thema's hebben tot doel om de kennislacunes in het herstelbeheer van laagveenwateren aan te pakken door het genereren van basale kennis over sturende processen en factoren. Hierbij worden, naar aan-

leiding van de analyse in hoofdstuk 7, de kennislacunes bij zowel de hydrologisch/hydrochemische processen/factoren (landschapsniveau/systeemniveau), de eutrofiëring van aquatische vegetaties (m.n. systeemniveau), en (het achterwege blijven van) verlandingsuccessie en veenvorming (m.n. systeemniveau) aangepakt. Aangezien deze drie thema's onmogelijk afzonderlijk van elkaar onderzocht kunnen worden, is hieronder een structuur voorgesteld waarbij verschillende betrokken disciplines intensief met elkaar samenwerken. Dit garandeert een systeemecologische aanpak van de problemen die gesignaleerd zijn bij de analyse van het (herstel)beheer van laagveenwateren. De planning en uitvoering van het onderzoek zal in nauw overleg met zowel het Deskundigenteam Laagveenwateren als de betrokken beheerders geschieden. Op deze wijze kan ervoor zorg gedragen worden dat maatregelen ook daadwerkelijk leiden tot het herstel en behoud van de biodiversiteit in laagveenwateren. Het Deskundigenteam Laagveenwateren kent aan deze drie thema's de hoogste prioriteit toe. Daarnaast is er behoefte aan een heldere integratie van de kennis uit deze drie thema's, wat uiteindelijk moet leiden tot modellering van de verworven kennis op landschapsecologisch niveau:

Thema 4:       Systeemanalyse

Dit vierde thema krijgt de tweede prioriteit van het Deskundigenteam.

#### **Ad thema 1:**

De hydrologie en hydrochemie, op landschapsecologische schaal, zijn in sterke mate bepalend voor de waterkwaliteit in laagveenwateren (met name de concentratie aan voedingsstoffen). Hierbij gaat het echter ook om de effecten op interne processen, zoals bij peilfluctuaties (waterkwantiteit) en interne mobilisatie van voedingsstoffen door de macro-ionensamenstelling van het voedende water (waterkwaliteit). Het eerste thema stelt de hoofdvraag welke hydrologie en -chemie gewenst is voor herstel en terugkeer van levensgemeenschappen in laagveenwateren. Dit betreft dus zowel een kwantitatieve (m.n. peilbeheer) als een kwalitatieve kant. Er is een duidelijk raakvlak met thema 2 en 3, waarbij het binnen het eerste thema gaat om onderzoek naar de condities die randvoorwaarden scheppen voor herstel van laagveenwateren, op landschapsecologisch en systeemecologisch niveau.

#### **Ad thema 2:**

Het blijkt moeilijk om aquatische gemeenschappen van laagveenwateren te herstellen. Vaak is de hoge trofiegraad van het water (en de bodem), gepaard gaand met verstoorde trofische interacties, de oorzaak hiervan en lukt het niet of nauwelijks om deze eutrofiëring te bestrijden. Met name over de interne component bij eutrofiëring is weinig of geen informatie beschikbaar. Bij verlaging van de nutriëntenbeschikbaarheid door interne maatregelen, waaronder actief biologisch beheer, is het moeilijk of niet in te schatten wanneer een omslag naar helder water verwacht kan worden en of deze situatie blijvend is. De waterkwaliteit in een laagveenwater wordt echter sterk beïnvloed door de hydrologie op landschapsniveau, met name door de waterkwaliteit van het voedende water en door peilfluctuaties (thema 1).

#### **Ad thema 3:**

Net als bij thema 2 is waterkwaliteit ook van doorslaggevende betekenis voor het al dan niet ontstaan van verlandingsgemeenschappen. Het betreft hier zowel helofytenvegetaties als vegetaties die kraggen en drijftillen vormen. Verlanding en veenvorming is een wezenlijk proces in laagveenwateren, dat niet of nauwelijks meer optreedt. Naast de chemische karakteristieken is mogelijk ook de morfometrie van laagveenwateren belangrijk bij dit proces. Bij verlandingsgemeenschappen lijkt het er sterk op dat, meer nog dan bij de aquatische gemeenschappen, een gebrek aan diasporen een belangrijke rol speelt bij het achterwege blijven van successie (voorraad en dispersie). Voor fauna kan gebrek aan dispersiemogelijkheden ook een oorzaak zijn voor het achterwege blijven van herstel. Aan de andere kant is het ook mogelijk dat het maken van corridors tussen gebieden met een goede kwaliteit en gebieden met een slechte kwaliteit een ongunstig effect heeft, door het creëren van een populatie-sink.

#### **Ad thema 4:**

Hoewel in elk van de voorgaande thema's onderzoek op elk van de drie schalen (landschapsecologisch-, laagveensysteem- en standplaatsniveau) uitgevoerd wordt, is er geen duidelijke beschrijving van de manier waarop bij herstelbeheer deze verschillende schaalniveaus door moeten werken. Dit vereist een systeemanalytische benadering.

De resultaten uit de eerste drie thema's zullen ook in dit licht gezien moeten worden. Binnen dit vierde thema zal dit uitgewerkt worden en zal een synthese gemaakt worden van de voorgaande drie thema's, die

uit zal moeten monden in een model dat voor elk van de schaalniveaus aangeeft welke beheersinspanningen nodig zijn en hoe de interacties zijn.

Uit het voorgaande blijkt dat de eerste drie thema's onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, en gezamenlijk een antwoord leveren op de belangrijkste vragen in het herstelbeheer van laagveenplassen binnen OBN. De hoofdvraag hierbij is: welk type beheer is bij de verschillende uitgangssituaties het meest effectief om laagveenwateren, met de verschillende karakteristieke vegetatietypen en faunagemeenschappen, en hun trofische interacties, te herstellen? Er is voor gekozen om het onderzoek aan de hand van deze thema's uit te voeren, en dus niet als aparte vegetatiekundige, hydrologische, hydrochemische en faunistische onderzoeken. Alleen op deze wijze, sterk uitgewerkt in thema 4, wordt een systeemecologische benadering gewaarborgd. Binnen de verschillende thema's zal een viertal junior onderzoekers aan de slag gaan, begeleid door een centrale postdoc (een ecoloog met de vereiste ervaring) en een begeleider binnen het eigen instituut. Drie onderzoekers nemen ieder één van de volgende specialisaties voor hun rekening, waaraan ze binnen elk van eerste drie thema's invulling geven: een biogeochemicus/eco-hydroloog, een systeemecoloog vegetatie/productie/veenvorming, en een systeemecoloog trofische interacties/ macrofauna. De vierde onderzoeker is een theoretisch ecoloog/modelleur die gebruik maakt van de informatie die gegenereerd wordt door de andere drie onderzoekers. De postdoc draagt zorg voor de begeleiding van de vier junior onderzoekers, de integratie van de deelonderzoeken, de coördinatie hiervan, de organisatie van vergaderingen, de voorlichting aan derden en de (tussentijdse) verslaglegging. In het verleden is gebleken dat deze constructie met een ervaren postdoc, die aan de hand van een overlegschemata zorgdraagt voor afstemming en bijsturing van de afzonderlijke onderzoeken, de beste resultaten opleverde. Voor de benodigde bijkomende expertise op het terrein van actief biologisch beheer, hydrologie/waterbeheer, macrofauna, fytoplankton en terreinbeheer wordt een beroep gedaan op een vijftal experts, die elk voor de gehele periode van vier jaar 60 dagen inzetbaar zijn.

Hoewel er vier duidelijke thema's zijn, zal elk deelonderzoek in nauwe interactie met de andere deelonderzoeken uitgevoerd worden, in dezelfde referentiegebieden. Hierdoor zal er efficiënt gewerkt kunnen worden en zal het mogelijk zijn de thema's, die onderling belangrijke raakvlakken hebben, duidelijk te laten integreren. Hieronder zullen de vier onderzoeksthema's verder uitgewerkt worden.

## **Thema 1: Hydrologie en hydrochemie**

De hoeveelheid en de kwaliteit van het voedende water (oppervlakte-/grond-/regenwater) zijn belangrijke bepalende factoren bij het al dan niet optreden van herstel in laagveenwateren. Binnen dit eerste thema, dat het meest landschapsecologisch getint is van de eerste drie thema's, zal onderzocht worden aan welke voorwaarden voldaan moet worden om de gewenste waterkwaliteit te verkrijgen. Zowel vanuit beheerszijde als vanuit de wetenschappelijke zijde komt daarnaast de laatste jaren steeds meer de vraag naar voren of het stabiele waterpeil dat gehanteerd wordt in laagveenwateren wel optimaal is voor natuurbeheer. Een meer flexibel peil ('s zomers lager, 's winters hoger), zoals dat waarschijnlijk in de meeste venen in het verleden optrad, lijkt een aantal belangrijke voordelen te hebben. Voor de ontwikkeling van helofytenvegetaties, en daarmee verlandings, is een wisselend peil erg gunstig. Dit heeft deels te maken met de oxidatie van giftige stoffen, waaronder sulfide. Daarnaast stimuleert het deels droogvallen van oevers voor korte tijd de kieming van zaden. Bovendien leidt peildaling door oxidatie van ijzer tot een sterke binding van fosfaat, dat bij peilverhoging voor een groot deel gebonden blijft. Een hoger winterpeil (minder afvoer) en een lager zomerpeil (minder aanvoer) reduceert de behoefte aan gebiedsvreemd water. Over eventuele negatieve effecten, zoals versterkte mineralisatie, is nog weinig bekend. De hoofdvraag binnen dit thema is:

- Wat zijn de hydrologische en hydrochemische randvoorwaarden voor het herstel van de reeks van levensgemeenschappen in laagveenwateren?

Deelvragen zijn:

- Welke landschapshydrologische opties zijn het meest gunstig voor het herstel van de verschillende typen laagveenwateren (kwantiteit, trofie, macroïonen, saliniteit)?
- Aan welke kwaliteit moet het voedende water voldoen?
- Wat is de relatie tussen de waterkwaliteit en de natuurdoelen (vegetatie, fauna)?
- Welk peilbeheer moet er gevoerd worden?
- Wat zijn de effecten van een wisselend peil voor de waterhuishouding van petgaten en legakkers (hydrologie)?
- Wat zijn de effecten van verschillende hydrologische opties op waterkwaliteit, in relatie tot de betreffende natuurdoeltypen?
- Wat zijn de effecten van peilwisseling op fytotoxinen in de waterbodem?
- Treedt er bij peildaling (extra) mineralisatie op (m.n. legakkers)?

De algemene werkhypothesen bij dit onderzoek zijn:

- Voedend water is het meest geschikt wanneer de kwaliteit zodanig is dat zowel externe en interne eutrofiëring zo ver mogelijk teruggebracht worden. Voor brakwatervenen dient de aanvoer van (zwak) brak water instandgehouden of hersteld te worden.
- Een (meer natuurlijk) flexibel peilbeheer, met lagere zomerstanden en hogere winterstanden, leidt tot verbeterde waterkwaliteit en tot een betere ontwikkeling van water- en helofytenvegetaties (en karakteristieke faunagemeenschappen), waardoor verlandingsgestimuleerd wordt.

Korte beschrijving van de methoden:

- Vergelijkend onderzoek tussen referentielocaties die duidelijk verschillen in hydrologie, ook tussen locaties met een vast peil en een meer flexibel peil; (bodem)waterkwaliteitsparameters (zie hoofdstuk 9) worden in samenwerking met thema 2 bepaald. Vergelijking moet leiden tot inzicht in de koppeling tussen landschapshydrologie (thema 1), waterkwaliteit (thema 1&2) en vegetatie- en fauna-ontwikkelingen (thema 2&3). Berekening (in samenwerking met thema 2) wat de uitwerking van verschillende peilbeheersopties is voor de nutriëntenbudgetten (landschaps-hydrologische deel).
- De effecten van experimentele peilverlaging in de zomer en peilverhoging in de winter op waterpeil, vochtvoorziening, decompositie en mineralisatie van de (semi-)terrestrische delen wordt onderzocht (hydrologisch onderzoek en incubaties in veld). Verder wordt op dezelfde wijze ook onderzocht of er effecten zijn op de decompositie en mineralisatie van droogvallende oevers, en op de fysische eigenschappen hiervan (waaronder de stabiliteit).
- De vegetatiesamenstelling, een aantal indicatieve faunagroepen (waaronder macrofaunagroepen inclusief zoöplankton) en de algensamenstelling worden door de eerste drie onderzoekers van de verschillende thema's gezamenlijk onderzocht en beschreven voor de referentielocaties.
- Voor alle beheersmethoden wordt op jaarlijkse basis een inventarisatie van de optredende veranderingen in bovengenoemde abiotische en biotische parameters en mechanismen gemaakt.
- Gezamenlijk bezoek van de vier junior onderzoekers en de postdoc aan buitenlandse referentiegebieden die sterk lijken op de Nederlandse laagveenwateren, maar minder verstoord zijn. Hier worden water(bodem)monsters genomen, vegetaties beschreven en macrofauna-, vis- en planktonmonsters genomen als vergelijkingsmateriaal voor de Nederlandse laagveenwateren.
- De resultaten worden uitgedragen middels voor het waterbeheer, natuurbeheer en natuuronderzoek beschikbare rapporten, besprekingen en internationale wetenschappelijke publicaties. Hierbij worden ook de tussentijdse resultaten teruggekoppeld naar de beheerders.

## **Thema 2: Herstel van aquatische laagveengemeenschappen**

In het voorgaande werd duidelijk dat met name eutrofiëring een zeer groot probleem vormt bij het beheer van laagveenwateren. Bij de bestrijding hiervan is het meestal onduidelijk wat het verschil veroorzaakt tussen meer en minder aangetaste laagveenwateren, en welke (combinaties van) methoden het meest geschikt zijn. De hoofdvraag binnen dit thema is dan ook:

- Op welke wijze krijgen we het water in laagveenwateren weer helder, en van geschikte kwaliteit om verschillende vegetatietypen en verlandingsreeksen (mesotroof-eutroof; inclusief faunagemeenschappen) te herstellen?

Deelvragen hierbij zijn:

- Welke bijdragen leveren de verschillende nutriëntenbronnen; extern/intern (budget)?
- Op welke wijze kan interne eutrofiëring het beste bestreden worden (actief biologisch beheer, baggeren, combinaties, andere opties)?
- Kan er via peilbeheer gestuurd worden in de nutriëntenhuishouding (interactie met thema 1)?
- Kan peilbeheer bijdragen aan kieming en vestiging van waterplanten (idem)?
- Wat zijn de effecten van het peilbeheer op het voedselweb?
- Kan fosfaat op de locatie voldoende geïmmobiliseerd worden met ijzer en/of calcium en is dit beheerstechnisch haalbaar?
- Vormt desulfatering een goede aanvulling op/vervanging voor defosfatering?

- Welke methode is geschikt om de bloei van cyanobacteriën aan te pakken?
- Is herintroductie nodig na verlaging van de nutriëntenlast?
- Leidt vegetatieherstel automatisch tot herstel van faunagemeenschappen; wat zijn de overige sturende processen en factoren bij faunaherstel?

De algemene werkhypothese bij dit onderzoek is:

- Door middel van gedegen inzicht in de nutriëntenstromen en de trofische relaties is het mogelijk om via gerichte beheersmaatregelen eutrofiëring in laagveenwateren efficiënt te bestrijden, het water weer helder te krijgen en doelvegetaties en -faunagemeenschappen te herstellen. De maatregelen zullen een langdurig effect hebben.

Korte beschrijving van de methoden:

- Vergelijkend onderzoek op de verschillende referentielocaties naar de nutriëntenconcentraties in het water en de bodem en andere belangrijke (bodem)waterkwaliteitsparameters (zie hoofdstuk 9). Monsternames geschiedt op de juiste (anaerobe) methode voor waterbodems. Via waterfluxgegevens (thema 1), metingen van de opname/afgifte van P en N door de vegetatie en P- en N-mobilisatiemetingen in het sediment in het veld en in het laboratorium wordt een nutriëntenbudget berekend. De vegetatiesamenstelling, een aantal indicatieve faunagroepen (waaronder macrofaunagroepen inclusief zoöplankton) en de algensamenstelling worden door de onderzoekers van de verschillende thema's gezamenlijk onderzocht en beschreven voor de referentielocaties.
- Op geschikte locaties wordt op experimentele wijze het effect op de helderheid en trofiegraad van het water onderzocht van een wisselende peilbeheer, actief biologisch beheer, ijzer- en kalkadditie, desulfatering en baggeren (enclosure-experimenten). Dit wordt gedaan door te meten aan de relevante biogeochemische processen. Bij het actief biologisch beheer en waterpeilbeheer worden effecten op de vegetatie, visstand, algensamenstelling, watermacrofauna inclusief zoöplankton geïnventariseerd. Daarnaast wordt onderzocht het effect van verschillende beheersopties op kieming en vestiging van waterplanten onderzocht.
- Voor alle beheersmethoden wordt op jaarlijkse basis een inventarisatie van de optredende veranderingen in bovengenoemde abiotische en biotische parameters en mechanismen gemaakt.
- Gezamenlijk bezoek van de vier onderzoekers en de postdoc aan buitenlandse referentiegebieden (Ierland, Polen) die sterk lijken op de Nederlandse laagveenwateren, maar minder verstoord zijn. Hier worden water(bodem)monsters genomen, vegetaties beschreven en macrofauna-, vis- en planktonmonsters genomen als vergelijkingsmateriaal voor de Nederlandse laagveenwateren.
- De resultaten worden uitgedragen middels voor het waterbeheer, natuurbeheer en natuuronderzoek beschikbare rapporten, besprekingen en internationale wetenschappelijke publicaties. Hierbij worden ook de tussentijdse resultaten teruggekoppeld naar de beheerders.

### Thema 3: Verlanding en veenvorming

Een centraal probleem bij het (herstel)beheer van laagveenwateren is gelegen in het uitblijven van verlanding middels kraggen, drijftillen en/of helofytenvegetaties. Hoewel er aanwijzingen zijn over factoren die hierbij een rol kunnen spelen (troebelheid water, gasproductie bij drijftillen, functionele plantengroepen), is het geenszins duidelijk welke factoren daadwerkelijk sturend zijn voor deze successie. Bovendien is het onduidelijk of deze ontwikkelingen automatisch ook gunstig zijn voor de macrofauna. Daarmee komen we tot de volgende hoofdvraag:

- Welke sturende factoren en processen zijn bepalend voor de verlandingsuccessie in laagveenwateren? Hoe kunnen we voorwaarden creëren om de verlanding en veenvorming te initiëren?

Deelvragen bij dit thema zijn:

- Welke abiotische en biotische verschillen zijn er tussen locaties met en zonder verlanding en veenvorming?
- Leidt vegetatieherstel automatisch tot herstel van faunagemeenschappen?
- Welke mogelijke sleutelfactoren en -mechanismen kunnen hieruit gedistilleerd worden?
- Wanneer deze sleutelfactoren experimenteel gemanipuleerd worden, wat is dan het effect op verlanding en veenvorming?

- Is het scheppen van corridors en/of herintroductie nodig voor de initiatie van verlandingsprocessen?
- Hebben corridors een gunstig of juist ongunstig effect op macrofauna-gemeenschappen?

De algemene werkhypothese bij dit onderzoek is:

- Wanneer de sleutelvariabelen en -processen (waaronder waarschijnlijk troebelheid, gasproductie en het voorkomen en uitbreiden van functionele plantengroepen) bekend zijn is het mogelijk om in laagveenwateren verlandingsprocessen en veenvorming (met de verschillende levensgemeenschappen) weer op gang te krijgen en in stand te houden.

Korte beschrijving van de methoden:

- Vergelijkend onderzoek tussen referentielocaties met en zonder verlandingsprocessen en veenvorming; (bodem)waterkwaliteitsparameters (zie hoofdstuk 9) worden bij thema 1 bepaald. Er worden locaties met en zonder verlandingsprocessen via kraggen, drijfzand en helofyten gekozen. Aan alle wateren worden morfometrische bepalingen gedaan (grootte, diepte, taludvorm). Veendikte en -samenstelling worden bepaald, en de litterproductie, decompositie en veenproductie worden gemeten. Verder wordt via plaats-voor-tijd substitutiereeksen, met bekend startpunt vanuit open water, onderzoek gedaan naar de snelheid van veenvorming en verlandingsprocessen.
- De vegetatiesamenstelling, een aantal indicatieve faunagroepen (waaronder macrofaunagroepen inclusief zoöplankton) en de algensamenstelling worden door de onderzoekers van de verschillende thema's gezamenlijk onderzocht en beschreven voor de referentielocaties. De systeemecoloog vegetatie/veenvorming zal focussen op dat deel van de vegetatie dat direct verantwoordelijk is voor het verlandingsproces en de veenvorming, de functionele plantengroep betrokken bij verlandingsprocessen (sleutelsoorten, keystone species, ecosystem engineers). Voorbeelden hiervan zijn Krabbescheer, Riet, Cyperzegge, Pijptorkruid en Slangewortel.
- De toename van het areaal door kraggen, drijfzand en helofytenzoom zal geschat worden door middel van referentiepunten en fotografie (waaronder luchtfoto-interpretatie).
- Het verloop van de belangrijkste biogeochemische parameters bij verlandingsprocessen zal gemeten worden, waarbij ook eventuele toxiciteit van sulfide en de productie van methaan in drijfzand en kraggen (drijfvermogen) onderzocht worden.
- Op locaties met verschillende waterkwaliteit en (peil)beheer worden helofyten 'geënt', d.w.z. aangeplant, om te onderzoeken of, en onder welke voorwaarden, dit leidt tot versnelde verlandingsprocessen.
- Voor een aantal, op grond van de literatuur en/of *expert judgement* te kiezen, macrofaunagroepen wordt onderzocht of er verschillen zijn tussen meer geïsoleerde en niet-geïsoleerde laagveenwateren. Van deze locaties worden ook vegetatie-opnamen gemaakt en water- en bodemonsters genomen.
- Voor alle beheersmethoden wordt op jaarlijkse basis een inventarisatie van de optredende veranderingen in bovengenoemde abiotische en biotische parameters en mechanismen gemaakt.
- Gezamenlijk bezoek van de vier onderzoekers en de postdoc aan buitenlandse referentiegebieden die sterk lijken op de Nederlandse laagveenwateren, maar minder verstoord zijn. Hier worden water(bodem)monsters genomen, vegetaties beschreven en macrofauna-, vis- en planktonmonsters genomen als vergelijkingsmateriaal voor de Nederlandse laagveenwateren.
- De resultaten worden uitgedragen middels voor het waterbeheer, natuurbeheer en natuuronderzoek beschikbare rapporten, besprekingen en internationale wetenschappelijke publicaties. Hierbij worden ook de tussentijdse resultaten teruggekoppeld naar de beheerders.

#### Thema 4:      **Systeemanalyse**

Systeemecologisch onderzoek aan herstelbeheer van laagveenwateren noopt tot een duidelijke ordening van de problemen binnen verschillende schaalniveaus: landschapsecologisch niveau, (veen)systeemniveau, en standplaatsniveau. Een goede systeemanalyse zal een helder beeld geven van de manier van aanpak, zowel binnen het onderzoek als binnen het (herstel)beheer. Bovendien wordt op deze manier een duidelijk referentiekader geboden voor de interpretatie van de onderzoeksresultaten. Deze zullen uitgewerkt worden tot een beslissboom voor herstelbeheer, goed geworteld in kennismodellen, waarin de beheersopties per schaal-

niveaus aangegeven zijn. De onderzoeker aan dit thema kan een jaar later starten dan de overige onderzoekers. De hoofdvraag binnen dit thema is:

- Op welke wijze kan een systeemanalytische beschrijving gemaakt worden van de verschillende typen laagveenwateren, waarbij zowel de systeembeschrijving, de verschillende vormen van herstelbeheer, en de interpretatie van de onderzoeksresultaten duidelijk uitgewerkt worden voor de verschillende schaalniveaus? Op welke wijze kan deze informatie bijeengebracht worden in een beslisboom, die voor verschillende typen laagveenwateren aangeeft wat de beste beheersopties zijn?

Deelvragen zijn:

- Op welke wijze hangen landschapsecologische veranderingen in laagvenen samen met de hydrologie?
- Hoe hangen de verschillende processen in laagveenwateren met elkaar samen?
- Hoe kunnen de verschillende sleutelprocessen in laagveenwateren geordend worden in een conceptueel systeem-model?
- Op welke wijze worden de resultaten uit de verschillende disciplines op een handzame en heldere wijze geïntegreerd in dit conceptueel model?
- Hoe kan vanuit dit conceptueel model een beslisboom (computermodel) ontwikkeld worden, op grond waarvan een systeemanalyse voor laagveenwateren uitgevoerd kan worden, en waarmee onderzocht kan worden welke beheersstrategie het meest effectief is op elk van de drie schaalniveaus?

De algemene werkhypothese bij dit onderzoek is:

- De integratie van de resultaten uit de verschillende onderzoeksgebieden binnen een systeemanalytisch denkkader leidt tot een meer gerichte aanpak van het onderzoek en herstelbeheer van laagveenwateren, waarbij voor ieder ruimtelijk schaalniveau aangegeven kan worden wat de vereisten zijn.

Korte beschrijving van de methoden:

- Hoewel de onderzoeker van dit thema geen veldonderzoek zal uitvoeren, zal zij/hij wel alle onderzoekslocaties bezoeken samen met de overige onderzoekers.
- Aan de hand van de resultaten van de overige drie thema's worden de sturende factoren en processen voor elk van de verschillende niveaus geïntegreerd en gemodelleerd binnen een conceptueel systeemmodel, waarin de verschillende schaalniveaus aangebracht zijn.
- Gezamenlijk bezoek van de vier onderzoekers en de postdoc aan buitenlandse referentiegebieden die sterk lijken op de Nederlandse laagveenwateren, maar minder verstoord zijn. Hier worden water(bodem)monsters genomen, vegetaties beschreven en macrofauna- en planktonmonsters genomen als vergelijkingsmateriaal voor de Nederlandse laagveenwateren.
- De resultaten worden uitgedragen middels voor het waterbeheer, natuurbeheer en natuuronderzoek beschikbare rapporten, besprekingen en internationale wetenschappelijke publicaties. Hierbij worden ook de tussentijdse resultaten teruggekoppeld naar de beheerders.
- Het conceptueel model zal uitgewerkt worden tot een beslisboom (computermodel) geschikt is voor het uitvoeren van een systeemanalyse door beheerders en onderzoekers, en het uitzetten van een beheersstrategie in laagveenwateren.

**Criteria bij de keuze van onderzoeksgebieden:**

- De OBN-problematiek moet van toepassing zijn;
- De variatie in water- en vegetatietypen voor de laagveenwateren in Nederland moet gedekt zijn;
- De variatie in landschaps- en systeemhydrologische (o.a. peilfluctuatief) context moet gedekt zijn;
- Er moeten voldoende mogelijkheden zijn om het vereiste onderzoek uit te voeren;
- Er moet voldoende bereidheid zijn bij de beheerder/eigenaar van het gebied;
- Er moeten locaties bij zijn die door schoon grondwater gevoed worden (bicarbonaattype, geen nitraat-/sulfaatverontreiniging);
- Er moeten zowel soortenrijke als -arme systemen onderzocht worden;
- Er moet, indien mogelijk, geprobeerd worden om aan te sluiten bij geplande beheersmaatregelen, met name nieuwe typen;
- Er moet weinig verstoring (bijv. recreatie) zijn;

- Er moet voldoende basisinformatie beschikbaar zijn.
- Voor de buitenlandse referentiegebieden: deze moeten zo goed mogelijk vergelijkbaar zijn met de situatie zoals die voor minder verstoorde Nederlandse laagvenen zou gelden (hydrologie, biogeochemie, vegetatie, fauna).

Voorstellen voor onderzoeksgebieden zijn:

- De Deelen (Friesland; Staatsbosbeheer);
- Vechtplassengebied, verschillende locaties (Utrecht; Staatsbosbeheer/Vereniging Natuurmonumenten) waaronder de Loenderveense Plas & Terra Nova (Utrecht; Gemeentewaterleidingen Amsterdam);
- Ilperveld (Noord-Holland; Stichting het Noordhollands Landschap);
- Waterland (Noord-Holland; combinatie agrarisch gebruik/natuurfunctie);
- De Wieden / De Weerribben (Natuurmonumenten/Staatsbosbeheer);
- Buitenland: nog te kiezen Poolse en Ierse laagvenen.

#### **Personele inzet in 4 (5) jaar:**

- |   |                        |
|---|------------------------|
| • Hydrologie/biogeochemie:                        | 1 (junior) onderzoeker |
| • Systeemecoloog trofische interacties/fauna:     | 1 (junior) onderzoeker |
| • Systeemecoloog vegetatie/productie/veenvorming: | 1 (junior) onderzoeker |
| • Theoretisch ecoloog/modelleur:                  | 1 (junior) onderzoeker |
| • Coördinator project (ecoloog):                  | 1 postdoc              |
| • Expert Actief Biologisch Beheer                 | 1 specialist 60 dagen  |
| • Expert Hydrologie/Waterbeheer                   | 1 specialist 60 dagen  |
| • Expert Macrofauna                               | 1 specialist 60 dagen  |
| • Expert Fytoplankton                             | 1 specialist 60 dagen  |
| • Expert terreinbeheer                            | 1 specialist 60 dagen  |

#### **Kostenraming**

Een minimale inschatting van de kosten (personeel, exploitatie, reiskosten) ten laste van de opdrachtgever, is 3,250 kf (exclusief BTW) voor de periode van 4 jaar (voor thema 4 eventueel met een jaar verschuiving). Dit is gebaseerd op de inzet van 4 junior onderzoekers (ieder 1 fte), een postdoc (1 fte), en 5 experts elk voor 15 dagen per jaar.

#### **Tijdplanning:**

2001: Start thema 1, 2 en 3. Literatuuronderzoek, vastlegging beginsituatie, correlatief onderzoek in referentiegebieden m.b.t. ieder thema.

2002: Start thema 4. Volgen beheersexperimenten plus extra experimenteel onderzoek per thema, bezoek buitenlands referentiegebied, ontwikkeling systeemanalytisch concept.

2003: vervolg 2002, bezoek tweede buitenlands referentiegebied, ontwikkeling model.

2004: vervolg, ontwikkeling model, afronding en verslaglegging, lezingendag voor beheer en onderzoek. Afronding thema 1, 2, 3.

2005: Afronding thema 4. Presentatie model/beslisboom.

## 11. Samenvatting

De Nederlandse laagveenwateren vertegenwoordigen een belangrijke natuur- en cultuurwaarde op zowel nationaal als internationaal niveau. Helaas zijn deze wateren sterk achteruitgegaan door vermesting, verdroging en verzuring: de zogenaamde 'VER-thema's'. De biodiversiteit is flink afgenomen. Karakteristieke processen als veenvorming en verlanding treden nauwelijks meer op. Het water is veelal troebel door algenbloei en waterplanten zijn goeddeels verdwenen. Samenhangend hiermee zijn trofische interacties, van primaire producenten tot en met vissen en vogels, sterk uit balans.

Aan deze problemen is al de nodige aandacht geschonken in het verleden, zowel door onderzoekers als door beheerders. Hoewel er al redelijk wat ervaring aanwezig is met maatregelen in het kader van herstelbeheer van laagveenwateren, bestaat er nog veel onduidelijkheid door het wisselende resultaat van sommige maatregelen. Daarnaast moet een aantal maatregelen geoptimaliseerd worden. Van een deel van de maatregelen is al wel bekend wat het effect op korte termijn is, maar is het lange-termijn resultaat nog onbekend. Verder is een aantal nieuwe maatregelen nog niet of nauwelijks getest. Dit alles maakt nieuwe kennisontwikkeling noodzakelijk.

Dit Preadvies Laagveenwateren van het gelijknamige deskundigenteam presenteert en beargumenteert de keuze voor het onderzoek dat in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) uitgevoerd zal worden. Hiertoe is eerst aandacht besteed aan de belangrijkste karakteristieken van laagveenwateren. Daarna is op grond van onderzoeksliteratuur en beheerservaring onderzocht waar de belangrijkste knelpunten en kennislacunes liggen voor het (herstel)beheer van deze systemen in relatie tot de VER-thema's. Dit heeft het team vertaald naar concrete onderzoeksvragen voor het OBN, waarbij het definiëren van *sturende processen en factoren* centraal staat. In het preadvies is zoveel mogelijk aangegeven op welke schaal (landschapsecologisch, systeem- of standplaatsniveau) de verschillende processen en factoren werkzaam zijn.

Op basis van bovengenoemde analyse is een plan van aanpak voor het OBN-onderzoek aan laagveenwateren geschreven. De thema's omvatten hydrologie en hydrochemie, herstel van aquatische laagveengemeenschappen, herstel van verlanding en veenvorming, en systeemanalyse (integratie en modelontwikkeling). Voor elk thema zijn hoofd- en deelvragen geformuleerd, met daarbij een korte beschrijving van de methoden. Het onderzoeksplan is sterk toepassingsgericht en zal in nauwe samenwerking met de terreinbeheerders worden uitgevoerd.

Het voorgestelde programma (2001-2005) zal naar verwachting een belangrijke bijdrage leveren aan het herstel van laagveenwateren.



Fig. 53. 'Moerasvaren helpend bij de verlanding in de rietzoom'. J. Briedé in Van Zinderen Bakker (1947).



## 12. Verklarende woordenlijst

E = uit het Engels, GR = uit het (oud)Grieks, L = uit het Latijn, NL = uit het (oud)Nederlands, QU = uit het Quechua (een Inca-taal); *cursieve woorden* verwijzen naar ingangen.

**acidobiont** [L acidus = zuur + GR biont = levend] in een zuur milieu levend.

**actief biologisch beheer (ABB)** (*biomanipulatie*) in wateren; beheersvorm waarbij middels het ingrijpen in het (verstoorde) voedselweb, door het wegvangen van *planktivore* en *benthivore* vis, eventueel gecombineerd met het uitzetten van roofvis, geprobeerd wordt om de waterkwaliteit van *geëutrofiëerde* wateren te verbeteren en door herstel van de helderheid van het water weer vestiging van *submerse* waterplanten mogelijk te maken.

**aëroob** [GR air = lucht] (voorkomend in een) omgeving waarin de zuurstofconcentratie gelijk is aan die in de atmosfeer.

**alkalinisering** toename van *alkaliniteit* van het oppervlakte- of bodemwater door aanvoer van gebufferd water, door bekalking of door interne productie van alkaliniteit.

**alkaliniteit** (biologische *hardheid*) zuurbufferend vermogen van oppervlakte-, bodem- of grondwater, voornamelijk geleverd door (bi)carbonaat dat met zuur reageert tot kooldioxide.

**allelopathie** [GR allelon = wederkerig, pathos = lijden, aandoening] (meestal negatieve) beïnvloeding van het ene organisme door het andere via uitscheiding van chemische stoffen (allelopathische verbindingen).

**anaëroob** (voorkomend in een) omgeving waarin de zuurstofconcentratie beduidend lager is dan in de atmosfeer (zie ook *anoxisch*).

**ANC** (acid neutralizing capacity, zuurbufferd vermogen) capaciteit van bodem (of water) om zuur te bufferen. Zie *zuurbuffering*.

**anion** [GR anion = naar boven gaan, i.v.m. migratie bij electrolyse] een atoom of groep atomen met een negatieve lading (zie ook *kation*).

**anoxisch** (voorkomend in een) omgeving waarin geen zuurstof voorkomt (zie ook *anaëroob*).

**atmotroof** [GR atmos (damp) + L sphaera (kring) + GR trepho = door de lucht gevoed] term om water aan te duiden van atmosferische oorsprong dat daardoor nauwelijks gebufferd is, in tegenstelling tot *lithotroof* (zie ook *ombrotroof*).

**autonome maatregelen** zie *reguliere maatregelen*.

**basenbezetting** het bezettingspercentage van het *kationuitwisselingscomplex* in de (veen)bodem met basische *kationen* (calcium en magnesium).

**benthivoer** [GR benthos + L vorus = bodemvreter] zich voedend op/in de onderwaterbodem.

**biogeochemie** de wetenschap die de kringloop van mineralen en de relaties tussen organismen en hun abiotische omgeving (lucht, bodem, water) bestudeert. In de biogeochemie worden micro- en microbiologisch, geologisch en chemisch onderzoek gecombineerd. Naast de kringloop van elementen als koolstof, stikstof, fosfor en zwavel wordt vaak ook de kringloop van water meegerekend.

**biomanipulatie** internationale term voor *actief biologisch beheer*.

**brak** water dat licht is aangerijkt met chloride ( $8.5\text{-}465 \text{ mmol Cl}^- \text{ L}^{-1}$ ;  $0.3\text{-}16.5 \text{ g Cl}^- \text{ L}^{-1}$ ). Brakwatervenen bevinden zich in het zwak-brakke (*oligohaliene*) bereik.

**broekbos** moerasbos, *veenvegetatie* die gedomineerd wordt door bomen. De *laagveen*-broekbossen worden binnen dit preadvies niet behandeld, aangezien ze het onderzoeksgebied vormen van het OBN-Deskundigenteam Natte Bossen.

**decompositie** [L de + componere = uiteenhalen, ontbinden] Metabolische afbraak van organisch materiaal naar eenvoudige organische en anorganische bestanddelen, waarbij energie vrijkomt.

**detritus** [L detritus = verminderd, versleten] afgestorven organisch materiaal, voornamelijk bestaand uit plantaardige, maar ook uit dierlijke resten en faeces.

**detritivoer** [L detritus + vorus = detritusvreter] *detritus*-etend (dier).

**denitrificatie** *anaëroobe*, microbiële gestuurde *redoxreactie* waarbij nitraat omgezet wordt in stikstof- en lachgas en hiermee verdwijnt uit de bodem naar de atmosfeer. Als electrondonor kunnen zowel organische als anorganische verbindingen (bijv. pyriet) dienen.

**diaspore** [GR diaspora = verspreiding, dispersie] elk deel van een organisme, geslachtelijk of ongeslachtelijk geproduceerd, dat in staat is om een nieuw individu te vormen (bijv. zaden, sporen, tubers, fragmenten van planten, etc.).

**drijftil** vrij rondrijvende plantenmassa (van bijvoorbeeld Krabbescheer) waarop zich andere planten (o.a. Waterdrieblad, Waterscheerling, verschillende zeggen, en zelfs bomen) kunnen vestigen.

**EGM** Effectgerichte Maatregelen; beheers- en inrichtingsmaatregelen genomen binnen het kader van het OBN, gericht op de bestrijding van *verzuring*, *vermesting* (*eutrofiëring*) en *verdroging* in natuurterreinen. Geformuleerd als aanvulling op het Brongerichte Beleid van het Ministerie van LNV.

**EGV** Elektrische-geleidingsvermogen; maat voor de totale concentratie aan *ionen* in oppervlakte-, bodem- of grondwater, gemeten aan de hand van de stroomgeleiding door het water over een bepaalde afstand. Geeft geen enkele informatie over de nutriëntenrijkdom.

**elektrolyt** [GR elektron = amber (levert spanning bij opwrijven) + luo = losmaken] een chemisch deeltje dat bij oplossen een *ion* wordt, waardoor de oplossing electriciteit kan geleiden.

**emers** [L ex mergere = opduiken] verwijzend naar een plant die, of een plantendeel dat, boven de waterspiegel uitgroeit.

**epifyt** [GR epi + phuton = op plant] organisme dat op het oppervlak van een plant groeit, in dit preadvies met name doelend op algen.

**epilimnion** [GR epi = op, boven + limne = meer, poel] de warmere bovenlaag in meren (en andere diepere wateren) met een *spronglaag*.

**eurytoop** [GR eurus = breed, topos = plaats] een breed spectrum aan habitats tolererend, fysiologisch tolerant.

**eutrafent** een voorkeur vertonend voor een *eutroof* milieu.

**eutrofiëring** significante toename van de beschikbaarheid van productiebeperkende nutriënten, in *laagvenen* met name fosfor en stikstof (zie *eutroof*).

**eutroof** [GR eu + trepho = welgevoed] rijk aan productielimiterende voedingstoffen, waardoor de primaire productie hoog is en de wateren vaak troebel kunnen zijn door algenbloei. In aquatische systemen als de concentratie van ortho-fosfaat in het water hoger is dan  $4 \mu\text{mol L}^{-1}$  ( $>0.12 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{—P L}^{-1}$ ).

**evapotranspiratie** [L evaporare = verdampen + L trans = door + L spirare = ademen] het waterverlies als gevolg van verdamping via bodem, water en planten per eenheid tijd.

**experimentele maatregelen** *effectgerichte maatregelen* binnen het *OBN*, waarvan nog niet eerder op praktijkschaal getest is of ze enerzijds effectief zijn in de bestrijding van een of meerdere *VER-thema's*, en anderzijds of er geen ongewenste neveneffecten optreden. Vroeger onderzoeksmaatregelen genoemd.

**extern beheer** beheer waarbij maatregelen buiten het betreffende gebied getroffen worden, die effecten binnen het gebied moeten sorteren. Bijv. aanbrengen van bufferzones om de nutriënteninstroom te verlagen, opzetten waterpeil buiten het gebied teneinde wegzijging binnen het gebied te beperken.

**externe eutrofiëring** *eutrofiëring* als gevolg van de extra aanvoer van nutriënten van buiten het systeem, bijvoorbeeld via het inlaatwater.

**fytoplankton** [GR phuton = plant] plantaardig *plankton*, algen.

**fytotoxinen** [GR phuton = plant + L toxicum = vergif] stoffen die giftig zijn voor planten.

**gebiedseigen water** grond- en/of oppervlaktewater dat min of meer van nature binnen het beschouwde (natuur)gebied voorkomt, als tegenhanger van *gebiedsvreemd water*.

**gebiedsvreemd water** grond- en/of oppervlaktewater dat van buiten het beschouwde (natuur)gebied aangevoerd wordt, vaak met een duidelijk andere chemische samenstelling (macro-ionen, nutriënten) dan het *gebiedseigen water*.

**guanotrofiëring** [QU huanu = mest + GR trepho voeden] *eutrofiëring* door mest geproduceerd door een vogel-, vleermuis- of zeehondenkolonie.

**habitatfragmentatie** zie *versnippering*.

**hardheid van water:** zie *alkaliniteit*.

**helofyt** [GR helos = moeras + phuton = plant] meerjarige plant met knoppen, meestal op wortelstokken, in de bodem onder waterniveau. Ook vaak gebruikt voor moerasplant in het algemeen.

**hoogveen** *veen* waarvan althans de toplaag vrijwel geheel door atmosferische depositie gevoed wordt (*ombrotroof*). Door de lage buffercapaciteit en door biologische en chemische processen is deze toplaag relatief zuur. Hoogvenen hoeven niet per definitie voedselarm te zijn.

**hypertroof, hyper-eutroof** [GR hyper + trepho = overvoed] zeer rijk aan productielimiterende voedingstoffen, waardoor het water troebel is door algenbloei. In aquatische systemen als ortho-fosfaat in het water niet langer limiterend is ( $>10 \mu\text{mol L}^{-1}$  ;  $>0.3 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{—P L}^{-1}$ ), terwijl de concentratie aan nitraat + ammonium hoog is ( $>100 \mu\text{mol L}^{-1}$ ).

**hypolimnion** [GR hypo = onder + limne = meer, poel] de koudere onderlaag in meren (en andere diepere wateren) met een *spronglaag*.

**hysterese** [GR hysterein = (te) laat komen, tekortkomen] vertraging die optreedt in de respons van een proces tijdens veranderingen van de sturende factor of het sturende proces. In dit preadvies refererend naar de vertraagde respons van de helderheid van water bij een afnemende of toenemende fosfaatconcentratie.

**inert** [L iners] niet reactief, inactief.

**intern beheer** beheer dat binnen het betreffende terrein uitgevoerd wordt. Bijv. maaibeheer, opzetten waterpeil binnen het gebied door minder water af te voeren.

**interne eutrofiëring** *eutrofiëring* door het versneld vrijkomen van nutriënten binnen het systeem (met name in *venen*), bijvoorbeeld door een verandering van de waterkwaliteit (zie ook *externe eutrofiëring*).

**ion** [GR ieno = gaan, i.v.m. migratie bij electrolyse] een geladen atoom of groep atomen (zie ook *kation* en *anion*).

- ionenratio (IR)** Waarde gebaseerd op de ladingsratio (in %) tussen de calciumconcentratie [Ca] en de [Ca] plus chlorideconcentratie [Cl]:  $100 \times [\text{Ca}] / ([\text{Ca}] + 2 \times [\text{Cl}])$ . Maat voor de bijdrage van calcium (bi)carbonaat in water, gebruikt om aan te geven hoe *lithotroof* (*tellurisch*) het water is. Geeft geen informatie over de nutriëntenrijkdom of de bijdrage van sulfaat.
- kation** [GR kationo = naar beneden gaan, i.v.m. migratie bij electrolyse] een atoom of groep atomen met een positieve lading (zie ook *anion*).
- kationuitwisseling** mechanisme van *zuurbuffering* in de (water)bodem waarbij basische *kationen* (met name calcium en magnesium) aan het bodemadsorptiecomplex uitgewisseld worden tegen tegen zuur-ionen ('protonen'), waardoor de *pH* over een bepaald traject relatief constant blijft. De potentie van dit mechanisme wordt bepaald door zowel de concentratie aan bindingsplaatsen in de bodem als door de *basenbezetting*.
- kragge** (zodde) min of meer stabiele, drijvende *veen*massa, bijeengehouden door de wortels en wortelstokken van de daarop groeiende planten (o.a. Riet en Kleine lisdodde). Meestal vastzittend aan en gevormd vanaf de oever, hoewel stukken kragge los kunnen raken en op deze wijze eilandjes vormen.
- kraggenvreter** drijvend apparaat, ontwikkeld door SBB, dat *veenkraggen* inclusief de vegetatie verwijderd, waardoor nieuwe *petgaten* ontstaan.
- kwel** het uitreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied.
- laagveen** *veen* waarvan de toplaag gebufferd is tegen zuur, door de infiltratie van kalkrijk grond- en/of oppervlaktewater (*tellurisch* water). Laagvenen kunnen *mesotroof*, *eutroof* of *hypertroof* zijn.
- legakker** stuk land gelegen tussen *petgaten* (meestal 2-5 m breed), waarop het gewonnen natte *veen* te drogen werd gelegd. Onvergraven legakkers worden ook wel ribben genoemd.
- lemnide** [zoals Kroos, Lemna] groeivorm van vrij op het water drijvende waterplanten met kleine bladeren.
- limnofiel** [GR limne = meer, poel + philos = vriend] een voorkeur vertonend voor meren en poelen.
- lithotroof** [GR lithos + trepho = door steen gevoed] (internationale term *tellurisch*) term om water aan te duiden dat intensief in contact is geweest met kalkhoudende bodem of gesteente en daardoor calcium- en (bi)carbonaatrijk is, in tegenstelling tot *atmotroof*.
- macro-evertebraten** e [L e-vertebratus of in-vertebratus = geen gewrichten hebbend] de ongewervelde dieren binnen de *macrofauna*.
- macrofauna** [GR makros = groot + L fauna = faun, mythologische halfgodin, kruising tussen een mens en een geit] dieren groter dan 0.5-1 mm, tot maximaal enkele centimeters. Oorspronkelijk alleen gebruikt voor benthische organismen (bodemorganismen), achterblijvend in een 0.5 mm zeef. In dit preadvies wordt de term ook voor niet-benthische fauna gebruikt. In praktijk betekent macrofauna meestal: kleine dieren in water-, (water)bodem- en vegetatiemonsters die zichtbaar zijn met het blote oog. Zoöplankton (zoals watervlooien) wordt, afhankelijk van de grootte en van de literatuurbron, al dan niet meegerekend tot de macrofauna.
- macrofyt** [GR makros = groot + phuton = plant] (macroscopisch) grote plant, ook voor grote wieren, waaronder kranswieren, gebruikt ter onderscheiding van microscopische algen (microfyten).
- mesotroof** [GR meso + trepho = gemiddeld gevoed] matig rijk aan productielimiterende voedingstoffen, waardoor micro-algen niet kunnen gaan domineren; gedomineerd door macrofyten. In aquatische systemen als de concentratie van ortho-fosfaat in het water tussen 0.6 en 2  $\mu\text{mol L}^{-1}$  ligt (0.02 –0.06 mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{—P L}^{-1}$ ).
- methanogenese** microbiële productie van methaan (belangrijkste bestanddeel van aardgas).
- mineralisatie** [L mineralis = betrekking hebbend op mijnen, mineraal] de omzetting van een nutriënt van organisch gebonden vorm naar anorganische wateroplosbare vorm, als gevolg van biologische of chemische omzettingen.
- minerotroof** [L mineralis = betrekking hebbend op mijnen, mineraal + GR trepho = voeden] naast regenwater ook (in belangrijke mate) door mineraalrijk grond- en/of oppervlaktewater gevoed, waardoor zuurbuffering plaatsvindt. De term zegt niets over het aanbod aan voedingsstoffen, maar refereert alleen aan de voeding met zuurbufferstoffen (bicarbonaat, calcium, magnesium).
- nymphaeïde** [zoals Waterlelie, Nymphaea] groeivorm bij wortelende waterplanten waarbij drijfbladeren aan lange stelen gevormd worden; vaak hebben deze planten ook onderwaterbladeren.
- OBN** Overlevingsplan Bos en Natuur; Plan van het Ministerie van LNV naar aanleiding van het NMP2, waarbinnen de *EGM* verder uitgewerkt zijn. Het *OBN* biedt beheerders van natuurgebieden ondersteuning bij de uitvoering van *EGM*.
- oligohalien** [GR oligos + halos = weinig zout] zwak *brak*, water met een chlorideconcentratie tussen 8.5 en 85  $\text{mmol L}^{-1}$  (0.3 en 3 g  $\text{L}^{-1}$ ).
- oligotroof** [GR oligos + trepho = weinig gevoed] relatief arm aan productielimiterende voedingstoffen, in aquatische systemen als de concentratie van ortho-fosfaat in het water lager is dan 0.6  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (0.02 mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{—P L}^{-1}$ ). De term zegt niets over de basenrijkdom.
- ombrotroof** [GR ombros + trepho = regengevoed] (ook wel meteorisch) de nutriënten voor het belangrijkste deel via atmosferische depositie krijgend.

**onderzoeksmatregelen** zie *experimentele maatregelen*.

**oververnatting** vernatting van een natuurgebied waarbij het peil te intensief verhoogd wordt (te hoog en/of te langdurig), waardoor ernstige neveneffecten (*eutrofiëring*, afsterven planten en bomen) optreden.

**oxidatie** [GR oxus = scherp, zuur, vandaar zuurstof] zie *redoxreactie*.

**petgat, pet** (trekgat) [pet is een nevenvorm van put (NL); de term petgat is dus een pleonasme] *laagveensloot*, ontstaan door vervening. Door wind- en watererosie kunnen (smalle) *legakkers* tussen petgaten verdwijnen, waardoor *veenplassen* (wieden) ontstaan.

**pH** maat voor de *zuurgraad*. Het negatieve 10-logaritme (p) van de concentratie aan zuur-ionen (H<sup>+</sup>) in water of in een waterige oplossing; hierdoor correspondeert een lagere *zuurgraad* met een hogere pH. pH 6.5 is zo neutraal als melk, pH 3 zo zuur als azijn.

**piscivoor** [L piscis + vorus = visvreter] vis vangend en etend (dier), over het algemeen niet gebruikt voor menselijke vissers.

**plaggen** verwijderen van de organische toplaag (5-30 cm) die voedselrijker (m.n. in heide) of zuurder (m.n. laagvenen) is dan de laag eronder. Maatregel om eutrofiëring en/of verzuring te bestrijden.

**planktivoor** [L vorus = vreter] *plankton*-etend.

**plankton** [GR planktos = zwervend] aquatische organismen waarvan de positie of verdeling vrijwel geheel afhankelijk is van de waterbeweging.

**proefmaatregelen** *effectgerichte maatregelen* binnen het *OBN*, waarvan nog niet zeker is dat ze een of meerdere *VER-thema's* effectief bestrijden, en/of maatregelen waarvan de risico's nog onvoldoende duidelijk zijn. Er zijn echter wel sterke aanwijzingen dat deze maatregelen een positief effect zullen hebben.

**redoxpotentiaal** reductie-oxidatiepotentiaal. Een maat voor de neiging van een bepaald systeem om electronen af te staan (electrondonor of reductor) of juist op te nemen (electronacceptor of oxidator). In een bodem kan de gemiddelde redoxpotentiaal van alle optredende *redoxreacties* gemeten worden, die als een (grove) indicatie voor het belangrijkste optredende redoxproces gebruikt kan worden. De redoxpotentiaal wordt dus bepaald door *biogeochemische* processen, maar heeft zelf ook weer een grote invloed op (bodem)processen, zoals de oplosbaarheid van metalen en macronutriënten. De gemeten potentiaal wordt over het algemeen omgerekend naar de normaal-waterstofpotentiaal (Eh), waardoor de waarde onafhankelijk wordt van de gebruikte referentie-electrode.

**redoxreactie** reductie-oxidatiereactie. Chemische reactie waarbij overdracht plaatsvindt van electronen van een electrondonor (vaak een organisch molecuul) naar een electronacceptor (vaak anorganisch). De afgifte van electronen heet oxidatie, de opname reductie. Verschillende groepen micro-organismen maken gebruik van redoxreacties om energie te winnen. Voorbeelden van ecologisch belangrijke redoxreacties zijn ijzeroxidatie (vooral chemisch), dentrificatie (microbieel), sulfaatreductie (microbieel), methaanproductie (microbieel).

**reductie** [L reducere = terugbrengen] (fysisch-chemisch) zie *redoxreactie*.

**reguliere maatregelen** *effectgerichte maatregelen* binnen het *OBN*, waarvan uit onderzoek is gebleken dat ze effectief zijn in de bestrijding van een of meerdere *VER-thema's* en daarnaast nauwelijks of geen ongewenste neveneffecten hebben. Deze maatregelen zijn 'praktijkrijp'. (Oude naam: autonome maatregelen.)

**rheofiel** [GR rheos = stroom, philos = vriend] een voorkeur vertonend voor stromend water.

**rhizoom** [GR rhizoma = wortelmasse, van rhiza = wortel] wortelstok. Horizontale stengel, meestal ondergronds of in het *sapropelium*, van waaruit op knopen wortels en spruiten ontstaan.

**saprofiel** [GR philos = vriend] een voorkeur vertonend voor (water met een) *sapropelium*.

**sapropelium** [GR sapos + pelos = rotte(nde) modder] anaerobe sterk organische laag op de bodem van sommige aquatische systemen, zoals *veenwateren*, waarin *decompositie* plaatsvindt.

**spronglaag** (thermocline) waterlaag in diepere wateren (verschillende meters) waarin de temperatuur plotseling daalt door gebrek aan menging. Hierdoor worden een *epilimnion* en een *hypolimnion* gevormd, die niet of nauwelijks met elkaar mengen. In ondiepe *veenwateren* wordt over het algemeen geen spronglaag gevormd door circulatie van de waterlaag als gevolg van windwerking.

**submers** [L submers = ondergedoken] verwijzend naar een plant die of een plantendeel dat onder water groeit.

**sulfaatreductie** *anaerobe* microbieel gestuurde *redoxreactie* waarbij organische moleculen, afkomstig uit de *decompositie*, geoxideerd worden met behulp van sulfaat (electronacceptor). Hierbij wordt sulfide gevormd.

**stelsysteemvreemd water** zie *gebiedsvreemd water*.

**tellurisch** [L tellus = aarde] internationaal gebruikte term om water aan te duiden dat intensief in contact is geweest met kalkrijk(e) bodem of gesteenten, i.e. gebufferd grond- of oppervlaktewater (*lithotroof*).

**tyrphobiont** [GR turphê = veen + biont = levend] levend in/op *veen*.

**tyrphofiel** [GR turphê = veen + philos = vriend] een voorkeur vertonend voor *veen* als habitat.

**ubiquist** (ubiquitist) [L ubique = overal] wijdverbreide soort.

**veen** 1. (gesteente) accumulatie van gedeeltelijk afgebroken plantenmateriaal onder minder of meer waterverzadigde omstandigheden. 2. veen(1)laag 3. veen(1)producerend ecosysteem.

**verbasing** zie *alkalinisering*.

**verbraseiming** aanduiding van de sterke toename van *planktivore* en *benthivore* witvis als brasem en karper in een water, gepaard gaand met eutrofiëring.

**verdroging** significante afname van de vochtvoorziening voor organismen, bijvoorbeeld door verlaging van het (grond)waterpeil. Binnen het natuurbeleid worden vaak ook de indirecte effecten van verdroging, zoals verdrogingsgerelateerde verzuring en de effecten van het inlaten van water, onder deze term gebracht.

**verlanding** overgang van een aquatische fase (bijv. van een *veen*) naar een terrestrische, door vorming van *drijfzand*, *kraggen* of door uitbreiding van de *helofytenzone*.

**vermesting** zie *eutrofiëring*.

**vermorsing** overgang van een terrestrische fase (bijv. van een *veen*) naar een aquatische, door verhoging van het waterpeil (bijv. overstroming).

**VER-thema's** *verzuring*, *vermesting (eutrofiëring)* en *verdroging*, thema's binnen de milieuproblematiek waarvan de negatieve gevolgen binnen het *OBN* bestreden worden. Verder wordt ook *versnippering* steeds vaker bij de VER-thema's genoemd.

**vervening** 1. *veen*vorming. 2. Winning van *veen* ten behoeve van brandstofvoorziening, horticultuur, actief koolstofproductie en/of kuurdoeleinden. In dit preadvies wordt vervening alleen in de tweede betekenis gebruikt; voor de eerste wordt de term *veen*vorming aangehouden.

**versnippering** (habitatfragmentatie) verkleining en isolatie van de leefgebieden van organismen, waardoor (rest)populaties geïsoleerd raken. Hierdoor wordt dispersie, (re)kolonisatie en uitwisseling van genetisch materiaal zeer moeilijk of onmogelijk.

**verstarring** in dit preadvies gebruikte term voor het actief instandhouden van een onnatuurlijk stabiel (grond)waterpeil door het jaar heen.

**verzuring** afname van het *zuurbufferende* (zuurneutraliserend) vermogen van water of bodem; dit hoeft niet per se gepaard te gaan met een *pH*-daling. Verzuring kan zowel natuurlijke als antropogene oorzaken hebben.

**wetland** [E wet = nat] *zoet*, *brak* of zout (semi-)aquatisch ecosysteem dat (periodiek) drassig is of een ondiepe waterlaag heeft en dat gedomineerd wordt door planten. Voorbeelden zijn moerassen, *laagvenen*, *hoogvenen*, *broekbossen* en vennen. De definitie voor de maximale diepte van wetlands en de lengte van de jaarlijkse periode met een waterverzadigde bodem verschilt sterk per literatuurbron.

**zoet** water dat relatief arm is aan chloride ( $<8.5 \text{ mmol Cl}^- \text{ L}^{-1}$ ;  $< 0.3 \text{ g Cl}^- \text{ L}^{-1}$ ).

**zoöplankton** [GR zoion = levend wezen] dierlijk *plankton*.

**zuurbuffering** buffermechanismen, waardoor de *zuurgraad* van een (water)bodem of water constant blijft over een bepaald traject. Van hoge naar lage *pH* vindt achtereenvolgens zuurbuffering plaats door (bi)carbonaataalkaliniteit (*pH* 9-6), *kationuitwisseling* (*pH* 6-4), en het oplossen van aluminium- en ijzerverbindingen (*pH* 4-2). De capaciteit van een bodem (of water) om zuren te bufferen (uitgedrukt per eenheid massa of volume) wordt het zuurbufferend vermogen (*ANC*) of de buffercapaciteit genoemd.

**zuurgraad** maat voor de concentratie aan zuur-ionen, gewoonlijk uitgedrukt in de *pH*. Een hoge zuurgraad correspondeert met een lage *pH*.



## 13. Geraadpleegde literatuur

- Aber, J.D., K.J. Nadelhoffer, P. Steudler & J.M. Melillo, 1989. Nitrogen saturation in northern forest systems. *Bioscience* 39: 378-386.
- Aerts, R., J.T.A. Verhoeven & D.F. Whigham, 1999. Plant-mediated controls on nutrient cycling in temperate fens and bogs. *Ecology* 80: 2170-2181.
- Akkermans, A.D.L., 1971. Nitrogen fixation and nodulation of *Alnus* and *Hippophaë* under natural conditions. Proefschrift, Universiteit Leiden.
- Altenburg, W. & M. Brongers, 1999. De Deelen en Slúshoeke: beheersdoelstelling voor de periode 1999-2009. Rapport Altenburg & Wyminga Ecologisch Onderzoek, Veenwouden.
- Antheunisse, A.M., 2000. Effect van sulfide op successie in een laagveengebied. Verslag Universiteit Utrecht, Faculteit Biologie, Leerstoelgroep Landschapsoecologie.
- Aptroot, A., 1998. Bedreigde en kwetsbare korstmossen in Nederland: toelichting op de Rode Lijst. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Armstrong, J., F. Afreen-Zobayed & W. Armstrong, 1996a. *Phragmites* die-back: sulphide- and acetic acid induced bud and root death, lignifications, and blockages within aeration and vascular systems. *New Phytologist* 134: 601-614.
- Armstrong, J., W. Armstrong, Z.B. Wu & F. Afreen-Zobayed, 1996b. A role for phytotoxins in the *Phragmites* die-back syndrome? *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 31: 127-127.
- Arnolds, E. & Th. W. Kuyper, 1996. Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland: basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Arnolds, E.J.M. & G. van Ommering, 1996. Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland: toelichting op de Rode Lijst. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Arts G. & G. van Duinhoven, 2000. Sleutelen aan vennen. Overlevingsplan Bos & Natuur. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Bakker, S.A., N.J. Van den Berg & B.P. Speleers, 1994. Vegetation transitions of floating wetlands in a complex of turbaries between 1937 and 1989 as determined from aerial photographs with GIS. *Vegetatio* 114: 161-167.
- Bakker, S.A., C. Jasperse & J.T.A. Verhoeven, 1997. Accumulation rates of organic matter associated with different successional stages from open water to carr forest in former turbaries. *Plant Ecology* 129: 113-120.
- Bal, D., H.M. Beijer, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen & P.J. van der Reest, 1995. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC Natuurbeheer, Wageningen.
- Barendregt, A., M.J. Wassen & A. van Leerdam, 1990. Nivellering van de verlanding, een gevolg van veranderingen in hydrologie en beheer. *Landschap* 7: 17-32.
- Barendregt, A., B. Beltman, M.C. Bootsma, M. Amesz & T. van den Broek, 1997. Herstel van verzuurde laagvenen met oppervlaktewater en mergel. Eindrapportage over de periode 1991-1996 (fase 1 en 2) van de effectgerichte maatregelen tegen verzuring in de EGM/OBN-proefprojecten gelegen in het Ilperveld en de polder Westbroek. Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Beijer, H.M., R. Bobbink, J. Holtland & M.H.J. de Klein, 1999. Onderzoeksvisie OBN. Onderzoeksvisie en -programmering 1999-2004. IKC-Natuurbeheer, Ministerie van LNV, Wageningen.
- Beintema, A. J., 1997. European Black Terns (*Chlidonias niger*) in trouble: examples of dietary problems. *Colonial Waterbirds* 20: 558-565.

- Bekkers, R.M. & E.J. Lammerts, 2000.** Naar een rode lijst met Groene Stip voor hogere planten in Nederland. IKC-Natuurbeheer, Ministerie van LNV, Wageningen.
- Bellemaekers, M.J.S., M. Maessen, M. Cals & J.G.M. Roelofs, 1993.** Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma eerste fase. Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Beltman, B. & W. Koerselman, 1988.** De verdamping van moerasvegetaties. *H<sub>2</sub>O* 21: 199-205.
- Beltman, B. & T. van der Krift, 1997.** De invloed van sulfaat en chloride op de fosfaatbeschikbaarheid in veenbodem, een bijdrage aan integraal waterbeheer. *H<sub>2</sub>O* 30: 19-22.
- Beltman, B., T. van den Broek & S. Bloemen, 1995.** Restoration of acidified rich-fen ecosystems in the Vechtplassen area: successes and failures. In: B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (Eds.), Restoration of temperate wetlands. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 273-286.
- Beltman, B., T. van den Broek, S. Bloemen & C. Witsel, 1996a.** Effects of restoration measures on nutrient availability in a formerly nutrient-poor floating fen after acidification and eutrophication. *Biological Conservation* 78: 271-277.
- Beltman, B., T. van den Broek, K. van Maanen & K. Vaneveld, 1996b.** Measures to develop a rich-fen wetland landscape with a full range of successional stages. *Ecological Engineering* 7: 299-313.
- Beltman, B., T.G. Rouwenhorst, M.B. van Kerkhoven, T. van der Krift & J.T.A. Verhoeven, 2000.** Internal eutrophication in peat soils through competition between chloride and sulphate with phosphate for binding sites. *Biogeochemistry* 50: 183-194.
- Berendse, F., M. J. M. Oomes, H. J. Altena & W. De Visser, 1994.** A comparative study of nitrogen flows in two similar meadows affected by different groundwater levels. *Journal of Applied Ecology* 31: 40-48.
- Berg, M.S. van den, R.W. Doef, F.M. Zant & H. Coops, 1997.** Kranswieren: helder water en macrofauna in de Veluwerandmeren. *De Levende Natuur* 98: 14-24.
- Berg, M.S. van den, M. Scheffer, H. Coops & J. Simons, 1998.** Minireviews – The role of characean algae in the management of eutrophic shallow lakes. *Journal of Phycology* 34: 750-756.
- Best, E.P.H., D. de Vries & A. Reins, 1984.** The macrophytes in the Loosdrecht Lakes: a story of their decline in the course of eutrophication. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für Limnologie* 22: 868-875.
- Bijlsma R.G., F. Hustings & C.J. Camphuizen, in druk.** Schaarse en algemene broedvogels van Nederland. Avifauna van Nederland deel 2.
- Bink, F.A., 1992.** Oecologische atlas van de dagvlinders van Noordwest Europa. Schuyt, Haarlem.
- Blindow, I., G. Andersson, A. Hargeby & S. Johansson, 1993.** Long term patterns of alternative stable states in two shallow eutrophic lakes. *Freshwater Biology* 30: 159-167.
- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs, 1988.** Waterverharding. In F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (Eds.), Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, en Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, pp. 147-158.
- Bloemendaal, F.H.J.L., J.G.M. Roelofs & M.J.H. de Lyon, 1988.** Saliniteit en chemische typologie. In F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (Eds.), Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, en Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, pp.79-98.
- Bobbink, R. & L.P.M. Lamers, 1999.** Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties – Een overzicht. Technische Commissie Bodem-bescherming, Den Haag.

- Bobbink, R., M. Hornung & J.G.M. Roelofs, 1998.** The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural vegetation - A review. *Journal of Ecology* 86: 717-738.
- Boers, P.C.M., 1991.** The release of dissolved phosphorus from lake sediments. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Boeye, D. & R.F. Verheyen, 1994.** The relation between vegetation and soil chemistry gradients in a ground water discharge fen. *Journal of Vegetation Science* 5: 553-560.
- Boo, M. de, P.C.M. Boers, D.T. van der Molen, R.E. Rijdsdijk, E.M.G.T. Deckere, 1996.** Handleiding bestrijding eutrofiëring. RIZA, Lelystad.
- Boosten, A. (Ed.), 1999.** Monitoring Herstelplan Naardermeer 1992-1997. Herstel van het Naardermeer door bundeling van krachten. BNL Rapport 99-15. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland.
- Boström, B., M. Jansson & C. Forsberg, 1982.** Phosphorus release from lake sediments. *Archiv für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 18: 5-59.
- Boxman, A.W. (Ed.), 2000.** Referentieproject Koelbroek (OBN). Beschrijving van de uitgangssituatie en de uitvoering van maatregelen op praktijkschaal. *Aquatische Oecologie & Milieubeheer*, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Boxman, A.W. & A.H.F. Stortelder, 2000.** Hoe natter, hoe beter? De invloed van het waterpeil bij maatregelen tegen verdroging in elzenbroekbossen. *Vakblad Natuurbeheer* 5: 75-77.
- Breemen, N. van, J. Mulder & C.T. Driscoll, 1983.** Acidification and alkalization of soils. *Plant and Soil* 75: 283-308.
- Brink, P.J. van den, E. van Donk, R. Gylstra, S.J.H. Crum & T.C.M. Brock, 1995.** Effects of chronic low concentrations of the pesticides chlorpyrifos and atrazine in indoor freshwater microcosms. *Chemosphere* 31: 3181-3200.
- Brock, T.C.M., J.J. Boon & B.G.P. Paffen, 1985.** The effects of the season and of water chemistry on the decomposition of *Nymphaea alba* L.; weight loss and pyrolysis mass spectrometry of the particulate matter. *Aquatic Botany* 22: 197-229.
- Broek, T. van den & B. Beltman, 1994.** Herstelgerichte maatregelen in een verzuurd trilveen in de Westbroekse Zodden. *De Levende Natuur* 1: 17-23.
- Broek, T. van den & B. Beltman, 1995.** Mesotrofe verlandingsvegetaties, nieuwe kansen in het Noorderpark. *Landschap*, 12(5): 29-38.
- Broek, T. van den & B. Beltman, 2001.** Natuurontwikkeling in het Noorderpark. 5 jaar monitoring en onderzoek in nieuw gegraven petgaten. Faculteit Biologie, Universiteit Utrecht. In opdracht van DLG, SBB en Natuurmonumenten.
- Brönmark, C. & L.A. Hansson, 1998.** *Biology of habitats: the Biology of Lakes and Ponds*. Oxford University Press, Oxford, England.
- Brouwer, E., R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & G.M. Verheggen, 1996.** Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. In opdracht van de Directie Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Brouwer, E., J. Soontjens, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 1999.** Sulphate and bicarbonate as key factors in sediment degradation and restoration of Lake Banen. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 121-132.
- Bruinsma, J., W. Krause, E. Nat & J. van Raam, 1998.** Determinatietabel voor kranswieren in de Benelux. Stichting Jeugdbondsuitgeverij, Utrecht.
- Bruins Sot, E. & Th. Claassen, 1999.** Opletten bij de aanleg van helofytenfilters op laagveen. *Landinrichting* 39: 13-17.

- Bureau Terlouw, 1996.** Nutriëntenbelasting door vogels in het Nieuwkoopse plassenengebied. Bureau Terlouw, Hoogheemraadschap van Rijnland, Ministerie van LNV, Directie Zuidwest, Dordrecht.
- Caraco, N.F., J.J. Cole & G.E. Likens, 1989.** Evidence for sulphate-controlled phosphorus release from sediments of aquatic systems. *Nature* 341: 156-158.
- Carpenter S.R. (Ed.), 1988.** Complex interactions in lake communities. Springer-Verlag, New York.
- Claassen, T.H.L., 1997.** Overzichtsrapport waterkwaliteitsonderzoek in de Alde Feanen 1987-1997. Waterschap Friesland, Leeuwarden.
- Clevering, O. A., 1995.** Germination and seedling emergence of *Scirpus lacustris* L. and *Scirpus maritimus* L. with special reference to the restoration of wetlands. *Aquatic Botany* 50: 63-78.
- Coops, H., 1992.** Historische veranderingen in buitendijkse moerassen in het noordelijke deltabekken. RIZA-rapport 92.030, Lelystad.
- Coops, H., 1996.** Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Coops, H., 1999.** Oeverbescherming door riet. *De Levende Natuur* 100 : 46-49.
- Coops, H. & G. van der Velde, 1995a.** Effects of waves on helophyte stands: mechanical characteristics of stems of *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris*. *Aquatic Botany* 53: 175-186.
- Coops, H. & G. van der Velde, 1995b.** Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology* 34: 13-20.
- Coops, H., N. Geilen & G. van der Velde, 1994.** Distribution and growth of the helophyte species *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris* in water depth gradients in relation to wave exposure. *Aquatic Botany* 48: 273-284.
- Coops, H., F. W.B. van den Brink & G. van der Velde, 1996.** Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water-depth gradient. *Aquatic Botany* 54: 11-24.
- Creemers, R.C.M., 1996.** Bedreigde en kwetsbare reptielen en amfibieën in Nederland: basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Stichting RAVON, Nijmegen.
- DeCleer, K., 2000.** Voorlopige atlas en 'rode lijst' van de sprinkhanen en krekels van België (Insecta, Orthoptera) = Atlas et 'liste rouge' des sauterelles, grillons et criquets de Belgique (Insecta, Orthoptera). Sprinkhanenwerkgroep van de Benelux & Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Delaunay, G., 1999.** Utility of propagule bank introduction as a restoration tool for aquatic vegetation in shallow lakes. Report of the Institut d'Écologie Appliqué, Angers, France, and RIZA, Lelystad.
- Denneman, W.D. & P.J.R. de Vries, 1985.** Guanotrofie door Aalscholvers, *Phalacrocorax carbo sinensis* (Shaw & Nodder), in het Naardermeer. Biologisch Laboratorium, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Diggelen, R. van, W.J. Molenaar & A.M. Kooijman, 1996.** Vegetation succession in a floating mire in relation to management and hydrology. *Journal of Vegetation Science* 7: 809-820.
- Donk, E. van & R.D. Gulati, 1995.** Transition of a lake to turbid state six years after biomanipulation: mechanisms and pathways. *Water Science and Technology* 4: 197-206.
- Donk, E. van & A. Otte, 1996.** Effects of grazing by fish and waterfowl on the biomass and species composition of submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 340: 285-290.
- Donk, E. van & W.J. van de Bund, *subm.*** Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany*.
- Donk, E. van, R.D. Gulati, A. Iedema & J. Meulemans, 1993.** Macrophyte-related shifts in the nitrogen and phosphorus contents of the different trophic levels in a biomanipulated shallow lake. *Hydrobiologia* 1: 19-26.

- Donk, E. van, E. de Deckere, J.G.P.K. Breteler & J.T. Meulemans, 1994.** Herbivory by waterfowl and fish on macrophytes in a biomanipulated lake: effects on long-term recovery. *Verhandlungen / Internationale Verein für theoretische und angewandte Limnologie* 25: 2139-2143.
- Drost, M.B.P., H.P.J.J. Cuppen, E.J. van Nieukerken & M. Schreijer (Eds.), 1992.** De waterkevers van Nederland. Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- Duren, I.C. van, D. Boeye & A.P. Grootjans, 1997.** Nutrient limitations in an extant and drained poor fen: implications for restoration. *Plant Ecology* 133: 91-100.
- DWR, Dienst Waterbeheer en Riolering, 2000.** Plan van aanpak Baggeren Breukeleveense Plas. DWR, Hilversum.
- Erismann, J.W. & R. Bobbink, 1997.** De Ammoniakproblematiek. *Landschap* 14/2: 87-104.
- Ewijk, T. van & U. Glimmerveen, 1996.** Bedreigde en kwetsbare vogels in Nederland: de rode lijst. Schuyt, Haarlem.
- Foppen, R., C.J.F. ter Braak, J. Verboom & R. Reijnen, *subm.*** Sedge Warblers *Acrocephalus schoenobaenus* and African rainfall, a population resilience in fragmented marshlands. *Ardea*.
- Fowler, D., J. MacDonald, I. D. Leith, K. J. Hargreaves & R. Martynoga, 1995.** The response of peat wetland methane emissions to temperature, water table and sulphate deposition. In G. J. Heij & J. W. Erismann (Eds.), *Acid rain research: do we have enough answers?* Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 485-487.
- Frazier, S. 1999.** Ramsar sites overview. *Wetlands International + 1999 Edition of the directory of wetlands of international importance.*
- Gittenberger, E., A.W. Janssen, W.J. Kuijper, J.G.J. Kuiper, T. Meijer, G. van der Velde & J.N. de Vries, 1998.** De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. – Nederlandse Fauna 2. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.
- Gliwicz, Z.M., 1990.** Why do cladocerans fail to control algal blooms? *Hydrobiologia* 200/201: 83-97.
- Graaf, M.C.C. de, P.J.M. Verbeek, M.J.R. Cals & J.G.M. Roelofs, 1994.** Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heide en schraallanden. Katholieke Universiteit Nijmegen, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie.
- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, P.J.M. Verbeek & J.G.M. Roelofs, 1997.** Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. *Water, Air and Soil Pollution* 98: 229-239.
- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & P.J.M. Verbeek, 1998.** Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135: 185-196.
- Graveland, J.J., 1996.** Watervogel en zangvogel: de achteruitgang van de Grote karekiet *Acrocephalus arundinaceus* in Nederland. *Limosa* 69: 85-96.
- Graveland, J., 1999.** Waterriet, moerasvogels en peildynamiek. *De Levende Natuur* 100: 50-53.
- Graveland, J. & H. Coops, 1997.** Verdwijnen van rietgordels in Nederland. Oorzaken, gevolgen en strategie voor herstel. *Landschap* 14: 67-86.
- Graveland, J. & S.H. Hopper, 1999.** Een dynamisch waterpeil voor rietkragen in meren moerassen. *De Levende Natuur* 100: 71-74.
- Grimm, M.P., 1994.** The characteristics of the optimum habitat of northern pike (*Esox lucius* L.). Part II: The characteristics of an optimal habitat for northern pike. In I. Cowx (Ed.), *Rehabilitation of freshwater fisheries.* Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, pp. 235-243.
- Grimm, M.P. & J.J.G.M. Backx, 1994.** Mass removal of fish from Lake Wolderwijd (2700 ha), The Netherlands. Part 1: Planning and strategy of a large scale biomanipulation project. In I.G. Cowx (Ed.), *Rehabilitation of freshwater fisheries.* Fishing News Books, Hull, pp. 390-400.

- Grimm, M.P. & M. Klinge, 1996.** Pike and some aspects of its dependence on vegetation. In J.F. Craig (Ed.), Pike, biology and exploitation. Chapman & Hall, London, pp. 125-156.
- Groot, de T., 1999.** De libellen van vijf laagveenmoerassen. De Levende Natuur 100: 112-117.
- Grootjans, A. & R. van Diggelen, 1995.** Assessing the restoration prospects of degraded fens. In B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (Eds), Restoration of temperate wetlands. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 73-90.
- Grootjans, A.P., P.C. Schipper & H.J. van der Windt, 1986.** Influence of drainage on N-mineralisation and vegetation response in wet meadows II. *Cirsio-Molinietum* stands. *Acta Oecologica / Oecologia Plantarum* 7: 3-14.
- Gulati, R.D., 1983.** Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in Dutch lakes. *Environmental Monitoring and Assessment* 3: 343-354.
- Hammen, H. van der, 1992.** De macrofauna van Noord-Holland. Provincie Noord-Holland: Dienst Ruimte en Groen.
- Held, A.J. den, M. Schmitz & G. van Wirdum, 1992.** Types of terrestrializing fen vegetation in the Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (Ed.), Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 237-321
- Held, J.J. den, 1999.** Laagveen in stilstand of ontwikkeling? Natuurdoelen voor het Strategisch Groenproject De Venen. *Landschap* 16/4: 255-268.
- Hendriks, J.A., 1998.** De ontginning van Nederland - Het ontstaan van de agrarische cultuurlandschappen in Nederland. Matrijs, Utrecht.
- Hensens, G., 2000.** Leren in Laagveen. Nulsituatie visstand in Terra Nova. Rapport Wittveen+Bos.
- Hesen, P.L.G.M. & A.J.M. Jansen, 1999.** Verkenningstudie laagveenwateren. Opmaat voor een nieuw deskundigenteam voor het Overlevingsplan Bos en Natuur. KIWA, Nieuwegein.
- Hessels, E., 1995.** Ontwikkeling van historische referentiebeelden voor enkele Nederlandse meren: Naardermeer, Loosdrechtse plassen, Reeuwijkse plassen en Oude Venen. Verslag Landbouwuniversiteit Wageningen, RIZA, Lelystad.
- Higler, L.W.G., 1977.** Macrofauna-cenoses on *Stratiotes* plants in Dutch broads. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. Verhandeling 11, tevens proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- Higler, L.W.G. & P.F.M. Verdonschot, 1989.** Macroinvertebrates in the Demmerik ditches (The Netherlands): the role of environmental structure. *Hydrobiological Bulletin* 23: 143-150.
- Higler, L.W.G. & S. Semmekrot, 1999.** Verkennende studie graadmeter natuurwaarde laagveenwateren. Werkdocument 1999/05. DLO natuurplanbureau-onderzoek. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO)/Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Higler, L.W.G., 2000.** Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 7, laagveenwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. *Concept*. ALTERRA, Wageningen. In opdracht van Expertisecentrum LNV.
- Hofstra, J., 2000.** Projectinformatie Herstelplan Loosdrechtse Plassen. DWR, Hilversum.
- Hollander, H. & P. van der Reest, 1994.** Rode lijst van bedreigde zoogdieren in Nederland (basisdocument). Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Utrecht.
- Holtland, J. & A.-J. Rossenaar, 1998.** Resultaten van 7 jaar effectgerichte maatregelen en ervaringen van beheerders. In: R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & H.B.M. Tomassen (Eds.), Effectgerichte maatregelen en behoud biodiversiteit in Nederland. Verslag van een symposium georganiseerd door de Afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen, het IKC-Natuurbeheer en de Directie Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij op 14 november 1996. KUN, Nijmegen, pp. 3-28.

- Hom, C.C., 1996.** Bedreigde en kwetsbare reptielen en amfibieën in Nederland. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Hosper, S.H. (Ed.), 1993.** Integraal waterbeheer. 2. Natuurontwikkeling in de grote wateren van Nederland. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Voorlichting, 's-Gravenhage.
- Hosper, S.H., 1997.** Clearing lakes. An ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands. Proefschrift, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hosper, S.H., M.-L. Meijer & P.A. Walker (Eds.), 1992.** Handleiding actief biologisch beheer - Beoordeling van de mogelijkheden van visstandbeheer bij het herstel van meren en plassen. RIZA & OVB, Lelystad, Nieuwegein.
- Hut, R.M.G. van der, 1992.** Biologie en bescherming van de Lepelaar Platealea leucorodia. Aanzet tot beschermingsplan. Technisch rapport Vogelbescherming 6, Zeist.
- Ingram, H.A.P., 1983.** Hydrology. In: A.J.P. Gore (Ed.), Mires: swamp, bog, fen and moor. Ecosystems of the world, vol 4A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 67-158.
- IUCN (World Conservation Union), 2000.** 2000 IUCN Red List of threatened species, <http://www.redlist.org>.
- Jalink, M.H. & M.K. Nooren, 1996.** Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen. Deel 3 uit de serie 'Indicatorsoorten'. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Jansen, A.J.M. & J.G.M. Roelofs, 1996.** Restoration of *Cirsio-Molinietum* wet meadows by sod cutting. Ecological Engineering 7: 279-298.
- Jansen, A.J.M. & P.C. Schipper, 1997.** Van calciumarme en -rijke en van lokale en regionale systemen. De Levende Natuur 98: 300-303.
- Jansen, A.J.M., P.C. Schipper & S. van Opstal, 1997.** Het herstel van natte schraallanden. De Levende Natuur 98: 242-245.
- Janssen, I., 1999.** Effecten van sulfide op twee zoetwater wetland-soorten. Verslag Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Jasser, I., 1995.** The influence of macrophytes on a phytoplankton community in experimental conditions. Hydrobiologia 306: 21-32.
- Jeppesen, E., J.P. Jensen, P. Kristensen, M. Søndergaard, E. Mortensen, O. Sortkjaer & O.K. Olrik, 1990.** Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. Hydrobiologia 200/201: 219-227.
- Jeppesen, E., P.J. Jensen, M. Søndergaard & T.L. Lauridsen, 1999.** Trophic dynamics in turbid and clearwater lakes with special emphasis on the role of zooplankton for water clarity. Hydrobiologia 408/409: 217-231.
- Kemmers, R.H. 1996.** Humusprofielen en bodemprocessen: beoordeling van mogelijkheden voor wateraanvoer. Landschap 13/3: 157-168.
- Kennison, G.C.B., D.S. Dunsford & J. Schutten, 1998.** Stable or changing lakes? A classification of aquatic macrophyte assemblages from a eutrophic shallow lake system in the United Kingdom. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 8: 669-684.
- Keulen, M. van, 1997.** Effecten van hoogwaterzone bij Giethoorn. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland.
- Klein, M., I. Horlings & G. van Ommering (Eds.), 2000.** Handleiding subsidie effectgerichte maatregelen 2001. Overlevingsplan Bos en Natuur, regeling effectgerichte maatregelen in bossen en natuurterreinen. Concept. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.
- Kleukers, R.M.J.C. & E.J. van Nieuwerkerken, 1997.** De sprinkhanen en krekels van Nederland. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

- Klinge, M., 1995.** Eindrapport integrale eutrofiëringsbestrijding in Noordwest-Overijssel. Actief biologisch beheer in het Duinigermeer. Witteveen + Bos, Zuiveringschap West-Overijssel, Deventer.
- Klinge, M., 1998.** Evaluatie Actief Biologisch Beheersprojecten. Notitie met betrekking tot de manipulatie van de visstand. Witteveen+Bos, Deventer.
- Klinge, M., 1999a.** Duurzaam waterbeheer: vergroting van de veerkracht van de Friese boezem door een natuurlijker peilbeheer. Rapport Witteveen + Bos, Deventer.
- Klinge, M., 1999b.** Inventarisatie van de visstand in het beheersgebied van Waterschap Groot Salland. Rapport Witteveen+Bos.
- Klinge, M., 2000.** Ecologisch herstel Zuidlaardermeer. Resultaten met het grote compartiment en evaluatie ten behoeve van het toekomstig beheer. Rapport Witteveen + Bos.
- Klinge, M., M.P. Grimm & S.H. Hosper, 1995.** Eutrophication and ecological rehabilitation of Dutch lakes: presentation of a new conceptual framework. *Water Science and Technology* 31: 207-218.
- Koch, M.S., I.A. Mendelsohn & K.L. McKee, 1990.** Mechanism for the sulfide-induced growth limitation in wetland macrophytes. *Limnology and Oceanography* 35: 399-408.
- Koeman, H. & J.J.T.W.A. Strik (Eds.), 1975.** Sublethal effects of toxic chemicals on aquatic animals. Elsevier Science Publications Co., New York.
- Koerselman, W. & J.T.A. Verhoeven, 1992.** Nutrient dynamics in mires of various trophic status: nutrient inputs and outputs and the internal nutrient cycle. In J.T.A. Verhoeven (Ed.), *Fens and bogs in the Netherlands: Vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 397-432.
- Koerselman, W. & J. Verhoeven, 1993.** Eutrofiëring van laagvenen: interne of externe oorzaken? *Landschap* 10: 31-44.
- Koerselman, W. & J.T.A. Verhoeven, 1995.** Eutrophication of fen ecosystems: external and internal nutrient sources and restoration strategies. In B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (Eds), *Restoration of temperate wetlands*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 91-112.
- Koerselman, W., B. Beltman & J.T.A. Verhoeven, 1988.** Nutrient budgets for small mesotrophic fens surrounded by heavily fertilized grasslands. *Ecological Bulletin* 39: 151-153.
- Koerselman, W., H. de Caluwe & W.M. Kieskamp, 1989.** Denitrification and dinitrogen fixation in two quaking fens in the Vechtplassen area, the Netherlands. *Biogeochemistry* 8: 153-165.
- Koerselman, W., S.A. Bakker & M. Blom, 1990.** Nitrogen, phosphorus and potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *Journal of Ecology* 78: 428-442.
- Kok, C.J. & B.J. van de Laar, 1991.** Influence of pH and buffering capacity on the decomposition of *Nymphaea alba* L. detritus in laboratory experiments: a possible explanation for the inhibition of decomposition at low alkalinity. *Verhandlungen / internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 24: 2689-2692.
- Kölle, W., O. Strelbel & J. Böttcher, 1985.** Formation of sulfate by microbial denitrification in reducing aquifer. *Water Supply* 3: 35-40.
- Kooijman, A.M., 1993.** Changes in the bryophyte layer of rich fens as controlled by acidification and eutrophication Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Kooijman, A.M. & C. Bakker, C., 1995.** Species replacement in the bryophyte layer in mires: the role of water type, nutrient supply and interspecific interactions. *Journal of Ecology* 83: 1-8.
- Koops, J.G., O. Oenema & M.L. van Beusichem, 1996.** Denitrification in the top and sub soil of grassland on peat soils. *Plant and Soil* 184: 1-10.
- Krause, W., 1997.** Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa, 18. Gustav Fischer Verlag, Jena.

- Lamers, L.P.M., 2001. Tackling biogeochemical problems in peatlands. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders, E. Brouwer & J.G.M. Roelofs, 1996. Sulfaatverrijkt water als inlaatwater? De rol van waterkwaliteit bij maatregelen tegen verdroging. *Landschap* 13/3: 169-180.
- Lamers, L.P.M., M.C.C. de Graaf, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 1997. Verzuring en eutrofiëring van blauwgraslanden. *De Levende Natuur* 98: 246-252.
- Lamers, L.P.M., S.M.E. van Roozendaal & J.G.M. Roelofs, 1998a. Acidification of freshwater wetlands: combined effects of non-airborne sulfur pollution and desiccation. *Water, Air and Soil Pollution* 105: 95-106.
- Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs, 1998b. Sulfate-induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environmental Science and Technology* 32: 199-205.
- Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 1999a. Hoe gevoelig is natte natuur voor grondwaterverontreiniging? – Op zoek naar sturende processen en factoren. *Landschap* 16/3: 15-25.
- Lamers, L.P.M., C. Farhoush, J.M.M. van Groenendael & J.G.M. Roelofs, 1999b. Calcareous groundwater raises bogs; the concept of ombrotrophy revisited. *Journal of Ecology*: 87: 639-648.
- Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2001. The restoration of fens in the Netherlands. In: P.H. Nienhuis & R. Gulati (Eds.), *Ecological restoration of aquatic ecosystems in the Netherlands*. Chapter 8. Kluwer, Amsterdam.
- Lamers, L.P.M., G.E. ten Dolle, S.Y.G. van den Berg, S.P.J. van Delft & J.G.M. Roelofs, *subm. a*. Differential responses of freshwater wetland soils to sulphate pollution. *Biogeochemistry*, in press.
- Lamers, L.P.M., S.-J. Falla, E. Samborska, I.A.R. van Dulken, G. van Hengstum & J.G.M. Roelofs, *subm. b*. Factors controlling the extent of eutrophication and toxicity in sulphate-polluted freshwater marshes. *Limnology and Oceanography*, in press b.
- Leentvaar, P. & M.F. Mörzer Bruijns, 1962. De verontreiniging van de Loosdrechtse Plassen en haar gevolgen. *De Levende Natuur* 65: 42-48.
- Lenssen J.P.M., F.B.J. Menting, W.H. van der Putten & C.W.P.M Blom, 2000. Variation in species composition and species richness within *Phragmites australis* dominated riparian zones. *Plant Ecology* 147: 137-146.
- Liere, L. van & A. Walsby, 1982. Interactions of cyanobacteria with light. In N. Carr, B. Whitton, H. Baker, H. Beevers & F. Whatley (Eds.), *The Biology of Cyanobacteria*. University of California Press, Berkeley, pp. 9-45.
- Lina, P.H.C. & G. van Ommering, 1994. Rode lijst van bedreigde en kwetsbare zoogdieren in Nederland. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Linacre, E.T., 1976. Swamps. In : J.L. Monteith (Ed.), *Vegetation and atmosphere*, Vol. 2: Case studies. Academic Press, London, pp. 329-347.
- Lovley, D. R. & M. J. Klug, 1983. Sulphate reducers can outcompete methanogens at freshwater sulfate concentrations. *Applied and Environmental Microbiology* 45: 187-192.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2000. Increased groundwater levels cause iron toxicity in *Glyceria fluitans* (L.). *Aquatic Botany* 66: 321-328.
- Lucassen, E., A. Smolders & J. Roelofs, 2001. De effecten van verhoogde sulfaatgehalten op met grondwater gevoede ecosystemen. *H<sub>2</sub>O* 25/26: 22-25.
- Lyon, M.J.H. de & J.G.M. Roelofs, 1986. Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. Deel 1 en 2. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- Laurén-Määttä, C., J. Hietala & M. Walls, 1997. Responses of *Daphnia pulex* populations to toxic cyanobacteria. *Freshwater Biology* 37: 635-647.

- McKinley, V.L. & J.R. Vestal, 1982.** Effects of acid on plant litter decomposition in an arctic lake. *Applied and Environmental Microbiology* 43: 1188-1195.
- McQueen, D.J., J.R. Post & E.L. Mills, 1986.** Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1571-1581.
- Meijden, R. van der, 2000.** Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland: basirapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Gorteria* 26 (4). Nationaal Herbarium, Leiden.
- Meijer, M.-L. & I. de Boois, 1998.** Actief biologisch beheer in Nederland. Evaluatie projecten 1987-1996. RIZA, Lelystad.
- Meijer, M.-L., I. de Boois, M. Scheffer, R. Portielje & H. Hosper, 1999.** Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia* 408/409: 13-30.
- Meijer, M.-L., R. Portielje, R. Noordhuis, W. Joesse, M. van den Berg, B. Ibelings, E. Lammens, H. Coops & D. van der Molen, 1999b.** Stabiliteit van de Veluwerandmeren. RIZA, Lelystad.
- Meuleman, A.F.M. & J.T.A. Verhoeven, 1999.** De zuiveringsfunctie van moerassen. *Landschap* 16: 77-87.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990.** Natuurbeleidsplan. Ministerie van LNV, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 2000.** Beschermingsplan moerasvogels 2000-2004. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Moss, B., 1998a.** Ecology of freshwaters. Third edition. Blackwell Science, Oxford.
- Moss, B., 1998b.** Shallow lakes, biomanipulation and eutrophication. *Scope Newsletter* 29.
- Mur L.R., 1980.** De rol van milieufactoren bij de verspreiding van fytoplankton. In H. Veldkamp (Ed.), *Oecologie van micro-organismen*. Pudoc, Wageningen, pp. 34-49.
- Nat, E., 1994.** Het verspreidingsbeeld van Kranswieren in Nederland in samenhang met waterkwaliteitsfactoren. *Gorteria* 20, Floron-katern 9: 67-68.
- Nes, E.H. van, M. Scheffer, M.S. van den Berg & H. Coops, *subm.*** Dominance of submerged macrophytes in eutrophic shallow lakes – when should we expect it to be an alternative stable state? *Aquatic Botany*.
- Nie, H.W. de, 1997.** Bedreigde en kwetsbare zoetwatervissen in Nederland: voorstel voor een rode lijst. Stichting Atlas verspreiding Nederlandse Zoetwatervissen, Nieuwegein.
- Nie, H. de, 1998.** De zoetwatervissen genoemd in de Habitatrichtlijn. *DLN* 99: 218-219.
- Nie, H.W. de & G. van Ommering, 1998.** Bedreigde en kwetsbare zoetwatervissen in Nederland: toelichting op de Rode lijst. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Niemeijer, I., J.M. Reitsema & P.W. van Horsen, 2000.** Jonge verlandingsstadia in Nederland. Inventarisatie en opzetten databases: riet en krabbenscheer. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Nijkamp, H. & J.C.J. van Wetten, 1996.** Wise use of wetlands in The Netherlands, with an example of wise use in the Ramsar site the Weerribben. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, AIDEnvironment, Amsterdam.
- Olsen, S., 1950a.** Aquatic plants and hydrospheric factors. I. Aquatic plants in SW-Jutland, Denmark. *Svensk Botanisk Tidskrift* 44: 1-34.
- Olsen, S., 1950b.** Aquatic plants and hydrospheric factors. II. The hydrospheric types. *Svensk Botanisk Tidskrift* 44: 332-373.
- Ommering, G. van, 1995.** Bedreigde en kwetsbare dagvlinders in Nederland: toelichting op de Rode Lijst. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.

- Oomes, M. J. M., P. J. Kuikman & F. H. H. Jacobs, 1997.** Nitrogen availability and uptake by grassland in mesocosms at two water levels and two water qualities. *Plant and Soil* 192: 249-259.
- Oostermeijer, J.G.B., 1996.** Actieplan Grote vuurvliinder, maatregelen voor behoud en uitbreiding. Rapport Nr. VS 96.27. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Osieck, E.R. & F. Hustings, 1994.** Rode Lijst van bedreigde soorten en blauwe lijst van belangrijke soorten in Nederland. Techn. Rapport 12. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Osieck, E.R., F. Hustings & J.E. Winkelman, 1994.** Rode lijst van bedreigde en kwetsbare vogelsoorten in Nederland; waaraan toegevoegd: lijst van internationaal belangrijke soorten in Nederland. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Ostendorp, W., 1989.** 'Die-back' of reeds in Europe – a critical review of literature. *Aquatic Botany* 35: 5-26.
- Ozimek, T., R.D. Gulati & E. van Donk, 1990.** Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? The Lake Zwemlust example. *Hydrobiologia* 200/201: 399-407.
- Painter, D., 1999.** Macroinvertebrate distributions and the conservation value of aquatic Coleoptera, Mollusca and Odonata in the ditches of traditionally managed and grazing fen at Wicken Fen, UK. *Journal of Applied Ecology* 36: 33-48.
- Pegtel, D., 1983.** Ecological aspects of a nutrient-deficient wet grassland (*Cirsio-Molinietum*). *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*: 217-228.
- Persson, L., G. Andersson, S.F. Hamrin & L. Johansson, 1988.** Predator regulation and primary production along the productivity gradient of temperate lake ecosystems. In: S.R. Carpenter (Ed). *Complex interactions in lake communities*, Springer Verlag New York Inc., pp. 45-65.
- Poels, R.L.H., P. Schmidt, J. van den Burg, R.H. Kemmers & H.A. Verhoef, 2000.** Pre-advies natte bossen. Verdroging, verzuring en eutrofiëring van natte bossen in Nederland: effecten en herstelmaatregelen. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Polak, B., 1929.** Een onderzoek naar de botanische samenstelling van het Hollandsche veen. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- Pons, L.J., 1992.** Holocene peat formation in the lower parts of the Netherlands. In J.T.A. Verhoeven (Ed.), *Fens and bogs in the Netherlands: Vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 7-79.
- Portielje, R. & D.T. van der Molen, 1997.** Trendanalyse eutrofiëringstoestand van de Nederlandse meren en plassen: deelrapport I voor de Vierde Eutrofiëringsequête. RIZA rapport 97.060. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS, RIZA- Lelystad .
- Portielje, R. & D.T. van der Molen, 1998.** Relaties tussen eutrofiëringvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen: deelrapport II voor de Vierde Eutrofiëringsequête. RIZA rapport 98.007. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS, RIZA, Lelystad.
- Poschlod, P., 1995.** Diaspore rain and diaspore bank in raised bogs and implications for the restoration of peat-mined sites. In B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (Eds), *Restoration of temperate wetlands*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester: 471-494.
- Putten, W.H. van der, 1997.** Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed dia-back and progression (1993-1994). *Aquat. Bot.* 59: 263-275.
- Quak, J., 1994.** Classificatie en typering van de visstand in het stromend water. In A.J.P. Raat (Ed.), *Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland*. Rapport Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV).
- Rienks, F., 2000.** 'Veen is een tijdbom'- Als waterkwaliteit verandert, komt overdosis fosfaat vrij. *Bionieuws* 11: 4.

- Roelofs, J.G.M., 1991.** Inlet of alkaline water into peaty lowlands: effects on water quality and on *Stratiotes aloides* L. stands. *Aquatic Botany* 39: 267-293.
- Roelofs, J.G.M., 1993.** De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In E.J. Weeda (Ed.), *Blauwgraslanden in Twente; schatkamers van het natuurbehoud*. Wetenschappelijke Mededelingen KNNV nr. 209, Utrecht, pp. 32-38.
- Roelofs, J.G.M. & F.H.J.L. Bloemendaal, 1988.** Trofie. In F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (Eds.), *Waterplanten en waterkwaliteit*. Stichting uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, en Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, pp. 113-126.
- Roelofs, J.G.M. & A. Smolders, 1993.** Grote veranderingen in laagveenplassen door de inlaat van Rijnwater. *De Levende Natuur* 94: 78-82.
- Roos, C., M. Klinge, J. Heringa, D.A. de Vries & R. Torenbeek, 1995.** Upscaling biomanipulation in 600 ha Lake Zuidlaardermeer. *Water Science and Technology* 31: 235-238.
- Rossenaar, A.-J. & R. van 't Veer, 1998.** Mogelijkheden voor de Zilveren maan in het Ilperveld en Noord-Holland boven het Noordzeekanaal. Rapportnr. VS98.28. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Ruiters, P.S., R. Noordhuis & M.S. van de Berg, 1994.** Kranswieren verklaren aantalsfluctuaties van Krooneenden *Netta rufina* in Nederland. *Limosa* 67: 147-158.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995.** De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1996.** De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1998.** De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Scheffer, M., 1998.** *Ecology of shallow lakes*. Chapman & Hall, London. Zie ook:
- Scheffer, M. 1999a.** Searching explanations of nature in the mirror world of math. *Conservation Ecology* 3: 11; <http://www.consecol.org/Journal/vol3/iss2/art11/>.
- Scheffer, M., 1999b.** The effect of aquatic vegetation on turbidity; how important are the filter feeders? *Hydrobiologia* 408/409: 307-316.
- Scheffer, F. & P. Schachtschabel, 1992.** *Lehrbuch der Bodenkunde*. Enke, Stuttgart.
- Scheffer, M. & S. Rinaldi, 1997.** On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* 78: 272-282.
- Scheffer, M., S.H. Houser, M.-L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993.** Alternative equilibria in shallow lakes. *TREE* 8: 275-278.
- Scheffer, M., M. van den Berg, A. Breukelaar, C. Breukers, H. Coops, R. Doef & M.-L. Meijer, 1994.** Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes. *Aquatic Botany* 49: 193-196.
- Scheffer, M., S. Rinaldi & Y.A. Kuznetsov, 2000.** Effect of fish on plankton dynamics: a theoretical analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6: 1208-1219.
- Scheffer-Ligtermoet, 1998.** Hollands Ankeveense Plas. In I. de Boois, T. Slingerland & M.-L. Meijer (Eds.), *Actief biologisch beheer in Nederland, projecten van 1987 tot en met 1996*. Nota PEHM 98-01, RIZA nota 97.084.
- Schekkerman, H., C. Klok, B. Voslamber, C. van Turnhout, F. Willems & B.S. Ebbing, 2001.** Broedende Grauwe Ganzen in het noordelijk Deltagebied. Een modelmatige benadering van de aantalontwikkeling bij verschillende beheersscenario's. Alterra/SOVON Vogelonderzoek Nederland.

- Schorr, M., 1990.** Grundlagen zu einem Artenhilfsprogramm Libellen der Bundesrepublik Deutschland. Ursus Scientific Publishers, Bilthoven.
- Schouwenaars, J.M., 2000.** Hydrologie en waterbeheer in laagveengebieden. Lezing tijdens Seminar over Natuurontwikkeling in laagveenmoerassen (In de ogen van de otter), Earnewâld, 18 oktober 2000.
- Schouwenaars, J.M., H. Esselink, L.P.M. Lamers & P.C. van der Molen, 1997.** Hoogveenherstel in Nederland; bestaande kennis en benodigd onderzoek. OBN-Preadvies Hoogvenen. Rijksuniversiteit Groningen, Stichting Bargerveen, Katholieke Universiteit Nijmegen en GroenHolland.
- Schultz, E. (1992).** Waterbeheersing van de Nederlandse droogmakerijen. Proefschrift, TU Delft.
- Schutten, J. & A.J.Davy (2000)** Predicting the hydraulic forces on submerged macrophytes from current velocity, biomass and morphology. *Oecologia* 123: 445-452.
- Shapiro, J., V. Lamarra & M. Lynch, 1975.** Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. In: P.L. Brezonik & J.L. Fox (Eds.), *Water quality management through biological control*. University of Florida, Gainesville, 85-96.
- Siebel, H.N., A. Aptroot & G.M. Dirkse, 1992.** Rode lijst van in Nederland verdwenen en bedreigde mossen en korstmossen. *Gorteria* 18 (1). Rijksherbarium, Leiden.
- Sierdsema, H., 1995.** Broedvogels en beheer; het gebruik van broedvogelgegevens in het beheer van bos- en natuurterreinen. SOVON-rapport 1995/04, Staatsbosbeheerrapport 1995-1, Arnhem.
- Smolders, A.J.P., 1995.** Mechanisms involved in the decline of aquatic macrophytes; in particular of *Stratiotes aloides*. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Smolders, A & J.G.M. Roelofs, 1993.** Sulphate mediated iron limitation and eutrophication in aquatic ecosystems. *Aquatic Botany* 46: 247-253.
- Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1995.** Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie* 133: 349-365.
- Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1996.** The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytologist* 133(2): 253-260.
- Smolders, A.J.P., R.C. Nijboer & J.G.M. Roelofs, 1995.** Prevention of sulphide accumulation and phosphate mobilization by the addition of iron(II) chloride to a reduced sediment: an enclosure experiment. *Freshwater Biology* 34(3): 559-568.
- Sollie, S., 2000.** De potentiële functie van natte ecologische verbindingszones bij de verspreiding van planten tussen deelpopulaties. Het Knopbies-verbond als voorbeeld. Literatuurscriptie Leerstoelgroep Landschapsoecologie, Universiteit van Utrecht.
- Sommer, U., Z.M. Gliwicz, W. Lampert & A. Duncan, 1986.** The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water. *Archiv für Hydrobiologie* 106: 433-471.
- SON, Stichting Otterstation Nederland, 1998.** Onderzoeksrapport herintroductie otter. SON, Leeuwarden.
- Spiegel, A. van der & J. Walder, 1993.** Oriëntatiecursus visstandbeheer. Rapport Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV).
- Spieksma, J.F.M., 1995.** Literatuurverkenning naar de verdamping van natuurterreinen in Nederland. Rapport Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, Rijksuniversiteit Groningen.
- Spieksma, J.F.M., A.J. Dolman & J.M. Schouwenaars, 1996.** De parametrisatie van de verdamping in natuurterreinen in hydrologische modellen. NOV rapport 4-2, Vakgroep Fysische Geografie RUG, Staring Centrum (SC-DLO), RIZA.

- Sternberg, K., 2000.** *Aeshna viridis*. In: K. Sternberg & R. Buchwald, 2000. Die Libellen Baden-Württembergs. Band 2. Ulmer, Stuttgart.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel, 1999.** De vegetatie van Nederland. Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Stumm, W. & J.J. Morgan, 1981.** Aquatic chemistry, an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley & Sons, New York, 2<sup>nd</sup> edition.
- Stuyfzand, P.J., 1993.** Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam, KIWA, Nieuwegein.
- Thannhauser-Douwma, M., 1998.** Ontwikkelingen in de Rottige Meente en de Brandemeer – Waterkwaliteitsonderzoek en beheersmaatregelen. Laboratorium Waterschap Friesland.
- Turnhout, C. van & W. Hagemeijer, 1999.** Marshland birds in the Netherlands: causes of long-term population trends in 1965-1995. Vogelwelt 120 Supplement: 185-191.
- Turnhout, C. van & W. Hagemeijer, in druk.** Long-term population developments in typical marshland bird species in the Netherlands. Ardea.
- Veeningen, R., 2000.** Het rietveld Nanneveld: 4 jaar ervaringen. Samenvattend document. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.
- Veer, R. van 't & Th.G. Giesen, 1997.** Vegetatiekartering van het Staatsbosbeheerreservaat De Reef 1996. Rapport Giesen & Geurts, Ulft.
- Veer, R. van 't , B. van Geel, J.P. Pals & D. van Smeerdijk, 2000.** Fossiele plantengemeenschappen als referentiekader voor moderne moerasontwikkeling. In J. Schaminée & R. van 't Veer (Eds), 100 jaar op de knieën. De geschiedenis van de plantensociologie in Nederland, pp. 174-189. Opulus Press, Noordwolde.
- Ven, G.P. van de (Ed.), 1994.** Man-made lowlands. History of water management and land reclamation in the Netherlands. Matrijs, Utrecht.
- Vereniging Natuurmonumenten, 1998.** Omkijken naar laagveen. Resultaten van beheer & wensen voor de toekomst van de laagvenen van Natuurmonumenten. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland.
- Verhoeven, J.T.A. & R. Bobbink, 2001.** Plant diversity of fen landscapes in The Netherlands. In: B. Gopal, W.J. Junk & J.A. Davis (Eds), Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Vol. 2, pp. 89-111. Backhuys Publishers, Leiden.
- Verhoeven, J.T.A., A.M. Kooijman & G. van Wirdum, 1988.** Mineralization of N and P along a trophic gradient in a freshwater mire. Biogeochemistry 6: 31-43.
- Verhoeven, J.T.A., E. Maltby & M.B. Schmitz, 1990.** Nitrogen and phosphorus mineralization in fens and bogs. Journal of Ecology 78: 713-726.
- Verhoeven, J.T.A., M.J. Wassen, A.F.M. Meuleman & W. Koerselman, 1994.** Op zoek naar de bottleneck: N- en P-beperking in venen en duinvalleien. Landschap 11: 25-40.
- Verhoeven, J.T.A., W. Koerselman & A.F.M. Meuleman, 1996.** Nitrogen- or phosphorus-limited growth in herbaceous, wet vegetation: relations with atmospheric inputs and management regimes. TREE 11: 494-497.
- Vermeer, J.G., 1986.** The effect of nutrient addition and lowering of the water table on the shoot biomass and species composition of a wet grassland community (*Cirsio-Molinietum*). Acta Oecologica/Oecologia Plantarum 7: 145-155.
- Vermeer, J.G. & J.H.J. Joosten, 1992.** Conservation and management of bog and fen reserves in the Netherlands. In J.T.A. Verhoeven (Ed.), Fens and bogs in the Netherlands: Vegetation, history, nutrient dynamics and conservation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 433-478.
- Verschoor, A., 1997.** Oligotrofiëring ten behoeve van ecologisch herstel van Nederlandse meren en plassen. Witteveen + Bos, Deventer.

- Walsby A.E., 1987.** Mechanisms of buoyancy regulation by planktonic cyanobacteria with gas vesicles. In P. Fay P. & C. van Baalen C. (Eds.), *The cyanobacteria*. Elsevier, Amsterdam, pp. 377-392.
- Wassen, M.J., H.G.M. Olde Venterink & E.O.A.M. De Swart, 1996.** Nutrient concentrations in mire vegetation as a measure of nutrient limitations in mire ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 6: 5-16.
- Wasscher, M., G.O. Keijl & G. van Ommering, 1998. *Bedreigde en kwetsbare libellen in Nederland: een toelichting op de rode lijst*. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Weeda, E.J., R. van der Meijden & P.A. Bakker, 1990.** Floron Rode Lijst 1990. Rode Lijst van de in Nederland verdwenen en bedreigde planten (Pteridophyta en Spermatophyta) over de periode 1.1.1980-1.1.1990. *Gorteria* 16: 2-26.
- Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1970.** Wilde planten: flora en vegetatie in onze natuurgebieden. Deel 1: Algemene inleiding, duinen, zilte gronden. *Natuurmonumenten, 's-Gravenland*.
- Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1971.** Wilde planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden Deel 2. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, Amsterdam.
- Wheeler, B.D. & S.C. Shaw, 1995.** Restoration of damaged peatlands, with particular reference to lowland raised bogs affected by peat extraction. HMSO, London.
- Wetzel, R.G., 1975.** *Limnology*. Saunders, Philadelphia.
- Wheeler, B.D. & M.C.F. Proctor, 2000.** Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *Journal of Ecology* 88: 187-203.
- Wiegers, J., 1992.** Carr vegetation: plant communities and succession of the dominant tree species. In J.T.A. Verhoeven (Ed.), *Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 361-396.
- Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, 2000.** Peilbeheer en nutriënten. Literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen. RIZA en Universiteit Utrecht, Lelystad.
- Winden, J. van der, W. Hagemeijer & R. Terlouw, 1996.** Heeft de Zwarte Stern *Chlidonias niger* een toekomst als broedvogel in Nederland? *Limosa* 69: 149-164.
- Wirdum, G. van, 1991.** Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- Wirdum, G. van, 1993.** Basenverzadiging in soortenrijke trilvenen. In: M. Cals, M. de Graaf & J. Roelofs (Eds.), *Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen*. Proceedings van een symposium georganiseerd door de Vakgroep Oecologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen en de directie N.B.L.F. van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, pp. 97-126.
- Wirdum, G. van, A.J. den Held & M. Schmitz, 1992.** Terrestrializing fen vegetation in former turbaries in the Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (Ed.), *Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 323-360.
- Wynhoff, I. & C.A.M. van Swaay, 1995.** Bedreigde en kwetsbare dagvlinders in Nederland: basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Zevenboom, W., 1982.** Nutriëntopname en groeisnelheid-beperkende factoren van cyanobacteriën. *Vakblad voor Biologen* 62: 308-314.
- Zevenboom, W., A. bij de Vaate, A. & L.R. Mur, 1982.** Assessment of growth rate-limiting factors of *Oscillatoria agardhii* in the hypertrophic Dutch Lake Wolderwijd, 1978, by the use of physiological indicators. *Limnology and Oceanography* 27: 39-52.
- Zinderen Bakker, E.M. van, 1947.** De West-Nederlandsche veenplassen. Een geologische, historische en biologische landschapsbeschrijving van het water- en moerasland. C.V. Allert De Lange, Amsterdam.



# Bijlagen

## 1. Adressen Deskundigenteam Laagveenwateren

<b>Harry Hosper</b> (voorzitter) ( <a href="mailto:h.hosper@riza.rws.minvenw.nl">h.hosper@riza.rws.minvenw.nl</a> )	RIZA, Afdeling Ecologie, Posbus 17, 8200 AA LELYSTAD
<b>Mariken Fellingner</b> (secretaris) ( <a href="mailto:m.fellinger@eclnv.agro.nl">m.fellinger@eclnv.agro.nl</a> )	Expertisecentrum-Natuurbeheer, Postbus 23, 6700 AA WAGENINGEN
<b>Annemiek Boosten</b> ( <a href="mailto:a.boosten@natuurmonumenten.nl">a.boosten@natuurmonumenten.nl</a> )	Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, Noordeinde 60, 1243 JJ 's-GRAVELAND
<b>Hugo Coops</b> ( <a href="mailto:h.coops@riza.rws.minvenw.nl">h.coops@riza.rws.minvenw.nl</a> )	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), Postbus 17, 8200 AA LELYSTAD
<b>Ellen van Donk</b> ( <a href="mailto:vandonk@cl.nioo.knaw.nl">vandonk@cl.nioo.knaw.nl</a> )	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO), Centrum voor Limnologie, Postbus 1299, 3600 BG MAARSEN
<b>Hans Esselink</b> ( <a href="mailto:esselink@sci.kun.nl">esselink@sci.kun.nl</a> )	Stichting Bargerveen / Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN), Vakgroep Milieukunde, Postbus 9010, 6500 GL NIJMEGEN
<b>Jaap Hofstra</b> ( <a href="mailto:jaap.hofstra@dwr.nl">jaap.hofstra@dwr.nl</a> )	Dienst Waterbeheer en Riolering (DWR), Postbus 1061, 1200 BB HILVERSUM
<b>André Jansen</b> ( <a href="mailto:jansen@kiwaoa.nl">jansen@kiwaoa.nl</a> )	KIWA Onderzoek & Advies, Postbus 1072, 3430 BB NIEUWEGEIN
<b>Marcel Klinge</b> ( <a href="mailto:m.klinge@witbo.nl">m.klinge@witbo.nl</a> )	Witteveen + Bos, Postbus 233, 7400 AE DEVENTER
<b>Jan Roelofs</b> ( <a href="mailto:j.roelofs@sci.kun.nl">j.roelofs@sci.kun.nl</a> )	Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN), Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Toernooiveld 1, 6525 ED NIJMEGEN
<b>Jos Schouwenaars</b> ( <a href="mailto:j.schouwenaars@boarnenklif.nl">j.schouwenaars@boarnenklif.nl</a> )	Wetterskip Boarn en Klif, Postbus 56, 8500 AB JOURE
<b>Nicko Straathof</b> ( <a href="mailto:n.straathof@natuurmonumenten.nl">n.straathof@natuurmonumenten.nl</a> )	Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, Noordeinde 60, 1243 JJ 's-GRAVELAND
<b>Bert Takman</b> ( <a href="mailto:B.Takman@sbb.agro.nl">B.Takman@sbb.agro.nl</a> )	Staatsbosbeheer p/a Schoolstraat 4, 9441 PE ORVELTE
<b>Ron van 't Veer</b> ( <a href="mailto:nhlplan@tref.nl">nhlplan@tref.nl</a> )	Stichting Noord-Hollands Landschap, Postbus 257, 1900 AG CASTRICUM
<b>Jos Verhoeven</b> ( <a href="mailto:j.t.a.verhoeven@bio.uu.nl">j.t.a.verhoeven@bio.uu.nl</a> )	Universiteit Utrecht (UU), Landschapsecologie, Postbus 80084, 3508 TC UTRECHT
<b>Leon Lamers</b> ( <a href="mailto:leon.lamers@sci.kun.nl">leon.lamers@sci.kun.nl</a> )	Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN) Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Toernooiveld 1, 6525 ED NIJMEGEN

## 2. Workshop beheerders ten behoeve van dit preadvies

Gehouden op 20 oktober in de Poort van Kleef. Aanwezig waren: Ron van 't Veer, Annemiek Boosten, Marcel Klinge, Geert Kooijman (SBB), Leon Lamers. Roelof Veeningen (Wetterskip Fryslân) stuurde zijn commentaar schriftelijk, aangezien hij verhinderd was.

## 3. Indicator- en doelsoorten van laagveenwateren

De lijst die hier vermeld staat is ontleend aan Higler (2000). Indicatorsoorten [L *indicare* = aanwijzen] zijn karakteristiek voor het betreffende type laagveenwater (zie tabel 1) en geven daarmee een sterke indicatie om welk milieutype het gaat. Doelsoorten zijn geformuleerd binnen het natuurbeleid. Deze term geeft aan dat, voor zover mogelijk, gerichte maatregelen zullen worden genomen om de stand van deze soorten te beschermen en zo mogelijk te herstellen.

### Zure oligotrofe laagveenslootjes

#### Indicatorsoorten

**Mossen:** Vensikkelmos (*Drepanocladus fluitans*), veenmossen (*Sphagnum* spp.)

**Macrofauna:** *Hydroporus umbrosus*, *Hydroporus erythrocephalus*, *Hydroporus tristis*, *Hydroporus pubescens*, *Berosus luridus*, *Helophorus tuberculatus*, *Leptophlebia vespertina*, *Paraleptophlebia submarginata*, *Oligotricha striata*, *Holocentropus dubius*, *Sigara scotti*, *Sigara nigrolineata*, *Argyroneta aquatica*, *Cordulia aenea*, *Vejdovskyella comata*, *Ablabesmyia phatta*, *Procladius* sp., *Telmatopelopia nemorum*, *Polypedilum uncinatum*, *Phalacrocerca replicata*.

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Limnephilus binotatus*.

### Oligo- tot mesotrofe laagveensloten

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Knolrus (*Juncus bulbosus*), Kleinste egelskop (*Sparganium minimum*), Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliatus*), Wateraardbei (*Comarum palustre*), Kleine waterweegbree (*Echinodorus ranunculoides*), Plat fonteinkruid (*Potamogeton compressus*), Stompbladig fonteinkruid (*P. obtusifolius*), Puntig fonteinkruid (*P. friesii*), Klein fonteinkruid (*P. berchtoldii*), Tenger fonteinkruid (*P. pusillus*), Drijvend fonteinkruid (*P. natans*), Glanzig fonteinkruid (*P. lucens*) en Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*) (de laatste twee bij toename van de voedselrijkdom).

**Macrofauna:** *Planaria torva*, *Polycelis nigra*, *Erpobdella octoculata*, *Theromyzon tessulatum*, *Viviparus connectus*, *Planorbis carinatus*, *Anisus vorticulus*, *Gyraulus riparius*, *Sigara fossarum*, *Notonecta lutea*, *Plea minutissima*, *Nanocladius bicolor*, *Leptocerus tineiformis*, *Anabolia nervosa*, *Paroecetis struckii*, *Holocentropus dubius*, *Leptophlebia vespertina*, *Argyroneta aquatica*, *Arrenurus stecki*, *Arrenurus knauthi*, *Arrenurus schreuderi*, *Piona carnea*.

**Vissen:** kenmerkend: Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Rivierdonderpad (*Cottus gobio*), Riviergrondel (*Gobio gobio*), Bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*); begeleidend: Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Vetje (*Leucaspis delineatus*), Zeelt (*Tinca tinca*), Snoek (*Esox lucius*), Kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*), Kroeskarper (*Carassius carassius*), Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*), Aal (*Anguilla anguilla*).

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus binotatus*, *Limnephilus marmoratus*.

### Meso- tot eutrofe laagveensloten

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten** Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Stijve waterranonkel (*Ranunculus circinatus*), Gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), Brede waterpest (*Elodea canadensis*), Gedoornrd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), Gewoon sterrekroos (*Callitriche*

*platicarpa*) (kwel), Waterviolier (*Hottonia palustris*) (kwel).

**Macrofauna:** *Helobdella stagnalis*, *Glossiphonia heteroclita*, *Hemiclepsis marginata*, *Stylaria lacustris*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Peloscolex* sp., *Dugesia lugubris*, *Holocentropus picicornis*, *Cyrnus flavidus*, *Cyrnus crenaticornis*, *Oecetis furva*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Limnephilus stigma*, *Cloeon dipterum*, *Caenis robusta*, *Caenis horaria*, *Sialis lutaria*, *Cymatia coleoprata*, *Ilyocoris cimicoides*, *Sigara striata*, *Agabus sturmii*, *Agabus undulatus*, *Hygrobia hermanni*, *Anacaena limbata*, *Dryops luridus*, *Peltodytes caesus*, *Laccobius biguttatus*, *Laccophilus hyalinus*, *Laccophilus minutus*, *Arrenurus fimbriatus*, *Acentria ephemerella*, *Ablabesmyia monilis*, *Anatopynia plumipes*, *Clinotanytus nervosus*, *Dicrotendipes* gr. *notatus*, *Tribelos intextus*.

**Vissen** kenmerkend: Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Rivierdonderpad (*Cottus gobio*), Riviergrondel (*Gobio gobio*), Bittervoorn (*Rhodeus sericius amarus*);  
begeleidend: Snoek (*Esox lucius*), Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Kroeskarper (*Carassius carassius*), Zeelt (*Tinca tinca*), Kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*), Vetje (*Leucaspius delineatus*), Aal (*Anguilla anguilla*), Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*), Kolblei (*Blicca bjoerkna*).

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus marmoratus*.

### Brakke laagveensloten

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Groot nymfkruid (*Najas marina*), Snavelruppia (*Ruppia maritima*), Zannichellia (*Zannichellia palustris* subsp. *pedicellata*), Darmwier (*Enteromorpha intestinalis*), Brakwaterkransblad (*Chara canescens*), Fijn hoornblad (*Ceratophyllum submersum*).

**Macrofauna:** *Gammarus duebeni*, *G. zadachi*, *G. tigrinus*, *Neomysis integer*, *Hydrobia ventrosa*, *Dugesia lugubris*, *Helobdella stagnalis*, *Theromyzon tessulatum*, *Asellus* sp., *Proasellus* sp., *Arrenurus crassicaudatus*, *Piona alpicola*, *Argyroneta aquatica*, *Ischnura elegans*, *Cloeon dipterum*, *Limnephilus affinis*, *Paracorixa concinna*, *Sigara stagnalis*, *Gerris thoracicus*, *Halipilus apicalis*, *Coelambus parallelogrammus*, *Dytiscus circumflexus*, *Agabus conspersus*, *Helophorus brevipalpis*, *Enochrus bicolor*, *E. halophilus*, *Ochthebius marinus*, *Cataclysta lemnae*, *Anopheles maculipennis*, *Chironomus* gr. *halophilus*, *C. salinarius*, *Camptochironomus tentans*, *Cricotopus ornatus*, *Halocladus varians*, *Microchironomus deribae*, *Glyptotendipes* gr. *barbipes*, *Hydrobia ventrosa*, *Potamopyrgus antipodarum*

**Vissen:** Snoek (*Esox lucius*), Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Zeelt (*Tinca tinca*), Kwabaal (*Lota lota*), Spiering (*Osmerus eperlanus*), Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Baars (*Perca fluviatilis*)

#### Doelsoorten

geen

### Vaarten en laagveenkanalen

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Planaria torva*, *Limnephilus marmoratus*.

### Mesotrofe petgaten

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** kenmerkend: Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*), Klein glanswier (*Nitella hyalina*), Stekelharig kransblad (*Chara major*);

begeleidend: Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*), Drijvend fonteinkruid (*P. natans*), Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*) en Tenger fonteinkruid (*P. pusilus*), Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), Bronmos (*Fontinalis antipyretica*), Watergentiaan (*Nymphoides peltata*), Witte waterlelie (*Nymphaea alba*), Gele plomp (*Nuphar lutea*);

ondiep: Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Puntkroos (*Lemna trisulca*), Groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*); verlanding: Waterdriehblad (*Menyanthes trifoliata*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*), Padderus (*Juncus subnodulosus*).

**Macrofauna:** *Bdellocephala punctata*, *Anabolia brevipennis*, *Arrenurus batillifer*, *A. bicuspidator*, *A. claviger*,

*A. forcipatus*, *A. maculator*, *A. virens*, *Atractides ovalis*, *Coenagrion puella*, *Cricotopus cylindraceus*, *Erotosis baltica*, *Graphoderus bilineatus*, *Haementeria costata*, *Lauterborniella agrayloides*, *Limnesia polonica*, *Myxas glutinosa*, *Piona longipalpis* en *P. neumani*, *Ripistes parasita*, *Unionicola parvipora*, *Valvata macrostoma*.

**Vissen:** Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Kleine modderkruiper (*Cobitus taenia*), Rivierdonderpad (*Cottus gobio*), Bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*), Riviergrondel (*Gobio gobio*)

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Bdellocephala punctata*, *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Limnephilus binotatus*, *Limnephilus marmoratus*.

### Eutrofe petgaten

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Waterviolier (*Hottonia palustris*), Vederkruid-soorten (*Myriophyllum* ssp.), Klein fonteinkruid (*Potamogeton berchtoldii*), Stomp fonteinkruid (*P. obtusifolius*), Plat fonteinkruid (*P. compressus*), Spits fonteinkruid (*P. acutifolius*), Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*), Tenger fonteinkruid (*P. pusillus*), Groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), Buigzaam glanswier (*Nitella flexilis*).

**Macrofauna:** *Aeshna viridis*, *A. grandis*, *A. affinis*, *A. mixta*, *Arrenurus truncatellus*, *Cladopelma gr. lateralis*, *Erpobdella nigricollis*, *Limnochares aquatica*, *Midea orbiculata*, *Nymphula stagnata*, *Paraponyx stratiotata*, *Tiphys ornatus*, *Viviparus viviparus*, *Holocentropus dubius*, *Cyrnus insolutus*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Oxyethira flavicornis*.

**Vissen:** Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Kwabaal (*Lota lota*), Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*), Aal (*Anguilla anguilla*), Winde (*Leuciscus idus*), Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Kroeskarper (*Carassius carassius*), Karper (*Cyprinus carpio*).

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus marmoratus*.

### Mesotrofe plasjes

#### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** kenmerkend: Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*), Klein glanswier (*Nitella hyalina*), Stekelharig kransblad (*Chara major*);

begeleidend: Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*), Drijvend fonteinkruid (*P. natans*), Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*), Tenger fonteinkruid (*P. pusillus*), Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), Bronmos (*Fontinalis antipyretica*), Watergentiaan (*Nymphoides peltata*), Witte waterlelie (*Nymphaea alba*), Gele plomp (*Nuphar lutea*);

ondiep: Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Puntkroos (*Lemna trisulca*), Groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*); verlanding: Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*), Padderus (*Juncus subnodulosus*)

**Macrofauna:** *Aeshna cyanea*, *A. juncea*, *Anisus spirorbis*, *Arrenurus knauthei*, *A. perforatus*, *A. pugionifer*, *A. securiformis*, *A. tricuspikator*, *Cricotopus holsatus*, *Leptophlebia vespertina*, *Limnephilus binotatus*, *Limnesia polonica*, *Piona paucipora*, *P. stjoerdalensis*, *Psectrocladius gr. psilopterus*, *P. dilatatus*, *Sigara distincta*, *Sisyra fuscata*, *Unionicola gracilipalpis*

**Vissen:** Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Kleine modderkruiper (*Cobitus taenia*), Rivierdonderpad (*Cottus gobio*), Bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*), Riviergrondel (*Gobio gobio*).

#### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Bdellocephala punctata*, *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Anabolia brevipennis*, *Hydroptila pulchricornis*, *Limnephilus marmoratus*.

## Eutrofe plasjes

### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Waterviolier (*Hottonia palustris*), Vederkruid-soorten (*Myriophyllum* ssp.), Klein fonteinkruid (*Potamogeton berchtoldii*), stomp (*P. obtusifolius*), Plat fonteinkruid (*P. compressus*), Spits fonteinkruid (*P. acutifolius*), Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*), Tenger fonteinkruid (*P. pusillus*), Groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), Buigzaam glanswier (*Nitella flexilis*).

**Macrofauna:** *Aeshna viridis*, *A. grandis*, *A. affinis*, *A. mixta*, *Arrenurus truncatellus*, *Cladopelma gr. lateralis*, *Erbobdella nigricollis*, *Limnochares aquatica*, *Midea orbiculata*, *Nymphula stagnata*, *Paraponyx stratiotata*, *Tiphys ornatus*, *Viviparus viviparus*, *Holocentropus dubius*, *Cyrnus insolutus*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Oxyethira flavicornis*.

**Vissen:** Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), Kwabaal (*Lota lota*), Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*), Aal (*Anguilla anguilla*), Winde (*Leuciscus idus*), Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Kroeskarper (*Carassius carassius*), Karper (*Cyprinus carpio*)

### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus marmoratus*.

## Mesotrofe plassen en meren

### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Mattenbies (*Scirpus lacustris*), Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*), Bronmos (*Fontinalis antipyretica*), Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*), Plat fonteinkruid (*P. compressus*), Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*).

**Macrofauna:** *Arrenurus biscissus*, *Centroptilum luteolum*, *Cladotanytarsus atridorsum*, *C. nigrovittatus*, *Cryptochironomus obreptans*, *C. supplicans*, *Cricotopus cylindraceus*, *Demicryptochironomus vulneratus*, *Dero dorsalis*, *Glyptotendipes caulicola*, *Aquarius paludulum*, *Gyrinus suffriani*, *Hygrobates trigonicus*, *Lype phaeopa*, *Paratanytarsus tenellulus*, *Orthocladus consobrinus*, *Polypedilum uncinatum*, *Potthastia longimanus*, *Pseudochironomus prasinatus*, *Stempellinella minor*, *Stictochironomus* sp., *Thienemanniella* sp., *Tinodes waeneri*, *Velia caprai*, *Theodoxus fluviatilis*, *Caenis luctuosa*, *Molanna angustata*.

**Vissen:** Kwabaal (*Lota lota*), Vetje (*Leucaspis delineatus*), Rivierdonderpad (*Cottus gobio*), Winde (*Leuciscus idus*).

### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Bdellocephala punctata*, *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Ephemera vulgata*, *Leuctra fusca*, *Anabolia brevipennis*, *Hydroptila pulchricornis*, *Hydroptila tineoides*, *Limnephilus marmoratus*, *Lype phaeopa*.

## Eutrofe plassen en meren

### Indicatorsoorten

**Macrofyten:** Groot nymfkruid (*Najas marina*), Groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), Grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), Witte waterlelie (*Nymphaea alba*), Tenger (*Potamogeton pusillus*), Schedefonteinkruid (*P. pectinatus*) (licht brak), Zannichellia (*Zannichellia palustris*) (licht brak).

**Macrofauna:** *Arrenurus albator*, *A. knauthei*, *Hygrobates trigonicus*, *Hydrodroma despiciens*, *Cloeon simile*, *Erythromma najas*, *Mystacides nigra*, *Stictochironomus* sp., *Dicrotendipes gr. tritonus*, *Chaoborus flavicans*, *Einfeldia dissidens*, *Glyptotendipes pallens*, *G. paripes*, *Harnischia* sp., *Limnodrilus claparedeianus*, *Potamothebia hammoniensis*, *Psectrocladius sordidellus*.

**Vissen:** Snoek (*Esox lucius*), Baars (*Perca fluviatilis*), Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Kolblei (*Bliucca bjoerkna*), Zeelt (*Tinca tinca*), Aal (*Anguilla anguilla*).

### Doelsoorten

**Macrofauna:** *Planaria torva*, *Caenis lactea*, *Ephemera glaucops*, *Leuctra fusca*, *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus marmoratus*.

