

ANTI-VERDROGINGSMAATREGELEN EN VEGETATIEHERSTEL IN ELZENBROEKBOSSEN

HET BELANG VAN EEN NATUURLIJK WATERREGIME

Esther Lucassen, Janske van de Crommenacker, Roy Peters & Jan Roelofs, Werkgroep Milieubiologie, Afdeling Ecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

De vorige eeuw is als gevolg van ontginning de oppervlakte aan elzenbroek in Limburg sterk afgenomen. Daarnaast is ook de natuurwaarde van het overgebleven Elzenbroekbos verlaagd door toegenomen ontwatering ten behoeve van landbouwactiviteiten. Door verminderde aanvoer van kalkrijk grondwater is het areaal verdroogd bos sterk toegenomen waardoor plantensoorten kenmerkend voor drogere en zuurdere milieus zijn gaan domineren. Sinds kort zijn in twee oude Maasmeanders, het Kaldenbroek (Horst aan de Maas) en het Dubbroek (Maasbree), anti-verdrogingsmaatregelen uitgevoerd met als doel de oppervlakte aan karakteristiek Elzenbroek weer te vergroten. Beide moerasbossen zijn in bezit van Stichting het Limburgs Landschap. Ontwateringssloten zijn gedempt, kades opgehoogd

en het grondwater opgestuwd door plaatsing van regelbare stuwen in waterafvoerende beken.

In het Kaldenbroek is echter gebleken dat het te sterk opstuwen van grondwater, waarbij permanente stagnatie van de waterlaag optreedt, leidt tot achteruitgang van de vegetatie in de kwelzone. Wanneer bij het opstuwen de doorstroming van het oppervlaktewater gehandhaafd blijft en er bovendien natuurlijke droogval in de zomer plaats kan blijven vinden, treden deze verschijnselen niet op. Deze maatregelen leiden juist tot uitbreiding van karakteristieke Elzenbroekvegetaties in de voormalig verdroogde gedeelten, zoals gebleken in het Dubbroek. In dit artikel wordt ingegaan op de oorzaken van deze grote verschillen in succes tussen beide gebieden aan de hand van peilbeheer, water- en bodemkwaliteit.



ELZENBROEKBOSSEN

Een groot gedeelte van de Limburgse elzenbroekbossen is gelegen in verlande voormalige Maasmeanders. De bossen worden gevoed door calcium- en ijzerrijk grondwater en op de ijzerrijke kwellocaties treedt karakteristieke groei van onder andere Dotterbloem (*Caltha palustris*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*) en Elzenzegge (*Carex elongata*) op (figuur 1). Gedurende de winter is de grondwaterspiegel relatief hoog, terwijl in de zo-

FIGUUR 1
Karakteristieke groei van Zwarte els (*Alnus glutinosa*), Elzenzegge (*Carex elongata*), Dotterbloem (*Caltha palustris*), Gele lis (*Iris pseudacorus*) en Holpijp (*Equisetum fluviatile*) op ijzerrijke kwellocaties in elzenbroekbossen (foto: Esther Lucassen).



FIGUUR 2a en 2b

Het Kaldenbroek één (links) en drie jaar (rechts) na opstuwen van het grondwater en het permanent stagneren van de waterlaag. Zichtbaar is het verdwijnen van Dotterbloem (*Caltha palustris*) en de ontwikkeling van Mannagras (*Glyceria fluitans*) en Klein kroos (*Lemna minor*) (foto's: Esther Lucassen).

mer het waterpeil sterk daalt waardoor verdroging in de randzones optreedt.

KALDENBROEK: STAGNATIE

In het Kaldenbroek is in 1998 het waterpeil verhoogd via het opstuwen van grondwater. Het waterpeil werd echter dusdanig hoog opgestuwd, dat de aanvoer van grondwater is afgenomen en er stagnatie van bodem- en oppervlaktewater is opgetreden. Hierdoor zijn in de zomer het fosfaat- en ammoniumgehalte in het bodemvocht sterk toegenomen. Doordat de waterlaag in het Kalden-

broek niet doorstroomt heeft fosfaatmobilisatie tevens geleid tot fosfaatconcentratie in de waterlaag. Het gevolg van de nutriëntenaanrijking in de bodem en waterlaag is dat massale ontwikkeling van Liesgras (*Glyceria maxima*), Mannagras (*Glyceria fluitans*), Grote egelskop (*Sparganium erectum*) en Klein kroos (*Lemna minor*) optreedt. De karakteristieke elzenbroekvegetatie, met bijvoorbeeld Dotterbloem en verscheidene zeggensoorten, is hierbij verdwenen (figuur 2a en 2b). Door stagnatie van grondwater wordt de reductie van kooldioxide gestimuleerd, waarbij moerasgas (methaan) in de bodem gevormd wordt. In het Kaldenbroek

is door verhoogde methaanproductie dit bodemmateriaal plaatselijk op komen drijven waardoor Zwarte els (*Alnus glutinosa*) is onworteld en afgestorven (figuur 3). Dit heeft tevens bijgedragen aan een verhoogde lichtinval, hetgeen een positieve bijdrage levert aan de groei van kroos en bovengenoemde helofyten (LUCASSEN *et al.*, 2000). Hoe komt het dat verhoging van het grondwaterpeil in broekbossen kan leiden tot extreme vermessing? De belangrijkste reden is dat het voedende grondwater verontreinigd is met sulfaat.

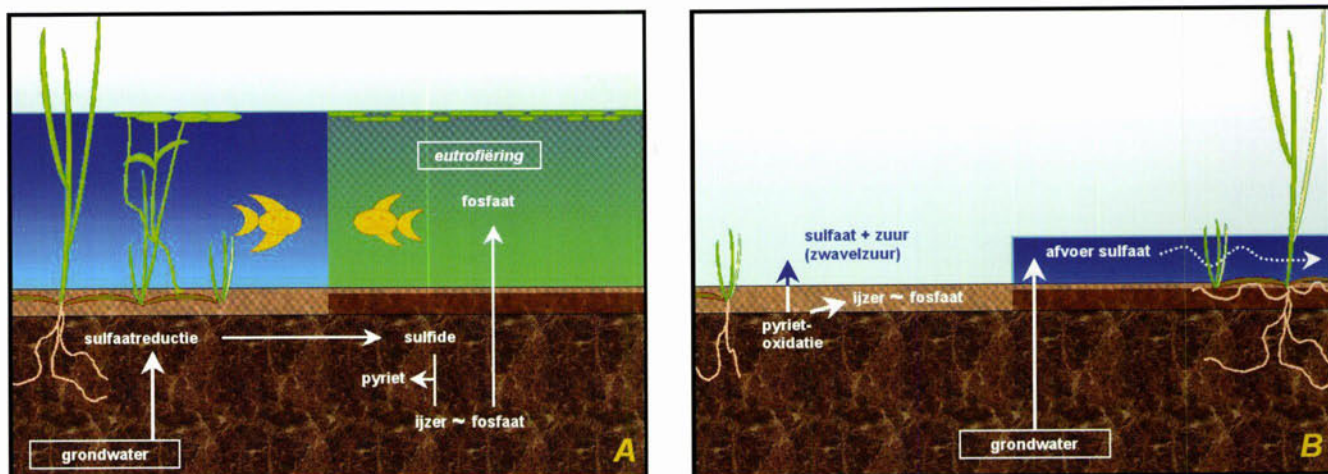
SULFAATREDUCTIE EN FOSFAATMOBILISATIE

In Nederland zijn de sulfaatgehalten in het grondwater gedurende de laatste decennia verhoogd door toegenomen verdroging en uitspoeling van nitraat uit de landbouw. Zuurstof en nitraat leiden beide tot oxidatie van ijzersulfiden, waaronder pyriet, afkomstig uit oude mariene afzettingen. Het sulfaat dat hierbij gevormd wordt spoelt uit naar het grondwater. In grondwater gevoede ecosystemen wordt het sulfaat in de organische zuurstofloze bodem gereduceerd, waarbij veen wordt afgebroken en voedingsstoffen vrijkomen. Tijdens sulfaatreductie wordt tevens voor plantenwortels toxisch sulfide gevormd dat vrij tweewaardig ijzer in de bodem bindt tot ijzer(di)sulfiden waaronder pyriet. Dit ijzer is dan niet meer beschikbaar voor de binding van fosfaat, waardoor fosfaat wordt gemobiliseerd (SMOLDERS *et al.*, 1995; LAMERS *et al.*, 1998) (figuur 4). Onder natuurlijke omstandigheden is de fosfaatconcentratie in de waterlaag van elzenbroekbossen laag. De mobilisatie van fosfaat uit de bodem wordt beperkt omdat deze plaatselijk ijzerrijk is, waardoor het fosfaat aan ijzer gebonden blijft. Het fosfaat dat toch via sulfaatreductie gemobiliseerd wordt (bijvoorbeeld uit diepere ijzerarmere bodemlagen) kan gebonden worden aan geoxideerd ijzer (roest) in de zuurstofrijke toplaag van de bodem. Indien plaatselijk toch fosfaat naar de waterlaag ver-



FIGUUR 3

Stagnerend grondwater stimuleert de productie van methaan, het opdrijven van bodemmateriaal en het onwortelen en afsterven van Zwarte els (*Alnus glutinosa*) in het centrale gedeelte van het Kaldenbroek (foto: Esther Lucassen).



FIGUUR 4

Tijdens sulfaatreductie wordt sulfide gevormd dat met ijzer afkomstig van ijzerfosfaatcomplexen bindt tot pyriet (ijzer-disulfide) waarbij fosfaat vrijkomt. Dit leidt tot vermessing en massale ontwikkeling van kroos in Elzenbroekbossen indien geen natuurlijke droogval en doorstroming plaatsvindt (A). Door natuurlijke droogval oxideert het geïmmobiliseerde ijzer (pyriet) waardoor in de toplaag weer fosfaat gebonden kan worden. Het sulfaat dat tijdens pyrietoxidatie vrijkomt wordt afgevoerd via de doorstromende waterlaag (B).

dwijnt wordt dit afgevoerd via de doorstromende waterlaag (BOXMAN & STORTELDER, 2000; LUCASSEN *et al.*, 2000).

DUBBROEK: DOORSTROMING

In januari 2000 zijn restauratiemaatregelen uitgevoerd in het Dubbroek. In de centrale slenk, die na het graven van de ontwateringsbeken verlandde, zijn de wilgen (*Salix spec.*) en het riet (*Phragmites australis*) verwijderd en is slib gebaggerd en afgevoerd. Hierna is het grondwaterpeil verhoogd via het dempen van ontwateringssloten, het ophogen van kades en het plaatsen van een regelbare stuw, met als gevolg dat in de centrale slenk weer open water is ontstaan en het elzenbroek sterk vernat is. De effecten van de vernatting op de (grond)waterpeilen in het elzenbroekbos zijn weergegeven in figuur 5 en de positie van de onderzoekslocaties in figuur 7. Ten gevolge van de vernatting zijn de grondwaterpeilen en waterpeilen met circa 20 cm toegenomen. Gedurende de winterperiode en in het voorjaar wordt het waterpeil lager ingesteld dan de stijghoogte van het grondwater. Hierdoor treedt er in deze periode vers ijzerhoudend grondwater uit en wordt overtollig "oud"

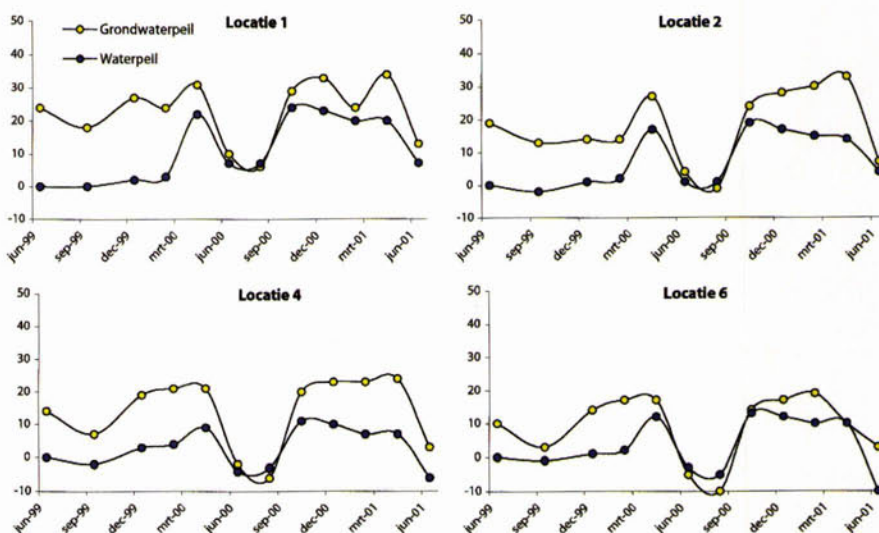
water afgevoerd. Het gevolg is dat continue aanvoer van ijzerrijk grondwater plaatsvindt. Het ijzer zorgt hierbij voor de binding van overtollig fosfaat en de doorstroming voorkomt tevens accumulatie van nutriënten. In de zomer wordt er bewust voor gekozen om gedurende kortere tijd in grote delen van het broekbos het waterpeil tot beneden maaiveld te laten zakken. Door de toevoer van zuurstof wordt het door sulfaat geïmmobiliseerde ijzer (pyriet), dat geen actieve rol meer speelt in de defosfatering, weer geoxideerd (roest), waardoor het ijzer weer een seizoen lang als fosfaatbinder dienst kan doen. Het sulfaat dat tevens vrijkomt wordt in natte periode afgevoerd via de waterlaag (figuur 4).

De resultaten van de restauratie in het Dubbroek zijn spectaculair. De meest opmerkelijke verandering in de vegetatie van het elzen-

broek is de ontwikkeling van een 170 m lange zone gedomineerd door Holpijp met plaatse-lijke groei van Dotterbloem, in het voormalige verdroogde gedeelte van het elzenbroekbos (figuur 6 en 7, locatie 4). De Dotterbloem breidt zich in de toekomst mogelijk nog verder uit. Aan de rand met het elzenbroek heeft zich tevens Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) gevestigd en ontwikkeld (figuur 7). In het open water hebben zich binnen 1,5 jaar enkele bijzondere soorten gevestigd. De dominante waterplanten zijn Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) en verschillende soorten Kranswieren, waaronder Brokkelig kransblad (*Chara contraria* var. *contraria*) en Breekbaar kransblad (*Chara globularis* var. *globularis*). Opmerkelijk is de vestiging van Stijve moerasweegbree (*Echinodorus ranunculoides*) (Rode Lijst 2) op de oever en de verdere uitbreiding van Witte waterkers

FIGUUR 5

Relatieve (grond)waterpeilen in het Dubbroek. Per locatie is de stand van de waterlaag in juni 1999 als 0-waarde ingesteld. Locatie 2 = kwellocatie; locaties 1 en 6 = natte locaties; locatie 4 = voormalig verdroogde locatie. In april 2000 zijn de anti-verdrogingsmaatregelen uitgevoerd.





FIGUUR 6

De ontwikkeling van een 170 m lange zone met Holpijp (*Equisetum fluviatile*) (links) in het voormalig verdroogde gedeelte van het Elzenbroek (locatie 4) 1,5 jaar na uitvoering van antiverdrogingsmaatregelen (foto: Esther Lucassen).

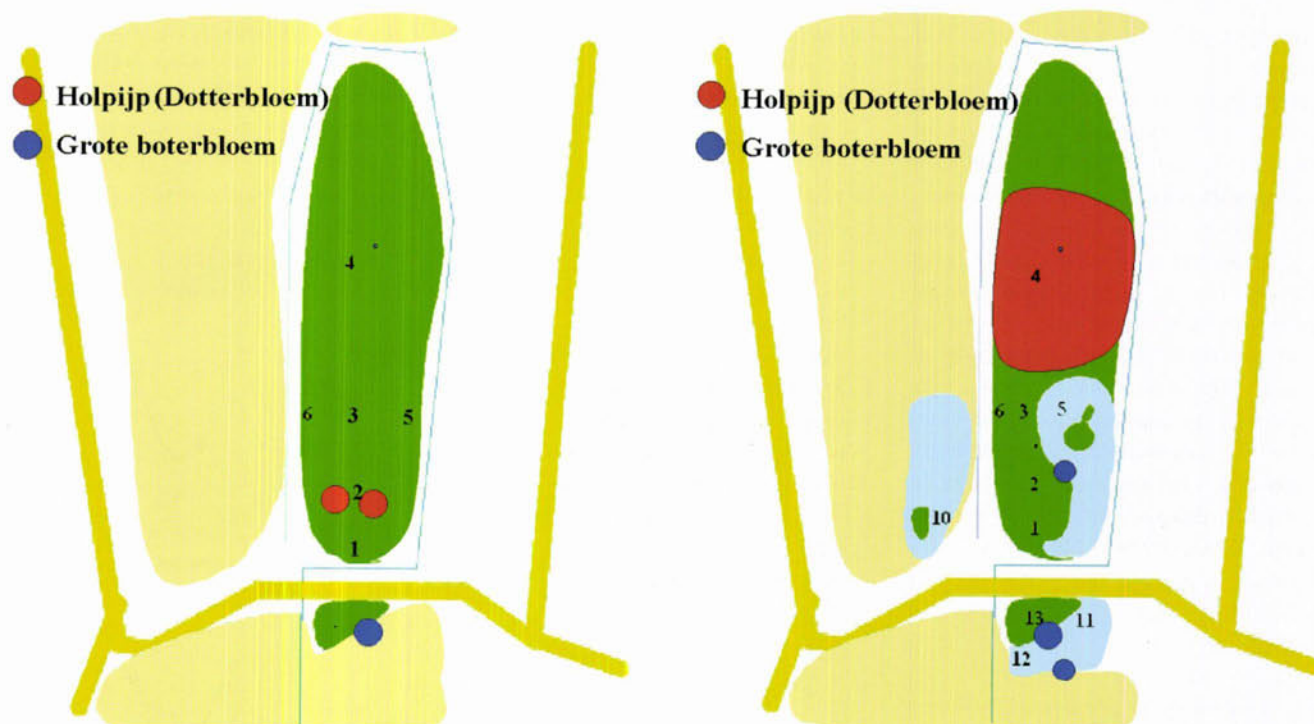
CONCLUSIES

Voor succesvol herstel van vernattingsprojecten zijn doorstroming met grondwater en handhaving van een natuurlijk wisselend waterpeil essentieel. In het Kaldenbroek is handhaving van permanent hoge stagnerende waterpeilen gepaard gegaan met massale ontwikkeling van Liesgras, Mannagras en kroos en achteruitgang van de oorspronkelijke elzenbroekvegetatie. In het Dubbroek heeft handhaving van een natuurlijk waterregime, waarbij doorstroming en droogval in de zomer optreedt, juist geleid tot sterke uitbreiding van de Elzenbroekvegetatie. De reden voor dit verschil in respons hangt samen met interacties tussen de zwavel- en ijzer cyclus. Stagnatie van sulfaatrijk grondwater leidt tot verhoogde reductie van sulfaat en productie van sulfide dat met ijzer bindt tot ijzer-disulfide (pyriet). Het gevolg is dat het fosfaatbindend ijzer uitput, resulterend in accumulatie van toxisch sulfide en mobilisatie van fosfaat in de bodem. Doorstroming en droogval voorkomen juist mobilisatie en accumulatie van fosfaat doordat ze positief bijdra-

(*Rorippa nasturtium-aquaticum*) (Rode lijst 4) aan de rand van het elzenbroek. Op de nieuwgevormde oevers heeft zich een verlandingsvegetatie ontwikkeld met als dominante soorten Zwarte els, Gele lis (*Iris pseudacorus*), Grote boterbloem, Pluimzegge (*Carex paniculata*) en Scherpe zegge (*Carex acuta*).

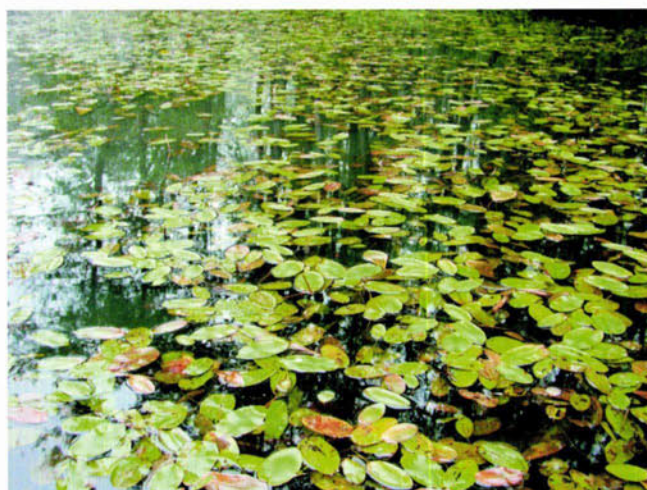
Uit een enclosureproef in het open water van het Dubbroek blijkt dat stagnatie, in combinatie met verhoogde reductie van sulfaat, ook in het Dubbroek kan leiden tot negatieve ontwikkelingen zoals in het Kaldenbroek.

Verhoogde reductie van sulfaat, bereikt door extra toevoeging van sulfaat aan de waterlaag, leidt tot versnelde ontwikkeling van draadalg ten gevolge van fosfaatmobilisatie alsmede het verdwijnen van waterplanten ten gevolge van sulfide-toxiciteit (figuur 8). Eenzelfde bevestiging blijkt uit de negatieve ontwikkeling van het voormalig door wilg gedomineerde open water (locatie 10 in figuur 7) waar ten gevolge van stagnerend sulfaatrijk grondwater direct na uitvoering van vernattingsmaatregelen eutrofiëring op is getreden.



FIGUUR 7

De ontwikkeling van Holpijp (*Equisetum fluviatile*) en Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) voor (links) en 1,5 jaar na (rechts) het uitvoeren van de anti-verdrogingsmaatregelen in het Dubbroek. Ook zichtbaar zijn de gecreëerde open wateren (lichtblauw).



gen aan het geoxideerd ijzergehalte in de top-laag van de bodem. Droogval bewerkstelligt de oxidatie van geïmmobiliseerd ijzer (pyriet) tot reactief fosfaatbindend ijzer terwijl doorstroming zorgt voor aanvoer van ijzer via het grondwater en de afvoer van eventueel gemobiliseerd fosfaat.

DANKWOORD

We bedanken Emiel Brouwer en John Bruinsma voor de hulp bij het inventariseren van de vegetatie, Martin Versteeg voor de hulp tijdens het veldwerk en Maria van Kuppenveld voor het kritisch nakijken van de tekst.

FIGUUR 8
Stagnatie van sulfaat-verrijkt grondwater leidt in het Dubbroek tot de productie van sulfide en fosfaat, met als gevolg het afsterven van Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) en de ontwikkeling van draadalg in de opvolgende zomer.
Linksboven = doorstromend grondwater; rechtsboven = stagnerend grondwater met 4 mM NaCl; rechtsonder = stagnerend grondwater met 2 mM Na₂SO₄ (foto's: Esther Lucassen).



SUMMARY

ANTI-DROUGHT MEASURES AND RECOVERY OF VEGETATION IN ALDER CARRS: THE IMPORTANCE OF A NATURAL WATER REGIME

During the last decades, intensified hydrological measures for agricultural purposes have led to increased desiccation of alder carrs. As a consequence, plant species characteristic of drier and more acidic conditions have become dominant. Attempts to restore these ecosystems are being undertaken by raising water tables through damming the drainage system. Successful restoration requires the increased sulphate concentrations in the groundwater over the last decades to be taken into account. Restoration measures in the Kaldenbroek area (Grubbenvorst, the Netherlands) led to considerably raised water levels, interrupting the natural annual water cycle and resulting in permanently stagnant groundwater. This led to major decreases in the

redox potential of the sediment, resulting in enhanced sulphate reduction and the concomitant production of pyrite and toxic sulphide and the mobilisation of phosphate. Ammonium concentrations in the pore water increased as a result of increased mineralisation and reduced nitrification rate. The enhanced nutrient availability and the production of toxic sulphide in the sediment and water layer resulted in a massive development of *Glyceria fluitans*, *Glyceria maxima* and *Lemna minor* and the disappearance of characteristic species like *Caltha palustris* and *Carex elongata*.

These negative effects did not occur after water levels were raised in the Dubbroek area (near Venlo). A continuous flow of iron-rich groundwater and the maintenance of a natural annual water cycle increased the oxidised iron content and thus the phosphate-binding capacity of the sediment. The moving water prevented the accumulation of mobilised phosphate, avoiding eutrophication. In this alder carr, the original vegetation expanded strongly

in the previously dessicated zones, while the open water showed massive development of *Potamogeton natans* and *Chara spec.* An enclosure experiment in the open water of the Dubbroek area showed that stagnation of sulphate-enriched groundwater can indeed lead to eutrophication, algal development and the disappearance of water plants.

LITERATUUR

- BOXMAN, A.W. & STORTELDER, 2000. Hoe natter, hoe beter? De invloed van het waterpeil bij maatregelen tegen verdroging in elzenbroekbossen. Vakblad Natuurbeheer 5: 75-77.
- LAMERS, L.P.M., TOMASSEN, H.B.M. & J.G.M. ROELOFS, 1998. Sulfaat induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. Environmental Science & Technology 32: 199-205.
- LUCASSEN, E., A. SMOLDERS & J. ROELOFS, 2000. De effecten van verhoogde sulfaatgehalten op grondwater gevoede ecosystemen. H₂O 25/26: 28-31.
- 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.