

Waternatuur in een veranderend klimaat

Leon Lamers,
Moni Poelen,
Leon van den Berg,
Jeroen Geurts,
Jan Roelofs &
Fons Smolders

De laatste jaren zijn er op veel plaatsen in Nederland gunstige ontwikkelingen in waterkwaliteit en de biodiversiteit van water- en moerasnatuur.

Het veranderende klimaat zal echter extra inspanningen vereisen met betrekking tot hydrologie en waterkwaliteit. Eén van de problemen is de erfenis uit het verleden: hoewel het water helder is, zit de waterbodem vaak nog vol voedingsstoffen, die sneller gemobiliseerd zullen worden. Daarom is het van belang om slim te meten, zodat beheerders een goede keuze kunnen maken tussen mogelijke maatregelen.

Om herstelbeheer uit te voeren in wetlands, meren, rivieren en sloten, moeten de waterkwaliteit en hydrologie op orde zijn. Een goede samenwerking tussen natuurbeherende instanties en waterschapen is hiervoor essentieel. Hoewel de verschillende wetgevingen voor water en natuur nog niet vlekkeloos op elkaar aansluiten (denk bijvoorbeeld aan de Kaderrichtlijn Water (KWR) en Natura 2000; Beltman et al., 2008) is het vanzelfsprekend dat een goede waterkwaliteit een basisvoorwaarde is voor het beheer van waternatuur (Jaarsma et al., 2008). Sinds de verbetering van riolering, zuivering van afvalwater, verbod van fosfaat in detergents en andere maatregelen is de waterkwaliteit sterk verbeterd, maar nog niet voldoende. Met name de invoering van Europese KWR-wetgeving benadrukt de eutrofiëringsproblematiek in onze wateren.

Voorts is een goed gekoppeld natuur- en waterbeheer op landschapsschaal van wezenlijk belang, aangezien veel natte natuur met elkaar verbonden is, waardoor problemen (eutrofiëring, invasieve soorten, toxische stoffen) gemakkelijk van de ene plaats naar de andere migreren. Maatregelen op standplaatsschaal hebben dan ook geen enkele zin zonder hun landschappelijke context.

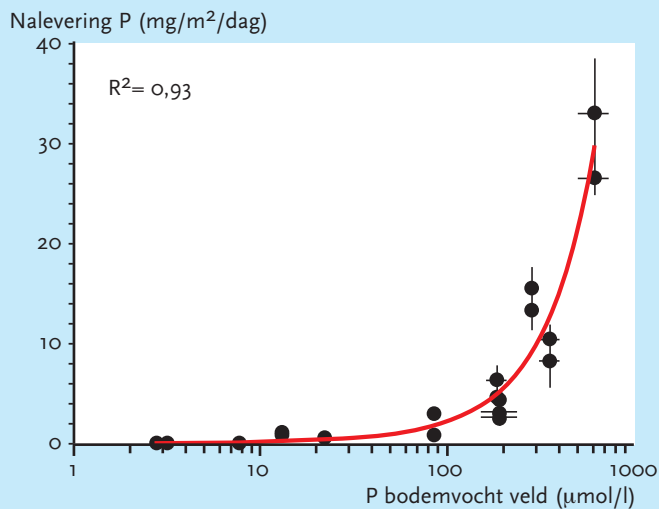
Slim meten en voorspellen

Zoals in landvegetaties is de beschikbaarheid van voedingsstoffen vaak bepalend voor de plantenproductie in wateren en moerassen, en hebben snelgroeiende soor-

Foto 1. Woekering van Grof hoornblad in helder water met een voedselrijke bodem (foto: L. Lamers).



Fig. 1. Gemeten nalevering van fosfaat uit intacte waterbodems (als ongestoorde kernen gestoken) in relatie tot de totaal P-concentratie in het bodemvocht. Dit type experimenteel onderzoek levert goedkope en snelle tools om interne eutrofiëring in te schatten (bron: Poelen et al., 2011).



ten voordeel bij hoge concentraties. Daardoor neemt niet alleen de diversiteit van planten af, maar ook de heterogeniteit en structuurvariatie onder water. Bovendien neemt de zuurstofconcentratie af, doordat er meer afbreekbaar materiaal beschikbaar is voor micro-organismen. Anders dan op het land, kunnen hoge concentraties van nutriënten in water plotseling tot een omslag leiden van ondergedoken waterplanten naar vegetaties met drijvende planten zoals verschillende Kroossoorten (*Lemna* spp.) en Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*), en bloei van groenalgen of cyanobacteriën (blauwalgen) (Roelofs & Bloemendaal, 1988). Hierdoor wordt de hele productie onder water direct gelimiteerd door licht en neemt de biodiversiteit sterk af. Waterplanten nemen nutriënten niet alleen uit de waterlaag op, maar ook uit de bodem. Bovendien is er uitwisseling van nutriënten tussen de waterbodem en waterlaag. In Nederland is deze interactie extra belangrijk, omdat het overgrote deel van onze wateren ondiep is, en iedere m² waterbodem vaak maar 1 of 2 m³ water

boven zich heeft. Dit betekent dat de meeste wateren geen spronglaag hebben, en er constant menging plaatsvindt van dieper en ondieper water in een klein volume. Hierdoor zijn onze wateren extra gevoelig voor eutrofiëring. Door beheer en onderzoek van waternatuur te koppelen kunnen de werkelijke oorzaken van ongewenste ontwikkelingen achterhaald worden. Minstens zo belangrijk is, dat hierdoor ook verschillende beheeropties vergeleken kunnen worden. Voor laagveenwateren is bijvoorbeeld op grond van onderzoek een sleutel gemaakt als beheerondersteunend instrument (Lamers et al., 2010). Keuzen moeten niet zozeer gemaakt worden op grond van wat er 'vroeger' was, maar op grond van potenties. Onderzoek helpt bij het inschatten van de kansen, zowel met betrekking tot milieuomstandigheden als met betrekking tot de kansen op terugkeer van soorten (Loeb & Weijters, dit nummer). Hoe kun je inzicht krijgen in de belangrijkste sturende factoren en processen? Een mooi voorbeeld hiervoor is het project

Baggenut, uitgevoerd binnen het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water. Uitgebreid experimenteel onderzoek in het laboratorium (Poelen et al., 2011) liet zien dat de mobilisatie van fosfaat uit waterbodems goed in te schatten is aan de hand van eenvoudige en goedkope metingen, zoals de fosforconcentratie in het poriewater van de waterbodem (fig. 1), al dan niet in combinatie met de hoeveelheid ijzer daarin (zie ook Smolders et al., dit nummer). Hierdoor kunnen fluxen ingeschat worden en kan iedere beheerder nagaan of interne eutrofiëring een belangrijke bijdrage levert aan de totale eutrofiëring. Op grond hiervan kan vervolgens bepaald worden of maatregelen als baggeren en ijzeradditie een zinvolle bijdrage zullen leveren aan de eutrofiëringbestrijding binnen dat natuurgebied. Bovendien kan aan de hand van metingen vooraf aan water en bodem ingeschat worden of bepaalde doelen haalbaar zijn. Omdat het bij herstelmaatregelen vaak om grote uitvoeringskosten gaat die verantwoord moeten worden aan de maatschappij, is een diagnostisch (voor-)onderzoek des te belangrijker.

Erfenissen uit het verleden

Herstel van waternatuur begint met een goede waterkwaliteit. Zolang de waterlaag zuurstofhoudend is, verdwijnt stikstof vanuit de bodems van natte ecosystemen deels weer naar de atmosfeer. Afname van stikstofinput leidt daardoor direct tot een verlaging van de stikstofbeschikbaarheid door de sterke koppeling tussen nitrificatie (omzetting van ammonium naar nitraat) en denitrificatie (omzetting van nitraat/nitriet naar stikstof- en lachgas) of anammox (anaerobe oxidatie van ammonium en nitriet naar stikstofgas). Bij onvoldoende oxidatie hoopt ammonium echter wel op, en kan dan problemen opleveren, omdat het giftig is voor sommige waterplanten.

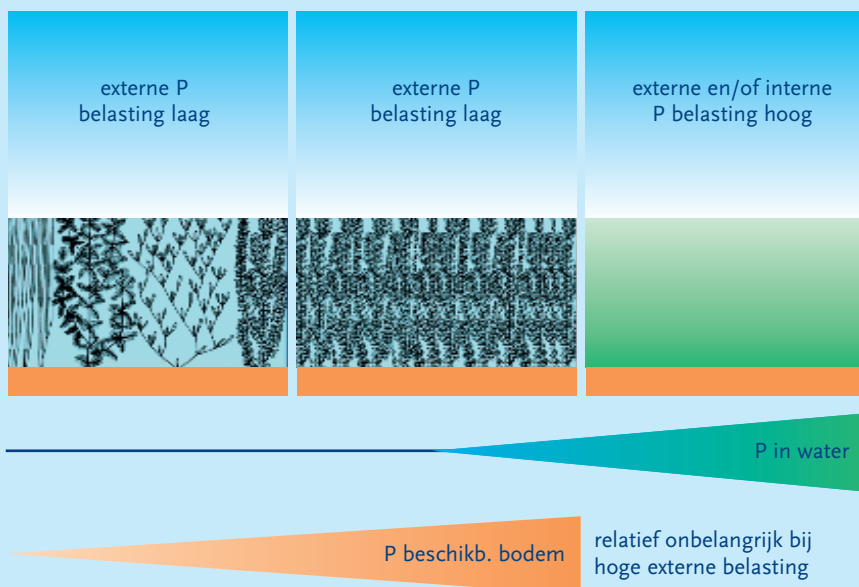


Fig. 2. Drie verschillende situaties: helder met lage nutriëntenconcentraties in water en bodem (veel soorten), helder met hoge nutriëntenconcentraties in de bodem (woekering), en troebel met hoge nutriëntenconcentraties in de waterlaag (bloei van groenalgen, cyanobacteriën) (bron: Lamers et al., 2012; tekening: José Roelofs-Hendriks).

Fosfor is veel lastiger. Dit element gaat nauwelijks de lucht in en wordt op allerlei manieren goed gebonden in de bodem (Smolders et al., dit nummer). Wanneer er veel fosfaat vrijkomt, leidt dit tot bloei van algen. Dit proces verklaart de waterkwaliteitsproblemen bij warme dagen in de zomer, iets wat steeds vaker zal voorkomen. De kans op cyanobacteriën in plaats van groenalgen wordt ook groter. Dit komt niet doordat ze een direct groeivoordeel hebben bij hogere temperatuur (Lürding et al., 2012). Ze hebben echter wel baat bij toename van de fosfaatconcentratie. Ook wanneer er nauwelijks nalevering van fosfor naar de waterlaag plaatsvindt door bijvoorbeeld sterke binding aan ijzer, aluminium en kalk, kunnen planten nog steeds fosfor bemachtigen uit de onderwaterbodem, bijvoorbeeld door het (via de wortels) uitscheiden van stoffen om fosfaat te mobiliseren. In veel Nederlandse wateren waarin de waterlaag eindelijk helder wordt en licht niet meer beperkend is, zien beheerders daardoor snelgroeïende water-

planten als Grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*; foto 1) en Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) toenemen. Dit leidt niet alleen tot een lage biodiversiteit, maar ook tot overlast voor recreatie. Na een storm kunnen planten massaal op de kant spoelen en met veel stankoverlast weggroten, wat bijvoorbeeld gebeurde in de Loenderveense Plas. Door de grote beschikbaarheid van fosfaat uit de bodem (ook voor wortelloze soorten die op de bodem groeien) is het aantal soorten waterplanten zeer laag (fig. 2). Maatregelen zijn dan baggeren van de voedselrijke sliblaag (rigoureuze aanpak probleem) of het maaien en afvoeren van de waterplantenmassa (subtiele aanpak probleem). In het najaar sterven de woekerende planten massaal af, waardoor er veel nutriënten vrijkomen. In samenhang met de weersgesteldheid in het voorjaar kunnen in het ene jaar algen het hele seizoen domineren, en in het andere jaar waterplanten. De waterplanten nemen niet alleen voedingsstoffen op, maar zorgen ook voor

veel meer sedimentatie van slib. Naast fosfor, dat de dichtheid aan algen bepaalt, is ook de concentratie van opgewerveld slib in het water een zeer belangrijke factor die het al dan niet voorkomen van onderwatervegetaties stuurt via lichtlimitatie.

Hogere temperaturen

Door hogere temperaturen worden fysiologische processen zoals de groei van planten, algen en dieren gestimuleerd, waardoor voedselweb-interacties gaan verschuiven. Het lijkt er bijvoorbeeld op dat groenalgen meer profiteren van een hoge temperatuur in het voorjaar dan hun begrazers, het zoöplankton, wat ongunstig is voor de helderheid van het water (Winder & Schindler, 2004). Bovendien is de verwachting dat er een toename van kleine vissen

Foto 2. Vroege ontwikkeling van fragmenten van de uit Zuid Amerika afkomstige Waterwaaier in de Tienhovense Plas in maart 2013, ondanks het koude voorjaar. Andere waterplanten zijn nog geheel afwezig (foto: L. Lamers).



Relatieve nalevering t.o.v. 15 °C

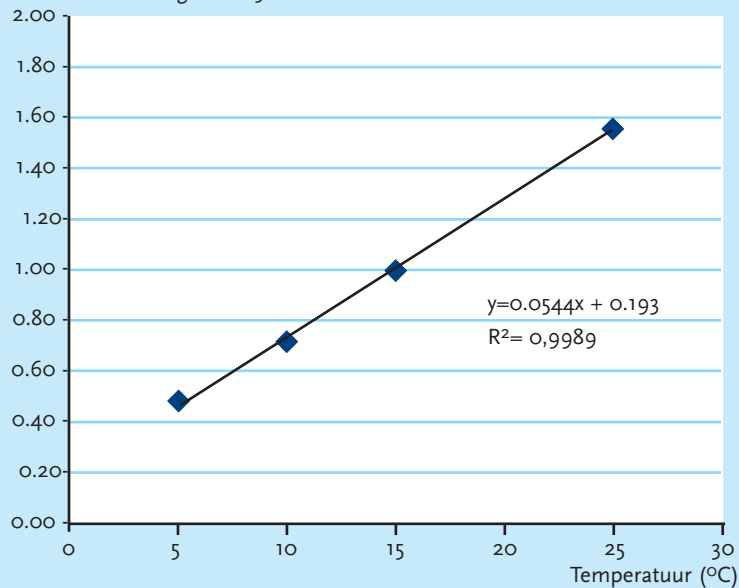


Fig. 3. Gemeten relatieve nalevering van fosfaat, van de waterbodem naar de waterlaag, bij verschillende temperaturen en uitgezet ten opzichte van 15 °C. Bij toename van 15 naar 22 °C neemt de mobilisatie, als voorbeeld, met 40% toe (bron: van den Berg et al., 2012).

optreedt door hogere reproductie, waardoor er meer zoöplankton gegeten wordt (Kosten et al., 2011). Algen kunnen hierdoor gemakkelijker dominant worden. Bodemprocessen die de nalevering van nutriënten uit de waterbodem en aangrenzende percelen naar de waterlaag bepalen, worden voor vrijwel 100% bepaald door de activiteit van micro-organismen. Dit geldt niet alleen voor de afbraak van organisch materiaal (decompositie) en het vrijkomen van koolstof daarbij, maar ook voor de mobilisatie van fosfaat samenhangend met de reductie van ijzer en van sulfaat (voor procesuitleg; zie Smolders et al., dit nummer). Bij een hogere temperatuur zullen al deze processen dus gestimuleerd worden (fig. 3).

Door toename van het aantal zomerse dagen, grofweg de helft meer in 2050 ten opzichte van 1990 (KNMI, 2006), zal in eutrofe wateren het risico op perioden met zuurstofloosheid ook sterk toenemen. Dit leidt niet alleen tot vissterfte, maar ook tot een sterke toename van de kans op bloei van groenalgen, cyanobacteriën en ziekteverwekkende micro-organismen (bijvoorbeeld Botulisme). Dit is niet alleen een direct effect, maar vooral ook een indirect effect. Door de zuurstofloosheid neemt de mobilisatie van fosfaat uit de bodem sterk toe, doordat ijzer en sulfaat sneller gereduceerd worden in de toplaag van de bodem. Hierdoor wordt de beschikbaarheid van fosfaat sterk verhoogd, waar snelle groeiers van zullen profiteren.

Invasieve exotische soorten

De grotere kans op eutrofiëring zal een voordeel opleveren voor exotische waterplanten met drijvende bladeren, zoals Smal kroos (*Landoltia punctata*), aangezien

deze geen last hebben van troebelheid door algen. Wanneer de troeftegraad van het water laag genoeg blijft om algenbloei te voorkomen, zullen niet alleen Nederlandse woekersoorten zoals Grof hoornblad, maar ook exotische invasieve soorten als Waterwaaier (*Cabomba caroliniana*) zich sneller kunnen uitbreiden. Hier komt bij, dat sommige soorten zich al vroeger in het voorjaar ontwikkelen (foto 2). Mogelijk zullen ook soorten die nu niet of nauwelijks kunnen overwinteren in ons land, dit in de toekomst wel kunnen. De bestrijding van snelgroeiende invasieve soorten is echter deels symptoombestrijding, zolang de eutrofiëringsproblematiek niet tegelijkertijd aangepakt wordt. In dit licht is bijvoorbeeld ook de bestrijding van Grote kroosvaren, die overigens al sinds het begin van de twintigste eeuw overal in ons land vertoeft, niet erg duurzaam zonder aanvullende maatregelen. Op de plaatsen waar deze plant een probleem vormt, is de water- en/of waterbodempkwaliteit het probleem, niet de verspreiding van deze watervaren.

Veranderde wateraanvoer

Naast de problemen die samenhangen met de temperatuurstijging, zijn er ook problemen door veranderingen in de neerslaghoeveelheid en -frequentie door klimaatverandering. De winters worden natter in Nederland, de zomers droger. Hiermee kunnen in de winter grotere hoeveelheden nutriënten aangevoerd worden. Een inschatting hiervan kan per gebied gemaakt worden via het opstellen van een water- en nutriëntenbalans aan de hand van metingen. Daarnaast neemt in de zomer de kans op verdroging van natte natuur toe, waardoor vaker extra water

aangevoerd zal moeten worden. Bij een slechte externe waterkwaliteit is dit ongunstig (Lamers et al., 2010). In de zomer zullen hevige regenbuien echter vaker voorkomen. Daarmee neemt de kans op afspoeling van nutriënten en sulfaat van landbouwgrond naar sloten sterk toe (Smolders et al., dit nummer). Water- en natuurbeheerders zullen op basis van metingen het beheer gezamenlijk moeten aanpassen met betrekking tot de mogelijke aanvoer routes en extra maatregelen zoals een aangepast peilbeheer of baggeren om eutrofiëring te voorkomen.

Klimaatbestendig beheer van waternatuur

De hydrologische veranderingen als gevolg van klimaatverandering vereisen een aanpassing van het kwantitatief-hydrologische beheer op landschapsschaal (Smolders et al., 2013). Wetlands en aangrenzende weilanden lijken bij uitstek geschikt om biodiversiteit, waterretentie (het langzamer afvoeren van water), waterberging (het tijdelijk opslaan van een wateroverschot) en waterzuivering te combineren. Dit is echter zeker niet altijd het geval. Een voorbeeld is het waterbeheer in broekbossen (Boxman & Stortelder, 2000; Smolders et al., 2003; Lucassen & Roelofs, 2005). Te hoge waterstanden in het groeiseizoen leiden hier tot sterke mobilisatie van fosfaat, ophoping van het giftige sulfide en afsterven van de karakteristieke zeggenvegetatie en zelfs van Zwarte els (*Alnus glutinosa*). Een ander voorbeeld is het te hoog instellen van het waterpeil in vennen (Brouwer & Lucassen, dit nummer). Berging van extern water met een slechtere kwaliteit dan die in het waterrijke natuurgebied heeft een negatief effect op de biodiversiteit, aangezien dit leidt tot eutrofiëring. Hiermee is waterberging in mesotrofe natuurtypen (zoals laagvenen met trilvenen) en oligotrofe natuurtypen (zoals vennen) een slecht idee. Het aantakken van nieuwe natte natuur op voormalige landbouwgronden zal zonder het plaggen van de fosfaatrijke toplaag (van Mullekom et al., dit nummer) leiden tot het creëren van een enorme fosfaatbom, waarbij vele hectaren bestaande natuur per hectare nieuwe natuur om zeep geholpen kunnen worden (Smolders et al., 2006).

Conclusie

Het veranderende klimaat leidt tot grotere extremen met betrekking tot wateraanvoer, en tot een grotere kans op eutrofiëring. Bovendien neemt de kans op invasieve

exoten toe. Een hechte samenwerking tussen onderzoek, natuurbeheer en waterbeheer is daarmee nog essentiëler geworden voor het beheer van waterrijke natuur. Alleen op deze wijze kunnen de precieze oorzaken voor ongewenste veranderingen begrepen worden, kansen ingeschat worden, en de juiste (soms dure) maatregelen gekozen en genomen worden op landschapsschaal. Daarbij dient bedacht dat de werkelijke baten van herstel van de waterkwaliteit, denk aan het belang van schoon water voor recreatie, visserij en drinkwater, een veelvoud zijn van de beheer- en herstelkosten zelf (Lamers et al., 2013).

Literatuur

- Beltman, B., W.A. Weijs & J.M. Sarneel, 2008.** Werken de KRW- en Natura 2000-criteria voor sloten en veenplassen? *H₂O* 8: 25-27.
- Berg, L.J.L. van den, M.D.M. Poelen, N.G. Jaarsma J.J.M. Geurts, R.J. Brederveld & L.P.M. Lamers, 2012.** WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BAGGERNUT) - De rol van vissen, planten, zuurstof en temperatuur bij de nalevering van nutriënten. Resultaten experimenten Radboud Universiteit Nijmegen en B-Ware.
- 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.
- Jaarsma N., M. Klinge, L. Lamers en B. van Weeren, 2008.** Van helder naar troebel... en weer terug: een ecologische systeemanalyse en diagnose van ondiepe meren en plassen voor de kaderrichtlijn water. STOWA-rapport nr. 2008-4.
- Kosten, S., S. Schep & B.J. van Weeren, 2011.** Een frisse blik op warmer water: over de invloed van klimaatverandering op de aquatische ecologie en hoe je de negatieve effecten kunt tegengaan. STOWA-rapport nr. 2011-20.
- KNMI, 2006.** Klimaat in de 21e eeuw – Vier scenario's voor Nederland.
- Lamers, L. (red.), J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christensen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink & J. Roelofs, 2010.** Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. OBN Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Kennis.
- Lamers, L., S. Schep, J. Geurts & F. Smolders, 2012.** Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekering waterplanten. *H₂O* 13: 29-31.
- Lamers, L.P.M., M.A. Vile, A.P. Grootjans, M.C. Acreman, R. van Diggelen, M.G. Evans, C.J. Richardson, L. Rochefort, A.M. Kooijman, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2013.** Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews*, revised ms subm.
- Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs, 2005.** Vernatten met beleid: lessen uit het recente verleden. *Natuurhistorisch Maandblad* 94: 211-215.
- Lüring, M., F. Eshetu, E.J. Faassen, S. Kosten & V.L.M. Huszar, 2012.** Comparison of cyanobacterial and green algal growth rates at different temperatures. *Freshwater Biology* 58: 552-559.
- Poelen, M., L. Van den Berg, R. Bakkum & L. Lamers, 2011.** Quickscan voor inschatting interne nutriëntenmobilisatie. *H₂O* 17: 41-44.
- Roelofs, J. & F. Bloemendaal, 1988.** Eutrofiëring en oligotrofiëring. In: F. Bloemendaal & J. Roelofs, *Waterplanten en waterkwaliteit*. KNNV: 139-145.
- Smolders, A., E. Lucassen & J. Roelofs, 2003.** Waterpeilregulatie in broekbossen: bron van aanhoudende zorg. *H₂O* 24: 17-19.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs, 2006.** De problematiek van fosfaat voor het natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, April 6-11.
- Smolders, A., J. Verhoeven, H. Tomassen, M. van Mullekom, M. van Kempen, J. Roelofs & L. Lamers, 2013.** Waterberging en veenvorming als klimaatbuffers: kansen en valkuilen vanuit biogeochemisch perspectief. *Landschap*, in druk.
- Winder, M. & D.E. Schindler, 2004.** Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem. *Ecology* 85: 2100-2106.

Summary

Waters and wetlands in a changing climate: linking management to science

Although water quality has improved in many areas of the Netherlands, the ecological quality is still poor in general, mainly due to eutrophication as a result of intensive agricultural activities. Although the restoration of water clarity is the first focus in order to enable the growth of submerged vegetation, this may still lead to low biodiversity. One reason for this is the phosphate legacy of underwater sediments, that facilitates massive growth of fast growing, highly competitive species including *Ceratophyllum demersum* and *Elodea nutallii*, but also of invasive species such as *Cabomba caroliniana*.

Applied research including experimental approaches in the field and laboratory not only generates knowledge about key factors and

processes in wetland functioning and deterioration, but also provides indispensable information to design diagnostic and prognostic tools, and for decision support in wetland management.

As a result of global climate change, anaerobic episodes will occur more frequently, leading to higher risks of internal phosphate loading and concomitant algal or cyanobacterial blooms. This will provide bigger challenges to water management and nature management, and require additional measures. Although it is obvious that wetlands play an important role in climate proof water management, care should be taken to avoid large-scale eutrophication as a result of inverse water quality or soil quality. At the same time, novel directions such as phosphorus recycling, carbon sequestration and water retention should be included in future wetland management. In order to be able to define successful management and restoration programs at the landscape scale, close collaboration among nature managers, water managers and wetland scientists is vital, especially in a changing climate. With respect to wetland policy, all benefits of wetland ecosystem services should be included in cost-benefit calculations.

Dankwoord

De auteurs danken Emiel Brouwer, Hilde Tomassen, Esther Lucassen, Roos Loeb, Sarah Faye Harpenslager en Dries Boxman voor hun commentaar op een eerdere versie van dit artikel. Een deel van het onderzoek dat ten grondslag ligt aan dit artikel is gefinancierd binnen de programma's OBN en KRW-Innovatie (Ministerie van Economische Zaken).

Dr. L.P.M. Lamers, Dr. L.J.L. Van den Berg, Prof. Dr. J.G.M. Roelofs & Dr. A.J.P. Smolders
Radboud Universiteit Nijmegen,
Institute for Water and Wetland Research,
Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie,
Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen
en
Onderzoekcentrum B-WARE
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

l.lamers@science.ru.nl
l.vandenberg@science.ru.nl
j.roelofs@science.ru.nl
a.smolders@b-ware.eu

M. Poelen, M.Sc. & Dr. J.J.M. Geurts
Onderzoekcentrum B-WARE
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

m.poelen@b-ware.eu
j.geurts@b-ware.eu