



Bruce Michielsen, Hoogheemraadschap van Rijnland
 Leon Lamers, Radboud Universiteit Nijmegen
 Fons Smolders, onderzoekscentrum B-WARE

Interne eutrofiëring van veenplassen belangrijker dan voorheen erkend?

Al jaren bestaat het vermoeden dat toename van de voedselrijkdom in oppervlaktewater in veengebieden voor een deel door versnelde afbraak van het veen zelf wordt veroorzaakt¹. In dit artikel laten we aanwijzingen zien uit metingen dat interne eutrofiëring kwantitatief het belangrijkste probleem is in sommige plassen. Een combinatie van goed uitgevoerde maatregelen om de aanvoer van fosfor in de Geerplas te minimaliseren leidde slechts tijdelijk tot een sterke verbetering van de waterkwaliteit². De natuurlijke veenbodem zelf bleek na verloop van tijd zoveel fosfor te produceren dat de waterkwaliteit slechter werd dan ooit. De implicaties zijn dat bestrijding van de externe aanvoer van nutriënten zinloos kan zijn zonder aanpak van de interne bronnen. Een andere implicatie is dat baggeren zonder het weren van gebiedsvreemd water een averechts effect op de waterkwaliteit kan hebben. Aan de hand van onderzoek aan de waterbodem kan het risico op interne eutrofiëring in combinatie met de kwaliteit van het inlaatwater vooraf ingeschat worden.

Afbraak van legakker in het gebied van de Reeuwijkse Plassen: mineralisatie of windwerking, of beiden?



De Geerplas is een ondiepe laagveenplas van 30 hectare in het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Het is het meest noordelijke onderdeel van de Langeraaarse Plassen.

Het water van de Geerplas was vóór de maatregelen troebel en eutroof, met totaal-fosforwaarden in de waterlaag schommelend tussen 0.3 en 1 gram per kubieke meter en chlorofylconcentraties van 100 tot 250 milligram per kubieke meter. De bodem van de plas was tot 1989 bedekt met een dikke laag slib. In 1989 en 1990 zijn de volgende maatregelen getroffen in de Geerplas²:

- In 1989 en in 1991 is zoveel mogelijk bagger uit de Geerplas verwijderd. De bedoeling hiervan was om de sterke fosfor-nalevering van de bodem tegen te gaan;
- Tussen 1989 en 1999 is de plas hydrologisch geïsoleerd van de andere delen van de Langeraaarse plassen. Bij een watertekort werd in die periode rechtstreeks water uit de Drecht ingelaten in tegenstelling tot de eerdere situatie waarbij water uit de Leidsche vaart via de zuidelijke plassen werd aangevoerd.

Overtollig water uit de Geerplas werd uitgeslagen op de Drecht. Daarnaast zijn de ontwateringsloten die in het noordwesten loosden op de Geerplas, afgesloten en is drainage water van kassen via een gesloten leiding met de riolering verbonden;

- Voor het peilbeheer werd in de genoemde periode water ingelaten vanuit de Drecht. Om de fosforbelasting als gevolg van het inlaten van water te verminderen, werd dit inlaatwater chemisch gedefosfateerd, met een gemeten efficiëntie van 60 procent voor totaal-fosfor en 90 procent voor orthofosfaat;
- In het petgatengebied in het noordelijke deel van de Geerplas bevinden zich een aalscholver- en blauwe reigerkolonie. Het water dat direct of indirect met meststoffen van deze kolonies was verrijkt, werd via de kortst mogelijke route naar het gemaal bij de Drecht geleid. Uitwisseling met de plas werd voorkomen door een stelsel van dammen en diafragma's.

De eerste jaren hadden de maatregelen zeer sterke positieve effecten op de waterkwaliteit. Vooral de afname van de fosforconcentratie was opvallend (zie afbeelding 1). Hierdoor nam de hoeveelheid algen sterk af en het doorzicht toe (zie afbeelding 2).

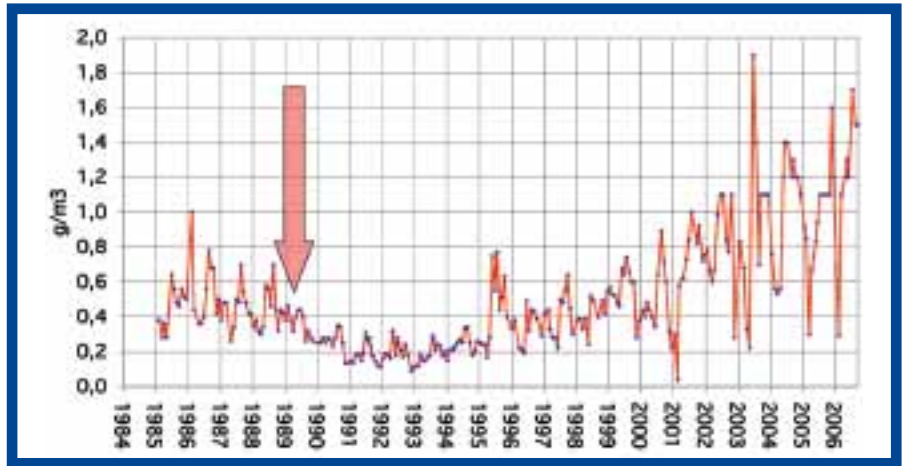
In de zomer van 1994 begon de fosforconcentratie echter weer te stijgen. In de zomer van 1995 werd de concentratie zelfs even hoog als vóór het uitvoeren van de maatregelen. Sindsdien is de fosforconcentratie verder gestegen. Na 1998 is de isolatie opgeheven en de fosforconcentratie is nu nog steeds hoger dan ooit en hoger dan in de andere plassen.

De chlorofylconcentratie is - hoewel in de winter/voorjaar van 1994-1995 en 1995-1996 nog laag - in de zomer van 1995 gestegen tot waarden die vergelijkbaar zijn met de hoge concentraties die werden gemeten vóór het uitvoeren van de maatregelen.

Uit analyse is overigens gebleken dat de lage hoeveelheden van fytoplankton in het winterhalfjaar samenvielen met hoge zoöplanktonbiomassa's. Inmiddels is de hoeveelheid algen weer vergelijkbaar met de hoeveelheden die er waren vóór de maatregelen.

Kortom, er komt ergens fosfor vandaan waardoor de maatregelen slechts tijdelijk een positief effect hebben gehad. Om erachter te komen waar, hebben we een balans op dagbasis opgesteld, rekening houdend met in- en uitgaande posten. Hiermee hebben we de verwachte fosforconcentratie berekend waarbij we er vanuit gingen dat geen fosforverbruikende processen optreden in het systeem. Een conservatieve berekening dus, om inzicht in de netto fosforfluxen te krijgen. De resultaten hiervan vergeleken we met de gemeten fosforconcentratie (zie afbeelding 3).

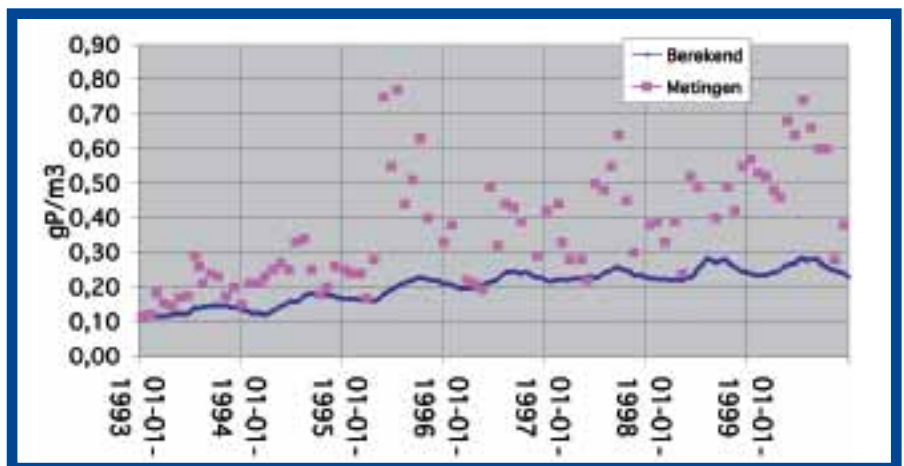
Uit deze vergelijking blijkt dat er inderdaad een forse interne fosforbron moet zijn geweest. De voorspelde concentraties op basis van conservatief gedrag zijn namelijk veel lager dan de in werkelijkheid gemeten concentraties. Uit laboratoriummetingen



Afb. 1: Totaal-fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Geerplas. De pijl geeft de start van de maatregelen weer.



Afb. 2: Gemiddelde chlorofylconcentratie in de zomer in de Geerplas.



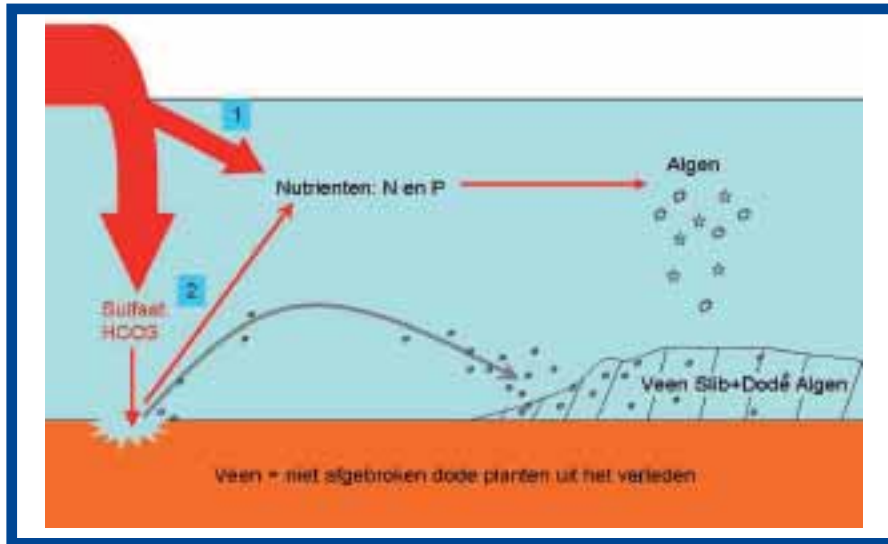
Afb. 3: De totaal-fosforbalans voor de Geerplas.

(kolomproeven) blijkt verder dat er in 1995 een forse toename is opgetreden van de fosforlevering uit de bodem van de Geerplas. Wat is hiervoor de verklaring? Er zijn twee verklaringen mogelijk: lekkage van de schermen die de vogelkolonie isoleren van de rest van de plas of interne eutrofiëring vanuit de waterbodem.

Vogelkolonie?

Eerst werd gedacht aan het lekken van de schermen die de vogelkolonies isoleren van de Geerplas⁵⁾. Probleem hierbij is dat berekeningen (niet getoond) laten zien dat

de zeer grote stijging van de fosforconcentratie die in het voorjaar van 1995 optreedt, slecht verklaard kan worden uit een instroom van water uit de vogelkolonies naar de Geerplas. Hiervoor moet rond 300 kilo fosfor in twee maanden in het water terechtkomen. Dat er een hoeveelheid fosfor uit de kolonie naar de plas lekt, is overigens wel mogelijk. Maar volgens de extreme schatting waarbij het gehele watertekort in maart en april 1995 in de Geerplas wordt aangevuld met het fosforrijke water (2 mg P/l) uit de vogelkolonie, blijkt slechts tien procent van de toename hiermee te kunnen worden



Afb. 4: Schematische weergave van de interne (2) en de externe (1) eutrofiëring in een veenplas.

De afbraak van organisch materiaal wordt sterk versneld door een toename van de alkaliniteit (bicarbonaatconcentratie) van een organische bodem³. In zure of zwakgebufferde veenbodems wordt de afbraak geremd door de zuurgraad van de bodem. Onder zure omstandigheden wordt de afbraak van organisch materiaal geremd doordat de interne pH van de organisch partikelrijke laag is. Een hogere alkaliniteit van het bodemvocht buffert de interne pH van de partikelrijke laag waardoor de afbraak op gang komt. Anaëroobe afbraak van organisch materiaal genereert op haar beurt weer alkaliniteit waardoor een positieve terugkoppeling ontstaat op de afbraak. Uiteraard resulteert deze afbraak in het vrijkomen van nutriënten (onder andere ammonium en fosfaat), waardoor ook de trofiegraad van het systeem toeneemt. De eventuele toename van de neerslag van fosfaat met extra calciumcarbonaat wordt in veenplassen geheel overschaduwde door deze sterk versnelde afbraak⁴.

Voor de afbraak van organisch materiaal onder anaërobe omstandigheden is niet alleen een voldoende hoge alkaliniteit van belang maar ook de aanwezigheid van zogeheten alternatieve elektronenacceptoren, die in plaats van zuurstof gebruikt kunnen worden voor de afbraak van organische verbindingen. Sulfaat zal in anaëroobe bodems fungeren als alternatieve elektronen-acceptor waardoor het de afbraak van organisch materiaal versnelt. Het bij de sulfaatreductie gevormde sulfide reageert verder met in de bodem aanwezige ijzercomplexen waarbij ijzersulfiden worden gevormd.

Op deze wijze kan uiteindelijk het overgrote deel van het in de bodem aanwezige ijzer worden gebonden als ijzersulfide³. Ijzer speelt een belangrijke rol bij de immobilisatie van fosfaat in de bodem. Het fosfaat vormt met ijzer verbindingen als $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ en FePO_4 . Verder wordt een deel van het fosfaat geadsorbeerd aan ijzer(hydr)oxiden. Naarmate een groter deel van het ijzer in de bodem gebonden is aan sulfide, zal minder fosfaat gebonden kunnen worden in de bodem, waardoor de fosfaatconcentraties in het poriëwater sterk toenemen.

De ijzerconcentraties in het poriëwater zullen hierdoor zeer laag worden. Hoge ijzerconcentraties in het poriëwater gaan de nalevering van fosfaat naar de waterlaag tegen, omdat ijzer en fosfaat gezamenlijk neerslaan op de overgang van de anaëroobe bodem naar de aëroobe waterlaag (de 'ijzerval'). Wanneer door een toename van de sulfaatreductie de ijzergehalten in het poriëwater dalen en de fosfaatconcentraties stijgen, zal ook de nalevering van fosfaat naar de waterlaag toenemen. Om deze reden is de verhouding tussen opgelost ijzer en opgelost fosfaat in het poriëwater indicatief voor de mobilisatie van fosfaat naar de waterlaag^{3,4}. Wanneer alle ijzer in de bodem gebonden is aan sulfide, kan er ook nog sulfide ophopen in het poriëwater. Dit sulfide is giftig voor vele wortelende waterplanten en bodemmacrofauna.

verklaard bij de in de vogelkolonie gemeten fosforconcentraties. De hoeveelheid fosfor uit de 170 broedparen kan maximaal 30 of 40 kilo hiervan verklaren mits deze hoeveelheid meteen in de plas terechtkomt. Dit laatste is zelfs bij plotselinge lekkage zeer onwaarschijnlijk

Interne eutrofiëring?

Interne eutrofiëring is verrijking van een watersysteem met nutriënten van binnen uit¹. Voornamelijk door versnelde afbraak van bodemmateriaal treedt verhoging op van de beschikbaarheid van nutriënten

via het poriëwater van de bodem naar de waterkolom. Dit geldt met name voor veenbodems die in het verleden sterk opgeladen zijn met fosfaat. De beschikbaarheid van makkelijk afbreekbare organische stof voor afbraak zal dus in sterke mate bepalen hoe snel dit gaat. Veenbodems bestaan voor een groot deel uit afgestorven planten en zijn daarom in potentie onuitputtelijke bronnen van nutriënten.

Naast de verhoogde mobilisatie van nutriënten leidt versnelde afbraak van veen ook tot de vorming van zeer fijn slib, dat

makkelijk opwervelt en lang in suspensie blijft. Hiermee neemt de helderheid van de waterlaag nog verder af.

Voor het optreden van interne eutrofiëring door versnelde veenafbraak is het wel nodig dat stoffen als sulfaat en bicarbonaat in verhoogde mate worden aangevoerd. Deze aanvoer is van buiten het systeem via het gebiedsvreemde water. 'Gebiedsvreemd water' is niet goed gedefinieerd, maar we bedoelen met deze term het water dat bijvoorbeeld voor peilhandhaving wordt binnengelaten en tot een hogere aanvoer van bicarbonaat en sulfaat leiden dan onder meer natuurlijke omstandigheden. Gebiedsvreemd water werd in het verleden al gezien als een probleem vanwege de extra nutriënten die ermee worden aangevoerd. Nu wordt steeds meer begrepen dat de sulfaat- en bicarbonaatconcentratie op zichzelf al bepalend kunnen zijn voor de eutrofiëringstoestand van met name veenplassen.

Omdat ook in het geval van interne eutrofiëring de oorzaak in feite van buiten komt, bestaat bestrijding ervan uit het weren van bepaalde stoffen van buiten de plassen die met het water meekomen. Voor een overzichtsartikel over interne eutrofiëring verwijzen we naar Smolders e.a.³. In afbeelding 4 is het concept van externe eutrofiëring door aanvoer van nutriënten van buiten en interne eutrofiëring door veenafbraak weergegeven.

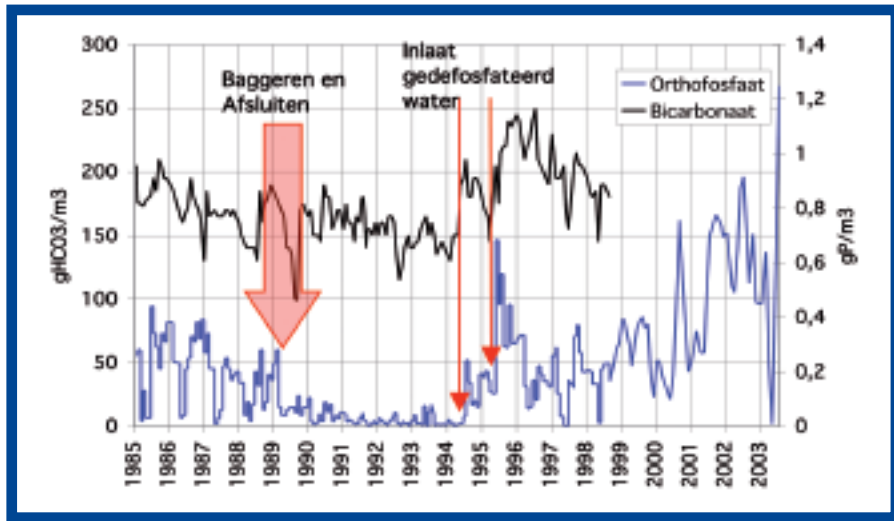
Buiten de troebelheid is een ander teken van interne eutrofiëring de afbraak van de oevers die zelfs in de meest luwe delen van de plassen zichtbaar is. We zien ook in de plassen dat het veen soms loskomt van de bodem en er hele brokken rondrijven. Dit wordt door de wetenschappers in overeenstemming geacht met veenrot door gebiedsvreemde stoffen.

In afbeelding 5 zien we dat op momenten dat (gedefosfateerd!) water wordt ingelaten uit de Drecht de concentratie van bicarbonaat stijgt in de Geerplas (vanaf 1999 zijn er geen metingen meer van bicarbonaat). We zien verder dat niet al te lang daarna de concentratie aan orthofosfaat toeneemt. Dit is in lijn met de gedachte dat veenafbraak wordt versneld door de buffering van de pH. Natuurlijke remming door bij de afbraak gevormde zuren wordt tegengegaan door bicarbonaat. Let wel: de figuur laat de concentraties in de waterkolom zien en niet in het poriëwater.

Belangrijkste implicaties voor laagveenplassen

Indien de waarnemingen inderdaad terug te voeren zijn tot de eerdergenoemde beschreven processen, zijn er belangrijke implicaties voor de effectiviteit van bepaalde 'klassieke' maatregelen tegen eutrofiëring^{3,4}:

- Baggeren als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit kan volgens dit concept averechts werken, omdat een veenlaag met een hoger gehalte aan gemakkelijk afbreekbaar materiaal en mogelijk ook hoge fosforconcentraties komt bloot te



Afb. 5: Bicarbonaat- en orthofosfaatconcentraties in de waterlaag van de Geerplas.

liggen, dat als substraat voor de versnelde afbraak kan dienen. Overigens betekent dit niet dat niet meer gebaggerd moet worden. Dit moet per geval bekeken worden en hangt onder meer af van de waterkwaliteit van het bovenstaande water en van de bodemkwaliteit;

- Defosfateren van inlaatwater kan ontoereikend zijn, omdat deze maatregel alleen

externe eutrofiering aanpakt en de stoffen (sulfaat en bicarbonaat) doorlaat die interne eutrofiering veroorzaken;

- Het afbreken van veenoevers en -bodem tot slib is mogelijk in belangrijkere mate te wijten aan bodemchemische processen dan aan mechanische (golflslag)processen;
- Bij de verdere aanpak die wordt geformuleerd om laagveenplassen te herstellen,

moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat interne eutrofiering de positieve effecten van de (dure) maatregelen teniet doet.

LITERATUUR

- 1) Roelofs J. (1991). Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: Effects on water quality and *Stratiotes aloides* L. stands. *Aquatic Botany* nr. 39, pag. 267-293.
- 2) Hoogheemraadschap van Rijnland (2000). Evaluatie eutrofieringsbestrijdingsproject Geerplas.
- 3) Smolders A., L. Lamers, E. Lucassen en J. Roelofs (2006). Internal eutrophication: how it works and what to do about it - a review. *Chemistry & Ecology* nr. 22, pag. 93-111.
- 4) Lamers L. (red.), J. Geurts, B. Bontes, J. Sarneel, H. Pijnappel, H. Boonstra, J. Schouwenars, M. Klinge, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, B. Kuijper, H. Esselink en J. Roelofs (2006). Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. OBN eindrapportage 2003-2006 (fase 1). Ministerie van LNV, directie Kennis. Rapport nr. 2006/057-O.
- 5) Van Duin E, L. Frinking, F. van Schaik en P. Boers (1998). *Water Science and Technology* jaargang 37, nr 3. pag. 183-192. IWA Publishing.