

Fosfaatbinding door ijzerrijk slib in landbouwsloten

Maarten Vliex ¹⁾, Jeroen Geurts ²⁾, Casper Cusell ³⁾, Leon Lamers ⁴⁾

1) *Radboud Universiteit Nijmegen*

2) *Onderzoekcentrum B-Ware Nijmegen / Radboud Universiteit Nijmegen*

3) *Universiteit van Amsterdam / Radboud Universiteit Nijmegen*

4) *Radboud Universiteit Nijmegen / Onderzoekcentrum B-Ware Nijmegen*

Dit onderzoek toont aan dat waterberging binnen bemalen landbouwgebieden kan leiden tot een betere kwaliteit van het uitgelaten oppervlaktewater, mits er in het betreffende landbouwgebied voldoende ijzerrijk slib in de watergangen aanwezig is en het oppervlak aan sloten groot genoeg is.

In de onderzochte landbouwgebieden is het oppervlak aan sloten op dit moment te klein om de hoge fosfaatlast in deze gebieden te kunnen binden aan ijzer, zelfs bij veel kwel van ijzerrijk grondwater. Om de kwaliteit van het uitgemalen water voldoende te kunnen verbeteren zou het wateroppervlak in het onderzochte gebied 20-30 keer zo groot moeten worden. Dat wil zeggen dat 10-20% van het landbouwareaal zou moeten worden omgezet in ijzerrijke waterbodems, bijvoorbeeld door omvorming van landbouw naar natuur, of door het aanleggen van waterbergingsgebieden.

Het belangrijkste en best ontwikkelde laagveengebied in Noordwest-Europa is Nationaal Park Weerribben-Wieden. Dit natuurgebied (ca. 10.000 hectare) is ontstaan door de veenaftgravingen in de 18^e en 19^e eeuw, en herbergt veel Natura2000-habitattypen met een grote diversiteit aan planten en dieren, inclusief trilveenmoerassen met sterk bedreigde mos- en plantensoorten [1]. Eutrofiëring is een grote bedreiging voor deze trilvenen, omdat ze veel beschermde soorten bevatten die alleen onder fosfor(P)-gelimiteerde omstandigheden voorkomen. Aanvoer van fosfaat uit omliggende landbouwgebieden vormt dan ook een bedreiging voor de ontwikkeling van de Wieden en de Weerribben. De gemiddelde externe belasting is circa 1 g P/m²/jaar, terwijl de streefwaarde in ondiepe meren 0,2-0,4 g P/m²/jaar bedraagt [2]. Een reductie van 60-80% is dus gewenst.

Het verlagen van de fosfaatconcentratie in een natuurgebied kan op vijf manieren gebeuren:

1. Afkoppelen van landbouwpolders en hun P-aanvoer;
2. Waterzuivering (defosfatering) van aanvoerwater aan de rand van het natuurgebied;
3. P-binding in het natuurgebied zelf;
4. P-binding bij de bron, in het landbouwgebied;
5. Verwijderen van de P-rijke toplaag in het landbouwgebied.

In ons onderzoek bekijken we de mogelijkheid om het fosfaat niet in het natuurgebied te binden, maar al in de omliggende landbouwgebieden, waar het vandaan komt. Dit heeft als voordeel dat het in de toekomst niet alsnog vrij kan komen in het natuurgebied. Ons onderzoek richt zich daarom op de natuurlijke fosfaatbinding in een bemalen landbouwgebied door ijzerrijk slib dat al in de sloten aanwezig is. Deze ijzerrijke omstandigheden komen vooral voor in bemalen landbouwgebieden in het midden en oosten van het land vanwege de hoge kweldruk van ijzerrijk grondwater in de sloten (zie afbeelding 1). In deze afbeelding is goed de oranjebruine kleur van het water voor het gemaal te zien, wat een indicatie is voor de aanwezigheid van ijzer.

Het werkingsmechanisme achter de fosfaatbinding is hetzelfde als bij defosfateringsinstallaties: op de overgang van water en bodem wordt ijzer uit de bodem geoxideerd, waarbij fosfaat uit de waterlaag vastgelegd wordt in ijzerfosfaten [3]. Dit wordt de ijzerval genoemd [4]. Verder wordt een deel van het fosfaat geadsorbeerd aan ijzer(hydr)oxiden in de bodem [5]. Onder anaerobe omstandigheden wordt het

reactieve ijzer (Fe^{3+}) echter gereduceerd tot Fe^{2+} . Dat is voor de fosfaatbinding ongunstig, omdat Fe^{2+} een lagere bindingscapaciteit heeft [5, 6]. Beluchten van het slib in sloten (zoals bij defosfateringsinstallaties) zou de binding van fosfaat dus kunnen bevorderen. Tevens leidt beluchten tot opwerveling van bodemdeeltjes, waardoor het bindingsoppervlak vergroot kan worden.

In dit onderzoek was de belangrijkste vraag van waterschap Reest en Wieden of de binding van fosfaat door ijzerrijk slib in sloten voldoende is, en of deze binding geoptimaliseerd kan worden door opwervelen, al dan niet in combinatie met beluchten. De verwachting was dat fosfaat effectiever zou binden aan ijzer onder invloed van zowel opwervelen als beluchten.



Afbeelding 1: IJzerrijke sloot bij gemaal Wetering.

Locatie, proefopzet en metingen

Het onderzoek is uitgevoerd in twee landbouwpolders die grenzen aan Nationaal Park Weerribben-Wieden. Polder Wetering heeft een veenbodem van ongeveer 1,5 meter dik, die in de sloten sterk wordt beïnvloed door de kwel van circa 5 mm/dag. Dit zorgt ervoor dat de poldersloten veel ijzer bevatten. Polder Braommeule heeft ook een veenbodem van ongeveer 1,5 meter dik, maar ondervindt een kweldruk van slechts circa 1 mm/dag. Er is voor deze twee polders gekozen omdat de slootbodems veel ijzer bevatten in de bovenste 10 cm (polder Wetering 13,1 mg/g; polder Braommeule 2,0 mg/g) en de totaal ijzer/fosfor-ratio's in de bodems gunstig zijn (polder Wetering 10,4 mol/mol; polder Braommeule 9,5 mol/mol). Dit geeft aan dat er een grote potentiële bindingscapaciteit is voor fosfaat [5]. Ook de (ijzer-zwavel)/fosfor-ratio's van respectievelijk 6,4 en 5,5 mol/mol laten zien dat er inderdaad voldoende ijzer aanwezig is dat niet aan zwavel gebonden is en dus beschikbaar is om P te binden [7]. Een andere reden dat voor deze twee polders is gekozen, is dat ze beide een grote bijdrage leveren aan de totale aanvoer van P en N naar de natuurgebieden de Wieden en de Weerribben: polder Wetering is verantwoordelijk voor 11% van de totale aanvoer van P en polder Braommeule voor 12%. Door het omlaag brengen van de P-aanvoer uit deze beide polders kan de totale P-belasting van de Wieden en de Weerribben dus in potentie significant afnemen.

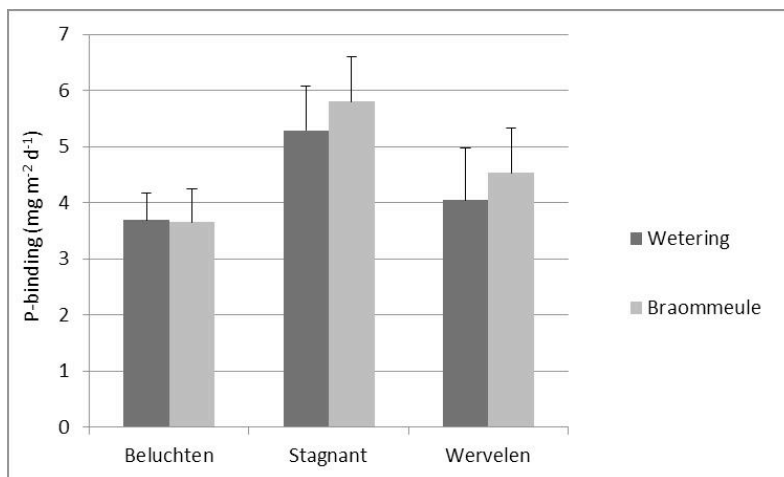
Om meer inzicht te krijgen in de potentiële P-binding door de ijzerrijke onderwaterbodems van beide polders, zijn in beide polders op drie locaties intacte bodemkernen gestoken. De drie monsterplekken bevonden zich direct achter het gemaal, direct voor het gemaal en in een sloot midden in de polder. Op elke monsterlocatie zijn negen kernen gestoken om drie verschillende behandelingen – stagnant water (controle situatie), opwerveling en beluchting – in drievoud te kunnen uitvoeren. Bij het opwervelen is

de waterlaag driemaal per week geroerd, waardoor het bovenste laagje van het slib voor korte tijd opwervelde. Bij het beluchten is door middel van bruissteentjes constant perslucht in de waterlaag van de kolommen gepompt. Hierdoor wervelde het sediment continu op en werd er zuurstof toegevoegd aan de kolom. Alle experimenten zijn uitgevoerd in het donker bij 15 °C volgens de standaardmethode uit het KRW-programma Baggernut [4]. Voor de start van het experiment is aan het water van elke cilinder fosfaat toegevoegd (0,15 mg P/l; 5 µmol/l). Deze concentratie is ongeveer gelijk aan de fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater van beide polders, hoog genoeg om algenbloei mogelijk te maken. Vervolgens zijn over een periode van zes weken wekelijks de fosfaat- en ijzerconcentraties in het bovenstaande oppervlaktewater gemeten in alle kolommen. Met deze gegevens is de fosfaatbindingscapaciteit berekend.

Ten slotte is aan de hand van de draai-uren van gemalen en de concentratie van fosfaat in het water berekend hoeveel fosfaat er per maand door de gemalen wordt uitgestoten, en hoeveel er dus richting de Wieden en de Weerribben stroomt.

Fosfaatbinding in kolom-experimenten

De bindingsnelheid voor fosfaat blijkt voor beide polders in de orde van 3-6 mg P/m²/d te liggen bij een concentratie van 0,15 mg P/l (5 µmol/l) in het oppervlaktewater. Tevens laten de kolom-experimenten zien dat het niet mogelijk is om fosfaat sneller aan het slib te laten binden door middel van beluchten of opwervelen (zie afbeelding 2), waarschijnlijk doordat er al een overmaat aan reactief ijzer (Fe³⁺) in het slib aanwezig is.



Afbeelding 2. P-bindingssnelheden in de verschillende behandelingen voor de polders Wetering en Braommeule
Voor beide polders zijn er geen significante verschillen tussen de behandelingen waargenomen ($P < 0,05$; 1-weg ANOVA).

Doorvertaling naar de veldsituatie

Het feit dat de slootbodems in beide polders zeer ijzerrijk zijn, is een goed uitgangspunt voor fosfaatbinding. Uit metingen (oxalaat-extractie) blijkt dat de bindingsplaatsen voor fosfaat op verschillende dieptes in de slootbodems op dit moment voor 10-15% verzadigd zijn in beide polders. Er is dus nog relatief veel reactief ijzer aanwezig dat voor P-binding gebruikt kan worden. Dit komt vermoedelijk doordat er continu nieuw ijzer wordt aangevoerd via het grondwater.

De bindingscapaciteit per m² slootbodem is groot, maar met het huidige slootoppervlak in de polders is de totale bindingscapaciteit te klein. De polders bestaan voor slechts 0,3-0,8 % uit sloten. Door het beperkte slootoppervlakte wordt ondanks de gunstige, ijzerrijke omstandigheden slechts 3-5% van het

fosfaat aan ijzer gebonden in het huidige systeem (zie tabel 1). Dit betekent dat onder de huidige omstandigheden nog steeds 95-97% van het fosfaat richting natuurgebied de Wieden en de Weerribben stroomt. Daarnaast blijkt de verblijftijd van het water in de polders gemiddeld slechts twee dagen te zijn, waardoor er weinig tijd is om het fosfaat in het slib te laten binden. Er kan dus geconcludeerd worden dat de omvang en snelheid van P-binding beperkend zijn, en niet de bindingscapaciteit per vierkante meter slootbodem.

Tabel 1: Berekening van de huidige P-binding volgens het kolomexperiment (kmol/jaar) en de totale P-output door het gemaal (kmol/jaar)

	Polder Wetering	Polder Braommeule
Huidige P-binding (kmol/jaar)	5,4	6,0
Totale P-output (kmol/jaar)	122	189

Mogelijkheden voor het waterbeheer

Om de bindingscapaciteit in de polders zodanig te verhogen dat alle P vastgelegd kan worden, is het noodzakelijk om het slootoppervlak 20-30 keer te vergroten, uitgaande van de huidige P-binding en P-output. Voor polder Braommeule en polder Wetering betekent dit dat respectievelijk ongeveer 10-20% van het landbouwgebied zou moeten worden omgezet in contactoppervlak met ijzerrijk slib, in de vorm van sloten en/of waterbassins. Er wordt dan wel vanuit gegaan dat de sloten/bassins worden aangelegd op locaties met een voldoende hoge kweldruk, een lage fosfaatverzadiging en gunstige Fe/P en (Fe-S)/P-ratio's in de bodem. Na hevige regenval is het tevens aan te bevelen om het water voor langere tijd vast te houden, zodat de contacttijd tussen oppervlaktewater en waterbodem wordt verhoogd en de fosfaatbinding efficiënter verloopt. Alleen zo is het mogelijk om de waterkwaliteit in de landbouwpolders significant te verbeteren met behulp van het bestaande ijzerrijke slib. De totale P-afvoer naar de natuurgebieden kan in dit geval met maximaal 23% afnemen, wat een grote stap is in de richting van de streefwaarde. Opwerveling en/of beluchting blijken hieraan geen extra bijdrage te leveren.

Conclusie

In landbouwgebieden met ijzerrijke slootbodems en voldoende kwel kan natuurlijke defosfatering bij de bron (in het landbouwgebied) een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van de P-aanvoer naar natuurgebieden. Hiervoor is herinrichting van de landbouwgronden nodig, bijvoorbeeld door omvorming naar natuur of naar waterbergingsgebied. Zo kan het contactoppervlak tussen oppervlaktewater en onderwaterbodem worden vergroot, wordt het water automatisch langer vastgehouden en kan het van nature aanwezige ijzerrijke slib meer fosfaat binden. Op deze manier kunnen de fosfaatconcentraties in het uitlaatwater van een polder op de voor de KRW wenselijke concentraties uitkomen.

Literatuur

- 1) Kooijman, G. (2003). Initiële hoogveenvorming op drijvende vegetaties in de Weerribben en het Haaksbergerveen. Scriptie Nr 540. Aquatische Oecologie & Milieubiologie
- 2) Janse, J. (2005). Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- 3) Michielsen, B., Lamers, L., & Smolders, F. (1997). Interne eutrofiëring van veenplassen belangrijker dan voorheen erkend? H₂O nr. 7, pag. 51-54.
- 4) Poelen, M., Berg, L. van den, Bakkum, R., & Lamers, L. (2011). Quicksan voor inschatting interne nutriëntenmobilisatie. H₂O nr. 17, pag. 41-44.

- 5) Geurts, J. (2010). Restoration of fens and peat lakes: a biogeochemical approach. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.
- 6) Boers, P., & Wijesooriya, W. (1989). Fosfaatfixatie met ijzer: een methode om de interne fosfaatbelasting te verminderen? *H₂O* nr. 16, pag. 501-504.
- 7) Caraco, N. (1989). Evidence for sulphate-controlled phosphorus release from sediment of aquatic systems. *Nature* 341, pag. 316-318.