

## Paludicultuur houdt de polder schoon - zuiveren van oppervlaktewater en uitmijnen van fosfaatrijke bodems met riet- en lisdoddeteelt

*Jeroen Geurts, Christian Fritz, Leon Lamers (Radboud Universiteit Nijmegen), Ab Grootjans (Radboud Universiteit Nijmegen, Rijksuniversiteit Groningen), Hans Joosten (Universiteit Greifswald)*

**Door natte teelten (paludicultuur) in veenweidepolders kan een productief landschap gekoppeld worden aan groenblauwe diensten. Paludicultuur met lisdodde of riet kan op verschillende manieren bijdragen aan de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater, vooral door snelle opname van nutriënten en de daaropvolgende afvoer van biomassa. Door een hoge nutriëntenbelasting kunnen het zuiverend vermogen en de biomassaproductie verder worden verhoogd. De uitdaging is om een goede balans te vinden tussen het juiste oogstmoment voor een economisch rendabele toepassing van de biomassa en een optimale, duurzame nutriëntenverwijdering uit oppervlaktewater en bodem.**

Venen en natte landschappen zijn van oudsher bronnen van voedsel, schoon water, bouwmaterialen en biodiversiteit. De waterkwaliteit in veenweidegebieden staat echter onder druk. Door het intensieve landgebruik spoelt veel nitraat en fosfaat uit naar het oppervlaktewater [1], [2]. In polders met veen neemt de nutriëntenbelasting nog verder toe, omdat drainage veenafbraak, stikstof-, fosfor- en zwavelmineralisatie en vervolgens uitspoeling veroorzaakt [3]. Maatregelen om de nutriëntenbelasting terug te dringen leveren onvoldoende resultaat op [1] en de oppervlaktewaterkwaliteit voldoet vaak niet aan de KRW-normen. Nitraat overheerst in boezem- en grondwater, terwijl veenweidebodems vooral rijk aan fosfor geworden zijn na decennia van overbemesting. Ammonium komt vooral voor in mestopslag, bodemvocht en zuurstofarme poldersloten en in het grondwater.

In Europese regio's met intensieve landbouw, zoals Denemarken en Zuid-Zweden, is al veel kennis opgedaan op het gebied van waterzuivering van diffuse bronnen met behulp van zuiveringsmoerassen in het landelijke gebied. Literatuuronderzoek toont aan dat riet en grote lisdodde een zeer grote capaciteit hebben voor de opname van stikstof en fosfor [4], waardoor deze nutriënten met de oogst aan het systeem onttrokken worden. Verder leveren riet en lisdodde nog extra diensten, zoals een verbetering van denitrificatiesnelheden en de sedimentatie van particulier fosfaat. Het gebruik van dit soort gewassen voor verschillende doeleinden wordt ook wel paludicultuur genoemd.

### **Wat is paludicultuur?**

Paludicultuur is de productie en het gebruik van biomassa in natte of 'hervernatte' veengebieden met behoud of verbetering van ecosysteemdiensten [5]. Op die manier kan een productief landschap gekoppeld worden aan diverse groenblauwe diensten. Een duurzame paludicultuurteelt kan bij gemiddelde grondwaterstanden van 20 cm onder tot 20-30 cm boven maaiveld plaatsvinden. Voorbeelden van traditionele paludicultuur zijn de teelt van riet voor dakbedekking in laagvenen en het oogsten van veenbessen in duinvalleien op de Waddeneilanden en in levend hoogveen. Typische ecosysteemdiensten die door paludicultuur bevorderd worden, zijn reductie van CO<sub>2</sub>-emissies,

waterberging, regionale koeling en de rol als ecologische verbindingszone. Dit artikel richt zich op de zuiverende werking van paludicultuurteelten met riet en lisdodde op oppervlaktewater, het afvoeren van de bovengrondse biomassa en de mogelijke toepassingen. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Cinderellaproject (zie dankwoord) in samenwerking met de Hogeschool Halmstad (Zweden), de Universiteit Greifswald (Duitsland) en de Universiteit Aarhus (Denemarken).

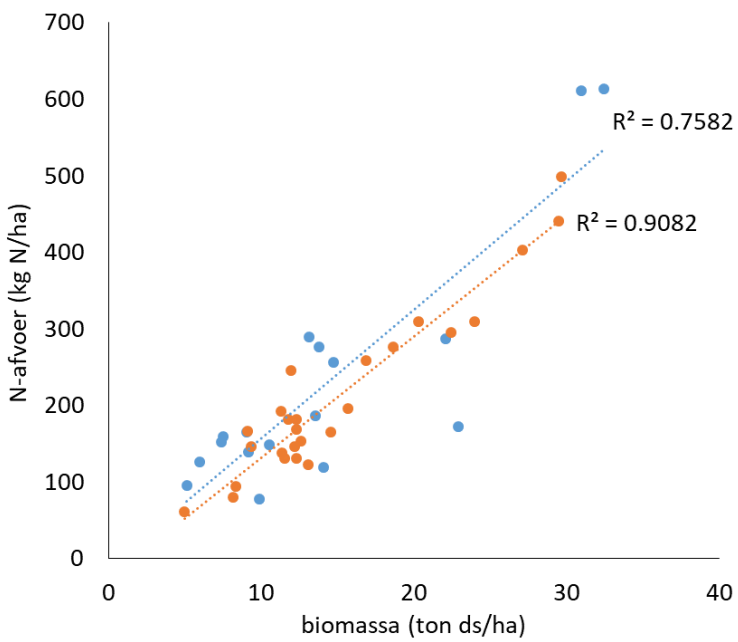
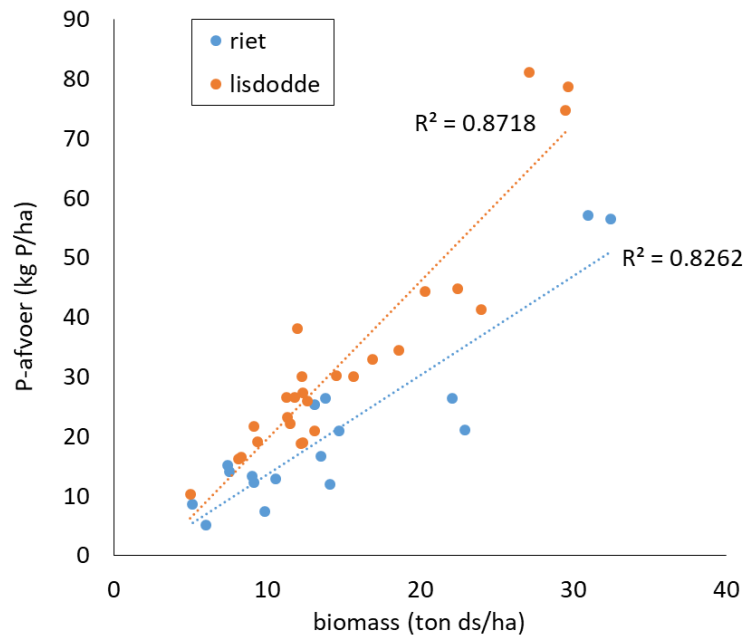
Paludicultuur kan op verschillende manieren bijdragen om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren. De belangrijkste zijn:

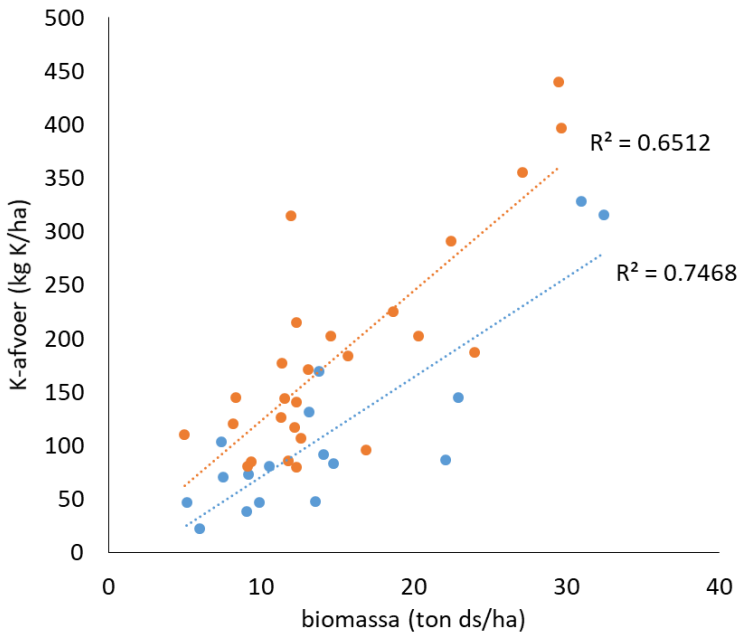
1. Hoge opnamesnelheden van stikstof, fosfor en kalium door snelgroeiende planten zorgen direct voor het zuiveren van inlaatwater met een hoge nutriëntenbelasting (erfafspoeling, grond- en oppervlaktewater).
2. Fosfor dat uit de veenbodem vrijkomt na vernatting wordt direct door de plant opgenomen, waardoor geen uitspoeling optreedt.
3. Biomassa oogst zorgt ervoor dat de in planten opgeslagen nutriënten definitief uit het systeem verdwijnen.
4. De plantenwortels bevorderen denitrificatie.
5. Verhoging van het grondwaterpeil (-20 tot +20 cm) verlaagt de uitspoeling van stikstof en fosfor naar de sloot en het grondwater.
6. Hogere grondwaterpeilen zorgen ook voor lagere veenoxidatie- en bodemmineralisatiesnelheden.
7. Potentiële veenopbouw en vastlegging van nutriënten in dit veen (dit proces is pas op schaal van 10-100 jaar relevant).
8. Hoge waterpeilen in bufferzones beperken verdroging in aangrenzende landbouw- en natuurgebieden, waardoor minder inlaat van voedselrijk oppervlaktewater nodig is.
9. Waterberging van het neerslagoverschot in de winter zorgt ervoor dat er minder (voedselrijk) oppervlaktewater ingelaten hoeft te worden in periodes van neerslagtekort.

### **Afvoer van nutriënten**

De Radboud Universiteit Nijmegen heeft in samenwerking met andere Europese onderzoekers als onderdeel van het Cinderellaproject een aantal veldproeven en -gradiënten bemonsterd en kasexperimenten uitgevoerd met riet en grote lisdodde op verschillende vernatte veenbodems. Uit de internationale veldstudie blijkt dat paludicultuur na vernatting van veengronden een goede maatregel is om nutriënten uit het watersysteem te verwijderen. Zowel riet als lisdodde heeft een hoog zuiverend vermogen. De afvoer van N, P en K neemt nagenoeg lineair toe bij een toenemende biomassa op plekken waar riet en lisdodde spontaan zijn gaan groeien na vernatting (zie afbeelding 1). Dit zijn locaties waar veen vernat is ten behoeve van klimaatmitigatie, de aanleg van een waterbuffer of biomassaproductie op nat veen. De hydrologie is op deze locaties zo ingericht dat de groei van lisdodde en riet gestimuleerd wordt, wat vaak leidt tot een homogene vegetatie met een hoge biomassakwaliteit. Lisdodde neemt per ton droge stof en per hectare meer P en K op dan riet, en is uit dat oogpunt dus geschikter dan riet om

nutriënten uit water en bodem te verwijderen. De kasexperimenten laten vergelijkbare resultaten zien voor de totale afvoer van nutriënten per hectare en verhoudingen tussen nutriënten.





Afbeelding 1. De afvoer van N, P en K (in kg/ha) uitgezet tegen de biomassa van riet en lisdodde (in ton droge stof/ha) op veldlocaties waar riet en lisdodde spontaan zijn gaan groeien na vernatting

Uit de experimenten blijkt verder dat stikstof de sturende factor is voor de groei van vooral lisdodde en dat de opname en afvoer van nutriënten daarmee ook hoger wordt bij een hogere stikstofaanvoer (tot meer dan 500 kg N/ha en 80 kg P/ha). Dit is ook te zien aan de lagere N:P-ratio's in lisdodde (5-8) dan in riet (10-12). Bovendien verdwijnt er stikstof uit het systeem door denitrificatie onder natte omstandigheden. Stikstof dat niet direct opgenomen wordt door lisdodde of riet, wordt dan door bacteriën omgezet. Onder paludicultuuromstandigheden zijn er denitrificatiesnelheden van 1,54 kg N per hectare per dag (/ha/d) gevonden [6].

De aanvoer van stikstofrijk water verhoogt het zuiverend vermogen en de biomassaproductie in een paludicultuur. Maar ook bij een lage stikstofaanvoer kan al een biomassaproductie bereikt worden die vergelijkbaar is met graslanden (10 ton droge stof/ha), omdat de achtergrondbelasting van stikstof in Nederland de afgelopen decennia altijd hoog is geweest: via bodemmineralisatie (60-80 kg/ha/jaar), atmosferische depositie (ca. 20 kg/ha/j) en stikstoffixatie door planten zelf (ca. 15 kg/ha/j).

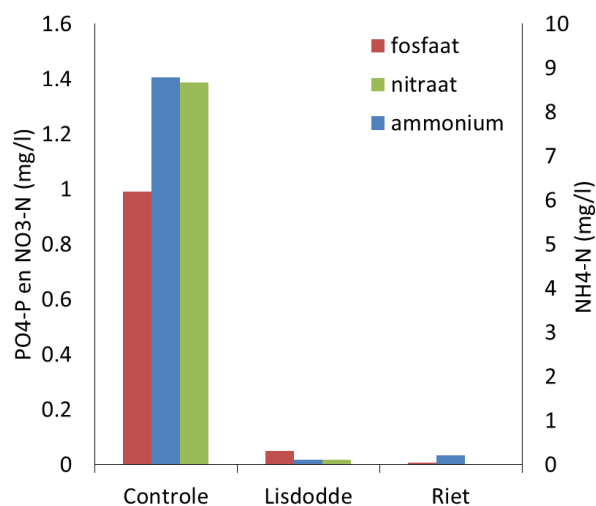
In sommige gevallen kan het nodig zijn om ook een bodemverbeteraar die kalium, magnesium of calcium bevat te gebruiken, wanneer deze elementen beperkend worden voor de groei of wanneer er niet voldoende buffering aanwezig is. Lisdodde groeit beter bij een pH boven de 4 en beide soorten worden in hun groei geremd bij hoge N:K-ratio's (>2). Op dit moment wordt er verder onderzoek gedaan om de effecten van kationen (zoals kalium, calcium en magnesium) op de groei en het zuiverend vermogen van paludiculturen te kwantificeren.

### Watermanagement

Er zijn verschillende opties om voldoende aanvoer van stikstofrijk water te krijgen voor paludicultuur. Ten eerste kan polderwater gebruikt worden met relatief hoge stikstofconcentraties van 3-5 mg/l [1], [7]. Met

een hydraulische belasting van 10 mm/d (2 meter over het hele groeiseizoen excl. neerslag) komt de totale stikstofaanvoer via het oppervlaktewater uit op 60-100 kg N/ha. De totale P-aanvoer komt dan uit op 3-7 kg P/ha, uitgaande van fosforconcentraties in polderwater van 0,15-0,35 mg P/l [1], [7], [8]. Als de concentraties in het polderwater lager zijn, is er simpelweg meer doorstroming nodig.

Daarnaast kan paludicultuur ingezet worden om erfafspoeling te zuiveren. De gemiddelde erfafspoeling in Nederland bevat 96 mg N/l en 32 mg P/l en de totale erfafspoeling bedraagt 9,7 miljoen m<sup>3</sup> per jaar [9]. Dat betekent bijvoorbeeld dat 6.200 hectare paludicultuur voorzien kan worden van een totale stikstofaanvoer van 150 kg/ha en fosforaanvoer van 50 kg/ha, waarbij optimale groei en volledige nutriëntenopname gegarandeerd is en er geen uitspoeling van N en P zal optreden (zie afbeelding 2).



*Afbeelding 2. De uitspoeling van nitraat, ammonium en fosfaat in een kasexperiment, waarbij veenbodems met (lisdodde of riet) en zonder vegetatie (controle) onder water werden gezet. De totale stikstofaanvoer bedroeg 50 kg/ha in 3 maanden. De uitspoeling is weergegeven als concentratie in het oppervlaktewater aan het eind van deze periode*

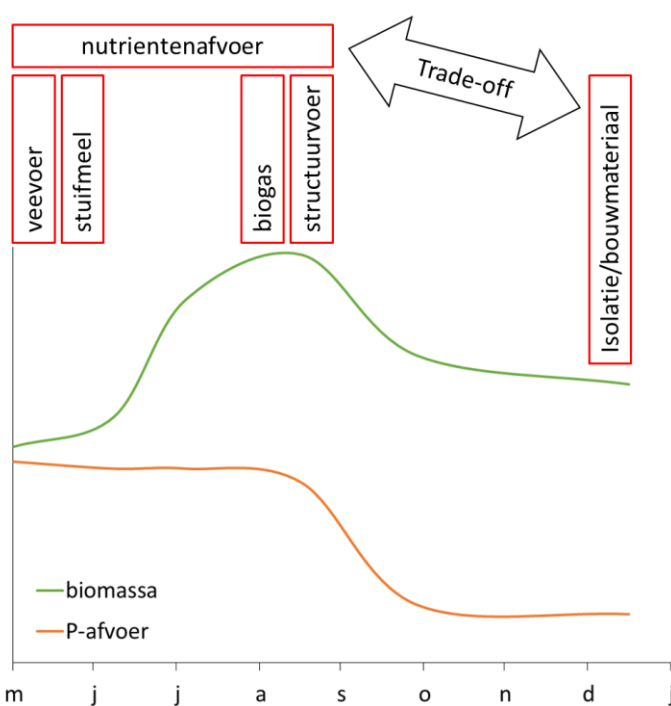
In Zweden is op deze manier met subsidies uit het Europees Plattelandsontwikkelingsprogramma (POP-subsidies) al 5.300 hectare aan zuiveringsmoerassen aangelegd in intensief landbouwgebied, waarin bij voldoende nutriëntenaanvoer jaarlijks per hectare 300-340 kg N en 30-45 kg P werd verwijderd [10]. In de Verenigde Staten worden duurzame verwijderingssnelheden van 400 kg N/ha/j en 50 kg P/ha/j bereikt in vergelijkbare zuiveringsmoerassen [11]. Tot slot kan in sommige laaggelegen gebieden, zoals onderbemalingen, grondwater worden gebruikt met een hoge stikstofconcentratie. Dit zal waterkwaliteitsproblemen in dit soort polders drastisch kunnen verminderen.

De optimale waterhoogte van een paludicultuur met lisdodde of riet is 10 tot 20 cm, waarmee uitdroging wordt tegengegaan en de onkruiddruk laag wordt gehouden. Er kan echter tijdelijk ook veel meer water geborgen worden (>1 m), als het watersysteem en de inrichting van de polder dit toelaten. Dit leidt niet tot schade aan het gewas, waardoor het een interessante optie zou zijn voor noodberging na hoosbuien. Het is ook geen probleem als het veld tijdelijk uitdroogt tot 30 cm onder maaiveld. Lisdodde kan dit maximaal 2 weken volhouden zonder schade en riet zelfs nog langer. Een hydraulische belasting van 10 tot 20 mm/d in het groeiseizoen (2-4 m/j) volstaat om genoeg nutriënten uit het water te kunnen

verwijderen. Een vergelijkbare belasting werd gebruikt in andere pilots in Nederland, waaronder in het rietfilter op waterpark het Lankheet, waarin gemiddeld per dag 3,5 kg N/ha werd verwijderd [12].

### Oogstmoment

Om een maximale afvoer van nutriënten te behalen, is het optimale oogstmoment van lisdodde in de zomer. De P-afvoer (in kg/ha) blijft tussen mei en september (de piek in biomassa) nagenoeg hetzelfde, terwijl de N-afvoer (net als de biomassa) in deze periode toeneemt en de K-afvoer afneemt (zie afbeelding 3). Een oogst in de vroege zomer kan gebruikt worden als veevoer, omdat de eiwitgehalten dan het hoogst zijn. Wanneer later in de zomer geogst wordt, kan de biomassa gebruikt worden voor biogas of structuurvoer. Het nadeel van een zomeroogst is echter dat er dan onzekerheden zijn over de nutriëntenbalans en de hergroei op langere termijn. Bovendien vraagt het in de meeste gevallen om meer management dan een winteroogst.



Afbeelding 3. De relatieve biomassa van lisdodde, de fosfaatafvoer en de mogelijke toepassingen van de biomassa op verschillende oogstmomenten

Lisdodde die in de winter geogst wordt, bij voorkeur na een vorstperiode, kan gebruikt worden als isolatie- of bouwmateriaal, omdat het vochtgehalte dan het laagst is. Bovendien wordt er in de winter nog steeds een significante hoeveelheid nutriënten verwijderd (5-10 kg P/ha). Afhankelijk van de eisen aan biomassakwaliteit (denk aan voederwaarden of vochtgehalten) zal het oogstmoment tot verschillen in afvoer van nutriënten leiden. Het blijft dus een afweging tussen de verschillende mogelijke toepassingen en een optimale, duurzame nutriëntenverwijdering uit oppervlaktewater en bodem. Uit ons onderzoek blijkt dat een lisdoddeveld een duurzame opbrengst van 10 ton ds/ha/j kan bereiken door voldoende

stikstof en kalium uit polderwater en bodemnalevering te halen. Er zijn echter ook twee oogsten per jaar mogelijk mits er voldoende nutriënten beschikbaar zijn.

### **Conclusie**

Paludicultuur biedt mogelijkheden voor zowel waterzuivering als het uitmijnen van fosfaat in veenweidegebieden. Vegetaties met riet en lisdodde nemen nutriënten snel op en voorkomen uitspoeling. De biomassaproductie kan verder gestimuleerd worden door de aanvoer van stikstofrijk water en het gebruik van bodemverbeters. Een slechte waterkwaliteit levert in dit geval een win-winsituatie op. Onder ideale omstandigheden is de afvoer van stikstof dan bijna onbeperkt. Hoeveel nutriënten er precies afgevoerd worden, hangt af van het oogstmoment. Het oogstmoment bepaalt echter ook de toepasbaarheid en economische meerwaarde van de biomassa.

### **Aanbevelingen voor het waterbeheer**

- Neem de optie van paludicultuur mee als maatregel in het nutriëntenmanagement voor de hele polder om KRW-doelen in het oppervlaktewater te bereiken.
- Paludicultuur is geschikt voor de laagst gelegen plekken in de polder, omdat vernatting ten opzichte van de omliggende percelen eenvoudiger te realiseren is en de kweldruk (indien aanwezig) hoog is.
- Zorg ervoor dat op deze plek ook water afgevoerd kan worden, zodat gezuiverd oppervlaktewater naar de boezem gepompt kan worden.
- Als de nadruk ligt op het uitmijnen van fosfor, is de efficiëntie van lisdodde hoger dan die van riet.
- Maximale afvoer van bijvoorbeeld fosfor (80 kg/ha/j) vereist maatwerk bij de aanvoer van limiterende nutriënten, zoals stikstof en kalium, en het moment van oogst.
- Kijk naar ervaringen in het buitenland met vergelijkbare zuiveringsmoerassen.

### **Dankwoord**

De auteurs willen de onderzoekspartners binnen het Cinderellaproject hartelijk bedanken voor hun hulp bij het bemonsteren van de veldlocaties, met name Claudia Oehmke, Wendelin Wichtmann, Brian Sorrell, Carla Lambertini, Hans Brix, Per Magnus Ehde en Stefan Weisner. Het Cinderellaproject wordt gefinancierd door ERA-NET Climate Smart Agriculture binnen het Europese FACCE-JPI-programma. Binnen het project wordt in internationaal verband gewerkt aan de implementatie en promotie van een klimaatvriendelijk alternatief voor de huidige landbouwpraktijk op veengronden in de vorm van paludicultuur, een innovatieve agrarische benadering van biomassaproductie op vernatte veengronden.

### **Referenties**

1. Claassen, T., Meijer, I., & Blom, J. (2012). Nutrientenvrachten uit polders onderschat. *H2O* 11, 37-40.
2. Groenendijk, P., Renaud, L., Luesink, H., Blokland, P.W. & Koeijer, T. de (2015). *Gevolgen van mestnormen volgens het 5de Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater*. Alterra rapport 2647. Wageningen: Alterra.

3. Smolders, A.J.P. et al. (2013). Waterkwaliteit in het veenweidegebied. De complexe interacties tussen oever, waterbodem en oppervlaktewater. *Landschap* 30(3), 145-153.
4. Romero, J.A., Brix, H. & Comín, F.A. (1999). Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH<sub>4</sub> uptake kinetics by *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* 64(3), 369-380.
5. Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (red.) (2016). *Paludiculture - productive use of wet peatlands. Climate protection - biodiversity - regional economic benefits*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
6. Veraart, A.J., Bruijne, W.J. de, Klein, J.J. de, Peeters, E.T. & Scheffer, M. (2011). Effects of aquatic vegetation type on denitrification. *Biogeochemistry* 104(1-3), 267-274.
7. Mouissie, M., Diggelen, R. van & Vegter, U. (2009). Nutrientenverwijdering in overstromingsmoerassen. *H2O* 12, 29-32.
8. Vliex, M., Geurts, J., Cusell, C. & Lamers, L. (2013). Fosfaatbinding door ijzerrijk slib in landbouwsloten. *H2O-Online*. 4 november 2013.
9. *Emissieschattingen Diffuse bronnen, Emissieregistratie Erfafspoeling*, Deltares, mei 2016. In opdracht van Rijkswaterstaat.
10. Land, M. et al. (2016). How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. *Environmental Evidence* 5(1), 9.
11. Mitsch, W.J., Horne, A.J. & Nairn, R.W. (2000). Nitrogen and phosphorus retention in wetlands - ecological approaches to solving excess nutrient problems. *Ecological Engineering* 14, 1-7.
12. Klein, J.J.M. de & Werf, A.K. van der (2014). Balancing carbon sequestration and GHG emissions in a constructed wetland. *Ecological Engineering* 66, 36-42.