



Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend?

Vanuit de natuur gezien is de Nederlandse landbouwbodem oververzadigd met fosfaat (PO₄) en stikstof (N). Dit heeft twee belangrijke gevolgen voor de natuur. Ten eerste verloopt de ontwikkeling van natuur op voormalige landbouwgronden moeizaam. Het probleem hierbij is vooral het bereiken van een lage voedingsstoestand. Ten tweede vindt er op grote schaal uitspoeling plaats van nutriënten (met name nitraat) vanuit landbouwgebieden naar de omgeving.

Alfons Smolders, Esther Lucassen, Mark van Mullekom, Hilde Tomassen & Emiel Brouwer



Foto 1. Ruigtevegetatie in het Vossenbroek op een locatie waar slechts 20 cm van de fosfaatverzadigde bouwvoor is verwijderd (foto: Maarten Veldhuis).

Om een lage voedingsstoestand van de bodem te bereiken wordt vaak de fosfaatverzadigde toplaag afgegraven. In dit artikel gaan we in op de bodemchemie en bespreken of ontgronden ook een toereikende maatregel is om de gewenste natuurdoeltypen te bereiken.

Nutriëntenlimitatie

Wanneer in de bodem een overmaat is aan alle voedingsstoffen, wordt licht de beperkende factor. Hierdoor worden snelgroeende soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Witte klaver (*Trifolium repens*) of Engels raaigras (*Lolium perenne*) bevoordeeld, en wanneer het beheer niet navenant intensief is ontstaat een ruigtevegetatie (foto 1 en 2). Soortenrijke, voedselarme vegetatietypen kunnen alleen gerealiseerd worden, wanneer de groei van planten wordt gelimiteerd door één van de essentiële voedingsstoffen.

Als gevolg van de hoge ammoniakemissies uit de landbouw en NO_x-emissies hebben we in Nederland te maken met een stikstofdepositie van ten minste 20-30 kg per hectare per jaar. Lokaal kunnen deze depositieniveaus zelfs hoger zijn dan 40 kg N per hectare per jaar. De natuurontwikkeling die, zeker op de voorheen voedselarme zandgronden, vaak wordt gewenst (heide, vennen, hoogvenen en soortenrijke graslanden) vereist echter een N-depositie van minder dan 10 kg per hectare per jaar: het zogenaamde kritische depositieniveau ('critical load'). Zolang de N-depositie hoger is dan het kritische depositieniveau, is het moeilijk om deze natuurtypen te realiseren met behulp van stikstoflimitatie. Zelfs wanneer stikstoflimitatie wordt bereikt, kan zich op fosfaatrijke gronden door biologische vastlegging van N (o.a. door klavers) op termijn opnieuw een eutrafente vegetatie ontwikkelen. In de praktijk betekent dit dat gestuurd moet worden op P(fosfor)- of K(kalium)-limitatie. Omdat kalium in de meeste gevallen in voldoende mate kan vrijkomen uit de verwerking van silicaten, is het sturen op P-limitatie doorgaans het meest kansrijk.

Foto 2. Vernat weiland in het stroomgebied van de Hierdense beek (Staverden). Het weiland wordt gedomineerd door Pitrus (*Juncus effusus*) (foto: Esther Lucassen).



Foto 3. Ontgrondingswerkzaamheden bij de Lindense Laak (Vorden) (foto: Mark van Mullekom).

Voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden heeft de randvoorwaarde van P-limitatie ernstige consequenties. Door de bemesting van deze gronden is de P-beschikbaarheid vaak extreem hoog. Geregeld is hierbij niet alleen de bouwvoor sterk verrijkt, maar is ook een deel van het fosfaat uitgespoeld naar diepere bodemlagen. In kader 1 staat weergegeven hoe de beschikbaarheid van P kan worden bepaald en welke grenswaarden voor welke type bodems gehanteerd kunnen worden.

Bereiken van P-deficiëntie

Om voormalige landbouwgrond om te vormen tot een voedselarme bodem, zullen vaak kostbare maatregelen nodig zijn, ten-

zij de binding aan calcium en/of ijzer zeer dominant is (kader 1). Een veel toegepaste beheersvorm is het maaien van vegetaties waarbij het maaisel, met de daarin vastgelegde voedingsstoffen, wordt afgevoerd. Wanneer er meer voedingsstoffen worden afgevoerd dan aangevuld, spreekt men van verschraling. Uitmijnen is een variant op maaien en afvoeren waarbij de afvoer van een bepaald element wordt geoptimaliseerd door de voedseltoestand van de overige nutriënten optimaal te houden (Koopmans et al., 2004; Chardon et al., dit nummer). Het afvoeren van nutriënten via het gewas gaat echter langzaam, omdat slechts een klein deel van de drogestof uit N, P of K bestaat. Bij een gemiddelde afvoer van

10 kg P per ha per jaar duurt het tientallen tot zelfs honderden jaren voordat door middel van maaien en afvoeren P-deficiëntie in de bovenste 25 cm van de bodem kan worden bereikt (Lamers et al., 2005). Dit neemt niet weg dat het goed kan worden toegepast in combinatie met andere maatregelen om fosfaat af te voeren of op bodems die van nature goed fosfaat binden. Daarnaast voorkomt maaien de opslag van bomen en struvelen.

Inzet van grazers in weiden en halfopen landschappen voorkomt het dichtgroeien waardoor variatie in het gebied ontstaat. De netto afvoer van nutriënten door middel van begrazen is echter zeer beperkt. Begrazen van natte terreinen waarin zich

Kader 1. P-beschikbaarheid en grenswaarden

Fosfaat kan in de bodem op verschillende wijzen zijn vastgelegd. Zo kan het fosfor in de bodem gebonden zijn aan calcium of ijzer. Voor de fosfaatbinding van calcium is de vorming van calciumfosfaatcomplexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Een groot deel van het fosfor in de bodem kan echter ook gebonden zijn in de vorm van ijzerfosfaatcomplexen. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat-zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaërobe condities) en FePO_4 (onder aërobe condities). De calcium- en ijzerconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. Op plaatsen waar de bodem rijk is

aan ijzer en calcium blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater (Smolders et al., 2006). Daarnaast kan P-binding plaatsvinden aan organische stof en klei. Door binding (adsorptie) aan deze bodemdeeltjes is fosfaat tegen uitspoeling 'beschermd'. Fosfaat is dan ook te beschouwen als relatief immobiel. Een goede maat voor de P-beschikbaarheid voor planten is de Olsen-P concentratie van de bodem. De Olsen-P waarde kan worden bepaald aan de hand van een bicarbonaat-extractie van de bodem. Een bruikbare grenswaarde voor P-deficiëntie van zandige of venige bodems is een Olsen-P concentratie van 300 micromol (= 9,5 mg P) per liter verse bodem. In de hiervoor karakteristieke eco-

systemen (heidevelden, hoogvenen, venoevers) liggen de Olsen-P concentraties van de bodem onder dit niveau. Voor kalkrijke en/of ijzerrijke bodems en de bijbehorende vegetatietypen kan een hogere Olsen-P grenswaarde van 500 micromol per liter bodem worden gehanteerd. De Olsen-P concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven deze niveaus. Het is van belang om de P-beschikbaarheid uit te drukken per liter bodem en niet, zoals vaak gebeurt, per kilogram droge bodem. Planten wortelen immers in een bepaald bodemvolume en de droge massa per liter bodem kan sterk verschillen tussen verschillende bodemtypen. Overigens zijn ook de totaal-P concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door verwerking weer P

vrijkomen in de voor planten-beschikbare P-fractie (Olsen-P fractie). Voor de totaal-P concentraties kan voor zandige of venige bodems een grenswaarde van 5 mmol per liter bodem worden aangehouden. Kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dat komt omdat klei zeer goed fosfaat bindt. Aangezien kleibodems niet alleen veel fosfaat binden maar ook immobiliseren, kunnen voor kleibodems hogere Olsen-P en totaal-P grenswaarden worden gehanteerd. Op kleibodems kunnen uiteraard alleen minder schrale graslandtypen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit vegetatietype kan op kleibodems een Olsen-P grenswaarde worden gehanteerd van 800-1000 micromol per liter verse bodem.

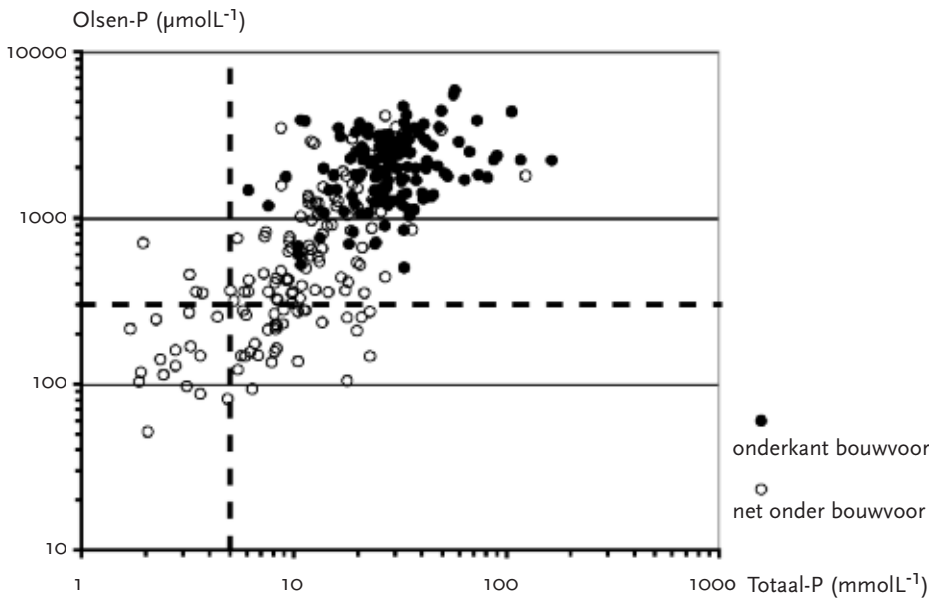


Fig. 1. Het fosfaatfront bevindt zich vaak dieper dan de bouwvoor. In deze figuur worden voor 143 bodemmonsters uit landbouwgronden in Noord-Limburg de totaal-P en Olsen-P concentratie van de onderkant van de bouwvoor en de bodemlaag net onder de bouwvoor gegeven. De concentraties net onder de bouwvoor zijn doorgaans lager maar vaak wel hoger dan de streefwaarden voor voedselarme natuurdoeltypen (stippellijnen).

Pitrus heeft gevestigd, heeft zelfs vaak een averechts effect omdat de meeste grazers een groot deel van het jaar geen Pitrus eten. Het gevolg van veel vormen van begrazen is vaak een verdere toename van de dominantie van Pitrus (Merchant, 1993; Kemmers et al., 2004; Lamers et al., dit nummer).

Ontgronden

Bij ontgronden wordt de toplaag (enkele decimeters, op bouwland in ieder geval de bouwvoor) verwijderd (foto 3). Een bijkomend voordeel van ontgronden in verdroogde terreinen is dat het maaiveld wordt verlaagd waardoor de afstand tot het grondwater wordt verkleind. Uiteraard is het hierbij van belang de P-concentraties in de bodem te meten, zodat duidelijk wordt tot hoe diep moet worden afgegraven. De diepte van het 'fosfaatfront' komt vaak niet overeen met de diepte van de bouwvoor en in permanente graslanden is geen duidelijke bouwvoor aanwezig. De ontgrondingsdiepte kan dus vaak niet op het oog bepaald worden (fig. 1). Ontgronden is meestal een zeer succesvolle maatregel wanneer de ontgrondingsdiepte wordt gebaseerd op een goed onderzoek naar de fosfaatbeschikbaarheid (Lucassen et al., 2008). Wanneer in een eenvormig gebied eenmaal voldoende ervaring is met de relatie tussen bodemtype, bodemgebruik en fosfaatindringing, kan de onderzoeksinspanning sterk worden teruggebracht. Wel zal ontgronden altijd gepaard moeten gaan met een aantal aanvullende maatregelen. De kosten verbonden aan het ontgronden kunnen behoorlijk

zijn, maar leiden wel tot forse besparingen op het maaien en afvoeren op de (middel) lange termijn. Verder kunnen deze kosten fors worden gedrukt wanneer er een afzet voor de vrijkomende grond kan worden gevonden (Stoker, dit nummer). De diepte van het fosfaatfront kan sterk verschillen tussen locaties. Met name op zandgrond kan het fosfaatfront diep in de bodem doordringen. Wanneer het perceel gedurende langere tijd als maïsacker in gebruik is geweest, is de bodem vaak tot op relatief grote diepte (soms zelfs tot meer dan een meter diep) fosfaatverzadigd. Ook is op sommige percelen de fosfaatverrijkte bodem door diepplougen tot een meter diep in de bodem terechtgekomen. Het zal dan ook niet altijd mogelijk/wenselijk zijn om landbouwgronden die uit productie

worden genomen om te vormen tot voedselarme natuur. Vaak zal het nodig zijn om voor een voedselrijk natuurdoeltype te kiezen, of voor houtproductie. Anderzijds bieden bestaande bossen vaak weer goede kansen om omgevormd te worden tot voedselarme natuur, omdat deze in het verleden nooit bemest zijn geweest (fig 2; van den Boom et al., dit nummer).

Aanvullende maatregelen

Ook na het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag zal in de meeste gevallen nog een beperkt aanvullend beheer moeten plaatsvinden om de verschraling te voltooien. Dit kan door maaien en afvoeren. Door zware bemesting zijn de bodems van pleistocene zandgronden vaak gedeeltelijk ontkalkt. Voor deze relatief kalkarme gronden is een eenmalige lichte bekalking vaak gewenst om verzuring te voorkomen. Een bijkomend voordeel is dat bekalking tot een betere fosfaatbinding leidt (Smolders et al., 2008). Een ander punt is dat na ontgroning met name op voormalige landbouwgronden van de oorspronkelijke zaadbank meestal niets meer over is (Bekker et al., 1996, 2000). Voor zover niet afgegraven, zijn door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems de meeste zaden reeds gekiemd, omdat nitraat werkt als kiemhormoon (Hendricks & Taylorson, 1972). Veelal wordt de nog resterende zaadbank gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Introductie van doelsoorten zal dan ook in bijna alle gevallen nodig zijn door de nodige zaden, sporen en stekken aan te brengen voor een voorspoedige vestiging van

Fig. 2. Reciproke ontwikkeling van landbouwgrond en (dennen)bos. Op deze wijze kunnen een betere boskwaliteit en ontwikkeling van nieuwe voedselarme natuur hand in hand gaan.



de gewenste vegetatie (Klimkowska et al., 2007). Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door het aanbrengen van maaisel uit een referentievegetatie (fig. 3, foto 4). Zo laat een experiment in het dal van de Hierdense beek zien dat de combinatie van ontgronden en introductie van maaisel de hoogste diversiteit aan planten oplevert. Ontgronden alleen leidde reeds tot een verdubbeling van het aantal soorten maar het aanvullend aanbrengen van maaisel uit een soortenrijke vegetatie uit het Verbrande bos leidde maar liefst tot een verviervoudiging van het aantal soorten ten opzichte van de controle. Het aanbrengen van maaisel op niet geplagde plots had geen enkel effect op de soortensamenstelling.

Tenslotte is het van het grootste belang dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. Blauwgraslanden, Dotterbloemhooilanden) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. In tegenstelling tot het ontgronden vereist de hydrologische situatie juist maatregelen in de omgeving, die vaak op gespannen voet staan met bijvoorbeeld de belangen van de landbouw. Grondwaterafhankelijke systemen worden gevoed door grondwater dat inzigt op aanzienlijke afstand. Daarnaast zijn niet alleen de kwantitatieve hydrologische aspecten van belang maar met name ook de kwalitatieve aspecten. Biogeochemische reacties in de ondergrond bepalen uiteindelijk de chemische samenstelling van het voedende grondwater. Reacties tussen de componenten van het grondwater en de lokale bodem zijn uiteindelijk weer bepalend voor belangrijke sturende processen, zoals de beschikbaarheid van nutriënten en de basenverzadiging van de bodem (kader 1).

De nitraatproblematiek

In Nederland bevat het grondwater vaak hoge nitraatconcentraties door uitspoeling van nitraat uit overbemeste landbouwgronden, maar ook uit bossen. Bossen, vooral naaldbossen, vangen aanzienlijke hoeveelheden ammoniak en stikstofoxides in uit de lucht. Het ammoniak wordt in de bosbodems genitrificeerd tot nitraat. Hierdoor kunnen ook uit naaldbossen aanzienlijke hoeveelheden nitraat uitspoelen naar het grondwater. Verrijking van het grondwater met nitraat kan tot problemen leiden in grondwatergevoede systemen waar stikstoflimitatie heerst. Daarnaast houdt nitraat het ijzer in geoxideerde toestand, waardoor met nitraat verrijkt grondwater meestal arm is aan ijzer (fig. 4).

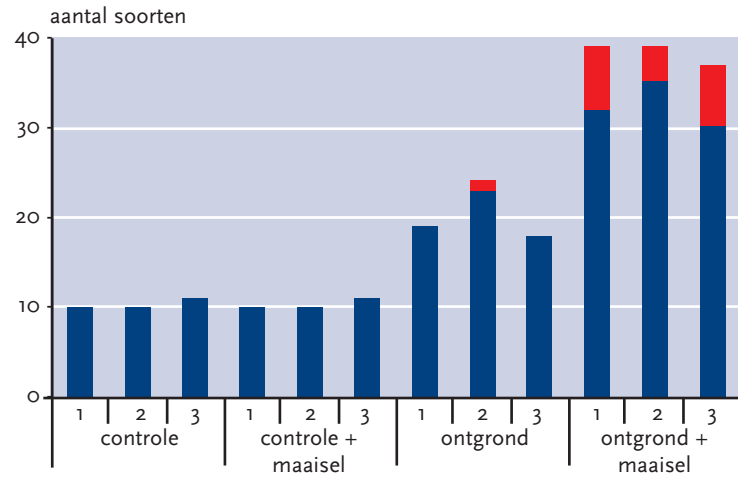


Fig. 3. Aantal gevestigde soorten (Rode Lijst en thans niet bedreigde soorten) in een introductie-experiment bij de Hierdense beek (Staverden). Hierbij werd in zes proefvlakken van 12 bij 5 m fosfaatverzadigde bouwvoor (30 cm) verwijderd. Bij de helft van deze zes proefvlakken werd tevens maaisel afkomstig van het Verbrande bos (Staverden) geïntroduceerd. Er werden ook zes controle proefvlakken ingericht, waarbij op de helft van de proefvlakken eveneens maaisel uit het nabij gelegen natuurgebied het Verbrande bos werd aangebracht. ■ rode lijst ■ thans niet bedreigd

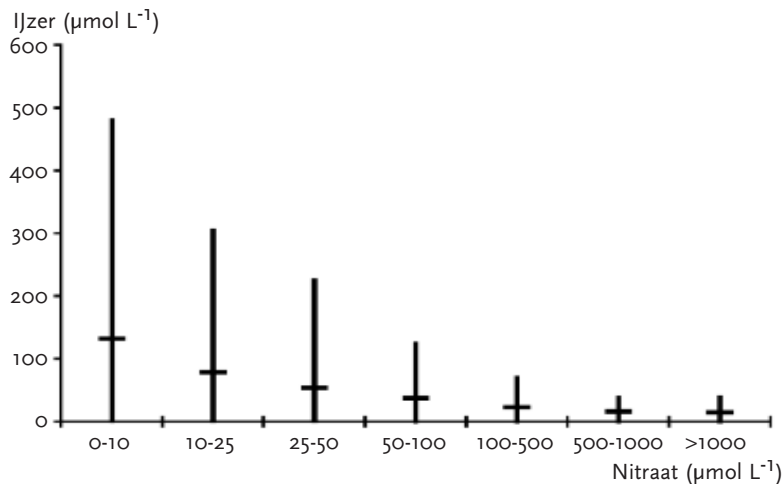


Fig. 4. Relatie tussen de nitraatconcentratie (micromol per liter) en de ijzerconcentratie (micromol per liter) van Nederlands grondwater. De figuur is gebaseerd op 1000 grondwateranalyses uit het archief van Onderzoekcentrum B-WARE. Het horizontale streepje geeft de mediaan weer voor elke nitraatconcentratie-klasse. De verticale streep de spreiding van de gemeten ijzerconcentraties.

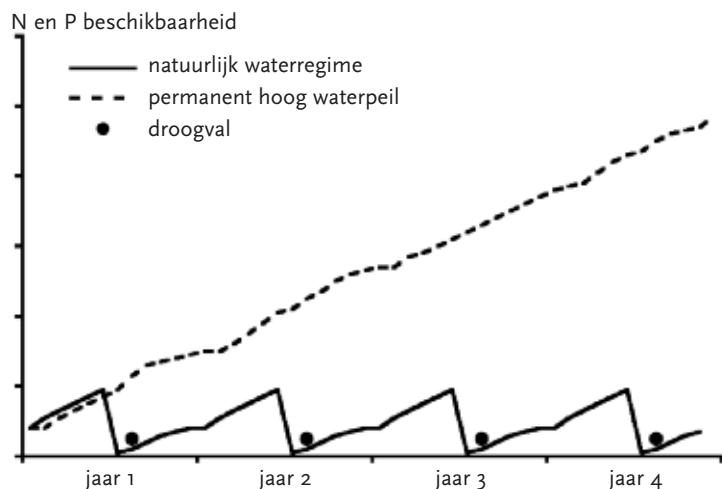


Fig. 5. Schematisch overzicht van de effecten van periodiek droogvallen op het trofieniveau van natte systemen. Onder natte condities wordt P gemobiliseerd (stippellijn), terwijl droogvallen leidt tot een immobilisatie van P (doorgetrokken lijn). Afwisselend natte en droge omstandigheden leiden tot een gemiddeld lagere P-beschikbaarheid (naar Smolders et al., 2006).



Foto 4. Plagproef bij de Hierdense beek (Staverden). Rechtsboven: na ontgronden in oktober 2006. Links: 2 jaar na ontgronden. De vegetatie is nog steeds schraal. Rechts onder: Parnassia (*Parnassia palustris*) en Ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*) in een geplagde plot met introductie van maaisel (foto: Mark van Mullekom).

Nitraat kan in de bodem echter ook reageren met pyriethoudende afzettingen. Wanneer nitraat in de bodem reageert met pyriet zal er een aanrijking van het grondwater plaatsvinden met sulfaat. Van nature komt in Nederland sulfaatrijk grondwater voor wanneer er sprake is van brakke kwel. Dit speelt vooral in het westen van het land en lokaal op de Waddeneilanden. We constateren echter vrijwel overal in het Nederlandse en Vlaamse grondwater niet alleen een sterke toename van de nitraatconcentraties maar ook een toename van de sulfaatconcentraties. Aanvankelijk werd de reactie van nitraat met pyriet als gunstig ervaren, omdat op deze manier nitraat uit het grondwater werd verwijderd. Men sprak van de pyrietbuffer. Ondertussen weten we echter dat sulfaat nog schadelijker is voor de natuur dan nitraat (Lucassen et al., 2005; Lucassen & Roelofs, 2005).

De toename van de nitraat- en de sulfaatconcentraties en/of de afname van de ijzerconcentratie in het grondwater hebben belangrijke gevolgen voor grondwatergevoede systemen. Door een verhoogde input van nitraat en sulfaat kan de anaëroabe afbraak van organisch materiaal worden versterkt. Met name wanneer de bodem uit veen bestaat kan dit leiden tot een ernstige eutrofiëring als gevolg van een versnelde afbraak van het veen. Daarnaast kan een toename van de sulfaatreductie in combinatie met een afname van de ijzerinput de beschikbaarheid van fosfaat verhogen.

Wisselende waterstanden kunnen de trofiegraad van grondwaterafhankelijke systemen verlagen door de afwisseling van reductie-

en oxidatieprocessen in de toplaag van de bodem (Smolders et al., 2003; Lucassen et al., 2005; Lucassen & Roelofs, 2005); fig 5). Met name wanneer het grondwater rijk is aan sulfaat zijn wisselende waterstanden belangrijk om eutrofiëring van het systeem te voorkomen. Permanent waterverzadigde situaties kunnen onder deze omstandigheden leiden tot een ernstige eutrofiëring. Indirect kan nitraatuitspoeling uit landbouwgronden dus leiden tot een fosfaatprobleem door het verhogen van de fosfaatbeschikbaarheid in anaëroabe bodems die gevoed worden met nitraatrijk grondwater. Zonder aanvullende maatregelen of gewijzigd beleid zal ook in de toekomst de nitraatbelasting van het oppervlaktewater en grondwater aanzienlijk blijven. De Europese nitraatrichtlijn (50 mg NO₃ per liter) zal wellicht met pijn en moeite worden gehaald. Vanuit een ecologisch standpunt bekeken is deze waarde echter nog steeds te hoog. Nitraatbelasting van het grondwater zal dus voorlopig direct en indirect een significant negatieve invloed blijven hebben op grondwatergevoede systemen waarvan het inzegggebied in landbouwkundig gebruik is.

Conclusies

Indien de fosfaatindringing en de fosfaatbindende eigenschappen van een terrein voldoende bekend zijn, is ontgronden een zeer effectieve manier om de voedingsstoffentoestand van voormalige landbouw-

gronden te verlagen. In combinatie met de juiste aanvullende maatregelen kan bovendien op een relatief korte termijn de gewenste doelvegetatie worden gerealiseerd.

De belasting vanuit de landbouw (bemesting) en zelfs het bos (vanwege de grote invangcapaciteit van stikstof uit de lucht), kan echter een blijvend knelpunt vormen voor de ontwikkeling van nieuwe natuur. Voor grondwaterafhankelijke systemen zullen de nitraatbelasting van het inzegggebied en de bodemeigenschappen van het watervoerend pakket uiteindelijk bepalend zijn voor de resulterende grondwaterkwaliteit. Het gaat hierbij om complexe hydrologische en biogeochemische interacties (kader 1). Bij de planologische afstemming van natuur en landbouw zou meer rekening moeten worden gehouden met de effecten die zich via deze hydrologische en biogeochemische vectoren over grote afstanden kunnen voordoen. Dit vereist dus meer dan het inrichten van natuurgebieden met de bijbehorende bufferzones.

Literatuur

- Bekker, R.M., J.H.J. Schaminée, J.P. Bakker & K. Thompson, 1996.** Seed bank characteristics of Dutch plant communities. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 15-26.
- Bekker, R.M., G.L. Verwij, J.P. Bakker & L.F.M. Fresco, 2000.** Soil seed bank dynamics in hayfield succession. *Journal of Ecology* 88: 594-607.

Hendricks, S.B. & R.B. Taylorson, 1972. Promotion of Seed Germination by Nitrates and Cyanides. *Nature* 237: 169 – 170.

Kemmers, R.H., B. Beltman, A.P. Grootjans, A.J.M. Jansen, G. Kooijman & P.C. Schipper, 2004. Voorkomen en bestrijden van Pitrusdominantie in natte schraallanden. Alterra-rapport Pitrus, Alterra, Wageningen.

Klimkowska, A., R. v. Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans, 2007. Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.

Koopmans, G., W. Chardon, O. Oenema & W. van Riemsdijk, 2004. Uitmijning biedt perspectief om uitspoeling van fosfaat uit zwaar bemeste landbouwgronden te verminderen. *H₂O* 37 (12): 15-18.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs, 2005. Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28-30.

Lucassen, E. & J. Roelofs, 2005. Vernatten met beleid: lessen uit het recente verleden. *Natuurhistorisch Maandblad* 94: 211-215.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2005. Water table fluctuations and groundwater supply are

important in preventing phosphate eutrophication in sulphate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109-115.

Lucassen, E., A. Smolders, R. Gerats, E. Brouwer, P. van den Munckhof & J. Roelofs, 2008. Het herstel van de Valkenbergvennen vanuit voormalige landbouwgronden. *De Levende Natuur* 109(4): 163-168.

Merchant, M., 1993. The potential for control of the Soft rush (*Juncus effusus*) in grass pasture by grazing goats. *Grass & Forage Science* 48: 395-409.

Smolders, A., E. Lucassen, R. Gerats & 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 natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, M. van der Aalst, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2008. Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on former agricultural lands with non calcareous sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology* 16: 240-248.

Summary

Removing the top soil of former agricultural land: good measure but is it enough?

More and more agricultural land in The Netherlands is becoming available for ecological restoration projects. However, nutrient levels in the top layer of the soils are high because the agricultural lands have been heavily over-fertilized for decades. As a result, former agricultural land on moist or wet soils tends to develop extensive monotonous stands of *J. effusus*, which has very little value from an ecological point of view. Our findings show that the growth of *J. effusus* seems to be strongly determined by the Olsen-P concentration in the soil. The restoration of diverse, species-rich vegetation types on former agricultural lands will in most cases not be possible within a reasonable time-span without removing the topsoil. In most former agricultural lands, the recruitment potential for the target species from the seed bank is very poor, as many rare herbaceous species do not form a persistent seed bank. The establishment of many target species therefore depends on the presence of remaining nearby populations and their dispersal capacity. In many cases, additional measures such as the re-introduction of species deserve serious consideration. Experiences with restoration measures have shown that mowing and subsequent removal of the vegetation does not have a marked effect on nutrient availability in the medium term. Grazing may even enhance *J. effusus* development. Historically, the nutrient-deficient heathlands and biodiverse grasslands on sandy soils in The Netherlands have been turned into either agricultural lands or pine forest plantations. A win-win situation can be created by establishing new forest plantations on former agricultural land and re-creating heathlands and biodiverse grasslands on land dominated by low-quality pine-forest plantations. This new option should be considered seriously when the creation of oligotrophic ecosystems in former agricultural areas is an important goal.

Dr. A.J.P. Smolders, Dr. E.C.H.E.T. Lucassen, Drs. M. van Mullekom, Dr. H.B.M. Tomassen & Dr. E. Brouwer

Onderzoekcentrum B-WARE
Radboud Universiteit Nijmegen

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

A.Smolders@b-ware.eu

E.Lucassen@b-ware.eu

M.vanMullekom@b-ware.eu

H.Tomassen@b-ware.eu

E.Brouwer@b-ware.eu



buro bakker adviesburo voor ecologie bv

natuurlijke partners

Mens en Natuur
Visie- en planvorming
Inrichting, ontwikkeling, beheer
Procesbegeleiding, voorlichting

Flora en Fauna
Onderzoek flora en fauna
Advies natuurwetgeving

Landschapsecologie
Vegetatiekarteringen
Monitoring en evaluatie
Ecologisch onderzoek
Effectenonderzoek

GIS
GIS-projecten
digitaliseren

www.burobakker.nl