



Grootschalige natuurontwikkeling in en rondom het Vlijmens Ven

Wetenschappelijk artikel

Biogeochemische knelpunten voor jonge blauwgraslanden op voormalige landbouwgronden

In en rondom het Vlijmens Ven, ten zuiden van 's-Hertogenbosch, is ongeveer 250 hectare schrale nieuwe natuur ontwikkeld waarvoor, na vooronderzoek, zo'n 225 hectare voormalige landbouwgrond is afgegraven. Door het afgraven van de fosfaatrijke toplaag en het inbrengen van maaisel zijn er soortenrijke blauwgraslanden (habitattypen H6410) ontwikkeld. De voedselarme bodems zijn veelal matig tot zwak gebufferd. Voor een duurzame ontwikkeling zijn deze jonge blauwgraslanden afhankelijk van de juiste nutriëntendynamiek en hydrologische condities, in combinatie met voldoende buffering om verzuring van de bodem te voorkomen.

Het Vlijmens Ven maakt onderdeel uit van een historische overstromingsvlakte in de oostelijke Langstraat: van origine een langgerekte dekzandrug tussen de Maas en de meer zuidelijke hogere zandgronden van Brabant. Toen boeren deze gronden gingen ontginnen en gebruiken als o.a. hooilanden, vormden zich ook langgerekte nederzettingen op de dekzandrug, zoals het dorp Vlijmen. Het ontstaan van dit dorp wordt ook gekoppeld aan het ontginnen van veen (Koopmanschap, 2015), waardoor ook het gebied dat nu bekend staat als het Vlijmens Ven ontstond (figuur 1A): lager gelegen in het landschap en minder geschikt voor landbouw (Van Mierlo, 2014).

Van oudsher werd het gebied beïnvloed door lokale kwel vanuit de dekzandrug van de Langstraat, regionale kwel vanuit het aangrenzend Kempisch zandplateau, maar ook door periodieke overstromingen die zorgden voor de aanvoer van mineralen en de afzetting van bufferstoffen in het gebied. Bij hoge waterstanden van o.a. de Dommel en de Aa werden de gebieden in en rondom het Vlijmens Ven, zoals de oostelijk gelegen Honderd Morgen, gebruikt als overstromingsvlakte om het water richting de Maas af te voeren. Daarnaast overstroemde het gebied incidenteel bij erg hoge waterstanden in de Maas omdat het ook diende als onderdeel van de Beerse Maas (Meijs, 2011). Na 1942, toen de normalisering van de Maas was afgerond, stopte de invloed van de Beerse Maas en werd het gebied geheel afhankelijk van kwelwater voor aanrijking van mineralen en buffering (Asselman *et al.*, 2018). Tijdens de grote ruilverkaveling in de 20^e eeuw - en dankzij de verworven veiligheid van de Maaswerken - werd het Vlijmens Ven verder ontwaterd en in cultuur gebracht (figuur 1B en 3A). In de 21^e eeuw heeft de landbouw binnen het Vlijmens Ven en de Honderd Morgen weer ruimte gemaakt voor de ontwikkeling van natte, voedselarme, soortenrijke natuur. Dit artikel gaat in op de uitdagingen die daarbij komen kijken en de toekomstbestendigheid van de jonge blauwgraslanden op zwak tot matig gebufferde, relatief kalkarme zandbodems.

Nieuwe natuur
De mate waarin natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden succesvol is hangt onder meer sterk af van de beschikbaarheid van fosfor (P) in de bodem. De toplaag van landbouwgronden is door langjarige bemesting vaak zeer rijk aan stikstof en

ontgronden
biogeochemie
buffering
interne alkaliserings
kwel
natuurontwikkeling

A.H.W. (Adam) Koks
Onderzoekcentrum B-WARE,
Toernooiveld 1, 6525 ED
Nijmegen & Radboud
Universiteit Nijmegen,
Aquatische Ecologie en
Milieubiologie;
a.koks@b-ware.eu

M. (Mark) van Mullekom
Onderzoekcentrum B-WARE

G. (Gijs) van Dijk
Onderzoekcentrum B-WARE
& Radboud Universiteit Nijmegen,
Aquatische Ecologie en
Milieubiologie

F. (Fons) Mandigers
Natuurmonumenten

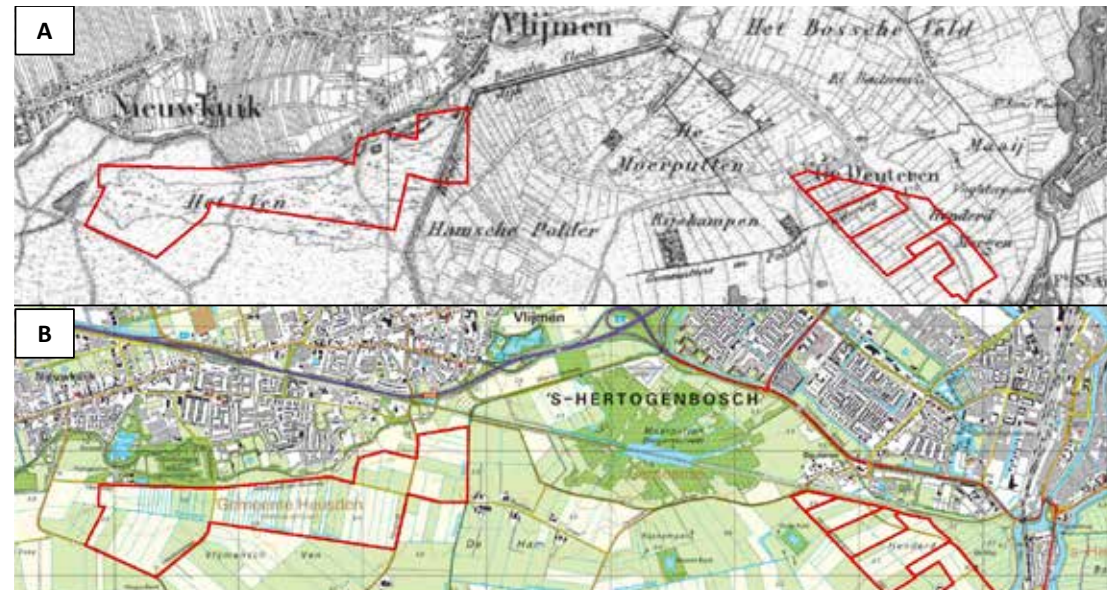
L.J.P.M. (Ludo) Smits
Onderzoekcentrum B-WARE

A.J.P. (Fons) Smolders
Onderzoekcentrum B-WARE
& Radboud Universiteit Nijmegen,
Aquatische Ecologie en
Milieubiologie

Foto Adam Koks.
Opkomende en bloeiende
orchideeën in de Honderd
Morgen.

Figuur 1 Het Vlijmens Ven (links) en de Honderd Morgen (rechts) rond 1850 (A) en rond 2010 (B). Bron: Kadaster / Topotijdreis.

Figure 1 The Vlijmens Ven (left) and Honderd Morgen (right) around 1850 CE (A) and around 2010 CE (B). Source: Kadaster/ Topotijdreis.



fosfor (P-t; de totale fractie fosfor in de bodem). Zo ook in het Vlijmens Ven waar de gronden de afgelopen zestig jaar een intensief agrarisch gebruikt hebben gekend. Anders dan nitraat, dat grotendeels uitspoelt na het stoppen van bemesting, is P door binding aan ijzer (Fe)-, aluminium (Al)- of Calcium (Ca)-verbindingen, nagenoeg immobiel en zal alleen uitspoelen wanneer de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem wordt overschreden.

Voor de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (waaronder blauwgrasland) of natte heide is een (matig) voedselarme bodem vereist (tabel 1). Bij een voedselrijke bodem zal in de vegetatie competitie om licht optreden, waardoor snelgroeiende soorten als gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) (onder droge omstandigheden) of pitrus (*Juncus effusus*) (onder vocht-

ge tot natte omstandigheden) gaan overheersen, ten koste van doelsoorten van blauwgrasland. Daarom moesten in en rondom het Vlijmens Ven ingrijpende maatregelen genomen worden om de totale maar ook plantbeschikbare fosfaatconcentraties in de bodem te verlagen. Een goede maat voor plantbeschikbare P in de bodem is de Olsen-P-concentratie, waarbij over het algemeen geldt dat deze voor de meeste schrale, soortenrijke natuurdoeltypen lager moet zijn dan 400 µmol per liter verse bodem (tabel 1).

In het onderzoeksgebied zijn tussen 2008 en 2012 een viertal bodemonderzoeken uitgevoerd (Lucassen & Smolders, 2008; Smolders & Van Mullekom, 2009; Van Mullekom & Smolders, 2012a, 2012b). Aan de hand van bodemchemisch onderzoek, waarbij op meerdere locaties bodemonsters van diverse

dieptes verzameld en geanalyseerd werden, is inzicht verkregen in de voedselrijkdom en de mate van buffering van de bodem. Vervolgens kon onder andere bepaald worden of en tot op welke diepte de bodem nog te voedselrijk was voor de ontwikkeling van nat schraalland.

Figuur 2B laat zien dat in de bouwvoor, op 20-30 cm beneden maaiveld (de toplaag van 0-20 cm -mv is niet geanalyseerd) Olsen-P-concentraties van ca. 1500-2500 µmol/l werden gemeten. De Olsen-P-concentraties namen af in de diepte, maar tot 40 cm -mv werden veelvuldig nog zeer hoge concentraties (> 1000 µmol/l) gemeten. Lokaal werden zelfs tot 60 cm -mv nog te hoge concentraties (> 1000 µmol/l) Olsen-P gemeten. Daarnaast bleek niet alleen de fosforbeschikbaarheid af te nemen, maar ook het calcium-, ijzer- en organischestofgehalte (figuur 2). Hierdoor is na het afgraven van 40 cm een fosfaatarmere, maar ook een zwakker gebufferde en minder ijzerhoudende zandlaag aan het maaiveld komen te liggen.

Voor de mate van buffering van de bodem zijn de concentratie zoutuitwisselbaar calcium (Ca-z) en totaal-calcium (Ca-t) zeer indicatief (tabel 1). Ca-z is de fractie los gebonden calcium aan het bodemadsorptiecomplex, die hiervan gemakkelijk vrijge-

maakt kan worden bijvoorbeeld door uitwisseling met protonen (zuur). De Ca-t is de totale calciumvoorraad in de bodem. Een deel hiervan is aanwezig in de vorm van calciumcarbonaat/calciet (CaCO₃) of relatief sterk gebonden aan het bodemadsorptiecomplex. De zuurgraad van de bodem blijft constant zolang de bodem het zuur kan bufferen. Voor goed ontwikkelde blauwgraslanden is bijvoorbeeld de Ca-t-concentratie van de bodem meestal hoger dan 20 mmol per liter verse bodem (tabel 1). De Ca-t-concentraties van 10-20 mmol/l passen bij de ontwikkeling van vochtig heischraal grasland (nat schraalland). Overigens was de toplaag van de voormalige landbouwgronden verrijkt met calcium als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik om de zuurgraad te optimaliseren voor een goede gewasgroei en -opbrengst.

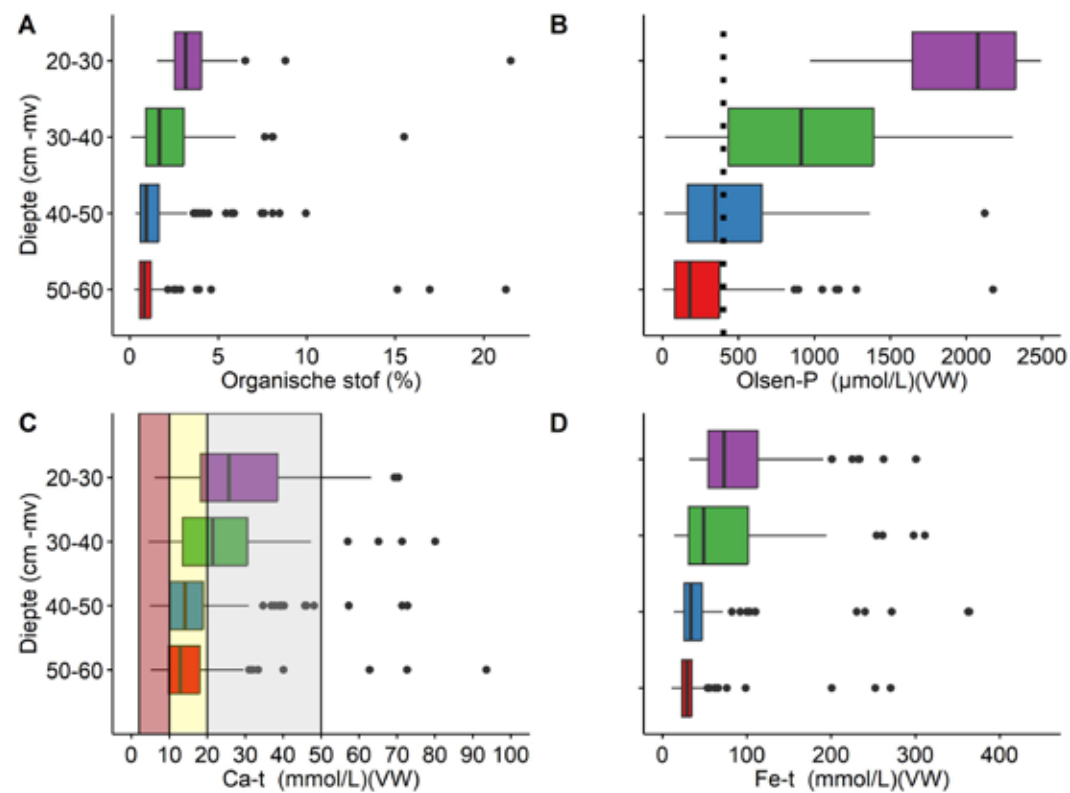
Ontgronden en het belang van maaisel

Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en het Waterschap Aa en Maas hebben gezamenlijk een inrichtingsplan opgesteld waarbij niet alleen de verschillende bodemonderzoeken (één van de puzzelstukken bij een gebiedsontwikkeling), maar o.a. ook een aanpassing van de hydrologische omstandigheden (een maaiveldverlaging van gemiddeld 40 cm ten opzichte van

	Blauwgrasland	Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggenmoeras	Natte heide	Hoogveen
GHG (cm)	0 +mv - 20 -mv	0 +mv - 20 -mv	20 +mv - 20 -mv	10 +mv - 20 -mv	10 +mv
GLG (cm)	40-80 -mv	40-120 -mv	40-80 -mv	20-50 -mv	5 -mv
Bodemparameters					
Ca-z (µmol/l)	8000 - 40000	4000 - 10000	8000 - 14000	< 3000	< 2000
Ca-t (mmol/l)	> 20	> 10	> 10	< 10	< 10
Olsen-P (µmol/l)	100 - 400	150 - 400	100 - 500	100 - 500	100 - 300

Tabel 1 Een aantal natuurdoeltypen en bijbehorende abiotische referentieparameters afgeleid van Ertsen et al., 2005, Bobbink et al., 2007; Ertsen, 2011 & referentiedatabase (GRIP) van Onderzoekcentrum B-WARE. Weergegeven zijn gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand (+ is boven maaiveld, - is beneden maaiveld (mv)). Ca-z = zoutuitwisselbaar calcium in µmol/l verse bodem. Ca-t = totale calciumconcentratie (destructie) in mmol/l verse bodem en Olsen-P = concentratie voor planten beschikbaar P in µmol/l verse bodem.

Table 1 Some different vegetation types and their abiotic reference parameters deduced from Ertsen et al., 2005, Bobbink et al., 2007; Ertsen, 2011 & reference database (GRIP) belonging to B-WARE research centre. The average highest (GHG) and lowest (GLG) groundwater levels are shown (+ being above ground level and - below ground level (mv)). Ca-z is the exchangeable calcium shown per µmol/L fresh weight. Ca-t = total calcium concentration (destruction) in mmol/L fresh weight and Olsen-P = the concentration P available for plants shown in µmol/L fresh weight.



Figuur 2 Boxplots van:
 A. organische stof (%);
 B. Olsen-P ($\mu\text{mol/L}$ versgewicht (VW), inclusief grenswaarde 400);
 C. Ca-t (mmol/L versgewicht waarbij vlnr bruin = geschikt voor natte heide/hoogveen, geel = vochtig heischraal grasland en grijs = blauwgrasland);
 D. Fe-t (mmol/L versgewicht) concentraties op verschillende dieptes:

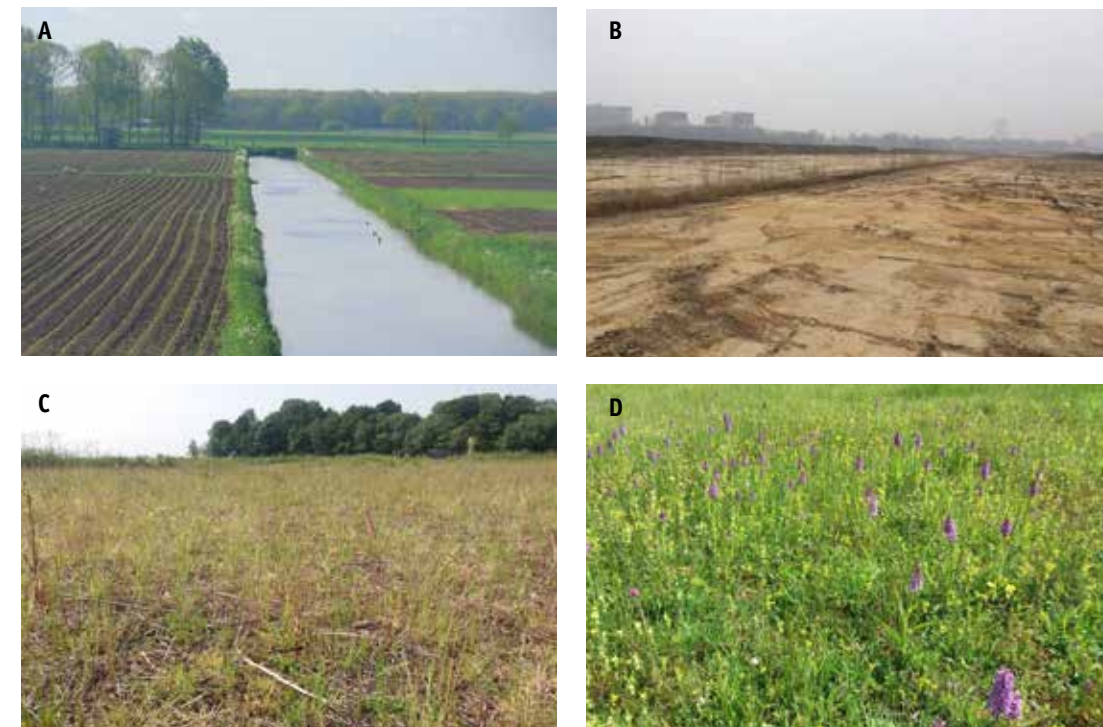
(20-30 (n = 80); 30-40 (n = 86); 40-50 (n = 88); 50-60 (n = 88)) cm -mv in het Vlijmens Ven en Honderd Morgen (Van Mullekom & Smolders 2012a, 2012b). De boxen van de boxplots geven het bereik tussen het 25^e en 75^e percentiel weer. Whiskers (verticale lijnen): 1,5 keer de interkwartielafstand; stippen: uitschieters.

Figure 2 Boxplots of:
 A. organic matter (%);
 B. Olsen-P ($\mu\text{mol/L}$ freshweight (VW), including threshold 400);
 C. Ca-t (mmol/L freshweight: brown is suitable for wet heathlands/bogs, yellow for wet violon caninae grasslands and grey for *Cirsio dissecti-Molinietum* meadows and
 D. Fe-t (mmol/L freshweight) concentrations at different depths:

(20-30 (n = 80); 30-40 (n = 6); 40-50 (n = 88); 50-60 (n = 88)) below ground level (-mv) in the Vlijmens Ven and Honderd Morgen (Van Mullekom & Smolders 2012a, 2012b). Boxes represent the range between the 25th and 75th percentile with whiskers (vertical lines) showing the 1.5 times the interquartile range. Dots are outliers.

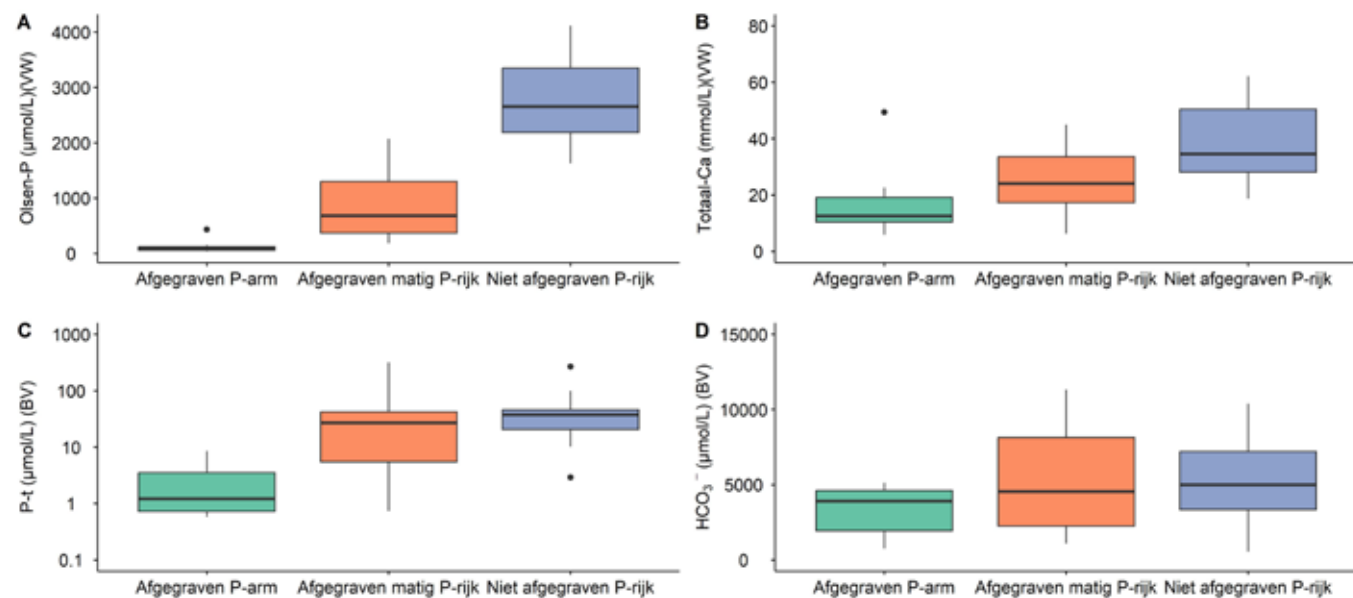
het bestaande maaiveld) en het inbrengen van maaisel zijn meegenomen. Een ontgronding dient namelijk ook landschappelijk en in het ecohydrologische systeem te passen. De uiteindelijke herinrichting van het gebied is in de periode van 2012-2017 uitgevoerd (figuur 3A). Voor de meeste percelen is besloten om onder de bouwvoor 10 cm extra af te graven (figuur 3B). Door het afgraven van gemiddeld 40 cm van de toplaag is een groot deel van de forforvoorraad verwijderd en ligt, als bijkomend voordeel, het maaiveld dicht bij het freatische grondwaterpeil. Het is belangrijk om na ontgronden de zaadbank te

herstellen, omdat deze door de forse ontwatering en intensieve bemesting tijdens het agrarische gebruik veelal verloren is gegaan. Zonder ontgronding en introductie van doelsoorten is de kans op spontane vestiging van gewenste soorten klein als er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska *et al.*, 2007). Op de afgegraven percelen (± 225 ha) is daarom in totaal ongeveer een miljoen kilo maaisel uitgestrooid van goed ontwikkelde blauwgraslanden uit de Moerputten, Labbeget en De Bruuk (figuur 3C). Doordat in het overgrote deel van de percelen fosforarme condities zijn gecreëerd



Figuur 3 De verschillende stadia bij ontgronden en de ontwikkeling van nieuwe natuur.
 A. uitgangssituatie;
 B. na ontgronding;
 C. na het uitbrengen van maaisel en 1 jaar ontwikkeling;
 D. na medio 5 jaar van ontwikkeling.
 (Foto's F. Mandigers en M. van Mullekom).

Figure 3 The different phases of topsoil removal and initial vegetation development.
 A. starting conditions;
 B. after topsoil removal;
 C. after applying donor material;
 D. after around 5 years of development.
 (Photos F. Mandigers en M. van Mullekom)



Figuur 4
 A. Olsen-P-concentraties ($\mu\text{mol/l}$ versgewicht (VW) en B. totaal-Ca-concentraties ($\mu\text{mol/l}$ versgewicht) gemeten in de door Koks (2019) geïncubeerde bodems uit het Vlijmens Ven, Rijsskampen, Honderd Morgen en de Maij.
 C. De na 8 weken inundatie gemeten P-t-concentraties ($\mu\text{mol/l}$) en D. HCO_3^- -concentraties ($\mu\text{mol/l}$) in het bodemvocht (BV).

P-arm: bodems die na afgraven voldoende P-arm waren ($n=16$); Te rijk: bodems die na afgraven nog te rijk waren ($n=14$); Niet afgegraven: bodems die niet zijn afgegraven ($n=14$). De boxen van de boxplots geven het bereik tussen het 25^e en 75^e percentiel weer. Whiskers (verticale lijnen): 1,5x de interkwartielafstand; stippen: uitschieters.

Figure 4
 A. Olsen-P concentration ($\mu\text{mol/l}$ freshweight (VW)) and B. total-Ca concentrations ($\mu\text{mol/l}$ freshweight) measured by Koks (2019) in inundated soils from the Vlijmens Ven, Rijsskampen, Honderd Morgen and the Maij.
 C. P-t concentration ($\mu\text{mol/l}$) and D. HCO_3^- concentration ($\mu\text{mol/l}$) in the porewater (BV).

P-arm: soils from which sufficient topsoil was removed ($n=16$); Te rijk: soils which were still eutrophic after topsoil removal ($n=14$); and Niet afgegraven: no top soil removed ($n=14$). Boxes represent the range between the 25th and 75th percentile with whiskers (vertical lines) showing the 1.5 times the interquartile range. Dots are outliers.

en nagenoeg overal maaisel is opgebracht verliep de vegetatieontwikkeling voorspoedig (figuur 3D). Dit heeft 8 jaar na uitvoering tot een vegetatieontwikkeling geleid met lokaal tot 88 plantensoorten binnen één vegetatieopname (3m x 3m) (Buijs, 2020; Simmelink, 2020). In het nieuwe natuurgebied worden kenmerkende soorten van blauwgraslanden aangetroffen zoals blauwe zegge (*Carex panicea*), grote pimpernel (*Sanguisorba officinalis*; essentieel voor de pimpernelblauwtjes), geelgroene zegge (*Carex demissa*), blauwe knoop (*Succisa pratensis*), moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), Spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*) en ruw walstro (*Galium uliginosum*). Maar ook soorten als parnassia (*Parnassia palustris*), klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*), moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*), heidekartelblad (*Pedicularis sylvatica*), grote ratelaar (*Rhinanthus angustifolius*), gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*), rietorchis (*Dactylorhiza praetermissa*), brede orchis (*Dactylorhiza majalis*), blonde zegge (*Carex hostiana*) en vlozegge (*Carex pulicaris*). Naast grote oppervlakten met kenmerkende soorten voor natte schaallanden zijn ook soorten aangetroffen die duiden op zuurdere condities, zoals kleine zones met veenmosen (*Sphagna sp.*) en zones met dominantie van gewoon haarmos (*Polytrichum commune*).

Schraal maar basenarm

Blauwgraslanden zijn schraalgraslanden met een pH tussen de 4,5 en 6,5, en afhankelijk van enige buffering (Jansen *et al.*, 2007; Lamers *et al.*, 1997; Cirkel, 2014; Van Mullekom & Smolders, 2012a; 2012b). Door het verwijderen van de fosforrijke bodemlagen is op de meeste locaties in het gebied de noodzakelijke P-limitatie gerealiseerd, maar daarbij is ook het

calciumgehalte van de bodem (sterk) verlaagd tot waarden die ongunstiger zijn dan vóór de ingreep (tabel 1; figuur 2). De lagere calciumgehalten maken de bodems gevoeliger voor verzuring, voornamelijk op locaties waar basische kationen en bicarbonaat via het grondwater ontoereikend is.

De buffering van schrale (kalkarme) bodems is initieel vaak wel voldoende. Zodoende kan een blauwgrasland zich ontwikkelen en een aantal jaren standhouden, mits kwalitatief goed maaisel is opgebracht en er voldoende ruimte is voor soorten om zich te vestigen. Maar als gevolg van onder andere de verzurende effecten van atmosferische stikstofdepositie (Bobbink *et al.*, 2022) verliezen de zandbodems sneller dan normaal hun buffercapaciteit waardoor zuren niet meer gebufferd kunnen worden.

Interne alkalinisering

Blauwgraslanden zijn overwegend natte tot zeer natte systemen waarbij in de zomer de toplaag (beperkt) droogvalt (tabel 1). Daarbij is grondwaterinvloed in het maaiveld gewenst tussen circa oktober en april. In 2019 is een experiment uitgevoerd met verschillende bodems uit het onderzoeksgebied (Koks, 2019), waarbij bodems geïnundeerd zijn van locaties die na afgraven voldoende fosforarm waren (Olsen-P < 400 $\mu\text{mol/l}$) met daarbij een lagere Ca-t-concentratie (figuur 4A, B), maar ook bodems van locaties die na ontgroning nog te fosforrijk waren (Olsen-P > 400 $\mu\text{mol/l}$) en van locaties zonder ontgroning (Olsen-P 1200-4100 $\mu\text{mol/l}$) (figuur 4A) waar vooral is ingezet op het ontwikkelen van leefgebied voor weide- en watervogels. Deze bodems zijn geïnundeerd met gedemineraliseerd water, waarna veranderingen in het

Figuur 5 Verzuring en buffering onder invloed van grondwaterinvloed en redoxgestuurde alkalinitatisatie na vernatting. Aanvoer of afvoer van basen en buffering is afhankelijk van kwel/wegzijing. Dit heeft vervolgens invloed op de binding van kationen aan het adsorptiecomplex, waarbij atmosferische depositie (bijv. stikstof) en (natuurlijke) droogval verzurend kan werken.

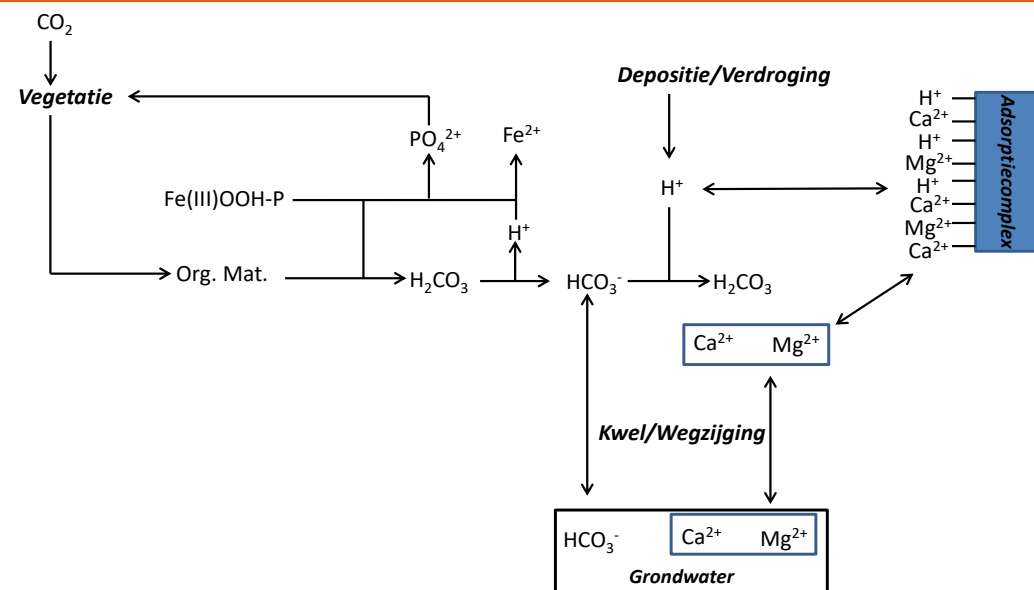


Figure 5 Acidification and buffering influenced by groundwater and alkalinitisation coupled to redox processes after rewetting. The supply or lack of bases and buffering is dependent on the (upward) seepage of groundwater. This in turn affects the binding of cations to the adsorption complex. For example, drought and atmospheric nitrogen deposition can result in acidification of the soil.

bodemvocht werden gevolgd die optreden als gevolg van reductieprocessen in de bodem onder natte omstandigheden.

Locaties die na afgraven nog te fosforrijk waren, mobiliseerden na inundatie over het algemeen veel P. Het is opvallend dat in deze bodems na vernatting net zoveel P werd gemobiliseerd als in de veel rijkere niet-afgegraven landbouwbodems (figuur 4C). Dit komt waarschijnlijk omdat de landbouwbodems gemiddeld gezien drie keer zoveel ijzer bevatten, waardoor fosfor in deze bodems ook relatief beter wordt gebonden (Smolders *et al.*, 2006). Het is dus vrijwel nooit een optie om een fosforrijke bodem intact te laten, omdat bij het herstel van de grondwaterinvloed te veel P wordt gemobiliseerd en ammonium (NH_4^+) wordt gevormd, waardoor verzuuring optreedt. In de praktijk leidt dit voornamelijk tot pitrusontwikkeling in natte gebieden.

Om voldoende kwel (en bufferstoffen) in het maaiveld te krijgen is het een vereiste dat de hydrologie van het gebied op orde is. Om dit te monitoren zijn eind 2020 peilbuizen en keramische cups geplaatst en is tot eind 2021 maandelijks de stijghoogte van het grondwater gemeten en periodiek de grondwatersamenstelling geanalyseerd. Van november 2020 tot en met april 2021 reikte de grondwaterstand op de onderzochte locatie in het Vlijmens Ven (figuur 6) maar 25 dagen tot in de toplaag (> 15 cm -mv), terwijl de grondwaterstand van de locatie in de Honderd Morgen gedurende dezelfde periode constant in de toplaag reikte (> 15 cm -mv). Het aantal dagen dat het grondwater het maaiveld moet aanreiken is afhankelijk van de buffering (concentratie HCO_3^- in het grondwater). Het water in de toplaag van de Honderd Morgen was veel sterker gebufferd ($2116 \pm 662 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$) dan in de bemonsterde locatie in het Vlijmens Ven ($695 \pm 79 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$) (figuur 6).



0 500 1.000 1.500 2.000 m

- Vlijmens Ven
 - Honderd Morgen
- Vochtig schraalgrasland**
- Blauwgrasland
 - Intermediair tussen dotterbloemverbond en verbond van biezenknoppen en pijpenstrootje
 - Veldrushooiland

Gebied	Ca-t (mmol/l) (VW)	HCO_3^- ($\mu\text{mol/l}$)
Vlijmens Ven	20	695 ± 79
Honderd Morgen	11	2.116 ± 662

Deze resultaten suggereren dat in delen van het gebied het grondwater niet of gedurende een te korte periode nabij maaiveld komt. In het Vlijmens Ven was het grondwater in 2021 veelal ijzerrijk (gemiddeld $200 \mu\text{mol/l Fe}$) maar matig gebufferd ($< 1000 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$). Vanwege deze matige buffering is het essentieel dat het grondwater het maaiveld langdurig aanreikt in de natte periode om voldoende buffering te generen. Voor een verdere ontwikkeling van de prille blauwgraslanden is het belangrijk dat de grondwaterinvloed in het gebied verder toeneemt. Ondanks het feit dat de bodem in het Vlijmens Ven meer Ca-t bevat dan die in de Honderd Morgen kan de bodem op termijn verzuren bij gebrek aan interne alkalinitatisering (HCO_3^- -vorming), ofwel een te geringe aanvoer van bufferende stoffen via het grondwater. Wanneer de bodem verzuurd zullen blauwgraslanden uiteindelijk plaatsmaken voor zuurdere vegetatietypen.

Kansen voor verdere ontwikkeling

Het grootschalige natuurontwikkelingsproject in het Vlijmens Ven en de Honderd Morgen laat zien dat initiële blauwgraslandontwikkeling succesvol kan zijn. Wanneer gericht bodemonderzoek wordt uitgevoerd en passend maaisel wordt ingebracht, kan zich een grote botanische soortenrijkdom ontwikkelen. Als de waterhuishouding suboptimaal is, zijn de jonge blauwgraslanden op deze schrale zandbodems echter kwetsbaar voor verzuring, waardoor natte heide ofwel heischraal grasland dominant wordt. Voor toekomstige natuurvisies, ontwerpen en beheerplannen is het van belang om de noodzakelijke hydrologische omstandigheden in beeld te hebben en hier bij inrichting en uitvoering rekening mee te houden - dit is minstens zo belangrijk als het creëren van de juiste bodemcondities en het (her)introduceren van de doelsoorten. Het is van te voren lastig de exacte hydrologische con-

Figuur 6 Overzichtkaart met drie typen vochtige schraalgraslanden afgeleid van Simmelink (2020). Tevens worden er twee locaties weergegeven uit het Vlijmens Ven en de Honderd Morgen met de totale Ca-t-concentratie (mmol/l versgewicht bodem (VW)) en gemiddelde HCO_3^- -concentratie ($\mu\text{mol/l}$) in het bodemvocht van de toplaag (15 cm-mv) tussen november en april 2020 – 2021 (n=4).

Figure 6 Overview of three types of fen meadows deduced from Simmelink (2020). The figure also shows two locations from the Vlijmens Ven and Honderd Morgen with their total Ca-t (mmol/L freshweight soil (VW)) and average porewater HCO_3^- ($\mu\text{mol/L}$) concentrations in the topsoil (15 cm-mv) between November and April 2020 – 2021 (n=4).

ditities na herinrichting te voorspellen. Het is daarom belangrijk dat de hydrologie na inrichting regelbaar blijft, zodat beheerders indien nodig kunnen bijsturen voor verdere optimalisatie, zeker met het veranderende klimaat en de daarmee gepaard gaande extremere weersituaties. Het gebied heeft ook een bergingsfunctie om 's-Hertogenbosch te beschermen tegen overstromingen. Inundaties met oppervlaktewater gedurende de winter tot de lente kunnen in de

Summary

Large scale nature development in and around the Vlijmens Ven. Biogeochemical bottlenecks for young *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows on former agricultural lands.

Adam Koks, Mark van Mullekom, Gijs van Dijk, Fons Mandigers, Ludo Smits & Fons Smolders

Topsoil removal, biogeochemistry, buffering, internal alkalization, upward seepage, nature restoration

What are some of the biogeochemical bottlenecks when developing species rich *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows on former agricultural lands? In the South of the Netherlands in and around the village Vlijmen ± 250 hectares of (farm)land has been transformed into species rich grasslands through topsoil removal and inoculating it with hay, resulting in new wet *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows. As a result of top soil removal the new soil consists of nutrient poor sand but is vulnerable for acidification and loss of habitat without further hydrological optimization. Sustainable development of *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows is dependent on nutrient limitation in combination with the right

toekomst eveneens tot extra buffering leiden, al dient volledige inundatie in het groeiseizoen bij voorkeur vermeden te worden. Het moge duidelijk zijn dat voor het duurzame behoud van deze nieuwe natuurplek het optimaliseren van de hydrologie cruciaal is. Alleen dan zullen de soortenrijke blauwgraslanden, na initiële succesvolle vestiging, op langere termijn behouden blijven en kan de omslag naar zuurdere vegetatietypen in de verdere toekomst vermeden worden.

[hydrology and its hydrochemistry assuring the delivery of base cations bicarbonate which prevent acidification. Measuring the total calcium contents of the soil and buffering in the rhizosphere throughout the winter shows that even when the soil is poorly buffered *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows sustain themselves as long as there is sufficient upward seepage during the winter until spring. Conversely if the groundwater is insufficiently buffered the duration of groundwater remaining in the rhizosphere becomes more important as internal alkalization processes become more dominant for generating sufficient buffering. Therefore even though the top soil itself may be sufficiently buffered it may still become prone for acidification and loss of habitat. It should be clear that optimizing the hydrology is crucial for the sustainable preservation of these new *Cirsio dissecti*-*Molinietum* meadows. Only then will the species-rich vegetation, initially developed after top-soil removal and hay inoculation, be preserved in the future and can the change to more acidic vegetation types be avoided.](#)

Literatuur

Asselman, N., H. Barneveld, F. Klijn *et al.*, 2018. Het Verhaal van de Maas. De Maas uit balans?

Bobbink, R., M. Hart, M. Van kempen *et al.*, 2007. Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurplek in Noord-Brabant. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapport 2007.15.

Bobbink, R., C. Loran, H. Tomassen *et al.*, 2022. Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Dessau-Roßlau. German Environment Agency.

Buijs G.-J., 2020. Natuur niet maakbaar? Echt wel: Vlijmens Ven breekt records. Brabants Dagblad, 30 mei 2020.

Cirkel, D.G., 2014. How upward seepage of alkaline groundwater sustains plant species diversity of mesotrophic meadows. Wageningen. PhD-thesis, Wageningen University.

Ertsen, A.C.D., 2011. OGOR natuur in Brabant 2010 Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurbeertypen. Provincie Noord-Brabant.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma, 2005. OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuudoeltypen. Provincie Noord-Brabant.

Jansen, A., C. Aggenbach, F. Eysink *et al.*, 2007. Het herstel van natte schraallanden op minerale gronden. De Levende Natuur 108(3): 96–102.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker *et al.*, 2007. Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. Biological Conservation 140(3–4): 318–328.

Koks, A.H.W., 2019. Fosfaatmobilisatie in en rondom het Vlijmens Ven na vernatting. Waterschap Aa en Maas.

Koopmanschap, H. J. L. C., 2015. Grensgebied tussen zand en veen: Een archeologisch perspectief op de middeleeuwse ontginnings- en bewoningsgeschiedenis van de Langstraat en het aangrenzende zandlandschap van Noord-Brabant. Hilversum. Stichting Zuidelijk Historisch Contact & Uitgeverij Verloren.

Lamers, L., M. de Graaf, R. Bobbink *et al.*, 1997. Verzuring en eutrofiëring van blauwgraslanden. De Levende Natuur 98(7): 246–252.

Lucassen, E.C.H.E.T. & A.J.P. Smolders, 2008. Quick-scan: mogelijkheden tot natuurontwikkeling in het Vlijmens Ven. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapport 2008.023.

Meijs, B., 2011. De ramp van Nieuwkuijk in 1880. <https://www.bhic.nl/page/9809> (geraadpleegd 3 januari 2022).

Mierlo, J. van, 2014. Natuurvisie Vlijmens Ven 2014–2032. Vereniging Natuurmonumenten, Beheereenheid Noordoost-Brabant & Mook.

Mullekom, M. van & F. Smolders, 2012a. Bodemchemisch onderzoek Honderd Morgen. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapport 2012.55.

Mullekom, M. van & F. Smolders, 2012b. Bodemchemisch onderzoek Vlijmens Ven. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapport 2012.53.

Simmelink, M., 2020. Flora-, vegetatie-, structuur en graslandfauna-kartering van planeenheid Vlijmens Ven in 2019. 's-Graveland. Vereniging Natuurmonumenten.

Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen *et al.*, 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it—A review. Chemistry and Ecology, 22(2): 93–111.

Smolders, F. & M. Van Mullekom, 2009. Onderzoek P-beschikbaarheid, Moerputten / Vlijmens Ven. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapport 2009.032.