



# Wat kunnen we doen, wat moeten we laten?

heideherstel  
mineraalrijkdom  
gradiënten  
vervuiler betaalt

## Herstel van het droog zandlandschap

De verzuring van het droog zandlandschap door stikstofdepositie van de afgelopen 70 jaar is equivalent aan wat van nature zou plaatsvinden gedurende 11.000 jaar. Behalve verzurend was deze depositie ook bemestend in een stikstof gelimiteerd ecosysteem. Voor herstel op landschapsschaal is het bodemtype maatgevend. In mineraalrijke bodems moet de rijkdom van mineralen worden hersteld, in mineraalarme bodems juist niet. Op basis van het principe de vervuiler betaalt zouden de hoge herstellkosten kunnen worden verhaald.

Het droog zandlandschap, vroeger ook wel aangeduid als woeste gronden, is een nutriëntenarm landschap, waarin echter wel duidelijke gradiënten in bodemsamenstelling zijn (of waren) te onderscheiden, die de diversiteit van flora en fauna bepalen. Vanaf het ontstaan zijn deze gronden door uitloging alleen maar armer geworden (Siebel & Bobbink, dit nummer). Dit proces treedt op en wordt versterkt door verzurende depositie uit landbouw, industrie en verkeer, vooral door stikstofverbindingen NO<sub>x</sub> en NH<sub>x</sub>, hierna aangeduid als N. Door menselijk toedoen is de aanvoer van zuurequivalenten sinds de Tweede Wereldoorlog even groot als wat in de 11.000 jaar daarvoor door natuurlijke processen is aangevoerd (Mol et al., 2003). Hierdoor zijn nutriënten (zoals Ca en Mg) versneld uitgespoeld en bodemmineralen sneller verweerd, waardoor de mineralenvoorraad in de bovenste bodemlagen vrijwel is uitgeput (Bobbink et al., dit nummer), leidend tot tekorten van o.a. fosfaat. Bovendien zijn stelselmatig de relatief mineraalrijkste delen van het droog zandlandschap ontgonnen. De resterende arme gronden werden bebost met grove den (*Pinus sylvestris*) of bleven behouden als paarse heide. Het is dus niet verwonderlijk dat de natuur in deze kleine deelverzameling van het vroegere brede spectrum van bodemdiversiteit niet meer beantwoordt aan oude referentiebeelden (Siepel et al., 2009). De diversiteit van kruiden in heideachtige vegetaties is sterk

achteruit gegaan (Bobbink et al., dit nummer). Ook de fauna wordt door N-depositie sterk negatief beïnvloed, niet alleen door verarming van de flora maar ook door een afnemende voedselkwaliteit en door vergrassing, beide als gevolg van de veranderde voedingstoestand van de bodem (Nijssen et al., 2017). Vergrassing leidt bovendien tot een gesloten vegetatie met een voor veel kleine dieren ongunstig microklimaat (Van den Burg et al., dit nummer). De centrale opgave is dus herstel van de voedingstoestand van de bodem door het weer beschikbaar maken van gradiënten in bodemvruchtbaarheid in een landschappelijke context. De kosten van herstel zouden kunnen worden verhaald op de veroorzakers.

### Verdwijnen van gradiënten

De voortdurende rooibouw van de woeste gronden door maaien en plaggen tot diep in de 19e eeuw werd gevolgd door een periode van verkoop en ontginning waarbij vooral de minst productieve terreindelen als natuurgebied werden behouden. Deze ontwikkeling is goed te volgen aan de hand van de eerste kadastrale kaarten uit 1832 waarbij drie belastingklassen heide werden onderscheiden. Klasse 1 lag op de relatief goede (lemige, vochthoudende) gronden met hogere opbrengsten, klasse 3 op gronden vrijwel zonder opbrengsten waarvoor hetzelfde minimumtarief gold als voor zand. Bijlsma et al. (2013) laten zien dat op de Veluwe heideklassen 1 en 2

**Prof. Dr. H. (Henk) Siepel**  
Radboud Universiteit  
Nijmegen, Postbus 9010, 6500  
GL Nijmegen  
H.Siepel@science.ru.nl

**Prof. Dr. A. (An) Cliquet**  
Universiteit Gent

**L.C. (Corné) Vreugdenhil**  
MSc  
Wageningen University &  
Research

**Dr. Ir. R.J. (Rienk-Jan) Bijlsma**  
Wageningen Environmental  
Research

Foto **Jerry van Dijk**, jerryvan-  
dijk.com. Hulsthorsterzand,  
buntgras in stuifzand.

code	omschrijving	ha 1900	% in 1900	ha 2013	% in 2013	2013 als % van 1900
W	moerige en venige gronden	9696	4	126	0	1
Z1	leemarme zandvaaggronden	23089	10	6994	22	30
Z3	lemige zandvaaggronden	1667	1	13	0	1
H1	leemarme humuspodzolgronden en leemarme beek- en gooreerdgronden	157506	66	19700	61	13
H3	lemige humuspodzolgronden en lemige beek- en gooreerdgronden	22591	9	650	2	3
Y	moderpodzolgronden	15985	7	4598	14	29
LK	leem- en oude kleigronden	812	0	118	0	15
EZ	gronden met cultuurdek	7057	3	132	0	2
<b>som</b>		<b>238403</b>	<b>100</b>	<b>32331</b>	<b>100</b>	<b>14</b>

**Tabel 1** oppervlakte heide (of veen) in 1900 en 2013 per bodemcategorie in het droog zandlandschap. Voor gebruikte data en criteria raadpleeg de auteur.

**Table 1** surface with heathland (or bogs) in 1900 and 2013 per soil type in dry sandy landscapes. For data and criteria used consult the author.

	heide	bos	akker
Y	100	185	35
H1+Z1	100	159	28
H1	100	45	29
Y+EZ	100	262	691

**Tabel 2** verhoudingen in 1900 tussen heide (op 100 gesteld), bos en ontgonnen bouwland op moder- (Y en Y+EZ) en humuspodzolen (H1+Z1 en H1).

**Table 2** ratios in 1900 between heathland (set at 100), forest and arable land on inceptisols (Y and Y+EZ) and spodosols (H1+Z1 and H1).

in vrijwel alle gevallen zijn ontgonnen tot bouwland of zijn bebost en dat de resterende heideterreinen overwegend tot klasse 3 behoorden.

Voor de hogere, droge zandgronden in Nederland is het heideareaal bepaald voor 1900 en 2013 per gegeneraliseerd bodemtype (tabel 1). In 2013 is nog slechts 14% van de heide uit 1900 over. Uit tabel 1 blijkt eveneens dat vooral de rijkere bodems zijn ontgonnen (lemige gronden en gronden met een cultuurdek: Z3, H3, LK en EZ). Overigens is ook voor 1900 al veel heide ontgonnen en bebost, maar dat is niet landsdekkend te kwantificeren.

In 1900 is de oppervlakte bos op moderpodzolgrond bijna twee maal zo groot als die van heide (tabel 2). Bovendien is een veel groter deel, bijna zeven maal zoveel, moderpodzolgronden ontgonnen (Y+EZ). Op de humuspodzolgronden liggen deze verhoudingen heel anders. Daar is ongeveer de helft van de humuspodzolen begroeid met bos en iets meer dan een kwart ontgonnen. Bovendien blijkt het bos op de humuspodzolen vooral te bestaan uit naalddhout (79%), terwijl dat percentage op de moderpodzolen aanmerkelijk lager ligt (56%). Deze trend van meer ontginning en bebossing van de mineraalrijke moderpodzolen versus de mineraalarme humuspodzolen is sindsdien versterkt doorgezet, o.a. in de werkverschaffingsprojecten in de crisjaren van de vorige eeuw, resulterend in minder variatie van bodemtypen met heide.

### Hoe deze gradiënten te herstellen?

Als reactie op de sterk toegenomen N-depositie vanaf de zestiger jaren van de vorige eeuw heeft het heidebeheer en -herstel zich in eerste instantie eenzijdig gericht op N als knelpunt. Diemont (1994) wees op de relatie tussen bodemtype en verzuringseffecten. N-depositie op leemarme humuspodzolgronden die P-gelimiteerd zijn, leidt

tot minder verzuring dan op de mineraalrijkere moderpodzolgronden, die vooral N-gelimiteerd zijn. Plaggen leidt in beide situaties tot verarming (zie kader) maar met een verschillend effect. Bij humuspodzolgronden treedt extreme verarming op doordat de nutriëntenarme uitspoelingshorizont aan het maaiveld komt. Bij moderpodzolgronden brengt plaggen echter een nieuwe laag verweerbare mineralen aan de oppervlakte (Bijlsma et al., 2013). Maar op sterk verzuurde, leemarme, degraderende moderpodzolgronden werkt deze manier van bodemherstel niet meer (zie Bobbink et al., dit nummer) en hier zullen dus herstelmaatregelen van de mineralenvoorraad moeten worden genomen om de gradiënten in bodemvruchtbaarheid te herstellen.

### Herstel van de mineralenvoorraad

Of herstel van de mineralenvoorraad in het huidige heidelandschap mogelijk is, is nog onduidelijk. Experimenten in een door pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) vergraste heide op iets lemige, degraderende moderpodzolgronden zijn veelbelovend: de bodemfauna neemt sterk toe bij P toevoeging (Siepel et al., ingediend), terwijl ook de vegetatiediversiteit toeneemt met veel heischrale plantensoorten (Vogels et al., 2016). Het herstel bestaat uit een combinatie van plaggen, toevoegen van

zuurbufferende stoffen en herstel van de P-voorraad die immers vrijwel volledig wordt verwijderd met de geplagde organische toplaag. Dolokal als zuurbufferende stof werkt positief uit voor de vestiging van heischrale flora maar blijkt, door het vastleggen van P, negatieve effecten te hebben op de entomofauna. De effecten op langere termijn zijn nog niet bekend. Als alternatief wordt geëxperimenteerd met diverse soorten steenmeel. Vooral bioliet lijkt goede kansen te bieden, aangezien deze steenmeel een relatief hoog gehalte aan P bevat, en de extra P-gift daardoor beter in de tijd kan worden gedoseerd. Deze herstelmaatregel kan slechts eenmalig worden uitgevoerd en alleen als de antropogene N-depositie geminimaliseerd is. Opheffen van de huidige P-limitatie (bij een continue N-beschikbaarheid) kan leiden tot een nieuwe dominantie van pijpenstrootje of zelfs een veruiging van de vegetatie met soorten uit rijkere milieus. Stoppen van de N-depositie is een conditio sine qua non voor het herstel van de mineraalrijke heidevegetaties, inclusief heischrale graslanden en kruidenrijke heide.

### Herstel op landschapsschaal

Met het herstel van de voor degradatie gevoelige moderpodzolgronden, zoals hierboven betoogd, zijn we er echter nog niet. Naast deze relatief mineraalrijke bodems

## Verloren gegane kennis?

Ondanks de niet mis te verstane waarschuwingen over de "bodenräuberische Natur des Plaggenhiebs und seine überaus schädliche Wirkung" is het "im äußersten Maße verderbliche" heideplaggen (Graebner 1904; 1925) in de jaren tachtig van de vorige eeuw teruggekeerd als beheervorm en zelfs als herstelmaatregel. Ook voor het maaien van heide is gewaarschuwd: "Het maaien en afvoeren van de heide is als verjongingsmethode niet aan te bevelen. In feite oogst men zonder dat men voor het ontnomene op de juiste wijze iets kan teruggeven. Het geregeld maaien degenereert de heide dan ook" (Mörzer Bruijns, 1953).

zijn er nog vele tienduizenden hectares heide op humuspodzolgronden in wisselende staat van instandhouding. Deze heide is het best gediend met langdurige spontane ontwikkeling en extensieve begrazing. Onder niet sterk vergraste heide ontwikkelt zich dan een humusprofiel met een karakteristieke, schoensmeerachtige H-laag. Het humusprofiel als geheel fungeert als nutriëntenbuffer en de H-laag draagt sterk bij aan een steeds groter wordende vochtbeschikbaarheid, zelfs in die mate dat vestiging en uitbreiding van soorten van vochtige heide optreedt, zoals veenbies (*Trichophorum cespitosum*) en blauwe zegge (*Carex panicea*) en een hoog aandeel dophei (*Erica tetralix*) ontstaat (Bijlsma et al., 2013). In de aanwezigheid van een dik humusprofiel kunnen uiteenvalende pollen van struikhei (*Calluna vulgaris*) door afleggers vegetatief regenereren wat verder bijdraagt aan een gevarieerde heidestructuur. In door pijpenstrootje gedomineerde droge heide op humuspodzolgronden kunnen blauwe (*Vaccinium myrtillus*) en rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*) zich vestigen en, onder invloed van begrazing, een ontwikkeling in gang zetten naar bosbesheide (Bijlsma et al., 2013). Anders dan op de mineraalrijkere heide met kruiden en een dun humusprofiel hebben heideachtige soorten in de mineraalarme heide met een dik humusprofiel een concurrentievoordeel dankzij hun ericoïde mycorrhiza.

De meest effectieve en duurzame maatregel voor heideherstel is de ‘ont-ontginning’ van mineraalrijke gronden door natuurontwikkeling op landbouwgronden te stimuleren en door omvorming van naaldbos op moderpodzolgronden naar loofbos en heidelandschap. Deze mineraalrijkere gronden moeten weer onderdeel worden van het bos- en heidelandschap, zodat een deel van de vroegere biodiversiteit kan worden hersteld (Siepel et al., 2009; Bijlsma et al., 2012; Nijssen & Vogels, 2014). Het plan voor herstel van de Manderheide in Noord-Twente

is een goed voorbeeld (Bijlsma et al., 2016). Om de huidige circa 50 hectare, vooral op humuspodzolgronden van de morenevlakte gelegen, droge heide duurzaam te herstellen wordt voorgesteld ongeveer 80 hectare bos om te vormen naar heidelandschap, waarmee mineraalrijke(re) gronden in de moreneglooiing en de tertiaire kleien in de stuwwalflank weer onderdeel worden van een aaneengesloten, integraal begraasd, heidelandschap. Tegelijkertijd wordt ruim zeven hectare aan extensieve roggeakkers opgenomen, alsook eikenbos-sages.

#### Herstelkosten en de vervuiler betaalt

Wat zouden, bij wijze van gedachte-experiment, de kosten zijn van eenmalig herstel van de door uitloging gedegradeerde moderpodzolgronden (bodemcode Y21, Y30) onder heide in het droog zandlandschap? Het gaat hierbij om circa 4.500 ha (tabel 1) voornamelijk gelegen op de stuwwallen van Midden-Nederland en de terrassen van Noord- en Midden-Limburg. De kosten voor plaggen, bekalken en toevoegen van P (als superfosfaat) zijn ongeveer  $4050 + 150 + 400 = 4600$  €/ha. De totale kosten komen daarmee op ruim 20 miljoen euro voor alleen het herstel van de mineraalrijkere heidevegetaties.

Voor de doorberekening van boven geschetste kosten moet bekend zijn wie deze heeft veroorzaakt. De herkomst is divers, maar de landbouw heeft met circa 50% van de N-depositie het grootste aandeel in de verzuring van het droog zandlandschap (CBS et al., 2015). Depositie uit het buitenland, ook grotendeels afkomstig uit de landbouw, is een goede tweede.

Het principe ‘de vervuiler betaalt’ zou gebruikt kunnen worden om de herstelkosten te verhalen. De OESO ontwikkelde dat principe in de 70’er jaren van de vorige eeuw en sindsdien is het in internationale verdragen en ook de EU-wetgeving opgenomen. De vervuiler betaalt



Foto Jerry van Dijk, jerryvandedijk.com. Leersumseveld.

houdt in dat: “de vervuiler de kosten moet dragen van het voorkomen van vervuiling en van controlemaatregelen vastgesteld door het bevoegd gezag, om een acceptabele staat van het milieu te garanderen” (OESO, 1972). Bij natuurherstel zou een mogelijke variant daarop kunnen zijn: de veroorzaker betaalt. Dus als een entiteit (bijvoorbeeld een landbouwbedrijf) een bepaalde intensieve activiteit onderneemt en als gevolg daarvan is er schade aan de natuur, dan moet deze entiteit instaan voor de herstelkosten (Telesetsky et al., 2017). Deze

‘curatieve’ invulling heeft concreet vorm gekregen in de Richtlijn milieuaansprakelijkheid van de Europese Unie (Richtlijn 2004/35/EG). De toepassing van deze richtlijn kent een aantal beperkingen: (1) er moet een bepaalde drempelwaarde overschreden worden wil er sprake van milieuschade zijn, (2) de richtlijn is enkel van toepassing op schade aan beschermde soorten en natuurlijke habitats, aan wateren en bodem en (3) bij diffuse verontreinigingen moet een oorzakelijk verband kunnen worden gelegd tussen de schade en de activiteiten van individue-

le exploitanten. De richtlijn is voorts niet van toepassing op schade veroorzaakt voor 30 april 2007. De toepassing is tot dusver beperkt gebleven (Vogleman, 2015).

## Conclusie

Natuurherstel in het droog zandlandschap is zeker mogelijk maar een veel moeilijker opgave dan in het nat zandlandschap waar direct op systeemniveau kan worden gereguleerd, bijvoorbeeld door aanpassing van de waterhuishouding. De uitstoot van N door vooral de landbouw zal moeten stoppen. Technisch is dit mogelijk door luchtwasinstallaties in stallen te installeren, mest industrieel te verwerken en als korrels toe te dienen. De 70'er en 80'er jaren van de vorige eeuw hebben laten zien dat water- en luchtvervuiling door de industrie was te stoppen; de komende jaren kunnen worden gebruikt om de vervuiling uit de landbouw te stoppen.

Niet plaggen op mineraalarme bodems. Bij een begrazingsstelsel zal hier uiteindelijk een heide/bosbesheide gaan ontstaan. Wat we wel moeten doen is het weer in natuur brengen van de mineraalrijke gronden. De rekening voor de herstelkosten zou in principe op de veroor-

zakers verhaald kunnen worden. Het is vervolgens aan de overheid om deze kosten voor de diverse groepen veruilers al dan niet te voldoen, of door te laten berekenen. Vrijblijvend is dit echter niet, want ook voor herstel van ecosystemen zijn internationale afspraken gemaakt, om nog maar te zwijgen van de verplichtingen om de natuur in Natura 2000-gebieden in een gunstige staat van instandhouding te houden of te krijgen. Ten slotte zullen de herstelwerkzaamheden met beleid moeten worden uitgevoerd, zodat restpopulaties de kans krijgen zich te ontwikkelen. Waar deze niet meer voorkomen, zal moeten worden onderzocht of herintroducties vanuit vergelijkbare locaties zijn te realiseren.

Er is nog een lange weg te gaan voor we weer kunnen uitkijken over een kruiden-, insecten- en vogelrijke heide.

## Summary

Restoration of dry sandy landscapes, do's and don'ts  
**Henk Siepel, An Cliquet, Corné Vreugdenhil & Rien-Jan Bijlsma**

heathland restoration, mineral richness, gradients, degraders pays principle

Dry sandy landscapes have suffered from man-induced acidification during the past 70 years, equivalent in effect to natural acidification over a period of 11.000 years, causing leaching of nutrients. Next to acidification, the

N deposition leads also to eutrophication in an ecosystem which is N limited. For restoration at the landscape scale, the soil type is determining: in original mineral rich soils, the deleterious effects of leaching have to be compensated by adding minerals (rockflour) and P, removed with the sods to get rid of the excess of N, should be supplemented. The restoration costs can be paid by the parties responsible for the acidification and eutrophication with reference to the degrader pays principle.

## Literatuur

**Bijlsma, R.J., J. Sevink & R.W. de Waal, 2012.** Herstelstrategieën Deel III: Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën. Droog zandlandschap. [pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel\\_iii.aspx](http://pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel_iii.aspx)

**Bijlsma, R.J., R.W. de Waal & A.F.M. ten Hoedt, 2013.** Ecological qualities emerging from non-intervention management of heathlands. In W.H. Diemont, H. Siepel & N.R. Webb (eds.). Economy and ecology of heathlands. Zeist, KNNV Publishing, Chapter 12: 229-258.

**Bijlsma, R.J., K. Bevaart, W.H.J.M. Geraedts & R.W. de Waal, 2016.** Van heidebebossing naar heidelandschap; Onderzoek naar herstel van de Noordelijke Manderheide (Natura 2000-gebied Springendal & Dal van de Mosbeek). Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2759.

**Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.J. Weijters, 2017.** Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandlandschap blijvend probleem. Landschap 34/2: 61-69.

**Burg, A. van der & J. Vogels, 2017.** Zuur voor de fauna. Soorten bos en hei missen essentiële voedingsstoffen. Landschap 34/2: 71-79.

**CBS, PBL & Wageningen UR, 2015.** Vermestende depositie, 1990-2014 (indicator 0189, versie 14, 9 oktober 2015). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). Den Haag/Bilthoven/Wageningen. CBS/Planbureau voor de Leefomgeving/Wageningen UR.

**Diemont, W.H., 1994.** Effects of removal of organic matter on the productivity of heathlands. Journal of Vegetation Science 5: 409-414.

**Graebner, P., 1904.** Handbuch der Heidekultur. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann.

**Graebner, P., 1925.** Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann.

**Mol, G., S.P. Vriend & P.F.M. van Gaans, 2003.** Feldspar weathering as the key to understanding soil acidification monitoring data; a study of acid sandy soils in the Netherlands. Chemical Ecology 202: 417-441.

**Mörzer Bruijns, M.F., 1953.** Enige richtlijnen voor het beheer van heideterreinen. In De Studiekring voor de Veluwe. Heeft onze heide nog toekomst? Arnhem: 47-55.

**Nijssen, M.E. & J.J. Vogels, 2014.** Heidelandschap in ontwikkeling. OBN Deskundigenteam Droog zandlandschap. Zeist. KNNV Publishing.

**Nijssen, M.E., M.F. Wallis de Vries & H. Siepel, in druk.** Pathways for effects of increased nitrogen deposition on fauna. Biological Conservation.

**OESO, 1972.** Recommendation on Guiding Principles Concerning International Economic Aspects of Environmental Policies, C(72)128.

**Richtlijn 2004/35/EG van het Europees Parlement en de Raad van 21 april 2004** Betreffende milieuaansprakelijkheid met betrekking tot het voorkomen en herstellen van milieuschade PB L 143, 30.4.2004.

**Siebel, H.N. & R. Bobbink, 2017.** OBN en het droog zandlandschap. Landschap 34/2: 57-59.

**Siepel, H., H. Siebel, Th.J. Verstrael, A.B. van den Burg & J.J. Vogels, 2009.** Herstel van lange termijn effecten van verzuring en vermessing in het droog zandlandschap. De Levende Natuur 110: 124-129.

**Siepel, H., J. Vogels, R. Bobbink, R.J. Bijlsma, E. Jongejans, R. de Waal & M. Weijters, ingediend.** Continuous and cumulative acidification and N deposition induce P limitation for the micro-arthropod soil fauna on mineral-poor dry heathlands.

**Telesetsky, A., A. Cliquet & A. Akhtar-Khavari, 2017.** Ecological Restoration in International Environmental Law, Routledge, 318 pp.

**Vogels, J., M. Weijters, R.J. Bijlsma, R. de Waal, R. Bobbink & H. Siepel, 2016.** Fosfaattoevoeging heide. VBNE. Rapport 2016/OBN207-DZ, Driebergen.

**Vogleman, V., 2015.** The threshold for liability for ecological damage in the EU. In C.-H. Born, A. Cliquet, H. Schoukens, D. Misonne & G. Van Hoorick (eds.). The Habitats Directive in its EU Environmental Law Context: European Nature's Best Hope? Routledge, 181-214.