

# Herstel van lange termijn effecten van verzuring en vermesting

## in het droog zandlandschap

Effectgerichte maatregelen zijn de afgelopen jaren succesvol ingezet tegen de korte termijn effecten van verzuring en vermesting in het droog zandlandschap.

**De accumulatie van zuur en meststoffen heeft echter ook een effect op lange termijn. Hoe zien deze effecten eruit en hoe kan herstelbeheer worden ingezet?**

**Een eerste vraag is dan: wat is de referentie waarop we het herstelbeheer moeten richten?**

Natuurlijke begroeiingen in het droge zandlandschap zijn arme tot matig rijke bossen afgewisseld met heide, heischrale graslanden en stuifzanden. De verhoudingen tussen de componenten bos, heide en grasland zijn in de loop van de eeuwen sterk veranderd. Volgens Spek (2004) was er in de prehistorie een dominantie van bossen en werden die in de loop van de tijd door menselijke beïnvloeding langzaam teruggedrongen ten gunste van heide en grasland. Aan het einde van de Middeleeuwen vond dat zijn climax in uitgestrekte heidevelden met in diverse streken van het land verordeningen tegen overexploitatie, hetgeen immers zou leiden tot gevaarlijke situaties met stuivend zand (Nooren, 1986). Eind 19e eeuw werd het heidelandschap gekenmerkt door een schakering van graslanden, akkers en heide. De heide werd gebruikt als leverancier van voedsel in de schapenteelten en als zoden in het potstalsysteem; de met mest en urine doorgedrenkte zoden werden gebruikt om de enken en kampen rond de dorpen te bemesten (kader 1). De Markenwet van 1886 maakte een einde aan het gemeenschappelijk grondbezit van de dorpen; tegelijkertijd had de schapenteelt te lijden van goedkope wolimport uit Australië en maakte de uitvinding van de kunstmest het zware werk van heideplaggen en uitrijden van de organische mest overbodig. Kortom, begin 20e eeuw bestond er een grote stille heide die grotendeels met rust werd gelaten. Dit moet hebben geresulteerd in een opbloei van flora en fauna. Juist in die tijd ontstond ook meer belangstelling voor de natuur als

object van studie en verwondering (Coeseel et al., 2007). Beschrijvingen van het heidelandschap door de grondleggers van de natuurbescherming in Nederland zijn uitbundig. Omdat er nog zoveel heide was, bestond er geen noodzaak deze te beschermen. De omvang van de woeste gronden was zelfs zo groot dat in de crisisjaren (1930-1938) in Drenthe en op de Veluwe grote werkverschaffingsprojecten werden opgezet om de woeste gronden om te zetten in nuttiger dennenbos. Inmiddels is mede door het instellen van de eerste Boschwet (1922) veel van de heide verbost; deze wet verhinderde het openkappen van spontaan opgekomen dennenbos. Andere delen zijn ontgonnen tot landbouwgronden of bestemd voor verstedelijking, wegen en industriegebieden.

### Verzuring en vermesting

Vanaf ongeveer het einde van de jaren '60 en doorlopend tot in de jaren '90 van de vorige eeuw nam met de toename van het autoverkeer de verzuring van water en bodem toe. Uitstoot van sulfaten door het verkeer en de industrie zorgde voor een verzuring van de neerslag. Hoewel het ontzwellen van brandstof bijdroeg aan de beperking van de verzuring, werd dit effect volledig tenietgedaan door de toename van de ammoniakuitstoot vanuit de toen opkomende intensieve veehouderij. De

verzuring werd per saldo alleen maar meer en tegelijkertijd trad vermesting van de bodem op. Pas vanaf eind jaren '90 van de vorige eeuw is een lichte vermindering van de emissies van ammoniak waar te nemen. Inmiddels hadden deze verzuring en vermesting op de heidevelden, waar de plantengroei tot dan toe vooral was gelimiteerd door een gebrek aan nitraten, geresulteerd in een verbetering van de voedingssituatie voor alle planten. Struikheide (*Calluna vulgaris*) had een hogere voedingswaarde gekregen waardoor massale uitbraken van het Heidehaantje (*Lochmaea suturalis*) plaatsvonden. De extra voedingsstoffen uit de lucht leidden tot een dominantie van grassen op de heidevelden, met Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) op de drogere stukken en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) op vochtiger delen. Ook in de dennenbossen vond deze vergrassing plaats, terwijl de stuifzanden volgroeiden met de exoot Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*).

### Effectgerichte maatregelen

Ingrijpen om het kenmerkende heidesysteem te behouden was noodzakelijk. Effectgerichte Maatregelen (EGM), de uitvoeringssubsidie van OBN, werden aangevraagd en het plaggen, chopperen, maaien en begrazen van de heide werd ter hand genomen. Eerst werd grootschalig ingegre-

Sperwers (*Accipiter nisus*) gebruiken als gevolg van mineralengebrek eigen spierweefsel voor het aanmaken van eieren (foto: Arnold van den Burg).





pen, maar toen later duidelijk werd dat het middel voor veel diersoorten erger was dan de kwaal, werden de maatregelen op bescheidener schaal uitgevoerd. Het herstelbeheer was begonnen en met succes. Plaggen resulteerde in een herstel van de struikheivegetatie en met additionele begrazing kon het herhalen van plaggen worden uitgesteld (Vogels & Smits, dit nummer). Maaien resulteerde eveneens in een jonge en vitale heide. Uit nader onderzoek bleek echter dat de structuren weliswaar werden hersteld, maar voor de biodiversiteit was het er nog niet veel beter op geworden. Grote monotone vlaktes van dennenbos (uit de werkverschaffing), of gras (door de vermessing) of heide (na het plaggen) bepaalden het beeld.

#### Referentiebeeld

De vraag dringt zich op wat nu de referentiesituatie moet zijn voor het herstel van het droog zandlandschap. De grote stille heide, het kleinschalige mozaïeklandschap van de beperkte ontginning, of het landschap van net na de agrarische functie, toen de heide weer met rust werd gelaten? Of moeten we de referentie zoeken in het oorspronkelijke boslandschap met nog hier en daar een stukje heide of grasland, zoals in de prehistorie? Wel staat vast dat het doel om zoveel mogelijk (dier)soorten uit het karakteristieke heidelandschap te behouden niet goed is te rijmen met de grootschalige herstelmaatregelen die werden uitgevoerd, hoe noodzakelijk die ook waren (Vogels & Smits, dit nummer). Wat wordt dan nu de opgave voor de terreinbeheerders (zie ook Verberk et al. in dit nummer voor basisprincipes)?

#### Het Korhoen

Laten we eens het heidelandschap analyseren aan de hand van het verloop van de Nederlandse populaties van een vlaggen-schap van het droog zandlandschap, het Korhoen (*Lyrurus tetrix*).

Op de Sallandse Heuvelrug leeft de laatste originele Nederlandse populatie Korhoenders, ongeveer een twintigtal hanen en waarschijnlijk eenzelfde aantal hennen groot. In de middeleeuwen wordt melding gemaakt van grote aantallen korhoenders op de heidevelden. In de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw was het Korhoen nog steeds een algemene broedvogel op de heide in allerlei delen van Nederland (Alleyn et al., 1971; van der Ploeg et al., 1976; Niewold in Hustings & Vergeer, 2002). Hoe heeft het zover kunnen komen?

Uit onderzoek bleek dat de afname van de korhoenderpopulatie vooraf werd gegaan door een grotere sterfte onder de kuikens (ten Den & Niewold, 2000). In eerste instantie werd het effect van die verlaagde kuikenoverleving op populatieniveau niet waargenomen, omdat korhoenders vrij oud kunnen worden. Misschien heeft de sterk verlaagde roofvogelstand in diezelfde tijd bijgedragen aan een goede adulte overleving, waardoor het effect van verlaagde kuikenoverleving extra werd gecamoufleerd. Belangrijke overlevingsfactor voor de kuikens is een voldoende voedselaanbod van ongewervelden (insecten, spinnen) van voldoende grootte. Te kleine prooien geven een ongunstige verhouding tussen kosten van zoeken, vangen en verteren ten opzichte van de opbrengsten aan voedingsstoffen en energie-inhoud (Siepel, 1990). Uit eigen waarneming (Siepel) bleken de laatste dood aangetroffen kuikens uit het Fochteloërveen met de krop vol met mieren te zitten, maar ze waren broodmager en waarschijnlijk overleden aan voedselgebrek. Andere soorten die voor hun voedsel van grote insecten afhankelijk zijn en slechte tijden doormaken in de heidelandschappen zijn bijvoorbeeld de Grauwe klauwier (*Lanius collurio*), Klap-ekster (*L. excubitor*), Tapuit (*Oenanthe oenanthe*), Koekoek (*Cuculus canorus*) en de Zandhagedis (*Lacerta agilis*).

Korhoenders (*Lyrurus tetrix*) waren ooit het vlaggen-schap van droge heiden, maar door het verdwijnen van afwisselende stukjes hei, akker en kruidenrijk grasland is er nog maar één populatie over in Nederland (foto: Harvey van Diek).

#### Tekorten in het voedsel bij Sperwers

Hoe is de voedselketen te herstellen? Veel van de oorspronkelijke variatie in het landschap is verdwenen door bebouwing (armere delen) en ontginningen (mineraal rijkere delen en ook de vochtiger delen). Vooral de rijkere delen, waarin een klein beetje leem in de ondergrond zit, zijn daarbij ook hun buffercapaciteit verloren door de accumulerende hoeveelheden zuur die sinds de jaren '70 van de vorige eeuw neerdalen. Hierdoor spoelden alle kationen, waaronder calcium, uit naar de diepere ondergrond, buiten het bereik van plantwortels en dus buiten het ecosysteem (Graveland et al., 1994) met als gevolg een gebrek aan sporenelementen en optredende gebreksziekten. Verstoring van de mineralenbalans leidt tot verschuivingen in de samenstelling van vitamines en aminozuren in planten, waardoor ook van deze stoffen tekorten kunnen ontstaan in de voedselketen. Van mens en huisdieren bestaat veel documentatie over vitaminegebrek, maar van in het wild levende dieren is dit nog amper bekend. Van den Burg (2002) vond een daling van het aantal broedparen van de Sperwer (*Accipiter nisus*) in mineraalarme bossen op de Zuidwest Veluwe (fig. 1). Deze daling bleek veroorzaakt te worden door een laag broedsucces, doordat tekorten de eileg verhinderden. Embryo's uit afgestorven eieren van paren die wel een legsel produceerden, bleken kenmerken te vertonen van vitamine B<sub>2</sub>-gebrek (van den Burg, 2000, 2006). Nadere analyse liet zien dat aan het vitamine B<sub>2</sub> gebrek bij de embryo's een aminozuurgebrek ten grondslag lag: het aanwezige vitamine in het ei kan alleen door het embryo gebruikt worden als de juiste aminozuren aanwezig zijn. De sperwervrouwjes reduceerden hun borstspier-omvang gedurende het broedseizoen tot maar liefst 50% (fig. 2) om te compenseren voor het verschil in de aminozuurbehoefte voor de eieren en de aminozuren die ze via het voedsel binnenkregen; een enorme aanslag op hun eigen conditie, vooral omdat na het broeden de borstspieren hard nodig zijn voor de jacht om de opgroeiende jongen te voeden.

#### Ook tekorten bij andere dieren?

Van de Moeflons (*Ovis gmelini*) op de Hoge Veluwe is bekend dat er kobaltgebrek is (mond. med. dhr. B. Boers); dit wordt voor de dieren opgelost met het uitleggen van



### Kader 1. Landbouw op de heide

Tot voor kort werd het model van het esdorpenlandschap breed gedragen in oudheidkundige, historische en landschapsecologische kringen. Het ging uit van een hoge mate van continuïteit in de bedrijfsvoering van de landbouwer en bijgevolg een hoge mate van continuïteit in de agrarische activiteiten in elk van de landschappelijke elementen uit het esdorpen-model. De groenlanden naast de beek waren hooiland, de hoger gelegen gemeenschappelijke gronden (de marke) graasland voor schapen en leverancier van organische stof (in de vorm van plaggen). De uitwerpselen van de schapen werden vermengd met plaggen en op het bouwland (de es of enk) uitgereden, waarop uitsluitend rogge werd verbouwd. Dit 'Drentse model' is grotendeels ontleend aan de geschriften van Harm Tiesing, een Drentse boer die de landbouwsituatie aan het einde van de 19e eeuw zelf nog had meegemaakt en beschreven (Bieleman, 1987). Aangenomen werd dat dit model eeuwenlang onveranderd had bestaan en was begonnen in de tijd waarin de oorspronkelijke prehistorische bewoners van de hoge zandgronden hun semi-nomadische bestaan inruilden voor permanente vestiging. Het model stelde een strikte scheiding voor van de drie landschapselementen (Spek, 2004). Overgangen tussen deze

drie elementen zijn scherp begrensd.

Het esdorpen-model heeft in Nederland een belangrijke sturende rol gespeeld in het beheer van heidegebieden. Het is, redenerend vanuit dit model, dan ook niet zo verwonderlijk dat de Smidt (1975) in zijn proefschrift over de Nederlandse heidevegetaties zeer grote waarde hecht aan het 'heidepotstalsysteem', welke volgens de toen geldende inzichten immers voor minimaal 8 tot 10 eeuwen onveranderd werd toegepast. De negatieve invloed van de verhoogde stikstofdepositie in de laatste decennia van de vorige eeuw leidde bovendien tot de noodzaak om het beheer van heideterreinen te intensiveren. De maatregelen die ingezet worden om vergrassing als gevolg van N-depositie tegen te gaan zijn direct afgeleid van het landgebruik volgens het oude model. Plaggen, maaien en begrazen met als doel het terugdringen van vergrassing en bosopslag zijn de dominante beheervormen in de Nederlandse heideterreinen.

#### Vage grenzen

Ondertussen heeft de oudheidkundige en historische wetenschap dit oude model sterk genuanceerd. Boeren pasten hun bedrijfsvoering voortdurend aan de vraag aan en waren dus gevoelig voor de perioden van expansie en contractie van de markten (Bieleman, 1987, 1992). In tijden

van economische voorspoed werd de bedrijfsvoering intensiever en nam de druk op het heide-areal toe als gevolg van de stijgende mest- en wolvraag. In tijden van economische neergang nam de druk op het heideareal af; de graasdruk nam af en er werd minder plagsel aan de heide onttrokken. Tegelijkertijd leidde de toenmalige krapte op de arbeidsmarkt voor landarbeiders tot een wildgroei aan keuterboeren die op de heide hun bestaan probeerden te verzekeren. Deze keuters vestigden zich veelal op de gemeenschappelijke gronden, met name in de grensgebieden tussen verschillende markten waar vaak enige wetteloosheid heerste als gevolg van grensdisputen tussen de verschillende gemeenten. Dit fenomeen van 'heidekeuters' trad in verhevigde mate op in de 19e eeuw. Zo is in de Berigten en Meededelingen van de Geldersche Maatschappij van Landbouw te lezen:

'Zeer groot is het aantal huisjes en hutten, dat in de heide verrijst, welker bewoners een ware plaag voor de aangrenzende eigenaars, vooral van bosschen, zijn; bij die hutbewoners toch is het veelal, "ligt volk, ligt land", zij schooiën den kost en steken den brand' (Bieleman et al., 1995).

De strikte begrenzing in landgebruik tussen de drie landschapselementen bleek minder strikt te zijn dan voor lange tijd aangemen. Ook op de essen was

slechts een deel van het bouwland permanent in gebruik, andere (armere) delen van het bouwland waren veel minder intensief in gebruik en bleven een groot deel van de tijd onbewerkt liggen. Dat was 'driesland', naar de Drentse term 'dries leggen', wat betekent dat het bouwland voor meerdere jaren niet geploegd werd. Dit is wezenlijk verschillend van het meer bekende braak leggen, een methode om de zaadbank van akkeronkruiden uit te putten om zo een hogere gewasopbrengst te verkrijgen. Braakleg duurt daarom nooit meer dan enkele jaren, vaak maar 1 seizoen. Driesland werd slechts eens in de vele jaren geploegd en beteeld. De overige jaren werd het gebruikt als vee-weide en kon het begroeid raken met allerlei kruiden, grassen en heide.

Geconcludeerd kan worden dat de grens tussen wat heide en wat akker was eeuwenlang veel vager was dan nu het geval is. De eerste voor de hand liggende vraag is in welke mate deze 'heideakkers' of 'akkerheides' vroeger een bijdrage leverden aan de biodiversiteit van het heidelandschap. Voor veel zeldzame of verdwenen planten- en diersoorten van het heidelandschap zou dit landschapstype wel eens een vereiste kunnen zijn geweest voor de duurzame instandhouding van populaties in het Nederlandse zandlandschap.

Voorbeeld van eenvormige heide; hier het zuiden van de Strabrechtse Heide, waar 300 ha omrasterd is. Sinds 1984 wordt dit gebied begraasd; seizoensbegrazing door koeien en jaarrond door Kempische heideschappen (foto: Jap Smits).

Blonde 'd Aquitaine koeien zijn ingeschaard in het zuidelijk deel van de Strabrechtse heide sinds 1984. De koeien zijn eigendom van de lokale boer (foto: Jap Smits).



opname van stikstof; de plant lost dit overschotprobleem op door meer aminozuren te maken met veel stikstofcomponenten. Andere aminozuren worden dus verhoudingsgewijs minder gemaakt, waaronder ook een aantal essentiële. Dieren, zoals vlinderrupsen, die hun vraat afstemmen op de absolute hoeveelheid stikstof die ze binnenkrijgen, hebben dus een groot risico om tekorten van essentiële aminozuren op te lopen.

Planteneters hebben door deze accumulatie van effecten in de plant dus te kampen met mogelijke tekorten aan sporenelementen, vanwege de uitspoeling door de verzuring en de verminderde opname door de plant én mogelijke tekorten aan essentiële aminozuren, vanwege de verschoven productie van aminozuren in de plant. Hoger in de voedselketen kunnen hierdoor ook nog eens vitamine-tekorten ontstaan. Veel van deze essentiële voedingsstoffen stapelen nauwelijks in voedselketens, zoals bijvoorbeeld vetoplosbare gifstoffen vaak wel doen, waardoor bij toppredatoren de tekorten nog nijpender worden, zoals werd geïllustreerd met het voorbeeld van de Sperwer.

likstenen in het veld. Kobaltgebrek uit zich door een tekort aan vitamine B12, waarvan kobalt een essentieel onderdeel is. Ook andere sporenelementen kunnen voor gebrekziekten zorgen. Nikkel is nodig bij de werking van het enzym urease, dat zorgt voor de afbraak van ureum voor organismen die dat niet kunnen uitscheiden (zoals planten, maar ook poppen van insecten). Nikkelgebrek zorgt dan indirect voor ureumvergiftiging bij deze organismen. Zo zijn er nog talloze combinaties van sporenelementen (met magnesium, seleen, molybdeen, chroom, koper) en eiwitten, waarvan de functies in de natuur vaak nog niet volledig opgehelderd zijn. De opname van deze elementen wordt voor de planten bemoeilijkt, niet alleen door het absolute gebrek vanwege de uitspoeling, maar ook nog door de relatieve opname, bv. in verhouding tot de hoeveelheid stikstof. Dit betekent dat vermisting, dus hoge hoeveelheden stikstof, zelf ook zorgt voor een verminderde opname van

sporenelementen. De rol van mycorrhizae hierin is nog grotendeels onopgehelderd. Wel weten we (Arnolds et al., 2008) dat mycorrhizavormende paddenstoelen sterk achteruit zijn gegaan in de periode van verzuring en vermisting, hetgeen herstel van de nutriëntenbalans in de plant bemoeilijkt, als we (redelijkerwijs) aannemen dat deze mycorrhizae hierin een functie hebben.

#### Extra voedingseffect door vermisting

Een tweede verstoring van de voedingsbalans in planten ligt op het vlak van de verhoudingen van aminozuren. Planten, bacteriën en schimmels kunnen zelf alle aminozuren synthetiseren, maar dieren kunnen een aantal aminozuren niet zelf maken en moeten deze opnemen uit het (plantaardig) voedsel. Vermisting zorgt in veel plantensoorten voor een te grote

#### Het herstel

De zo ontstane voedingstekorten kunnen op twee elkaar aanvullende manieren worden opgelost. Ten eerste kan door het creëren van meer landschappelijke variatie een grotere diversiteit in bodemkwaliteit en plantensoorten bereikt worden, waardoor er meer en beter voedsel voor herbivoren

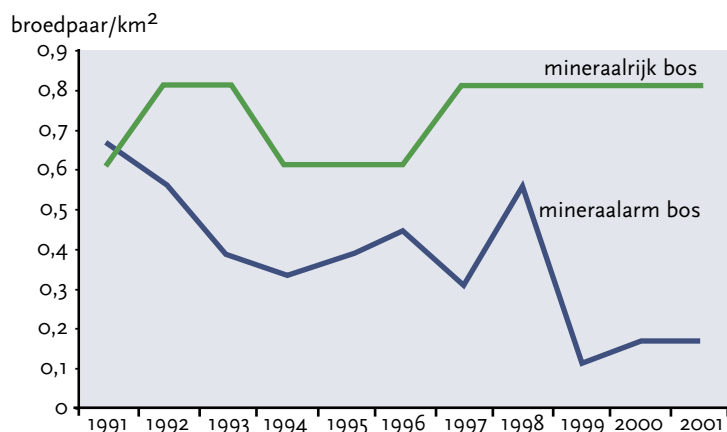


Fig. 1. Populatie-dichtheid van sperwers in mineraalarme en -rijke bossen op de Zuid Veluwe (naar Van den Burg, 2000).

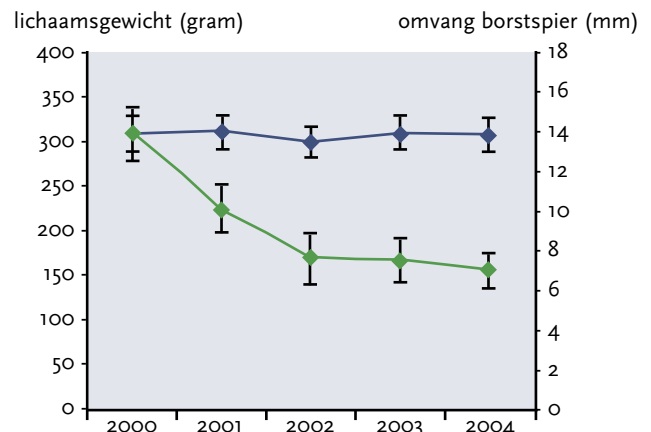


Fig. 2. Ontwikkeling lichaamsgewicht (doorgetrokken lijn) en omvang borstspier (gestippelde lijn) bij sperwervrouwtjes in mineraalarme bossen op de Zuid Veluwe (naar Van den Burg, 2000).



beschikbaar komt. Bedenk dat het vroegere heidelandschap ook een mozaïek was van heide, heischrale graslanden, bosjes en akkers (Vogels & Smits, dit nummer). Mogelijkheden voor het herstellen van dit mozaïek zijn het omvormen van productie-landbouwgronden of dennenakkers tot akkers met bijvoorbeeld biologische teelt. De tweede manier, aansluitend op de vorige, is het herstel van de basisbuffercapaciteit en vooral ook het herstel van de bodemvoorraad sporenelementen. Met het bekalken van geplagde heidevelden is in OBN-verband al met succes ervaring opgedaan. De Graaf et al. (1998) vonden een hogere overleving van Wolverlei (*Arnica montana*) op bekalkte en geplagde heidevelden vergeleken met niet-bekalkte geplagde velden. In de experimenten werd Dolokal of mergel gebruikt. Volgens de Graaf (mond. med.) gaven de experimenten met mergel een veel betere groei van Wolverlei dan die met Dolokal. Dit bestaat voor ca 80% uit Ca- en 20% Mg-carbonaten. Mergel is waarschijnlijk gevarieerder samengesteld; in het lopend onderzoek wordt bekeken of mergel bij benadering de samenstelling van sporenelementen heeft die voor de verzuring in de heidebodems zat.

Voor heide ziet het toekomstig herstel-scenario er al redelijk gedegen uit: plaggen om de overmatige hoeveelheden organisch

materiaal af te voeren, daarna bekalken met een juiste verhouding aan sporenelementen. Als duidelijk is dat hiermee de abiotische condities zijn hersteld kan zo nodig worden overgegaan tot het herintroduceren van soorten of complete soortgroepen (enten van bodems). Soorten die een slecht verspreidingsvermogen hebben en/of slechts in kleine relictpopulaties voorkomen kunnen immers de vaak geïsoleerde heidevelden niet weer op eigen kracht vinden. De bronpopulaties zijn meestal klein, het mogelijke overschot dat uitzwermt dus ook en de trefkans op een geschikt biotoop is door de grote afstanden tussen de resterende heidevelden gering.

Voor het herstel van de biodiversiteit in bossen in het droog zandlandschap is het scenario onduidelijker. Bekalken van bossen heeft door het niet weg kunnen halen van de overmatige hoeveelheid organische stof een verruigend effect. Door het bekalken daalt de zuurgraad in het strooisel, neemt de afbraaksnelheid toe en daarmee stijgt de beschikbaarheid van met name stikstof met als gevolg een opbloei van allerlei ruigtekruiden. Toekomstig onderzoek moet nog uitwijzen welke maatregelen voor bossen het beste zijn. Voor de jeneverbesstruwelen is dit onderzoek al gaande (Hommel et al., dit nummer). Met een gezamenlijke inspanning van

beheerders, onderzoekers en beleidsmedewerkers beginnen zich de contouren van een goed herstel van natuur in het droog zandlandschap af te tekenen. Het stoppen van het verlies van biodiversiteit per 2010 lijkt daarmee een haalbare kaart. Daarna zullen we moeten gaan werken aan een geleidelijk herstel van de grote biodiversiteit van het droge zandlandschap.

#### Literatuur

- Alleyn, W.F., L.M.J. van den Bergh, S.J. Braaksma, Th.J.F.A. ter Haar, D.A. Jonkers, H.N. Leys & J. van der Straaten, 1971. Avifauna van Midden-Nederland. Van Gorcum, Assen.
- Arnolds, E. & M. Veerkamp, 2008. Basisrapport Rode Lijst Paddenstoelen. Nederlandse Mycologische Vereniging, Utrecht.
- Bieleman, J., 1987. Boeren op het Drentse zand 1600-1950. Een nieuwe visie op de 'oude' landbouw. Thesis. Landbouwuniversiteit Wageningen, Wageningen.
- Bieleman, J., 1992. Geschiedenis van de landbouw in Nederland 1500-1950 – veranderingen in verscheidenheid. Boom, Meppel-Amsterdam.
- Bieleman, J., W.R. Foorhuis, F. Keeverling Buisman, & P. Thissen, 1995. Anderhalve eeuw Gelderse landbouw – De geschiedenis van de Gelderse Maatschappij van Landbouw en het Gelderse platteland. REGIO-Projekt Groningen, Groningen.
- Burg, A.B. van den, 2000. The causes of egg

Gevarieerde heide in het noordelijk deel van de Strabrechtse heide in de omgeving van de schaapskooi. Dit gebied wordt vanaf 1967 met schapen begraasd (foto: Jap Smits).

Zandverstuiving in het centrale deel van de Strabrechtse Heide. Zand wordt met tussenposen van enkele jaren machinaal opgehouden (foto: Jap Smits).



hatching failures in wild birds, studied in the Barn Owl *Tyto alba* and the Sparrowhawk *Accipiter nisus*. PhD thesis, University of Nottingham.

**Burg, A.B. van den, 2002.** De achteruitgang van de Sperwer *Accipiter nisus* op de ZW-Veluwe; veroorzaakt door predatie of voedseltekort? *Limosa* 75: 159-168.

**Burg, A.B. van den, 2006.** The abundance of essential vitamins in food chains and its impact on avian reproduction. *Acta Zoologica Sinica* 52 (suppl.): 276-279.

**Coèsèl, M., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren, 2007.** De natuur als bondgenoot; de wereld van Heimans en Thijssse in historisch perspectief. KNNV Uitgeverij.

**Den, P.G.A. ten & F.J.J. Niewold, 2000.** The Black grouse in The Netherlands: monitoring the last isolated population. In: The fate of Black grouse in European moors and heathlands. Black grouse conference Liège, Belgium. Sept. 2000: 299-311.

**Graaf, M.C.C. de, P.J.M. Verbeek, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 1998.** Restoration of species-rich dry heaths: The importance of appropriate soil conditions. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 89-111.

**Graveland, J., R. van der Wal, J.H. van Balen & A.J. van Noordwijk, 1994.** Poor reproduction in forest passerines from decline of snail abundance on acidified soils. *Nature* 368: 446-448.

**Hustings, F. & J.W. Vergeer, 2002.** Atlas van de Nederlandse broedvogels, 1998-2000: verspreiding, aantallen, verandering. Nederlandse Fauna deel 5, KNNV Uitgeverij.

**Nooren, M.J., 1986.** Over het verleden van de Hoge Veluwe. RIN-rapport 86/8, Rijksinstituut voor Natuurbeheer Arnhem, Leersum, Texel. Ploeg, D.T.E. van der, W. de Jong, M.J. Swart, **J.A. de Vries, J.H.P. Westhof, A.G. Witteveen & B. van der Veen, 1976.** Vogels in Friesland, deel 1.

Fryske Akademy 494, De Tille Leeuwarden.

**Siepel, H., 1990.** The influence of management on food size in the menu of insectivorous animals. *Proceedings in Experimental and Applied Entomology*, N.E.V. Amsterdam 1: 69-74.

**Smidt, J.T. de, 1975.** Nederlandse heidevegetaties. Thesis, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

**Spek, T., 2004.** Het Drentse esdorpenlandschap: een historisch geografische studie. Thesis Wageningen University. Uitgeverij Matrijs.

### Summary

#### Recovering from long term effects of acidification and eutrophication in inland sandy landscapes

Short term effects as increase of grasses were effectively beaten by sponsored management measures as large scale sod-cutting. Long term effects, however, are yet partly understood. The accumulative effect of acidification is also a complete wash-out of trace-elements in the soil, resulting in yet hardly recognized deficiencies in wildlife. An example of vitamin B2 deficiency in the Sparrowhawk is presented. Moreover, the excess of nitrogen leads also to shifted production of amino acids in plants, creating a hypothesized shortage of essential amino acids for wildlife. A cumulative effect in the food chain is to be expected. Restoration management, therefore, should aim at recovering of the basic buffer capacity of the soil and addition of trace-elements.

### Dankwoord

De illustraties werden bewerkt door Marijn Nijssen. De auteurs danken Ido Borkent, Paul ten Den, Pieter Joop en Jan den Ouden voor hun commentaar bij een eerder concept.

Prof.dr. H. Siepel  
Radboud Universiteit Nijmegen  
Postbus 9010  
6500 GL Nijmegen  
&  
Alterra/Wageningen Universiteit  
Centrum Ecosystemen  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
Henk.Siepel@wur.nl

Dr. H. Siebel  
Vereniging Natuurmonumenten  
Postbus 9911  
1243 ZR 's-Graveland  
Henk.siebel@natuurmonumenten.nl

Drs. T.J. Verstrael  
De Vlinderstichting.  
Postbus 506  
6700 AM Wageningen  
theo.verstrael@vlinderstichting.nl

Dr.ir. A.B. van den Burg & drs. J.J. Vogels  
Stichting Bargerveen  
p/a Radboud Universiteit Nijmegen  
afdeling Dierecologie & Ecofysiologie  
Postbus 9010  
6500 GL Nijmegen  
a.vandenburg@science.ru.nl  
j.vogels@science.ru.nl