

Herstel van schrale hellinggraslanden in Zuid-Limburg

Nina Smits, Roland Bobbink & Jo Willems, Universiteit Utrecht, Sorbonnelaan 16, 3584 CA Utrecht

Toos van Noordwijk, Hans Esselink & Henk Siepel, Radboud Universiteit & Stichting Bargerveen, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

Rik Huisjes, Loek Kuiters & Joop Schaminée, Alterra/Wageningen UR, Droevendaalsesteeg 3, 6708 PB Wageningen

Schrale hellinggraslanden in Zuid-Limburg zijn van oudsher soortenrijk, maar zijn in de loop van de twintigste eeuw in kwaliteit, omvang en aantal sterk afgenomen. Herstelbeheer heeft voor de kalkgraslandflora weliswaar tot verbetering geleid, maar herstel van de hele gradiënt (van plateau tot dal) is niet bereikt. Ook zijn enkele kenmerkende faunagroepen sterk achteruitgegaan, terwijl de huidige status van veel andere faunagroepen in de hellingschraallanden onbekend is. Om te komen tot verder herstel van de hellingschraallanden in ons land is in 2004 nieuw onderzoek gestart naar de oorzaken van de achteruitgang en de mogelijkheden voor herstel van bodem, vegetatie en fauna. In deze bijdrage wordt nader ingegaan op de specifieke onderzoeksvragen en de geïntegreerde aanpak die wordt gehanteerd.

VARIATIE OP DE HELLING

De hellingschraallanden in Zuid-Limburg vertonen doorgaans een duidelijke gradiënt in het moedermateriaal [figuur 1]. Bovenaan de helling komen grindrijke Maasafzettingen voor, die hoger op de plateaus doorgaans zijn bedekt met löss. Op de steilere middengedeelten dagzoomt plaatselijk kalkgesteente, terwijl onderaan de helling afgespoeld materiaal (colluvium) is afgezet. Deze situatie heeft bij eeuwenlang agrarisch gebruik (schapenbeweidings) geleid tot een karakteristieke begroeiing van kiezelkopgraslanden (THERO-AIRION) bovenaan de helling, gevolgd door heischraal grasland (NARDO-GALION SAXATILIS) en kalkgrasland (MESOBROMION ERECTI). Onderaan de helling, op de colluviale afzettingen, komen meer voedselrijke graslanden of ruigten (ARRHENATHERION/ARCTION) voor. Dit complex van graslanden vormt samen de hellingschraallanden. Als gevolg van deze gradiënt, in combinatie met een grote variatie aan microclima (van kaal, warm en droog op delen die op het zuiden geëxposeerd zijn tot struwelen en vochtige overhoekjes), herbergen de hellinggraslanden van

oudsher een voor ons land unieke flora en fauna. Op de kalkgraslanden komen bijvoorbeeld veel insectensoorten voor met een voornamelijk zuidelijke verspreiding die in Nederland alleen op deze warme hellingen kunnen overleven [figuur 2 en 3].

GESCHIEDENIS

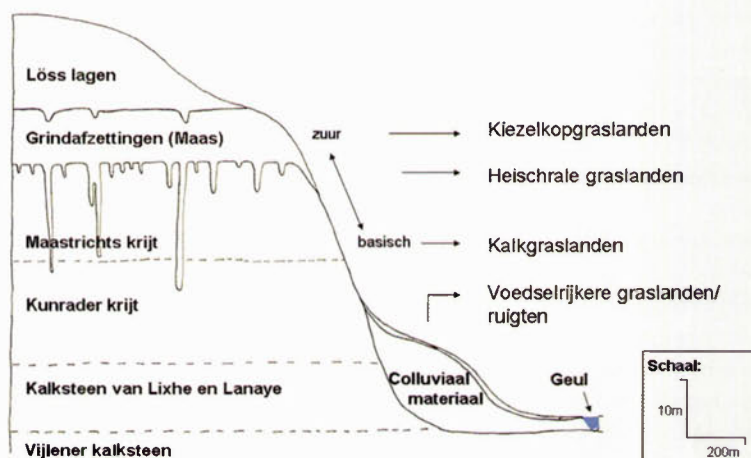
De meestal steile hellingschraallanden werden in het verleden als gemeenschappelijke weidegrond door schaapskuddes begraaasd (HILLEGERS, 1984; 1985). Door het op grote schaal beschikbaar komen van kunstmest en de import van goedkope katoen in de eerste helft van de 20^e eeuw waren de schaapskuddes en de weidegronden niet langer rendabel. Bovendien werden grote delen hellinggrasland, vooral op de minder steile hellingen, geschikt gemaakt voor de landbouw. Andere delen werden met bomen beplant of verlaten, waardoor de grasmat op deze hellingen 'vervilde' en dichtgroeide met houtige soorten. Hierdoor namen het aantal, de omvang en kwaliteit van de Nederlandse hellingschraallanden af tot ongeveer 20 terreinen met een totaal oppervlak van nog geen 25 ha (WILLEMS, 1987). Aan het herstel van het kalkgraslandgedeelte van de helling is sindsdien veel onderzoek gedaan. Mede dankzij dit onderzoek werd rond 1980 in een aantal terreinen opnieuw beweiding met schapen ingevoerd en werden struiken en bomen verwijderd (onder andere HILLEGERS, 1985). Deze verandering in beheer heeft sindsdien geleid tot een verbetering van de kwaliteit (WEEDA *et al.*, 2002).

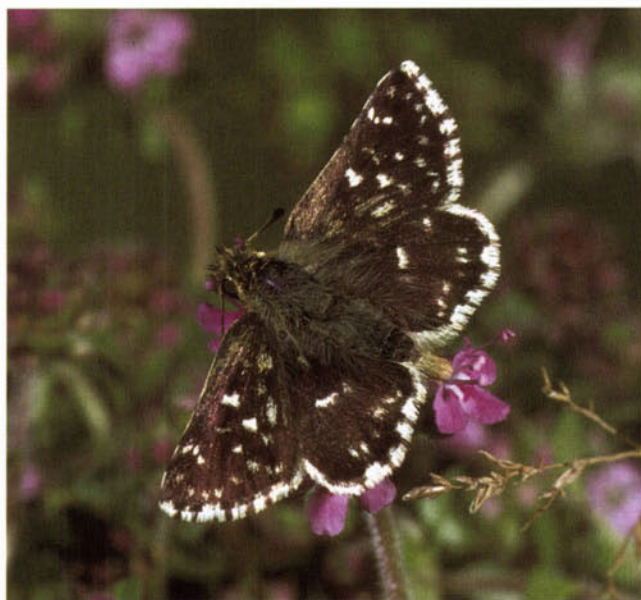
HUIDIGE KWALITEIT VAN DE VEGETATIE

Op terreinen die meer dan 50 jaar in beheer zijn, zoals de Laamhei in het Gerendal, de Wrakelberg en de Kunderberg, is het kalkgrasland ook nu nog van goede botanische kwaliteit. Op terreinen die lange tijd verwaarloosd waren en waar omstreeks 1980 herstelbeheer startte

FIGUUR 1

Schematische doorsnede van de bodem, geologische ondergrond en lokatie van bijbehorende graslanden op een Zuid-Limburgse helling (naar FLOER *et al.*, 1981).





FIGUUR 2

Het Kalkgraslanddikkopje (*Spialia sertorius*) is een zuidelijke soort die in Nederland alleen op de kalkgraslanden kan voorkomen. Inmiddels is het Kalkgraslanddikkopje helemaal uit Nederland verdwenen (foto: F. Bink).

(onder andere op de Bemelerberg), leidden de voorgestelde beheersmaatregelen alleen in de eerste jaren tot verbetering van de karakteristieke kalkgraslandvegetatie (WILLEMS *et al.*, 1993; BOBBINK & WILLEMS, 1996). Op de langere termijn is de floristische soortenrijkdom van deze kalkgraslanden wel verbeterd, maar er heeft geen volledig herstel plaatsgevonden (figuur 4; BOBBINK & WILLEMS, 1996; 2001). Voor het heischrale grasland, dat in 1982 voor het eerst in Nederland als een eigen vegetatietype is beschreven (WILLEMS, 1982; figuur 5), is in het verleden veel minder (wetenschappelijke) belangstelling geweest. Uit historische gegevens (floristisch/vegetatiekundig) is bekend dat ook dit graslandtype tot halverwege de 20^e eeuw zeer soortenrijk was (DIEMONT & VAN DE VEN, 1953). Veel van de oorspronkelijke locaties zijn momenteel geheel verdwenen door intensief landbouwkundig gebruik en de soortenrijkdom van de overgebleven terreinen is afgenomen.

SOORTENRIJKDOM ENTOMOFAUNA

Informatie over de huidige soortenrijkdom van de entomofauna (insecten en aanverwante groepen) in de Limburgse hellingschraallanden is beperkt. Veel 'kalkgrasland'-vlinders zijn sinds de jaren zestig van de vorige eeuw sterk achteruitgegaan, zoals het Bruin dikkopje (*Erynnis tages*), of zelfs geheel verdwenen, waaronder het Kalkgraslanddikkopje (*Spialia sertorius*). Deze neergaande trend is ook na de herinvoering van beweidingsbeheer onverminderd doorgegaan (VAN SWAAY & GROENENDIJK, 2005). De sprinkhanen zijn recentelijk uitgebreid geïnventariseerd in het kader van het Beschermingsplan sprinkhanen en krekels in Limburg (KLEUKERS & VAN HOOFF, 2003). Ook hiervan is bekend dat deze op de hellingschraallanden sinds 1980 verder achteruit zijn gegaan. Voor andere groepen zijn er slechts oude, terreinspecifieke of anekdotische gegevens beschikbaar. In 1977, 1981 en 1988 hebben uitgebreide bemonsteringen plaatsgevonden waarbij met behulp van potvallen de loopkeverfauna van een aantal kalkgraslanden is geïnventariseerd (MABELIS & TURIN, 1982; TURIN, 1983). In 1977 en 1981

zijn ook snuitkevers, spinnen, wantsen, cicaden, mieren en pissebedden die in deze potvallen terecht kwamen, gedetermineerd (zie de serie 'de invertebratenfauna van de Zuid-Limburgse kalkgraslanden' die tussen 1982 en 1986 in het Natuurhistorisch Maandblad is verschenen). Hoe deze soortgroepen zich in de laatste twee decennia, onder invloed van het gewijzigde beheer, in de hellinggraslanden hebben ontwikkeld, is tot op heden echter niet bekend.

OBN-ONDERZOEK

In het Preadvies kalkgraslanden zijn in 2001 de probleemvelden rondom het herstel van de Zuid-Limburgse hellingschraallanden gedefinieerd (BOBBINK & WILLEMS, 2001). Hierop is in 2004 een onderzoek van start gegaan in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. Door een onderzoeksconsortium van de Universiteit Utrecht, Stichting Bargerveen/Radboud Universiteit Nijmegen en Alterra/Wageningen UR wordt onderzoek verricht naar het huidige functioneren van deze hellingschraallandcomplexen in Zuid-Limburg, de belangrijkste knelpunten voor karakteristieke planten- en diersoorten en mogelijkheden voor herstel. Hierbij worden het beheer, vermeting en versnippering van leefgebieden als belangrijke oorzaken van achteruitgang gezien.

ONDERZOEK VEGETATIE EN BODEM

Bij het huidige onderzoek aan vegetatie en bodem ligt de nadruk op het heischrale en het kalkgraslanddeel van de hellingschraallanden. Hierbij staan drie onderzoeksvragen centraal:

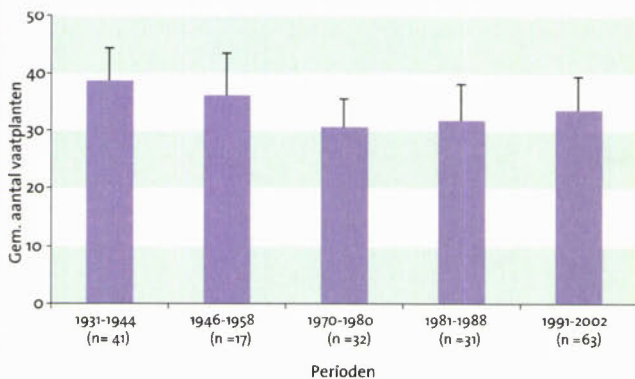
1. Hoe zag goed ontwikkeld hellingschraalland er vroeger uit en hoe is de huidige situatie?
2. Wat zijn de oorzaken van de stagnatie of zelfs achteruitgang in herstel?
3. Welke beheersmaatregelen kunnen leiden tot een herstel van bodemfactoren en vegetatie?

Om een goed overzicht te krijgen van de huidige situatie van het heischrale grasland in Zuid-Limburg, heeft in 2003 een inventarisatie van bodem en vegetatie van dit type grasland plaatsgevonden (SMITS & SCHAMINÉE, 2004). Deze huidige situatie in de Nederlandse hellingschraallanden wordt vergeleken met goed ontwikkelde gradiënten



FIGUUR 3

De Grote bombardeerkever (*Brachinus crepitans*) is eveneens een zuidelijke soort die in Nederland de laatste jaren slechts op kalkgraslanden is gevonden (foto: Th. Heijerman).



FIGUUR 4

Gemiddeld aantal vaatplanten (met standaarddeviatie) per vegetatieopname (2 x 2 m) in vijf perioden tussen 1931 en 2002. Van de gebruikte 184 kalkgraslandopnamen zijn er 166 (periode 1931-1995) in het kader van de Atlas van de Nederlandse Plantengemeenschappen (WEEDA *et al.*, 2002) geïdentificeerd als kalkgrasland. Uit de periode erna (1995-2002) zijn 18 opnamen geselecteerd. De opnamen zijn afkomstig van de Landelijke Vegetatie Databank, in beheer bij Alterra/Wageningen UR.

uit het buitenland. Hiervoor zijn twee gebieden geselecteerd: één in de Eifel, en één op de Belgische Sint-Pietersberg. Daarnaast zijn historische waarnemingen van het heischrale grasland bijeengebracht in een database om de vroegere situatie zo goed mogelijk in kaart te brengen. De eerste resultaten laten zien dat de omvang en kwaliteit van het heischrale grasland in Zuid-Limburg sterk achteruit is gegaan [figuur 6]. Ook heeft in 2005 een herhaling plaatsgevonden van metingen aan een vegetatiegradiënt op de Bemelerberg die ook in 1977 is onderzocht (WERGER *et al.*, 1983). Dit is een van weinige plekken waar ook de abiotiek is gemeten, waardoor mogelijke veranderingen in vegetatie en bodem kunnen worden opgespoord.

Als gevolg van versnippering en de afwezigheid van restpopulaties in de nabije omgeving, vormt de zaadverspreiding en daarmee hervestiging een mogelijk knelpunt in het herstel van hellingschraallanden. Daarom zal vanaf 2006 worden geëxperimenteerd met een aantal kenmerkende plantensoorten uit heischrale milieus, die onder de huidige omstandigheden hoogstwaarschijnlijk niet op eigen kracht kunnen terugkeren. Door middel van kiemings- en vestigingsexperimenten wordt nagegaan in hoeverre het milieu (al) geschikt is voor deze soorten. Omdat schapen op deze terreinen een belangrijke rol spelen bij het beheer, wordt ook het effect van zaadverspreiding door schapen (via mest) onderzocht. Uit verschillende studies, voornamelijk uitgevoerd in het buitenland, blijken grazers een niet te onderschatten rol te kunnen spelen bij het verspreiden van, gewenste en ongewenste (ruderaal en nitrofile), plantensoorten (MOUSSIE, 2004; COSYNS, 2004). In 2005 is van zowel natuurterreinen als van weilanden waar de schapen verblijven wanneer de natuurterreinen niet begraaasd worden, schapenmest verzameld. Momenteel wordt deze mest onder-

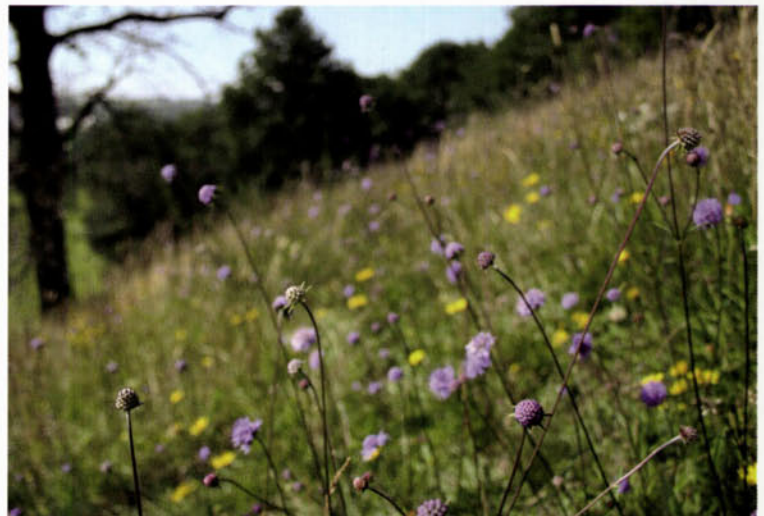
zocht op de aanwezigheid van kiemkrachtige zaden. De komende jaren zal dit onderdeel worden opgeschaald naar meer terreinen en zal ook op meer tijdstippen in het seizoen de aanwezigheid van zaden in mest worden onderzocht. Hierbij zal ook onder veldomstandigheden kieming van zaden uit schapenmest en de vestiging van zaailingen worden onderzocht. Aangezien in heischraal grasland op de hogere zandgronden is gebleken dat (ophoping van) ammonium negatieve invloed kan hebben op de doelsoorten (DORLAND *et al.*, 2003), zijn in 2005 metingen aan verschillende vormen van stikstof in de bodem verricht. Vervolgens is een experiment uitgevoerd naar de potentiële nitrificatie (omzetting van ammonium naar nitraat) in hellingschraallanden. Hiermee wordt meer inzicht verkregen in de relatie tussen stikstofprocessen in de bodem en de vegetatieontwikkeling.

Om het effect van verschillende beheersmaatregelen op het herstel van bodem en vegetatie te onderzoeken, zijn in 2005 beheerexperimenten opgezet. Hierbij wordt in het bijzonder aandacht geschonken aan het afvoeren van nutriënten (door pluggen en tweemaal per jaar maaien en afvoeren) en de aanvoer van soorten door middel van hooi uitleggen in zowel heischraal grasland als kalkgrasland.

ONDERZOEK ENTOMOFAUNA

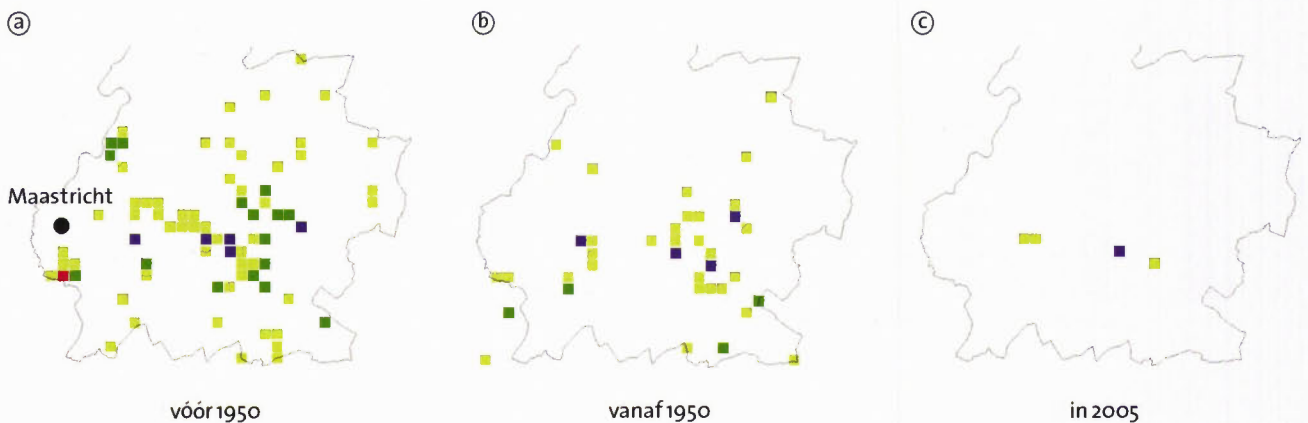
Het doel van het onderzoek aan de entomofauna is allereerst om vast te stellen wat de huidige status is van de insectenfauna van de Limburgse hellingschraallanden. Deze inventarisatiegegevens zullen vervolgens worden gebruikt om te achterhalen of en waarom soorten de afgelopen decennia achteruit zijn gegaan. Op basis hiervan zal worden onderzocht hoe de terreinen zo optimaal mogelijk beheerd kunnen worden, rekening houdend met de specifieke eisen die de verschillende soortgroepen aan hun leefmilieu stellen. Leidend in het entomofauna-onderzoek is de benadering via overlevingsstrategieën, waarbij soorten met overeenkomende strategieën worden gegroepeerd. Door vervolgens te analyseren in hoeverre verschillende strategieën voor- of achteruit zijn gegaan, kan informatie worden verkregen over de factoren die van belang zijn voor een duurzame insectenfauna op de Limburgse hellingschraallanden (BINK & SIEPEL, 1986; SIEPEL, 1994; MORAAL *et al.*, 2004).

In 2005 is een systematische inventarisatie van de entomofauna van een aantal grote, relatief goed ontwikkelde hellingschraallanden in Zuid-Limburg van start gegaan. Omdat het ondoenlijk is de complete entomofauna te bemonsteren, is gekozen voor het hanteren



FIGUUR 5

Heischraal grasland op de Winkelberg (Bemelerberg), hier met een aspect van Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) (foto: N. Smits).



FIGUUR 6

Vindplaatsen van een tiental karakteristieke soorten van het heischrale grasland in Zuid-Limburg. Welriekende nachtorchis (*Platanthera bifolia*), Groene nachtorchis (*Coeloglossum viride*) Harlekijn (*Orchis morio*), Herfstschroeforchis (*Spiranthes spiralis*), Honingorchis (*Herminium monorchis*), Rozenkransje (*Antennaria dioica*), Valkruid (*Arnica montana*), Parnassia (*Parnassia palustris*), Veldgentiaan (*Gentiana campestris*) en Gelobde maanvaren (*Botrychium lunaria*) vóór 1950 (a), vanaf 1950 (b) en in 2005 (c). In kleur is aangegeven hoeveel soorten er per 1x1 km hok zijn gevonden (geel: 1 soort; groen: 2-3 soorten; blauw: 4-5 soorten en rood: 7 soorten). De figuur is gebaseerd op literatuur en herbariumgegevens (Leiden, Maastricht, Utrecht) en geeft alleen de data weer die tot op kilometerhokniveau konden worden gelokaliseerd.

van twee technieken waarmee een breed spectrum aan soorten betrouwbaar te inventariseren is: het gebruik van potvallen en het werken met zichtwaarnemingen en handvangsten. Met betrekking tot potvallen is zo goed mogelijk aangesloten bij de monstermethode uit de zeventiger jaren van de vorige eeuw om vergelijking met de historische data mogelijk te maken. Daarbij worden de volgende soortgroepen onderzocht: loopkevers, snuitkevers, wantsen, cicaden, spinen, pissebedden en mieren, aangevuld met de duizend- en miljoenpoten. Voor de handvangsten en zichtwaarnemingen zijn vier veldbezoeken per terrein gebracht. Hier zijn in de periode half mei tot eind augustus de bijen, wespen, zweefvliegen, vlinders en sprinkhanen geïnterviewd. In totaal zijn vijf Nederlandse terreinen onderzocht; de Bemelerberg, de Wrakelberg, de Laamhei, de Kruisberg (bij Wahlwiller) en de Kunderberg. De potvalbemonsteringen op de Wrakelberg en de Kruisberg werden uitgevoerd door de Loopkeverstichting, die ook de bemonsteringen in de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw heeft georganiseerd. Voor het opzetten en uitvoeren van deze grootschalige inventarisatie en voor de data-analyse en interpretatie wordt samengewerkt met de Loopkeverstichting en een aantal an-

dere entomofaunaspecialisten. Naast de Nederlandse terreinen zijn ook twee terreinen in de Duitse Eifel (Halsberg bij Bad-Münstereifel en Oberes Ahrtal by Ahrhütte) en een terrein op het Belgisch deel van de Sint-Pietersberg bemonsterd. Deze gebieden worden anders beheerd dan de Nederlandse en hebben deels een andere ontstaans- of beheersgeschiedenis. Door deze terreinen op vergelijkbare wijze te onderzoeken kunnen de Nederlandse resultaten beter in perspectief worden geplaatst en wordt meer inzicht verkregen in het functioneren van het hellingschraallandsysteem.

Ondanks de achteruitgang van een groot aantal soorten blijkt uit de voorlopige resultaten van de fauna-inventarisatie dat er op de Nederlandse hellingschraallanden, met name op de Bemelerberg, nog steeds veel interessante soorten aanwezig zijn. Zo werden hier tijdens de inventarisatie in 2005 een nieuwe snuitkeversoort voor Nederland ontdekt en is de Vierbandgroefbij (*Halictus quadricinctus*), hier voor het eerst in 50 jaar weer aangetroffen (PEETERS & VAN NOORDWIJK, 2006). Ook de zeldzame wantsensoort *Prostemma guttula*, die in de afgelopen 50 jaar slechts eenmaal op de Sint-Pietersberg is gevonden, werd op de Bemelerberg waargenomen.



FIGUUR 7

Het uitzetten van de beheerexperimenten op de verlengde Bemelerberg. Op vijf plekken in dit perceel zijn proefvlakken uitgezet, waar de effecten van maaien, plagen en hooi uitleggen worden onderzocht (foto: N. Smits).

VAN AGRARISCH GRASLAND NAAR HELLINGSCHRAALLAND

Een van de grote uitdagingen voor dit OBN-onderzoek is geven van goede informatie over het herstellen van hellingschraalland vanuit agrarisch grasland. Vele hectaren ex-landbouwgrond, waaronder potentieel hellingschraalland, zijn inmiddels in handen gekomen van natuurbeheerinstanties. Hier liggen grote kansen voor uitbreiding van het areaal hellingschraalland, hoewel momenteel teveel voedingsstoffen in de bodem aanwezig zijn en restpopulaties ontbreken. Er zijn dan ook drastische herstelmaatregelen nodig, zoals het afplagen van de nutriëntenrijke bovenlaag en het uitleggen van hooi uit goed ontwikkelde hellingschraallanden. Via dit hooi kunnen zaden van typische hellingschraallandplanten de nieuwe terreinen bereiken en, naarmate de vegetatie zich ontwikkelt, zullen steeds meer faunasoorten zich in de herstelde terreinen kunnen vestigen. In 2005 zijn reeds beheerexperimenten voor bodem en vegetatie op-

gezet in voormalig agrarisch grasland [figuur 7]. Omdat daar echter kleine oppervlakten (3x3m) zijn gebruikt, kan het effect op de fauna hierin niet worden onderzocht. De meeste faunasoorten van hellingsschraallanden hebben een veel grotere oppervlakte nodig om te kunnen overleven. Voor deze soorten lijkt een oppervlak van circa één hectare het minimum (SACHTELEBEN & RIESS, 1997). Om deze reden is begin dit jaar een aanvraag opgesteld om een grootschalig herstel experiment uit te voeren op een tweetal terreinen van Stichting het Limburgs Landschap, waarbij plaggen in combinatie met hooi uit goed ontwikkelde hellingsschraallanden uitleggen als maatregelen

worden voorgesteld. Voor sommige slechte verspreiders zijn wellicht extra maatregelen nodig om deze soorten in de herstelde terreinen terug te krijgen. Een functionele analyse moet uitwijzen om welke soorten dit gaat, waarna voor deze soorten naar passende introductie maatregelen moet worden gezocht.

Dit OBN-onderzoek, waarin een geïntegreerde aanpak wordt toegepast voor het herstel van bodem, vegetatie en fauna, moet bijdragen aan het herstel van de kenmerkende levensgemeenschappen van de Zuid-Limburgse hellingsschraallanden.

Summary

RESTORATION OF DRY, NUTRIENT-POOR GRASSLANDS IN SOUTHERN LIMBURG

Many limestone hills in the southernmost part of the Netherlands (southern Limburg) are covered by acid gravel deposits. This results in a unique vegetation gradient along the slopes, with *Nardo-Galion saxatilis* grasslands on the higher parts of the slopes and *Mesobromion erecti* grasslands on chalk outcrops. As a result of this gradient and its microclimate, these grasslands used to have a species-rich flora and fauna. Historically, such nutrient-poor grasslands were grazed by flocks of sheep, herded by shepherds. The grasslands lost their agricultural function as common grazing land for sheep in the first half of the 20th century, resulting in a severe decline in the numbers, size and quality of these grasslands in the Netherlands. In the 1980s, new views on nature conservation resulted in the reintroduction of sheep grazing. At that time, approximately 20 sites remained, with a total surface area of only 20 ha (WILLEMS, 1987).

Although the floristic quality of the *Mesobromion* grasslands has improved over the past 25 years, full restoration has not been accomplished and the *Nardo-Galion* vegetation has deteriorated even further (BOBBINK & WILLEMS, 2001). The status of most entomofauna groups is unknown, but populations of many typical butterfly and grasshopper species have declined or been lost. It is encouraging, however, that some very rare species, such as *Halictus quadricinctus* and *Prostemma guttula*, are still present.

In 2004, a new research project was started to identify the causes of the degradation and assess opportunities for the restoration of both plant and animal communities in these dry and nutrient-poor grasslands.

Literatuur

- BINK, F.A. & H. SIEPEL, 1986. Life history tactics and strategies in butterflies. Proceedings of the 3rd European Congress of Entomology 1986. Amsterdam. Nederlandse Entomologische Vereniging, Haarlem.
- BOBBINK, R. & J.H. WILLEMS, 1996. Herstelbeheer van kalkgrasland op de Bemelerberg. *Natuurhistorisch Maandblad* 85 (12): 247-251.
- BOBBINK, R. & J.H. WILLEMS, 2001. Preadvies kalkgraslanden. Rapport OBN-16. Expertisecentrum LNV, Ede/Wageningen.
- COSYNS, E., 2004. Ungulate seed dispersal. Aspects of endozoochory in a semi-natural landscape. Institute of Nature Conservation, Brussels.
- DIEMONT, W.H. & A.J.H.M. VAN DE VEN, 1953. De kalkgraslanden van Zuid-Limburg. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, reeks VI. Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
- DORLAND, E., R. BOBBINK, J.H. MESSELINK & J.T.A. VERHOEVEN, 2003. Soil ammonium accumulation after sod cutting hampers the restoration of degraded wet heathlands. *Journal of Applied Ecology* 40: 804-814.
- FELDER, W.M., P.W. BOSCH & O.S. KUIJL, 1981. De geologie van het Gerendal en omgeving. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, reeks XXX, 1-2. Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
- HILLEGERS, H.P.M., 1984. De geschiedenis van de vegetatie en de functionele betekenis van de Bemelerberg. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, reeks XXXIV: 13-18. Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
- HILLEGERS, H.P.M., 1985. Het schaap in het mergellandschap. *Tijdschrift TH Aken* 27: 3-10.
- KLEUKERS, R.M.J.C. & P.H. VAN HOOFF, 2003. Beschermingsplan sprinkhanen en krekels in Limburg. EIS-Nederland, Leiden/Bureau Natuurbalans-Limes Divergens BV, Nijmegen.
- MABELIS, A.A. & H. TURIN, 1982. Beheer. De invertebratenfauna van de Zuidlimburgse kalkgraslanden. *Natuurhistorisch Maandblad* 71 (12): 199-206.
- MORAAL, L.G., G.A.J.M. JAGERS OP AKKERHUIS, H. SIEPEL, M.J. SCHELHAAS & G.F.P. MARTAKIS, 2004. Verschuivingen van insectenplagen bij bomen sinds 1946 in relatie met klimaatverandering. Alterra-rapport 856. Alterra, Wageningen.
- MOUSSIE, A.M., 2004. Seed dispersal by large herbivores, implications for the restoration of plant biodiversity. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- PEETERS & VAN NOOROWIJK, 2006. De Vierbandgroefbij, een bijzondere vondst op de Bemelerberg. *Natuurhistorisch Maandblad* 95 (8): 186-189.
- SACHTELEBEN, J. & W. RIESS, 1997. Flächenanforderungen im Naturschutz; Ableitung unter Berücksichtigung von Inzuchteffekten - I. Teil das Modell. - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 336-344.
- SIEPEL, H., 1994. Life-history tactics of soil microarthropods. *Biology and Fertility of Soils* 18: 263-278.
- SMITS, N.A.C. & J.H.J. SCHAMINÉE, 2004. Heischrale hellingen in Zuid-Limburg. Een inventarisatie van bodem en vegetatie. Alterra-rapport 1010. Alterra, Wageningen.
- SWAAY, C.A.M. VAN & D. GROENENOUK, 2005. Vlinders en libellen geteld. Jaarverslag 2005 van de Landelijke Meetnetten Vlinders en Libellen. Rapport VS2005.007. De Vlinderstichting, Wageningen.
- TURIN, H., 1983. Loopkevers (Coleoptera Carabidae) van kalkgraslanden en hellingbossen. De invertebratenfauna van de Zuidlimburgse kalkgraslanden. *Natuurhistorisch Maandblad* 72 (3): 73-83.
- WEEDA, E.J., J.H.J. SCHAMINÉE & L. VAN DUUREN, 2002. Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland. Deel 2. Graslanden, zomen en droge heiden. KNNV-uitgeverij, Utrecht.
- WERGER, J.M., J.M.W. LOUPPEN & J.H.M. EPPINK, 1983. Performances and vegetation boundaries along an environmental gradient. *Vegetatio* 52: 141-150.
- WILLEMS, J.H., 1982. Het *Brachypodium Sieglingii* Will. & Blanck. 1975 in Zuid-Limburg. *Gorteria* 11 (1): 14-21.
- WILLEMS, J.H., 1982. *Parnassia palustris* L. in Zuid-Limburg. *Gorteria* 11: 99-106.
- WILLEMS, J.H., 1987. Ons Krijtland Zuid-Limburg VI. Kalkgrasland in Zuid-Limburg. Wetenschappelijke Mededeling KNNV nr. 184. KNNV-uitgeverij, Hoogwoud.
- WILLEMS, J.H., A. KOBUS, R. BOBBINK & L. AOOINK, 1993. Restauratiebeheer van soortenrijke graslanden op de St. Pietersberg: een eerste evaluatie. *Natuurhistorisch Maandblad* 82 (5): 99-108.