

Heuvellandschap

Van Noordwijk, C.G.E., N.A.C. Smits, J.A. Weinreich, B. van Tooren, M.Nijssen & R. Bobbink

Algemene karakterisering en indeling

Het Zuid-Limburgse heuvelland is een plateaulandschap, waarin de Maas terrassen heeft gevormd. Op de Maasterrassen bestaat de toplaag uit een in dikte wisselende lösslaag bovenop grindhoudende Maasafzettingen. In het uiterste zuidoosten van Zuid-Limburg is het lösspakket relatief dun en ontbreken grindhoudende terrasafzettingen. Hier komt vuursteeneluvium dicht aan de oppervlakte voor. De plateaus en terrassen worden doorsneden door een beperkt aantal beekdalen en³¹ een veel groter aantal droogdalen. Vanuit de dalen oogt het landschap zeer reliëfrijk, op de plateaus daarentegen juist verrassend vlak. De hoogteligging varieert tussen 60 meter en 323 meter boven NAP, met de Vaalserberg als hoogste punt. De randen van de plateaus en terrassen worden gevormd door veelal steile hellingen, waarin het onderliggend moedergesteente kan dagzomen. Het type moedermateriaal in de ondergrond is een belangrijke sturende factor voor de zonering van de vegetatie. In het heuvelland zijn grofweg drie hellingtypen te onderscheiden wat betreft moedermateriaal dat aan de oppervlakte komt (zie voor een uitgebreide beschrijving met illustraties [Bobbink et al. 2008](#)):

- Type K: In de zuidelijke helft van Zuid-Limburg zijn de löss- en grindafzettingen relatief dun waardoor kalksteen (mergel) dicht aan de oppervlakte ligt. Het kalksteen dagzoomt in steilranden van de dalen en in groeves. Op de hellingen wordt het afgedekt door een dunne laag kalkverweringsgronden. Hoger op de hellingen komen lokaal terrasgronden aan de oppervlakte;
- Type L: Meer noordelijk, wordt het kalksteen afgedekt door dikke pakketten löss, terrasafzettingen en tertiaire afzettingen. De invloed van het kalksteen is in deze zone derhalve minimaal. De hellingen worden afgedekt door grindhoudend materiaal. De tertiaire afzettingen variëren sterk in textuur en waterdoorlatendheid, wat grote gevolgen heeft voor de hydrologie;
- Type V: In de zuidoosthoek van Zuid-Limburg, waar het kalksteen wordt afgedekt door vuursteeneluvium, zijn de hellingen veelal bedekt met vuursteenhoudende lössachtige afzettingen.

Waar de ondergrond slecht doorlatend is ontspringen bronbeken die afwateren op de Geul, de Gulp, de Geleenbeek en de Maas. Door de geologische opbouw van Zuid-Limburg komen grond- en oppervlaktewaterafhankelijke begroeiingen niet overal langs de hellingen voor, maar met name langs de rand van het centraal plateau (tussen Kasen, Hussenberg en Klimmen) en in de dalen van het zuidoostelijk deel (hellingtype V en delen van hellingtype L). Voor de bespreking van de beekdalen in het Heuvelland, zie Beekdalen, gradiënttype 6.

De plateaus en de dalen in Zuid-Limburg zijn vrijwel geheel in landbouwkundig gebruik. De huidige natuurgebieden beslaan dan ook met name de moeilijk te ontginnen steile hellingen en een smalle strook rond de beken. Op het vuursteeneluvium waren ook de vlakke delen te weinig productief voor intensief landbouwkundig gebruik, waardoor er uitgestrektere bossen liggen. De begroeiing op de hellingen bestaat afhankelijk van het beheer uit hellingbos of grasland, al dan niet met een schraal karakter. Naast de kenmerkende habitattypen komen op de hellingen twee landschapselementen voor die typisch zijn voor het heuvelland: holle wegen en graften. Holle wegen zijn wegen die diep in de hellingen ingesleten zijn door erosie van de zachte ondergrond

onder invloed van menselijk gebruik. Graften zijn steile delen, vaak begroeid met struiken en bomen, evenwijdig aan hellingen met graslanden en akkers. Ze zijn ontstaan door het actief verplaatsen van grond of door erosie onder invloed van de vroegere landbouw. Boven de aangeplante bomen en struiken hoopte zich hellingmateriaal op waardoor op den duur trapsgewijze terrassen ontstonden. Deze terrassen moeten niet verward worden met rivierterrassen, die zijn ontstaan onder invloed van opheffing van de Ardennen en de ijstijden.

De bijzondere natuurwaarde van het Heuvelland komt voort uit de grote variatie in standplaatscondities op diverse schaalniveaus, als gevolg van variatie in bodemmateriaal, reliëf en gebruiksvorm. Binnen elk van de beschreven hellingtypen vinden we variatie in begroeiingstypen (hellingbossen, graslanden en beekdalen), die een belangrijke rol speelt in het voorkomen van diverse diersoorten, waaronder Spaanse vlag, Vroedmeesterpad en Geelbuikvuurpad. Ook binnen de hellingbossen en hellingschraallanden wordt een uitzonderlijke verscheidenheid aan standplaatscondities aangetroffen, afhankelijk van bodemmateriaal, expositie, hellingshoek en beheer (Knol & Schaminée 2004). Lokaal kan een voor Nederland uitzonderlijk warm en droog microklimaat worden gevonden, als gevolg van de aanwezigheid van dagzomend kalksteen in combinatie met een zuidelijke expositie. De kleinschalige variatie in habitattypen en leefgebieden die zo kenmerkend is voor het Zuid-Limburgse heuvelland maakt dat dit landschap ook in internationale context een bijzondere plaats inneemt (Knol & Schaminée 2004, Smits et al. 2009a, b). Kalkgebieden elders in Europa zijn in oppervlak vele malen groter, waardoor het beperkte areaal in Zuid-Limburg internationaal niet van belang lijkt. De hellingen met hun korte, extreme overgangen van zuur naar kalkrijk, en de daaraan gekoppelde kleinschalige variatie in begroeiingstypen, geven het heuvelland echter een uniek karakter. Dit komt onder meer tot uiting in de opmerkelijke rijkdom aan orchideeënsoorten, zelfs in Europees verband (Kreutz 1994).

Gradiënttypen

Binnen het grondwateronafhankelijke deel van het heuvelland zijn twee gradiënttypen onderscheiden:

- Gradiënttype 1: hellingen met dagzomend kalkgesteente
- Gradiënttype 2: hellingen zonder dagzomend kalkgesteente

Gradiënttype 1 wordt in de zuidelijke helft van Zuid-Limburg gevonden (hellingtype K).

Gradiënttype 2 is te vinden in het noorden en in het uiterste zuidoosten van Zuid-Limburg (hellingtype L en V).

De gehanteerde indeling is vanzelfsprekend een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid: het voorkomen van de verschillende vegetatietypen kan worden beïnvloed door hellingprocessen (doormenging van terrasmateriaal en/of kalkbrokjes in de lemige bovengrond) en, bij bos, door de dominante boomsoort (Hommel et al. 2010). Deze boomsoort is van belang omdat er per soort grote verschillen bestaan in de afbreekbaarheid van het bladstrooisel (van Oijen et al. 2005). Het gradiënttype van bronnen en beekdalen in het Heuvelland wordt bij Beekdallandschap (gradiënttype 6) besproken.

Literatuur

- Bobbink, R., Bijlsma, R.J., E. Brouwer, K.A.O. Eichhorn, R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée, W.C.E.P. Verberk, R.W. de Waal & M.F. Wallis de Vries 2008. Preadvies Hellingbossen in Zuid-Limburg. O+BN rapport, DK-LNV, Ede.
- Hommel, P.W.F.M. (red.), R.J. Bijlsma, K.A.O. Eichhorn, R.H. Kemmers, J. den Ouden, J.H.J. Schaminée, R.W. de Waal, M.F. Wallis de Vries & B.J.C. Willers 2010. Mogelijkheden voor herstelbeheer in hellingbossen op kalkrijke bodem in Zuid-Limburg. Resultaten eerste onderzoeksfase. Rapport DKI nr. 2010/140-O, Ede.
- Knol, R. & J.H.J. Schaminée 2004. De Zuid-Limburgse kalkgraslanden in Europees perspectief. *Stratiotes* 28/29: 53-62.
- Kreutz, C.A.J. 1994. *Orchideeën in Zuid-Limburg*. Utrecht; 320p.
- Smits, N.A.C., C.G.E. van Noordwijk, H.P.J. Huiskes, R. Bobbink, H. Esselink, A.T. Kuiters, J.H.J. Schaminée, H. Sipel & J.H. Willems 2009a. Onderzoek naar de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandcomplexen. OBN rapport DKI 2009/dk118-O; 228p.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.T. Kuiters, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée & W.C.E.P. Verberk 2009b. Sleutelfactoren en toekomstperspectief voor herstel van het Limburgse heuvelland. *De Levende Natuur* 110: 111-115.
- Van Oijen, D., M. Feijen, P. Hommel, J. den Ouden & R. de Waal 2005. Effects of tree species composition on within-forest distribution of understorey species. *Applied Vegetation Science* 8: 155-166.

Gradiënttype 1: Hellingen met dagzomend kalkgesteente

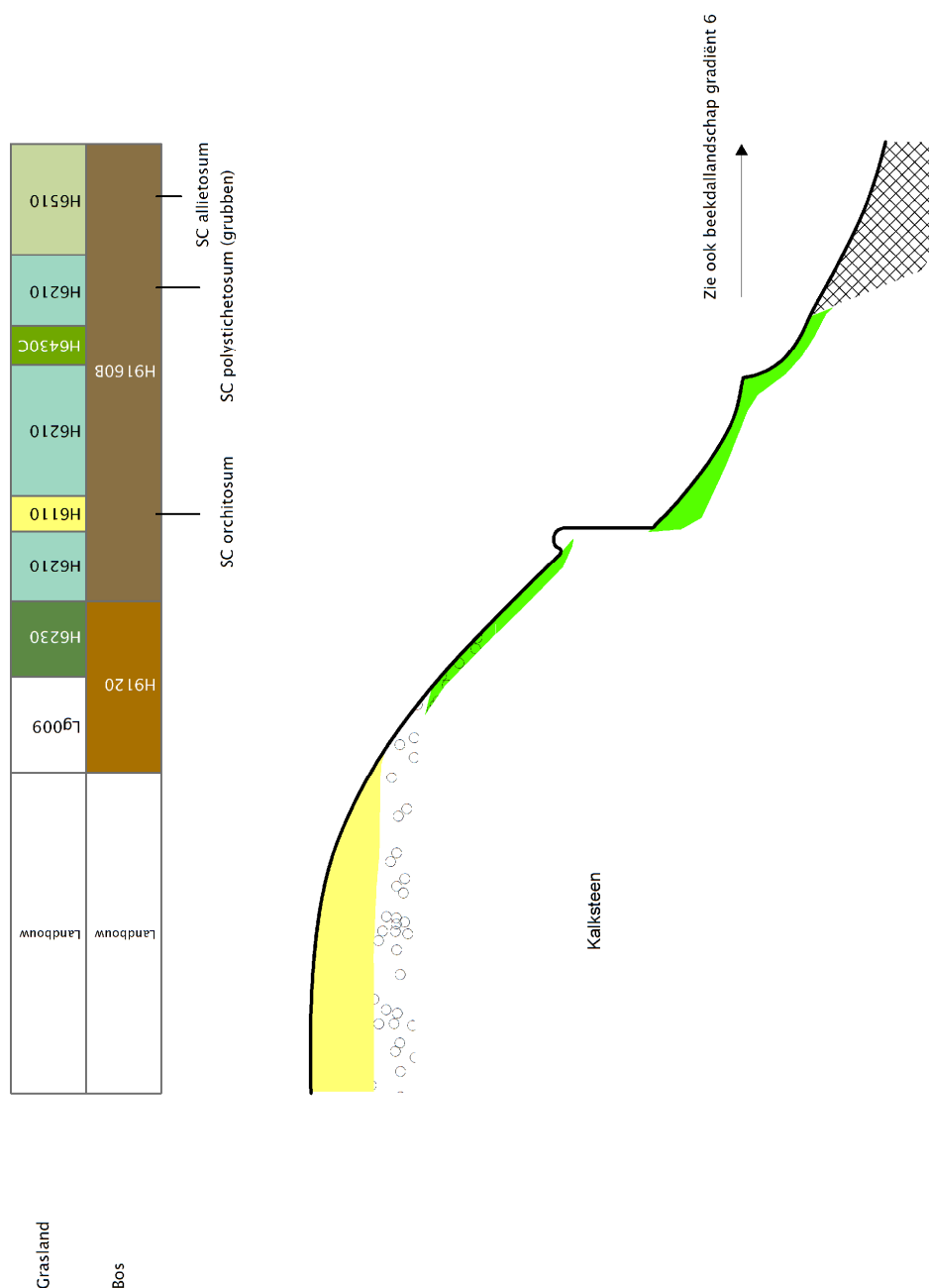
Beknopte beschrijving

De Zuid-Limburgse droge hellingen met dagzomend kalkgesteente zijn, afhankelijk van het gevoerde beheer, begroeid met grasland of hellingbos. Binnen beide begroeiingen is doorgaans een opeenvolging in plantengemeenschappen te vinden vanwege de gradiënt in moedermateriaal. In de graslanden is een complex van zure tot kalkrijke graslanden aanwezig die samen hellingschraallanden worden genoemd. De geschetste gradiënt (Figuur 1) is met name in het westen van Zuid-Limburg goed ontwikkeld. Meer naar het oosten zijn zure Maasterrasafzettingen steeds minder aanwezig.

In het verleden werden de meeste hellingschraallanden begraaasd, veelal met gescheperde kuddes mergellandschappen waarin soms ook enkele geiten waren opgenomen. Van oudsher werd echter ook beweid met runderen (Hillegers 1993). Soms waren terreinen als hooiland in gebruik. Een groot deel van de hellingschraallanden werd sinds 1900–1940 verlaten en niet meer structureel beheerd (in sommige terreinen bleef de vegetatie wel relatief open door onregelmatig branden). In de periode tot 1980 is in deze terreinen vergrassing en verstruweling opgetreden en hebben voedingsstoffen zich in de bodem opgehoopt. Rond 1980 werden deze “verlaten” hellingschraallanden opnieuw in beheer genomen. Momenteel worden de meeste terreinen door schapen begraaasd en/of gemaaid. Uit historisch onderzoek blijkt dat hellingschraallanden tot in de negentiende eeuw over een groot deel van de steile hellingen in Zuid-Limburg voorkwamen (Hillegers 1993, Bobbink & Willems 2001, Weeda et al. 2002). Na het wegvallen van het vroegere agrarische gebruik als gemeenschappelijke weidegronden zijn grote delen dichtgegroeid met struweel en daarna bos, met bomen beplant of in gebruik genomen voor intensieve landbouw. De hellingen die van oudsher begroeid waren met bos werden vrijwel allemaal beheerd als middenbos, met zowel hakhout als overstaanders. Het hakhout werd periodiek afgezet om in de behoefte aan brand- en geriefhout te voorzien. De overstaanders konden als constructiehout worden gebruikt (De Kroon 1986, Hommel et al. 2010). De bossen werden eveneens gebruikt als weidegrond voor schapen en runderen, waarmee het gebruik van de bossen, zeker rond 1800 intensief genoemd kan worden. Mede dankzij deze intensieve beheervorm waren de Zuid-Limburgse hellingbossen opvallend rijk aan bijzondere planten- en diersoorten (zie voor een overzicht Bobbink et al. 2008). Naast de kalkgraslanden behoren de kalkrijke hellingbossen dan ook tot de belangrijkste hotspots van biodiversiteit in het Heuvelland én in Nederland. Het gaat hier zowel om bossoorten als om soorten van bosranden en kapvlakten. Tientallen plantensoorten zijn in Nederland nagenoeg of geheel beperkt tot deze bossen. Dit geldt in het bijzonder voor die soorten die in hun voorkomen beperkt zijn tot de kalkrijke bodems. Na de Tweede wereldoorlog, toen het gebruik van hakhout sterk terugliep, groeide het hakhout uit tot opgaand bos met een gesloten kronendak. Hierdoor raakte de bodem permanent overschaduwde en hoopte zich strooisel en humus op. Veel van de karakteristieke kruiden, struiken en diersoorten zijn sindsdien geleidelijk achteruitgegaan en (zeer) zeldzaam geworden (Willems & Boessenkool 1999, Bobbink et al. 2008).

Vegetatiegradiënt

Binnen de hellingschraallanden is – gaande van hoog naar laag – vaak een gradiënt te onderscheiden met een vaste opeenvolging van habitattypen (Diemont & Van de Ven 1953, Bobbink & Willems 2001). Langs de bovenrand van de hellingen op de grens met de landbouwgronden op de plateaus komt vaak een voedselrijkere ruigtezone voor. De hoogste



Figuur 1: Gradiënttype 1, hellingen met dagzomend kalkgesteente. De plateaus en Maasterrassen in Zuid-Limburg zijn nagenoeg overal in landbouwkundig gebruik. Weinig bemeste, soortenrijke, droge begroeiingstypen zijn vrijwel geheel beperkt tot de hellingen van de (droog-)dalen. Afhankelijk van het gevoerde beheer zijn dit hellingbossen of hellingschraallanden (grasland). In beide begroeiingstypen kan een successie aan vegetatietypen worden aangetroffen, die samenhangt met de gradiënt in moedermateriaal dat aan de oppervlakte komt (zie tekst vegetatiegradiënt). Aan de onderrand wordt de gradiënt begrensd door voedselrijke landbouwgronden of grondwaterafhankelijke vegetatietypen (zie beekdallandschap, gradiënt 6). De lengte van de gradiënt is beperkt en varieert van circa 150 tot circa 850 meter. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

delen van de helling kennen een vrij zure en voedselarme bodem, bestaande uit Maasafzettingen (grindrijke zanden), en/of vuursteeneluvium met kiezelkopgrasland (*Thero-Airion*). Op plekken waar deze Maasafzettingen over het onderliggende kalkgesteente zijn uitgewaaid, worden Heischrale graslanden (H6230) aangetroffen. Op het middendeel van de hellingen, op plekken waar het kalkgesteente dagzoomt, is Kalkgrasland (H6210) het kenmerkende type. Onderaan de hellingen, op plaatsen waar zich colluvium heeft verzameld, vinden we voedselrijkere bloemrijke graslanden behorend tot het subhabitatype Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (*glanshaver*; H6510A) en thermofiele ruigtebegroeiingen. Op plekken waar het kalkgesteente aan de oppervlakte komt, met name bij grotten, rotswanden en groeven kan het zeldzame habitatype van de kalk- of basenminnende Pionierbegroeiingen op rotsbodems (H6110) worden aangetroffen. Daarnaast kunnen op hellingschraallanden verspreid struwelen en soms ook graften voorkomen. Op overgangen naar naastgelegen hellingbos kunnen mantels en zomen van o.a. het subhabitatype Ruigten en zomen (*droge bosranden*; H6430C) tot ontwikkeling komen.

Op de met bos begroeide hellingen wordt de vegetatie gevormd door het subhabitatype Eiken-Haagbeukenbos (*heuvelland*; H9160B). Ook hier leidt de gradiënt in moedermateriaal tot een vegetatiegradiënt. Op de plekken waar kalkrotsen dagzomen komt de subassociatie met Orchis (43Ab1b) voor. In de diep ingesneden droogdalen of grubben kan de subassociatie met Stijve naaldvaren (43Ab1a) ontwikkeld zijn en op het vochtige colluviale materiaal onderaan de helling de subassociatie met Daslook (43Ab1d). Verder kan op steile, vaak iets voedselrijkere noordhellingen de subassociatie met Smalle stekelvaren (43Ab1e) voorkomen. De rest van de helling behoort tot de subassociatie met Witte klaverzuring (43Ab1f; in ieder geval de zuurdere en drogere bovenkant van de helling) of wordt gerekend tot de typische subassociatie (43Ab1c; [Stortelder et al. 1999a](#)). Alleen langs de bovenranden van de plateaus, waar onder een dun dek van löss een relatief arm en zuur substraat aanwezig is, kan Beuken-Eikenbos (H9120) voorkomen ([Hommel et al. 2010](#)). Op de overgang naar de beekdalen is er invloed van grondwater en gaat de vegetatie over in grondwaterafhankelijke bostypen, behorend tot de Vochtige alluviale bossen (H91E0C). Deze worden verder bij de beekdalen (gradiënttype 6) behandeld.

De lengte van de gradiënt is beperkt en varieert van circa 150 tot circa 850 meter.

Fauna

Hellingschraallanden en bossen op hellingen met dagzomend kalkgesteente zijn landschappen waarin de van nature aanwezige gradiënten in reliëf, pH en nutriënten zijn versterkt door agrarisch gebruik. Doordat de hellingshoek en expositie van de hellingen verschilt (soms ook binnen natuurterreinen), heeft elk terrein een duidelijke range in microklimaat (temperatuur en vochtigheid). Hierdoor is een complex landschap ontstaan met een vaak zeer fijnkorrelige mozaïek (V1a) en een afwisseling van scherpe (V4) en geleidelijke overgangen (V5). In tegenstelling tot de droge duinen - waar dynamische eolische processen een grote rol spelen - is de kleinschalige variatie in het Heuvelland vrijwel geheel afhankelijk van menselijk ingrijpen. Door hun complexe structuur zijn hellingschraallanden in potentie zeer soortenrijk en herbergen een groot aantal planten- en diersoorten die in Nederland min of meer tot deze graslanden beperkt zijn. De verschillende vegetatietypen hebben ieder hun eigen specifieke fauna, maar ook de combinatie van vegetatietypen (F1) en abiotische omstandigheden over de gradiënt (F2) is voor veel diersoorten van belang. De zeer grote soortenrijkdom aan insecten en andere diergroepen

wordt veroorzaakt door de rijkdom aan bloeiende planten en de variatie in bodem, vegetatiestructuur en microklimaat op verschillende schaalniveaus. Op de vierkante meter (interne heterogeniteit (V6) op nanoschaal), maar ook binnen en tussen de verschillende vegetatietypes (meso- tot macroschaal) zijn er verschillen in vegetatiestructuur en microklimaat (bodemtemperatuur, luchtvochtigheid), waardoor diersoorten de meest geschikte plekken kunnen opzoeken afhankelijk van het weer en hun levensfase. Bij koud weer kunnen dieren opwarmen op kale, op het zuiden geëxponeerde plekjes (schapenpaadjes, of op mesoschaal ijle kalkgraslanden en kiezelkoppen), terwijl bij extreem warm weer de hogere graslandbegroeiingen schuilmogelijkheden bieden (plekjes met hogere vegetatie of – op mesoniveau – de rijkere graslanden onderaan de helling en de bosranden). Een groot aantal diersoorten, waaronder sprinkhanen, vlinders, bijen, zweefvliegen, kevers, reptielen en amfibieën maken op deze wijze gebruik van de grote diversiteit aan (a)biotische omstandigheden die op korte afstand van elkaar te vinden is in hellingschraallandcomplexen (F1). Zo zijn Levendbarende hagedis, Gladde slang en Hazelworm belangrijke soorten van het hellingschraalland die gebruik maken van de variatie in microklimaat. Daarnaast zijn diverse diersoorten voor het voltooiën van hun levenscyclus afhankelijk van meer dan één zone binnen het hellingschraallandcomplex (F1). De Vroedmeesterpad en de Geelbuikvuurpad gebruiken de hellingschraallanden als landhabitat en zijn daarnaast gebonden aan poelen of beken voor hun voortplanting. Voor diverse soorten zweefvliegen en (nacht-)vlinders is juist de combinatie van (vochtige) bosvegetatie (hellingbos, mantels en zomen) en warm, bloemrijk grasland essentieel voor het voltooiën van de levenscyclus (F1). Voor een groot aantal bijen en kevers is de combinatie van warme, ijle, zuid-geëxponeerde graslanden voor de larvale ontwikkeling en rijkere begroeiingen onderaan de helling, die ook in zeer warme periodes bloemrijk zijn, essentieel. De Grauwe klauwier is één van de toppredatoren van het hellingschraalland en gebruikt zowel de schrale graslanden (om in te foerageren) én struiken (om in te nestelen en als uitkijkpost) (Bobbink & Willems 2001)

Lijnvormige, verbindende landschapselementen (V2), zoals heggen, houtwallen, holle wegen en bosranden zijn daarnaast van groot belang voor de oriëntatie van vleermuizen tijdens het foerageren (F5) (Helmer & Limpens 1988). Voor veel bijensoorten – waaronder een flink aantal rode-lijstsoorten – zijn warme steilranden langs graften en holle wegen of midden op hellingschraallanden belangrijke elementen (V2) om in te nestelen (Peeters et al. 2012). Daarnaast vormen rotswanden op de Bemelerberg de enige ‘natuurlijke’ leefomgeving voor de Muurhagedis in Nederland, waarbij het wel de vraag is of deze populatie natuurlijk is of hier is uitgezet (Van Noordwijk & Peeters 2008).

Hellingbossen en hun omgeving zijn ook rijk aan diersoorten, waaronder verscheidene Natura-2000soorten, zoals Gewone Grootoorvleermuis, Vale Vleermuis, Vuursalamander en plaatselijk ook het Vliegend hert (Smit & Krekels 2006). Hierbij spelen bosranden en open plekken in bossen een belangrijke rol, zowel voor oriëntatie van vleermuizen, omdat er meer warmteontwikkeling optreedt (bijvoorbeeld voor larven van Vliegend hert) (F5) en omdat de dichtheid en variatie aan prooien vaak hoger is (F3). De hellingbossen waren vroeger ook rijk aan dagvlinders, maar veel soorten daarvan zijn thans zeer zeldzaam of zelfs verdwenen. Deze vlinders leven echter niet in gesloten, opgaand bos, maar juist op zonnige open plekken in halfopen bos en langs ruige, grazige bosranden (Bobbink et al. 2008). Deze randen zijn ook zeer belangrijk voor Hazelmuis en Eikelmuis, waarbij de eerste soort een veel kleiner ruimtegebruik kent (50–100 meter) dan de tweede soort (200–300 meter). De Hazelmuis is zowel voor zijn plantaardige voedsel als voor het maken van zomernesten op warme locaties gebonden aan goed ontwikkelde, soortenrijke mantels en zomen (Verheggen & Boonman 2006). De Eikelmuis bouwt geen zomernesten en kan zijn dieet makkelijker aanvullen met ongewervelden van bosbodems, eieren of jonge vogels,

waardoor de soort ook voorkomt in bijvoorbeeld hoogstamboomgaarden (Kuipers et al. 2012). Voor de overwintering worden door beide soorten locaties opgezocht met een gebufferd microklimaat (vaak op noordhellingen, in boomholtes of grotten) omdat een stabiele omgevingstemperatuur de overleving tijdens de winterslaap sterk vergroot (Verheggen & Boonman 2006, Cortens. & Verbeylen 2009).

Sturende processen

- In hellingbossen leidt verhoogde toevoer van nutriënten tot een toename in de dikte van de strooisellaag waardoor de invloed van het onderliggende moedermateriaal op de kruidenvegetatie afneemt. Dit leidt tot verschuivingen in de vegetatiesamenstelling over de gradiënt. Beuken–Eikenbos en Eiken–Haagbeukenbos subassociatie Witte klaverzuring breiden zich hellingafwaarts uit, terwijl het Eiken–Haagbeukenbos van de subassociaties Daslook en Naaldvaren zich hellingopwaarts uitbreiden. De tussenliggende (typische en orchideeënrijke) subassociaties van het Eiken–Haagbeukenbos komen hierdoor steeds verder in de knel (Hommel et al. 2010). Ook in hellingschraallanden heeft een toename van de nutriëntenbeschikbaarheid invloed op de vegetatiegradiënt en daarmee op de variatie in vegetatiestructuur en microklimaat op landschapsschaal;
- Zowel in hellinggraslanden als in hellingbossen spelen de plantensoortensamenstelling en de vegetatiestructuur een bepalende rol door hun invloed op het microklimaat en bodemprocessen. Hogere en dichtere graslanden zijn veel koeler en vochtiger dan ijle. Ook struiken en bomen werken bufferend op het microklimaat. Dit betekent dat een variatie in vegetatiestructuren op landschapsschaal bijdraagt aan een variatie in microklimaat;
- Het Zuid–Limburgse heuvellandschap kent een lange geschiedenis van intensief gebruik en beheer. Beheer is essentieel voor instandhouding van zowel hellingschraallanden als hellingbossen. Variatie in beheer in zowel ruimte als tijd levert een belangrijke bijdrage aan de variatie in vegetatiesamenstelling en –structuur op landschapsschaal. De beheervorm en –uitvoering bepalen in hoeverre geleidelijke overgangen kunnen ontstaan tussen grasland en bos. Ook binnen elk van deze begroeiingstypen bepaalt de beheeruitvoering in hoeverre kleinschalige variatie behouden blijft. Daarbij dient de beheerintensiteit en frequentie voldoende hoog te zijn om het microklimaat en de vegetatiestructuur, lichtcondities en nutriënteniveaus te creëren die ten grondslag liggen aan de hoge soortenrijkdom. Bij toenemende beheerintensiteit neemt echter ook de kans toe op directe en indirecte negatieve gevolgen voor plant- en diersoorten (Van Noordwijk et al. 2012b, Van Uytvanck 2009, Morris 2000). Variatie in tijd en ruimte in het beheer kan de gevolgen van dergelijke negatieve effecten beperken. Ook sturing van begrazing middels vaste rasters of een gescheperde kudde kan bijdragen aan het beperken van verstoring (vertrapping, consumptie, toevoer van mest etc.) van kwetsbare populaties.

Standplaatscondities

In deze grondwateronafhankelijke gradiënt spelen verschillen in waterstanden amper een rol; alleen op de overgang naar de beekdalen heersen wat nattere omstandigheden. De standplaatsen van de Glanshaverhooilanden zijn te beschouwen als matig voedselrijk tot zeer voedselrijk, die van de overige hellinggraslanden als (zeer tot matig) voedselarm tot matig voedselrijk. Verschillen in zuurgraad en microklimaat bepalen in deze gradiënt in belangrijke mate de vegetatiesamenstelling.

De vegetatiesamenstelling is sterk afhankelijk van de diepte waarop de vrije kalk dan wel de vaste kalksteen (mergel) zich bevindt en van de mate van bijmenging van terrasafzettingen in de afdeklaag van (lössachtig) hellingmateriaal (Bobbink & Willems 2001, Bobbink et al. 2008). Deze factoren zijn bepalend voor de zuurgraad (en buffering) van de bodem. De pH (H₂O) van de bodem loopt op van 4,0 – 4,5 (terrasgronden), via 5,0 – 6,5 in heischraal grasland, tot ruim boven 7 in kalkgraslanden. Binnen de hellingbossen is een vergelijkbare pH-gradiënt te vinden die medebepalend is voor het optreden van de genoemde subassociaties. Het type moedermateriaal is ook van invloed op het microklimaat. Kalksteen warmt snel op en houdt de warmte lang vast. Deze eigenschap geldt ook voor de kalkverweringsgronden, waarin kalkbrokjes vermengd zijn met löss. Hoewel deze bodems door de hoge warmtecapaciteit relatief droog zijn, houden ze aanzienlijk beter vocht vast dan zandbodems. Hierdoor ontstaat een warm, maar niet uitermate droog microklimaat. De zuurdere bodems bovenaan de helling kunnen, wanneer zij spaarzaam begroeid zijn, eveneens sterk opwarmen, maar koelen 's nachts ook sterk af. Deze zandige tot grindige bodems zijn zeer slecht in staat vocht vast te houden en kunnen hierdoor sterk uitdrogen. De colluviale afzettingen onderaan de helling blijven koeler en vochtiger dan de hoger gelegen delen.

Het microklimaat in hellingschraallanden en hellingbossen wordt verder sterk bepaald door de expositie en hellingshoek (Barkman & Stoutjesdijk 1987). Zuid- en oost-geëxponeerde hellingen warmen veel sterker op dan noord- en westhellingen en steile hellingen worden warmer dan vlakke. Deze temperatuurverschillen leiden ook tot verschillen in verdamping en daarmee in vochtgehalte van bodem en vegetatie, zowel in grasland als in bos. De expositie en hellingshoek zijn mede bepalend voor de mate waarin regenwater wordt ingevangen en in de bodem dringt of bovengronds afstroomt. Verschillen in hellingshoek en expositie kunnen vooral in kalkgraslanden plaatselijk tot heel grote verschillen in microklimaat leiden (tot wel 30°C verschil in bodemtemperatuur op een afstand van enkele tientallen centimeters (C.G.E. van Noordwijk pers. meded.)). In gesloten bossen is het microklimaat gebufferd waardoor hellingshoek en expositie nauwelijks tot een dergelijke kleinschalige variatie in microklimaat leiden. Bij een minder gesloten kronendak, op kapvlaktes en open plekken en met name bij bosranden speelt de expositie echter ook in hellingbossen een belangrijke rol.

Knelpunten

Vermesting en verzuring.

- In de hellingschraallanden is de voedselrijkdom van vegetatie en bodem in de tweede helft van de vorige eeuw drastisch toegenomen, ook op plekken waar herstelbeheer heeft plaatsgevonden (Smits 2010). Oorzaken voor deze eutrofiëring zijn zowel de atmosferische stikstofdepositie, als directe inspoeling vanuit hoger gelegen landbouwgronden (o.a. Schaminée & Smits 2009). Hellingschraallanden zijn zeer gevoelig voor deze eutrofiëring (Bobbink & Willems 2001). Door de hoge N-beschikbaarheid is de biomassa-productie van de vegetatie verhoogd, waardoor veel karakteristieke plantensoorten, die minder concurrentiekrachtig zijn, terrein verliezen (Bobbink et al. 1988, Willems et al. 1993). Bovendien worden door de hogere biomassa-productie de karakteristieke temperatuur-, vocht- en lichtextremen afgevlakt. Dit beïnvloedt zowel het voorkomen van de karakteristieke planten- als diersoorten negatief (Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012a). In het heischrale grasland speelt nog een ander probleem als gevolg van de toegenomen voedselrijkdom. Soorten van het oorspronkelijk voedselarme heischraal grasland hebben een mechanisme dat nitrificatie onderdrukt. In de huidige (stikstofrijke)

situatie zou dit mechanisme ervoor kunnen zorgen dat een overdosis ammonium in de bodem achterblijft, waardoor deze soorten 'vergiftigd' raken (Smits et al. 2010a, b).

- In de hellingbossen heeft stikstofdepositie en inspoeling van nutriënten vanuit hoger gelegen landbouwgronden geleid tot ophoping van stikstof in het strooisel. Dit zorgt in alle plantengemeenschappen in de gradiënt voor een toename van soorten van voedselrijke(re) omstandigheden (uiteindelijk ook bramen, Gewone vlier, Grote brandnetel). Vooral in het zwakgebufferde deel van de gradiënt leidt eutrofiëring en de daaruit voortkomende strooiselophoping tot verzuring, waardoor de vegetatiezone van zwak gebufferde omstandigheden verdwijnt (Eichhorn & Eichhorn 2007, Hommel et al. 2010, Willers et al. 2012). In het algemeen leidt de stikstofdepositie tot een versnelling van de successie en daarmee tot de noodzaak van een intensiever beheer met een kortere kapcyclus.

Ontoereikend beheer en gebrek aan beheervariatie

- Zowel de hellingbossen als de hellingschraallanden zijn afhankelijk van regulier beheer om in hun oorspronkelijke vorm in stand te blijven. Waar het beheer vroeger een economisch doel diende wordt beheer nu vooral uitgevoerd vanuit natuurbeheerdoelen, waarbij elke beheeringreep geld kost in plaats van oplevert. Hoewel er ook tegenwoordig mogelijkheden zijn voor integratie van ecologische en economische doelen, bijvoorbeeld via biobrandstofproductie (Tilman et al. 2006), wordt dit tot op heden nauwelijks toegepast. Hierdoor is de beheerpraktijk sterk veranderd en beperkt door het beschikbare budget. De frequentie van beheeringrepen is afgenomen en beheeringrepen worden zo kostenefficiënt mogelijk uitgevoerd. Het belangrijkste beheertijdstip in de hellingschraallanden is verschoven van voorjaar/zomer naar het najaar. De intensiteit van individuele beheeringrepen is toegenomen en ingrepen worden op een groter oppervlak tegelijk uitgevoerd waardoor de terreinheterogeniteit is afgenomen. Daar komt bij dat door de hogere nutriëntenbeschikbaarheid intensiever beheer nodig is om hoogproductieve soorten te bestrijden, een versnelde successie tegen te gaan en de grote variatie in microklimaat te waarborgen.
 - In de hellingschraallanden heeft onderzoek aangetoond dat het huidige beheer veelal niet leidt tot een vegetatiestructuur die gedurende het hele jaar open genoeg is voor bijvoorbeeld veel karakteristieke mierensoorten (Van Noordwijk et al. 2012a). Intensiever beheer heeft echter onherroepelijk negatieve gevolgen voor met name insectensoorten zoals de Veldparelmoervlinder die grotere kans lopen opgegeten of weggemaaid te worden (Van Noordwijk et al. 2012b). Ook leidt intensiever beheer vaker of langer tot ongunstige omstandigheden voor insecten (b.v. te weinig voedsel of schuilmogelijkheden).
 - De hellingbossen zijn door het wegvallen van het eeuwenlange middenbos- en hakhoutbeheer doorgegroeid naar opgaand bos. Dit heeft geleid tot grote veranderingen in de structuur en de dynamiek van het bos. Het beëindigen van het middenbosbeheer en het uitblijven van alternatieve beheervormen zorgde voor een verdonkering van het bos, plaatselijk ophoping van strooisel en het uitblijven van bodemverstoring waardoor het oppervlak met kale bodems is afgenomen (De Kroon 1986, Bobbink et al. 2008). De bosstructuur veranderde hierdoor van een gevarieerd bos met verschillende vegetatielagen tot een meer homogeen bos met een gesloten kronendak en een hoogstens ijle struiklaag. Strooiselaccumulatie leidt tot verzuring en lijkt beperkt te zijn tot de hellingbossen van de plateauranden (H9120) en de kalkarme lössbodems (H9160B, subassociatie van Witte klaverzuring) (Hommel et al. 2010). De gevolgen voor de vegetatie

van het wegvallen van het middenbosbeheer, veelal versterkt door de toegenomen stikstofdepositie, zijn:

- ✓ op de langere termijn komt er in een dergelijk bos meer Beuk en meer Klimop voor. Gevolg is dat het meest soortenrijke habitatype (H9160B: Eiken–haagbeukenbos) in diversiteit is afgenomen. De bovenzijde van het Eiken–haagbeukenbos verarmt floristisch en gaat daarmee over in Beuken–eikenbos met hulst (H9120);
 - ✓ Aan de onderzijde van de gradiënt is er een uitbreiding van het stikstofminnende Eiken–Haagbeukenbos met Daslook;
 - ✓ Door de ophoping van strooisel vermindert de invloed van (de variatie in) moedermateriaal en is het aantal kale plekken afgenomen wat heeft geleid tot veranderingen in het microklimaat.
- o Ook de fauna is sterk beïnvloed door deze veranderingen in de bosvegetatie en in lokale abiotische omstandigheden. Soorten die voor hun levenscyclus afhankelijk zijn van snel opwarmende open plekken in het bos of van de aanwezige nectarbronnen zijn sterk achteruit gegaan, temeer daar ook geleidelijke overgangen aan de randen van het bos nog slechts zelden aanwezig zijn.

Afname terreinheterogeniteit.

- De grote terreinheterogeniteit op verschillende schaalniveaus is één van de belangrijkste oorzaken voor de hoge biodiversiteit in het Heuvelland. Deze heterogeniteit is de afgelopen eeuw teruggelopen als gevolg van de vermesting, maar ook als gevolg van veranderingen in het landgebruik en in het gevoerde beheer (zie hiervoor). Op landschapsniveau is het gebrek aan goed ontwikkelde mantels en zomen een belangrijk knelpunt. De grenzen tussen hellingbossen en hellingschraallanden onderling en tussen de natuurgebieden en de landbouwgronden liggen vast en zijn meestal hard; geleidelijke overgangen ontbreken veelal. Veel diersoorten zijn afhankelijk van specifieke combinaties van habitats (F2) of van overgangssituaties hiertussen (V3). Diverse diersoorten die afhankelijk zijn van bosranden met goed ontwikkelde zomen en mantels, waaronder de Hazelmuis zijn hierdoor bedreigd. Ook diverse plantensoorten, met name voor het Heuvelland karakteristieke rozen, zijn hiervan afhankelijk. In groeves speelt daarnaast het probleem dat deze na stopzetting van de grondstofdelving veelal met een laag aarde werden afgedekt. Hierdoor wordt de invloed van het onderliggende moedermateriaal sterk verkleind en is een homogene begroeiing ontstaan. De kansen voor het zeldzame habitatype H6110 (rotsrichelbegroeiingen) worden hierdoor sterk verkleind, terwijl juist groeves goede mogelijkheden bieden voor uitbreiding van dit habitatype.

Versnippering

- Vooral voor de hellingschraallanden vormt versnippering een belangrijk knelpunt voor zowel flora als fauna (Butaye et al. 2005, Smits et al. 2009, Van Noordwijk et al. 2012c). De bestaande terreinen zijn klein (tot maximaal 6 ha) wat voor bepaalde diergroepen te klein is voor instandhouding van populaties. Bijvoorbeeld carnivore loopkevers die gebonden zijn aan hellingschraallanden lijken als gevolg hiervan al volledig uit de Zuid-Limburgse terreinen verdwenen te zijn (Van Noordwijk et al. 2012c). Plant- en diersoorten die nog wel voorkomen hebben veelal kleine populaties die alleen al vanwege hun beperkte omvang kwetsbaar zijn en makkelijk kunnen verdwijnen (Jacquemyn et al. 2007, Willems 2001). Zonder vergroting van het areaal valt te verwachten dat de huidige populaties van typische plant- en diersoorten verder achteruit zullen gaan (zogenaamde extinctieschuld), hoewel dit voor

planten in Belgische kalkgraslanden niet kon worden aangetoond (Adriaens et al. 2006). De kwetsbaarheid van de kleine populaties maakt dat het beheer met extra zorgvuldigheid moet worden uitgevoerd en er een nog grotere druk komt op de toch al precaire balans tussen voldoende intensief beheer voor verschraling en voldoende extensief beheer om diersoorten een continu aanbod aan voedselplanten, schuilmogelijkheden en voortplantingssubstraten te bieden. Door de beperkte omvang van de hellingschraallanden is er bovendien weinig ruimte voor interne variatie in beheer en voor bijvoorbeeld de ontwikkeling van meer struwelen en bredere zomen en mantels op de overgang van hellingschraalland naar hellingbos.

Isolatie

- Door de geïsoleerde ligging van de meeste hellingschraallanden vindt er momenteel nagenoeg geen uitwisseling meer plaats van karakteristieke plant- en diersoorten tussen hellingschraallanden (Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012a). Terreinen die door beheeringrepen opnieuw geschikt zijn geworden worden hierdoor niet spontaan opnieuw gekoloniseerd (Helsen et al. 2013). Bovendien is het omliggende landschap sterk veranderd in de afgelopen eeuw. Waar ansichtkaarten uit het begin van de 20^e eeuw nog een voornamelijk kaal landschap laten zien met grote oppervlakken schraal grasland, weinig intensief gebruikte akkers en zeer schrale bermen en holle wegen, is Zuid-Limburg nu sterk vermist (Wallis de Vries et al. 2009). De landbouw is sterk geïntensiveerd en bermen zijn vergrast en verstruweeld. Hierdoor bestaan er nauwelijks nog overhoekjes en bermen buiten de hellingschraallanden die als stapstenen gebruikt kunnen worden of waar diersoorten tijdelijk terecht kunnen om bijvoorbeeld te foerageren tijdens beheeringrepen in de hellingschraallandreservaten. Bovendien vormen de intensief gebruikte akkers, zwaar bemeste agrarische graslanden en hellingbossen veelal onoverbrugbare barrières voor de verspreiding van karakteristieke hellingschraallandinsecten (Van Noordwijk et al. 2012a).
- Veel bossen zijn beperkt van omvang en geïsoleerd gelegen, maar werden in het verleden via de tussengelegen holle wegen, graften etc. enigszins verbonden. Deze hebben inmiddels hun biodiversiteit grotendeels verloren (Wallis de Vries et al. 2009), waardoor er nog maar weinig uitwisseling plaatsvindt van karakteristieke plant- en diersoorten tussen hellingbossen.

Herstelmaatregelen gradiënt

- Voor behoud van veel karakteristieke planten en dieren is met name voor de hellingschraallanden uitbreiding van het areaal noodzakelijk (Smits et al. 2009a, b, Van Noordwijk et al. 2012a, c). Inrichting van nieuwe hellingschraallanden nabij bestaande reservaten biedt (tijdelijke) uitwijkmogelijkheden om ongunstige perioden te overbruggen en maakt een metapopulatiestructuur mogelijk waarbij terreinen na lokaal uitsterven van een soort vanuit een ander terrein opnieuw gekoloniseerd kunnen worden. Dit maakt het systeem veerkrachtiger waardoor meer ruimte ontstaat voor variatie in het beheer. In het verleden zijn op diverse plaatsen (Wylre akkers, Wrakelberg) hellingschraallanden uitgebreid of nieuw gecreëerd op voormalige landbouwgrond (o.a. Hennekens et al. 1983). Recent is nabij de Bemelerberg onderzocht in hoeverre uitbreiding op landschapsschaal mogelijk is op sterk vermeste, intensief gebruikte landbouwgrond (Van Noordwijk et al. 2013). De effecten op de vegetatie bleken gunstig, mits voldoende van de nutriëntenrijke toplaag wordt verwijderd en de knelpunten bij de verspreiding worden opgeheven door aanvoer van maaisel uit goed ontwikkelde terreinen. Zonering in onderliggend moedermateriaal bleek goed tot uiting te komen in de vegetatiesamenstelling. Voor herstel van de vegetatiegradiënt is het echter wel

essentieel dat het donormateriaal (maaisel) deze verschillende vegetatietypen beslaat. Ook voor de fauna was een duidelijke verbetering zichtbaar. Diverse typische hellingschraallandsoorten met een goed verspreidingsvermogen wisten zich binnen vijf jaar te vestigen. Minder mobiele faunasoorten bleken echter niet in staat te profiteren van de herstelmaatregelen (Van Noordwijk et al. 2013). Dit is in overeenstemming met vergelijkbare experimenten elders in Europa, waarin steeds beperkt herstel van de fauna werd gevonden na herstel van de vegetatie middels maaiseltransplantatie of inzaaien (Woodcock et al. 2008, Woodcock et al. 2010, Mortimer et al. 2002). De effectiviteit van aanvullende maatregelen voor het overbruggen van knelpunten bij de verspreiding voor de fauna is nog weinig onderzocht. Ook is weinig bekend over aanvullende knelpunten in de (a)biotische condities die volledig herstel in de weg staan (zie b.v. Baeten et al. 2009). Hier liggen dan ook belangrijke **kennislacunes**. Ontwikkeling van hellingschraalland in (voormalige) groeves is het meest kansrijk als groevenwanden niet worden afgewerkt met dekgrond (Peters 2004, Tropek et al. 2010). Mogelijkheden voor herstel van de gehele vegetatiegradiënt in Zuid-Limburg zijn tot op heden echter nauwelijks onderzocht. Hier ligt dan ook een **kennislacune**.

- Voor behoud en herstel van de typische soortenrijkdom van het Heuvelland is herstel van vegetatiemozaïeken op landschapsschaal van groot belang: zo is er meer ruimte voor soorten met verschillende ecologische behoeften en worden nieuwe kansen geboden aan soorten die gebonden zijn aan meerdere begroeiingstypen (schraal grasland, voedselrijker grasland, bos, en struwelen) voor verschillende functies (fourageren, schuilen, eiafzet etc.) of gedurende verschillende levensfasen. Een belangrijk aspect hiervan is het creëren van ruimte voor goed ontwikkelde mantels en zomen. In het algemeen heeft het de voorkeur te kiezen voor een ruimere uitrastering rond bossen opdat zich een struweelzone kan ontwikkelen die periodiek en gefaseerd gekapt wordt (Stortelder et al. 1999b). Voor de aansluiting op de habitat- en leefgebieden van de beekdalen (gradiënttype Bd6) geldt hetzelfde. In groeves verdient het de aanbeveling de kalkrotsen niet met aarde af te werken.
- Zowel voor de hellinggraslanden als voor de bossen is het van belang de uitwisselingsmogelijkheden tussen gebieden te vergroten (Willems & Brouns 2005, Bobbink et al. 2008, Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012a, c). Dit bevordert genetische uitwisseling en zorgt voor een bufferende werking op populatieschommelingen. Ook wordt het voor lokaal uitgestorven soorten weer mogelijk terreinen opnieuw te koloniseren vanuit naburige populaties. Een mogelijkheid voor vergroting van de uitwisselingsmogelijkheden is herstel van bermen, graften en holle wegen die kunnen functioneren als verbindingszones (Wallis de Vries et al. 2009). De effectiviteit van verbindingszones staat echter nog altijd ter discussie (Tewksbury et al. 2002, Öckinger & Smith 2008, Hodgson et al. 2009, 2011, Doerr et al. 2011) en hangt onder meer af van de kwaliteit van het tussenliggende gebied (Baum et al. 2004, Öckinger & Smith 2008), de grootte van de te verbinden populaties (Prevedello & Vieira 2010), de te overbruggen afstand (Öckinger & Smith 2008) en de aanwezigheid van processen die uitwisseling bevorderen, zoals rondtrekkende schaapskuddes (Poschlod & Bonn 1998). Voor met name vliegende soorten zou vergroting van het areaal leefgebied mogelijk tot meer uitwisseling kunnen leiden dan de aanleg van verbindingszones (Hodgson et al. 2009). Hier ligt derhalve een **kennislacune**.
- Door bovenlangs de gradiënt een bufferstrook aan te leggen wordt het oppervlakkig afstromen van regenwater met meststoffen van het plateau naar de hellingbossen en schraallanden verhinderd (o.a. Hillegers 1985, Schaminée & Smits 2009).
- Om de afgenomen terreinheterogeniteit en variatie in microklimaat in zowel hellingschraallanden als hellingbossen te herstellen is intensiever beheer noodzakelijk. Voor

de hellingbossen worden effectieve herstelmaatregelen (herstel van hakhout, of middenbosbeheer, ingrijpen in de samenstelling van de boomlaag en verwijderen van bosrank en struweel) bij de afzonderlijke habitattypen besproken. Ook voor de graslandvariant worden mogelijke beheeraanpassingen bij de afzonderlijke habitattypen beschreven. Leidraad daarbij is te sturen op interne variatie zodanig dat de kenmerkende variatie in microklimaat het gehele jaar beschikbaar is. Dit kan onder de huidige stikstofbelasting alleen bereikt worden door ook gedurende het groeiseizoen beheermaatregelen uit te voeren. Begrazing (met schapen al dan niet in combinatie met geiten) biedt meer mogelijkheden voor het vergroten van kleinschalige variatie in vegetatiestructuur dan maaien (Willems 1983, Hillegers 1983, Jacquemyn et al. 2003). Machinaal maaien leidt tot nivellering van microreliëf, maar leidt wel tot een grotere afvoer van nutriënten. Begrazing, met name met een gescheperde kudde biedt goede mogelijkheden de graasintensiteit af te stemmen op de verschillen in vegetatieontwikkeling in de verschillende zones van de gradiënt. In het algemeen geldt dat het verschralingbeheer voldoende intensief moet zijn om te verschralen en voor een open vegetatiestructuur zonder grasdominantie te zorgen, terwijl de versturende werking van beheeringrepen zo veel mogelijk moet worden beperkt (zowel directe verstoring als tijdelijke ongeschiktheid van het leefgebied door verdwijnen van voedselplanten en schuilmogelijkheden). Hoe hoger de nutriëntenbeschikbaarheid, hoe moeilijker deze twee zaken met elkaar verenigd kunnen worden (Smits et al. 2009a). Gefaseerd uitgevoerd maai- en graasbeheer biedt de beste mogelijkheden voor beperking van de negatieve effecten van beheeringrepen (Humbert et al. 2010, Humbert et al. 2012, van Klink et al. in druk). Daarbij dient voldoende tijd tussen maaien/begrazen van de verschillende compartimenten gelaten te worden om planten te laten groeien en herbloeien. In graslanden kan gedurende het groeiseizoen een rustperiode van enkele weken voldoende zijn. Begrazing kan ook worden ingezet voor het creëren van overgangen tussen grasland en bos. Ook hier is het raadzaam om de graasdruk door de tijd te variëren en periodiek rustperiodes in te lassen van één of meerdere jaren (Van Uytvanck 2009). Zowel voor maaien als voor begrazen geldt dat schijnbare details in de uitvoering (tijdstip, mate van fasering, intensiteit, al dan niet 's nachts opkralen van schapen, kwaliteit van parkeerweides, bijvoeren etc.) doorslaggevend zijn voor het uiteindelijke resultaat (Bobbink & Willems 1991, Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012b, Van Uytvanck 2009). Deze beheeraanbevelingen zijn gebaseerd op beschikbare onderzoeksresultaten (Van Uytvanck 2009, Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012b), maar nog onvoldoende in de praktijk getoetst. Hier ligt dan ook een belangrijke **kennislacune**.

Aandachtspunten:

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna is het in de meeste gevallen gewenst een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn bloemrijke begroeiingen en bosranden, vaak in de vorm van een zoom- of mantelvegetatie. Het verdient aanbeveling herstelmaatregelen in deze verschillende habitats dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Wanneer in een gevarieerd landschap een hoge soortenrijkdom behouden of versterkt moet worden (D1 of D2) dan is het (met enige regelmaat) uitvoeren van kleinschalige maatregelen (plaggen, kappen van bos of struweel) te verkiezen boven grootschalige maatregelen. Indien

het landschap op grote schaal ongeschikt is voor karakteristieke soorten planten en dieren en er ook geen soorten in het terrein aanwezig zijn die behouden moeten blijven, kunnen zonder risico grootschaliger herstelmaatregelen worden uitgevoerd om het terrein om te vormen (D4). Het is daarbij van belang eerst te inventariseren op de aanwezigheid van relictpopulaties; dit kan bovendien als begin dienen van effectmetingen op latere tijdstippen.

Voorbeelden

Gebieden

De meest complete hellingschraallandgradiënt in Nederland is te vinden op de Bemelerberg & Schiepersberg. Daarnaast komen ook in het Geuldal, Jekerdal en Savelsbos en op de Kunderberg en Sint-Pietersberg (onderdelen van) hellingschraallanden voor. Waardevolle referentiesituaties (deels wel met ander moedermateriaal en daardoor deels met een andere vegetatiegradiënt) kunnen in het buitenland gevonden worden op het Belgische deel van de Sint Pietersberg, in de Viroin (België) en in de Eifel (Duitsland). De botanisch belangrijkste kalkrijke hellingbossen zijn Savelsbos, Biebos, Oombos, Jansbos en Schaelsbergerbos. Goede voorbeelden in het nabije buitenland zijn te vinden langs de Hohn (België) en in Noord-Frankrijk: Forêt de Règnaval bij Hirson (Aisne).

Literatuur

- Adriaens D., Honnay O. & Hermy M. 2006. No evidence of a plant extinction debt in highly fragmented calcareous grasslands in Belgium. *Biological Conservation* 133: 212–224.
- Baeten, L., M. Hermy & K. Verheyen 2009. Environmental limitation contributes to the differential colonization capacity of two forest herbs. *Journal of Vegetation Science* 20: 209–223.
- Barkman, J.J., & P. Stoutjesdijk 1987. Mikroklimaat, vegetatie en fauna. Pudoc, Wageningen.
- Baum, K. A., K. J. Haynes, F. P. Dilleuth, & J. T. Cronin, 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85(10): 2671–2676.
- Bobbink, R. & J.H. Willems 1991. Impact of different cutting regimes on the performance of *Brachypodium pinnatum* in Dutch chalk grassland. *Biological Conservation* 56: 1–21.
- Bobbink, R. & J.H. Willems 2001. Prae-advies kalkgraslanden. Rapport OBN-16. Expertisecentrum LNV, Ede/Wageningen.
- Bobbink, R., L. Bik & J. H. Willems 1988. Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grassland. *Acta Botanica Neerlandica* 37: 231 – 242.
- Bobbink, R., R.J. Bijlsma, E. Brouwer, K.A.O. Eichhorn, R. Haveman, P. W.F.M. Hommel, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée, W.C.E.P. Verberk, R.W. de Waal, & M.F. Wallis de Vries 2008. Preadvies Hellingbossen in Zuid-Limburg. Rapport DK nr. 2008/094-O, DK-LNV, Ede.
- Butaye J., D. Adriaens & O. Honnay, 2005. Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant species. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 9: 111–118.
- Cortens, J. & G. Verbeylen 2009. De eikelmuis in Vlaanderen – Synthese van drie jaar inventariseren en aanzet tot effectieve soortbescherming. Rapport Natuurstudie 2009/1, Natuurpunt Studie (Zoogdierenwerkgroep), Mechelen, België.
- De Kroon, H. 1986. De vegetatie van Zuidlimburgse hellingbossen in relatie tot het hakhoutbeheer. *Natuurhistorisch maandblad* 75 (10): 167–190.
- Diemont, W.H. & A.H.J.M. van de Ven 1953. De kalkgraslanden van Zuid-Limburg. A. De phanerogamen. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg 6: 1–20.

- Doerr, V. A. J., T. Barrett & E.D. Doerr 2011. Connectivity, dispersal behaviour and conservation under climate change: a response to Hodgson et al. *Journal of Applied Ecology* 48(1): 143–147.
- Eichhorn, K.A.O. & L.S. Eichhorn, 2007. Herstel van de soortenrijke flora in twee Zuid-Limburgse hellingbossen. *Natuurhistorisch Maandblad* 96 (8): 240–246.
- Helmer, W. & H.J.G.A. Limpens 1988. Echo's in het landschap: over vleermuizen en oecologische infrastructuur. *De Levende Natuur* 89: 2–6.
- Helsen, K., M. Hermy, and O. Honnay 2013. Spatial isolation slows down directional plant functional group assembly in restored semi-natural grasslands. *Journal of Applied Ecology* 50: 404–413.
- Hennekens, S., J.H.J. Schaminée & V. Westhoff 1983. De ontwikkeling van krijthellinggraslanden op verlaten akkers. *Natuurhistorisch Maandblad* 72 (8): 136–143.
- Hillegers, H.P.M. 1983. Beweidingseffecten van Mergellandschapen in enkele Zuidlimburgse natuurrezervaten. In: *Kalkgraslanden: beheren voor de toekomst. Verslag van het symposium te Maastricht op 29 april 1983. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg*, reeks 33(1–2): 2–9.
- Hillegers, H.P.M. 1993. Heerdgang in Zuidelijk Limburg, Publicatie van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg XL(1), Maastricht.
- Hillegers, H.P.M. (red.) 1985. De Bemelerberg: een bundel artikelen over de natuur- en cultuurhistorische betekenis van een droog schraalland-reservaat in Zuid-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad* 34: 1–92.
- Hodgson, J. A., A. Moilanen, B.A. Wintle, & C.D. Thomas 2011. Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology* 48(1): 148–152.
- Hodgson, J. A., A. Moilanen, B.A. Wintle, & C.D. Thomas 2009. Climate change , connectivity and conservation decision making : back to basics. *Journal of Applied Ecology* 46: 964–969.
- Hommel, P.W.F.M. (red.), R.J. Bijlsma, K.A.O. Eichhorn, R.H. Kemmers, J. den Ouden, J.H.J. Schaminée, R.W. de Waal, M.F. Wallis de Vries & B.J.C. Willers 2010. Mogelijkheden voor herstelbeheer in hellingbossen op kalkrijke bodem in Zuid-Limburg. Resultaten eerste onderzoeksfase. Rapport DKI nr. 2010/140–O, Ede.
- Humbert, J.Y., J. Ghazoul, N. Richner & T. Walter 2010. Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139: 522–527.
- Humbert, J.Y., J. Ghazoul, N. Richner & T. Walter 2012. Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* 152: 96–101.
- Jacquemyn, H., R. Brys & M. Hermy 2003. Short-term effects of different management regimes on the response of calcareous grassland vegetation to increased nitrogen. *Biological Conservation* 111: 137–147.
- Jacquemyn, H., R. Brys, M. Hermy & J.H. Willems 2007. Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (*Orchidaceae*) in the Netherlands. *Biological Conservation* 134: 14–21.
- Kuipers, L., J. Scholten, J.B.M. Thissen, L. Bekkers, M. Geertsma, C.A.T. Pulles, H. Siepel & L.J.E.A. van Turnhout 2012. The diet of the garden dormouse (*Eliomys quercinus*) in the Netherlands in summer and autumn. *Lutra* 55(1): 17–27.
- Morris, M. G. 2000. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95: 129–142.

- Mortimer, S. R., R. G. Booth, S. J. Harris & V. K. Brown 2002. Effects of initial site management on the *Coleoptera* assemblages colonising newly established chalk grassland on ex-arable land. *Biological Conservation* 104: 301–313.
- Öckinger, E., & H.G. Smith 2008. Do corridors promote dispersal in grassland butterflies and other insects? *Landscape Ecology* 23(1): 27–40.
- Peters, B. 2004. Verborgene valleien I – Nieuwe principes voor de afwerking van mergelgroeves. *Natuurhistorisch Maandblad* 93 (4): 65–72.
- Peeters, T. M. J., I. Raemakers, J. Kuper, A. Ovaas & C.G.E. van Noordwijk 2012. Steilwandjes bij Bemelen, een voor bijen onmisbaar onderdeel van het hellingschraallandcomplex. *Natuurhistorisch Maandblad* 101(9): 164–169.
- Poschlod, P. & S. Bonn 1998. Changing dispersal processes in the central European landscape since the last ice age: an explanation for the actual decrease of plant species richness in different habitats? *Acta Botanica Neerlandica* 47: 27–44.
- Schaminée, J.H.J. & N.A.C. Smits 2009. De Berghofweide: het mooiste zorgenkind van Zuid-Limburg. *Stratiotes* 38: 18–31.
- Smit, J.T. & R.F.M. Krekels 2006. Vliegend hert in Limburg Actieplan 2006 –2010. – EIS-Nederland en Bureau Natuurbalans–Limes divergens, Leiden – Nijmegen.
- Smits, N.A.C., C.G.E. van Noordwijk, H.P.J. Huiskes, R. Bobbink, H. Esselink, A.T. Kuiters, J.H.J. Schaminée, H. Siepel & J.H. Willems 2009a. Onderzoek naar de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandcomplexen. OBN rapport DKI 2009/dk118-O, 228p.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.T. Kuiters, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée & W.C.E.P. Verberk 2009b. Sleutelfactoren en toekomstperspectief voor herstel van het Limburgse heuvelland. *De Levende Natuur* 110 (3): 111–115.
- Smits, N.A.C. 2010. Restoration of nutrient-poor grasslands in Southern Limburg. Vegetation development and the role of soil processes. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Smits, N.A.C., M.M. Hefting, M. Kamst-Van Agterveld, H.J. Laanbroek, A.J. Paalman & R. Bobbink 2010a. Nitrification along a grassland gradient: inhibition found in matgrass swards. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 635–641.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, H.J. Laanbroek, A.J. Paalman & M.M. Hefting 2010b. Repression of potential nitrification activities by matgrass sward species. *Plant and Soil* 337: 435–445.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel 1999a. De Vegetatie Van Nederland 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Stortelder, A.H.F., K.W. van Dort, J.H.J. Schaminée & N.A.C. Smits 1999b. Het beheer van bosranden – van scherpe grens naar soortenrijke gradiënt. KNNV, Utrecht; 93p.
- Tewksbury, J.J., D.J. Levey, N.M. Haddad, S. Sargent, J.L. Orrock, A. Weldon, B.J. Danielson, J. Brinkerhoff, E.I. Damschen & P. Townsend 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(20): 12923–6.
- Tilman, D., J. Hill & C. Lehman 2006. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science* 314: 1598–1600.
- Tropek, R., T. Kadlec, P. Karesova, L. Spitzer, P. Kocarek, I. Malenovsky, P. Banar, I.H. Tuf, M. Hejda, M. Konvicka 2010. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology* 47(1): 139–147.

- Van Klink, R., F. van der Plas, C.G.E. van Noordwijk & M.F. WallisDeVries & H. Olf (in press). Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. *Biological Reviews*.
- Van Noordwijk, C.G.E. & T.M.J. Peeters 2008. Muurhagedissen op de Bemelerberg: over het hoofd gezien of over het hek gezien? *Natuurhistorisch maandblad* 97 (7): 145–148.
- Van Noordwijk, C.G.E., P. Boer, A.A. Mabelis, W.C.E.P. Verberk & H. Siepel 2012a. Life-history strategies as a tool to identify conservation constraints: A case-study on ants in chalk grasslands. *Ecological Indicators* 13: 303–313.
- Van Noordwijk, C.G.E., D.E. Flierman, E. Remke, M.F. Wallis de Vries & M.P. Berg 2012b. Impact of grazing management on hibernating caterpillars of the butterfly *Melitaea cinxia* in calcareous grasslands. *Journal of Insect Conservation* 16: 909–920.
- Van Noordwijk, C.G.E., J.T. Kuper, W. Floor-Zwart, K. Alders, H. Turin, T. Heijerman, B. Aukema & H. Siepel 2012c. Knelpunten voor loopkevers, wantsen en sprinkhanen in hellingschraallanden. Rapport nr. 2012/OBN162-HE. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag. 98p.
- Van Noordwijk, C.G.E., M.J. Weijters, N.A.C. Smits, R. Bobbink, A.T. Kuiters, E. Verbaarschot, R. Versluijs, J. Kuper, W. Floor-Zwart, H.P.J. Huiskes, E. Remke & H. Siepel 2013. Uitbreiding en herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden, Eindrapport 2e fase O+BN onderzoek. Rapport nr. 2013/OBN177-HE, Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken. 167p.
- Van Uytvanck J. 2009. The role of large herbivores in woodland regeneration patterns, mechanisms and processes. PhD theses of the Research Institute for Nature and Forest 2009 (INBO.T.2009.3). Research Institute for Nature and Forest, Brussels.
- Verheggen, L.S.G.M. & M. Boonman 2006. Actieplan Hazelmuis Limburg 2006–2010. Bouwsteen ten behoeve van Leefgebiedsplan Heuvelland. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens en Zoogdiervereniging VZZ, Nijmegen / Arnhem.
- Wallis de Vries, M.F., A. Boesveld, W. Bosman, M. Reemer, J.R. Regelink, A.J.G.A. Rossenaar, J.H.J. Schaminée & K. Veling 2009. Verkenning Herstel kleinschalige lijnvormige infrastructuur Heuvelland. Rapport DK nr 2009/dk110-O; 82p.
- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée, & L. van Duuren 2002. Atlas van plantengemeenschappen in Nederland; deel 2 graslanden, zomen en droge heiden. Utrecht, KNNV; 223p.
- Willems, J.H. 1983. Het belang van het voortbestaan van de Zuidlimburgse kalkgraslanden. In: Kalkgraslanden: beheren voor de toekomst. Verslag van het symposium te Maastricht op 29 april 1983. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg 33(1–2): 2–9.
- Willems, J.H. 2001. Problems, approaches, and, results in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. *Restoration Ecology* 9: 147–154.
- Willems, J.H. & K.P. Boessenkool 1999. Coppiced woodlands and their significance for herbaceous plant species conservation. In: Werger, M.J.A. (ed.) *A Spectrum of Ecological Studies*. Southwest China Normal University Press; pp. 188–196.
- Willems, J.H. & A. Brouns 2005. Schraal hellinggrasland Hoefijzer te Bemelen. Een botanische evaluatie van 24 jaar natuurbeheer. *Natuurhistorisch Maandblad* 94: 94–99.
- Willems, J. H., R. K. Peet & L. Bik 1993. Changes in chalk-grassland structure and species richness from selective nutrient additions. *Journal of Vegetation Science* 4, 203 – 212.
- Willers, B., P. W.F.M. Hommel & J.H.J. Schaminée 2012. Veranderingen in de zonering van bosgemeenschappen in het Savelsbos. *Natuurhistorisch maandblad* 101: 24 – 31.
- Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, V.K. Brown & S.R. Mortimer 2008. Contrasting success in the restoration of plant and phytophagous beetle assemblages of species-rich mesotrophic grasslands. *Oecologia* 154(4): 773–783.

Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, G. Masters, R. Booth, V.K. Brown & S.R. Mortimer 2010. The Restoration of Phytophagous Beetles in Species-Rich Chalk Grasslands. *Restoration Ecology* 18(5): 638-644.

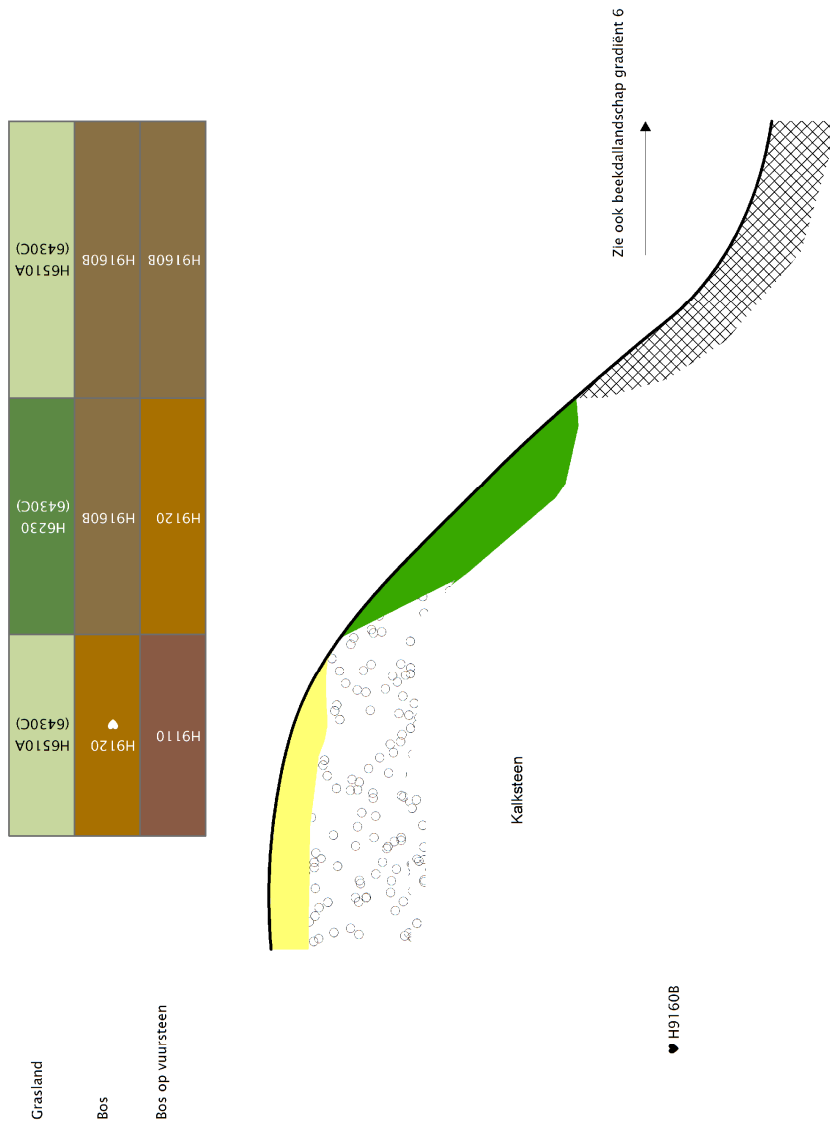
Gradiënttype2: Hellingen zonder dagzomend kalkgesteente

Beknopte beschrijving

Hellingen zonder dagzomend kalkgesteente (mergel) worden gevonden in het noordelijk en oostelijk deel van Zuid-Limburg alsmede in het uiterste zuidoosten. De hellingen ten noorden van de lijn Borgharen–Valkenburg–Brunssum (de Brunsummerheide niet meegerekend) zijn bedekt met löss. Onder de vaak dikke lösslaag met de daaronder gelegen Maasterrasafzettingen ligt een zeer dik pakket Tertiaire afzettingen (Figuur 2). Deze Tertiaire afzettingen kunnen sterk wisselen in kalkgehalte en textuur (en daarmee in doorlatendheid). Verspreid over de helling, met name langs insnijdingen komt löss in situ (niet verspoeld) voor. Een deel van deze löss is kalkrijk. Vlak onder de plateaurand bestaat de helling uit verplaatste löss gemengd met grindrijk en zandig terrasmateriaal. Terrasgrinden en zanden komen echter vrijwel nergens in onverspoelde vorm aan het oppervlak. Kenmerkend is het frequent voorkomen van bronnen op verschillende niveaus, samenhangend met de variatie in Tertiaire afzettingen, gescheiden door drogere, door hellingafzettingen gedomineerde delen. De bronnen kunnen zeer basenrijk water voeren, hetgeen uiteraard een uitstraling heeft naar de beekgedeelten lager op de helling (zie voor een overzicht [Bobbink et al. 2008](#)). Het bijbehorende gradiënttype wordt bij het Beekdallandschap (gradiënttype 6) verder behandeld. De hellingvoet bestaat grotendeels uit verspoelde löss met enige bijmenging van fijner terrasmateriaal. Deze grotendeels colluviale löss verschilt wat betreft de bodemchemische eigenschappen en korrelgroottesamenstelling weinig van de lössafzettingen hoger op de helling. Wel kan sprake zijn van enige verrijking met nutriënten ([Bobbink et al. 2008](#)). Vanwege de kleinere hellingshoek is de voet van de helling voor een groot deel in gebruik als weiland of akker. Het zuidoostelijk deel van het Heuvelland (Vaals en omgeving) wijkt af van de rest van Zuid-Limburg door een hogere ligging t.o.v. NAP, een hogere jaarlijkse neerslagsom ([Heijboer & Nellestijn 2002](#)) en een veel dunner lösspakket. De bosgroeiplaatsen van zowel het plateau als het boven- en middendeel van de hellingen) bestaan uit het (vrijwel) dagzomende vuursteeneluvium. Het vuursteeneluvium ten zuiden van Vijlen is kalkloos, en bezit zure plateauranden. Lager op de helling kunnen plaatselijk, onder andere in kleine groeves, kalkrijke afzettingen aan of dicht aan het oppervlak komen ([Bobbink et al. 2008](#)).

De hellingen die van oudsher begroeid waren met bos werden vrijwel allemaal beheerd als middenbos, met zowel hakhout als overstaanders. Het hakhout werd periodiek afgezet om in de behoefte aan brand- en geriefhout te voorzien. De overstaanders konden als constructiehout worden gebruikt ([De Kroon 1986](#), [Hommel et al. 2010](#)). De bossen werden eveneens gebruikt als weidegrond voor schapen en runderen, waarmee het gebruik van de bossen, zeker rond 1800 intensief genoemd kan worden. Na de Tweede wereldoorlog, toen het gebruik van hakhout sterk terugliep, groeide het hakhout uit tot opgaand bos met een gesloten kronendak. Hierdoor raakte de bodem permanent overschaduwde en hoopte zich strooisel en humus op. Veel van de karakteristieke kruiden, struiken en diersoorten zijn sindsdien geleidelijk achteruitgegaan en (zeer) zeldzaam geworden ([Willems & Boesenkool 1999](#), [Bobbink et al. 2008](#)).

Vegetatiegradiënt



Figuur 2: Gradiënttype 2, hellingen zonder dagzomend kalkgesteente. In het noorden en uiterste zuidoosten van Zuid-Limburg wordt de toplaag op de hellingen gevormd door löss, terrasafzettingen en/of vuursteeneluvium, al dan niet in verspoelde vorm. Afhankelijk van het gevoerde beheer wordt hier hellinggrasland of hellingbos aangetroffen, ieder bestaand uit een gradiënt aan vegetatietypen, die samenhangt met de gradiënt in moedermateriaal dat aan de oppervlakte komt (zie tekst vegetatiegradiënt). Aan de bovenrand wordt de gradiënt veelal begrensd door landbouwgronden op de plateaus. Alleen op het vuursteeneluvium strekken met name de bossen zich verder over de plateaus uit. Aan de onderrand wordt de gradiënt begrensd door voedselrijke landbouwgronden of grondwaterafhankelijke vegetatietypen (zie beekdallandschap, gradiënt 6). Door de sterk wisselende textuur en waterdoorlatendheid van de tertiaire afzettingen die zich onder de laag löss en maasafzettingen bevindt, komen in deze gradiënt frequent bronnen voor die op verschillende niveaus langs de helling uittreden (zie eveneens beekdallandschap, gradiënt 6). Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

De graslanden op de droge hellingen zonder dagzomend kalkgesteente (mergel) kunnen worden gerekend tot de Heischrale graslanden (H6230; de hoge delen) en het subhabitatype *glanshaver* van de Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (H6510A; de lage delen en hellingvoet). Het belangrijkste bostype is het Eiken-Haagbeukenbos van het subhabitatype *heuvelland* (H9160B). Op de plateaus (met brikgronden) kan de typische subassociatie van het Eiken-Haagbeukenbos voorkomen (43Ab1c). Op de helling gaat het om de subassociaties met Witte klaverzuring (43Ab1f; vooral op uitgeloopte, ontcalcite löss) en de typische. Op vochtige noordhellingen gaat het om de subassociatie met Smalle stekelvaren (43Ab1e), op de lagere hellingdelen (hellingvoet, rond bronnen) om de subassociatie met Daslook (43Ab1d) die naar onderen weer overgaat in de typische subassociatie (Stortelder et al. 1999a). Langs de bovenranden van de plateaus waar zich een dun lössdek op zandig, relatief zure en grindrijke Maasterrasafzettingen bevindt, komt een zone met 'armer' bos voor, meestal behorend tot het habitatype Beuken-Eikenbossen met hulst (H9120). In de omgeving van het Vijlenerbos ligt een dun lössdek op vuursteeneluvium en komt het habitatype Veldbies-Beukenbossen (H9110) voor. Onder aan de helling is er meer invloed van grondwater en gaat de vegetatie over in Vochtige alluviale bossen (H91E0; zie Beekdalen gradiënttype 6).

De lengte van deze gradiënt bedraagt veelal iets meer dan een kilometer.

Fauna

Door flinke verschillen in reliëf en deels in landgebruik zijn hellingen zonder dagzomend kalkgesteente vrij gevarieerd, maar minder sterk dan de kalkrijke evenknie in Zuid-Limburg. De graslanden zijn kleiner en de soortenrijkdom is minder groot. Ook de fauna is minder rijk, met name wat betreft warmteminnende insecten, maar overlapt sterk met die van hellingschraallanden en hellingbossen en deels ook met die van het Grondmorene- en terrassenlandschap (zie Droog Zandlandschap, gradiënttype 2).

De verschillende vegetatietypen hebben ieder hun eigen specifieke fauna, maar ook de combinatie van vegetatietypen (F1) en abiotische omstandigheden over de gradiënt (F2) is voor veel diersoorten van belang. De zeer grote soortenrijkdom aan insecten en andere diergroepen wordt gestuurd door de rijkdom aan bloeiende planten en de variatie in bodem, vegetatiestructuur en microklimaat op verschillende schaalniveaus. Op de vierkante meter (interne heterogeniteit; V6), maar ook binnen en tussen de verschillende vegetatietypes (meso- tot macroschaal) zijn er verschillen in vegetatiestructuur en microklimaat (bodemtemperatuur, luchtvochtigheid), waardoor diersoorten actief de meest geschikte plekken kunnen opzoeken afhankelijk van het weer en hun levensfase. De mogelijkheden hiertoe zijn echter beperkter dan op de hellingschraallanden van gradiënttype 1.

Veel diersoorten, waaronder sprinkhanen, vlinders, bijen, zweefvliegen, kevers, reptielen en amfibieën maken op deze wijze gebruik van de grote diversiteit aan (a)biotische omstandigheden die op korte afstand van elkaar te vinden is in hellingschraallandcomplexen (F1). Zo zijn Levendbarende hagedis, Gladde slang en Hazelworm belangrijke soorten van het hellingschraalland die gebruik maken van de variatie in microklimaat. Daarnaast zijn diverse diersoorten voor het voltooien van hun levenscyclus afhankelijk van meer dan één zone binnen het hellingschraallandcomplex (F1). De combinatie van warme, zuid-geëxponeerde graslanden voor de larvale ontwikkeling en rijkere vegetaties onderaan de helling, die ook in zeer warme periodes bloemrijk zijn, is essentieel voor een groot aantal soorten bijen en kevers. De Grauwe klauwier is één van de toppredatoren van het hellingschraalland en heeft zowel de schrale

graslandvegetatie nodig om in te foerageren als struiken om in te nestelen en als uitkijkpost (Bobbink & Willems 2001).

Lijnvormige, verbindende landschapselementen (V2), zoals heggen, houtwallen, holle wegen en bosranden zijn daarnaast van groot belang voor de oriëntatie van vleermuizen tijdens het foerageren (F5) (Helmer & Limpens 1988).

Hellingbossen en hun omgeving zijn ook rijk aan diersoorten, waaronder verscheidene Natura-2000soorten, zoals Gewone Grootoorvleermuis, Vale Vleermuis, Vuursalamander en plaatselijk ook het Vliegend hert (Smit & Krekels 2006). De vuursalamander heeft als landbiotoop de hellingbossen, maar is voor zijn voortplanting afhankelijk van langzaam stromend bronbeekjes en tijdelijke wateren.

Hierbij spelen bosranden en open plekken in bossen een belangrijke rol, zowel voor oriëntatie van vleermuizen, omdat er meer warmteontwikkeling optreedt (bijvoorbeeld voor larven van Vliegend hert) (F5) en omdat de dichtheid en variatie aan prooien vaak hoger is (F3). De hellingbossen waren vroeger ook rijk aan dagvlinders, maar veel soorten daarvan zijn thans zeer zeldzaam of zelfs verdwenen. Deze vlinders leven echter niet in gesloten, opgaand bos, maar juist op zonnige open plekken in halfopen bos en langs ruige, grazige bosranden (Bobbink et al 2008). Deze randen zijn ook zeer belangrijk voor Hazelmuis en Eikelmuis, waarbij de eerste soort een veel kleiner ruimtegebruik kent (50–100 meter) dan de tweede soort (200–300 meter). De Hazelmuis is zowel voor zijn plantaardige voedsel als voor het maken van zomernesten op warme locaties gebonden aan goed ontwikkelde, soortenrijke mantels en zomen (Verheggen & Boonman 2006). De Eikelmuis bouwt geen zomernesten en kan zijn dieet makkelijker aanvullen met ongewervelden van bosbodems, eieren of jonge vogels, waardoor de soort ook voorkomt in bijvoorbeeld hoogstamboomgaarden (Kuipers et al. 2012). Voor de overwintering worden door beide soorten locaties opgezocht met een gebufferd microklimaat (vaak op noordhellingen, in boomholtes of grotten) omdat een stabiele omgevingstemperatuur de overleving tijdens de winterslaap sterk vergroot (Verheggen & Boonman 2006, Cortens & Verbeylen 2009).

Sturende processen

- In hellingbossen leidt verhoogde toevoer van nutriënten tot een toename in dikte van de strooisellaag waardoor de invloed van het onderliggende moedermateriaal op de kruidenvegetatie afneemt. Dit leidt tot verschuivingen in de vegetatiesamenstelling over de gradiënt. Ook in hellinggraslanden heeft een toename van de nutriëntenbeschikbaarheid invloed op de vegetatiegradiënt en daarmee op de variatie in vegetatiestructuur en microklimaat op landschapsschaal. Met name de heischrale vegetatiezone is zeer gevoelig voor stikstof, waardoor deze zone steeds verder aangetast raakt.
- Zowel in hellinggraslanden als in hellingbossen spelen de plantensoortensamenstelling en de vegetatiestructuur een bepalende rol door hun invloed op het microklimaat en bodemprocessen. Hogere en dichtere graslandvegetaties zijn veel koeler en vochtiger dan ijle vegetaties. Ook struiken en bomen werken bufferend op het microklimaat. Dit betekent dat een variatie in vegetatiestructuren op landschapsschaal bijdraagt aan een variatie in microklimaat.
- Het Zuid-Limburgse heuvellandschap kent een lange geschiedenis van intensief gebruik en beheer. Beheer is essentieel voor instandhouding van zowel hellingschraallanden als hellingbossen. Variatie in beheer in zowel ruimte als tijd levert een belangrijke bijdrage aan de variatie in vegetatiesamenstelling en -structuur op landschapsschaal. De beheervorm en -uitvoering bepalen in hoeverre geleidelijke overgangen kunnen ontstaan tussen grasland en

bos. Ook binnen elk van deze begroeiingstypen bepaalt de beheeruitvoering in hoeverre kleinschalige variatie behouden blijft. Daarbij dient de beheerintensiteit en frequentie voldoende hoog te zijn voor het creëren van een gunstige vegetatiestructuur en optimale lichtcondities. Bij toenemende beheerintensiteit neemt echter ook de kans toe op directe en indirecte negatieve gevolgen voor plant- en diersoorten (Van Noordwijk et al. 2012b, Van Uytvanck 2009, Morris 2000). Variatie in tijd en ruimte in het beheer kan de gevolgen van dergelijke negatieve effecten beperken. Ook sturing van begrazing middels vaste rasters of een gescheperde kudde kan bijdragen aan het beperken van verstoring (vertrapping, consumptie, toevoer van mest etc.) van kwetsbare populaties.

Standplaatscondities

In deze grondwateronafhankelijke gradiënt spelen verschillen in waterstanden amper een rol; alleen op de overgang naar de beekdalen heersen wat nattere omstandigheden. Over het algemeen is de nutriëntenbeschikbaarheid als beperkt te beschouwen: de standplaatsen van de Glanshaverhooilanden zijn te beschouwen als matig voedselrijk tot zeer voedselrijk, die van de Heischrale graslanden als zeer voedselarm tot matig voedselrijk. Verschillen in zuurgraad en microklimaat bepalen in deze gradiënt in belangrijke mate de vegetatiesamenstelling. De zuurgraad van de bodem wordt in hoge mate bepaald door de aanwezige afzettingen aan maaiveld. Vuursteeneluvium is een extreem verzuurde en uitgeloopte, vuursteenrijke verweringsklei. In het zuidoostelijk deel van het Heuvelland, waar vuursteeneluvium voorkomt, leidt dit tot zeer zure en sterk vochtige omstandigheden. In de andere delen van Zuid-Limburg met dit gradiënttype zijn de dikte van de lösslaag, het dagzomen van rivierterrasafzettingen alsmede de mate waarin deze afzettingen gemengd als hellingmateriaal optreden bepalend voor de zuurgraad. De Maasterrasafzettingen zijn over het algemeen matig tot zwak zuur, terwijl de verschillende lössafzettingen als matig zuur tot neutraal zijn te beschouwen. Het type moedermateriaal is ook van invloed op het microklimaat. De zuurdere bodems kunnen, wanneer zij spaarzaam begroeid zijn, sterk opwarmen, maar koelen 's nachts ook sterk af. Deze bodems houden weinig vocht vast en kunnen hierdoor sterk uitdrogen. De colluviale afzettingen onderaan de helling blijven koeler en vochtiger dan de hoger gelegen delen.

Het microklimaat in hellingschraallanden en hellingbossen wordt verder sterk bepaald door de expositie en hellingshoek (Barkman & Stoutjesdijk 1987). Zuid- en oost-geëxponeerde hellingen warmen veel sterker op dan noord- en westhellingen en steile hellingen worden warmer dan vlakke. Deze temperatuurverschillen leiden ook tot verschillen in verdamping en daarmee in vochtgehalte van bodem en vegetatie, zowel in grasland als in bos. De expositie en hellingshoek zijn mede bepalend voor de mate waarin regenwater wordt ingevangen en in de bodem dringt of bovengronds afstroomt. Verschillen in hellingshoek en expositie kunnen tot grote verschillen in microklimaat leiden. In gesloten bossen is het microklimaat gebufferd waardoor hellingshoek en expositie nauwelijks tot een dergelijke kleinschalige variatie in microklimaat leiden. Bij een minder gesloten kronendak, op kapvlaktes en open plekken en met name bij bosranden speelt de expositie echter ook in hellingbossen een belangrijke rol.

Knelpunten

Vermesting en verzuring

- In de hellinggraslanden is de voedselrijkdom van vegetatie en bodem in de tweede helft van de vorige eeuw drastisch toegenomen. Oorzaken voor deze eutrofiëring zijn zowel de

atmosferische stikstofdepositie, als directe inspoeling vanuit hoger gelegen landbouwgrond (o.a. Schaminée & Smits 2009). Hellinggraslanden zijn zeer gevoelig voor deze eutrofiëring. Door de hoge N-beschikbaarheid is de biomassa-productie van de vegetatie verhoogd, waardoor veel karakteristieke, maar minder concurrentiekrachtige plantensoorten terrein verliezen. Bovendien worden door de hogere biomassa-productie de karakteristieke temperatuur-, vocht- en lichtextremen afgevlakt. Dit beïnvloedt zowel het voorkomen van de karakteristieke planten- als diersoorten negatief (Smits et al. 2009a, b, Van Noordwijk et al. 2012a). In het heischrale grasland speelt nog een ander probleem als gevolg van de toegenomen voedselrijkdom. Soorten van het oorspronkelijk voedselarme heischraal grasland hebben een mechanisme dat nitrificatie onderdrukt. In de huidige (stikstofrijke) situatie zou dit mechanisme ervoor kunnen zorgen dat een overdosis ammonium in de bodem achterblijft, waardoor deze soorten 'vergiftigd' raken (Smits et al. 2010a, b).

- In de hellingbossen heeft stikstofdepositie en inspoeling van nutriënten vanuit hoger gelegen landbouwgronden geleid tot ophoping van stikstof in het strooisel. Dit zorgt in alle plantengemeenschappen in de gradiënt voor een toename van soorten van voedselrijke omstandigheden (uiteindelijk ook bramen, Gewone vlier, Grote brandnetel). Vooral in het zwakgebufferde deel van de gradiënt leidt eutrofiëring en de daaruit voortkomende strooiselophoping tot verzuring, waardoor de vegetatiezone van zwak gebufferde omstandigheden verdwijnt (Eichhorn & Eichhorn 2007, Hommel et al. 2010, Willers et al. 2012). In het algemeen leidt de stikstofdepositie tot een versnelling van de successie en daarmee tot de noodzaak van een intensiever beheer met een kortere kapcyclus.

Ontoereikend beheer en gebrek aan beheervariatie

- Zowel de hellingbossen als de hellingschraallanden zijn afhankelijk van regulier beheer om in hun oorspronkelijke vorm in stand te blijven. Waar het beheer vroeger een economisch doel diende wordt beheer nu uitgevoerd vanuit natuurbeheerdoelen, waarbij elke beheeringreep geld kost in plaats van oplevert. Hoewel er ook tegenwoordig mogelijkheden zijn voor integratie van ecologische en economische doelen, bijvoorbeeld via biobrandstofproductie (Tilman et al. 2006), wordt dit tot op heden nauwelijks toegepast. Hierdoor is de beheerpraktijk sterk veranderd en beperkt door het beschikbare budget. De frequentie van beheeringrepen is afgenomen en beheeringrepen worden zo kostenefficiënt mogelijk uitgevoerd. Dit betekent veelal dat de intensiteit van individuele beheeringrepen is toegenomen en ingrepen op een groter oppervlak tegelijk worden uitgevoerd waardoor de terreinheterogeniteit is afgenomen. Daar komt bij dat door de hogere nutriëntenbeschikbaarheid intensiever beheer nodig is om hoogproductieve soorten te bestrijden, een versnelde successie tegen te gaan en de grote variatie in microklimaat te waarborgen.
 - In hellinggraslanden heeft intensiever beheer onherroepelijk negatieve gevolgen voor met name insectensoorten die grotere kans lopen opgegeten of weggemaaid te worden (Van Noordwijk et al. 2012b). Ook leidt intensiever beheer vaker of langer voor ongunstige omstandigheden voor insecten (b.v. te weinig voedsel of schuilmogelijkheden).
 - De hellingbossen zijn door het wegvallen van het eeuwenlange middenbos- en hakhoutbeheer doorgroeid naar opgaand bos. Dit heeft geleid tot grote veranderingen in de structuur en de dynamiek van het bos. Het beëindigen van het middenbosbeheer en het uitblijven van alternatieve beheervormen zorgde voor een verdonkering van het bos, een ophoping van strooisel en het uitblijven van bodemverstoring waardoor het oppervlak met kale bodems is afgenomen (De Kroon 1986, Bobbink et al. 2008). De bosstructuur

veranderde hierdoor van een gevarieerd bos met verschillende vegetatielagen tot een meer homogeen bos met een gesloten kronendak en een hoogstens ijle struiklaag. Strooiselaccumulatie leidt tot verzuring en lijkt beperkt te zijn tot de hellingbossen van de plateauranden (H9120) en de kalkarme lössbodems (H9160B, subassociatie van Witte klaverzuring) (Hommel et al. 2010). De gevolgen voor de vegetatie van het wegvallen van het middenbosbeheer, veelal versterkt door de toegenomen stikstofdepositie, zijn:

- ✓ op de langere termijn komt er in een dergelijk bos meer Beuk en meer Klimop voor. Gevolg is dat het meest soortenrijke habitatype (H9160B: Eiken–haagbeukenbos) in diversiteit is afgenomen. De bovenzijde van het Eiken–haagbeukenbos verarmt floristisch en gaat daarmee over in Beuken–eikenbos met hulst (H9120);
 - ✓ Aan de onderzijde van de gradiënt is er een uitbreiding van het stikstofminnende Eiken–Haagbeukenbos met Daslook;
 - ✓ Door de ophoping van strooisel vermindert de invloed van (de variatie in) moedermateriaal en is het aantal kale plekken afgenomen wat heeft geleid tot veranderingen in het microklimaat.
- Ook de fauna is sterk beïnvloed door deze veranderingen in de bosvegetatie en in lokale abiotische omstandigheden. Soorten die voor hun levenscyclus afhankelijk zijn van snel opwarmende open plekken in het bos of van de aanwezige nectarbronnen zijn sterk achteruit gegaan, temeer daar ook geleidelijke overgangen aan de randen van het bos nog slechts zelden aanwezig zijn.
- De grote terreinheterogeniteit op verschillende schaalniveaus is één van de belangrijkste oorzaken voor de hoge biodiversiteit in het Heuvelland. Deze heterogeniteit is de afgelopen eeuw teruggelopen als gevolg van de vermessing, maar ook als gevolg van veranderingen in het landgebruik en in het gevoerde beheer (zie hiervoor). Op landschapsniveau is het gebrek aan goed ontwikkelde mantels en zomen een belangrijk knelpunt. De grenzen tussen hellingbossen en hellingschraallanden onderling en tussen de natuurgebieden en de landbouwgronden liggen vast en zijn meestal hard; geleidelijke overgangen ontbreken veelal. Veel diersoorten zijn afhankelijk van specifieke combinaties van habitats (F2) of van overgangssituaties hiertussen (V3). Diverse diersoorten die afhankelijk zijn van bosranden met goed ontwikkelde zomen en mantels, waaronder de Hazelmuis zijn hierdoor bedreigd. Ook diverse plantensoorten, met name voor het Heuvelland karakteristieke rozen, zijn hiervan afhankelijk.

Versnippering

- Vooral voor de schrale delen binnen de graslandgradiënt vormt de versnippering een belangrijk knelpunt. De bestaande terreinen zijn zeer klein en waarschijnlijk te klein voor instandhouding van populaties van bepaalde diergroepen. Bijvoorbeeld voor carnivore loopkevers lijkt een minimum oppervlak van meer dan 5 ha. geschikt habitat noodzakelijk voor langdurige instandhouding van populaties (Van Noordwijk et al. 2012c). Plant- en diersoorten die nog wel voorkomen hebben veelal kleine populaties die alleen al vanwege hun beperkte omvang kwetsbaar zijn en makkelijk kunnen verdwijnen (Jacquemyn et al. 2007, Willems 2001). Zonder vergroting van het areaal valt te verwachten dat de huidige populaties van typische plant- en diersoorten verder achteruitgaan (zogenaamde extinctieschuld), hoewel dit voor planten in Belgische kalkgraslanden niet kon worden aangetoond (Adriaens et al. 2006). De kwetsbaarheid van de kleine populaties maakt dat het beheer met extra zorgvuldigheid moet worden uitgevoerd en er een nog grotere druk komt op de toch al precare balans tussen voldoende intensief beheer voor verschraling en

voldoende extensief beheer om (dier)soorten een continu aanbod aan voedselplanten, schuilmogelijkheden en voortplantingssubstraten te bieden. Door de beperkte omvang van de hellingsschraallanden is er bovendien weinig ruimte voor interne variatie in beheer en voor bijvoorbeeld de ontwikkeling van meer struwelen en bredere zomen en mantels op de overgang van hellinggrasland naar hellingbos.

Isolatie

- Zeker voor de voedselarmere delen van de hellinggraslanden en met name de heischrale graslanden geldt de geïsoleerde ligging als een belangrijk knelpunt. Waarschijnlijk vindt momenteel nagenoeg geen uitwisseling plaats van karakteristieke plant- en diersoorten van heischrale graslanden tussen reservaten. Terreinen die door beheeringrepen opnieuw geschikt zijn geworden worden hierdoor niet spontaan opnieuw gekoloniseerd (Helsen et al. 2013). Bovendien is het omliggende landschap sterk veranderd in de afgelopen eeuw. Waar ansichtkaarten uit het begin van de 20e nog een voornamelijk kaal landschap laten zien met grote oppervlakken schraal grasland, weinig intensief gebruikte akkers en zeer schrale bermen en holle wegen, is Zuid-Limburg nu sterk vermest (Wallis de Vries et al. 2009). De landbouw is sterk geïntensiveerd en bermen zijn vergrast en verstruweeld. Hierdoor bestaan er nauwelijks nog overhoekjes en bermen buiten de hellinggraslanden die als stapstenen gebruikt kunnen worden of waar diersoorten tijdelijk terechtkunnen om bijvoorbeeld te foerageren tijdens beheeringrepen in de hellinggraslanden.
- Veel bossen zijn beperkt van omvang en geïsoleerd gelegen, maar werden in het verleden via de tussengelegen holle wegen, graften etc. enigszins verbonden. Deze hebben inmiddels hun biodiversiteit grotendeels verloren (Wallis de Vries et al. 2009), waardoor er nog maar weinig uitwisseling plaatsvindt van karakteristieke plant- en diersoorten tussen hellingbossen.

Herstelmaatregelen gradiënt

- Voor behoud van veel karakteristieke planten en dieren is met name voor de schrale delen van de hellinggraslanden uitbreiding van het areaal noodzakelijk (Smits et al. 2009a, b, Van Noordwijk et al. 2012a, c). Inrichting van nieuwe hellingsschraallanden nabij bestaande reservaten biedt (tijdelijke) uitwijkmogelijkheden om ongunstige perioden te overbruggen en maakt een metapopulatiestructuur mogelijk waarbij terreinen na lokaal uitsterven van een soort vanuit een ander terrein opnieuw gekoloniseerd kunnen worden. Dit maakt het systeem veerkrachtiger waardoor meer ruimte ontstaat voor variatie in het beheer. In het verleden zijn in gebieden (Wylre akkers, Wrakelberg) met hellingen met dagzomend kalkgesteente (gradiënttype 1) hellingsschraallanden uitgebreid of nieuw gecreëerd op voormalige landbouwgrond (o.a. Hennekens et al. 1983). Recent is nabij de Bemelerberg onderzocht in hoeverre uitbreiding op landschapsschaal mogelijk is op sterk vermeste, intensief gebruikte landbouwgrond (Van Noordwijk et al. 2013). De effecten op de vegetatie bleken gunstig, mits voldoende van de nutriëntenrijke toplaag wordt verwijderd en de knelpunten voor de verspreiding worden opgeheven door aanvoer van maaisel uit goed ontwikkelde terreinen. Zonering in onderliggend moedermateriaal bleek goed tot uiting te komen in de vegetatiesamenstelling. Voor herstel van de vegetatiegradiënt is het echter wel essentieel dat het donormateriaal (maaisel) deze verschillende vegetatietypen beslaat. Ook voor de fauna was een duidelijke verbetering zichtbaar. Diverse typische hellingsschraallandsoorten met een goed verspreidingsvermogen wisten zich binnen vijf jaar te vestigen. Minder mobiele faunasoorten bleken echter niet in staat te profiteren van de herstelmaatregelen (Van

- Noordwijk et al. 2013). Dit is in overeenstemming met vergelijkbare experimenten elders in Europa, waarin steeds beperkt herstel van de fauna werd gevonden na herstel van de vegetatie middels maaiseltransplantatie of inzaaien (Woodcock et al. 2008, Woodcock et al. 2010, Mortimer et al. 2002). De effectiviteit van aanvullende maatregelen voor het overbruggen van knelpunten bij de verspreiding voor de fauna is nog weinig onderzocht. Ook is weinig bekend over aanvullende knelpunten in de (a)biotische condities die volledig herstel in de weg staan (zie b.v. Baeten et al. 2009). Hier liggen dan ook belangrijke **kennislacunes**.
- Voor behoud en herstel van de typische soortenrijkdom van het Heuvelland is herstel van vegetatiemozaïeken op landschapsschaal van groot belang: zo is er meer ruimte voor soorten met verschillende ecologische behoeften en worden nieuwe kansen geboden aan soorten die gebonden zijn aan meerdere begroeiingstypen (schraal grasland, voedselrijker grasland, bos, en struwelen) voor verschillende functies (foerageren, schuilen, eiafzet etc.) of gedurende verschillende levensfasen. Een belangrijk aspect hiervan is het creëren van ruimte voor goed ontwikkelde mantels en zomen. In het algemeen heeft het de voorkeur te kiezen voor een ruimere uitrastering rond bossen opdat zich een struweelzone kan ontwikkelen die periodiek en gefaseerd gekapt wordt (Stortelder et al. 1999b). Voor de aansluiting op de habitat- en leefgebieden van de beekdalen (gradiënttype Bd6) geldt hetzelfde.
 - Zowel voor de hellinggraslanden als voor de bossen is het van belang de uitwisselingsmogelijkheden tussen gebieden te vergroten (Willems & Brouns 2005, Bobbink et al. 2008, Smits et al. 2009a, Van Noordwijk et al. 2012a, c). Dit bevordert genetische uitwisseling en zorgt voor een bufferende werking op populatieschommelingen. Ook wordt het voor lokaal uitgestorven soorten weer mogelijk terreinen opnieuw te koloniseren vanuit naburige populaties. Een mogelijkheid voor vergroting van de uitwisselingsmogelijkheden is herstel van bermen, graften en holle wegen die kunnen functioneren als verbindingszones (Wallis de Vries et al. 2009). De effectiviteit van verbindingszones staat echter nog altijd ter discussie (Tewksbury et al. 2002, Öckinger & Smith 2008, Hodgson et al. 2009, 2011, Doerr et al. 2011) en hangt onder meer af van de kwaliteit van het tussenliggende gebied (Baum et al. 2004, Öckinger & Smith 2008), de grootte van de te verbinden populaties (Prevedello & Vieira 2010), de te overbruggen afstand (Öckinger & Smith 2008) en de aanwezigheid van processen die uitwisseling bevorderen, zoals rondtrekkende schaapskuddes (Poschlod & Bonn 1998). Voor met name vliegende soorten zou vergroting van het areaal leefgebied per se mogelijk tot meer uitwisseling kunnen leiden dan de aanleg van verbindingszones (Hodgson et al. 2009). Hier ligt derhalve een **kennislacune**.
 - Door bovenlangs de gradiënt een bufferstrook aan te leggen wordt het oppervlakkig afstromen van regenwater met meststoffen van het plateau naar de hellingbossen en graslanden verhinderd (o.a. Hillegers 1985, Schaminée & Smits 2009).
 - Om de afgenomen terreinheterogeniteit en variatie in microklimaat in zowel hellingschraallanden als hellingbossen te herstellen is intensiever beheer noodzakelijk. Voor de hellingbossen worden effectieve herstelmaatregelen (herstel van hakhout, of middenbosbeheer en ingrijpen in de samenstelling van de boomlaag en verwijderen van bosrank en struweel) reeds bij de afzonderlijke habitattypen benoemd. Ook voor de graslanden worden mogelijke beheeraanpassingen bij de afzonderlijke habitattypen beschreven. Leidraad daarbij is te sturen op interne variatie zodanig dat de kenmerkende variatie in microklimaat het gehele jaar beschikbaar is. Dit kan onder de huidige stikstofbelasting alleen bereikt worden door ook gedurende het groeiseizoen beheermaatregelen uit te voeren. In het algemeen geldt dat het beheer voldoende intensief moet zijn om te versralen en voor een open vegetatiestructuur te zorgen, terwijl de

verstorende werking van beheeringrepen zo veel mogelijk moet worden beperkt (zowel directe verstoring als tijdelijke ongeschiktheid van het leefgebied door verdwijnen van voedselplanten en schuilmogelijkheden). Om dit te bereiken dient maai- en graasbeheer gefaseerd uitgevoerd te worden (Humbert et al. 2010, Humbert et al. 2012, van Klink et al. in druk), waarbij voldoende tijd tussen maaien/begrazen van de verschillende compartimenten wordt gelaten om planten te laten groeien en herbloeien. In graslanden kan gedurende het groeiseizoen een rustperiode van enkele weken voldoende zijn. Begrazing kan ook worden ingezet voor het creëren van overgangen tussen grasland en bos. Ook hier is het raadzaam om de graasdruk door de tijd te variëren en periodiek rustperiodes in te lassen van één of meerdere jaren (Van Uytvanck 2009). Voor de specifieke graslandgradiënt op niet-kalkrijke hellingen in het heuvelland zijn weinig onderzoeksgegevens beschikbaar over effecten van verschillende beheermaatregelen. Naar verwachting zijn aanbevelingen die voortkomen uit het onderzoek op de hellingschraallanden hier grotendeels toepasbaar, maar desondanks ligt hier nog een **kennislacune**.

Aandachtspunten

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn bloemrijke begroeiingen en bosranden, vaak in de vorm van een zoom- of mantelvegetatie. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in deze verschillende habitats dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Wanneer in een gevarieerd landschap een hoge soortenrijkdom behouden of versterkt moet worden (D1 of D2) dan is het (met enige regelmaat) uitvoeren van kleinschalige maatregelen (plaggen, kappen van bos of struweel) te verkiezen boven grootschalige maatregelen. Indien het landschap op grote schaal ongeschikt is voor karakteristieke soorten planten en dieren en er ook geen soorten in het terrein aanwezig zijn die behouden moeten blijven, kunnen zonder risico grootschaliger herstelmaatregelen worden uitgevoerd om het terrein om te vormen (D4). Het is daarbij van belang eerst te inventariseren op de aanwezigheid van relictpopulaties; dit kan bovendien als begin dienen van effectmetingen op latere tijdstippen.

Voorbeelden

Gebieden

De bosvorm van deze gradiënt wordt goed ontwikkeld teruggevonden in delen van het Geuldal (met name het Vijlenerbosch) en in het Bunder- en Elsloërbos, Geleenbeekdal en Noorbeemden & Hoogbos. De grondwaterafhankelijke delen in deze gebieden worden besproken onder gradiënttype 6 van het Beekdallandschap. Botanisch belangrijke boscomplexen op vuursteeneluvium zijn de verschillende boscomplexen binnen de Boswachterij Vaals zoals het Kerperbos en het Holsetterbos. De gradiënt met heischraal grasland en het subhabitattype *glanshaverhooiland* is momenteel bijna nergens goed ontwikkeld.











Literatuur

- Adriaens, D., Honnay O. & Hermy M. 2006. No evidence of a plant extinction debt in highly fragmented calcareous grasslands in Belgium. *Biological Conservation* 133: 212–224.
- Baeten, L., M. Hermy & K. Verheyen 2009. Environmental limitation contributes to the differential colonization capacity of two forest herbs. *Journal of Vegetation Science*, 20: 209–223.
- Barkman, J.J., & P. Stoutjesdijk 1987. *Mikroklimaat, vegetatie en fauna*. Pudoc, Wageningen.
- Baum, K. A., K. J. Haynes, F. P. Dilleuth, & J. T. Cronin, 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85(10), 2671–2676.
- Bobbink, R. & J.H. Willems 1991. Impact of different cutting regimes on the performance of *Brachypodium pinnatum* in Dutch chalk grassland. *Biological Conservation* 56: 1–21.
- Bobbink, R. & J.H. Willems 2001. Prae-advies kalkgraslanden. Rapport OBN-16. Expertisecentrum LNV, Ede/Wageningen.
- Bobbink, R., R.J. Bijlsma, E. Brouwer, K.A.O. Eichhorn, R. Haveman, P. W.F.M. Hommel, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée, W.C.E.P. Verberk, R.W. de Waal, & M.F. Wallis de Vries 2008. Preadvies Hellingbossen in Zuid-Limburg. Rapport DK nr. 2008/094-O, DK-LNV, Ede.
- Cortens, J. & G. Verbeylen 2009. De eikelmuis in Vlaanderen – Synthese van drie jaar inventariseren en aanzet tot effectieve soortbescherming. Rapport Natuur.studie 2009/1, Natuurpunt Studie (Zoogdierenwerkgroep), Mechelen, België.
- De Kroon, H. 1986. De vegetatie van Zuidlimburgse hellingbossen in relatie tot het hakhoutbeheer. *Natuurhistorisch Maandblad* 75 (10): 167–190.
- Doerr, V. A. J., T. Barrett & E.D. Doerr 2011. Connectivity, dispersal behaviour and conservation under climate change: a response to Hodgson et al. *Journal of Applied Ecology* 48(1): 143–147.
- Eichhorn, K.A.O. & L.S. Eichhorn 2007. Herstel van de soortenrijke flora in twee Zuid-Limburgse hellingbossen. *Natuurhistorisch Maandblad* 96 (8): 240–246.
- Heijboer, D. & J.W. Nellestijn 2002. *Klimaatatlas van Nederland: de normaalperiode 1971–2000*. Elmar, Rijswijk.
- Helmer, W. & H.J.G.A. Limpens 1988. Echo's in het landschap: over vleermuizen en oecologische infrastructuur. *De Levende Natuur* 89: 2–6.
- Helsen, K., M. Hermy, and O. Honnay 2013. Spatial isolation slows down directional plant functional group assembly in restored semi-natural grasslands. *Journal of Applied Ecology* 50: 404–413.
- Hennekens, S., J.H.J. Schaminée & V. Westhoff 1983. De ontwikkeling van krijthellinggraslanden op verlaten akkers. *Natuurhistorisch Maandblad* 72 (8): 136–143.
- Hillegers, H.P.M. (red.) 1985. De Bemelerberg: een bundel artikelen over de natuur- en cultuurhistorische betekenis van een droog schraalland-reservaat in Zuid-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad* 34: 1–92.
- Hodgson, J. A., A. Moilanen, B.A. Wintle, & C.D. Thomas 2011. Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology* 48(1): 148–152.
- Hodgson, J. A., A. Moilanen, B.A. Wintle, & C.D. Thomas 2009. Climate change , connectivity and conservation decision making : back to basics. *Journal of Applied Ecology* 46: 964–969.
- Hommel, P.W.F.M. (red.), R.J. Bijlsma, K.A.O. Eichhorn, R.H. Kemmers, J. den Ouden, J.H.J. Schaminée, R.W. de Waal, M.F. Wallis de Vries & B.J.C. Willers 2010. Mogelijkheden voor herstelbeheer in hellingbossen op kalkrijke bodem in Zuid-Limburg. Resultaten eerste onderzoeksfase. Rapport DKI nr. 2010/140-O, Ede.








- Humbert, J. Y., J. Ghazoul, N. Richner, and T. Walter 2010. Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139: 522–527.
- Humbert, J.-Y., J. Ghazoul, N. Richner, and T. Walter 2012. Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* 152: 96–101.
- Jacquemyn, H., R. Brys, M. Hermy & J.H. Willems 2007. Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (*Orchidaceae*) in the Netherlands. *Biological Conservation* 134: 14–21.
- Kuipers, L., J. Scholten, J.B.M. Thissen, L. Bekkers, M. Geertsma, C.A.T. Pulles, H. Siepel & L.J.E.A. van Turnhout 2012. The diet of the garden dormouse (*Elomys quercinus*) in the Netherlands in summer and autumn. *Lutra* 55(1):17–27.
- Morris, M. G. 2000. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95: 129–142.
- Mortimer, S. R., R. G. Booth, S. J. Harris & V. K. Brown 2002. Effects of initial site management on the *Coleoptera* assemblages colonising newly established chalk grassland on ex-arable land. *Biological Conservation* 104: 301–313.
- Öckinger, E., & H.G. Smith 2008. Do corridors promote dispersal in grassland butterflies and other insects? *Landscape Ecology* 23(1), 27–40.
- Poschlod, P. & S. Bonn 1998. Changing dispersal processes in the central European landscape since the last ice age: an explanation for the actual decrease of plant species richness in different habitats? *Acta Botanica Neerlandica* 47: 27–44.
- Schaminée, J.H.J. & N.A.C. Smits 2009. De Berghofweide: het mooiste zorgenkind van Zuid-Limburg. *Stratiotes* 38: 18–31.
- Smit, J.T. & R.F.M. Krekels 2006. Vliegend hert in Limburg Actieplan 2006 –2010. – EIS-Nederland en Bureau Natuurbalans-Limes divergens, Leiden – Nijmegen.
- Smits, N.A.C., C.G.E. van Noordwijk, H.P.J. Huiskes, R. Bobbink, H. Esselink, A.T. Kuiters, J.H.J. Schaminée, H. Siepel & J.H. Willems 2009a. Onderzoek naar de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandcomplexen. OBN rapport DKI 2009/dk118-O; 228p.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.T. Kuiters, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée & W.C.E.P. Verberk 2009b. Sleutelfactoren en toekomstperspectief voor herstel van het Limburgse heuvelland. *De Levende Natuur* 110 (3): 111–115.
- Smits, N.A.C., M.M. Hefting, M. Kamst-Van Agterveld, H.J. Laanbroek, A.J. Paalman & R. Bobbink 2010a. Nitrification along a grassland gradient: inhibition found in matgrass swards. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 635–641.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, H.J. Laanbroek, A.J. Paalman & M.M. Hefting 2010b. Repression of potential nitrification activities by matgrass sward species. *Plant and Soil* 337: 435–445.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel, 1999a. De Vegetatie Van Nederland 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Stortelder, A.H.F., K.W. van Dort, J.H.J. Schaminée & N.A.C. Smits, 1999b. Het beheer van bosranden – van scherpe grens naar soortenrijke gradiënt. KNNV, Utrecht; 93p.
- Tewksbury, J.J., D.J. Levey, N.M. Haddad, S. Sargent, J.L. Orrock, A. Weldon, B.J. Danielson, J. Brinkerhoff, E.I. Damschen & P. Townsend 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99 (20): 12923–6.
- Tilman, D., J. Hill & C. Lehman 2006. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science* 314: 1598–1600.

- Van Klink, R., F. van der Plas, C.G.E. van Noordwijk, M.F. WallisDeVries & H.Olff (in press). Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. *Biological Reviews*.
- Van Noordwijk, C.G.E., P. Boer, A.A. Mabelis, W.C.E.P. Verberk & H. Siepel 2012a. Life-history strategies as a tool to identify conservation constraints: A case-study on ants in chalk grasslands. *Ecological Indicators* 13: 303–313.
- Van Noordwijk, C.G.E., D.E. Flierman, E. Remke, M.F. Wallis de Vries & M.P. Berg 2012b. Impact of grazing management on hibernating caterpillars of the butterfly *Melitaea cinxia* in calcareous grasslands. *Journal of Insect Conservation* 16: 909–920.
- Van Noordwijk, C.G.E., J.T. Kuper, W. Floor-Zwart, K. Alders, H. Turin, T. Heijerman, B. Aukema & H. Siepel 2012c. Knelpunten voor loopkevers, wantsen en sprinkhanen in hellingschraallanden. Rapport nr. 2012/OBN162-HE. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag; 98p.
- Van Noordwijk, C.G.E., M.J. Weijters, N.A.C. Smits, R. Bobbink, A.T. Kuiters, E. Verbaarschot, R. Versluijs, J. Kuper, W. Floor-Zwart, H.P.J. Huiskes, E. Remke & H. Siepel 2013. Uitbreiding en herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden, Eindrapport 2e fase O+BN onderzoek. Rapport nr. 2013/OBN177-HE, Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken; 167p.
- Van Uytvanck, J. 2009. The role of large herbivores in woodland regeneration patterns, mechanisms and processes. PhD theses of the Research Institute for Nature and Forest 2009 (INBO.T.2009.3). Research Institute for Nature and Forest, Brussels.
- Verheggen, L.S.G.M., & M. Boonman 2006. Actieplan Hazelmuis Limburg 2006–2010. Bouwsteen ten behoeve van Leefgebiedsplan Heuvelland. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens en Zoogdiervereniging VZZ, Nijmegen/Arnhem.
- Wallis de Vries, M.F., A. Boesveld, W. Bosman, M. Reemer, J.R. Regelink, A.J.G.A. Rossenaar, J.H.J. Schaminée & K. Veling 2009. Verkenning Herstel kleinschalige lijnvormige infrastructuur Heuvelland. Rapport DK nr 2009/dk110-O; 82p.
- Willems, J.H. 2001. Problems, approaches, and, results in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. *Restoration Ecology* 9:147–154.
- Willems, J.H. & K.P. Boessenkool 1999. Coppiced woodlands and their significance for herbaceous plant species conservation. In: Werger, M.J.A. (ed.) *A Spectrum of Ecological Studies*. Southwest China Normal University Press. pp. 188–196.
- Willems, J.H. & A. Brouns 2005. Schraal hellinggrasland Hoefijzer te Bemelen. Een botanische evaluatie van 24 jaar natuurbeheer. *Natuurhistorisch Maandblad* 94: 94–99.
- Willers, B., P. W.F.M. Hommel & J.H.J. Schaminée 2012. Veranderingen in de zonering van bosgemeenschappen in het Savelsbos. *Natuurhistorisch maandblad* 101: 24 – 31.
- Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, V.K. Brown & S.R. Mortimer 2008. Contrasting success in the restoration of plant and phytophagous beetle assemblages of species-rich mesotrophic grasslands. *Oecologia* 154(4): 773–783.
- Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, G. Masters, R. Booth, V.K. Brown & S.R. Mortimer 2010. The Restoration of Phytophagous Beetles in Species-Rich Chalk Grasslands. *Restoration Ecology* 18(5): 638–644.

Legenda Heuvelandschap

	H6110	Pionierbegroeiing op rotsbodem
	H6210	Kalkgraslanden
	H6230	Heischrale graslanden
	H6430	Ruigten en zomen
	H6510	Glanshaver- en vossenstaartheooilanden
	H6510A	Glanshaver- en vossenstaartheooilanden (Glanshaver)
	H9110	Veldbies-beukenbossen
	H9120	Beuken-eikenbos met hulst
	H9160B	Eiken-haagbeukenbossen (heuveland)
	H91E0C	Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)

Lg009 Droog struisgrasland

	Maaiveld
	Löss
	Colluvium
	Zuur terras materiaal
	Kalkverweringsgronden
	Terrasgronden
	Verspoelde terrasafzetting

