

Herstel van de rijke fauna van Limburgse kalkgraslanden

Marijn Nijssen & Toos van Noordwijk



Kalkgraslanden zijn uitzonderlijk rijk aan insecten en andere ongewervelde dieren. Veel van deze soorten bereiken in het Zuid-Limburgse heuvelland de noordgrens van hun areaal en worden nergens anders in Nederland aangetroffen. De Limburgse kalkgraslanden zijn echter gevoelig voor stikstofdepositie en verwaarlozing en verruigden in de loop van de vorige eeuw. Het herstelbeheer dat sinds de tachtiger jaren is ingezet, leidde tot een zichtbare verbetering van de vegetatie.

Terugkeer of toename van veel karakteristieke diersoorten bleef echter uit. Door goed te kijken naar de levenscyclus van karakteristieke insectensoorten valt te achterhalen wat de belangrijkste knelpunten zijn en met welke maatregelen die kunnen worden verholpen.

Randvoorwaarden voor een rijke fauna

De Limburgse kalkgraslanden staan bekend om hun zeer soortenrijke vegetatie met spectaculaire aantallen orchideeën. Maar deze graslanden herbergen ook veel karakteristieke loopkevers, slakken, mieren, spinnen, wantsen, sprinkhanen, vlinders en andere ongewervelden (onder andere Turin, 1983; van Swaay, 2002; Alexander, 2003; foto 1). De Zuid-Limburgse kalkgraslanden zijn van oudsher relatief klein, zeker in vergelijking met de uitgestrekte complexen in Engeland, Duitsland en België. Alleen op de steile hellingen van verschillende (droog)dalen komt kalk voldoende dicht aan het oppervlak voor het ontstaan van kalkminnende vegetaties.

Sturend voor de grote insectenrijkdom in kalkgraslanden zijn de unieke klimaat- en bodemcondities die op hun beurt worden beïnvloed door zowel het huidige beheer als de beheergeschiedenis van een terrein (Alexander, 2003). De bodem is hooguit enkele tientallen centimeters diep met daarin kleinere en grotere kalkfragmenten en een hoge pH van 7 tot 8. Door eeuwenlange begrazing en niet of nauwelijks bemesting zijn de bodems voedselarm en is de beschikbaarheid aan stikstof laag. De hoge pH en vrij voedselarme condities vormen een goede basis voor een hoge soortenrijkdom aan planten en grote hoeveelheden bloemen. Een open vegetatiestructuur waarborgt een hoge mate van zoninstraling en doordat kalkfragmenten en het onderliggende kalkplateau warmte en vocht goed vasthouden, heerst er een warm en droog microklimaat. De Zuid-Limburgse kalkgraslanden liggen bovendien in een gradiënt met bovenaan de helling heischrale zones – die een nog droger microklimaat kennen – en onderaan koelere ruige zones, wat de variatie in microhabitats verder versterkt. Het hoge voedselaanbod

voor herbivoren en bloembezoekers, de gevarieerde vegetatiestructuur en een warm, gevarieerd microklimaat vormen samen gunstige randvoorwaarden voor een rijke fauna.

Bedreigd habitat

Kalkgraslanden zijn een culturele erfenis van eeuwenlange begrazing op ontboste hellingen die te voedselarm of te steil waren om langdurig als landbouwgrond gebruikt te worden. In de loop van de vorige eeuw bleef slechts enkele tientallen hectare kalkgrasland gespaard, versnipperd over ongeveer 20 gebiedjes in het geïntensiverde cultuurland (Bobbink & Willems, 2001). Deze snippers zijn veelal kleiner dan 2 hectare en verruigden door verwaarlozing en stikstofdepositie. Rond 1980 werd in diverse terreinen begrazing met mergellandschapen heringevoerd, voornamelijk in het najaar, om zeldzame planten voldoende tijd te geven om zaad te zetten. Resultaten van een systematisch onderzoek (in 1983 en 1984 in het

Foto 1. Karakteristieke diersoorten van kalkgraslanden:
(1a) De Knautiabij (*Andrena hattorfiana*),
(1b) het Kaasjeskruidikkopje (*Carcharodus alceae*)
(foto's: Marijn Nijssen).

Natuurhistorisch Maandblad gepubliceerd als een reeks artikelen onder de titel 'De invertebratenfauna van de Zuidlimburgse kalkgraslanden') gaven aan dat ook de fauna van kalkgraslanden in de knel zat en dat diverse karakteristieke soorten geheel waren verdwenen (Turin, 1983). Oorzaken voor de geconstateerde achteruitgang werden gezocht in de opgetreden verzuuring, de versnipperde ligging van terreinen, maar ook in het tot dan toe uitgevoerde herstelbeheer (Mabelis & Turin, 1982; van der Made & Geraedts, 1982). Twintig jaar nadat in veel terreinen begrazingsbeheer weer was ingevoerd, bleek de vegetatiestructuur sterk verbeterd te zijn, maar zorgen over veel karakteristieke plant- en diersoorten bleven bestaan (Bobbink & Willems, 2001). In 2005 werd een grootschalig OBN onderzoek gestart om te achterhalen in welke mate herstel was opgetreden en welke knelpunten verder herstel in de weg staan (Smits et al., 2009a, 2009b; van Noordwijk, 2014). De soortenrijkdom aan mieren, loopkevers, snuitkevers en spinnen was in 2005 niet hoger dan in de jaren '80 (van Noordwijk, 2014) en uit gegevens van De Vlinderstichting bleek dat inmiddels van de karakteristieke kalkgraslandvlinders vrijwel alle populaties uit Zuid-Limburg waren verdwenen (Wallis de Vries et al., 2002). Blijkbaar ondervinden veel diersoorten nog altijd onoverkomelijke knelpunten gedurende hun levenscyclus. Maar wat zijn deze knelpunten? En wat kunnen we doen om deze op te lossen? Om hier grip op te krijgen, is de levenscyclus van een flink aantal insectengroepen onder de loep genomen (van Noordwijk et al., 2012, 2013; van Noordwijk, 2014). Het spiegelen van soorteigenschappen aan de omgevingscondities van kalkgraslanden levert veel kennis op over de manier waarop soorten hun omgeving gebruiken en geeft bijvoorbeeld inzicht in welk jaargetijde bepaalde omgevingscondities cruciaal zijn (kader 1). Dit is een belangrijke stap in het ont-rakelen van de belangrijkste knelpunten en het formuleren van effectieve herstelmaatregelen.

Vlinders houden niet van biljardlakens

Uit analyses van de levenscyclus van dagvlindersoorten van kalkgraslanden blijkt dat de meeste karakteristieke soorten als rups of pop overwinteren. In het voorjaar hebben zij een warm microklimaat nodig voor ontwikkeling van de larven en in voorjaar en



Foto 2. Deze rupsen van de Veldparelmoervlinder hebben het gefaseerde graasbeheer én de winter overleefd en staan op het punt om het nest te verlaten (foto's: Marijn Nijssen).

zomer een ruim voedselaanbod voor zowel de volwassen vlinders (nectarplanten) als voor de rupsen (waardplanten). Deze condities worden met het huidige beheer behoorlijk goed gecreëerd. De zeer kort gegraasde terreinen bieden in de winter echter nauwelijks schuilmogelijkheden voor overwinterende rupsen en poppen die laag in de vegetatie zitten, zoals die van Veldparelmoervlinder (*Melitaea cinxia*), Kaasjeskruidkoppje (*Carcharodus alceae*) en Dambordje (*Melanargia galathea*).

Dit mogelijke knelpunt is met een veldexperiment nader onderzocht. Daarbij bleek de overleving van overwinterende veldparelmoerrupsen (foto 2) in een Nederlands kalkgrasland met intensieve begrazing in het najaar 50% lager te liggen dan in een verge-

Kader 1. Analyse van levenscyclus en soorteigenschappen

Analyses van soorten en soortgroepen in het kader van natuurbeheer worden vaak gemaakt op basis van patronen. Indelingen in dier- of plantengemeenschappen, Ellenberggetallen en het bepalen van 'karakteristieke soorten' vinden plaats op basis van het regelmatig (samen) voorkomen van soorten onder bepaalde condities. Deze patroonanalyses geven grip op de grote diversiteit aan soorten, maar geen uitsluitsel over de achterliggende oorzaken die bepalen waarom de soorten deze verspreidingspatronen volgen. Analyse van de levenscyclus en soorteigenschappen geeft wel inzicht in hoe milieuv variabelen sturend werken op afzonderlijke soorten. Het in één keer kort maaien van een bloemrijk grasland zal bijvoorbeeld veel desastreuzer zijn voor een weinig

mobiele bloembezoekende bij dan voor een onder de grond levende loopkever die voor zijn voedsel afhankelijk is van regenwormen. Deze bij en loopkever leven in hetzelfde biotoop en zullen daardoor in klassieke classificaties vaak samen worden ingedeeld, hoewel ze heel verschillend reageren op bepaalde verstoringen. Er zijn eindeloos veel soorteigenschappen, maar analyse van een beperkt aantal eigenschappen kan al een aardig beeld geven van de gevoeligheid van soorten voor specifieke factoren. De belangrijkste eigenschappen zijn te verdelen in vier domeinen (Stearns, 1976): **reproductie** (aantal en grootte van nakomelingen, mate van broedzorg enz.), **ontwikkeling** (groeisnelheid, maximum leeftijd enz.), **dispersie** (vliegvermogen, duur van mobiele periode enz.) en **synchronisatie** (timing van levenscyclus ten opzichte van seizoenen).

Eigenschappen worden meestal als onafhankelijke variabelen gebruikt, wat het voorspellend vermogen van deze analyses sterk beperkt (Verberk et al., 2013). De reactie van een soort op veranderingen in zijn omgeving wordt immers bepaald door het gezamenlijk effect van verschillende eigenschappen. Hoe verstorend vlakdekkend maaibeheer is voor een foeragerende bij hangt bijvoorbeeld af van zowel vliegtijd (foerageert de soort op dat moment op bloemen of zit hij als eitje of larve onder de grond?) als van dispersievermogen en voedselvoorkeur (is de soort in staat alternatieve voedselbronnen te bereiken?). Analyses van samenhangende eigenschappen zijn niet eenvoudig, maar één oplossing is het analyseren van de levenscyclus van ei tot volwassen insect in relatie tot zijn omgeving (van Noordwijk, 2014).

lijkbaar terrein in België, waar in het najaar extensief wordt begraasd (van Noordwijk, 2014). Te intensieve herfstbegrazing blijkt dus desastreus voor de overwinterende rupsen van deze karakteristieke dagvlinder met hoogstwaarschijnlijk vergelijkbare gevolgen voor andere vlindersoorten die als rups of pop in de vegetatie overwinteren.

Kwetsbare koninginnen

Mieren hebben als soortgroep al een sterk aangepaste levenscyclus. Het leven in kolonies maakt dat ze buitengewoon goed in staat zijn hun omgeving te manipuleren. De temperatuur in het nest kan bij veel soorten nauwkeurig worden geregeld door eieren en larven verticaal te transporteren en voedsel kan uit de wijde omtrek worden aangevoerd. De meest kritieke fase in de levenscyclus van een mierenkolonie blijkt dan ook het stichten van nieuwe kolonies te zijn. Kalkgraslandmieren kunnen op basis van hun eigenschappen verdeeld worden in vier groepen, die respectievelijk gevoelig zijn voor veranderingen in microklimaat, voedselaanbod, terrein isolatie en competitie met andere miersoorten (van Noordwijk, 2014). Soorten waarvan koninginnen in hun eentje lopend voedsel moeten verzamelen om een nieuwe kolonie te starten (semi-clausale soorten) zijn gevoelig voor een beperkte voedselbeschikbaarheid. Soorten waarvan de koningin de eerste werksters uit eigen vetvoorraad voedt (claustrale soorten), maar waarvan die werksters wel vóór de winter volwassen moeten zijn, hebben maar een korte tijd om hun ontwikkeling te voltooien; zij zijn aangewezen op plekken met een warm microklimaat in zomer en nazomer. Versnippering en isolatie van terreinen is een probleem voor miersoorten die een nieuwe kolonie starten door een deel van een bestaand nest mee op sleeptouw te nemen (nestsplitters). De werksters kunnen immers niet vliegen, dus dispersie vindt alleen plaats over afstanden die te voet te bereiken zijn. Ook soorten die nesten van een specifieke gastheer binnen dringen (parasitaire

soorten) zijn gevoelig voor versnippering, aangezien zij zijn aangewezen op locaties met voldoende grote gastheerpopulaties. Hierdoor kunnen zij geen gebruik maken van kleine 'stepping stones' in het landschap. Tenslotte is er een groep van vrij algemene miersoorten die onder extreme klimaatcondities de sterke concurrentie met gespecialiseerde soorten niet aan kan.

Analyse van het voorkomen van deze vier groepen miersoorten in de Nederlandse kalkgraslanden liet zien dat de warmtegevoelige en versnipperingsgevoelige soorten in de Nederlandse kalkgraslanden significant minder voorkomen dan in referentieterreinen in België en Duitsland. Juist tot deze groepen behoren veel karakteristieke soorten voor kalkgraslanden, zoals de Mergelmier (*Lasius alienus*) en het Mergeldraaigatje (*Tapinoma erraticum*). Voor karakteristieke miersoorten is dus zowel een vergroting van het areaal als een warmer microklimaat in zomer en najaar van belang. Dat laatste kan bereikt worden door meer te begrazen in voorjaar en zomer en zo een opener en lagere vegetatiestructuur in het najaar te creëren die meer warmte doorlaat (van Noordwijk, 2014).

Vliegend op zoek naar voedsel

Analyse van de levenscyclus van loopkevers bracht nog een ander knelpunt aan het licht, namelijk de beperkte grootte van de resterende Zuid-Limburgse kalkgraslanden. Onder loopkevers komen zowel carnivore als herbivore soorten voor, waarbij vooral de carnivore soorten sterk verschillen in grootte en vliegvermogen. Voor fytofage soorten is het voedselaanbod in kalkgraslanden relatief constant, maar hoger in de voedselketen treden grote fluctuaties in voedselaanbod op (Holt et al., 1999). Dit leidt tot kleinere en instabieler populaties en daarmee vaker tot lokaal uitsterven wanneer terreinen klein zijn. Een analyse van 58 kalkgraslanden in Nederland, België, Duitsland en Engeland laat zien dat het aantal soorten carnivore karakteristieke kalkgraslandloopkevers significant toeneemt bij toenemende terreingrootte (van Noordwijk, 2014).

Kader 2. Knelpunten voor fauna in kalkgraslanden

Op basis van de analyses van levenscycli en soorteigenschappen van vlinders, mieren, loopkevers en diverse andere soortgroepen (Smits et al., 2009b; van Noordwijk et al., 2012; van Noordwijk, 2014) blijken dit de vier belangrijkste knelpunten voor ongewervelden in de Zuid-Limburgse kalkgraslanden:

1) Versnippering en isolatie van terreinen

De geringe oppervlaktes van de huidige terreinen bieden slechts plek voor kleine populaties die gevoelig zijn voor lokaal uitsterven. Zelfs de grootste Zuid-Limburgse kalkgraslanden (circa 5 ha.) blijken te klein voor stabiele populaties van enkele karakteristieke carnivore loopkeversoorten. Kleine kalkgraslanden bieden bovendien vaak minder landschappelijke variatie dan grote terreinen, wat minder uitwijkmogelijkheden creëert voor het ontwijken van (tijdelijke) ongunstige omstandigheden. De hoge mate van isolatie van terreinen staat herkolonisatie door karakteristieke soorten in de weg. Voor weinig

mobiele soorten lijkt uitwisseling tussen terreinen onmogelijk en zelfs veel goed vliegende soorten blijken nauwelijks nieuwe terreinen te koloniseren.

2) Stikstof-depositie met effecten op vegetatiestructuur en graasintensiteit

Door de aanvoer van stikstof uit de lucht – en deels als erfenis van verwaarlozing in het verleden – groeit de vegetatie van kalkgrasland veel sneller en treedt er sterke vergrassing op. Dit leidt tot een afname van de zoninstraling en daarmee tot een koeler en vochtiger microklimaat. Ook verdwijnen karakteristieke plantensoorten waarvan specifieke kalkgrasland insecten afhankelijk zijn. Om de effecten van stikstofdepositie te mitigeren is een intensief beheer nodig, wat echter kan leiden tot vermindering van de variatie in vegetatiestructuur of tot directe negatieve effecten op de fauna, zoals vraat en vertrapping.

3) Intensiteit en timing van beheer in relatie tot levenscyclus

Doordat beheermaatregelen vaak integraal

worden uitgevoerd vanwege het geringe oppervlak van terreinen (zie punt 1) en vaak intensief moeten worden uitgevoerd om voldoende biomassa af te voeren (zie punt 2), ondervinden diergroepen een zeer abrupte invloed op hun levenscyclus. De timing van dit beheer in relatie tot het verloop van de levenscyclus bepaalt welke soorten hier last van ondervinden. Aangezien veel insectensoorten in najaar en winter als weinig mobiele larven in de vegetatie schuilgaan, is intensief beheer vooral in deze periode veelal desastreus. In de zomer, wanneer veel soorten mobiel zijn, kunnen zij ongunstige omstandigheden beter ontwijken, mits beheer gefaseerd wordt uitgevoerd.

4) Klimaatverandering

Grotere fluctuaties in weersomstandigheden – temperatuur en geconcentreerde regenval – zorgen voor grotere fluctuaties in populatiedynamiek van ongewervelde diersoorten. In combinatie met bovenstaande factoren vergroot klimaatverandering de kans op het (lokaal) uitsterven van soorten.



Dit effect bleek het sterkst voor soorten met een beperkt vliegvermogen. Het voedseltype bepaalt dus hoe gevoelig soorten zijn voor lokaal uitsterven in kleine terreinen, waarna het vliegvermogen bepaalt hoe gemakkelijk soorten een klein terrein weer kunnen herkoloniseren. Carnivore, slecht vliegende soorten bleken nauwelijks voor te komen in terreinen van minder dan 5 ha. Alle Zuid-Limburgse kalkgraslanden zijn daarmee eigenlijk te klein voor stabiele populaties van deze groep soorten.

Puzzelstukjes vallen op hun plaats

Analyses per soortgroep, zoals hierboven beschreven voor vlinders, mieren en loopkevers, brengen specifieke knelpunten aan het licht. Hoewel elke groep of zelfs elke soort zijn eigen eisen stelt aan het terrein betekent dit niet dat voor elke groep ander beheer nodig is. In tegendeel, analyse van de knelpunten voor vlinders, mieren, loopkevers en diverse andere groepen (Smits et al., 2009b; van Noordwijk et al., 2012; van Noordwijk, 2014) levert een coherent beeld op met vier belangrijke knelpunten (kader 2). Hoe meer soortgroepen onderzocht worden, hoe nauwkeuriger we begrijpen wat de exacte knelpunten zijn en hoe het beheer kan worden aangepast. Onderzoek naar alle ongewervelden is niet haalbaar, maar door het samenvoegen van resultaten van groepen die sterk verschillen in levenscyclus en wijze van terreingebruik (levend onder de grond versus tussen de vegetatie, variërend in trofisch niveau, vliegvermogen en levensduur enz.) worden in ieder geval de belangrijkste knelpunten blootgelegd. Doordat deze analyse direct inzicht biedt in de onderliggende mechanismen is het mogelijk beheermaatregelen te formuleren die verschillende knelpunten tegelijk oplost. De knelpunten versnippering, stikstofdepositie, timing en intensiteit van beheer en klimaatverandering kunnen naar verwachting worden aangepakt door uitbreiding en verbinding van het areaal kalkgrasland, terugdringing van de stikstofdepositie en het faseren van het beheer naar verschillende momenten in het jaar.

Foto 3. Door fasering in begrazingsbeheer op de Winkelberg is er in de nazomer veel bloemaanbod in het vlak wat begin juni is begraasd, terwijl de kruiden in de andere vlakken al zijn uitgebloeid of afgegrasd door schapen (foto: Marijn Nijssen).

Mogelijkheden voor herstel

Uitbreiding van het oppervlak kalkgrasland en het verbinden van terreinen is uiteraard de meest doelmatige oplossing voor knelpunten die samenhangen met versnippering en isolatie. Grotere terreinen kunnen grotere en stabielere populaties van planten en dieren herbergen en bieden meer ruimte voor variatie in microklimaat en vegetatiestructuur. Dit biedt onder meer bescherming tegen extreme weersomstandigheden (van Noordwijk, 2014), die door klimaatverandering met grotere regelmaat zullen optreden. De laatste jaren zijn goede ervaringen opgedaan met herstel van hellingschraalland op voormalige landbouwgrond nabij Bemelen door middel van ontgronden in combinatie met het opbrengen van soortenrijk maaisel (van Noordwijk et al., 2013; van Noordwijk et al., 2015). Ook in de ENCI-groeve op de Sint Pietersberg wordt op deze manier de komende jaren zes hectare kalkgrasland aangelegd.

Een deel van de blootgelegde knelpunten kan naar verwachting worden opgelost door het beheer niet alleen in het najaar, maar ook deels in de zomer uit te voeren en het daarmee beter te spreiden in ruimte en tijd. Meer beheer in de zomer en minder intensieve begrazing in de winter kan zorgen voor zowel een gunstiger microklimaat voor mieren in de zomer als voor lagere sterfte onder overwinterende rupsen. Door niet een heel terrein tegelijk aan te pakken, maar de begrazing te faseren, is er continu voldoende voedsel beschikbaar voor bloembezoekers en andere plantenetende insecten en krijgen planten voldoende gelegenheid om zaad te zetten (foto 3).



Foto 4. De Wrakelberg is één van de grootste kalkgraslanden van Zuid-Limburg. De afgelopen jaren is hier een experiment uitgevoerd met gefaseerde begrazing met mergellandschappen (foto: Marijn Nijssen).

Om te kijken of een gefaseerd beheerregime met hogere graasdruk in voorjaar en zomer en minder intensieve begrazing in het najaar gunstig uitpakt voor zowel flora als fauna, wordt op dit moment een beheerexperiment uitgevoerd in vier kalkgraslanden: de Winkelberg (Stichting het Limburgs Landschap), het Popelmondedal (Natuurmonumenten), de Wrakelberg (foto 4) en de Laamhei (beide Staatsbosbeheer).

In dit experiment wordt telkens een deel van het kalkgrasland op de reguliere manier in één keer in het najaar begraaasd of gemaaid. Het andere deel van het terrein wordt jaarlijks deels in juni, deels in augustus en deels in september begraaasd. Doel van dit onderzoek is vast te stellen of de drie gefaseerde terreindelen samen een grotere biodiversiteit herbergen dan het deel wat regulier wordt beheerd en om inzicht te krijgen in het effect van de timing van het beheer op specifieke plant- en diersoorten. Hierbij wordt gekeken naar de soortensamenstelling van vegetatie, mieren, loopkevers, wantsen, bloembezoekers en loopkevers en wordt het bloemaanbod en de zaadzetting van plantensoorten gevolgd. Ook wordt onderzocht of de fasering een grotere variatie in microklimaat oplevert en wordt gemeten hoeveel nutriënten (stikstof en fosfaat) met dit gefaseerde beheer worden afgevoerd. Zeker in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is deze laatste vraag van belang. Zowel het vroeger in het seizoen begrazen van de grassen – op het moment dat er nog geen voedingsstoffen in de wortels zijn teruggetrokken – als het feit dat de schapen elke avond uit het terrein worden gehaald, kan leiden tot een snellere afvoer van voedingsstoffen uit het systeem. Tenslotte houden de beheerders bij in hoeverre dit beheerregime extra kosten met zich mee brengt.

Conclusie

Het kalkgrasland fauna onderzoek van de afgelopen tien jaar heeft geleid tot verregaand inzicht in de oorzaken van achteruitgang van een groot aantal insectengroepen. Het is duidelijk geworden dat herstel van populaties karakteristieke soorten vaak wordt belemmerd door specifieke knelpunten in hun levenscyclus. Om deze knelpunten op te lossen, is een beheer gericht op herstel van de vegetatie meestal niet voldoende (van Noordwijk, 2014; van Klink et al., 2015). Toch is niet voor elke diergroep een afzonderlijk beheerregime nodig. De specifieke informatie over knelpunten die naar voren komt uit analyse van de levenscyclus en soorteigenschappen, maakt het juist mogelijk een praktisch beheerregime te formuleren dat voor een breed scala aan soorten positief zou moeten uitpakken. Uitbreiding van het areaal kalkgrasland lijkt goed mogelijk op voormalige landbouwgrond. Daarnaast wordt een verschuiving van het beheertijdstip in combinatie met grotere fasering van het beheer momenteel op praktijkschaal getoetst. Met deze maatregelen zijn er goede vooruitzichten voor de karakteristieke Zuid-Limburgse kalkgraslandfauna, zeker wanneer de stikstofdepositie verder kan worden teruggedrongen.

Literatuur

- Alexander, K.N.A., 2003.** A review of the invertebrates associated with lowland calcareous grassland. English Nature Research Reports, Number 512. English Nature, Peterborough UK.
- Bobbink, R. & J. Willems, 2001.** Preadvies kalkgraslanden. Rapport OBN-16 Ede/Wageningen.
- Holt, R.D., J.H. Lawton, G.A. Polis & N.D. Martinez, 1999.** Trophic rank and the species-area relationship. *Ecology* 80: 1495-1504.
- Klink, R. van, F. van der Plas, C.G.E. van Noordwijk, M.F. Wallis de Vries & H. Olff, 2015.** Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. *Biological reviews* 90(2): 347-366.
- Mabelis, A.A. & H. Turin, 1982.** De invertebratenfauna van de Zuid-limburgse kalkgraslanden. *Beheer. Natuurhistorisch Maandblad* 71 (12): 199-206.



Made, J. G. van der & W.H.J.M. Geraedts, 1982. "Dagvlinders, Dag Vlinders?". Natuurbehoud.

Noordwijk, C.G.E. van, 2014. Through arthropod eyes. Gaining mechanistic understanding of calcareous grassland diversity. Thesis Radboud University Nijmegen & University of Gent.

Noordwijk, C.G.E. van, J.T. Kuper, W. Floor-Zwart, K. Alders, H. Turin, T. Heijerman, B. Aukema & H. Siepel, 2012. Knelpunten voor loopkevers, wantsen en sprinkhanen in hellingschraallanden. Rapport nr. 2012/OBN162-HE, Den Haag.

Noordwijk, C.G.E. van, 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 Eindrapportage 2e fase O+BN onderzoek. Rapport nr. 2013/OBN177-HE, Den Haag.

Noordwijk, C.G.E. van, M.J. Weijters, N.A.C. Smits & R. Bobbink, 2015. Herstel van flora en fauna van hellingschraallanden op voormalige landbouwgronden. Resultaten van 5 jaar onderzoek. Natuurhistorisch Maandblad 104(8): 137-144.

Smits, N., R. Bobbink, L. Kuiters, T. van Noordwijk, J. Schaminée & W. Verberk, 2009a. Sleutelfactoren en toekomstperspectief voor herstel van het Limburgse heuvelland. De Levende Natuur 110(3): 111-115.

Smits, N., T. van Noordwijk, R. Bobbink, H. Esselink, R. Huiskes, L. Kuiters, W. Ozinga, J. Schaminée, H. Siepel, W. Verberk & J. Willems, 2009b. Onderzoek naar de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandcomplexen. Rapport DKI nr. 2009/dk118-O, Ede.

Stearns, S.C., 1976. Life-history tactics: A review of the ideas. The Quarterly Review of Biology 51: 3-47.

Swaay, C. A. M. van, 2002. The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. Biological Conservation 104(3): 315-318.

Turin, H., 1983. De invertebratenfauna van de Zuidlimburgse kalkgraslanden. Loopkevers (*Coleoptera*, *Carabidae*). Natuurhistorisch Maandblad 72(4): 73-82.

Verberk, W.C.E.P., C.G.E. van Noordwijk & A.G. Hildrew, 2013. Delivering

on a promise: integrating species traits to transform descriptive community ecology into a predictive science. Freshwater Science 32.2: 531-547.

Wallis de Vries, M.F., P. Poschod & J.H. Willems, 2002. Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. Biological Conservation 104(3): 265-273.

Summary

Restoration of species rich fauna communities on calcareous grasslands

Calcareous grasslands are well known for their high biodiversity of plants and invertebrate species. In The Netherlands only around 20 small grasslands patches remain, most of them smaller than 2 hectares. These grasslands suffered from fragmentation, nitrogen deposition and lack of management for decades until renewed autumn grazing was introduced around 1980. Composition and structure of the vegetation improved, but populations of characteristic invertebrate species failed to recover. To gain insight into the bottlenecks preventing further restoration we analysed the life-cycles and traits of characteristic butterflies, ants and carabid beetles in relation to the chalk grassland habitat. This analyse revealed four main bottlenecks for chalk grassland fauna: 1) increased grass encroachment due to high N-deposition, leading to a cooler microclimate in summer and more intensive grazing in autumn; 2) small and isolated grasslands leading to small and vulnerable populations and low chances of (re)colonisation; 3) disturbance through intensive management in autumn; 4) climate change leading to larger fluctuations in population size and increased chances of local extinction.

Restoration and conservation of rich fauna communities in calcareous grasslands therefore requires an expansion and connection of existing calcareous grasslands, further reduction of nitrogen deposition and a change in management timing and intensity. Trials are currently taking place to investigate whether rotational summer grazing has a positive impact on calcareous grassland plant and animal communities.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de beheerders van Stichting het Limburgs Landschap, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer voor de vergunningen en medewerking om in hun terreinen het onderzoek uit te kunnen voeren. Daarnaast danken wij alle veldassistenten, onderzoekers en studenten die aan de verschillende projecten in de Limburgse kalkgraslanden hebben meegewerkt. De projecten werden uitgevoerd in het programma OBN en mede gefinancierd door de provincie Limburg.

M.E. Nijssen
Stichting Bargerveen
Toernooiveld 5
Postbus 9010
6500 GL Nijmegen
M.Nijssen@science.ru.nl

C.G.E. van Noordwijk
Wiltshire Wildlife Trust
Elm Tree Court
Long Street
Devizes (UK)
SN10 1NJ
Toos.vannoordwijk@gmail.com