

Gevolgen van klimaatverandering voor verschillende plantengemeenschappen

J.A.M. Janssen, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée, R. Haveman & N.A.C. Smits

INTRODUCTIE

Langjarige waarnemingen van het KNMI wijzen erop dat de opwarming van de aarde zich in ons land zal uiten in een toename van de temperatuur, een toename van de neerslag (vooral 's winters) en een toename van het aantal warme dagen ($> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), waarbij ook de frequentie van extreme condities zullen toenemen (KNMI 2008). De afgelopen tien jaar zijn heel wat studies uitgevoerd in binnen- en buitenland om te voorspellen wat de effecten van veranderingen in het klimaat zullen zijn voor natuur en landschap (o.a. McCarty 2001; Parmesan & Yohe 2003; Roos & Woudenberg 2004; Witte et al. 2009). Een modelstudie van Bakkenes et al. (2002) naar verschuivingen van arealen van plantensoorten in Europa bij veranderende temperaturen voorspelt het verdwijnen van gemiddeld 32% van de flora binnen Europese gridcellen in 2050, dit op basis van verschuivingen van zogenaamde klimaatveloppen (gemodelleerde spectra van voorkomen van soorten voor klimaatfactoren, zoals temperatuur en neerslag). Andere studies gebruiken een combinatie van areaalkenmerken en dispersievermogen van plantensoorten om te voorspellen hoe soorten zullen reageren op veranderingen in het klimaat (Ozinga et al. 2007). Voor West-Europa laten modellen in grote lijnen zien dat een verschuiving van arealen van plantensoorten optreedt in noordoostelijke richting (Bakkenes et al. 2002). Vooral soorten met een montaan-boreaal verspreidingspatroon zullen volgens deze modellen uit ons land verdwijnen (Vos et al. 2007). Voor aan de kust gebonden soorten zal ook de voorspelde zeespiegelstijging van grote invloed worden op veranderingen in hun voorkomen (Dijkema 1992; Kabat et al. 2007).

Vergeleken met modelstudies is er veel minder onderzoek gepubliceerd over veranderingen in verspreidingspatronen van plantensoorten als gevolg van klimaatverandering; dit in tegenstelling tot de veelheid aan waargenomen gevolgen van klimaatverandering voor de verspreiding van – zich snel verplaatsende – diersoorten (Parmesan et al. 1999; Warren et al. 2001; Green & Pickering 2002; Ketelaar 2003; Wallis de Vries et al. 2011). Voor Nederland zijn drie belangrijke databases beschikbaar met langjarige waarnemingen aan planten en vegetatie: (1) de natuurkalender, met informatie over fenologische aspecten van planten (www.natuurkalender.nl), (2) de FLORON-database met gegevens over het voorkomen van soorten in kilometerhokken (www.floron.nl; Tamis 2005; Tamis et al. 2005) en (3) de Landelijke Vegetatie Databank (LVD; www.synbiosys.alterra.nl/lvd; Schaminée et al. 2006), met gegevens over de plantensoortensamenstelling in allerlei gebieden. Gegevens uit de natuurkalender maken duidelijk dat veel plantensoorten nu eerder bloeien en zaad zetten dan enige decennia geleden (Leemans & Van der Vliet 2004; Van Vliet 2008). Een analyse van de ruim 10 miljoen op kilometerhok beschikbare florawaarnemingen (uit de FLORON-database) laat zien dat thermofiele soorten in ons land sterk zijn toegenomen, vooral in het laatste kwart van de vorige eeuw (Tamis 2005; Tamis et al. 2005). In het bijzonder langs de kust, langs rivieren, langs transportwegen en in het stedelijk gebied breidt een flink aantal plantensoorten zich uit in noordelijke richting. Op dergelijke plekken is een goede infrastructuur voor het transport van plantenzaden voorhanden (Ozinga et al.

2009). Voorbeelden van recent noordwaarts uitgebreide soorten in het kustgebied zijn *Beta maritima*, *Glaucium flavum*, *Inula crithmoides* en *Crithmum maritimum* (Rossenaar & Odé 2004; Kers et al. 2008). Walther (2003) stelde een wereldwijd overzicht samen van 'veldstudies' van de verspreiding van planten en klimaatverandering, en kwam tot de conclusie dat in de afgelopen 30 jaar hogere temperaturen een substantiële invloed hebben gehad op zowel de fenologie van planten, als op verschuiving van vegetatiegrenzen bergopwaarts en in de richting van de polen.

In onze studie is bekeken welke veranderingen zijn opgetreden in plantengemeenschappen. De gegevens uit de Landelijke Vegetatie Databank zijn gebruikt om trends in de soortensamenstelling van bepaalde plantengemeenschappen op te sporen. Vervolgens zijn deze trends gerelateerd aan veranderingen in de temperatuur. Hierdoor krijgen we inzicht in de kwetsbaarheid van de onderzochte plantengemeenschappen (en desbetreffende ecosystemen) voor klimaatverandering. De LVD bestaat momenteel uit meer dan 630.000 gedigitaliseerde vegetatieopnamen, gemaakt in de periode 1930-2012 (zie Schaminée et al. 2006). De verandering in de soortensamenstelling van een aantal plantengemeenschappen is geanalyseerd voor de periode 1930-2010.

Een belangrijke beperking bij het gebruik van selecties van opnamen uit de Landelijke Vegetatie Databank is dat de opnamen doorgaans niet verzameld zijn volgens een regelmatig bemonsteringsschema, noch volgens bepaalde standard procedures. De LVD bevat data van vele verschillende bronnen, auteurs en projecten. Hierdoor verschilt de kwaliteit van de gegevens tussen opnamen en zijn opnamen niet regelmatig verdeeld over tijd, ruimte, gemeenschappen en landschappen. In diverse eerdere studies zijn analyses uitgevoerd van veranderingen in de soortensamenstelling van plantengemeenschappen over tijdsperiodes (Arts et al. 2001; Schaminée et al. 2002; Haveman & Schaminée 2005; Weeda et al. 2003), maar in geen van deze studies is aandacht geweest voor scheve verdelingspatronen van de opnamen in ruimte en tijd, terwijl deze bias wel invloed heeft op de resultaten (Knollová et al. 2005; Haveman & Janssen 2008). Haveman & Janssen (2008) beschrijven een methode om dergelijke problemen voor een groot deel te voorkomen, door geselecteerde data vooraf te stratificeren op basis van de ruimtelijke of temporele verdeling van de opnamen. In de hier voorliggende studie is deze methodiek gevolgd. Voor een uitgebreide discussie hierover wordt verwezen naar Haveman & Janssen (2008).

METHODE

Uit de Landelijke Vegetatie Databank zijn opnamen geselecteerd die behoren tot acht verschillende plantengemeenschappen: twee typen akkers, twee graslandtypen, twee typen heide en twee bostypen. Bij de gemeenschappen van akkeronkruiden gaat het om het *Veronico-Lamietum hybridi* (VL), een akkergemeenschap van kleibodems, en het *Sclerantho annui-Arnoseridetum* (SA), een gemeenschap van roggeakkers op zandige bodems. De twee graslandgemeenschappen betreffen het *Cirsio dissecti-Molinietum* (CM), vochtig grasland op voedselarme bodem, en het *Gentiano-Koelerietum* (GK), droog grasland op kalkbodems. De twee heidegemeenschappen zijn het *Genisto anglicae-Callunetum* (GC), droge heide, en het *Ericetum tetralicis* (Et), natte heide. De twee bosgemeenschappen zijn het *Caricetum elongatae-Alnetum* (CA), een nat bostype, en het *Stellario-Carpinetum betuli* (SC), een bostype van bodems met gedurende het jaar fluctuerende grondwaterstanden. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze plantengemeenschappen wordt verwezen naar Schaminée et al. (1995b, 1996, 1998) en Stortelder et al. (1999).

Tabel I. Gehanteerde methodiek (tijdsperiode, stratificatiemethode en proefvlakgrootte) per plantengemeenschap en het resulterende aantal opnamen.

Structuur-type	Plantengemeenschap	Proefvlak-grootte	Strata	Tijdsperiodes	Aantal opnamen
Akker 1	<i>Veronico-Lamietum hybridum</i> (VL)	geen limiet	geen stratificatie	1930-1950-1980-2010	508
Akker 2	<i>Sclerantho annui-Arnoseridetum</i> (SA)	geen limiet	geen stratificatie	1930-1950-2010	390
Grasland 1	<i>Cirsio dissecti-Molinietum</i> (CM)	1-100 m ²	FGR	1930-1950-1985-2010	619
Grasland 2	<i>Gentiano-Koelerietum</i> (GK)	1-50 m ²	kilometerhok	1930-1970-1980-1990-2010	556
Heide 1	<i>Genisto anglicae-Callunetum</i> (GC)	1-100 m ²	FGR	1930-1980-2010	387
Heide 2	<i>Ericetum tetralicis</i> (Et)	4-100 m ²	uurhok	1930-1955-1980-2010	1158
Bos 1	<i>Carici elongatae-Alnetum glutinosae</i> (CA)	1-300 m ²	kilometerhok	1930-1960-1985-2010	276
Bos 2	<i>Stellario-Carpinetum</i> (SC)	1-300 m ²	kilometerhok	1930-1955-1985-2010	694

Een eerste selectie van opnamen per associatie werd verkregen op basis van de eerste score van het computer algoritme ASSOCIA, dat individuele opnamen toedeelt aan vegetatietypen uit De vegetatie van Nederland (Van Tongeren et al. 2008). Afhankelijk van het type plantengemeenschap levert ASSOCIA echter uitkomsten met een wisselende betrouwbaarheid. Voor alle geselecteerde opnamen is daarom op basis van expertkennis beoordeeld of ze al dan niet terecht door ASSOCIA tot de desbetreffende plantengemeenschap zijn toegedeeld. Op basis van deze beoordeling is een deel van de opnamen uit de database verwijderd.

De geselecteerde opnamen zijn verder gefilterd op basis van de aanwezigheid van informatie in de kopgegevens: de locatie (XY-coördinaten ten minste op de schaal van 5x5 kilometerhokken), jaar van waarneming en methode (Braun-Blanquet methode in homogene plots). Een ander selectiecriteria was de proefvlakgrootte (binnen een bepaalde marge voor elk van de associaties, zie Tabel I). Bovendien gold voor het type GC dat de opnamen volledig moesten zijn, met betrouwbare informatie over mossen en lichenen. In GK zijn mossen juist weggelaten, omdat er teveel onzekerheden in de determinaties zaten (Smits et al. 2010).

De opnamen zijn per dataset verdeeld over drie periodes: 1930-1960, 1960-1985 en 1985-2010; per associatie kon de exacte periode echter iets verschillen om een evenwichtigere verdeling van opnames tussen de periodes te verkrijgen (Tabel I). De GK-opnamen werden in vier perioden ingedeeld (volgens Smits et al. 2010). Voor GC en SA werden slechts twee periodes vergeleken, vanwege het lage aantal beschikbare opnamen in de historische periode. Voor SC werden alleen opnamen uit Zuid-Limburg geselecteerd, omdat relatief weinig opnamen uit andere delen van Nederland beschikbaar waren, en de soortensamenstelling daar aanzienlijk verschilt (bepaalde subassociaties ontbreken). Het aantal opnamen per plantengemeenschap varieert van 276 tot 1.158 (Tabel I).

De verdeling van de opnamen in de ruimte werd geanalyseerd aan de hand van verspreidingskaarten. Voor elke associatie werd een stratificatie gekozen die het best corrigeert voor scheve verdelingen in de ruimte (zie Haveman & Janssen 2008 voor de verschillende

Tabel II. Voorbeeld van resultaten van de plantengemeenschap *Ericetum tetralicis* (Et). Soorten met een frequentie > 5% in ten minste één periode zijn opgenomen in de lijst, met hun gemiddelde frequentie in de opnamen van elke periode en het aantal runs waarin de frequentieverandering significant verschilde tussen twee perioden.

Soort	1930-1955	1955-1985	1985-2010	% runs met significante verandering		
				periode 1-2	periode 2-3	periode 1-3
<i>Agrostis canina</i>	6,7	2,2	2,7	54		62
<i>Aulacomnium palustre</i>	10,6	1,3	1,2	100		96
<i>Betula pendula</i>	8,8	7,9	11,0		2	
<i>Betula pubescens</i>	15,0	18,0	22,6			2
<i>Calluna vulgaris</i>	73,4	57,0	70,7	8	50	
<i>Campylopus flexuosus</i>	<01	6,7	3,4	100	40	58
<i>Campylopus fragilis</i>	<01	5,2	0,7	92	96	
<i>Campylopus introflexus</i>	<01	1,1	9,6		100	100
<i>Campylopus pyriformis</i>	0,9	4,4	6,5	4		100
<i>Carex echinata</i>	5,3	1,6	0,7			
<i>Carex nigra</i>	8,2	10,4	9,7			
<i>Carex panicea</i>	43,2	18,0	18,2	100		100
<i>Carex pilulifera</i>	5,3	4,3	11,3		100	26
<i>Cephalozia connivens</i>	<01	11,0	3,5	100	100	60
<i>Cephaloziella divaricata</i>	0,9	11,4	3,5	100	100	
<i>Cetraria aculeata</i>	7,5	1,9	<01	100		
<i>Cladina arbuscula</i>	19,0	7,6	<01	100	100	100
<i>Cladina portentosa</i>	12,0	32,1	0,6	100	100	92
<i>Cladonia floerkeana</i>	1,8	6,1	1,4	10	100	
<i>Cladonia gracilis</i>	3,5	6,7	0,1			94
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,9	6,7	<01	92	92	
<i>Cladonia squamosa</i>	3,5	10,7	<01	82	100	
<i>Cladonia uncialis</i>	9,8	7,0	<01		92	
<i>Dactylorhiza maculata</i>	20,4	3,2	0,8	100	14	100
<i>Danthonia decumbens</i>	14,3	1,0	0,5	100		100
<i>Dicranum polysetum</i>	7,6	0,9	0,2	100		
<i>Dicranum scoparium</i>	12,0	13,5	9,0		16	
<i>Dicranum spurium</i>	5,3	3,9	<01			
<i>Drosera intermedia</i>	22,0	8,6	18,6	100	100	
<i>Drosera rotundifolia</i>	68,2	17,5	5,7	100	100	100
<i>Equisetum palustre</i>	5,8	1,1	0,1	94		
<i>Erica tetralix</i>	100,0	100,0	100			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	40,9	31,5	21,8		76	100
<i>Eriophorum vaginatum</i>	3,8	6,6	3,2		54	
<i>Festuca ovina</i> agg. (incl. <i>F. cinerea</i> , <i>F. filiformis</i>)	10,1	2,2	<01	100		

stratificatie methoden). Per plantengemeenschappen zijn de temporele en ruimtelijke categorieën gecombineerd (strata). Vervolgens werden random twee of drie opnamen per stratum geselecteerd en werd de frequentie van alle soorten vergeleken, gebruik makend van een Chi-square toets. Deze procedure werd 100 keer uitgevoerd voor elke plantengemeenschap (100 runs). De analyse leverde voor elke plantengemeenschap een tabel op met de gemiddelde frequentie (uit 100 runs) van elke soort in elke tijdsperiode, en het aantal runs waarin de verandering van de frequentie van de soort over twee tijdsperioden significant is. Als voorbeeld is het resultaat van de analyse van natte heide weergegeven in Tabel II.

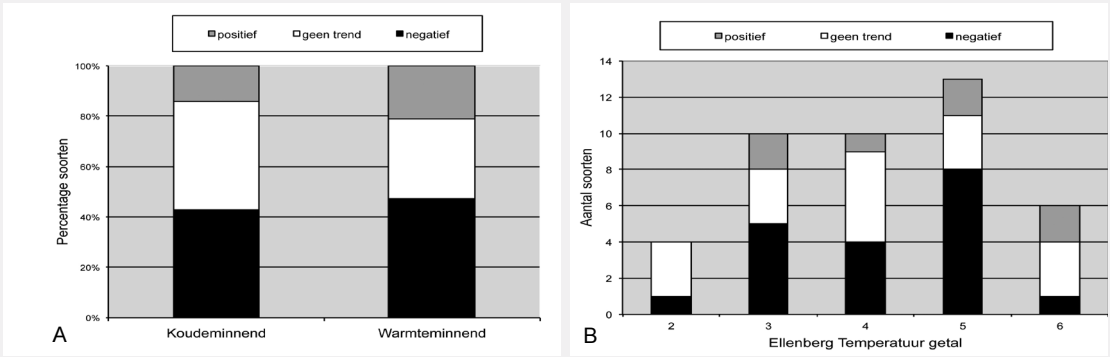
Soorten die in elke periode in minder dan 5 % van de opnamen voorkwamen zijn uit de verdere analyse weggelaten. De overige soorten zijn gegroepeerd in drie categorieën: toegenomen soorten (positieve trend), afgenomen soorten (negatieve trend), en onveranderde of

Tabel II. Vervolg.

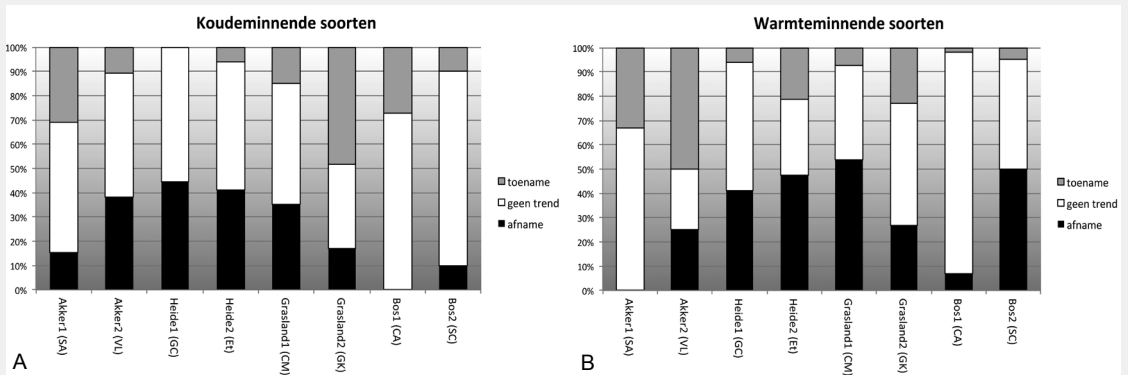
Soort	1930-1955	1955-1985	1985-2010	% runs met significante verandering		
				periode 1-2	periode 2-3	periode 1-3
<i>Genista anglica</i>	10,3	2,8	<01	100		
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	53,6	23,0	29,2	100	2	100
<i>Gymnocolea inflata</i>	4,2	27,6	1,9	100	100	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	29,5	20,8	7,8	6	100	100
<i>Hypnum imponens</i>	13,7	4,2	<01	100		66
<i>Hypnum jutlandicum</i>	3,3	14,8	25,2	100	100	100
<i>Juncus acutiflorus</i>	7,7	0,5	1,3	100		22
<i>Juncus squarrosus</i>	50,2	17,9	16,6	100		100
<i>Kurzia pauciflora</i>	<01	5,4	1,1	88	98	
<i>Leucobryum glaucum</i>	10,3	10,5	5,5		78	28
<i>Luzula multiflora</i>	6,0	0,5	0,6	64		
<i>Lycopodiella inundata</i>	7,6	<01	1,6	98		84
<i>Molinia caerulea</i>	95,6	91,2	96,1			
<i>Myrica gale</i>	15,5	5,6	4,9	98		100
<i>Nardus stricta</i>	9,5	0,9	1,0	100		66
<i>Narthecium ossifragum</i>	41,6	11,8	8,8	100		100
<i>Odontoschisma sphagni</i>	5,8	14,3	4,3	72	100	
<i>Pedicularis sylvatica</i>	34,8	1,8	1,3	100		100
<i>Pinus sylvestris</i>	8,2	29,0	32,1	100		100
<i>Platanthera bifolia</i>	9,8	0,5	<01	100		
<i>Pleurozium schreberi</i>	10,9	10,8	2,2		100	100
<i>Pohlia nutans</i>	0,9	15,7	0,7	100	100	
<i>Polygala serpyllifolia</i>	20,7	<01	1,0	100		100
<i>Polytrichum commune</i>	5,1	9,3	5,3	2	40	
<i>Potentilla erecta</i>	53,0	15,1	7,8	100	96	100
<i>Quercus robur</i>	15,4	23,7	12,7	4	100	
<i>Rhamnus frangula</i>	3,5	6,4	10,6		8	100
<i>Rhynchospora alba</i>	14,0	13,3	12,9			
<i>Rhynchospora fusca</i>	5,9	3,6	13,4		100	74
<i>Salix aurita</i>	3,5	5,0	3,0		2	
<i>Salix repens</i>	54,0	18,3	10,6	100	90	100
<i>Sphagnum compactum</i>	73,4	31,8	10,2	100	100	100
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	1,8	8,5	3,2	96	98	
<i>Sphagnum tenellum</i>	5,3	25,4	6,7	100	100	
<i>Succisa pratensis</i>	13,0	2,9	<01	100		16
<i>Trichophorum cespitosum</i>	12,6	5,8	16,1			

fluctuerende soorten (geen trend). Trends werden beschouwd als negatief of positief indien een significante verandering plaatsvond over periode 1-3 of over periode 2-3 in tenminste 10 % van de runs.

Vervolgens is voor elke plantengemeenschap aan de soorten de Ellenberg-indicator-waarde voor Temperatuur toegeedeeld (Ellenberg et al. 1991). Het spectrum van soorten met de resulterende temperatuurgetallen is daarna in twee groepen verdeeld (gebaseerd op de mediaan): een groep met relatief lage waarden (koudeminnende soorten) en een groep met relatief hoge waarden (warmteminnende soorten). Voor deze twee klassen is het relatieve aandeel soorten berekend dat een negatieve, positieve of geen trend vertoont (Figuur 1).

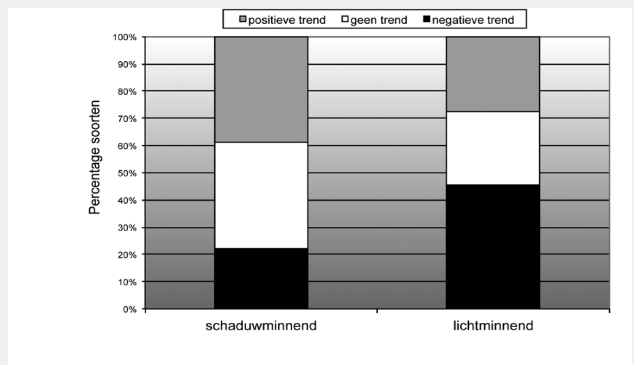


Figuur 1. Voorbeeld van de resultaten voor het *Ericetum tetralicis* (Et). A: aantal soorten met een significant negatieve trend, geen trend, of significant positieve trend, ingedeeld naar de Ellenberg indicatorwaarden voor temperatuur. B: percentage soorten met een significant negatieve trend, geen trend, of significant positieve trend, ingedeeld naar relatief lage (koudeminnend) en hoge (warmteminnend) Ellenberg indicatiewaarde voor temperatuur.



Figuur 2. Percentage soorten met significant negatieve trend, geen trend, en significant positieve trend in de verschillende plantengemeenschappen, ingedeeld naar relatief koudeminnende soorten (A) en relatief warmteminnende soorten (B).

Figuur 3. Percentage soorten in het *Sclerantho annui-Arnozeridatum* (SA) met significant negatieve trend, geen trend, of significant positieve trend, ingedeeld naar relatief lage (schaduwminnend) en hoge (lichtminnend) Ellenberg indicatiewaarde voor licht.



RESULTATEN

Tabel III laat de resultaten zien van de acht geselecteerde plantengemeenschappen, waarbij het aantal toegenomen en afgenomen koudeminnende en warmteminnende soorten is aangegeven. In Figuur 2 zijn deze resultaten samengevat in een grafiek, waarbij het percentage toegenomen en afgenomen soorten is weergegeven, en wel voor de groep van koudeminnende soorten (Figuur 2A) en voor de groep van warmteminnende soorten (Figuur 2B). De resultaten tonen aan dat in de akkergemeenschap *Veronico-Lamietum hybridi* (VL) relatief veel soorten van koude condities afnemen, terwijl warmteminnende soorten relatief sterk toenemen. In het *Sclerantho annui-Arnozeridetum* (SA) nemen zowel koude- als warmteminnende soorten toe, maar opvallend is dat geen enkele warmteminnende soort afneemt. In de heidebegroeiingen valt vooral op dat heel veel soorten achteruitgaan. De toename van warmteminnende soorten is relatief echter hoger dan de toename van koudeminnende soorten.

In de graslanden is eveneens de overall achteruitgang opvallend, maar hier nemen de koudeminnende soorten relatief sterker toe dan de warmteminnende soorten. Eenzelfde trend is in de bossen aanwezig, maar meer uitgesproken: koudeminnende soorten nemen relatief meer toe, warmteminnende soorten nemen meer af.

Uit deze resultaten blijkt dat op basis van de hier gehanteerde methodiek er vanuit de veranderde soortensamenstelling van de geselecteerde vegetatietypen in zijn algemeenheid geen eenduidig opwarmingseffect kan worden aangetoond (die verband houdt met klimaatverandering). De effecten verschillen per vegetatietype. Daarnaast valt op dat in de gemeenschappen meer soorten een negatieve trend dan een positieve trend vertonen (131 versus 55 soorten in Tabel III), hetgeen wijst op verlies aan diversiteit in ons land gedurende de afgelopen 80 jaar.

DISCUSSIE

In deze studie focussen we op de relatie tussen veranderingen in soortensamenstelling van plantengemeenschappen en op de vraag wat dit betekent voor hun gesommeerde temperatuurindicatie. Figuur 2 laat zien dat vooral in de open begroeiingen (akkergemeenschappen en heiden) de verandering in soortensamenstelling een eenduidige relatie vertoont met de toegenomen temperatuur. In de akkers is dit effect overigens duidelijker dan in de heiden; in de laatste valt vooral het hoge aantal soorten op dat een achteruitgang vertoont. De resultaten sluiten voor de akkerbegroeiingen aan bij een analyse van Van der Staay & Ozinga (2008), die daarbij ook een toename van C4-planten aantoonde in deze plantengemeenschappen, een mogelijk effect van opwarming.

De analyse van de veranderingen in de akervegetatie wijzen overigens niet op een hogere indicatie voor licht. De verandering in de soortensamenstelling van akkergemeenschap SA indiceert juist donkerdere omstandigheden (Figuur 3). Ook dit houdt vermoedelijk verband met het veranderde landgebruik. In de laatste decennia wordt het landbouwgewas (bijv. graan) veel dichter gezaaid dan voor de jaren 1960 (Weeda et al. 2003).

De plantengemeenschappen met een meer gesloten vegetatiedek (graslanden, bossen) reageren blijkbaar niet op de gemiddeld toegenomen macrotemperaturen. De veranderingen in de soortensamenstelling wijzen eerder op een koeler klimaat. Voor bossen is dit goed te verklaren. De groei en soortensamenstelling van planten wordt niet bepaald door de gemiddelde macrotemperaturen, die in het open veld in een weerhut op 1.50 m worden gemeten, maar door het microklimaat op de bosbodem. De meeste bossen zijn tot de jaren

50 van de vorige eeuw in gebruik geweest als hakhout, en vertoonden toen een open bosstructuur, waarin de temperatuur snel kon oplopen. Sindsdien is dit beheer vrijwel overal gestaakt en vooral sinds de jaren 1980 bestaat het bosbeheer op veel plaatsen uit 'niets doen'. De consequentie hiervan is dat vrijwel alle bossen in ons land hoger, dichter en donkerder zijn geworden, en dus koeler, waarbij schaduwtolerante, koude-minnende soorten zijn gaan domineren over licht- en warmteminnende soorten (Haveman & Schaminée 2005; Drok & Janssen 2009; Bijlsma et al. 2010). In deze bossen domineert het veranderd landgebruik de klimaateffecten. Ook voor graslanden ligt de verklaring in de veranderde vegetatiestructuur. Smits et al. (2010) laten voor kalkgraslanden (GK) zien dat de veranderde soortensamenstelling vooral een gevolg is van veranderd beheer. Voor het natte graslandtype CM laat een analyse van andere Ellenberg indicatorwaarden zien dat de vegetatie dichter (donkerder), droger en voedselrijker is geworden. De dichtere kruidlaag dan in vroegere dagen, wordt mogelijk veroorzaakt door een hogere bedekking van *Molinia caerulea*, wat deels kan worden toegeschreven aan verdroging (Jansen et al. 2000). In een studie naar veranderd microklimaat voor vlinders kwamen Wallis de Vries & van Swaay (2006) eveneens tot de conclusie dat het microklimaat van graslanden in het voorjaar koeler is geworden, met negatieve gevolgen voor vlindersoorten die zich in het voorjaar vanuit een ei ontwikkelen. Zij zochten de oorzaak in een langer (o.a. vroeger)

Tabel III. Aantal soorten met significant negatieve trend, geen trend, en significant positieve trend in de onderzochte plantengemeenschappen, ingedeeld naar relatief koudeminnende soorten en relatief warmteminnende soorten.

Vegetatietype		Aantal soorten met trend:			Totaal
		negatief	geen	positief	
<i>Sclerantho annui-Arnozeridetum</i> (SA)	koudeminnend	2	7	4	13
	warmteminnend	0	2	1	3
<i>Veronico-Lamietum hybridi</i> (VL)	koudeminnend	18	24	5	47
	warmteminnend	1	1	2	4
<i>Genisto-Callunetum</i> (GC)	koudeminnend	4	5	0	9
	warmteminnend	7	9	1	17
<i>Ericetum tetralicis</i> (Et)	koudeminnend	6	6	2	14
	warmteminnend	9	6	4	19
<i>Cirsio-Molinietum dissecti</i> (CM)	koudeminnend	7	10	3	20
	warmteminnend	29	21	4	54
<i>Gentiano-Koelerietum</i> (GK)	koudeminnend	5	10	14	29
	warmteminnend	7	13	6	26
<i>Carici elongatae-Alnetum</i> (CA)	koudeminnend	0	8	3	11
	warmteminnend	4	49	1	54
<i>Stellario-Carpinetum</i> (SC)	koudeminnend	2	16	2	20
	warmteminnend	30	27	3	60

groeiseizoenen van de vegetatie, als gevolg van de opwarming van het macroklimaat, waarbij eutrofiëring door atmosferische depositie een versterkende rol kan spelen.

De analyse van veranderingen in soortensamenstelling van plantengemeenschappen verschilt wezenlijk van de reguliere monitoring van vegetatie, bijvoorbeeld door middel van herhaalde vegetatiekartering of permanente kwadraten. In deze laatste gevallen wordt de verandering in soortensamenstelling op een bepaalde locatie bestudeerd, wat informatie oplevert over successie en veranderingen van grenzen tussen plantengemeenschappen, die gerelateerd kunnen worden aan veranderingen in beheer en/of abiotische condities. Studies zoals de onze, die gebruik maken van grote databanken met vegetatieopnamen, hebben betrekking op een veel groter gebied (kleinere schaal) en zijn beter bruikbaar om processen te bestuderen die op macroschaal (nationaal of zelfs internationaal) plaatsvinden.

CONCLUSIE

Het effect van stijgende temperaturen op de soortensamenstelling van de vegetatie verschilt per plantengemeenschap. Vooral open begroeiingen, zoals akkervegetatie en (in mindere mate) heide, zijn gevoelig voor klimaatsverandering: hier worden veranderingen in soortensamenstelling gesignaleerd die duiden op toegenomen temperaturen. Ze zijn daarmee relatief kwetsbaar voor klimaatverandering. De systemen met een meer gesloten vegetatiedek (graslanden en bossen) lijken minder geschikt voor vestiging van soorten uit relatief warmere streken. Veranderingen in soortensamenstelling zijn in graslanden en bossen niet gecorreleerd met toegenomen temperaturen op weerhut-hoogte in het open veld (macrotemperatuur). Voor bosplanten is het microklimaat van de bosbodem bepalend. Ondanks de stijging van de macrotemperatuur is door de verdichting van de vegetatie als gevolg van extensiever bosbeheer de bosbodem kouder geworden. Ook in graslanden wijst de verandering in soortensamenstelling op een koeler microklimaat, waarbij de verklaring gezocht moet worden in een toegenomen productiviteit, als gevolg van een combinatie van veranderd beheer, atmosferische depositie en een verlengd groeiseizoen.

DANKWOORD

Het onderzoek uit dit artikel is in 2010 uitgevoerd als onderdeel van een Beleids-ondersteunend Onderzoeksproject (BO) in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (toentertijd LNV). De resultaten waren tot nu toe nergens gepubliceerd. Dank aan Anton Stortelder en Iris de Ronde voor het kritisch becommentariëren van een eerdere versie van dit artikel.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE IN DIFFERENT PLANT COMMUNITIES

The Dutch National Vegetation Databank, containing more than 600,000 vegetation relevés of the Netherlands from the period 1930-2012, was used for analyzing changes in species composition in different plant communities changed over the period 1930-2010 and a possible relationship with climate change (higher temperatures). Data of eight plant communities were studied: two weed communities, two grassland types, two heathland types and two forest types, based on stratification methods, resulting in groups of plant species of which the frequency increased or decreased significantly or was stable. These groups were analyzed using Ellenberg indicator values for temperature. The results reveal that the weed communities show the largest shift in species composition, from species that prefer relative cool conditions towards species that prefer higher temperatures. In heathland communities slight effects of raising temperatures were indicated by the changes in species composition. In grasslands and forest communities, trends in species composition indicate lower tempera-

tures. It is concluded that different plant communities react differently to rising macro-temperatures resulting from climate change. Especially open pioneer communities seem to be sensitive to an increase of species from warmer regions. In grasslands and forests, the macroclimatic conditions (measured in the open field, at 1.50 meter) may have changed (higher temperatures on average), but they are overruled by the micro-climate, which decreased during the last 50 years due to changed (forest) management.

LITERATUUR

- Arts, G.H.P., P.W.M. van Beers & J.D.M. Belgers (2001). Herstelbeheer in vennen en de floristische samenstelling van isoetide begroeiingen in de periode 1980-1999. *Stratiotes* 23: 33-39.
- Baeten, L., B. Bauwens, A. de Schrijver, L. de Keersmaecker, H. van Calster, K. Vandekerkhove, B. Roelandt, H. Beeckman & K. Verheyen (2009). Herb layer changes (1954-2000) related to the conversion of coppice-with-standards forests and soil acidification. *Applied Vegetation Science* 12: 187-197.
- Bakkenes, M., J.R.M. Alkema, F. Ihle, R. Leemans & J.B. Latour (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 6: 390-407.
- Bijlsma, R.-J., V. Kint, J. den Ouden, L. Baeten & K. Verheyen (2010). Successie en bos dynamiek. In: J. den Ouden et al. (red). *Bosecologie en Bosbeheer*. Acco, Leuven/Den Haag, pp. 195-217.
- McCarty, J.P. (2001) Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15: 320-331.
- Dijkema, K.S. (1992). Sea level rise and management of salt marshes. *Wadden Sea Newsletter* 1992(2): 7-10.
- Drok, S.J. & J.A.M. Janssen (2009). Oude en nieuwe bossen. In: J.H.J. Schaminée & E.J. Weeda (red). *Natuur als nooit tevoren. Beschouwingen over natuurbeheer in Nederland*. KNNV Uitgeverij, Zeist, pp 54-75.
- Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Paulissen (1991). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica XVIII*, Goltze, Göttingen, 258 pp.
- Haveman, R. & J.A.M. Janssen (2008). The analysis of long-term changes in plant communities using large databases: The effect of stratified resampling. *Journal of Vegetation Science* 19: 355-362.
- Haveman, R. & J.H.J. Schaminée (2005). Floristic changes in abandoned oak coppice woods in the Netherlands with some notes on apomictic species. *Chronika Botanica* 18:149-160.
- Jansen, A.J.M., A.P. Grootjans & M.H. Jalink (2000). Hydrology of Dutch *Cirsio-Molinietum* meadows: Prospects for restoration. *Applied Vegetation Science* 3: 51-64.
- Kabat, P., C.M.J. Jacobs, R.W.A. Hutjes, W. Hazeleger, M. Engelmoer, J.P.M. Witte, R. Roggema, E.J. Lammerts, J. Bessembinder, P. Hoekstra & M. van den Berg (2007). *Klimaatverandering en het Waddengebied*. Position paper Klimaat en Water. Waddenacademie, Leeuwarden.
- Kers, B., M. van Zuijlen & R. Ketelaar (2008). Twee vondsten van Zeealant (*Inula crithmoides* L.) in Nederland. *Gorteria* 33: 77 – 82.
- Ketelaar, R. (2003). Libellen vliegen vroeger en noordelijker: een gevolg van klimaatverandering? *De Levende Natuur* 104: 83-85.

- KNMI (2008). De toestand van het klimaat/The status of climate (in Dutch). KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute), De Bilt.
- Knollová, I., M. Chytrý, L. Tichý, & H. Ondrej (2005). Stratified resampling of phytosociological databases: some strategies for obtaining more representative data sets for classification studies. *Journal of Vegetation Science* 16: 479-486.
- Leemans, R. & A. van Vliet (2004). Extreme weather: does nature keep up? Observed responses of species and ecosystems to changes in climate and extreme weather events: many more reasons for concern. Rapport Wageningen Universiteit, Wageningen, 56 pp.
- Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée (2007). Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation. A preliminary assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections. Report 49, WOT Natuur & Milieu, Wageningen.
- Ozinga, W.A., C. Römermann, R.M. Bekker, A. Prinzing, W.L.M. Tamis, J.H.J. Schaminée, S.M. Hennekens, K. Thompson, P. Poschod, M. Kleyer, J.P. Bakker & J.M. van Groenendael (2009). Dispersal failure contributes to plant losses in NW Europe. *Ecology Letters* 12: 66-74.
- Parmesan, C. & G. Yohe (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Roos, R. & S. Woudenberg (2004, red.). Opgewarmd Nederland. Uitgeverij Jan Van Arkel, 224 pp.
- Rosenaar A.-J. & B. Odé (2004). De resultaten van het Bedreigde Soortenproject in 2003. *Gorteria* 30: 33-41.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1995). De Vegetatie van Nederland, deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala, Leiden, 360 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda (1996). De Vegetatie van Nederland, deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus press, Uppsala, Leiden, 356 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1998). De Vegetatie van Nederland, deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus press, Uppsala, Leiden, 346 pp.
- Schaminée, J.H.J., J.E. van Kley & W.A. Ozinga (2002). The analysis of long-term changes in plant communities: case studies from the Netherlands. *Phytocoenologia* 32: 317-335.
- Schaminée, J.H.J., J.A.M. Janssen, R. Haveman, S.M. Hennekens, G.B.M. Heuvelink, H.P.J. Huiskes & E.J. Weeda (2006). Schatten voor de natuur achtergronden, inventaris en toepassingen van de Landelijke Vegetatie Databank. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Schaminée, J.H.J., S.M. Hennekens & W.A. Ozinga (2007). Use of the ecological information system SynBioSys for the analysis of large datasets. *Journal of Vegetation Science* 18: 463-470.
- Smits, N.A.C., R. Bobbink, S.M. Hennekens, H.P.J. Huiskes, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée & J.H. Willems (2010). Long-term vegetation change in Dutch calcareous grasslands: how effective are restoration measures? In: Smits, N.A.C. Restoration of nutrient-poor grasslands in Southern Limburg. PhD Thesis University Utrecht, pp 15-27.
- Stortelder A.H.F., J.H.J. Schaminée, & P.W.F.M. Hommel (1999). De Vegetatie van Nederland, deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus press, Uppsala, Leiden, 376 pp.
- Tamis, W. (2005). Changes in the flora of the Netherlands in the 20th century. PhD Thesis University Leiden. *Gorteria Supplement* 6.

- Tamis, W., M van't Zelfde, R. van der Meijden & H.A. Udo de Haes (2005). Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the 20th century explained by their climatic and other environmental characteristics. *Climate Change* 72: 37-56.
- Van der Staay, P. & W. Ozinga (2008). Verschuivende allianties in plantengemeenschappen door klimaatverandering. In: J. Schaminée & E. Weeda (red.). *Grenzen in beweging. Beschouwingen over vegetatiegeografie*. KNNV Uitgeverij, Zeist, pp 132-151.
- Van Tongeren, O., N. Gremmen & S.M. Hennekens (2008). Assignment of relevés to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. *Journal of Vegetation Science* 19: 525-536.
- Van Vliet, A.J.H. (2008). Monitoring, analysing, forecasting and communicating phenological changes. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Vos, C.C., B.S.J. Nijhof, M. van der Veen, P.F.M. Opdam & J. Verboom (2007). Risico-analyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatsverandering. Rapport 1551, Alterra, Wageningen.
- Wallis de Vries, M.F. & C. van Swaay (2006). Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. *Global Change Biology* 12: 1620-1626.
- Wallis de Vries, M.F., W. Baxter & A.J.H. van Vliet (2011). Beyond climate envelopes: effects of weather on regional population trends in butterflies. *Oecologia* 167(2): 559-571.
- Walther, G-R. (2003). Plants in a warmer world. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(3): 169-185.
- Weeda, E.J., R. Haveman & J.H.J. Schaminée (2003). Veranderingen in de samenstelling van akkerassociaties (*Stellarietea mediae*). *Stratiotes* 26: 20-52.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar & R. van Eck (2009). Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. Rapport KWR 2009.032, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Contactgegevens:

John Janssen

E-mail: john.janssen@wur.nl