

hangt samen met het feit dat de hydrologische regimes pas in 1986 zijn ingesteld. Het lijkt er echter op dat door middel van natuurtechnische maatregelen de voedselarme condities niet op korte termijn zijn te herstellen. De grondwaterstand in de zomer in afdeling A lijkt voor deze kleiige bodem niet hoog genoeg om de beschikbaarheid van nutriënten op jaarbasis voldoende te verlagen. De oorspronkelijke voedselarme condities zijn alleen te verkrijgen door de huidige bovengrond van humeuze klei — voorheen kleiig veen — af te voeren (plaggen) in combinatie met het conserveren van kalkhoudend grondwater.

Conclusies

Uit deze studie in de Bennekomse Meent en de Veenkampen blijkt dat de maatregel conservering van neerslagwater als nadeel heeft dat de grondwaterstand in de zomer te diep wegzakt en dat mede door verzuring de beschikbaarheid van nutriënten toeneemt.

Vernatting d.m.v. conservering van aangevoerd grondwater is een effectievere maatregel om verdroging van de blauwgrasland-vegetatie tegen te gaan of om natte, schrale graslanden te ontwikkelen. Hiertoe kan het beste de natuurlijke kwelstroom hersteld worden door broningerichte maatregelen, zoals optimalisatie van grondwateronttrekkingen. Aanvoeren van diep grondwater d.m.v. een al dan niet kunstmatige bron biedt voorlopig perspectief, vooral wanneer tevens ondiepe greppels worden aangebracht zodat veel neerslagwater kan worden afgevoerd.

Literatuur

- Altena, H.J. & M.J.M. Oomes, 1991. Leidt een verschrallend graslandbeheer tot de ontwikkeling van soortenrijke graslanden? *De Levende Natuur* 92(3): 77-82.
- Egloff, T., 1983. Der Phosphor als primär limitierender Nährstoff in Streuwiesen (Molinion), Düngungsexperiment im unteren Reusstal. *Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel (Zürich)* 50: 119-148.
- Grootjans, A.P., 1975. De invloed van grondwaterstandsaling op de vegetatie in natuurgebieden. Rapport P.P.D. Drenthe.
- Grootjans, A.P., 1985. Changes of ground-water regime in wet meadows. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Hoek, D. van der & S. van der Schaaf, 1988. The influence of waterlevel management and groundwater quality on vegetation develop-

ment in a small nature reserve in the southern Gelderse Vallei (The Netherlands). *Agricultural Water Management* 14: 423-437.

Houba, V.J.G., J.J. van der Lee, I. Novozamsky & I. Wallinga, 1988. Soil and plant analysis, a series of syllabi, part 5: Soil analyses procedures. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouwniversiteit Wageningen.

Mierlo, J.E.M. van, 1990. De respons van een blauwgraslandvegetatie op de toename van de beschikbaarheid van N- en P-nutriënten. Intern rapport, Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwniversiteit Wageningen.

Pegtél, D., 1983. Ecological aspects of a nutrient deficient wet grassland. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Mainz)* 1981) Band X: 217-228.

Steenvoorden, J. & H.P. Oosterom, 1973. Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in het grond- en in oppervlaktewater van enkele gebieden. *Cultuurtechnisch tijdschrift* 6: 231-249.

Wirdum, G. van & D. van Dam, 1984. Bepaling belangrijkste standplaatsfactoren. SWNBL Standplaats en plant, rapport 1. Utrecht.

Summary

Can wet meadow vegetations be restored by water conservation?

Wet meadow vegetations are scarce in The Netherlands nowadays. They are only found in nature reserves as in the Bennekomse Meent. A degradation of the vegetation was found here, due to changes in groundwater quantity as well as quality. An embankment was constructed around the southeastern part of this reserve for preservation and restoration. Here, conservation of precipitation water resulted in soil acidification, higher nutrient availability and further degradation of the vegetation.

Effects of conservation of water on redevelopment of species rich, low productive vegetations was tested in the Veenkampen. Inlet and conservation of calcareous ground water showed better perspectives for restoration of these vegetations than conservation of precipitation water.

Dankwoord

J. van Walsen wordt bedankt voor het verzamelen van de grondwatergegevens en de hulp bij het analyseren van de bodemparameters.

E.P.A.G. Schouwenberg, Ir. J.E.M. van Mierlo & Drs. D. van der Hoek
Landbouwniversiteit
Vakgroep Natuurbeheer
Postbus 8080
6700 DD Wageningen

R.S. de Groot &
P. Ketner

Klimaatstudies en de Vakgroep Natuurbeheer

In 1987 verzocht het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu Prof. Stortenbeker om een internationaal project uit te voeren, in samenwerking met vakgroepen van de Universiteit van Utrecht en van Amsterdam. Het doel was een inventarisatie te maken van de bestaande kennis over de mogelijke landschaps-ecologische effecten van klimaatveranderingen in Europa. Het uitgangspunt was daarbij: stel dat het klimaat verandert, wat zijn dan de meest gevoelige landschapsecologische processen en elementen? Aan het project namen ruim 70 wetenschappers uit 20, voornamelijk Europese, landen deel die bijdragen schreven over de gevoeligheid van een drietal grote ecosysteemcomplexen (rivieren, duinen en wetlands) en van 3 regio's: het Mediterrane gebied, de alpen en Noord-Scandinavië. In december 1989 werden de resultaten van dit project besproken op de European Conference on Landscape ecological Impact of Climatic Change (LICC) in Luntenen (Boer & De Groot, 1990).

Als vervolg op de LICC-conferentie is in januari 1991 een Werkgroep ingesteld waarin de organiserende instituten in Nederland en een aantal buitenlandse onderzoeksinstellingen deelnemen met het doel de samenwerking op het gebied van onderzoek van landschaps-ecologische effecten voort te zetten en te versterken. Het secretariaat van deze werkgroep wordt verzorgd door het Centrum voor Klimaatstudies in Wageningen. De Vakgroep Natuurbeheer heeft het initiatief genomen voor de instelling van dit Centrum, waarbij onder meer nauwe samenwerking met DLO-onderzoek nagestreefd wordt.



De invloed van klimaatveranderingen op het Nederlandse landschap



Postelein (*Portulaca oleracea*), een soort die zich mogelijk blijvend zal vestigen als gevolg van temperatuurstijging (boven). *Portulaca oleracea* will probably become more abundant in The Netherlands as a consequence of a rise of temperature (above).

Zevenster (*Trientalis europaea*) (links). Zal deze soort voorgoed uit onze flora verdwijnen als gevolg van klimaatverandering? Will *Trientalis europaea* disappear for ever in The Netherlands as a consequence of climate change (left)?

De toename van CO₂ en andere zg. broeikasgassen, en de daardoor veroorzaakte klimaatveranderingen en afgeleide effecten (zoals zeespiegelstijging), zullen direct en indirect gevolgen hebben voor de natuur, zowel voor individuele soorten als voor hele ecosystemen en landschappen. In dit artikel worden enkele abiotische effecten en de gevolgen voor flora, fauna en vegetatie besproken, alsmede de mogelijke consequenties voor natuurbeheer en -behoud in Nederland.

Klimaatveranderingen

Het klimaat op aarde wordt in sterke mate bepaald door de gassenstelling van de atmosfeer: bepaalde gassen, met name kooldioxyde (CO₂) en waterdamp, laten wel de kortgolvlige zonnestraling door, maar houden een groot deel van de langgolvlige warmte-uitstraling van de aarde tegen, het zg. 'broeikaseffect'. Sinds het midden van de vorige eeuw is de mens de gassenstelling van de atmosfeer sterk gaan beïnvloeden. Als gevolg van toenemende verbranding van fossiele brandstoffen steeg de hoeveelheid kooldioxide met 25-30%, terwijl ook de concentraties van methaan, stikstof-oxiden, cfk's en diverse andere broeikasgassen sterk zijn toe-

genomen. Hierdoor treedt een versterking van het broeikaseffect op met nog grotendeels onbekende gevolgen voor het klimaat (Hulme et al., 1990).

Sinds 1860 is de gemiddelde temperatuur op aarde met ca 0,75 °C toegenomen (fig. 1) en algemeen wordt aangenomen dat bij een verdubbeling van de gezamenlijke concentratie van broeikasgassen, die zonder maatregelen nog voor het jaar 2050 bereikt zal zijn, de gemiddelde temperatuur op aarde voor het eind van de volgende eeuw met ca 4 °C t.o.v. 1860 zal zijn toegenomen (WMO & UNEP, 1990). Naast temperatuur speelt vooral neerslag een grote rol; die is voor veel soorten en (landschaps)ecologische processen vaak belangrijker dan

de temperatuur. Vooral in combinatie met een toename van de temperatuur kan een reductie van de neerslag tot grote (regionale) watertekorten leiden. Helaas zijn scenario's voor veranderingen in neerslag nog onzekerder dan die voor de temperatuur. Verder wordt verwacht dat extreme weersituaties (overstromingen, droogten, vorst, stormen, enz.) vaker zullen optreden. Dit zal waarschijnlijk grotere consequenties hebben voor soorten dan een geleidelijke verandering in de gemiddelde klimatologische omstandigheden.

In Nederland moet rekening worden gehouden met een temperatuurstijging van tenminste 2 °C voor 2050 (Gezondheidsraad, 1986). Deze stijging is veel groter dan die van de relatief warmere perioden van de afgelopen eeuwen en is groter dan de huidige verschillen in jaargemiddelden van temperaturen binnen Nederland. Deze stijging in temperatuur zal een verlenging van het groeiseizoen tot gevolg hebben van ca 1 maand (Gezondheidsraad, 1986). De veranderingen in neerslag en tempera-

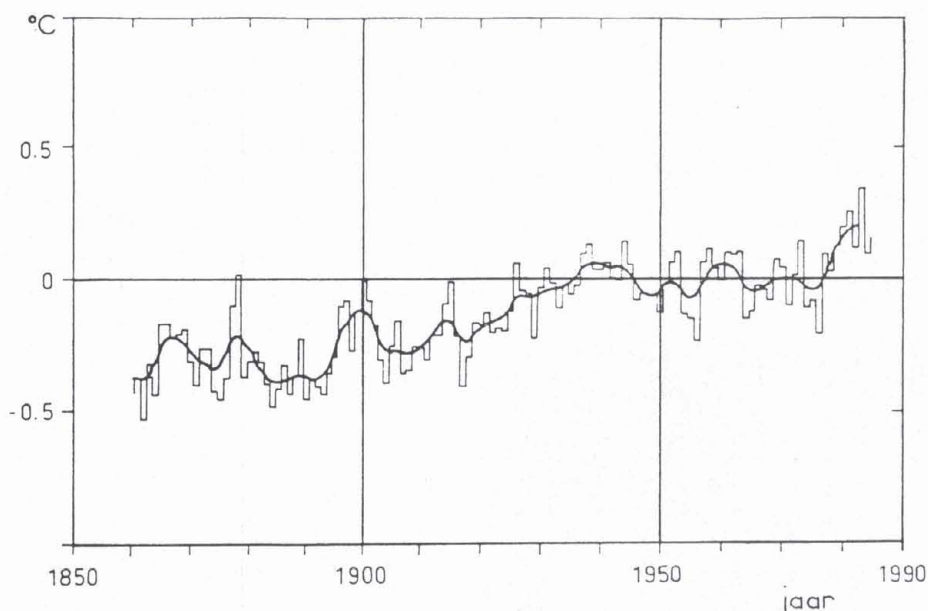


Fig. 1. Gemiddelde temperatuursstijging op aarde sinds 1860.
Average global rise in temperature since 1860.

tuur zouden erop kunnen wijzen dat in Nederland en delen van Noordwest-Europa en Engeland de zomers wat continenter zullen worden (warmer en droger), terwijl de winters juist wat meer atlantisch zullen worden (warmer en vochtiger).

Een complicerende faktor bij de analyse van gevolgen van klimaatveranderingen voor natuur en landschap, vormt het gegeven dat veel ecosystemen reeds onder permanente anthropogene stress staan (bv. door 'zure regen'). Doordat veel van deze milieu-veranderingen gelijktijdig optreden en elkaar vaak beïnvloeden, is het moeilijk oorzaken van veranderingen in ecosystemen eenduidig tot klimaatveranderingen te herleiden. Naast het optreden van samenwerkende effecten zijn er diverse, nog niet kwantificeerbare terugkoppelingsmechanismen die voorspellingen over de gevolgen van klimaatveranderingen bemoeilijken.

Enkele abiotische effecten van klimaatveranderingen

Via de waterbalans zullen klimaatveranderingen effect hebben op terrestrische ecosystemen door veranderingen in neerslag (zowel hoeveelheid als patroon), verdamping, afstroming, bodemvochtigheid en grondwaterstand, sneeuwbedekking, smeltwaterhoeveelheid, en veranderingen in het waterpeil van zeeën, meren, rivieren en waterrijke gebieden. Vooral kleine veranderingen in het wa-

terniveau van wetlands kunnen ingrijpende gevolgen hebben voor de flora en fauna.

Door de verwachte toename van extremen in de neerslag, zowel in de vorm van perioden met extreem veel als perioden met extreem weinig neerslag, zal de afvoer van rivieren onregelmatig worden. Hierdoor wordt zowel het gevaar van overstromingen als uitdroging van rivierbeddingen (en wetlands) vergroot. Door deze 'ontregeling' zal ook de erosie en daarmee het sediment-transport in rivieren toenemen, waardoor de waterkwaliteit beïnvloed wordt. Klimaatveranderingen zullen ook gevolgen hebben voor bodemprocessen en -eigenschappen, zoals vochthoudend vermogen, (bio)chemische processen, verzilting, organische stofgehalte, en beschikbaarheid van nutriënten.

Een voor Nederland belangrijk afgeleid effect van klimaatverandering is zeespiegelstijging. In combinatie met mogelijk grotere stormfrequentie zal zeespiegelstijging een toename van de kusterosie tot gevolg hebben. Hierdoor kunnen grote landverliezen optreden en zou zich een nieuw kustprofiel kunnen ontwikkelen met onbekende gevolgen voor bestaande kust-ecosystemen zoals wadden en duinen (Van der Meulen et al., 1989).

Gevolgen voor individuele soorten en levensgemeenschappen

Met betrekking tot de biotische effecten van klimaatveranderingen kunnen drie niveaus van beïnvloeding onderscheiden worden: 1. (a t/m c) gevolgen op individueel en soort-niveau, 2. (d) gevolgen voor interacties tussen soorten, en 3. (e en f) gevolgen voor ecosystemen. De oorzaken van biotische veranderingen kunnen van velerlei aard zijn: zowel beïnvloeding door veranderingen in de gassenstelling van de atmosfeer (bv. directe CO₂-effecten) als veranderingen in het klimaat en de (afgeleide) veranderingen in het abiotisch milieu (zeespiegelstijging, erosie enz.) spelen een rol.

(a) Directe effecten van verhoogde CO₂-concentratie

Experimenteel is duidelijk komen vast te staan dat een verhoogde CO₂-concentratie van invloed is op de fysiologie van planten, zoals op de fotosynthese, de groeisnelheid, het waterverbruik enz. (Goudriaan & De Ruiter, 1983). Deze groeistimulus is bij C₃-planten groter dan bij C₄-planten (tabel 1). De grootte

	C ₃	C ₄
Eigenschappen: Opname van CO ₂ bij hoge lichtintensiteit Temperatuur optimum CO ₂ compensatiepunt bij hoge lichtintensiteit Fotorespiratie	2-4 g CO ₂ ·m ⁻² ·h ⁻¹ 20-25°C 50 ppm aanwezig	4-7 g CO ₂ ·m ⁻² ·h ⁻¹ 30-35°C 10 ppm niet aanwezig
Voorbeelden:	Suikerbiet (<i>Beta vulgaris</i>), Aardappel (<i>Solanum tuberosum</i>), Zonnebloem (<i>Helianthus annuus</i>), alle bomen	Mais (<i>Zea mays</i>), Postelein (<i>Portulaca oleracea</i>), Engels slijkgras (<i>Spartina townsendii</i>), Loogkruid (<i>Salsola kali</i>)

Tabel 1. Overzicht van eigenschappen van C₃- en C₄-planten met enkele voorbeelden van soorten.

Review of characteristics of C₃- and C₄-plants with examples of species.



van het effect is sterk afhankelijk van andere milieu-factoren zoals licht, water, voedingsstoffen en temperatuur en is sterker naarmate deze factoren niet beperkend zijn. Behalve fysiologische veranderingen zijn ook veranderingen in histologische, morfologische en fenologische eigenschappen bij een verhoogde CO₂-concentratie waargenomen (Bazzaz et al., 1985; Gezondheidsraad, 1983).

Al deze veranderingen zullen indirect invloed hebben op de betrekkingen tussen planten en dieren onderling (bv. concurrentie-verhoudingen), tussen plant en dier (bv. op plant/grazers of symbiotische relaties) en op de relatie met micro-organismen (zoals bv. op ziekten en veranderingen in afbraakprocessen).

(b) Veranderingen in de fenologie

Warmere omstandigheden en een langer groeiseizoen zullen in het algemeen gunstig zijn voor bloem-, zaad- en sporenproductie. Insektenbestuiving zal bevorderd worden en het tijdstip van bladvorming, bloei en vruchtzetting vervroegd worden. Voor éénjarige soorten met een aantal levenscycli per jaar, bv. Vogelmuur (*Stellaria media*), Straatgras (*Poa annua*) en Klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*), kan het aantal levenscycli onder de nieuwe omstandigheden toenemen. Dit zal resulteren in een toename van de hoeveelheid zaad in de bodem. Vanwege de verwachte drogere zomers kan er echter stagnatie in de groei optreden of een versneld afrijpen van zaad. Een temperatuurstijging zal met name ook van invloed zijn op de kiemingsrespons en het doorbreken van de kiemrust. Dit zal voor iedere soort anders zijn. Een voorbeeld van een soort waar de kieming door hogere temperatuur bevorderd zal worden is Postelein (*Portulaca oleracea*). In gematigde streken kiemt de soort pas eind mei of begin juni. Bij verhoogde temperatuur is vroegere kieming te verwachten en een betere narijping. Hogere zomertemperaturen zullen ook bewerkstelligen dat de levenscyclus sneller volbracht wordt en mogelijk dat meer dan één cyclus voltooid wordt. Hierdoor zal de soort zich snel kunnen vestigen en uitbreiden in

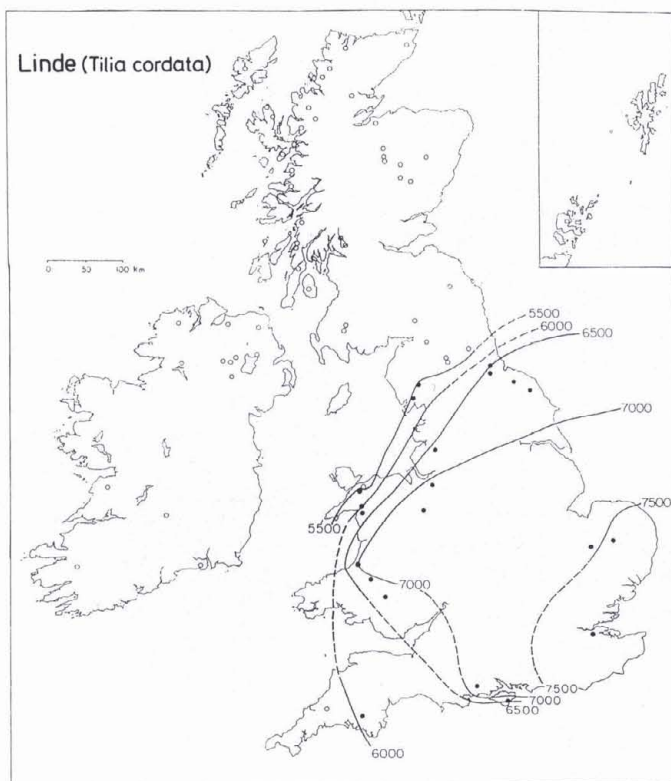
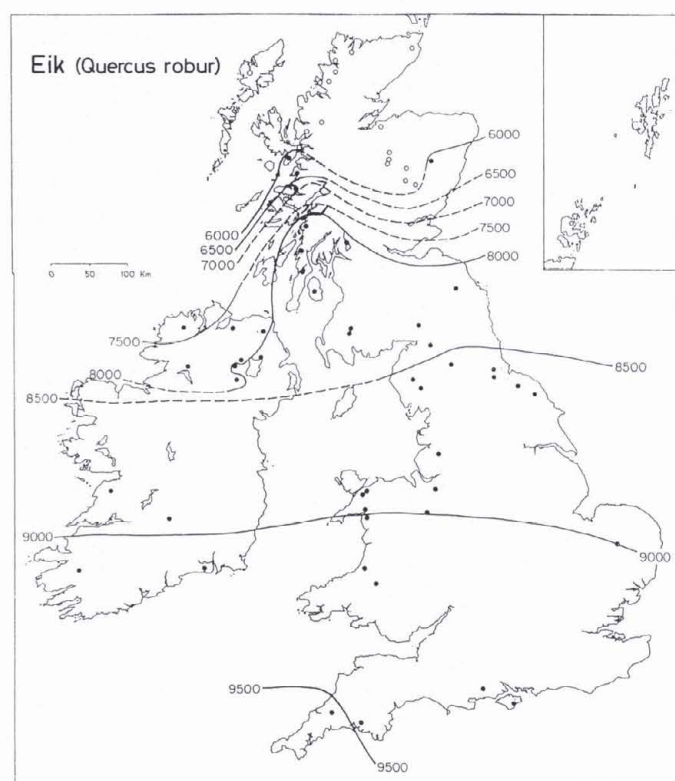
streken waar zij thans nog adventief voorkomt. Ook bij dieren zijn er correlaties tussen ontwikkelingsstadia en klimaatfactoren die bij klimaatverandering gewijzigd zullen worden, bv. toename in het aantal generaties luizen bij een langer groeiseizoen. Wat de concrete gevolgen van deze verschuivingen in fenologie voor de soorten zullen betekenen, is (nog) moeilijk te zeggen. Bij planten valt te denken o.a. aan toename van vorstschade in het voorjaar en onderbreking van bepaalde plant/dier relaties zoals bestuiving.

(c) Gevolgen voor verspreiding van soorten

Veranderingen in het klimaat zullen zonder twijfel van invloed zijn op de verspreiding van planten en dieren. Het vermogen van organismen om d.m.v. migratie op veranderende klimatologische omstandigheden te reageren hangt van een aantal factoren af, zoals eigenschappen van het organisme zelf (verspreidingsvermogen en mobiliteit, voortplanting enz.), de mobiliteit van begeleidende soorten (i.v.m. voedsel, concurrentie enz.), de aanwezigheid van corridors en geschikte leefomstandigheden op de migratieroute, de aanwezigheid van barrières en de mate van verstoring (bv. door brand).

Uit de paleobotanie zijn vele gegevens bekend over de verbreiding van

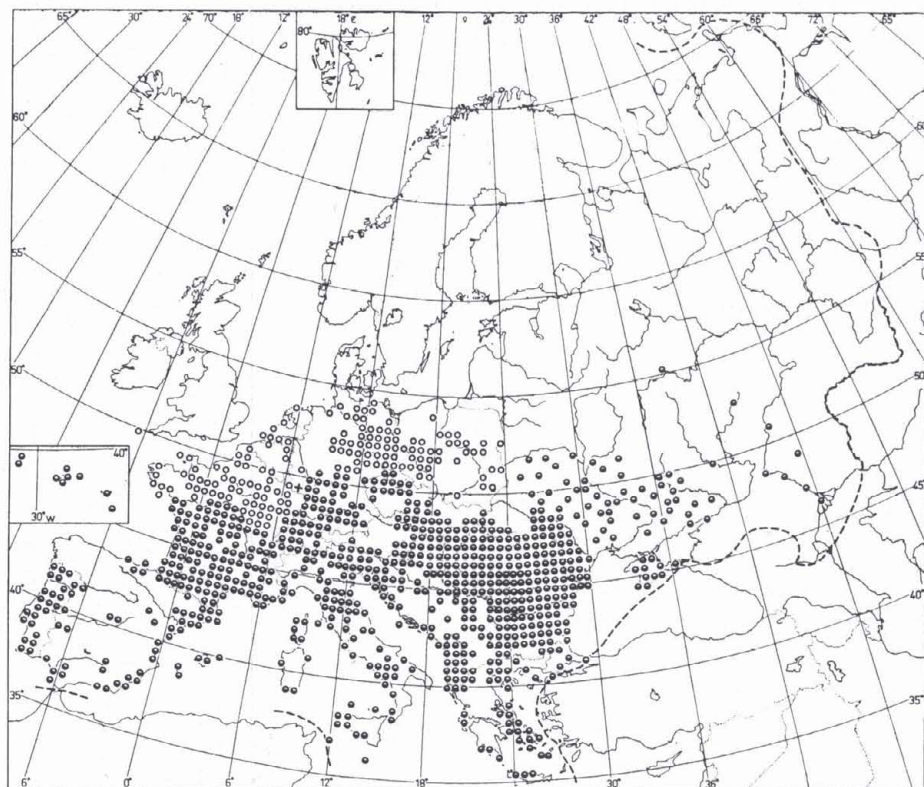
Fig. 2. Verspreiding van de Eik (*Quercus robur*) en de Linde (*Tilia cordata*) op de Britse eilanden gedurende het Holoceen. De contourlijnen, in jaren sinds heden, geven de waarschijnlijke verspreidingsgrenzen met 500 jaar intervallen aan. Opvallend is de vertraging van de uitbreiding van de Eik vanaf 8000 jaar geleden en van de Linde vanaf 7000 jaar geleden (naar Birks, 1989). Spreading of Oak (*Quercus robur*) and Lime (*Tilia cordata*) in the British Isles. The contours, in years B.P., show its likely range limits at 500-year intervals. Note the slowing in its spread after 8000 B.P. for Oak and for Lime after 7000 B.P. (after Birks, 1989).



soorten onder veranderende klimatologische omstandigheden, waarbij duidelijk naar voren komt dat iedere soort zijn eigen snelheid van respons heeft op deze veranderingen. Als voorbeeld is in figuur 2 de verspreiding weergegeven van de Eik (*Quercus robur*) en de Linde (*Tilia cordata*) gedurende het Holocene in Engeland. Naast het feit dat een stijging van de gemiddelde temperatuur met 4 graden de aarde warmer zal maken dan zij in 40 miljoen jaar geweest is, is het vooral de snelheid waarmee dit gebeurt (15-40 keer sneller dan vroegere interglaciale opwarmingen), die individuele soorten parten zal spelen. Vele soorten zullen deze verwachte klimaatveranderingen niet bij kunnen houden, doordat voor hen één van de eerder genoemde factoren een belemmering zal vormen. De gevolgen zullen (lokaal) uitsterven en het uiteenvallen van levensgemeenschappen betreffen.

Fig. 3. Verspreidingsgebied van de Postelein (*Portulaca oleracea*) in Europa (uit: Atlas Flora Europaea). Zal deze soort zich blijven in Noordwest-Europa vestigen en verder uitbreiden als gevolg van temperatuurstijging?

Distribution area of *Portulaca oleracea* in Europe (from Atlas Flora Europaea). Shall this species establish in Northwestern Europe and spread as a result of a rise in temperature?



● ingeburgerd / established. ○ nu en dan voorkomend / occasionally

De klimaatveranderingen in Nederland zouden er toe kunnen leiden dat soorten met een noordelijk verspreidingsgebied (boreale, boreaal-alpiene of boreaal-atlantische soorten), die in Nederland aan de zuidgrens van hun areaal vertoeven, zich hier niet kunnen handhaven. Te denken valt aan Kraaiheide (*Empetrum nigrum*), Zevenster (*Trientalis europaea*), Linnaeusklokje (*Linnaea borealis*) en Valkruid (*Arnica montana*). Uitbreiding van het areaal (zowel binnen het huidige areaal als door verschuiving van huidige grenzen) kan verwacht worden van soorten die hogere temperaturen eisen, zoals (sub)mediterrane of mediterraan-atlantische soorten, waarbij de noordgrens van het huidige areaal naar het noorden verschuift (bv. Postelein, fig. 3). Een voorbeeld van warmteminnende soorten zijn de zogenaamde C4-soorten, die vooral voorkomen in de (sub)tropen en warm gematigde streken. Er zijn thans 21 C4-soorten bekend als behorende tot de Nederlandse flora. Verscheidene hiervan vertonen al een neiging tot uitbreiding, zoals bv. Handjesgras (*Cynodon dactylon*), Vingergras (*Digitaria spp.*) en Papegaaijkruid (*Amaranthus retroflexus*) (Ketner, 1990b).

Met betrekking tot onderzoek naar de veranderingen in de verspreiding van diersoorten valt vooral te denken aan

vlinders (Van Swaay, 1990) en trekvogels (Meekes & Geelhoed, 1990) als indicatoren voor klimaatveranderingen.

(d) Veranderingen in ziekten en plagen

Klimaatveranderingen zullen de verspreiding en intensiteit van plaagsoorten, zoals insecten, kevers, knaagdieren en daarmee geassocieerde virussen en bacteriën, beïnvloeden. Het effect van de invasie van plaagsoorten in nieuwe gebieden wordt nog versterkt, omdat veel inheemse soorten verzwakt zullen zijn doordat ze niet meer optimaal aan de nieuwe klimatologische omstandigheden aangepast zijn. Over veranderingen in gastheer/parasiet relaties in natuurlijke systemen is echter nog weinig bekend. In Nederland kan door stijging van de gemiddelde temperatuur en door een warmer voorjaar het gevaar voor botulisme toenemen.

(e) Gevolgen voor de begrenzing van vegetatiezones

Een mogelijke verschuiving van vegetatiezones (zoals geïllustreerd in fig. 4) lijkt niet erg waarschijnlijk. Er zal immers een individuele respons van de soorten zijn op de klimaatveranderingen en de mate van verschuiving in areaal van een soort wordt sterk bepaald door het soortseigen verspreidingsvermogen en door het al of niet aanwezig zijn van geografische barrières. Wel zullen door veranderingen op soortniveau (besproken in a-c) en interacties tussen soorten (d) geleidelijk veranderingen in de soortensamenstelling van levensgemeenschappen optreden.

Een bijzondere factor om rekening mee te houden is de mogelijke verandering in het optreden van branden. Als gevolg van een mogelijke toename in biomassa in combinatie met drogere zomers zal de kans op het optreden van branden toenemen, zowel qua intensiteit als frequentie. In gebieden die nu al gevoelig zijn voor brand, zoals bossen, heiden en duinvegetaties, kan toename van brand het proces van verandering van soortensamenstelling versnellen.

(f) Gevolgen voor Nederlandse ecosystemen

BOSSEN

Door het vaker optreden van extreem droge zomers zullen vooral bossen op zandgronden last krijgen van 'droogtestress'. De vitaliteit, die toch al vermindert is als gevolg van vooral de verzuring

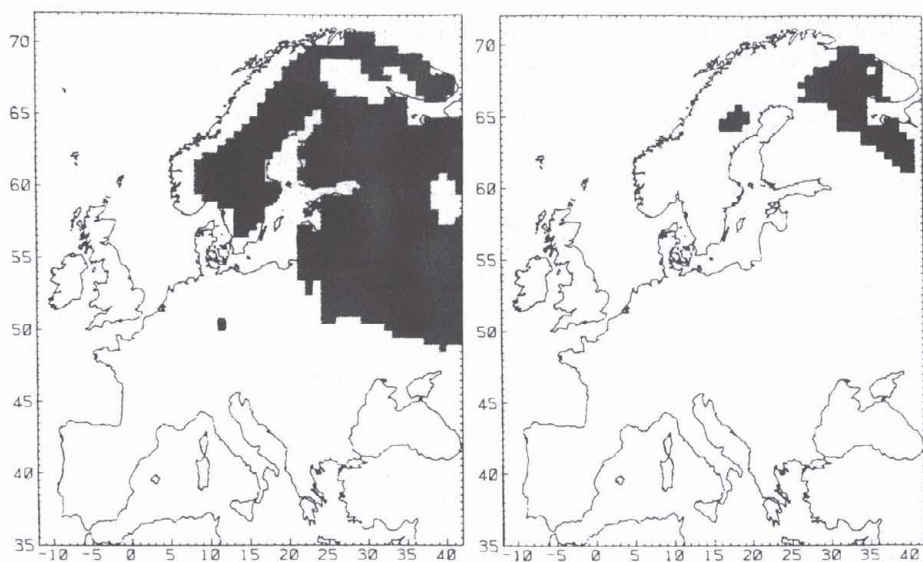


Fig. 4. Links, het theoretisch verspreidingsgebied van de boreale naaldbossen onder de huidige klimaatomstandigheden (alleen gebaseerd op temperatuur en neerslag). Rechts, het potentieel verspreidingsgebied tegen het einde van de volgende eeuw, indien de temperatuur met 5 graden is toegenomen en de neerslag met 10 procent (naar De Groot, 1988).

Left, theoretical distribution area of the boreal coniferous forest under the present climate conditions (only based on temperature and rainfall). Right, the potential distribution area at the end of next century, if temperature increases by 5 centigrade and rainfall with 10 per cent (after De Groot, 1988).

van het milieu, zal nog verder achteruitgaan bij een klimaatverandering. In de droge zomers van 1976, 1983 en 1989 is er bijvoorbeeld een versterkte sterfte onder vooral jonge beuken, eiken en berken waargenomen. Verandering in de soortensamenstelling van bossen zal aanvankelijk alleen in de ondergroei waarneembaar zijn, waarbij zich waarschijnlijk meer zuidelijke, warmteminnende soorten zullen vestigen. Te denken valt aan bijvoorbeeld Pontische rododendron (*Rhododendron ponticum*). Wat de boomsoorten betreft zullen loofboomsoorten waarschijnlijk een belangrijkere rol gaan spelen, terwijl de noordestrope naaldboomsoorten in vitaliteit achteruit zullen gaan. Iedere soort zal in eigen tempo reageren, mede afhankelijk van de genetische diversiteit en ecofysiologische plasticiteit van het individu. Door het verschil in respons van de bomen en de soorten uit de ondergroei kunnen op lange termijn grote veranderingen gaan optreden.

GRASLANDEN EN AKKERS

Door verandering in de concurrentiever-

houdingen tussen reeds aanwezige soorten en binnendringende nieuwe soorten zal mogelijk een geleidelijke verandering in de soortensamenstelling van graslanden optreden, zowel ten gevolge van CO₂-toename als van klimaatveranderingen. Gras- en kruidensoorten die thans adventief of vooral in ruderales milieus voorkomen, kunnen zich in graslanden gaan vestigen. Vooral C4-soorten, zoals Handjesgras en Knolcypripus (*Cyperus rotundus* en *C. esculentus*) vormen een reële bedreiging (Ketner, 1990a). Ook in akkers is een uitbreiding van lastige onkruiden te verwachten, zowel C4- als C3- soorten. Hierdoor zal het voortbestaan van karakteristieke akkeronkruidvegetaties nog verder onder druk komen te staan.

KUSTECOSYSTEMEN (DUINEN, WETLANDS E.D.)

Voor Nederland is de verwachting dat de zeespiegel in de komende 100 jaar 45-75 cm zal stijgen (Gezondheidsraad, 1986). Naast een stijging van de zeespiegel speelt ook de verwachte toename van de stormfrequentie een belangrijke rol. De gevolgen voor natuurlijke kustecosystemen betreffen o.a. overstroming, zoutwaterindringing en toename van 'salt-spray' landinwaarts, veranderingen in erosiepatronen (bv. kustafslag, verstuijing achter de zeereep), en verandering in waterhuishouding in duinvallen (stijging van het grondwater), waarbij de effecten sterk afhangen van de lokale situatie m.b.t. topografie, tektonische bewegingen en de infrastructuur. Dijken, cultuurgrond, bebouwing, wegen enz. vlak achter de duinen zullen verhinderen dat kust-ecosystemen zoals wadden,

duinen en stranden landinwaarts 'migreren', waardoor een afname van het oppervlakte aan duinecosystemen zal optreden. Dit zal weer gevolgen hebben voor de plante- en diersoorten die van deze gebieden afhankelijk zijn, zoals bijvoorbeeld trekvogels en vissen (in het waddegebied) en vlinders (in de duinen). Een teruggang in de vegetatie- en landschapontwikkeling is niet ondenkbaar, daar thans meer stabiele delen weer in de verstuivingszone komen te liggen, waardoor meer kalkrijk zand over reeds uitgelopen delen komt te liggen. Nieuwe soorten met een mediterranean-atlantische verspreiding kunnen in noordelijke kustecosystemen binnendringen.

Voor kwelders en schorren zal een zeespiegelrijzing de overheersende factor zijn, die vele veranderingen teweeg zal brengen, zoals bv. het terugdringen van de zonatie van zoutvegetaties.

UITERWAARDEN

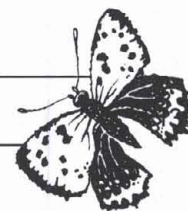
Een verandering in overstroomingsfrequentie zal van invloed zijn op de ontwikkeling van meer natuurlijke uiterwaard-ecosystemen (grienden, moerasen). Nieuwe (sub)continentale soorten zouden zich via de dalen van de grote rivieren (die vaak een eigen klimaat hebben) in Nederland kunnen vestigen, met name via het Rijnadal.

VEENGEBIEDEN

Venen zijn zeer kwetsbare systemen door hun afhankelijkheid van de waterhuishouding. Deze zal onder warmere klimaatomstandigheden drastisch gewijzigd worden met als gevolgen verdroging (t.g.v. meer verdamping), versnelde mineralisatie (en daardoor vergrassing) en verandering in soortensamenstelling.

Gevolgen voor natuurbeheer en -behoud

Vooraf vanwege de snelheid van de verwachte klimaatveranderingen zullen natuurlijke terrestrische ecosystemen sterk in samenstelling (en lokatie) veranderen en alleen de soorten die zich aan kunnen passen en/of kunnen migreren zullen overleven. Als gevolg van veranderingen in concurrentiekracht en het binnendringen van nieuwe soorten zullen veel inheemse soorten verdrongen worden, waardoor lokaal uitsterven op kan treden. Vooral 'onkruid' soorten zullen zich kunnen aanpassen en uitbreiden (Ketner, 1990b).



Welke nieuwe soorten zich zullen vestigen is moeilijk voorspelbaar. Door de sterke versnippering van het landschap in Nederland en West-Europa zullen veel soorten niet kunnen uitwijken en vooral geïsoleerde populaties, met name in beschermde gebieden omringd door cultuurlandschap, zullen te lijden hebben. Veel zuidelijke soorten van meer natuurlijke ecosystemen zullen om dezelfde reden niet in staat zijn naar het noorden te migreren. Bovendien komen veel zuidelijke (mediterrane) soorten in kalkrijke milieus voor, die in onze gematigde streken nauwelijks aangetroffen worden. Bij een snelle verandering van het klimaat zullen ecologische evenwichten verstoord worden, waardoor het huidige proces van afname van biologische diversiteit nog versterkt wordt. In Nederland en andere delen van West-Europa, die reeds veel bedreigde soorten en levensgemeenschappen kennen, zullen klimaatveranderingen (nog) grotere instabiliteit tot gevolg hebben (Boer & De Groot, 1990; Van Huis & Ketner, 1987).

Naast verbetering van de ecologische infrastructuur en het creëren van corridors, die waarschijnlijk maar voor een beperkt aantal soorten van nut zullen zijn, zullen het aantal en de grootte van beschermde natuurgebieden sterk uitgebreid moeten worden. Recentelijk is geschat dat slechts 30% van de bestaande beschermde gebieden in de wereld geschikt is voor de lange termijn bescherming van de soorten die er nu voorkomen onder veranderde klimaatomstandigheden (IUCN, 1990).

De controle van pest- en plaagsoorten zal een toenemend probleem vormen en in de bestaande reservaten zullen de beheersmaatregelen, waar mogelijk, aangepast moeten worden, zoals bv. de waterhuishouding, om verdroging te voorkomen. Vaak zullen beheersmaatregelen alleen niet voldoende zijn en zullen nieuwe gebieden ingericht moeten worden. Soorten vanuit bedreigde streken zullen misschien geïntroduceerd moeten worden om ze te behouden. Indien tot dergelijke transplantaties van soorten zou moeten worden overgegaan, vraagt dit vooraf een nieuwe bezinning op de doelstellingen van het natuurbeheer en -behoud. De vraag is of je de natuur, voor zover die in Nederland nog aanwezig is, zijn gang moet laten gaan indien het klimaat zich wijzigt. Door ingrepen van de mens zijn veel

soorten al bedreigd en lijdzaam toezien hoe zij geheel verdwijnen lijkt niet de juiste weg. Dit probleem moet in Europees verband opgelost worden. Het gaat niet om het krampachtig beschermen van enkele relictsoorten in Nederland, maar om gezamenlijk voor zoveel mogelijk soorten overlevingskansen proberen te handhaven en eventueel nieuwe te creëren in een geïntegreerd Europees ecologisch netwerk van natuurlijke en half-natuurlijke landschappen en ecosystemen. Een belangrijke doelstelling van onderzoek naar het (versterkte) broeikas effect en de daaraan gekoppelde verwachte klimaatveranderingen, zal daarom moeten zijn om kennis aan te dragen voor anticiperende maatregelen, zodat een nog verdere teruggang van de biologische diversiteit in Nederland en Europa zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Literatuur

- Bazzaz, F.A., K. Garbutt & W.E. Williams, 1985. Effect of increased atmospheric carbon dioxide concentration on plant communities. In: Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation. U.S. Dept. of energy, DOE/ER 0238: 157-170.
- Birks, H.J.B., 1989. Holocene isochrone maps and patterns of tree-spreading in the British Isles. *Journal of Biogeography* 16: 503-540.
- Boer, M.M. & R.S. de Groot (eds), 1990. Landscape-ecological Impact of Climatic Change, Proceedings of a European Conference. IOS Press, Amsterdam, Washington, Tokyo (+ 6 case studie rapporten).
- Gezondheidsraad, 1983, 1986. CO₂-problematiek. Wetenschappelijke inzichten en maatschappelijke gevolgen. Eerste en tweede advies. Staatsuitgeverij.
- Goudriaan, J. & H.E. de Ruiter, 1983. Plant growth in response to CO₂ enrichment, at two levels of nitrogen and phosphorus supply. *Netherlands Journal for Agricultural Science* 31: 157-169.
- Groot, R.S. de, 1988. Assessment of potential shifts in Europe's natural vegetation due to climatic change and some implications for nature conservation. IIASA Working Paper-88-05.
- Huis, J. van & P. Ketner, 1987. Climate sensitivity of natural ecosystems in Europe. Discussion paper prepared for the European Workshop on Interrelated Bioclimatic and Land-use Changes, Oct. 1987. Noordwijkerhout, The Netherlands. Department of Vegetation Science, Plantecology and Weed Science, Agricultural University Wageningen.
- Hulme, M., T.M.L. Wigley & P.D. Jones, 1990. Limitations of regional climate

scenarios for impact analysis. In: Boer & De Groot (1990): 111-129.

IUCN, 1990. The environmental implications of global change. Papers prepared for a Workshop held at the General Assembly, Perth, 30 November - 1 December.

Ketner, P., 1990a. Dreigt er veronkruiding als gevolg van klimaatverandering? In: Zonderwijk en Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, LUW. (1980-1990) 221-226.

Ketner, P., 1990b. Impact of climate change on flora and vegetation in Western Europe with special emphasis on The Netherlands. In: Effects of climate change on terrestrial ecosystems. Report from a seminar in Trondheim, Dec. 1990: 47-60.

Meekes, H.T.H.M. & S.C.V. Geelhoed, 1990. Climatic change: The possible consequences for migratory birds. A case study contribution to the LICC-Conference, December 1989. Lunteren, The Netherlands. Nature Conservation Department, Agricultural University Wageningen.

Meulen, F. van der, P.D. Jungerius & R.S. de Groot, 1989. Landscape-ecological impact of climatic change on coastal dunes in Europe. Discussion report for the LICC-conference, December 1989. Lunteren, The Netherlands.

Swaay, C.A.M. van, 1990. The Changing Climate: possible effects on Butterflies. A case study contribution to the LICC-Conference, December 1989. Lunteren, The Netherlands. Nature Conservation Department, Agricultural University Wageningen.

WMO & UNEP, 1990. Intergovernmental Panel on Climate Change, First Assessment Report (IPCC). 31 August 1990.

Summary

The impact of climatic changes on the Dutch landscape.

The increase in atmospheric CO₂ and other greenhouse-gases, and the associated changes in climate and related effects such as rising sealevel, will have many effects on the natural environment, both for individual species and for the structure and functioning of entire ecosystems and landscapes. This article mainly focusses on the potential effects of climate change on flora and fauna and the possible consequences for nature conservation and management in The Netherlands.

Drs. R.S. de Groot

Coördinator

Centrum voor Klimaatstudies LUW (i.o.)

p/a Vakgroep Natuurbeheer

Dr. P. Ketner

Landbouw Universiteit

Vakgroep Natuurbeheer

Postbus 8080

6700 DD Wageningen