

W.L.M. Tamis, M. van 't Zelfde & R. van der Meijden

In de 20e eeuw is de Nederlandse flora dramatisch veranderd. De belangrijkste oorzaken, die worden genoemd, voor deze veranderingen zijn verandering in grondgebruik, intensivering van de landbouw, ingrepen in de waterhuishouding en industriële emissies die bijdragen aan verzuring en vermesting. De laatste decennia komt daar klimaatsverandering als belangrijk milieuprobleem bij.

Vele aspecten van het klimaat zijn belangrijk voor planten, zoals temperatuur, neerslag en het kooldioxide-gehalte (CO_2) van de lucht. De temperatuur is een bepalende factor in verband met de snelheid van fysiologische processen (o.a. groei), verdamping, vorst- en droogtegevoeligheid. Ook neerslag is een bepalende factor voor o.a. plantfysiologische processen (o.a. turgor) en verdamping.

Kooldioxide is een essentiële bouwsteen die alleen door planten kan worden gefixeerd in de fotosynthese. Er zijn verschillende fotosynthese-systemen; bij de bespreking van de resultaten wordt daar nader op ingegaan.

Effecten van klimaatsverandering op hogere planten in Nederland

De mogelijke effecten van klimaatsverandering op het voorkomen van hogere plantensoorten in Nederland hebben tot nog toe niet veel aandacht gehad. Men verwachtte namelijk dat het effect ervan klein zou zijn en in het niet zou vallen bij de effecten van de andere milieuproblemen. Er werd zelfs een toename verwacht van zogenaamde 'koude' boreale soorten. Dit zijn soorten die voornamelijk voorkomen in het gebied tussen de Poolstreken en gematigde streken. Deze toename zou worden veroorzaakt door een toename in oppervlakte en leeftijd van bossen, waarin deze soorten in Nederland voornamelijk voorkomen. In een globale studie naar te verwachten veranderingen in de Nederlandse flora in de verre toekomst (2030) werd voor het eerst een toename van 'warme' plantensoorten ontdekt (van der Meijden, 1993, 1998). Deze toename van 'warme plantensoorten' zou echter heel goed verklaard kunnen worden door een sterke toename in verstedelijkt gebied in Nederland. Stedelijke gebieden hebben namelijk door het jaar duidelijk hogere temperaturen dan landelijke gebieden.

Gegevens verzamelen

In Nederland worden sinds 1902 op grote schaal verspreidingsgegevens verzameld door vrijwillige floristen, o.a. voor de Atlas van de Nederlandse flora (Mennema et al., 1980, 1985; van der Meijden et al., 1989) en de Rode Lijsten voor hogere planten (Weeda et al., 1990; van der Meijden et



Groene amarant (*Amaranthus hybridus*) is afkomstig uit tropisch Amerika en neemt hier toe (foto: K. Ybema).

al., 2000). Daarnaast verzamelen ook provincies en andere organisaties floristische gegevens. De vrijwillige floristen zijn sinds 1975 georganiseerd in FLORON, stichting FLORistisch Onderzoek Nederland (zie ook www.floron.nl).

De verspreidingsgegevens zijn op verschillende schaalniveaus verzameld, maar we beperken ons hier tot de gegevens die verzameld zijn op het meest gedetailleerde niveau van ongeveer een vierkante kilometer. Het aantal km-hokken in Nederland bedraagt ongeveer 36.000. Al deze gedetailleerde verspreidingsgegevens zijn inmiddels gedigitaliseerd. De floristische gegevens van vóór 1950 zijn opgeslagen in FLORIVON (Kloosterman & van der Meijden, 1994) en die van ná 1975 in FLORBASE (van der Meijden et al., 1996). In deze bestanden zijn inmiddels 10 miljoen waarnemingen opgeslagen voor de 20e eeuw. Een belangrijke kanttekening bij deze gegevens is dat zij in verschillende perioden door verschillende mensen met verschillende methoden en verschillende doelen zijn verzameld. Bij het gebruik van deze gegevens moet dus rekening worden gehouden met en worden gecorrigeerd voor zogenaamde 'waarnemerseffecten'.

Onderzoeksvragen en werkwijze

Wij hebben alle verspreidingsgegevens in FLORIVON en FLORBASE gebruikt om de volgende vragen te beantwoorden:

- zijn er effecten van klimaatsverandering

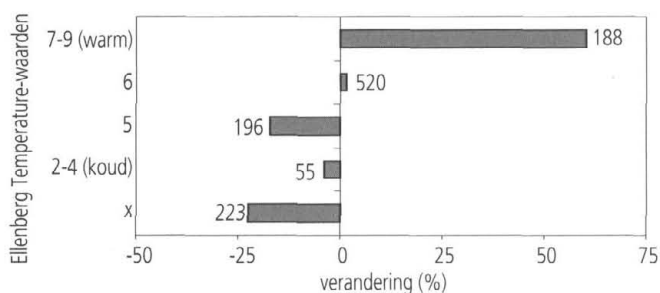


Fig. 1. Gemiddelde verandering (%) tussen 1975-1984 en 1985-1999 per groep van plantensoorten typisch voor koude tot warme omstandigheden. X = indifferente plantensoorten. Bij elke kolom staat het aantal plantensoorten in die groep. De verandering is genormeerd naar de gemiddelde verandering over alle plantensoorten.

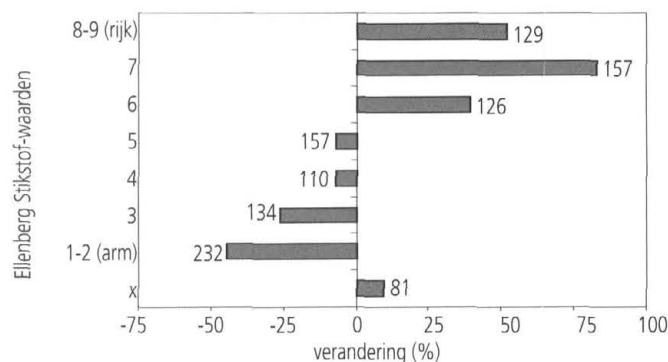


Fig. 2. Gemiddelde verandering (%) tussen 1902-1949 en 1975-1984 per groep van plantensoorten typisch voor voedselarme tot zeer voedselrijke omstandigheden. X = indifferente plantensoorten. Zie voor toelichting ook fig. 1.

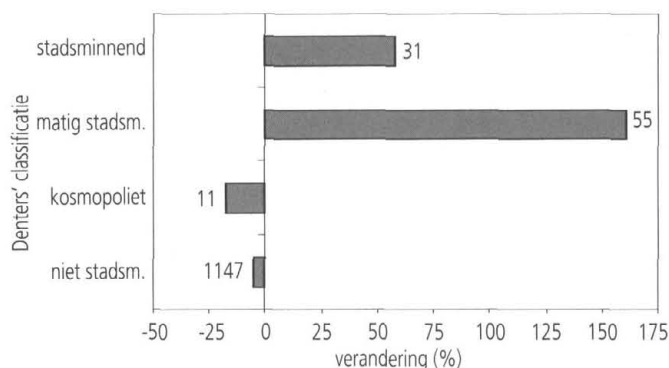


Fig. 3. Gemiddelde verandering (%) tussen 1975-1984 en 1985-1999 per groep van plantensoorten al dan niet kenmerkend voor het stedelijk gebied (stadsminnend, matig stadsminnend, kosmopoliet en niet stadsminnend). Zie voor toelichting ook fig. 1.

De Bijenorchis (*Ophrys apifera*) doet het goed in kalkgrasland (foto: C.A.J. Kreutz).



waar te nemen in de Nederlandse flora?

- hoe groot zijn de eventuele effecten van klimaatsverandering in vergelijking met de effecten van andere milieuproblemen? en
- in hoeverre zijn evt. klimaatseffecten toe te schrijven aan verstedelijking?

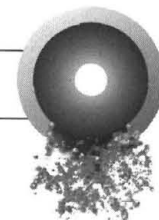
Een uitgebreide verantwoording van de gebruikte gegevens en werkwijze is terug te vinden in Tamis et al. (2001). Hier geven we enige belangrijke gegevens om de resultaten goed te kunnen interpreteren. De Nederlandse flora omvat ca 1490 'soorten' (soorten, ondersoorten en variëteiten). Hiervan zijn uiteindelijk ca 1300 soorten met redelijk betrouwbare informatie gebruikt in de studie. Er hebben enkele correcties plaatsgevonden op de waarnemerseffecten. Er is uiteindelijk voor elke plantensoort een schatting gemaakt van het totale voorkomen in Nederland in drie verschillende perioden: 1902-1949, 1975-1984 en 1985-1999. Van elke plantensoort is vervolgens de voor- of achteruit-

gang in het voorkomen bepaald tussen de eerste periode en de tweede periode en tussen de tweede en derde periode. Voor het verklaren van de voor- of achteruitgang van plantensoorten is gebruik gemaakt van de zogenaamde 'functionele' kenmerken van plantensoorten. Elke plantensoort indiceert een bepaalde range van ecologische standplaatsen en klimaatsomstandigheden. Er is gebruik gemaakt van Ellenberg-indicatorwaarden (Ellenberg et al., 1992) en van de indeling in stadspanten en niet-stadspanten van Denter (1999). Met statistiek is uiteindelijk bepaald of effecten aan toeval toegeschreven kunnen worden.

Zijn er effecten van klimaatsverandering?

Tussen 1902-1949 en 1975-1984 nemen zowel de 'koude' als de 'warme' soorten iets toe. De toename van 'koude' soorten, bijv. Kleine keverorchis (*Listera cordata*), verloopt parallel met een sterke toename in onderbegroeiing in bossen. Dit is geen klimaatseffect, maar een effect van het veranderend bosbeheer in Nederland in de 20^e eeuw.

Tussen 1975-1984 en 1985-1999 vindt er echter een sterke toename plaats van 'warme' soorten. Deze sterke toename van 'warme' soorten treedt op in de periode dat er eveneens sprake is van een sterke toename in temperatuur. Dit betekent dat 'warme' soorten dus snel kunnen reageren op veranderende klimaatsomstandigheden. Opmerkelijk is overigens verder dat de 'koude' soorten niet afnemen. In figuur 1 is de gemiddelde voor- of achteruitgang weergegeven van de plantensoorten ingedeeld in vier klassen van koud naar warm.



**Straatliefdegras (*Eragrostis pilosa*)
komt in de stad steeds meer voor
(foto: Ruud van der Meijden).**



Uit het onderzoek zijn geen effecten naar voren gekomen van de toegenomen neerslag. Je zou verwachten dat door de toegenomen neerslag het aandeel van plantensoorten met een Atlantische verspreiding zou toenemen ten koste van plantensoorten met een continentaal voorkomen. Daarentegen is wel uit het onderzoek naar voren gekomen dat planten van droge standplaatsen sterker toenemen dan planten van meer natte standplaatsen. Een sluitende verklaring hiervoor hebben we nog niet, maar het is goed mogelijk dat de hogere temperaturen leiden tot drogere omstandigheden in de zomer. Het effect van de temperatuurstijging zou daarmee sterker zijn dan het effect van de toegenomen neerslag.

Naast de veranderingen in klimaat is vanzelfsprekend ook de toename van CO₂ voor planten van belang. Binnen het plantenrijk wordt een aantal fotosynthesesystemen onderscheiden; de belangrijkste daarvan zijn het C3- en C4-systeem. Zo kunnen C4-planten in tegenstelling tot C3-planten ook 's nachts kool-dioxide vastleggen en behoeven deze planten overdag hun huidmondjes niet of korter open te houden, waardoor verdamping wordt tegengegaan, hetgeen gunstig is in warme en hete klimaten. Een stijging van CO₂ is gunstig voor C3-planten, maar de stijging van de temperatuur is dus weer gunstig voor C4-planten. Hoe zal de balans doorslaan? Uit ons onderzoek blijkt dat van de Nederlandse plantensoorten maar 50 soorten (ca 3%) tot de C4-planten behoren; hieronder behoren een tiental grassoorten die het als akker-onkruid goed doen. Alleen tussen 1975-1984 en 1985-1999 vindt een sterke toename plaats van de C4-planten.

Hoe belangrijk is klimaatsverandering in vergelijking met andere milieuthema's?

Voor de Nederlandse flora zijn tot nog toe andere milieuthema's dan klimaatsverandering aangewezen als de belangrijkste oorzaak voor achteruitgang en verandering. We hebben dit voor een aantal thema's onderzocht: vermisting, verdroging, verzuring en verlies aan brakke en zoute standplaatsen.

Uit de analyse blijkt dat naast de effecten van klimaatsverandering, er sprake is van significante effecten van vermisting, verdroging en verzuring op de Nederlandse flora zowel tussen 1902-1949 en 1975-1984 als tussen 1975-1984 en 1985-1999. In figuur 2 is de gemiddelde voor- of achteruitgang weer gegeven voor zeven klassen, uiteenlopend van planten van voedselarme standplaatsen tot planten van zeer voedselrijke standplaatsen.

Uit tabel 1 blijkt dat tussen 1902-1949 en 1975-1984 vermisting de belangrijkste oorzaak van de veranderingen is. Dit is ook zo als we de gehele 20^e eeuw in beschouwing zouden hebben genomen. Tussen 1975-1984 en 1985-1999 is echter klimaatsverandering de belangrijkste oorzaak van de veranderingen in de Nederlandse flora. De rol van verstedelijking is hierbij nog niet betrokken.

Effecten van klimaatsverandering of van verstedelijking?

Is nu de toename van warme plantensoorten puur een effect van klimaatsverandering of van verstedelijking of wellicht van beide? Uit ons onderzoek blijkt dat effecten van verstedelijking alleen significant een deel van de veranderingen kunnen verklaren tussen 1975-1984 en 1985-1999 (fig. 3). Verstedelijking blijkt dan ook het grootste deel van de voor- of achteruitgang te verklaren. Maar alhoewel verstedelijking de belangrijkste oorzaak voor veranderingen tussen 1975-1984 en 1985-1999 blijkt te zijn, kan het maar de helft van de toename in 'warme' soorten verklaren. Oftewel verstedelijking en klimaatsverandering veroorzaken samen de toename van 'warme' soorten.

Een andere alternatieve verklaring voor de toename van 'warme' soorten is de kolonisatie door exoten ofwel neofyten d.w.z. soorten die niet inheems zijn voor Nederland. Maar de meeste neofyten zijn niet in de analyse van klimaats-effecten meegenomen, simpelweg omdat van deze vreemde soorten onvoldoende ecologische

	1902-1949 -> 1975-1984	1975-1984 -> 1985-1999
Temperatuurstijging	6 - 22%	45 - 59%
Vermisting	60 - 61%	15 - 24%
Verdroging	1 - 10%	25%
Verzuring	8 - 32%	1 - 6%

Tabel 1. Aandeel van verschillende milieuthema's in de verklaring van de voor- of achteruitgang van plantensoorten in de 20^e eeuw. Gegeven zijn de minimum en maximum schattingen. Het aandeel is een range, want een exacte berekening van het aandeel kan alleen onder optimale experimentele omstandigheden, hetgeen natuurlijk voor Nederland in de 20^e eeuw niet gesteld kan worden (voor nadere informatie, zie Tamis et al., 2001).

informatie beschikbaar is. Bovendien komen de meeste recente neofyten niet uit Zuid-Europa maar uit Noord-Amerika, West- en Midden-Europa. Als we de analyse corrigeren voor de exoten (met voldoende informatie) én verstedelijking, blijft er nog steeds een significant effect van klimaatsverandering bestaan.

Conclusies

Een belangrijke conclusie is dat de nationale verspreidingsgegevens van de Nederlandse flora verzameld per vierkante kilometer, ondanks de aanwezigheid van waarnemerseffecten in de gegevens, goed bruikbaar blijken te zijn voor onderzoek naar oorzaken van veranderingen in de Nederlandse flora. Uit ons onderzoek blijkt dat in de 20^e eeuw effecten van klimaatsverandering op de Nederlandse flora zijn waar te nemen, die niet verklaard kunnen worden door verstedelijking.

Voor de sterke afname van plantensoorten van voedselarme standplaatsen en de sterke toename van plantensoorten van zeer voedselrijke bodems, is vermesting de belangrijkste oorzaak van veranderingen in de Nederlandse flora in de gehele 20^e eeuw. Verstedelijking en klimaatsverandering blijken uit ons onderzoek de belangrijkste oorzaken te zijn van de veranderingen in de Nederlandse flora in de laatste decennia van de 20^e eeuw.

Late stekelnoot (*Xanthium strumarium*) neemt langs rivieroeveren toe (foto: Ruud van der Meijden).



Literatuur

- Denters, T., 1999.** De flora van het Urbaan district. *Gorteria* 25: 65-76.
- Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Paulissen, 1992.** Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1-258.
- Kloosterman, F.H. & R. van der Meijden, 1994.** Eindverslag digitalisering van het IVON-archief (historisch floristisch bestand) van het Rijksherbarium te Leiden. TNO, Delft.
- Meijden, R. van der, 1993.** Flora en Fauna 2030. Hogere planten; een geannoteerde soortenlijst. Proefproject Flora en Fauna 2030, Achtergrondreeks, deel 2. FLORON/Min. VROM. Leiden/Den Haag.
- Meijden, R. van der, 1998.** Frustratie en inspiratie. In: W. van Strien, De toekomst in de kijker; een overzicht van het project Flora en Fauna 2030. VROM, Den Haag: 21-23.
- Meijden, R. van der, E.J. Weeda & C.L. Plate, 1989.** Atlas van de Nederlandse flora 3. Minder zeldzame en algemene soorten. Rijksherbarium/CBS, Leiden/Voorburg.
- Meijden, R. van der, C.L.G. Groen, J.J. Vermeulen, T. Peterbroers, M. van 't Zelfde & J.P.M. Witte, 1996.** De landelijke floradatabank FLORBASE-1; eindrapport. RHHB/CML/UL-WHH, Leiden/Wageningen.
- Meijden, R. van der, B. Odé, C.L.G. Groen, J.P.M. Witte & D. Bal, 2000.** Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland; Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Gorteria* 26: 85-208.
- Mennema, J., A.J. Quené-Boerenbrood & C.L. Plate, 1980.** Atlas van de Nederlandse flora 1. Uitgestorven en zeer zeldzame planten. Kosmos, Amsterdam.
- Mennema, J., A.J. Quené-Boerenbrood & C.L. Plate, 1985.** Atlas van de Nederlandse flora 2. Zeldzame en vrij zeldzame planten. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
- Tamis, W.L.M., M. van 't Zelfde & R. van der Meijden, 2001.** Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the 20th century explained by climatic and other environmental characteristics. In: H. van Oene, W.N. Ellis, M.M.P.D. Heijmans, D. Mauquoy,

W.L.M. Tamis, A.J.H. van Vliet, F. Berendse, B. van Geel, R. van der Meijden & S.A. Ulenberg. Long-term effects of climate change on biodiversity and ecosystem processes. NOP-rapport nr. 410 200 089, Bilthoven.

Weeda, E.J., R. van der Meijden & P.A. Bakker, 1990. FLORON-Rode Lijst 1990; Rode Lijst van de in Nederland verdwenen en bedreigde planten (Pterophyta en Spermatophyta) over de periode 1.1.1980-1.1.1990. *Gorteria* 16: 2-26.

Summary

Effects of climate change on vascular plants in The Netherlands

In The Netherlands nation-wide databases are available with about 10 million records of occurrences of vascular plant species in the 20th century on a scale of approximately 1 square km. These data were analysed statistically with a view to identify relationships between changes in botanical biodiversity and climatic and other environmental characteristics. The records were divided into three periods: 1902-1949, 1975-1984 and 1985-1999. Between the periods 1902-1949 and 1975-1984 there were small but significant increases in the presence of both 'warm' and 'cold' species. However, in the final decades of the 20th century there was a marked increase in 'warm' species only, coinciding with the marked increase in ambient temperature observed during this period, evidence at least of a rapid response of Dutch flora to climate change. Urbanisation was also examined as an alternative explanation for the increase in 'warm' plant species and was found to explain only 50% of the increased presence of such species in the final decades of the 20th century. Besides temperature-related effects, the most important change during the 20th century was a strong decline in plant species of nutrient poor sites and a marked increase of plant species of nutrient rich sites.

Dankwoord

Onze grootste dank gaat uit naar de honderden floristen die een onschatbare bijdrage hebben geleverd aan de verspreidingsgegevens in FLORIVON en FLORBASE, door jaar in, jaar uit in alle hoeken van Nederland de flora op te tekenen. Onze dank gaat ook uit naar FLORON voor de gegevensleverantie en de vele nuttige discussies. Tenslotte dank aan R. van Ek van het RIZA, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling voor cruciale bijdragen in de GIS-bewerkingen van de gegevens. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het NOP, Nationaal OnderzoekProgramma mondiale luchtverontreiniging en klimaatverandering (project nr. 952275).

Drs. W.L.M. Tamis & dr. R. van der Meijden
Nationaal Herbarium Nederland
Postbus 9514, 2300 RA Leiden
email: tamis@cml.leidenuniv.nl

Ing. M. van 't Zelfde
Centrum voor Milieukunde, Universiteit Leiden
Postbus 9518, 2300 RA Leiden